

# 吉林中部大豆高产氮磷钾肥适宜用量研究

边秀芝,郭金瑞,阎孝贡,刘剑钊,任 军

(吉林省农业科学院 农业环境与资源研究中心,吉林 长春 130033)

**摘 要:**研究吉林中部大豆高产氮、磷、钾肥适宜用量,为大豆高产高效施肥提供依据。2006~2007 年,以吉育 88 为供试品种,设计了氮、磷、钾肥量级田间试验。结果表明:吉林中部大豆高产氮肥适宜用量为  $4567.5\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,磷肥( $\text{P}_2\text{O}_5$ )适宜用量为  $60\sim90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,钾肥( $\text{K}_2\text{O}$ )适宜用量为  $45\sim80\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,氮、磷、钾肥对大豆产量的影响顺序为  $\text{N}>\text{P}>\text{K}$ 。

**关键词:**大豆;高产;氮磷钾;适宜用量

中图分类号:S565.1 文献标识码:A 文章编号:1000-9841(2009)06-1123-03

## Optimum Rate of NPK Fertilizer Application for Soybean at Central Area of Jilin Province

BIAN Xiu-zhi, GUO Jin-rui, YAN Xiao-gong, LIU Jian-zhao, REN Jun

(Research Center of Agricultural Environment and Resources, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin, China)

**Abstract:** The optimum rate of NPK fertilizer application for soybean was studied at central area of Jilin Province, in order to provide the basis for high yield and high efficient of soybean production. By making Jiyu 88 as experimental cultivar, designed the different fertilizer level on NPK in field during 2006-2007. The results showed the optimum rates of N, P, K application were  $45\sim67.5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $60\sim90\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $45\sim80\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectively. The effect order of NPK fertilizer on soybean yield was  $\text{N}>\text{P}>\text{K}$ .

**Key words:** Soybean; High yield; NPK; Optimum rate of application

科学施肥是提高大豆产量、品质和降低生产成本的重要因素<sup>[1]</sup>。目前,在大豆生产中,盲目施肥、单一施肥、过量施肥的不合理用肥问题普遍存在。比较突出的是重视施用氮肥,轻视施用磷肥,钾肥和微量元素肥料;氮、磷、钾大量元素之间、大量元素和微量元素之间比例失调,肥料利用率仅为 30% 左右<sup>[2-4]</sup>。这不仅降低施肥效果,增加生产成本,而且长此下去还会导致土壤退化。现针对吉林中部土壤及气候条件,研究大豆高产的氮磷钾肥适宜用量,为大豆种植高产高效施肥提供科学依据。

### 1 材料与方法

试验在吉林中部的农安县靠山乡,2006~2007 进行 2 a 田间试验,供试土壤的主要农业化学性质(2006~2007 年)分别为:pH,7.8、7.7;有机质含量

1.86%、1.73%;速效养分含量为碱解 N  $96.72$ 、 $79.73\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;速效 P  $18.56$ 、 $15.58\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;速效 K  $133.0$ 、 $108.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试大豆品种吉育 88,播种密度  $25\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。采用随机区组法,在满足氮、磷、钾其中 2 种元素的基础上,设计第 3 种元素的量级,每个试验设 5~6 个级别,3 次重复,4 行区,小区面积  $20\text{ m}^2$ 。

2006 年,在氮( $\text{N}\ 50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、磷( $\text{P}_2\text{O}_5\ 75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、钾  $\text{K}_2\text{O}(90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$  其中 2 种元素的基础上,设计第 3 种元素的 6 个量级,N: 0,22.5,45.0,67.5,90.0,112.5  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 0,30.0,60.0,90.0,120.0,150.0  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$ : 0,37.5,75.0,112.5,150.0,187.5  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

2007 年,在氮( $\text{N}\ 60.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、磷( $\text{P}_2\text{O}_5\ 75.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、钾  $\text{K}_2\text{O}(90.00\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$  其中 2 种

收稿日期:2009-06-05  
基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD521B01-2、2006BAD521B01-2-2)。  
第一作者简介:边秀芝(1956-),女,研究员,研究方向为作物栽培与土壤肥料。E-mail:bianxiuzhi@sohu.com。  
通讯作者:任军,研究员,博士。E-mail:renjun557@163.com。

元素的基础上,设计第3种元素的5个量级,N:0、30.0、60.0、90.0、120.0 kg·hm<sup>-2</sup>;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0、37.5、75.0、112.5、150.0 kg·hm<sup>-2</sup>;K<sub>2</sub>O:0、45.0、90.0、135.0、180 kg·hm<sup>-2</sup>。

叶面积和干物质积累测定,2006年选择N 67.5 kg·hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75.0 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 90.0 kg·hm<sup>-2</sup>施肥处理,从大豆出苗后28 d开始,各主要生育时期(苗期、开花期、结荚期、鼓粒期和黄熟期)进行地上部植株取样,每次取代表性植株10株,烘干测定干物质积累。同时采用打孔法测定叶面积,每次打孔300个,称其鲜重和干重,然后称其所有绿叶片的鲜重和干重计算叶面积指数。

2 结果与分析

2.1 氮肥用量对大豆产量的影响

氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素,随着大豆产量的提高,对氮素的吸收量增加<sup>[5-6]</sup>。氮素不足,大豆营养体矮小,营养不良造成单位面积荚粒数减少和百粒重降低而减产;氮素过量使营养体徒长,抵抗力降低感病或倒伏而减产,所以,根据氮肥用量对大豆产量的影响确定氮肥的适宜用量。

表1 施氮对大豆产量的影响

Table 1 Effect of N application quantity on soybean yield					
N kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Increase /%	N /kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Increase /%
0	3311.3 c	0	0	2329.1 bB	0
22.5	3451.7 ab	4.2	30.0	3104.5 aA	33.3
45.0	3460.4 ab	4.5	60.0	3200.8 aA	37.4
67.5	3492.4 a	5.5	90.0	2998.1 aA	28.7
90.0	3446.7 ab	4.1	120.0	2996.3 aA	28.6
112.5	3374.9 bc	1.9			

表中大小写字母分别代表0.05和0.01水平的差异。下表同。  
Values followed by different lowercase and capital letters are significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. The same is true for later tables.

表1表明,2006年大豆产量随施氮量增加而增加,施氮量67.5 kg·hm<sup>-2</sup>产量最高3492.4 kg·hm<sup>-2</sup>,比无氮处理增产5.5%,产量差异达显著水平,再增加施氮量产量逐渐降低,推荐施氮量为45.0~67.5 kg·hm<sup>-2</sup>。

2007年各施氮处理产量极显著高于无氮处理,其中60.0 kg·hm<sup>-2</sup>的产量最高(3200.8 kg·hm<sup>-2</sup>)

但各施氮处理间产量差异不显著。2006年试验地基础肥力比2007年高,所以2006年无氮区产量高于2007年,施氮区的增产幅度也比2007年小。

对产量结果进行数学模拟,氮肥与大豆产量的效益曲线是典型的抛物线,其效益方程分别为:

$$Y(2006\text{年产量,kg}\cdot\text{hm}^{-2})=3322.9+5.4992N-0.0451N^2,R^2=0.9409$$

$$Y(2007\text{年产量,kg}\cdot\text{hm}^{-2})=2415.4+21.745N-0.1471N^2,R^2=0.8361$$

根据方程,求得“最佳”产量为3217~3483.0 kg·hm<sup>-2</sup>,“最佳”产量施氮量为48.0~61.0 kg·hm<sup>-2</sup>,不同年份和不同土壤基础肥力有差异,基础肥力高的地块,最佳施氮量相对低,从数学模拟和结果分析,大豆高产施氮量在45.0~67.5 kg·hm<sup>-2</sup>。

2.2 磷肥用量对大豆产量的影响

大豆一生都需要较多的磷肥,特别是出苗到开花期,如果缺磷大豆的营养生长受到严重的抑制,无法满足生殖生长的营养需要。前期缺磷,后期无法弥补<sup>[7]</sup>,在氮钾肥基础上,研究不同磷肥用量对大豆产量的影响,确定磷肥的适宜用量。

表2 施磷对大豆产量的影响

Table 2 Effect of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> application quantity on soybean yield					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Increase /%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Increase /%
0	3074.0 b	0	0	2559.5 b	0
30.0	3254.8 ab	5.9	37.5	3106.2 a	21.4
60.0	3533.8 a	15.0	75.0	3060.6 a	19.6
90.0	3553.8 a	15.6	112.5	3156.7 a	23.3
120.0	3450.1 a	12.2	150.0	3117.9 a	21.8
150.0	3427.2 a	11.5			

表2表明,2006年大豆产量随施磷量增加呈先增加后降低的趋势,施磷量为60.0~90.0 kg·hm<sup>-2</sup>时,产量在3533.7 kg·hm<sup>-2</sup>以上,比无磷处理增产15.0%以上;2007年施磷处理的产量显著无磷处理,施磷量为37.5~150.0 kg·hm<sup>-2</sup>的处理无磷处理增产19.6%以上。2006年产量高于2007年,施磷的增产幅度也相对小于2007年。

施磷肥与大豆产量的效益曲线是典型的抛物线,其效益方程分别为:

$$Y(2006\text{年产量,kg}\cdot\text{hm}^{-2})=3061.1+9.8462P$$

$-0.0506 P^2, R^2=0.9408$   
 $Y(2007 \text{ 年产量, kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = 2619.7 + 10.955P$   
 $-0.0523 P^2, R^2=0.8565$

根据方程,求得“最佳”产量为 3 185.0 ~ 3 540.0 kg·hm<sup>-2</sup>,“最佳”产量施磷量为 83.0 ~ 97.0 kg·hm<sup>-2</sup>,综合理论与试验结果“最佳”产量施磷量为 60.0 ~ 90.0 kg·hm<sup>-2</sup>。

2.3 钾肥用量对大豆产量的影响

钾是大豆生长发育所需的三大营养元素之一,适宜的钾可提高氮肥的肥效和促进根瘤的固氮效益,促进根形成庞大的根系,提高大豆的抗病和抗旱能力,施钾增产作用明显<sup>[8-9]</sup>。

表3 施钾肥对大豆产量的影响

Table 3 Effect of K <sub>2</sub> O application quantity on soybean yield					
K <sub>2</sub> O /kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Inerease /%	K <sub>2</sub> O /kg·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	增产 Inerease /%
0	3311.5 b	0	0	2728.7 b	0
37.5	3555.7 a	7.4	45.0	3034.6 a	11.2
75.0	3597.2 a	8.6	90.0	3128.3 a	14.6
112.5	3639.7 a	9.9	135.0	3105.9 a	13.8
150.0	3525.4 a	6.5	180.0	3026.2 a	10.9
187.5	3534.9 a	6.8			

表4 不同生育期的叶面积指数和干物质积累

Table 4 Leaf area index and accumulation of dry matter at different growth stage						
	苗期 Seedling	开花期 Flowering	结荚期 Podding	鼓粒期 Pod filling	黄熟期 Mature	
叶面积指数 Leaf area index	0.81	2.08	5.42	4.14	3.77	
干物质积累量 Accumulation of dry matter/kg·hm <sup>-2</sup>	721.2	2070.0	5178.0	7870.0	10579.0	10892.4
干物质积累速度 Accumulation rate of dry matter/kg·hm <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup>	20.61	103.75	194.25	207.08	129.00	14.92

合理施肥促进叶面积和干物质积累(表4),大豆高产的性状表现为,前期叶面积上升快,出苗后 64 d 叶面积指数最大(5.42),生育后期下降慢,出苗后 98 d 叶面积指数 3.77;干物质积累与叶面积增长趋势相同,前期增长快,出苗后 70 d 左右生长量最大,干物质积累 200.0 kg·hm<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>以上,以后增长量逐渐减少。

3 结论

合理施氮、磷肥大豆产量明显增加,“最佳”产量的施氮量 45.0 ~ 67.5 kg·hm<sup>-2</sup>,“最佳”产量 3 217.0 ~ 3 483.0 kg·hm<sup>-2</sup>;“最佳”产量施磷量 60.0 ~ 90.0 kg·hm<sup>-2</sup>,“最佳”产量 3 185.0 ~

分析结果显示(表3),2006 和 2007 年均为施钾处理与无钾处理产量差异达显著水平,施钾肥各处理间产量差异不显著,为提高种大豆的经济效益选择低钾处理,2006 年施钾量 37.5 kg·hm<sup>-2</sup>,产量为 3 555.7 kg·hm<sup>-2</sup>,比无钾处理增产 7.4%;2007 年施钾量 45.0 kg·hm<sup>-2</sup>,产量为 3 034.6 kg·hm<sup>-2</sup>,比无钾处理增产 11.2%。

钾肥与大豆产量的效益曲线是典型的抛物线,其效益方程分别为:

$Y(2006 \text{ 年产量, kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = 3344.1 + 5.092K$   
 $-0.0228 K^2, R^2=0.8428$   
 $Y(2007 \text{ 年产量, kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = 2744.7 + 7.1143K$   
 $-0.0313 K^2, R^2=0.9765$

根据方程,求得“最佳”产量为 3 136.0 ~ 3 628.0 kg·hm<sup>-2</sup>,“最佳”产量施钾量为 80 ~ 112.0 kg·hm<sup>-2</sup>,不同年份和不同肥力水平地块施钾肥对产量影响差异较大,理论与实际产量施钾量综合分析,钾肥的适宜用量 45.0 ~ 80.0 kg·hm<sup>-2</sup>。

2.4 高产大豆的叶面积指数和干物质积累

在一定范围内,叶面积指数和干物质积累与产量正相关,通过合理施肥调整大豆各生育期叶面积指数和干物质积累速度达到最大值。

3 540.0 kg·hm<sup>-2</sup>;钾肥对大豆产量影响小于氮、磷肥,施钾处理间产量差异不显著,高产大豆施钾量可选择 45.0 ~ 80.0 kg·hm<sup>-2</sup>,产量 3 136.0 ~ 3 628.0 kg·hm<sup>-2</sup>以上。高产大豆最大叶面积指数 5.42,出苗后 70 d 左右日生长量最大,干物质积累 200.0 kg·hm<sup>-2</sup>·d;氮磷钾肥对大豆产量的影响顺序为 N > P > K。

参考文献

[1] 李庆逵,朱兆良,于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 南昌:江西科学出版社,1998:1-133. (Li Q K,Zhu Z L,Yu T R. The fertilizer problems of sustainable agricultural development in China [M]. Nanchang:Science Press of Jiangxi[M]. 1998:1-133. )

[6] De Leij, F A A M, Kerry B R. The nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria*[J]. *Revece Nematology*, 1991, 14(1): 157-164.

[7] 陈立杰, 段玉玺, 范圣长, 等. 大豆胞囊线虫病的生防因子研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(增刊): 190-193. (Chen L J, Duan Y X, Fan S C, et al. Advances in antagonists of soybean cyst nematode[J]. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and For(Nature Science Edition)*, 2005, 33(Supplement): 190-193. )

[8] 潘凤娟, 许艳丽, 孙玉秋, 等. 我国大豆胞囊线虫生防真菌研究现状[J]. 大豆通报, 2006(4): 15-17. (Pan F J, Xu Y L, Sun Y Q, et al. Advance on biological control to soybean cyst nematode by fungi in China[J]. *Soybean Bulletin*, 2006(4): 15-17. )

[9] 卢明科, 潘沧桑, 李舟. 厚垣轮枝孢菌(*Verticillium chlamydosporium*)防治植物线虫研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(4): 103-105. (Lu M K, Pan C S, Li Z. Advances of studies of *Verticillium chlamydosporium* as a biological control agent for plant parasitic nematodes[J]. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture(Nature Science Edition)*, 2004, 32(4): 103-105. )

[10] 范圣长, 段玉玺, 陈立杰. 大豆胞囊线虫胞囊内寄生真菌研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(1): 71-74. (Fan S C, Duan Y X, Chen L J. The research on the cyst entoparasitic fungi of soybean cyst nematode[J]. *Soybean Science*, 2004, 23(1): 71-74. )

[11] 张飞跃, 孙炳剑, 李洪连, 等. 植物寄生线虫生防因子研究进展[J]. 河南农业科学, 2008(8): 14-19. (Sun F Y, Sun B J, Li H L, et al. Advance on biological control factor to plant nematode[J]. *Journal of Henan Agriculture Science*, 2008(8): 14-19. )

[12] 陈立杰, 梁文举, 等. 施用生防颗粒剂对大豆田土壤线虫群落结构和生物多样性的影响[J]. 大豆科学, 2003, 22(4): 251-252. (Chen L J, Liang W J, Duan Y X, et al. Effects of bio-nematicide on community structure and bio-diversity of soil nematodes in soybean field[J]. *Soybean Science*. 2003, 22(4): 251-252. )

[13] 张晓歌, 王海宽, 王建玲, 等. Sr18 菌杀线虫代谢产物 30 L 罐发酵放大条件的优化[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2008, 28(2): 1-4. (Zhang X G, Wang H K, Wang J L, et al. Fermentation optimization of nematicidal metabolites of Sr18 fungus in the scale of 30 L fermenter[J]. *Journal of Tianjin Normal University(Natural Science Edition)*, 2008, 28(2): 1-4. )

[14] 陈立杰, 段玉玺, 王媛媛, 等. 不同细菌菌株对大豆根腐病菌及胞囊线虫病的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(6): 831-834. (Chen L J, Duan Y X, Wang Y Y, et al. Bio-effect of different bacterial strains on soybean root rot pathogens and *Heterodera glycines*[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 37(6): 831-834. )

[15] Chen S Y, Dickson D W. A technique for determining live second-stage juveniles of *Heterodera glycines*[J]. *Journal of Nematology*, 2000, 32(1): 117-121.

[16] 吴海燕, 远方, 陈立杰, 等. 大豆胞囊线虫病与大豆抗胞囊线虫机制的研究[J]. 大豆科学, 2001, 20(4): 285-289. (Wu H Y, Yuan F, Chen L J, et al. Advances in soybean cyst nematode and mechanism of soybean resistance to *Heterodera glycines*[J]. *Soybean Science*, 2001, 20(4): 285-289. )

[17] 陈申宽, 同路海, 刘玉良, 等. 厚垣轮枝菌 G 防治大豆胞囊线虫病的试验研究[J]. 植物医生, 2007, 20(6): 28-29. (Chen S K, Yan H L, Liu Y L, et al. Control effects of *Verticillium chlamydosporium* Gon soybean cyst nematode[J]. *Plant Doctor*, 2007, 20(6): 28-29. )

[18] 陈立杰, 梁文举, 段玉玺, 等. 施用生防颗粒剂对大豆田土壤线虫群落结构和生物多样性的影响[J]. 大豆科学, 2003, 22(4): 251-256. (Chen L J, Liang W J, Duan Y X, et al. Effects of bio-nematicide on community structure and bio diversity of soil nematodes in soybean field[J]. *Soybean Science*, 2003, 22(4): 251-256. )

(上接第 1125 页)

[2] 吕英华, 秦双月. 测土与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 284-286. (Lu Y H, Qin S Y. Soil test and fertilization[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 284-286. )

[3] 奚振邦. 现代化学肥料科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 133-160. (Xi Z B. Chemical fertilizer science[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 133-160. )

[4] 关连珠. 土壤肥料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 178-219. (Guan L Z. Fertility of soil[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 178-219. )

[5] 高聚林, 刘克礼, 李惠智, 等. 大豆群体对氮、磷、钾的平衡吸收关系研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 106-110. (Gao J L, Li K L, Li H Z, et al. Study on balance absorption of dry farming soybean plants to N, P, K[J]. *Soybeen Science*, 2004, 23(2): 106-110. )

[6] 王超, 霍爱伟, 王季怀, 等. 不同施肥配比对大豆生长的影响[J]. 山西农业大学学报, 2007, 27(5): 22-24. (Wang C, Huo A W, Wang J H, et al. The influence of different fertilizer matching to the soybean[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 2007, 27(5): 22-24. )

[7] 吴明才, 肖昌珍, 郑普英. 大豆磷素营养研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(3): 59-65. (Wu M C, Xiao C Z, Zheng P Y. Study on the physiological function of phosphorus to soybean[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1999, 32(3): 59-65. )

[8] 阎春娟, 韩晓增, 王树起, 等. 钾对大豆干物质积累、产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(1): 113-117. (Yan C J, Han X Z, Wang S Q, et al. Effect of potassium fertilizer on dry matter accumulation yield and quality of soybean[J]. *Soybean Science*, 2008, 27(1): 113-117. )

[9] 韩晓增. 大豆高产施肥技术的研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 1998, 14(3): 239-240. (Han X Z. Study of high-yield fertilization technique of soybean[J]. *System Sciences Comprehensive Studies in Agriculture*, 1998, 14(3): 239-240. )