

氮磷钾底肥对大豆蛋白质含量的效应^{*}

宁海龙 胡国华 李文滨 李文霞

(东北农业大学大豆研究所, 大豆生物学教育部重点实验室, 哈尔滨 150030)

摘要 采用正交回归旋转设计方法,建立了氮、磷、钾肥对大豆蛋白质含量的综合作用模型。依据该模型探讨氮、磷、钾肥对大豆蛋白质含量影响的规律。氮、磷、钾肥对大豆蛋白质含量的单因素效应、二因素互作效应受到其它因素水平的影响。氮肥对蛋白质含量的影响均为负效应,降低速度随着氮肥编码值增高而加快。磷肥对蛋白质含量的作用有正有负。钾肥对蛋白质含量的作用为负效应,其降低幅度随钾的增加而提高。施尿素量为 1.93~4.70g/盆,施重过磷酸钙量为 8.13~20.59g/盆,施硫酸钾量为 1.27~3.37g/盆,采用这个比例施肥有 95%的可能使蛋白质含量高于 43.5%。

关键词 大豆;蛋白质含量;氮磷钾肥

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2006)03-0288-06

施用氮磷钾肥料是大豆的主要栽培措施之一,对产量水平具有提高作用^[1~8]。氮磷钾肥对产量的影响是通过影响其生理过程实现的,作为产量重要组成部分的蛋白质和脂肪也是代谢的产物,因此,氮磷钾肥一定会影响蛋白质和脂肪含量。肥料对大豆籽粒中蛋白质和脂肪含量的研究已有较多,且结论不一致^[9~14]。要进行大豆优质高效栽培,必须了解施肥对品质的影响,尤其是氮磷钾肥综合作用。本文采用正交回归旋转设计方法,研究氮、磷、钾肥对大豆蛋白质含量的影响,为大豆优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆品种为绥农 14。

1.2 肥料处理

肥料为氮肥(尿素),磷肥(重过磷酸钙)和钾肥(硫酸钾)采用三因素二次通用回归旋转组合设计,因素水平编码、肥料种类及施肥量列于表 1 和 3。

1.3 试验实施

全部试验于 2003 年和 2004 年在东北农业大学校内试验地进行。采用盆栽,每处理 4 次重复,盆的直径为 33cm,每盆装土 22kg。试验盆埋在土中,盆口与土面持平。土壤为淋溶黑钙土,土壤基础肥力

表 1 因素水平编码表

Table 1 Code of factors and level						
试验因素	变化间距	因素设计水平 Level				
Factors	Interval	-1.682	-1	0	1	1.682
N 尿素	2.174	0	1.483	3.657	5.831	7.314
P 重过磷酸钙	9.804	0	6.686	16.490	26.294	32.980
K 硫酸钾	2.000	0	1.364	3.364	5.364	6.728

表 2 土壤基础肥力

Table 2 Fertilizer base of soil used in experiment

有机质含量(%)	pH	全氮(%) Total N	全磷(%) Total P	缓效钾 Slowly available potassium (mg/kg)	速效氮 Quick acting nitrogen (mg/kg)	速效磷 Quick acting phosphorus (mg/kg)	速效钾 Quick acting potassium (mg/kg)
1.97	7.0	0.07331	0.0325	105.17	195.3	36.50	112.5

^{*} 收稿日期: 2005-09-27
课题来源: 国家自然科学基金(30130120)项目, 大豆生物学教育部重点实验室主任基金(SB06D52)
作者简介: 宁海龙(1975-), 男, 博士, 副教授, 主要从事大豆遗传育种及生理生态研究。E-mail: Ninghailong1975@163.com
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

如表 2。

田间管理与大田管理相同。秋季收获后, 按盆收获, 脱粒。

1.4 品质分析

籽粒储存 2 个月后, 采用 Perten-8620 近红外仪型测蛋白质含量。蛋白质含量的校正采用凯氏定氮法。

1.5 统计分析

以每处理的两年平均数进行分析。对数据进行回归分析, 建立回归模型

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+b_4x_1^2+b_5x_1x_2+$$

$$b_6x_2^2+b_7x_1x_3+b_8x_2x_3+b_9x_3^2$$

在回归模型显著的基础上, 进行降维, 分析单因素效应, 二因素交互作用, 边际效应, 最佳施肥方案。

回归模型的建立采用 SAS(V8. 1, 2000) 软件进行, 分析采用 Proc RSREG。对于降维和交互作用的方程采用 Mathematica 软件绘制图形。

2 结果与分析

2.1 回归模型的建立

试验中不同处理得到的蛋白质含量列于表 3。

表 3 试验结构矩阵及蛋白质含量

Table 3 Matrix of treatment and its protein content

试验号 Treatment	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	蛋白质含量 Protein content (%)	试验号 Treatment	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	蛋白质含量 Protein content (%)
1	1	1	1	1	42.55	11	1	0	1.682	0	41.85
2	1	1	1	-1	42.58	12	1	0	-1.682	0	41.68
3	1	1	-1	1	40.21	13	1	0	0	1.682	41.74
4	1	1	-1	-1	41.93	14	1	0	0	-1.682	42.59
5	1	-1	1	1	42.19	15	1	0	0	0	42.18
6	1	-1	1	-1	41.29	16	1	0	0	0	42.24
7	1	-1	-1	1	42.33	17	1	0	0	0	42.14
8	1	-1	-1	-1	43.26	18	1	0	0	0	42.20
9	1	1.682	0	0	41.81	19	1	0	0	0	42.16
10	1	-1.682	0	0	42.59	20	1	0	0	0	42.22

根据表 3 中数据, 经计算机计算, 大豆绥农 14 籽粒中蛋白质含量与氮、磷、钾肥的回归关系为:

$$y=42.18-0.208x_1+0.081x_2-0.223x_3+0.040x_{12}+0.586x_1x_2-0.137x_2^2-0.229x_1x_3+0.396x_2x_3+0.029x_3^2, F=319.41^{**} \dots$$
 方程(1)

式中 y, x¹, x², x³ 分别代表蛋白质含量、氮编码、磷编码、钾编码。经检验 F 值均达到显著或极显著, 说明 3 个因素对大豆绥农 14 籽粒蛋白质含量影响极显著。关系密切, 可以根据以上方程进行各项分析。

2.2 单因素对籽粒蛋白质含量的影响

2.2.1 供 N 量对籽粒蛋白质含量的影响

1

$y=43.23-0.81x_1+0.04x_1^2$

2

$y=42.61-0.57x_1+0.04x_1^2$

3

$y=42.18-0.21x_1+0.04x_1^2$

4

$y=42.33+0.15x_1+0.04x_1^2$

5

$y=42.76+0.39x_1+0.04x_1^2$

1

$y=42.45-1.57x_2-0.14x_2^2$

2

$y=42.45-0.90x_2-0.14x_2^2$

3

$y=42.18+0.08x_2-0.14x_2^2$

4

$y=41.59+1.06x_2-0.14x_2^2$

5

$y=41.00+1.73x_2-0.14x_2^2$

1

$y=43.78-0.51x_3+0.03x_3^2$

2

$y=42.80-0.39x_3+0.03x_3^2$

3

$y=42.18-0.22x_3+0.03x_3^2$

4

$y=42.54-0.06x_3+0.03x_3^2$

5

$y=43.35+0.06x_3+0.03x_3^2$

在方程(1)中, 同时将 x₂、x₃ 分别固定在 -1.682、-1.0、1、1.682 编码水平上, 可分别得 5 个相应的回归方程, 并将方程绘于图 1a 中。在该图中看出, 在磷肥和钾肥的各个水平上, 氮肥影响下的蛋白质含量差异很大。随着磷肥和钾肥水平的提高, 氮肥对蛋白质含量的效应由负向逐渐变为正向。在磷肥和钾肥水平较低时(x₂ = -1.682, x₃ = -1.682; x₂ = -1, x₃ = -1; x₂ = 0, x₃ = 0), 蛋白质含量随着氮肥施用量增加而逐渐降低, 在磷肥和钾肥水平较高时(x₂ = 1, x₃ = 1; x₂ = 1.682, x₃ = 1.682), 蛋白质含量随着氮肥施用量增加而提高。

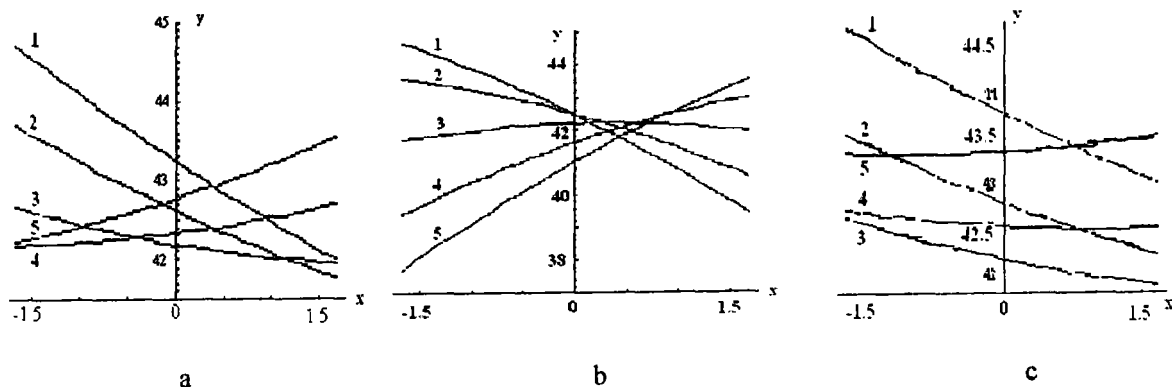


图 1 大豆蛋白质含量与 N、P、K 的关系

Fig 1 Relationship between N, P and K and protein content in soybean

注: x_1 、 x_2 、 x_3 分别表示氮、磷、钾施用编码水平, y 表示蛋白质含量。

Note: x_1 、 x_2 、 x_3 means code of N, P and K, y means protein content

2.2.2 供 P 量对籽粒蛋白质含量的影响

当把方程 1 中的施 N 量编码 x_1 和施 K 量编码 x_3 同时固定在 -1.682 、 -1.0 、 1.682 水平上时, 可分别得 5 个相应的回归方程, 并将方程绘于图 b 中。在该图中看出, 在氮肥和钾肥的各个水平上, 磷肥影响下的蛋白质含量差异很大。随着氮肥和钾肥水平的提高, 磷肥对蛋白质含量的效应由负向逐渐变为正向。在氮肥和钾肥水平较低时 ($x_1 = -1.682$, $x_3 = -1.682$; $x_1 = -1$, $x_3 = -1$), 蛋白质含量随着磷肥施用量增加而逐渐降低, 在氮肥和钾肥水平较高时 ($x_1 = 1$, $x_3 = 1$; $x_1 = 1.682$, $x_3 = 1.682$), 蛋白质含量随着磷肥施用量增加而提高。

2.2.3 供 K 量对籽粒蛋白质含量的影响

在方程 1 中将施 N 量 x_1 和施 P 量 x_2 同时分别固定在 -1.682 、 -1.0 、 1.682 水平上时, 籽粒蛋白质含量与施 K 量的回归方程, 并将方程绘于图 1c 中。在该图中看出, 在氮肥和磷肥的各个水平上, 钾肥影响下的蛋白质含量差异很大。随着氮肥和磷肥水平的提高, 钾肥对蛋白质含量的效应由负向逐渐变为正向。在氮肥和磷肥水平较低时 ($x_1 = -1$,

$x_2 = -1.682$; $x_1 = -1$, $x_2 = -1$; $x_1 = 0$, $x_2 = 0$), 蛋白质含量随着钾肥施用量增加而逐渐降低, 在氮肥和磷肥水平较高时 ($x_1 = 1$, $x_2 = 1$; $x_1 = 1.682$, $x_2 = 1.682$), 蛋白质含量随着钾肥施用量变化不大。

2.3 各因素交互效应对籽粒蛋白质含量的影响

如同环境条件下对大豆籽粒产量影响那样, 任何因素对籽粒蛋白质量的影响都不是孤立的起作用的。除了各因素主效应外, 还有各因素间的互作效应影响。在本研究中, 有供 N 量 (x_1) 与供 P 量 (x_2) 间的互作效应、供 N 量 (x_1) 与供 K 量 (x_3) 间的互作效应、供 P 量 (x_2) 与供 K 量 (x_3) 间的互作效应, 都对籽粒蛋白质含量产生影响。

2.3.1 供 N 量与供 P 量互作效应的影响

在方程中, 当把 x_3 分别固定在 0 编码水平上时, 可以得出绥农 14 蛋白质含量的 N 和 P 互作回归子模型如下:

$$y_{1.2} = 42.64 + 0.18x_1 - 0.59x_2 + 0.04x_1^2 + 0.59x_1x_2 - 0.14x_2^2$$

根据以上 N 和 P 互作回归子模型, 作出图 2a。

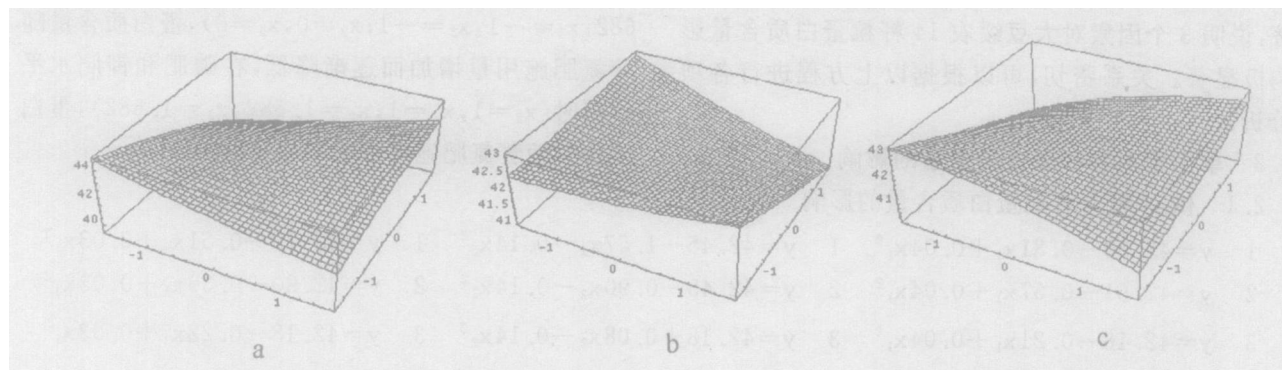


图 2 N 和 P(a)、N 和 K(b)、P 和 K(c) 互作对大豆蛋白质含量的作用

Fig 2 Interaction effects of N by P, N by K and P by K on protein content

由图 2a 可以看出, 氮肥与磷肥在 $x_1 = -1.682$, $x_2 = -1.682$ 时, 蛋白质含量最高, 在 $x_1 = -1.682$, $x_2 = 1.682$ 时, 蛋白质含量最低。

2.3.2 供 N 量与供 K 量互作效应的影响

在方程中, 当把供 P 量固定在 0 水平时, 可得供 N 量与供 K 量的互作效应方程。

$$y_{1.3} = 42.18 - 0.21x_1 - 0.22x_3 + 0.04x_1^2 - 0.23x_1x_3 + 0.03x_3^2$$

由图 2b 可看出, 当供 P 量编码 $x_2 = 0$, 供 N 量与供 K 量编码分别为 $x_1 = 1.682$ 、 $x_3 = -1.682$ 时, 供 N 量与供 K 量互作影响的各组合籽粒蛋白质含量最高, $x_1 = 1.682$ 、 $x_3 = 1.682$ 时蛋白质含量最低。最优组合与最劣组合之间, 籽粒蛋白质含量可相差 1.5 个百分点左右。

2.3.3 供 P 量与供 K 量互作效应的影响

在方程中, 当把供 N 量固定在 0 水平时, 可得供 P 量与供 K 量的互作效应方程 $y_{2.3} = 42.18 + 0.09x_2 - 0.22x_3 - 0.137x_2^2 + 0.40x_2x_3 + 0.03x_3^2$

由图 2c 可看出, 当供 N 量编码 $x_1 = 0$, 供 P 量

与供 K 量编码分别为 $x_2 = -1.682$ 、 $x_3 = -1.682$ 时, 供 P 量与供 K 量互作影响的各组合籽粒蛋白质含量最高, $x_2 = -1.682$ 、 $x_3 = 1.682$ 时蛋白质含量最低。最优组合与最劣组合之间, 籽粒蛋白质含量可相差 2.5 个百分点左右。

2.4 边际效应

对所建立的三元二次回归模型, 将其它 2 个变量固定在零水平, 即可得到另一变量的偏回归子模型。

将方程 1 降维得如下 3 个回归子模型

$$y_1 = 42.18 - 0.21x_1 + 0.04x_1^2, y_2 = 42.18 + 0.08x_2 - 0.14x_2^2, y_3 = 42.1 - 0.22x_3 + 0.03x_3^2$$

对各回归子模型求一阶导数, 可分析各因素的边际效应, 即边际蛋白质含量效应, 指某变量每增加一个单位时的蛋白质含量增加量。

$$\frac{\alpha y}{\alpha x_1} = -0.21 + 0.08x_1, \frac{\alpha y}{\alpha x_2} = -0.08 + 0.28x_2,$$

$$\frac{\alpha y}{\alpha x_3} = -0.22 + 0.06x_3;$$

各边际效应表示于图 3。

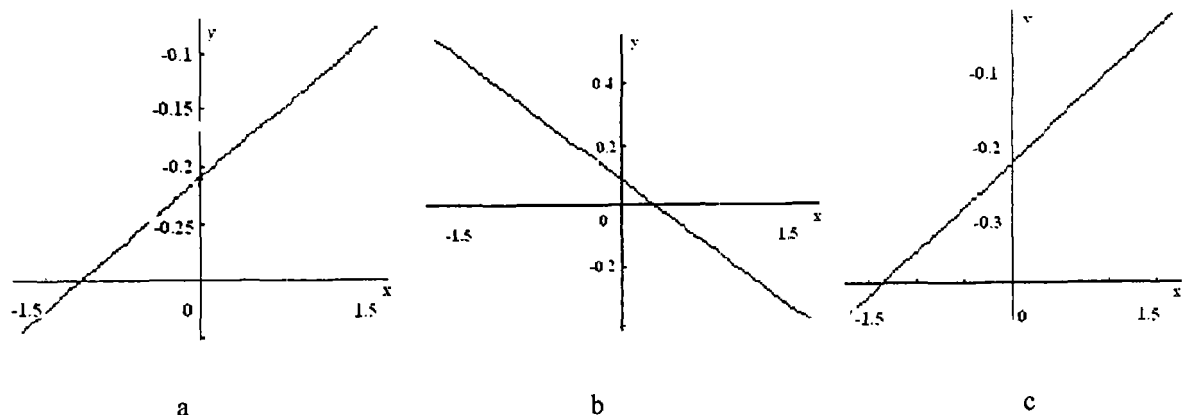


图 3 N (a)、P (b) 和 K (c) 对大豆蛋白质含量的边际效应

Fig. 3 Marginal effects of N (a), P (b) and K (c) on protein content in soybean

由图 3 可见, 氮肥对蛋白质含量的影响均为负效应, 降低速度随着氮肥编码值增高而加快。磷肥对蛋白质含量的作用有正有负, 在编码值小于 0.286 时, 磷肥对蛋白质含量的作用为正效应, 其增加幅度随磷的增加而减弱; 在磷的编码值大于 0.286 时, 磷肥对蛋白质含量的作用为负效应, 其降低幅度随磷的增加而提高。钾肥对蛋白质含量的作用为负效应, 其降低幅度随钾的增加而提高。

2.5 高蛋白最佳施肥方案

将 x_i 取值分别为 -1.682 , -1 , 0 , 1 , 1.682 , 全部方案有 125 个, 可求得蛋白质含量高于 43.5% 出现的方案。各因素各水平出现的频数及置信区间列于表 4。

表 4 蛋白质含量大于 43% 方案中 x_i 取值频率分布

Table 4 Frequency of x_i value for protein content over 43%

编码 Coding	N		P		K	
	次数 Time	频率 Frequency	次数 Time	频率 Frequency	次数 Time	频率 Frequency
-1.682	8	0.348	7	0.304	8	0.348
-1	4	0.174	7	0.304	6	0.261
0	2	0.087	0	0.000	3	0.130
1	2	0.087	2	0.087	4	0.174
1.682	7	0.304	7	0.304	2	0.087
\bar{x}	-0.160		-0.217		-0.526	
s	0.308	0.306	0.251			
95% 置信区间 -0.798 ~ 0.478 -0.853 ~ 0.418 -1.047 ~ -0.005						
施肥量 1.93 ~ 4.70 8.13 ~ 20.59 1.27 ~ 3.37						

由表 4 的频率分析可知, 要获得 43% 以上的蛋

白质含量,相应的施肥措施为:施尿素量为 $1.93 \sim 4.70 \text{ g/盆}$,施重过磷酸钙量为 $8.13 \sim 20.59 \text{ g/盆}$,施硫酸钾量为 $1.27 \sim 3.37 \text{ g/盆}$,采用这个比例施肥有95%的可能使蛋白质含量高于43%。

3 讨论

在大豆产量和品质形成过程中,明确各肥料影响的重要性是极其重要的。以往研究多采用单因素试验,本文通过氮磷钾肥三因素正交试验的分析,表明无论对于蛋白质含量还是脂肪含量,氮磷钾三种肥料中影响最大的是氮肥,其次是磷肥,钾肥的影响最小。因此,欲通过氮磷钾肥的施用来调节大豆蛋白质和脂肪含量时,应首先考虑到氮肥的作用,其次考虑磷肥的作用。

氮、磷都是大豆细胞质、细胞核和各种酶的组成成分,与籽粒蛋白质、脂肪和碳水化合物形成有密切关系。钾虽不参与细胞组成,但在各种重要代谢过程中(如蛋白质、脂肪、碳水化合物的合成过程)都起促进作用。所以,大豆植株氮、磷、钾含量与籽粒产量、蛋白质含量、脂肪含量有密切关系。李永孝等认为,不论在哪一个供水水平上,施肥量对夏大豆籽粒蛋白质含量都有明显影响,施肥量不足或过量施肥都导致夏大豆籽粒蛋白质含量降低^[9]。Jones等(1971)的研究表明增加P和K肥可以降低脂肪含量,但蛋白质含量的反应却不一致。但由于产量增加,蛋白质和脂肪的产量都随施肥量的增加而增加^[10]。Ham等报道通过各种施肥方法,产量在不同的P和K肥比率间存在显著差异,而蛋白质和脂肪含量间却无显著差异^[11]。Poole等的研究表明,在生殖生长期施用N、P、K、S复合叶面肥可以增加籽粒中含氮量和蛋白质含量,降低脂肪含量^[12]。Wesley等在8个地点实施叶面氮肥试验,其中有三个地点脂肪含量略有增加(0.4个百分点),有四个地点蛋白质含量显著增加(1个百分点),由于产量增加,氮肥却可稳定增加蛋白质和脂肪的总产量^[13]。Haq等通过8年112个地点的研究结果表明,施肥对大豆蛋白质和脂肪含量的影响是不一致的^[14]。本文研究结果表明,氮、磷、钾肥对大豆蛋白质含量的单因素效应、二因素互作效应受到其它因素水平的影响。氮肥对蛋白质含量的影响均为负效应,降低速度随着氮肥编码值增高而加快。磷肥对蛋白质含量

的作用有正有负。钾肥对蛋白质含量的作用为负效应,其降低幅度随钾的增加而提高。

综合前人和本文结果可看出,氮磷钾混合施用条件下,氮磷钾肥的吸收和利用是一个协调的生理生化过程,通过环境中的肥料转化植株中的营养元素来合成蛋白质和脂肪,并调节二者的比重。在这一过程中,氮磷钾肥的总量和比例应在营养元素的吸收和在植株体内分配利用两个步骤影响光合产物向碳水化合物、蛋白质、脂肪的转化,即产量和品质的形成。

参 考 文 献

- 1 王丹英,汪自强.播期、密度、氮肥用量对菜用大豆产量和品质的效应[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(1):69-72.
- 2 马守富,静广利.大豆不同品种类型与施肥效果的研究[J].种子科技,2002,(3):160-161.
- 3 甘银波,涂学文,田任久.大豆的最佳氮肥施用时期研究[J].大豆科学,1998,17(4):287-291.
- 4 沈润平,王中孚,郭进耀,等.氮磷钾营养对春大豆产量品质效应的研究[J].江西农业大学学报,1999,20(1):51-55.
- 5 韩秉进,陈渊,韩晓增,等.黑土区大豆适宜NPK肥料用量研究[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(2):145-148,152.
- 6 戴建军,程岩.黑龙江省南部黑土不同施氮水平对大豆产量的影响[J].东北农业大学学报,2000,31(3):225-228.
- 7 郑淑琴.钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学2001,(4):1-4.
- 8 刘鹏,杨玉爱.氮、磷、钾配施及其与钼、硼配施对大豆产量的影响[J].安徽农业大学学报,2003,30(2):117-122.
- 9 李永孝主编.山东大豆[M].济南:山东科学技术出版社,1999,312-324.
- 10 Jones GD, Lutz JA. Yield of wheat and soybeans and oil and protein content of soybean as affected by fertility treatments and deep placement of limestone[J]. Agronomy Journal, 1971, 63: 931-934.
- 11 Ham GE, Nelson WW, Evans SD, et al. Influence of fertilizer placement on yield response of soybeans[J]. Agronomy Journal, 1973, 65: 81-84.
- 12 Poole WD, Randal GW, Ham GE. Foliar fertilization of soybean: I. Effect of fertilizer sources, rates, and frequency of application[J]. Agronomy Journal, 1983, 75: 195-200.
- 13 Wesley TL, Lamond RM, Martin VL, et al. Effects of late season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition[J]. Journal of Produce Agriculture, 1998, 5: 148-152.
- 14 Haq MU, Mallarino A. Response of soybean grain oil and protein concentrations to foliar and soil fertilization[J]. Agronomy Journal, 2005, 97: 910-918.

THE EFFECTS OF BASED NPK FERTILIZER ON PROTEIN CONTENT IN SOYBEAN

Ning Hailong Hu Guohua Li Wenbin Li Wenxia

(Soybean Research Institute of Northeast Agricultural University, Key Laboratory of Soybean Biology of Ministry of Education, Harbin 150030)

Abstract The action model was established for the effects of nitrogenous, phosphatic and potassic fertilizer on the content of protein by using orthogonal regression rotating method. The effects of nitrogenous, phosphatic and potassic fertilizer on the content of protein in soybean were discussed by this model. The main and interaction effects of nitrogenous, phosphatic and potassic fertilizer on the protein content were affected by other factors. Nitrogen fertilizer has produced a negative effect to protein content, decreasing rate became quickly as nitrogen fertilizer coding number increased, whereas phosphor fertilizer has produced positive and negative effect to protein content. Potassic fertilizer has produced negative effect to protein content. Fertilizing measure to getting protein contents over 43% with 95% possibility comprised nitrogen fertilizer 1.93 ~ 4.70 g/pot, phosphor fertilizer 8.13 ~ 20.59 g/pot and potassic fertilizer 1.27 ~ 3.37 g/pot.

Key words Soybean; Protein; Nitrogen fertilizer; Phosphor fertilizer; Potassic fertilizer

欢迎订阅 2007 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农科院主办的学术性期刊。国内外公开发行, 2007 年由季刊改为双月刊, 大 16 开本, 每期 96 页。国内每期订价: 10.00 元, 全年 60.00 元, 邮发代号: 14-95。国外每期订价: 10.00 美元(包括邮资), 全年 60 美元。国外总发行由中国国际图书贸易总公司, 北京 399 信箱。国外代号: Q5587。

《大豆科学》是中国自然科学核心期刊, 中国科学引文数据库来源期刊。主要刊登有关大豆的遗传育种, 品种资源, 生理生态, 耕作栽培、病、虫、杂草防治, 营养施肥, 生物技术及食品加工等方面的科研报告, 学术论文, 国内、外研究进展评述, 研究简报, 学术活动简讯、新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者, 大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

本刊热忱欢迎广大科研单位及有关企业刊登广告, 广告经营许可证号: 2301004010071。

订阅办法: 全国各地邮局, 如在邮局漏订, 可到编辑部补订。通过邮局汇款至哈尔滨市学府路 368 号《大豆科学》编辑部。邮政编码: 150086。联系电话: 0451-86668735。

<http://ddkx.chinajournal.net.cn>

E-mail: dadoukx@sina.com