

# 玉米新品种兴农 5 号规范化栽培方案研究

高前慧<sup>1</sup> 高欣梅<sup>2</sup> 张静峰<sup>1</sup> 姜 岩<sup>3</sup> 李文忠<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 内蒙古自治区兴安盟种子管理站, 乌兰浩特 137400; <sup>2</sup> 内蒙古自治区兴安盟农业科学研究所, 乌兰浩特 137400;

<sup>3</sup> 内蒙古自治区兴安盟土壤肥料站, 乌兰浩特 137400)

**摘要:**采用回归正交旋转组合设计原理,对玉米新品种兴农 5 号在不同密度、不同施肥水平下的产量表现进行研究,从而选择出田间密度和施肥水平的最佳组合,并制定出农艺措施组合方案,为该品种在推广中的配套栽培技术方案提供依据。

**关键词:**玉米;正交旋转设计;密度;种肥;追肥

兴农 5 号玉米新品种是兴安盟兴农种业有限责任公司,以改良系 NS 为母本、0556 为父本杂交选育而成。2015 年通过内蒙古自治区品种审定委员会审定(审定编号:蒙审玉 2015023 号),2016 年在黑龙江省进行了新品种推广备案。适宜在  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温  $2100^{\circ}\text{C}$  以上地区种植,属东北地区极早熟品种,目前在内蒙古及黑龙江推广面积超过  $1\text{万 hm}^2$ 。该品种在实际推广中发现,有些地区的种植密度和施肥水平与审定公告推荐不符合时,仍然能获得较高产量。为了更精确地制定该品种在大田生产中的最佳农艺措施组合方案,2016 年兴安盟兴农种业有限责任公司与兴安盟种子管理站、兴安盟农业科学研究所合作,进行了种植密度和施肥水平相关性试验,通过在不同密度下种肥和追肥的不同施用量对产量影响的回归方程进行研究,确定田间的最佳农艺措施组合,为该品种推广中的标准化栽培方案提供依据。

## 1 材料与方法

**1.1 地块及材料** 试验在兴安盟科右前旗居力很镇万宝村的兴农种业试验园区内进行,该地块  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温  $2500^{\circ}\text{C}$ ,土质为栗钙土。试验品种为兴农 5 号,种肥选用复合肥(N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量为:15%、15%、15%),追肥选用尿素(N 含量 46%)。

**1.2 试验设计** 采用三因子二次正交旋转组合设计<sup>[1]</sup>,各试验因子分别为密度( $X_1$ )、种肥施用量( $X_2$ )、追肥施用量( $X_3$ )。每个因子取 5 个水平(表 1)。其中以品种审定时推荐值  $6.0\text{万株/hm}^2$  作为密度 0 水平,步长为  $1.50\text{万株/hm}^2$ ;施肥量 0 水平是根据测土施肥配方确定。

经兴安盟土壤肥料站检测,该地块土壤中有有机质含量 3.8%,全 N  $3.02\text{g/kg}$ 、P  $22.5\text{mg/kg}$ 、K  $168\text{mg/kg}$ ,代入配方公式<sup>[2]</sup>:

$\text{N}: Y = -7.0497 \times \ln 3.02 + 13.02 = 5.23\text{kg}/667\text{m}^2$ ,  
即  $78.42\text{kg}/\text{hm}^2$ ;

$\text{P}_2\text{O}_5: Y = -3.1982 \times \ln 22.5 + 12.139 = 2.18\text{kg}/667\text{m}^2$ ,  
即  $32.72\text{kg}/\text{hm}^2$ ;

$\text{K}_2\text{O}: Y = -5.0566 \times \ln 168 + 27.955 = 2.05\text{kg}/667\text{m}^2$ ,  
即  $30.68\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

为方便试验中操作,种肥的 0 水平设为某一养分纯量  $30.00\text{kg}/\text{hm}^2$ ,与测土配方中  $\text{P}_2\text{O}_5$  及  $\text{K}_2\text{O}$  量相近,换算为复合肥量为  $200\text{kg}/\text{hm}^2$ ,并设步长为复合肥  $50\text{kg}/\text{hm}^2$ ;追肥的 0 水平施用量确定为纯 N  $46\text{kg}/\text{hm}^2$ ,与配方中纯 N 量减去种肥中纯 N 量后的数值相当,换算为尿素用量为  $100\text{kg}/\text{hm}^2$ ,并设步长为尿素  $25\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表 1 试验因子水平表

因子水平	密度 $X_1$ (万株/hm <sup>2</sup> )	种肥 $X_2$ (kg/hm <sup>2</sup> )	追肥 $X_3$ (kg/hm <sup>2</sup> )
-1.682	3.477	115.9	57.95
-1	4.5	150	75
0	6.0	200	100
1	7.5	250	125
1.682	8.523	284.1	142.05
步长	1.50	50	25

**1.3 试验方法** 根据试验设计中使用的正交表<sup>[1]</sup>结构,共 23 个处理组合,即 23 个小区(表 2)。为了便于操作,减少相邻小区间的相互影响,小区设计为 4 行,行长为  $10.0\text{m}$ ,行距  $0.6\text{m}$ ,面积  $24.0\text{m}^2$ ,并设保护行。

表2 三因素回归正交设计结构及产量结果表

试验处 理号	因素			产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	-1	-1	-1	8058.0
2	-1	-1	1	8742.0
3	-1	1	-1	9282.0
4	-1	1	1	9769.5
5	1	-1	-1	9423.0
6	1	-1	1	9996.0
7	1	1	-1	9730.5
8	1	1	1	10840.5
9	-1.682	0	0	7242.0
10	1.682	0	0	9172.5
11	0	-1.682	0	8175.0
12	0	1.682	0	11254.5
13	0	0	-1.682	8337.0
14	0	0	1.682	11680.5
15	0	0	0	10525.5
16	0	0	0	10237.5
17	0	0	0	10657.5
18	0	0	0	11487.0
19	0	0	0	10833.0
20	0	0	0	10683.0
21	0	0	0	11184.0
22	0	0	0	11002.5
23	0	0	0	11040.0

试验田前茬作物为玉米,有灌溉条件。2016年5月10日播种,为保证种植密度精确,播种时按设计标准等距离刨垅,抗旱坐水人工点播,每垅播种3粒。播种时施入种肥,每垅施入量精确称重。5月21日达到苗齐。6月3日定苗,定苗时严格控制每行应留株数。采用化学除草,灌溉等其他管理略高于当地生产。追肥在7月20日进行,追肥量按设计要求称重并人工施入。

在全生育期内对田间性状进行调查。收获期为10月5日,收取中间2行,面积12m<sup>2</sup>,以实际产量进行测产。

## 2 结果与分析

**2.1 产量结果及回归方程** 各小区测产结果换算为含水量13%的公顷产量(表2)。通过对产量结果进行计算,最终得出回归系数(表3),并建立回归方程:  
 $\hat{Y} = 11974.8 + 540.74X_1 + 628.43X_2 + 620.74X_3 - 137.44X_1X_2 + 63.94X_1X_3 + 42.56X_2X_3 - 875.51X_1^2 - 338.93X_2^2 - 234.31X_3^2$ 。

由于水平编码经过中心化处理,所以常数项要经过修正,表中X<sub>0</sub>所对应的b<sub>0</sub>为修正后值。

**2.2 回归方程显著性检验** 回归方程是否可靠,需要对其进行F检验来评价,同时对回归系数的检验可明确各因子对产量影响的程度(表4)。通过对表4中的F值与相应的标准值比较可知:回归方程达到极显著水平,失拟检验不显著,说明回归方程可靠性强,可以依据其进行栽培方案的制作。

表3 回归系数b<sub>i</sub>计算结果表

变量	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
d值	23	13.658	13.658	13.658	8	8	8	15.897	15.897	15.897
B	229353	7385.60	8583.22	8478.27	-1099.5	511.5	340.5	-13918.1	-5388.3	-3724.78
b <sub>i</sub>	1974.8	540.74	628.43	620.74	-137.44	63.94	42.56	-875.51	-338.93	-234.31

表4 回归方程显著性检验

变量	平方和	自由度	均方	F值	显著性
X <sub>1</sub>	3993712	1	3993712	28.46	**
X <sub>2</sub>	5393931	1	5393931	38.44	**
X <sub>3</sub>	5262828	1	5262828	37.51	**
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	151112.5	1	151112.5	1.07	
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	32704.03	1	32704.03	0.23	
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	14492.53	1	14492.53	0.10	
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	12185472	1	12185472	86.85	**
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1826357	1	1826357	13.01	**
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	872735.2	1	872735.2	6.22	*
回归	29733344	9	3303705	11.28	**
剩余	3693290	13	284099.3		
失拟	2570918	5	514183.7	3.66	
误差	1122372	8	140296.5		
总体	33426634	22			

### 3 结论

**3.1 回归方程解析** 试验目的是为了指导农业生产。通过试验得到了回归方程,也就明确了试验中的各因子对产量影响的趋势和程度。于是便可通过对方程的解析<sup>[3]</sup>,得到最优因子组合时的水平值,从而得到最佳农艺组合。

首先,依回归方程分别求出对应  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  的偏导数。即:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 540.74 - 137.44X_2 + 63.94X_3 - 1751.02X_1$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = 628.43 - 137.44X_1 + 42.56X_3 - 677.86X_2$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_3} = 620.74 + 63.94X_1 + 42.56X_2 - 468.62X_3$$

在令其等于 0 后,求解可得  $X_1 = -0.2864$ 、 $X_2 = -0.9600$ 、 $X_3 = -1.4509$  把这 3 个值代入原回归方程,则可得到产量的一个极值  $\hat{Y}_{(\text{极值})} = 9486.28 \text{ kg/hm}^2$ 。这说明依据回归方程,当  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  形成这一搭配时,即  $X_1 = -0.2864$  (相当于密度为 5.57 万株/hm<sup>2</sup>),  $X_2 = -0.9600$  (相当于施入种肥 151.99 kg/hm<sup>2</sup>),  $X_3 = -1.4509$  (相当于施入追肥 63.73 kg/hm<sup>2</sup>),将获得产量为 9486.28 kg/hm<sup>2</sup>。显然,这一产量并非期望的,这是因为根据回归方程偏导求出的极值并不一定是极大值,也有可能为极小值,最简单的验证方法只需在极值周围取几个点代入方程中,当回归产量全部大于极值产量时,说明求得的很可能是最小值,本次试验便是这种情况。这时需要用另外一种方法来确定高产栽培方案。

**3.2 高产栽培方案确定** 使用回归方程来计算极值点,会出现很多可能,除了以上出现的极小值外,还有可能出现没有极值的情况。同时,由于农业生产的特殊性,即使应用同样的栽培措施也不一定获得相同的产量。因此,在实际当中即使方程有最高值时,一般也不直接应用求极值点的对应组合作为高产栽培方案,而是使用“最佳模拟配合法”<sup>[1]</sup>来建立某一产量水平下的高产栽培组合方案。

对于本次试验,选定 11000 kg/hm<sup>2</sup> 为目标产量,并选定在 -1.5、-1、-0.5、0、0.5、1、1.5 7 个量级组合,将它们分别代入回归方程中,可获得 343 个回归产量,其中 11000 kg/hm<sup>2</sup> 以上回归产量 139 个。通过统计高于目标产量下不同因素水平出现的频数,用加权法计算平均数( $\bar{X}$ )、总体标准差( $S_{\bar{X}}$ )。最后用  $\bar{X} - 1.96S_{\bar{X}} \sim \bar{X} + 1.96S_{\bar{X}}$  来确定不同农艺措施

95% 的置信区间,并换算为具体的农艺措施值(表 5)。

表 5 玉米兴农 5 号 11000 kg/hm<sup>2</sup> 以上  
高产栽培农艺措施组合方案

项目	因子					
	$X_1$		$X_2$		$X_3$	
	水平	频数	水平	频数	水平	频数
频数分布	-1.5	0	-1.5	0	-1.5	0
	-1	9	-1	11	-1	8
	-0.5	24	-0.5	19	-0.5	18
	0	33	0	25	0	22
	0.5	33	0.5	28	0.5	30
	1	27	1	28	1	30
	1.5	13	1.5	28	1.5	31
n	139		139		139	
$\bar{X}$	0.302		0.457		0.536	
$S_{\bar{X}}$	0.059		0.066		0.065	
95% 置信区间	0.20~0.40		0.34~0.57		0.43~0.64	
农艺措施	6.30 万 ~ 6.60 万株/hm <sup>2</sup>		217.2~228.4 kg/hm <sup>2</sup>		110.6~116.1 kg/hm <sup>2</sup>	

从农艺措施的组合中可以看到,如果农艺措施中密度能够在 6.30 万~6.60 万株/hm<sup>2</sup>,施用种肥在 217.2~228.4 kg/hm<sup>2</sup>,追肥在 110.6~116.1 kg/hm<sup>2</sup>,则可获得 11000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的产量。因为试验中所用的种肥为复合肥,追肥为尿素,如换算成有效成分则种肥: N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 均在 32.58~34.26 kg/hm<sup>2</sup> 之间,追肥: N 施用量在 50.88~53.41 kg/hm<sup>2</sup> 之间。

### 4 讨论

在一般情况下,理论产量最高点在试验设计处理范围之内时,可以求出最高理论产量,但在实际中,除了无法求得极值外,还会出现理论产量最高点向外飘移的情况,这是因为试验的设计模型强烈依靠调查数值,当一个因素的观测值出现在处理水平最高或最低点时,都会出现这种情况。这也是在实际生产中,通常使用“最佳模拟配合法”的一个原因。通常情况下,制定高产栽培方案时,下一年可以在继续重复试验验证的同时进行生产验证,起到试验示范的双重目的。

### 参考文献

- [1] 陶向新,王伯伦.作物规范化栽培设计原理与应用[M].沈阳:辽宁大学出版社,1991
- [2] 王学阁.兴安盟主栽作物主推技术读本[M].赤峰:内蒙古科学技术出版社,2013: 229-243
- [3] 张健,冯云超,余志江,等.不同密度及施肥措施对玉米新品种三峡玉 9 号产量的影响[J].中国种业,2016(1): 51-55

(收稿日期: 2017-11-20)