

靖宇山区大豆中低产 田高产施肥数学模型研究初报*

孙玉良 吴长青 吕成财 苗金玉 黄 杰 孟繁臣 潘贵修

(吉林省靖宇县农科所)

(吉林省靖宇县种子公司)

摘 要

本文采用最优回归设计311—B方案,在靖宇山区白浆土中低产田上研究了大豆的合理施肥问题,提出了大豆产量与生产上常用的3种化肥: NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、 K_2SO_4 用量之间拟合度较高的二次回归方程,并导出了以产量为指标的经济最佳施肥量,探讨了3种化肥的单肥效应及交互效应。

提高中低产田粮食产量,是保证粮食生产持续稳定提高的重大措施。靖宇县地处长白山区,气温低,无霜期短,土壤冷浆,白浆土中低产田面积大。全县现有的大豆田中,白浆土中低产田占64.3%,这些地块除存在着冷、粘、板、酸等障碍因素外,还普遍表现为土壤贫瘠,提高这些地块的大豆产量,除采取更新良种,土壤改良等农业新技术外,科学施肥是重要途径。针对全县冷浆白浆土大豆中低产田面积大,单产低,但保肥性能好,施肥增产潜力大的实际,我们于1990年在靖宇镇保安村进行了试验研究,探讨了冷浆白浆土大豆中低产田高产施肥数学模型,以便为全县大豆优化配方施肥提供理论依据。

一、试验条件及方法

供试品种为当地主推的合丰25品种,试验地点设在靖宇镇保安村的薄层台地白浆土区。土壤基础肥力指标为:有机质6.17%;全氮0.216%;全磷0.096%;全钾1.93%;碱解氮236.85ppm;速效磷16.32ppm(0.025N NH_4F —HCl浸提);速效钾106ppm(10% NaNO_3);3种速效养分分别处在全县缺,缺,较缺的地力分级上。土壤pH为6(水土比1:1)。

试验采用最优回归设计311—B方案,选取了因素分别为 NH_4NO_3 (含N 34%), $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (含N 18%, P_2O_5 46%,方案中把 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 做为一个整体因素考虑,便于结果的实际应用。), K_2SO_4 (含 K_2O 50%),每个因素设5个水平,试验采用线性编码。3种肥料下限均为0,上限分别为25、30、20kg/亩,试验因素水平,311—B方案结构矩阵和施肥方案详见表1~3。

表 311—B 方案因素水平编码(单位:kg/亩)

水平	x_1	NH_4NO_3	x_2	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	x_3	K_2SO_4
1	-2.106	0	-2.106	0	-2.45	0
2	-0.751	8.040	-0.751	9.650	-1	5.920
3	0	12.500	0	15.000	0	10.000
4	0.751	16.960	0.751	20.350	1	14.080
5	2.106	25.000	2.106	30.000	2.45	20.000
Δ_j		5.935		7.123		4.082

表 2

311—B 方案结构矩阵

N_0	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3
1	1	0	0	2.45	0	0	6	0	0	0
2	1	0	0	-2.45	0	0	6	0	0	0
3	1	-0.751	2.106	1	0.564	4.436	1	-1.581	-0.751	2.106
4	1	2.106	0.751	1	4.436	0.564	1	1.581	2.106	0.751
5	1	0.751	-2.106	1	0.564	4.436	1	-1.581	0.751	-2.106
6	1	-2.106	-0.751	1	4.436	0.564	1	1.581	-2.106	-0.751
7	1	0.751	2.106	-1	0.564	4.436	1	1.581	-0.751	-2.106
8	1	2.106	-0.751	-1	4.436	0.564	1	-1.581	-2.106	0.751
9	1	-0.751	-2.106	-1	0.564	4.436	1	1.581	0.751	2.106
10	1	-2.106	0.751	-1	4.436	0.564	1	-1.581	2.106	-0.751
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* 本文初稿得到吉林农业大学杨靖一老师审阅,谨致谢意。

表 3 311—B 施肥方案

试验号	NH ₄ NO ₃		(NH ₄) ₂ HPO ₄		K ₂ SO ₄	
	kg/亩	kg/区	kg/亩	kg/区	kg/亩	kg/区
1	25.00	0.337	30.0	0.405	40.00	0.54
2	25.00	0.337	30.0	0.405	0	0
3	16.08	0.217	60.0	0.810	28.16	0.38
4	50.00	0.675	40.7	0.549	28.16	0.38
5	33.92	0.458	0	0	28.16	0.38
6	0	0	19.3	0.261	28.16	0.38
7	33.92	0.458	60.0	0.810	11.84	0.16
8	50.00	0.675	19.3	0.261	11.84	0.16
9	16.08	0.217	0	0	11.84	0.16
10	0	0	40.7	0.549	11.84	0.16
11	25.00	0.337	30.0	0.405	20.00	0.27
CK	0	0	0	0	0	0

表 4 田间试验的产量结果 (单位:kg/亩)

处 理	小 区 产 量			平均亩产
	I	II	III	
1	186.57	189.17	186.98	187.57
2	147.19	146.73	145.60	146.50
3	183.89	183.17	182.44	183.17
4	168.24	167.43	167.39	167.69
5	120.62	120.99	123.86	121.82
6	143.97	141.65	142.34	142.65
7	182.65	187.31	187.48	185.81
8	177.65	176.13	180.61	178.13
9	137.30	137.17	141.60	138.69
10	172.48	179.61	172.19	174.76
11	173.46	172.24	168.69	171.46
CK	110.82	117.25	113.17	113.75

表 5 回归方程的 x² 检验和 R 检验

处 理	y	$\hat{y}$	y- $\hat{y}$
1	187.57	171.590	15.797
2	146.50	162.142	-15.643
3	183.17	192.383	-9.214
4	167.69	177.063	-9.374
5	121.82	131.042	-9.223
6	142.65	152.027	-9.378
7	185.81	175.649	10.160
8	178.13	168.137	9.992
9	138.69	128.537	10.152
10	174.76	164.768	9.991
11	171.46	168.231	3.228
x ²	7.8137(x _{0.05} ⁽¹⁰⁾ =18.3)		
Ry $\hat{y}$	0.864** [R _{0.01} (9)=0.708]		

正值,说明单施各种化肥均有一定的增产作用;3个二次项系数全为负值,说明施肥过量都减产;3个交互项系数2负1正,说明NH₄NO₃和(NH₄)₂HPO₄及K₂SO₄配施有负交互作用,而(NH₄)₂HPO₄和K₂SO₄配施有正交互作用。方程(2)的常数项为不施肥时的理论产量,|b₀-ck|=2.026,在田间经验误差允许范围之内,表明模型(2)基本上表达了本县冷浆白浆土

小区面积9m²,保护行宽2.4m,各处理随机排列,行距60cm,穴距13.3cm,每穴双株,5月10日播种。3种化肥全部做底肥一次施入。在大豆成熟后,选晴天全区收获并取样,待样品风干后,将小区产量折算成亩产量,采用回归分析,频率分析,降维分析和图形分析方法对试验结果进行分析。

二、试验结果及分析

(一)试验结果的回归分析

肥料效应方程的建立与检验

以表2-为结构矩阵,以表4的产量结果为Y建立回归方程:

$$\hat{y} = 168.232 + 2.45x_1 + 12.236x_2 + 1.928x_3 - 0.251x_1^2 - 2.471x_2^2 - 0.227x_3^2 - 1.822x_1x_2 - 1.791x_1x_3 + 2.565x_2x_3 \dots\dots(1)$$

方程回归系数的显著性检验,根据t_{bj}= $\frac{|b_{jj}|}{se \sqrt{c_{jj}}} \cdot Se = \sqrt{\frac{Q}{f}}$ 计算得(f 误=10, t_{0.05}=2.228, t_{0.01}=3.169); t₀=53.175** t₁=3.462** t₂=17.291** t₃=2.724* t₄=0.387 t₅=3.81** t₆=0.35 t₇=2.575* t₈=2.575* t₉=3.625**

方程显著性检验,311—B设计是近似饱和设计,不使用传统的F检验对方程进行检验。而采用x²检验,相关系数Ry $\hat{y}$ 检验和|b₀-ck|检验相结合的方法进行。

可见,实测x²<x_{0.05}⁽¹⁰⁾, Ry $\hat{y}$ =0.864**,说明该方程拟合得很好,据xi=(Z_i-Z_{io})/ Δ i的关系式把代码值方程(1)转化为施肥量方程:

$$\hat{y} = 115.776 + 1.978Z_1 + 2.836Z_2 + 0.346Z_3 - 0.007Z_1^2 - 0.049Z_2^2 - 0.014Z_3^2 - 0.043Z_1Z_2 - 0.074Z_1Z_3 + 0.088Z_2Z_3 \dots\dots(2)$$

从方程(2)中看出:3个一次项系数全为

中低产田大豆产量同施肥因子之间的关系。

(二)肥料效应方程的优化分析

经极值判别,该模型非典型,在实验设计的施肥范围内无极值点,不能用偏导求极值法对方程分析,而采用频率分析法分析,以其所求得的各种肥料用量的加权平均数做为统计意义下的最佳施肥量。

表6 模型(2)的频率分析

水 平	150≤y≤180			T=125			K=77		
	NH ₄ NO ₃	频数	频率(%)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	频数	频率(%)	K ₂ SO ₄	频数	频率(%)
1	0	11	14.29	0	2	2.60	0	19	24.68
2	8.04	15	19.48	9.65	22	28.57	5.92	20	25.97
3	12.50	15	19.48	15.00	24	31.17	10.00	15	19.48
4	16.95	16	20.78	20.35	18	23.38	14.08	12	15.58
5	25.00	20	25.97	30.00	11	14.28	20.00	11	14.29
Z	14.019			16.475			8.537		
SZ _{t0.05}	0.012			0.011			0.010		
Z±SZ _{t0.05}	14≤Z ₁ ≤14.013			16.454≤Z ₂ ≤16.496			8.518≤Z ₃ ≤8.556		

表7 大豆产量与施肥代码之间回归方程

固 定	x ₂	x ₃	$\hat{y}=b_0+b_1x_1+b_2x_1^2$
	-0.751	-1	157.42+5.609-0.251
	0	0	168.232+2.450-0.251
	0.751	1	179.655-0.709-0.251
固 定	x ₁	x ₃	$\hat{y}=b_0+b_1x_2+b_2x_2^2$
	-0.751	-1	162.75+11.039+2.471
	0	0	168.232+12.326-2.471
	0.751	1	170.286+13.433-2.471
固 定	x ₁	x ₂	$\hat{y}=b_0+b_1x_3+b_2x_2^3$
	-0.751	-1	150.175+0.708-0.227
	0	0	168.232+1.928-0.227
	0.751	1	178.327+3.148-0.227

的中低产田上,应注重3种肥料的配合施用,尤其是氮磷肥的施用。大豆按国家计划外议价收购价1.10元/kg,化肥按县级综合价NH₄NO₃ 0.687, (NH₄)₂HPO₄ 1.556, K₂SO₄ 0.60元/kg计算,获得最佳产量时可亩获纯利151.70元,比对照亩增产大豆55.3kg,增收24.36元。

(三)大豆产量单因素效应的分析

采用降维分析法,把方程(1)中的 x₁、x₂、x₃ 分别固定在编码值的中间3个水平上,得出方程(1)的子模型如表7,这些模型的解析图形如图1~3。

表6的频率分析相当于在计算机上重新做了125次试验,在这些试验中得到的产量在150≤y≤180kg/亩的处理有77个,各因子出现频率最高的水平分别是 NH₄NO₃ 5、(NH₄)₂HPO₄ 3、K₂SO₄ 2,施肥水平的加权平均数,也就是各因子在统计意义下的最佳施肥量分别是 NH₄NO₃ 14.02、(NH₄)₂HPO₄ 16.475、K₂SO₄ 8.537kg/亩,此时的 N : P₂O₅ : K₂O 为 1 : 0.98 : 0.55,该施肥量下可预报大豆最佳产量为171.08kg/亩。获得最佳产量时,95%的可信度施肥区间分别为:14≤NH₄NO₃ ≤14.013kg/亩; 16.454≤(NH₄)₂HPO₄ ≤16.496kg/亩; 8.518≤K₂SO₄ ≤8.556kg/亩,可见,在养分含量少,肥力低

b_0	b_1	b_2
157.420	5.609	-0.251
168.232	2.450	-0.251
179.655	-0.709	-0.251

b_0	b_1	b_2
162.750	11.039	-2.471
168.232	12.236	-2.471
170.286	13.433	-2.471

b_0	b_1	b_2
150.175	0.708	-0.227
168.232	1.928	-0.227
178.327	3.148	-0.227

图1~3表明:任一肥料同一施肥水平下的大豆产量,都随着另外2种肥料施肥水平的提高而增加,当 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和 K_2SO_4 施用水平低于0时,随着 NH_4NO_3 施用水平的提高,产量明显提高,当两者施用水平分别超过0.751和1后,随 NH_4NO_3 施用水平的提高,产量反而减少;在设计水平内不论 NH_4NO_3 和 K_2SO_4 施用水平高低,随 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平的提高,产量明显增加;当 NH_4NO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平低于0时,产量不随 K_2SO_4 施用水平的变化发生明显的变化,当两者施用水平超过0后,随 K_2SO_4 施用水平的提高,产量明显增加。

(四)两种肥料交互效应分析

NH_4NO_3 与 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 交互效应分析,函数子模型 $\hat{y}_{12}=168.232+2.45x_1+12.236x_2-0.25x_1^2-2.471x_2^2-1.822x_1x_2$,根据 x_1 、 x_2 不同取值水平所得到的对应产量画出图4。

图4表明:随 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平的提高产量明显提高,但当施用水平超过1.75时,产量下降。 NH_4NO_3 对产量提高不明显。

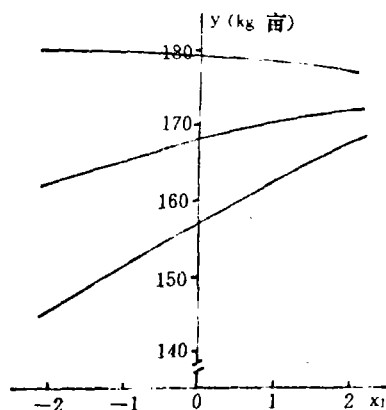


图1 NH_4NO_3 用量和产量关系

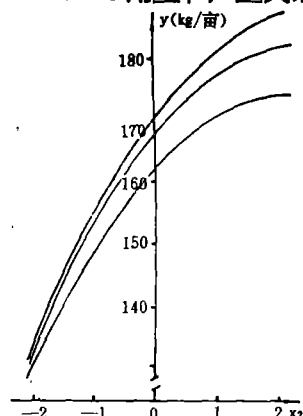


图2 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 用量和产量关系

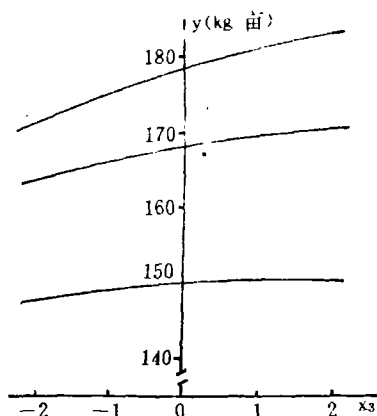


图3 K_2SO_4 用量和产量关系

NH_4NO_3 和 K_2SO_4 交互效应分析, 函数子模型: $\hat{y}_{13} = 168.232 + 2.45x_1 + 1.928x_3 + 0.251x_1^2 - 0.227x_3^2 - 1.791x_1x_3$ 交互效应见图5。

图5表明, NH_4NO_3 和 K_2SO_4 增产同步, 但当两个因素的编码大于1.5时产量不再增加。

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和 K_2SO_4 交互效应分析, 函数子模型为: $\hat{y}_{23} = 168.232 + 12.236x_2 + 1.928x_3 - 2.471x_2^2 - 0.227x_3^2 + 2.565x_2x_3$ 交互效应见图6。

图6表明, 随 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平的提高, 产量增加, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平低于0时, K_2SO_4 对产量影响不大。

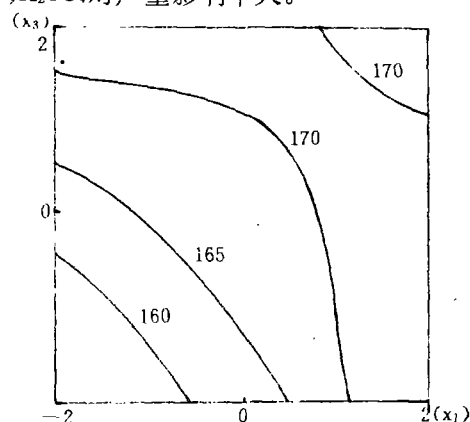


图5 NH_4NO_3 与 K_2SO_4 交互效应

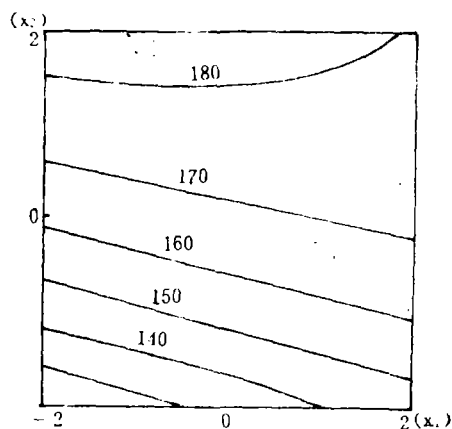


图4 NH_4NO_3 与 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 交互效应

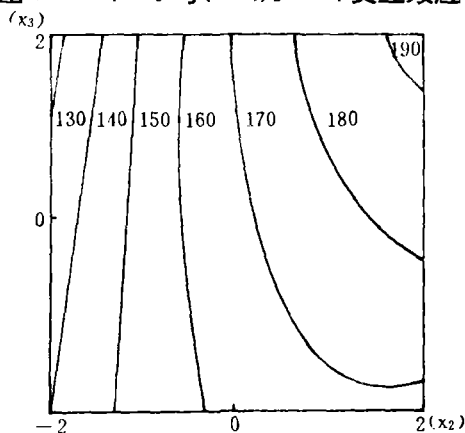


图6 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 与 K_2SO_4 交互效应

三、结 论

(一)冷浆白浆土中低产田大豆产量与 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、 K_2SO_4 3种化肥之间符合二次多项式函数模型。

(二)3种化肥对大豆产量都具有明显影响, 要获得大豆高产必须注重3种化肥的配合施用。 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和 K_2SO_4 有明显的正交互效应。

(三)在该土壤气候条件下, 最佳施肥组合为亩施 NH_4NO_3 14.02kg, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 16.75kg, K_2SO_4 8.537kg, 可获产量171.08kg/亩, N : P_2O_5 : K_2O 为1 : 0.98 : 0.55。

(四)在大豆中低产田上必须注重3种化肥, 尤其是氮磷肥的施用。

(五)同一肥料相同施用量下的大豆产量, 都随其它2种肥料用量增加而提高, 当 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和 K_2SO_4 施用水平低于0时, 大豆产量随着 NH_4NO_3 用量的增加而提高。但当两者施用水平分别高于0.751和1时, 则应适当控制 NH_4NO_3 用量。当 NH_4NO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 施用水平超过0时, 应注重钾肥的施用。

参 考 文 献

- [1] 杨靖一: 利用最优回归设计对啤酒大麦最佳施肥配方的研究, 《土壤通报》, 1990, 2, 9。
- [2] 连成才等: 玉米合玉11号高产栽培技术数学模型研究, 《黑龙江农业科学》, 1988, (5): 19~24。
- [3] 丁希泉编著: 《农业应用回归设计》, 吉林科学出版社, 1986, 188~201, 246~249。
- [4] 孙玉良等: 靖宇山区玉米中低产田高产施肥数学模型研究, 《吉林农业大学学报》, 1990, 4(增), 44~49。