

文章编号: 1005-0906(2004)04-0077-02

夏玉米密度及氮磷用量高产高效栽培模式的研究

宋清斌¹, 郑延海¹, 贾爱君², 崔广泉¹, 张鑫³

(1.德州市农科所, 山东 德州 253015; 2.德州恒东化工有限公司, 山东 德州 253000; 3.临邑农业局, 山东 临邑 253000)

摘要: 试验采用二次饱和-D 最优设计, 研究了氮肥、磷肥、密度 3 个因素对夏玉米产量的影响, 建立了夏玉米产量形成的函数模型, 获得了夏玉米产量高于 9 000 kg/hm², 同时净产值超过 3 750 元/hm² 的优化栽培方案。在本试验条件下, 3 个因素对夏玉米产量的影响顺序为: 密度>氮肥>磷肥。

关键词: 夏玉米; 密度; 氮肥; 磷肥; 栽培模式

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Study on Summer Maize Cultivation Model with High Yield and Benefit in Plant Density and N, P Consumption

SONG Qing-bin, ZHENG Yan-hai, et al.

(Dezhou Research Institute of Agricultural Science, Dezhou 253015, China)

Abstract: The effect of summer maize density and N.P fertilizers consumption to its yield were determined using Baohe-D optimum design. According to the cultivation model of forming the summer maize yield, we have got the best design of either the yield higher than 9 000 kg/ha or its unit net profit more than 3 750 yuan/ha. Under this experiment condition, the effective order of the three contents to summer maize yield is: density>nitrogen>phosphorus.

Key words: Summer maize; Density; N fertilizer; P fertilizer; Cultivation model

目前, 国内外已建立了大量基于作物生长模拟模型的作物生产管理系统; 近年来, 又将作物模型与 3S 技术相结合, 应用于不同尺度的作物生产系统和资源管理决策系统。荷兰瓦赫宁根大学在对作物模拟模型研究的基础上, 建立了应用于土地生产力评价的普适性模型 (WOFOST)。DRIESSEN 等在 WOFOST 的基础上, 完成了一个综合而简化的土地利用系统分析评价模型(PS123 模型), 强调利用有限的数据库对从点到面不同尺度的土地利用系统进行分析。本文采用二次饱和-D 最优设计, 建立了夏玉米高产高效栽培模拟模型, 并通过这一模型确立了夏玉米产量高于 9 000 kg/hm², 同时净产值超过 3 750 元/hm² 的优化栽培方案。

1 材料与方法

试验设在中国农业科学院陵县试验区试验田内。本区属暖温带半湿润季风气候, 年均气温 12.5℃,

≥10℃的活动积温 80%保证率为 4 279.1℃·d, 全年日照时数 2 679.9 h, 多年平均降雨量 600 mm。土壤属潮土类, 土壤质地为沙壤, 前茬作物为小麦。土壤有机质为 0.77%, 全氮为 0.065%, 全磷为 0.183%, 全钾为 2.16%, 碱解氮 58 mg/kg, 速效磷 32 mg/kg, 速效钾 100 mg/kg。玉米供试品种为掖单 4 号。氮肥分 3 次追施, 5 叶期为 30%, 大喇叭口期为 50%, 抽雄期为 20%; 磷肥在 3~5 叶期一次深追施。种植方式为开沟点播。本试验共 10 个处理, 3 次重复, 小区面积 33 m², 随机排列, 各因素设计水平及编号见表 1。

表 1 各因素设计水平及编码

编 码	纯氮(kg/hm ²)	纯磷(kg/hm ²)	密度(株/hm ²)
-1.000 0	0.00	0.00	45 000
-0.291 2	106.35	39.75	66 255
0.192 5	178.95	66.75	80 775
1.000 0	300.00	112.50	105 000

2 结果与分析

2.1 模型分析

2.1.1 建立模型

根据结构矩阵及试验各处理产量结果(表 2), 得出氮肥、磷肥、密度与玉米产量的数学模型:

收稿日期: 2003-09-29; 修回日期: 2004-08-02
作者简介: 宋清斌(1965-), 高级农艺师, 一直从事农业科研工作。
Tel: 0534-2321660 E-mail: zhengyanhai333@163.com

$$\hat{y}=574.82+36.20X_1-12.50X_2+69.08X_3-13.60X_1^2-2.85X_2^2-45.48X_3^2-1.09X_1X_2+2.69X_1X_3+15.89X_2X_3$$

表 2 各处理结构矩阵与产量

处理号	X ₁	X ₂	X ₃	y(kg/667 m ²)
1	-1	-1	-1	437.6
2	1	-1	-1	506.8
3	-1	1	-1	383.0
4	-1	-1	1	538.6
5	-1	0.192 5	0.192 5	534.4
6	0.192 5	-1	0.192 5	599.8
7	0.192 5	0.192 5	-1	460.6
8	-0.291 2	1	1	586.8
9	1	-0.291 2	1	622.8
10	1	1	-0.192 5	551.6

2.1.2 主效应分析

由于试验采用了无量纲编码，偏回归系数已经标准化，因此系数的大小可以反映因素作用的大小及方向。由模型可以看出，一次项系数中各因素作用的大小依次为密度(X₃)>氮肥(X₁)>磷肥(X₂)。利用“降维法”将任意两因素的值固定在零水平，得到另外一个因素与夏玉米产量的效应方程，这相当于在特定条件下所做的一组单因素试验，从而得各单因素方程：

$$y_1=574.82+36.20X_1-13.60$$

$$y_2=574.82-12.50X_2-2.85$$

$$y_3=574.82+69.08X_3-45.48$$

根据上述方程，可得到各因素对夏玉米产量的影响大小。结果表明，密度对产量的影响最大，随着密度的增加，产量大幅度上升，当密度超过 75 000 株/hm²(编码为 0)时，产量增加速度逐渐变慢，当达到 96 000 株/hm²(编码为 0.75)时，产量达到最高点，再增加密度，产量反而下降，所以对掖单 4 号来讲，在本试验条件下密度是影响玉米产量的主要因素。本试验是在土壤有机质、全氮、碱解氮含量都较低的试验田进行的，随着氮肥用量的增加，玉米产量也随之增加，在本试验设计的范围内(0 ~ 300 kg/hm²)未达到最高点，继续施氮仍有一定增产作用。本试验田土壤速效磷含量较高，随着磷肥用量的增加，玉米产量反而下降。因此，在土壤速效磷含量达到本试验的水平时，夏玉米可以不施磷肥。

2.1.3 交互效应分析

在模型中，X₂ 与 X₃ 交互项系数较大，说明磷肥与密度有一定的交互作用。虽然在本试验条件下磷肥没有增产作用，但可以利用磷肥与密度的交互作用提高玉米产量。当低密度与低施磷量配合时，交互作用较小，随着密度与施磷量的增加，交互作用

增大，密度与施磷的编码为 1 水平时，交互作用值最大。

2.1.4 边际产量分析

氮肥编码值达最高即施氮量为 300 kg/hm² 时，边际产量仍为正值，每增加 1 kg 的氮肥仍可增加 9 kg 玉米。磷肥在最低值时，边际产量已是负值，再增加磷肥会减产。密度在编码值为 0 以前是正值，当达到 0.759 时变为 0，超过此点边际产量为负值。由此表明，在 0 以前密度的边际产量最高，增产作用最大，当超过 0 后，氮肥的边际产量大于密度，此时氮肥的增产作用较大。

2.2 最佳栽培方案的确定

2.2.1 不同产量区段的栽培方案

由于模型无极值，在计算机上采用模拟方法模拟，得到各产量区段各因素的平均值及 95%置信区间(表 3)。由表 3 可以看出，随着产量的提高，氮肥用量及密度都有所增加，而磷肥用量则相对减少。因此，欲取得不同的产量可根据表 3 提供的数据确定其相应的栽培方案。

表 3 各产量区段栽培方案 kg/667 m²、株/667 m²

产量(kg/hm ²)	因素	平均	下限	上限	次数
y≥9 000	X ₁	16.04	15.68	16.40	271
	X ₂	3.42	3.21	3.63	271
	X ₃	6 237	6 175	6 299	271
9 000>y≥8 250	X ₁	9.56	8.94	10.19	476
	X ₂	3.63	3.41	3.84	476
	X ₃	5 538	5 442	5 633	476
8 250>y≥7 500	X ₁	7.69	6.89	8.48	328
	X ₂	3.72	3.50	2.93	328
	X ₃	4 494	4 391	4 596	328
7 500>y≥6 750	X ₁	8.45	7.71	9.19	186
	X ₂	4.04	3.83	4.24	186
	X ₃	3 428	3 385	3 471	186
6 750>y≥6 000	X ₁	4.51	3.93	5.10	70
	X ₂	5.28	5.09	5.47	70
	X ₃	3 103	3 082	3 124	70

2.2.2 高产高效栽培方案的确定

经计算机模拟得到的最高产量为 9 390 kg/hm²，共 9 个方案。这 9 种方案氮肥用量均为 300 kg/hm²，磷肥和密度有一定差异，因而净产值也不一样。在生产中可利用磷肥与密度的交互作用，在最高产量的范围内尽量提高密度，减少磷肥用量。在上述方案中，种植密度为 93 000 ~ 99 000 株/hm²，磷肥的用量为 0 ~ 67.5 kg/hm²，最高净产值为 3 733.5 元/hm²。

在实际生产中，既要追求高产，又要注重高效益。我们统计了公顷产>9 000 kg、净产值>3 750 元的组合共有 64 个，平均产量为 9 142.5 kg/hm²，平均净产值为 3 793.5 元/hm²。高产高效组(下转第 80 页)

(上接第 78 页)合与最高产量相比,其密度范围大体一致,氮、磷肥用量范围有所下降。在 64 个组合中,最高产量为 $9\,346.5\text{ kg/hm}^2$ 、净产值为 $3\,757.5\text{ 元/hm}^2$ 的组合方案为: X_1 (氮) 270 kg/hm^2 、 X_2 (磷) 11.25 kg/hm^2 、 X_3 (密度) $93\,000\text{ 株/hm}^2$;最高收入为 $3\,873\text{ 元/hm}^2$ 、产量为 $9\,006\text{ kg/hm}^2$ 的组合方案为: X_1 (氮) 150 kg/hm^2 、 X_2 (磷) 0 、 X_3 (密度) $93\,000\text{ 株/hm}^2$ 。

3 小结与讨论

(1)在本试验条件下,夏玉米最高产量可达 $9\,390\text{ kg/hm}^2$ 。产量高于 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 且净产值大于 $3\,750\text{ 元/hm}^2$ 的栽培方案为:施纯氮 $190.5 \sim 207.0\text{ kg/hm}^2$,施磷 $15 \sim 24\text{ kg/hm}^2$,种植密度为 $93\,300 \sim 96\,645\text{ 株/hm}^2$ (实收 $83\,970 \sim 86\,970\text{ 株/hm}^2$)。

(2)通过数学模型模拟得出的 64 个产量高于 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 、净产值大于 $3\,750\text{ 元/hm}^2$ 的组合中可以看出:产量高并不一定净产值高,所以应在提高产量的

同时,注重经济有效的投入,提高经济效益。

参考文献:

- [1] 毛振强. 基于作物生长模型的夏玉米灌溉需求分析[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 419-426.
- [2] 陈杰. 玉米渍水模拟模型研究及验证[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 436-440.
- [3] 佟屏亚. 夏播玉米产量形成动态模式的研究[J]. 玉米科学, 1992, 创刊号, 23-26.
- [4] 张洪全. 三江平原已垦沼泽地玉米高产农艺措施数学模型研究[J]. 玉米科学, 1997, 5(1): 44-46.
- [5] 吴玉娥. 新乡市玉米氮磷效应模型及模拟寻优[J]. 河南职业技术学院学报, 1998, 26(1): 12-17.
- [6] 魏自民. 不同施肥措施对风沙土区玉米产量影响数学模型的研究[J]. 玉米科学, 2003, 11(2): 75-77.
- [7] 李钟. 川中紫色土不同密度施肥措施对玉米产量的影响[J]. 土壤肥料, 2000, (1): 25-27.
- [8] 于桂霞, 王继才. 旱地玉米高产综合农艺措施数学模型的研究[J]. 玉米科学, 1999, 7(4): 35-39.