

白质含量、面筋含量及加工品质,为进一步
提高质量型的育种水平,把小麦品质突上

去,提高我国在国内外市场的竞争能力做出
贡献。

玉米覆膜栽培条件下施肥量的研究

胡国良 胡达家 李振华

张学礼

(东北农学院)

(拜泉县农业推广中心)

为了明确玉米地膜覆盖条件下氮、磷、钾
三要素的最佳配合方案,寻求经济合理的施
肥量,我们在1984年院内试验的基础上,于
1985年在拜泉县长荣乡富荣村,利用二次回归
正交旋转设计方法,在覆膜条件下进行了玉
米施肥配伍模型的研究。今将结果报告如后。

厘米,株距33厘米,小区面积10.5平方米,
共设23个小区,分成三个区组。试验地属岗
地淋溶黑土,无霜期110天,年降雨量460
—480毫米,春季干旱机率50—60%,前作
为马铃薯,土壤基础肥力分析如表2。供试
玉米品种为东农247号单交种。

试验设计

试验采用二次回归正交旋转设计,自变
量包括氮、磷、钾三要素。自变量设计水平
和编码如表1。

试验小区为三行区,行长5米,行距70

表1 因素水平编码表 单位:斤/亩

因 素	零水平	间 距	r = 1.682				
			-1.682	-1	0	1	1.682
X ₁ N	20	11.89	0	8.11	20	31.89	40
X ₂ P ₂ O ₅	10	5.945	0	4.055	10	15.945	20
X ₃ K ₂ O	20	11.89	0	8.11	20	31.89	40

注:以上均为有效量

表2 土壤基础肥力分析化验结果

地 段	层 次 cm	有机质 %	全 氮 N %	全 磷 P ₂ O ₅ %	全 钾 K ₂ O%	碱 解 氮 mg/100g土	速 效 磷 mg/100g土	速 效 钾 mg/100g土	pH
试 验 田	0—30	3.58	0.178	0.037	1.98	138	8.16	221	7.0
丰 产 田	0—30	3.71	0.221	0.039	1.98	148	10.00	225	7.0

试验区于4月27日播种,处理方法是
在原垄帮开沟(10厘米)施入磷肥(三料磷)
和钾肥(硫酸钾),覆土后耨平垄台,立即覆
膜。在膜上扎眼播种,播深4—5厘米,每穴
三粒种子。在三叶期间苗,6月12日揭膜,
铲地、追施氮肥(尿素)后蹬地培土,7月
初进行第二次蹬地,9月20日收获。

试验当年以试验设计的零水平作为施肥
基本措施,在邻近的长春乡幸福村种植6.3
亩覆膜玉米丰产田,用以检验模型的实用性。

试验结果与统计分析

一、产量结果

各小区的产量折合成每亩子粒斤数,结
果如表3。

注:参加试验的还有拜泉县农业中心张亚中、吕明江、张
俭同志。本文经张瑞忠副教授审阅,设计与计算得到
王克荣讲师的指导帮助,在试验过程中,曾得到李春
景老师的大力支持与帮助,在此一并致谢。

表 3 覆膜玉米不同施肥量各

小区产量结果 (1985 年拜泉)

小区号	X ₁	X ₂	X ₃	产量 斤/亩
1	1	1	1	1244.7
2	1	1	-1	1121.2
3	1	-1	1	1153.2
4	1	-1	-1	1015.0
5	-1	1	1	1014.7
6	-1	1	-1	957.3
7	-1	-1	1	1093.8
8	-1	-1	-1	939.4
9	1.682	0	0	1040.1
10	-1.682	0	0	808.1
11	0	1.682	0	114.6
12	0	-1.682	0	1063.5
13	0	0	1.682	1338.2
14	0	0	-1.682	1225.4
15	0	0	0	1156.1
16	0	0	0	1176.6
17	0	0	0	1151.5
18	0	0	0	1062.0
19	0	0	0	1221.1
20	0	0	0	1112.3
21	0	0	0	1168.0
22	0	0	0	1036.1
23	0	0	0	1011.8

二、产量函数模型

将表 3 的产量参数利用“旋转设计试验数据的计算程序包”，在微型电子计算机上进行运算得出回归方程如下：

$$y = 1122.0603 + 67.2978x_1 + 16.2878x_2 + 48.5622x_3 + 32.3625x_1x_2 + 6.2375x_1x_3 - 13.9625x_2x_3 - 76.2277x_1^2 - 17.5087x_2^2 + 51.1067x_3^2 \quad (1)$$

模型的显著性检验

为了确定回归方程是否有实际意义，必须对模型(1)式进行方差分析及 F 检验，检验结果为：

$$\begin{aligned} D_{\text{误}} &= 40158.0752 & F_{\text{误}} &= 8 \\ D_{\text{总}} &= 291819.629 & F_{\text{总}} &= 22 \\ D_{\text{回}} &= 246644.418 & F_{\text{回}} &= 9 \\ D_{\text{剩}} &= 45255.2113 & F_{\text{剩}} &= 13 \\ D_{\text{拟}} &= 5097.136 & F_{\text{拟}} &= 5 \end{aligned}$$

$$F_1 = 0.2031 < F_{0.05}(5, 8) = 3.69$$

$$F_2 = 7.8723 > F_{0.01}(9, 13) = 4.19$$

F 检验结果表明所建立的数学模型(1)

是有效的与实际情况拟合较好，具有现实意义。应进一步对回归系数进行 t 检验，t 检验结果如下：

$$t_1 = 4.2152 > t_{0.01}(13) = 3.012$$

$$t_2 = 1.0202 > t_{0.04}(13) = 0.870$$

$$t_3 = 3.0417 > t_{0.01}(13) = 3.012$$

$$t_{12} = 1.5514 > t_{0.2}(13) = 1.350$$

$$t_{23} = 0.6693$$

$$t_{22} = 1.1829 > t_{0.3}(13) = 1.079$$

$$t_{13} = 0.299$$

$$t_{11} = 5.15 > t_{0.001}(13) = 4.221$$

$$t_{33} = 3.4528 > t_{0.005}(13) = 3.372$$

由 t 检验结果得知，回归系数除 b_{23} 、 b_{13} 外，其余均在不同程度上显著或有作用。又因为模型(1)显著，拟合较好，所以，可直接利用模型(1)进行优化分析。

模型优化和解析

一、模型的最优解

目标函数“y”的最大值就是模型的最优解。利用“程序包”在微机上求得的目标函数最大值为 1369 斤/亩，其施肥措施是： $x_1 = 26.90$ 有效氮/亩； $x_2 = 11.97$ 斤有效磷/亩； $x_3 = 40$ 斤有效钾/亩。

上述最大值在生产示范丰产田实际已经达到(6.3 亩覆膜玉米平均亩产 1383 斤)，但化肥投入量较高。采用产量频数分析，求解不同产量水平的最佳综合农艺措施，则在经济上可能更有现实意义。令步长为 0.85 产量分类上界为 1100 斤，分类下界为 1000 斤，共有方案 125 个，其中 1000—1100 斤/亩的方案有 33 个如表 4。

根据表 4 分析，东农 247 号玉米在拜泉地区覆膜栽培的基础上，采用如下施肥措施：每亩施有效氮 16.01—25.20 斤，有效磷 5.81—10.25 斤，有效钾 12.10—20.63 斤。即可达到亩产 1000—1100 斤的水平。

表 4 玉米亩产在 1000—1100 斤区间的施肥措施 (有效量 斤/亩)

编 码	措 施 机 率	x_1		x_2		x_3	
		频 数	%	频 数	%	频 数	%
1.682		6	18.2	8	24.2	8	24.2
1		12	36.4	9	27.3	7	21.2
0		3	9.1	8	24.2	10	30.3
-1		4	12.1	4	12.1	5	15.2
-1.682		8	24.2	4	12.1	3	9.1
\bar{x}		20.6061		8.0303		16.3636	
$S_{\bar{x}}$		2.3449		1.1326		2.1775	
95% 置信区间施肥措施		16.0101—25.202		5.8104—10.2502		12.0957—20.6316	

二、主元素分析

为了评价各元素(x_1, x_2, x_3) 在形成产量上的作用, 我们又用微机进行了主成分分析, 经计算得正交变换标准方程:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 1122.06033 + 59.2084y_1 + 37.2361y_2 \\ & + 47.5437y_3 - 80.5643y_1^2 - 13.8928y_2^2 \\ & + 51.8275y_3^2 \end{aligned} \quad (2)$$

由此可见, 该地区覆膜栽培玉米时, 氮肥和钾肥是施肥因子中最重要的, 而磷肥的作用较小。

三、单因素对产量的效应和经济效益分析

1. 单因素的产量效应

对模型(1)采用“降维法”, 即固定两个自变量的取值水平, 导出另一个自变量的偏回归解析子模型, 以分析单因素的效应。这就

相当于在特定条件下, 所做的一组单因素试验结果。在模型(1)中将其中两个自变量固定在 0 水平, 分别得到有关一元回归子模型:

$$\begin{aligned} y_1 = & 1122.06 + 67.30x_1 - 76.23x_1^2 \\ y_2 = & 1122.06 + 16.29x_2 - 17.51x_2^2 \\ y_3 = & 1122.06 + 48.56x_3 + 51.11x_3^2 \end{aligned} \quad (3)$$

若令一元回归子模型的一阶偏导数等于 0, 则每个单因素编码的极值点为: $x_1 = 0.44$ (相当于 25.25 斤 N); $x_2 = 0.465$ (12.77 斤 P_2O_5); $x_3 = -0.475$ (14.35 斤 K_2O)。

使用微机分别绘出在不同水平下的单因子效应见图 1—3。

从图 1—3 可见, 当氮肥与磷钾肥配合施用, 其效果大于单纯施氮肥, 在一定范围内 (单施为 25 斤 N/亩以内), 氮肥的增产效果是显著的; 但超过这个范围以后, 过多施

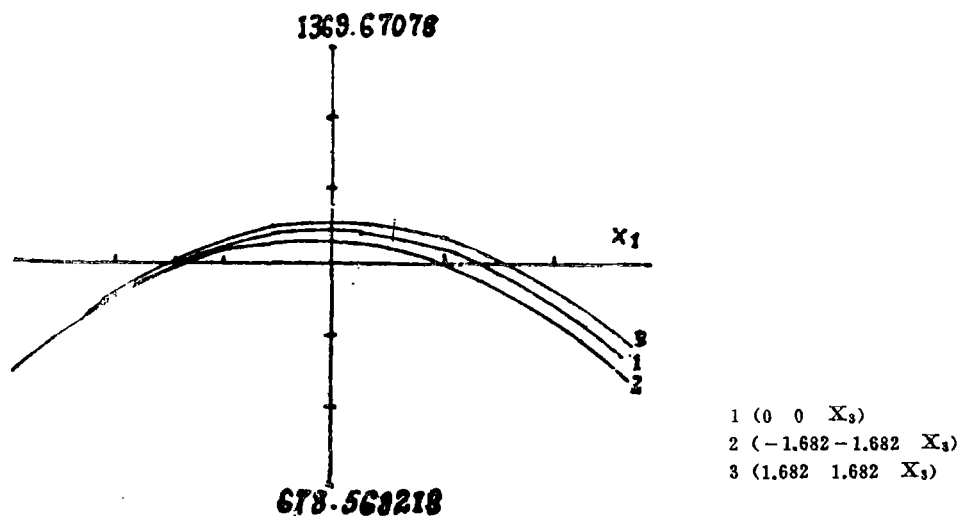


图 1 氮肥对产量的影响

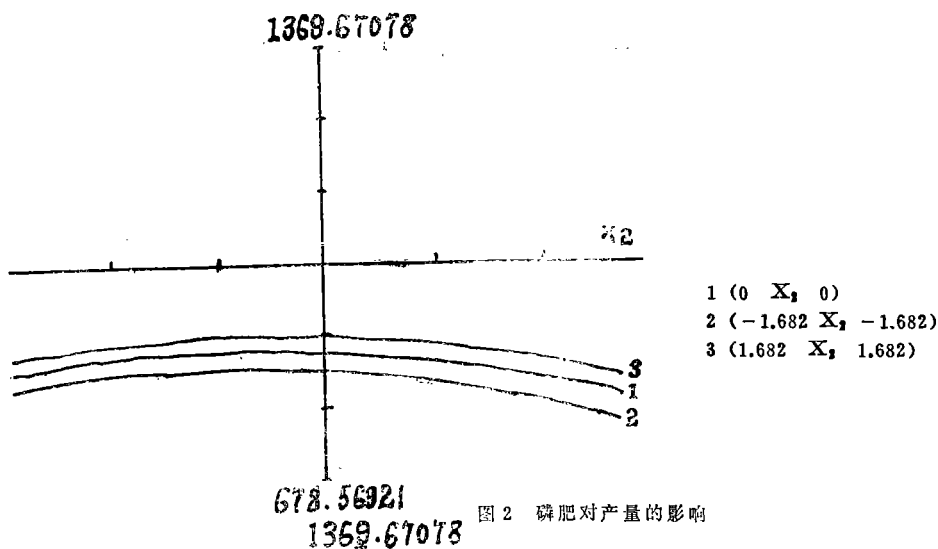


图2 磷肥对产量的影响

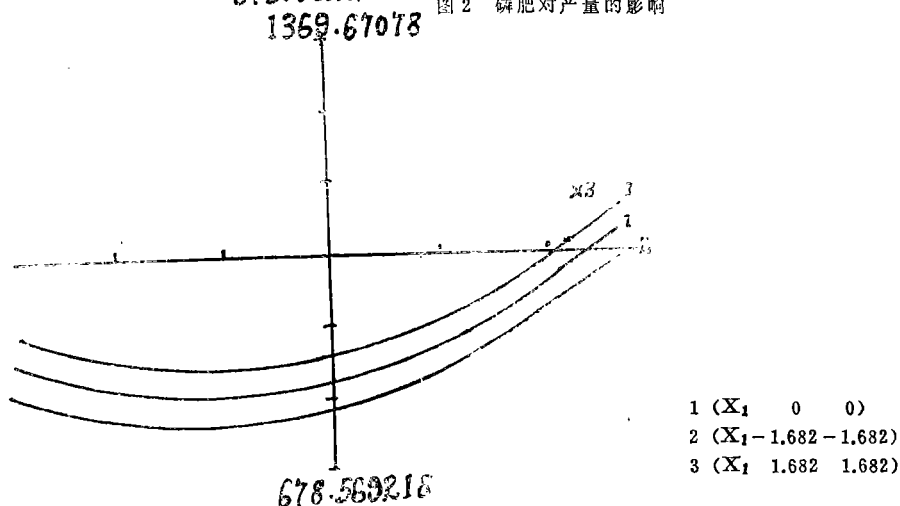


图3 钾肥对产量的影响

用氮肥时,产量增长缓慢,甚至还会下降。单独施用磷肥没有明显的增产效果,施用过量还会造成减产,如需施用应与氮肥按比例配合施用。单独施用少量钾肥(低于14.35斤 K_2O /亩)没有增产效果,当所施用的钾肥达到一定量的时候(大于15斤 K_2O /亩)无论是单独施用还是与氮磷肥配合施用都有明显的增产效应。

2. 经济效益分析

对回归子模型(3)求一阶偏导数得到:

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx_1} &= 67.30 - 152.46x_1 \\ \frac{dy}{dx_2} &= 16.29 - 35.02x_2 \\ \frac{dy}{dx_3} &= 48.56 + 102.22x_3\end{aligned}\quad (4)$$

利用(4)式求得各因子在不同水平下的边际产量如表5。

通过表5的边际产量分析可知,氮肥在低水平时增产效果是显著的,当亩施有效氮超过24斤时虽然还可增产,但已无经济效益;亩施(P_2O_5)有效磷超过9斤时,每斤 P_2O_5

表5 边 际 产 量

因 素	编 码	-1.682	-1	0	1	1.682
x_1	氮	323.74	(18.48) 219.76	(5.66) 67.30	-85.16	-189.13
x_2	磷	75.19	(8.63) 51.31	(2.74) 16.29	-18.73	-42.61
x_3	钾	-123.37	-53.66	(4.08) 48.56	(12.63) 150.73	27.19 220.49

注:括弧内数字为每增加一斤有效量化肥时增产玉米斤数。

只增产 2.74 斤玉米, 当超过 12.77 斤有效磷/亩时已无增产效应; 当亩施 (K_2O) 有效钾超过 20 斤之后, 增产效应和经济效益都是显著的。

四、两个因素的交互作用

试验所建立的模型 (1) 中比较显著的交

互项是 x_1x_2 。在模型 (1) 中固定 x_3 在零水平, 得到 x_1x_2 两个因素与产量的子模型:

$$y_{1,2} = 1122.06 + 67.30x_1 + 16.29x_2 + 32.36x_1x_2 - 76.23x_1^2 - 17.51x_2^2 \quad (5)$$

将 x_1 、 x_2 不同水平的编码值代入子模型 (5), 得到不同水平的产量效应列于表 6。

表 6 氮肥、磷肥的交互效应对玉米产量影响

x_1	x_2	磷 肥					\bar{x}	S_x	OV (%)
		-1.682	-1	0	1	1.682			
氮	-1.682	807.81	813.83	793.20	737.55	679.51	766.38	57.15	7.46
	-1	956.02	977.09	978.53	944.95	901.96	951.71	31.24	3.3
	0	1065.21	1088.26	1122.06	1120.84	1099.92	1099.26	23.80	2.17
肥	1	981.76	1046.97	1113.13	1144.27	1145.42	1086.31	70.80	6.52
	1.682	851.11	931.36	1019.59	1072.80	1089.01	992.77	100.28	10.10
\bar{x}		932.38	971.50	1005.30	1004.08	983.16			
S_x		103.40	107.04	133.39	167.74	193.62			
CV (%)		11.09	11.02	13.27	16.71	19.69			

从表 6 和图 4 可以看出: 氮肥与磷肥的交互作用较大, 高氮时产量随着磷肥数量的增加而增加, 高磷低氮或无氮则减产。

可从图 4 截取亩产 1100 斤的经济最佳施肥点在生产上进一步验证。

结 论

1. 东农 247 号玉米在试验区平均效应为亩产 1096.75 斤。

2. 预测亩产 1000—1100 斤时, 除采用东农 247 号玉米品种覆膜栽培, 亩保苗 2900—3100 株外, 主要施肥措施是: 每亩肥料有效成分最佳施用量为 N_{16} —25 斤; P_2O_5 6—10 斤; K_2O 12—21 斤。

3. 在岗地淋溶黑土地区覆膜栽培玉米, 施肥因子对产量的作用: 氮肥 > 钾肥 > 磷肥。

4. 氮肥与磷钾肥配合施用优于单独施用, 不能单独施磷肥, 单独施用少量钾肥 (低于 14—15 斤有效钾/亩) 没有增产效果。

5. 由于覆膜提高了春季的土温与土壤湿度, 微生物较为活跃, 养分分解较快, 所以玉米在前期生长旺盛。但前期如出现徒长, 则后期玉米根系发育较差, 养分也过早消耗,

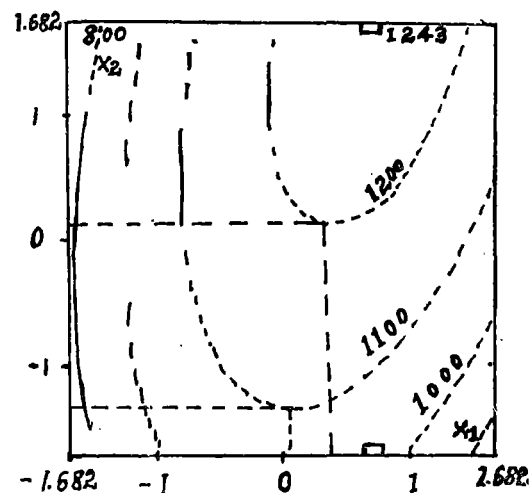


图 4 氮肥与磷肥的交互效应对玉米产量的影响

易产生脱肥现象。因此, 除培肥地力, 依土质适当施足基肥以外, 对玉米施用种肥时应以磷、钾肥为主, 氮肥应当在拔节以后追施, 以控制徒长, 防止倒伏。

参考文献

- [1] 徐中儒等: 大豆高产栽培综合农艺措施数学模型的研究, 东北农学院学报, 1985, 第一期。
- [2] 王克荣: 叶面喷施硫酸钾和三十烷醇提高甜菜含糖率数学模型的研究, 中国甜菜, 1985, 第一期。
- [3] 张瑞忠等: 超早熟大豆东农 36 号综合农艺措施的产量函数模型, 大豆科学, 1985, 第三卷, 第四期。