

施肥和种植密度对玉米品种东农 252 产量的影响

李 严<sup>1</sup>, 金 益<sup>1</sup>, 董 玲<sup>1</sup>, 高明波<sup>2</sup>, 刘红军<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学农学院, 黑龙江哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨市农业科学院玉米研究所, 黑龙江哈尔滨 150070)

**摘要:** 本研究采用二次旋转回归组合设计, 研究了 5 种密度和 5 个施氮水平对玉米品种东农 252 产量的影响。在氮肥和种植密度由低水平到高水平不断增加的过程中, 东农 252 籽粒产量先增加后减少。本试验筛选出了最优组合方案为氮肥 189 kg·hm<sup>-2</sup>, 密度 54 900 株·hm<sup>-2</sup>, 最高籽粒产量为 12 352.68 kg·hm<sup>-2</sup>。

**关键词:** 玉米; 密度; 氮肥; 籽粒产量; 栽培模式

中图分类号: S513      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2009)01-0037-03

Effects of Applying Nitrogenous Fertilizer and Growing Density on the Yield of Maize Dongnong 252

LI Yan<sup>1</sup>, JIN Yi<sup>1</sup>, DONG Ling<sup>1</sup>, GAO Ming-bo<sup>2</sup>, LIU Hong-jun<sup>1</sup>

(1. Agronomy College of Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 2. Maize Research Institute of Harbin Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150070)

**Abstract:** The quadratic rotational regression combination design was used to study the effect of different nitrogen and density level on yield of the Dongnong 252. The main and interactional effects of agronomic practices were analyzed. The best combination schemes and high-yield cultivation models were proposed.

**Key words:** maize; density; nitrogen; kernal yield; cultivation model

近几十年来, 黑龙江玉米对全国粮食安全有着举足轻重的作用, 对改善人民生活水平起到了巨大的推动作用。虽然玉米在黑龙江的播种面积逐年增加, 但耕地面积是有限的, 不可能单纯依靠增加玉米的播种面积来提高玉米的总产量, 因此提高玉米的单产就显得尤为重要。国内外研究认为, 玉米是喜肥水作物, 选用耐密品种合理密植、高效施肥、优化灌溉模式等有利于提高玉米的单产。

本试验以玉米品种东农 252 为材料, 研究了不同施氮量和种植密度对籽粒产量的影响, 筛选出了该品种的最佳施氮量和种植密度, 为该玉米品种的生产与推广提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用 2004 年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定的玉米品种东农 252 (审定编号: 黑审玉

2004007; 品种来源: 81162×东 5416; 育种单位: 东北农业大学农学院) 为试验材料。

试验于 2006 年在东北农业大学实验实习基地进行, 所用地块土壤类型为黑土, 前茬为小麦, 秋翻地、秋起垄。

1.2 试验设计

试验采用二次旋转回归组合设计, 氮肥、密度分别为 5 个水平, 每个水平对应的氮肥和密度见表 1, 试验方案见表 2。

表 1 玉米尿素、密度试验的因素水平设计

试验因素	因素设计水平				
编码值	-1.414	-1	0	1	1.414
尿素/ kg·hm <sup>-2</sup>	75	97	150	203	225
密度/ 株·hm <sup>-2</sup>	37500	41892	52500	63108	67500

1.3 取样、测定项目和方法

整个生育季节调查小区的生育性状, 包括抽雄期、抽丝期和成熟期, 各小区均以蜡熟末期 (籽粒乳线 1/2) 作为成熟的标志。收获时从小区中部随机取 4.2 m<sup>2</sup> 进行性状调查, 测定性状包括小区籽粒产量、株高、穗位高、茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数。

1.4 统计分析

统计结果与资料整理均用统计软件 DPS 和 Excel

收稿日期: 2008-06-06  
基金项目: 黑龙江省科技资助项目 (G B04B103-03)  
第一作者简介: 李严 (1982-), 女, 哈尔滨人, 在读硕士, 从事玉米常规育种研究。Tel: 13134513802。  
通讯作者: 金益 E-mail: jinyi54@163.com

进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同因素水平对东农 252 籽粒产量的影响及数学模型的建立

根据表 2 中试验结果,运用二次旋转回归方法对产量数据进行运算分析,得到东农 252 氮肥、密度与东农 252 籽粒产量的二次回归方程为:

$$Y = 11885.41664 + 1121.27372X_1 + 521.25572X_2 - 871.47017X_1^2 - 2715.02486X_2^2 + 804.03525X_1X_2 \quad (1)$$

在该模型中,常数项反映氮肥、密度的用量都取零水平时籽粒产量的多少,  $X_1$ ,  $X_2$  的系数反映氮肥、密度各自的线性增产效应;  $X_1X_2$  系数反映氮肥、密度之间的交互作用;  $X_1^2$ ,  $X_2^2$  系数为负值反映氮肥、密度的报酬递减效应。

表 2 试验方案及籽粒产量

处理号	因子编码值		实际水平		籽粒产量 / kg · hm <sup>-2</sup>
	氮肥 $X_1$	密度 $X_2$	施 N 量 / kg · hm <sup>-2</sup>	密度 / 株 · hm <sup>-2</sup>	
1	1	1	203	63108	11262.12
2	1	-1	203	41892	8032.586
3	-1	1	97	63108	7089.207
4	-1	-1	97	41892	7075.814
5	-1.414	0	75	52500	8718.643
6	1.414	0	225	52500	11434.29
7	0	-1.414	150	37500	6061.571
8	0	1.414	150	67500	6717.143
9	0	0	150	52500	11919.74
10	0	0	150	52500	11434.29
11	0	0	150	52500	11847.93
12	0	0	150	52500	12147.429
13	0	0	150	52500	12162.77
14	0	0	150	52500	11547.63
15	0	0	150	52500	11918.343
16	0	0	150	52500	12105.2

对试验结果进行显著性分析表明(见表 3), 试验的  $F_1 = 4.14 < F_{1.7, 0.05} = 4.35$ , 相对应的概率为  $P = 0.03795$ , 差异显著, 说明回归方程与实测值的拟和程度较好。  $F_2 = 111.84 < F_{5, 10, 0.05} = 3.33$ , 相对应的概率为  $P = 0.00003$ , 差异极显著, 说明回归方程总体上显著。氮

表 3 东农 252 籽粒产量方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	比值 F	显著水平 p
$X_1$	10058038.2	1	10058038.2	70.43 **	0.00001
$X_2$	2173660.3	1	2173660.3	15.22 **	0.00295
$X_1^2$	607568.0	1	6075678.0	42.54 **	0.00007
$X_2^2$	58970875.4	1	58970875.4	412.92 **	0
$X_1X_2$	2585890.7	1	25858910.7	18.11 **	0.00168
回归	79864148.1	5	15972829.6	$F_2 = 111.84 **$	0.00003
剩余	1428140.4	10	142814.0		
失拟	912977.7	3	304325.9	$F_1 = 4.14 *$	0.03795
误差	515162.6	7	73594.7		
总和	81292284.3	15			

注 \*\* 表明在 0.01 水平上差异显著。

肥、密度对东农 252 产量的效应能够很好的拟合成对应的曲线, 可用来预测预报。

2.2 对东农 252 籽粒产量数学模型的解析

从回归方程(1)可知, 氮肥、密度的二次项系数均为负值, 说明这两个因素对产量的效应曲线均为一条开口向下的抛物线, 即随着氮肥、密度的不断增加, 产量将表现出先增后减的趋势。即存在一个合理的氮肥、密度水平, 超过了这个范围(密度和氮肥过大或过小)东农 252 产量都将会下降。氮肥、密度的交互作用系数为正值且显著, 说明两者之间是相互促进的关系, 随着密度的增加对氮肥的需求也要增加, 反之亦然。

2.2.1 对各因素主效应的分析 采用除维法, 在试验二因素中, 将某一因素固定为零水平, 得另一因素变化与籽粒产量关系的子模型, 即: 分别固定密度、氮肥施用量为零水平, 得氮肥、密度与东农 252 籽粒产量的关系及其主效应分析图(见图 1):

$$Y = 11885.41664 + 1121.27372X_1 - 871.47017X_1^2 \quad (2)$$

$$Y = 11885.41664 + 521.25572X_2 - 2715.02486X_2^2 \quad (3)$$

在试验因素设计范围内, 以各因素水平编码值分别代入(2)、(3)式, 对玉米籽粒产量作函数曲线(见图 1), 由图 1 和方程(2)、(3)可知在编码水平为(-1.414, 0.6433), 增施氮肥东农 252 籽粒产量随之增加; 在编码水平为(0.6433, 1.414), 增施氮肥东农 252 籽粒产量随之减少。在编码水平为(-1.414, 0.0960), 增加种植密度东农 252 籽粒产量随之增加; 在编码水平为(0.0960, 1.414), 增加种植密度东农 252 籽粒产量随之减少。

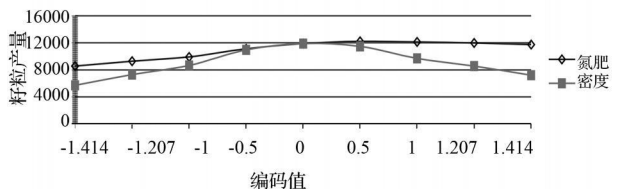


图 1 氮肥、密度主效应

2.2.2 单因素的边际效应分析 对回归方程(2)、(3)分别求出 Y 对  $X_1$ 、 $X_2$  的偏导数, 即可得到氮肥与密度的边际效应模型为:

$$\partial Y / \partial X_1 = 1121.27372 - 1742.94034X_1 \quad (4)$$

$$\partial Y / \partial X_2 = 521.25572 - 5430.04972X_2 \quad (5)$$

将氮肥、密度各个水平的编码值分别代入相应的模型中, 即可得到在特定条件下各因素不同水平的边际籽粒产量(见图 2)。由图 2 可知, 氮肥、密度在不同水平下对增加东农 252 籽粒产量的效果是不同的。在氮肥、密度编码水平较低( $< -0.5$ )时, 增加氮肥、密度都使产量增加, 增加密度比增加氮肥对增产的效果好。在氮肥、密度编码水平较高( $> 1$ )时, 增加氮肥、密度都使产量减少, 增加氮肥比增加密度对产量下降的影

响小。

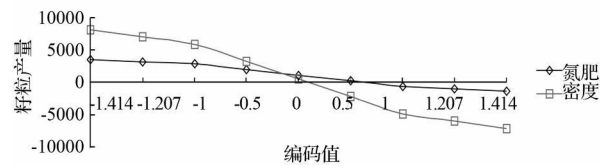


图2 氮肥、密度不同水平下的边际效应

2.2.3 单因素最优水平分析 各因素的边际效应为零时即达到了其最优水平。令  $Y$  对各因素的一阶导数为零可求得  $X_{1opt}=0.6433$ ,  $X_{2opt}=0.0960$  此时  $Y=$

表4 东农 252 氮肥、密度试验的综合效应

$X_1$	$X_2$					平均值	标准差	变异系数
	- 1.414	- 1	0	1	1.414			
1.414	3953	7355	11728	10672	8643	8888	2721	30.6
1	4830	8095	12135	10745	8579	9295	2497	26.0
0	5718	8649	11885	9692	7193	9045	2119	23.4
- 1	4863	7460	9893	6895	4063	7053	2065	29.3
- 1.414	3998	6458	8557	5226	2256	5717	2148	37.6
平均值	4807	7738	10974	8780	6281			
标准差	656	740	1382	2189	2536			
变异系数	13.6	9.6	12.6	24.9	40.0			

2.2.5 技术方案综合优化 由于互作的存在, 单因素的最优水平不一定是真正的最优水平。一般情况下最优水平需通过由依变数对各自变数的偏导数组成的联立方程组求出。

$$\partial Y / \partial X_1 = 1121.27372 - 1742.94034X_1 + 804.03525X_2 = 0 \tag{6}$$

$$\partial Y / \partial X_2 = 521.25572 - 5430.04972X_2 + 804.03525X_1 = 0 \tag{7}$$

解得  $X_1 = 0.7380$ ,  $X_2 = -0.2053$  将  $X_{1opt} = 0.7380$ ,  $X_{2opt} = 0.2053$  代入方程(1)得出本试验的理论产量最高值  $Y = 13\,034.856\,3$ 。

### 3 讨论

#### 3.1 氮肥和密度对籽粒产量的影响

本试验结果表明, 氮肥、密度对东农 252 籽粒产量有显著影响。氮肥、密度在编码水平(- 1.414, 1.414), 随着氮肥、密度的增加, 玉米品种东农 252 籽粒产量先增加后减少。在编码水平较低时, 增加密度比增施氮肥对增产的效果好; 在编码水平较高时, 增加氮肥比增加密度对产量下降的影响小。在氮肥编码值为 0.7380, 密度编码值为 0.2053 时, 东农 252 籽粒产量达最高。

#### 3.2 试验的最佳组合

本试验结果表明, 东农 252 籽粒产量的最佳组合

为 12231.3492。

2.2.4 互作效应分析 因  $X_1X_2$  互作显著, 对  $X_1X_2$  的互作效应进行分析(见表 4)。

最高产量出现在  $X_1 = 1$ ,  $X_2 = 0$  的条件下。在试验范围内, 在氮肥为 1 水平时, 东农 252 的籽粒产量平均值最高; 密度为 0 水平时, 东农 252 的籽粒产量平均值最高。氮肥在 0 水平时对产量影响较小, 在 -1.414 和 1.414 水平时对产量影响较大; 密度在 (-1.414, 0) 水平时对产量影响较小, 在 (1, 1.414) 水平时对产量影响较大。

为:  $X_{1opt} = 0.7380$ ,  $X_{2opt} = 0.2053$  即氮肥  $189\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 密度  $5.49\text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 籽粒产量为  $13\,034.86\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。本试验采用二次旋转回归设计, 在相关因素的试验上有一定的代表性。但是在试验范围内外, 继续增加氮肥可能会进一步提高籽粒产量。在玉米育种及栽培试验中, 生产实践中需要考虑的因素较多, 除了要对分析对象认真调查, 还要注意病害、地力、气候等情况的观察和记载, 防止特殊情况影响试验的真实性和可靠性。本试验分析中虽保证在株数、穗数相同的条件下进行, 但样本小、重复次数少、病害、地力不均等情况也会给试验造成误差, 试验结论有待进一步探讨, 同时各因素的互作效应比较复杂, 所以在今后的试验中将进一步深入进行研究, 使研究结果更具指导意义。

#### 参考文献:

[1] 杨镇, 才卓, 景希强, 等. 东北玉米[M]. 北京: 中国农业出版, 2007: 205-226.  
[2] 赵致, 张荣达, 吴盛黎, 等. 紧凑型玉米高产栽培理论与技术研究[J]. 中国农业科学, 2004, 34(5): 537-543.  
[3] 刘文成. 玉米免耕法栽培研究[J]. 河南农业科学, 1999 (5): 9-10.  
[4] 宁海龙, 李文霞. 田间试验与统计分析[M]. 哈尔滨: 东北农业大学出版社, 2006: 333-342.  
[5] 唐启义, 冯光明. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 北京科学出版社, 2002: 159-163.  
[6] 赵勇, 杨文钰. 种植密度和施氮量对粮饲兼用玉米雅玉 8 号产量的影响[J]. 玉米科学, 2006, 14(2): 119-123.