

## 吉林省大豆施肥指标体系初步建立

王志刚, 高强, 冯国忠

(吉林农业大学 资源与环境学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**通过吉林省 2006~2008 年大豆“3414”肥料效应试验,建立了大豆施肥技术指标体系。应用养分丰缺指标法,将大豆相对产量与相应土壤养分含量分别进行方程拟合,根据方程曲线的趋势,选择一元二次方程或线性加平台方程分别计算出最大施肥量和最佳施肥量,通过概率分布得出不同养分等级下的施肥量范围。吉林省大豆种植区土壤碱解氮、速效磷和速效钾平均含量分别为 184、19.5、116  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  最大平均施用量分别为 45、56.5、44  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,最佳平均施用量分别为 42、47、40  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

**关键词:**大豆;“3414”肥料效应试验;土壤养分丰缺指标;养分等级;施肥量

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2010)04-0669-04

## Preliminary Raising Fertilization Index System for Soybean in Jilin Province

WANG Zhi-gang, GAO Qiang, FENG Guo-zhong

(College of Resources and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China)

**Abstract:**In order to establish soybean fertilization index system from the “3414” fertilizer trail in Jilin in 2006-2008, then applying the nutrient abundance and deficiency indicator method, which are fitted to equation corresponding with the relative yield of soybean and the soil nutrient content, according to the trend curve equation, choosing the Quadratic or the Linear plus plateau were calculated the most fertilization and the economic fertilization from the probability distribution obtained the scope of fertilization in the different nutrient levels. The avai-N, avai-P, avai-K is 184, 19.5 and 116  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  respectively in Jilin soybean-growing area, the average most N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  application is 45, 56.5, 44  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; the average economic application is 42, 47, 40  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Key words:**Soybean; “3414” fertilizer experiment; Soil nutrient index; Nutrient level; Fertilization

大豆是吉林省的主要粮食作物之一,2007 年大豆种植面积达 63.32 万  $\text{hm}^{-2}$ ,占吉林省粮食播种面积的 12.9%,而产量达到 166.91 万 t,占当年粮食总产量的 7.42%,成为继玉米水稻之后第三大作物<sup>[1]</sup>。合理施肥是提高大豆单位产量的重要手段<sup>[2]</sup>,近年来,由于施肥不合理,出现了大豆减产现象,降低了肥料经济效益<sup>[3]</sup>。为了使投入产出比最大化,同时对环境风险最小,就需要确定合理的施肥水平,建立相对准确的施肥指标体系。施肥指标的建立在不同地方有很大差异,在美国各州一般根据肥料效应方程求得施肥量,而欧洲各国一般通过养分平衡即以一定目标产量下收获物带走的养分作为作物需肥量。相关研究表明,每生产 100 kg 大豆,需吸收纯氮 6.5 kg,五氧化二磷 3.5 kg,氧化钾 3.2 kg,但是根瘤菌供给大豆氮素只占大豆需氮总量的 50%~60%,所以通过施肥来满足大豆生长的氮素需求是必要的<sup>[4]</sup>。为了便于推荐施肥,美国将土壤大豆有效磷钾测试值划分为“极低-低-中-高-极

高”<sup>[5]</sup>。在国内,房俊杰<sup>[6]</sup>采用养分平衡法、黄忠文等<sup>[7]</sup>用肥料效应函数法、崔文华<sup>[8]</sup>利用肥料效应方程聚类图分别建立了符合当地大豆生产情况的施肥量。吉林省由于特殊的土壤及气候条件,目前还没有建立起适合全省大豆生产的施肥指标体系。因此,该文依据养分丰缺指标法,建立吉林省大豆种植区施肥指标体系,为大豆合理施肥提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试肥料均使用尿素(N 46%)、过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5$  12%)和氯化钾( $\text{K}_2\text{O}$  60%),供试大豆品种为黑农 38。

#### 1.2 试验设计

试验分布在吉林省 2006~2008 年大豆“3414”测土配方施肥项目实施县市;“3414”试验设计方案即 3 因素,4 水平;具体指氮、磷、钾 3 个因素,4 个水

收稿日期:2010-03-29

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD10B08);沃土工程关键技术研究资助项目(2006BAD25B00)。

第一作者简介:王志刚(1982-),男,在读硕士,研究方向为植物营养与肥料。E-mail:wzg19821029@126.com。

通讯作者:高强,副教授。E-mail:gyt199962@163.com。

平为:0水平指不施肥,1水平指2水平×0.5,2水平指当地最佳施肥量的近似值,3水平是指2水平×1.5。“3414”中“14”指14个处理,试验不设置重复,采用随机区组排列,其中,磷钾肥作为底肥施入,尿素1/2作为底肥施入,其余1/2作为追肥在花期施入。在大豆播种前采取3~5点土壤耕层(0~20cm)样品,混合成一个均匀土样,风干过1mm筛后进行土壤碱解氮、速效磷和速效钾测定<sup>[9]</sup>。

1.3 数据分析

大豆缺素区相对产量具体计算方法如下:

缺氮处理相对产量 =  $N_0P_2K_2$  处理产量 /  $N_2P_2K_2$  处理产量 × 100%

缺磷处理相对产量 =  $N_2P_0K_2$  处理产量 /  $N_2P_2K_2$  处理产量 × 100%

缺钾处理相对产量 =  $N_2P_2K_0$  处理产量 /  $N_2P_2K_2$  处理产量 × 100%

按照以下方法建立土壤氮磷钾肥力分级指标:在Excel软件中绘出土壤有效养分测定值与作物相对产量的散点图,然后运用Excel软件中添加趋势线功能,获得相对产量与土壤养分测试值的数学关系,并绘出趋势线。对于吉林省所有大豆“3414”试验点数据分别采用三元二次、一元二次和线性加平台的模型进行模拟,选择最佳的模拟模型。根据不同的模拟模型,分别采用不同的方法计算施肥量。对于三元二次,一元二次模型可以通过边际效应分析确定施肥量(边际效应为0时求得最高施肥量,边际效应等于投入价格与产出价格之比时求得最佳施肥量),而线性加平台模型可直接确定最佳施肥量。

2 结果与分析

2.1 吉林省大豆氮素养分丰缺指标的建立

将2006~2008年36个“3414”肥料效应试验缺氮相对产量与土壤碱解氮含量进行拟合,对所得到的方程( $y = 21.843Ln(x) - 26.66$ ,  $r = 0.7353^{**}$ )进行显著性检验,达到显著水平(图1)。

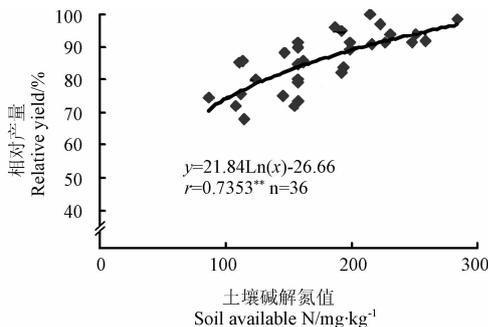


图1 吉林省大豆种植区土壤碱解氮养分分级  
Fig.1 Classification of soil available N on soybean in Jilin Province

从图1可以看出,相对产量与土壤碱解氮值之间有很好的相关性,同时建立土壤碱解氮值的PERCENTILE函数,可以看出50%左右试验点土壤碱解氮含量分布在145~202 mg·kg<sup>-1</sup>之间,碱解氮含量最低为86 mg·kg<sup>-1</sup>;最高可达284.2 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤碱解氮和相对产量呈非线性正相关,即土壤碱解氮含量反映了土壤供氮能力。土壤碱解氮含量越高,不施氮肥( $N_0P_2K_2$ )处理相对产量越高。以相对产量的75%、80%、85%、90%和95%为划分标准,通过 $X = exp[(y + 26.66) / 21.843]$ 计算出土壤氮素养分划分临界值,在此基础上把土壤供氮能力划分为极低-低-中-高-极高5个养分等级(表1)。

表1 吉林省大豆种植区土壤N(碱解氮)养分分级

Table 1 Classification of soil available N on soybean in Jilin Province

养分分级 Nutrient grade	相对产量 Relative yield/%	养分含量 Nutrient content /mg·kg <sup>-1</sup>	比例 Proportion%
极低 Extremely low	75~80	105~132	22.22
低 Low	80~85	132~166	33.33
中 Middle	85~90	166~210	23.54
高 High	90~95	210~262	18.13
极高 Extremely high	>95	>262	2.78

2.2 吉林省大豆磷素养分丰缺指标的建立

将2006~2008年64个“3414”肥料效应试验缺磷相对产量与土壤速效磷含量进行拟合,对所得到的方程( $y = 11.425Ln(x) + 54.554$ ,  $r = 0.7842^{**}$ )进行显著性检验,达到显著水平(图2)。

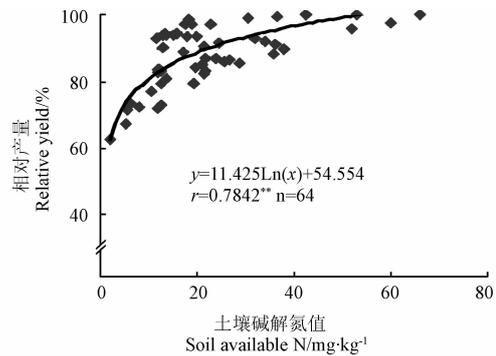


图2 吉林省大豆种植区土壤速效磷养分分级  
Fig.2 Classification of soil available P on soybean in Jilin Province

从图2中可以看出相对产量与土壤速效磷之间有很好的相关性,同时建立土壤速效磷值的PERCENTILE函数,可以看出50%左右试验点土壤速效磷含量分布在13~31 mg·kg<sup>-1</sup>之间,土壤速效磷含量最低为2 mg·kg<sup>-1</sup>,最高值达到67 mg·kg<sup>-1</sup>。土壤速效磷含量和相对产量之间呈正相关,土壤速效磷含量越高,不施磷肥( $N_2P_0K_2$ )处理相对产量越高。根据目前实际土壤肥力状况需要调整相应的养分等级划分标准,将相对产量由原来的50%、75%、90%和95%调整为70%、80%、90%和95%。

以适应当前生产实际。通过  $X = \exp[(y + 54.554)/11.425]$  计算出土壤氮素养分划分的临界值,在此基础上把土壤供磷能力划分为低-中-高-极高 4 个养分等级(表 2)。

表 2 吉林省大豆种植区土壤 P(有效磷)养分分级

Table 2 Classification of soil available P on soybean in Jilin Province

养分分级 Nutrient grade	相对产量 Relative yield/%	养分含量 Nutrient content /mg · kg <sup>-1</sup>	比例 Proportion/%
极低 Extremely low	70 ~ 80	4 ~ 9	7.81
低 Low	80 ~ 95	9 ~ 15	30.70
中 Middle	85 ~ 90	15 ~ 22	25.55
高 High	90 ~ 95	22 ~ 30	15.63
极高 Extremely high	> 95	> 30	20.31

### 2.3 吉林省大豆钾素养分丰缺指标的建立

将 2006 ~ 2008 年 49 个“3414”肥料效应试验缺钾相对产量数据与速效钾含量进行拟合,对所得到的方程 ( $y = 18.326 \ln(x) - 1.4477$ ,  $r = 0.7756^{**}$ ) 进行显著性检验,达到显著水平(图 3)。

从图 3 可以看出,相对产量与土壤速效钾之间有很好的相关性。同时建立土壤速效钾的 PERCENTILE 函数,可以看出 50% 左右试验点土壤速效钾含量分布在 85 ~ 153 mg · kg<sup>-1</sup> 之间,土壤速效钾值最低仅为 44.5 mg · kg<sup>-1</sup>,最高可达 200 mg · kg<sup>-1</sup>,土壤速效钾含量和相对产量之间呈正相关,土壤速效钾含量越高,不施钾肥(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>)处理相对产量越高。所有缺钾区的相对产量平均值为 85%,相对产量均高于 50%。因此,将原来土壤速效钾含量分级指标调整为 70%、80%、90%、95%,以适应当前土壤实际的钾素水平。通过  $X = \exp[(y + 1.4477)/18.326]$  计算出土壤钾素养分划分临界值,

表 4 吉林省大豆种植区不同养分等级内推荐施肥量

Table 4 Recommendation fertilizer rate in different soil nutrient levels on soybean in Jilin Province

肥料种类 Fertilizer Type	养分分量 Nutrient content /mg · kg <sup>-1</sup>	最大用量 Maximum rate /kg · hm <sup>-2</sup>	均值 Average rate /kg · hm <sup>-2</sup>	最佳用量 Optimum rate /kg · hm <sup>-2</sup>	均值 Average rate /kg · hm <sup>-2</sup>
N	105 ~ 132	52 ~ 68	57	47 ~ 65	54
	132 ~ 166	47 ~ 62	50	40 ~ 51	46
	166 ~ 210	38 ~ 50	43	33 ~ 43	38
	210 ~ 262	33 ~ 44	37	30 ~ 38	34
	> 262	30 ~ 40	33	25 ~ 37	30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4 ~ 9	56 ~ 80	70	51 ~ 74	58
	9 ~ 15	50 ~ 66	62	41 ~ 56	48
	15 ~ 22	48 ~ 62	56	38 ~ 45	42
	22 ~ 30	45 ~ 53	51	35 ~ 43	39
K <sub>2</sub> O	> 30	39 ~ 47	43	30 ~ 39	36
	49 ~ 85	51 ~ 57	53	43 ~ 55	50
	85 ~ 120	40 ~ 51	46	41 ~ 49	46
	120 ~ 150	38 ~ 50	43	36 ~ 47	40
	150 ~ 183	35 ~ 44	38	30 ~ 38	35
	> 183	25 ~ 42	35	25 ~ 35	29

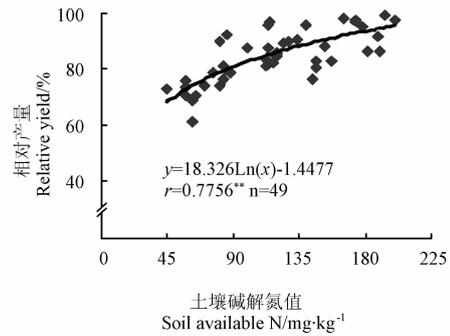


图 3 吉林省大豆种植区土壤速效钾养分分级

Fig. 3 Classification of soil available K on soybean in Jilin Province

在此基础上把土壤供钾能力划分为低-中-高-极高 4 个养分等级(表 3)。

表 3 吉林省大豆种植区土壤 K(速效钾)养分分级

Table 3 Classification of soil available K on soybean in Jilin Province

养分分级 Nutrient grade	相对产量 Relative yield/%	养分含量 Nutrient content /mg · kg <sup>-1</sup>	比例 Proportion/%
极低 Extremely low	70 ~ 80	49 ~ 85	24.49
低 Low	80 ~ 85	85 ~ 120	20.56
中 Middle	85 ~ 90	120 ~ 150	22.30
高 High	90 ~ 95	150 ~ 183	24.49
极高 Extremely high	> 95	> 183	6.12

### 2.4 不同土壤速效养分含量下的推荐施肥量

由于土壤速效养分含量与推荐施肥量表现为负相关,因此,随着土壤养分的升高,推荐施肥量逐渐降低(表 4)。

### 3 讨论

由于土壤中磷、钾肥在土壤中分布不均匀以及在土壤中的累积效应决定了采用养分丰缺指标法推荐磷钾施用量,不同速效养分含量下施肥量有很大差异,在不同养分浓度梯度下利用“3414”肥料效应试验得出的 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 平均施用量为 40、45、40 kg·hm<sup>-2</sup>;从推荐施肥量来看,低肥力的地区要适当提高化肥的施用量,高肥力地区要减少化肥的施用量,这样有利于节约化肥成本,提高化肥利用率,达到合理施肥、节本增效的目的。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [Z]. 北京: 中国统计出版社, 2007, 26: 425-433. (National bureau of statistics in People Republic of China. China statistical yearbook [Z]. Beijing: China Statistical Press, 2007, 26: 425-433.)
- [2] 张福锁, 马文奇. 肥料投入水平与养分资源高效利用的关系 [J]. 土壤与环境, 2000, 9(2): 154-157. (Zhang F S, Ma W Q. The relationship between fertilizer input level and nutrient Use efficiency [J]. Soil and Environmental Sciences, 2000, 9(2): 154-157.)
- [3] 赵淑杰. 抚顺县大豆“3414”田间试验结果初报 [J]. 农业科技与装备, 2008, 12(6): 5-8. (Zhao S J. Preliminary report of “3414” soybean field test in Fushun County [J]. Agricultural Science and Technology, 2008, 12(6): 5-8.)
- [4] Farrer D C, Weisz R, Heiniger R, et al. Optimizing in-season N recommendations in soybean using aerial photography [C]. In 2003 Annual Meeting Abstracts, CD-ROM. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 2003.
- [5] 於振南, 海斌客. 大豆需肥特点与施肥技术 [J]. 新农业, 2004 (7): 41. (Yu Z N, Hai B K. Soybean required nutrient feature and fertilization technology [J]. New Agriculture, 2004(7): 41.)
- [6] 房俊杰, 戚国强, 王立舒, 等. 黑龙江省大豆施肥专家系统 [J]. 农机化研究, 2006(11): 103-105. (Fang J J, Qi G Q, Wang L S, et al. Soybean professional system in Heilongjiang Province [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(11): 103-105.)
- [7] 黄忠文, 高占民, 祝宝林. 黑龙江垦区大豆配方施肥研究 [J]. 土壤通报, 1994, 25(3): 115-116. (Huang Z W, Gao Z M, Zhu B L. Soybean formula fertilization research in Heilongjiang Reclamation [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1994, 25(3): 115-116.)
- [8] 崔文华. 呼伦贝尔盟岭东地区大豆施肥模型的建立及应用判别技术 [J]. 土壤通报, 1994, 25(5): 213-215. (Cui W H. Soybean fertilization model and application of identification technology in Hulunbeier of inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1994, 25(5): 213-215.)
- [9] 边秀芝, 郭金瑞, 闫孝贡, 等. 吉林中部大豆高产氮磷钾肥适宜用量研究 [J]. 大豆科学 2009, 28(6): 1123-1125, 1129. (Bian X Z, Guo J R, Yan X G et al. Optimum rate of NPK fertilizer application for soybean at central area of Jilin Province, 2009, 28(6): 1123-1125, 1129.)

## 欢迎订阅 2011 年《作物学报》

《作物学报》是中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学方面的学术期刊。前身可追溯到 1919 年创办的《中华农学会丛刊》。主要刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、种质资源以及与作物生产有关的生物技术、生物数学等学科具基础理论或实践应用性的原始研究论文、专题评述和研究简报等。办刊宗旨是报道本领域最新研究动态和成果,为繁荣我国作物科学研究、促进国内外学术交流、加速中国农业现代化建设服务。读者对象是从事农作物科学研究的科技工作者、大专院校师生和具有同等水平的专业人士。

《作物学报》为月刊, 2011 年定价 50 元/册, 全年 600 元。可通过全国各地邮局订阅, 刊号: ISSN 0496-3490, CN 11-1809/S, 邮发代号: 82-336。也可向编辑部直接订购。

地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农科院作物所《作物学报》编辑部(邮编 100081)

电话: 010-82108548; 传真: 010-82105793; E-mail: xbwz@chinajournal.net.cn

网址: <http://www.chinacrops.org/zwx/>