

文章编号: 1005-0906(2004)02-0082-04

山区玉米当家品种川单 15 高产栽培技术模式研究

马太和^{1,2}, 杨胜辉², 彭家明², 马 英², 魏 刚³

(1.四川省江油太和作物研究所; 2.江油市农业科学研究所; 3.江油市马角镇人民政府, 四川 江油 621700)

摘 要: 选择生产实践中对玉米子粒产量影响较大的 5 项因素: 播种期(X_1)、密度(X_2)、施 N 肥量(X_3)、施锌肥量(X_4)和施攻穗肥比例(X_5); 作为主要影响目标函数($\hat{y}$)的决策变量, 应用二次回归正交旋转组合试验, 建立了山区玉米当家品种川单 15 的高产栽培技术模型。并通过计算机进行因子水平寻优, 得出单产 700 kg/666.7 m² 以上的高产栽培技术模式是: 播种期为 3 月 25 日, 密度为 4 824 ~ 5 104 株/666.7 m², 施 N 肥量为 12.4 ~ 13.4 kg/666.7 m², 施锌肥量为 2.96 ~ 3.54 kg/666.7 m², 施攻穗肥的比例为 57.6% ~ 69.2%。

关键词: 玉米; 川单 15; 高产栽培; 技术模式

中图分类号: S513.048

文献标识码: B

江油市山区玉米播种面积约 3 200 hm², 占全市玉米总面积的 51.8%。1996 年山区玉米单产为 2 925 kg/hm², 相当于全市平均单产的 50%; 总产量 9 360 t, 占全市玉米总产量的 37.7%。一般能维持山区人民粮食自给。

制约山区玉米发展的因素较多, 其中一个最主要的因素是低产的地方老品种和种植多年种性已严重退化的杂交玉米老品种占据着主导地位, 这种情况引起了各级领导的高度重视。为此, 我们于 1996 年立项“山区杂交玉米新品种筛选及推广”, 通过 3 年试验筛选出川单 15 作为山区当家种, 并遵照专家意见继而进行了川单 15 高产栽培技术模式的研究, 现已将该模式推向生产。据有关部门统计, 2001 年全市山区玉米种植以川单 15 为主(占 85%)的新杂交品种 2 333.3 hm², 平均单产 6 675 kg/hm², 比 1996

年提高近 1.3 倍。其中高产验收达到 10 725 kg/hm², 引起山区人民的强烈反响。

1 材料与方法

杂交玉米品种川单 15 为四川农大正红种业提供。试验于 2001 年在马角镇沉水村望水叉进行。该地实测海拔高度 1 013 m, 成土母质为黄泥夹砾石, 地势平坦、向阳, 土层深厚, 地力较为均匀。前作油菜, 免耕划区挖窝播种。

采用五因素二次正交旋转组合设计进行试验。试验因素及水平编码见表 1。试验设 36 个小区, 小区面积 13.34 m², 田间随机排列。磷、钾均按 6 kg/666.7 m² 与设计中的锌肥全部作底肥施用。氮肥分别作底、追肥按试验方案分期施用。各小区分别单收脱粒, 折算成 666.7 m² 产量。

表 1 试验因子水平及编码

处 理	变化间距(r)	水 平 和 编 码				
		-2	-1	0	1	2
X_1 播种期	20 d	3 月 25 日	4 月 14 日	5 月 4 日	5 月 25 日	6 月 14 日
X_2 密度	800(株/666.7 m ²)	2 000	2 800	3 600	4 400	5 200
X_3 施氮肥	2(kg/666.7 m ²)	7	9	11	13	15
X_4 施锌肥	1(kg/666.7 m ²)	0	1	2	3	4
X_5 施攻穗肥比例	20.0(%)	0	20	40	60	80

2 结果与分析

2.1 数学模型

将表 1 各因子水平及编码代入试验小区, 以各小区实收子粒产量结果建立数学模型如下:

$$\hat{y}=568.6-44.167X_1+13.333X_2+60.625X_3+0.167X_4+15.208X_5+1.625X_1X_2-15.938X_1X_3+2.125X_1X_4-$$

收稿日期: 2003-06-20

作者简介: 马太和(1946-), 男, 农艺师, 所长, 从事新品种选育及试验示范工作。Tel: 0816-3226197

E-mail: sciysy@126.com

注: 本文为江油市科委立项的《山区杂交玉米新品种筛选及推广》课题的部分内容。参加前期工作的尚有王烽义、张春梅, 谨表谢忱。

$$25.313X_1X_5-7.813X_2X_3-5.688X_2X_4-0.313X_2X_5+5.625X_3X_4+4.938X_3X_5+9.375X_4X_5-7.766X_1^2-12.641X_2^2-28.641X_3^2-2.297X_4^2-3.641X_5^2$$

对上述数学模型进行显著性和失拟检验的方差分析(表 2)。可知该数学模型在 0.01 极显著水平上。我们又对数学模型中的回归系数进行了显著性(F)测验(表 3)。

表 2 回归方程的显著性、失拟检验的方差分析

变异来源	SS	df	MS	F
回 归	197 047.008	20	9 852.350 4	59.050**
离回归	2 502.902	15	166.860 0	
失 拟	1 788.877	6	298.146 0	
误 差	714.025	9	79.336 0	3.758
总变异	199 549.91	35		

注:** 为极显著, $F_{0.01}(15,20)=3.37$, $F_{0.05}(15,20)=2.33$,
 $F_{0.01}(6,9)=7.98$, $F_{0.05}(6,9)=4.10$ 。

表 3 回归系数的 F 测验结果

F(1)=280.58**	F(2)=25.57**	F(3)=528.64**	F(4)=0.004	F(5)=33.27**
F(12)=0.25	F(13)=24.40**	F(14)=0.43	F(15)=61.44**	F(23)=5.85*
F(24)=3.10	F(25)=0.01	F(34)=3.04	F(35)=2.34	F(45)=8.91**
F(11)=11.57**	F(22)=30.64**	F(33)=157.31**	F(44)=1.01	F(55)=2.54

注:* 为 0.05 水平显著,** 为 0.01 水平极显著。

根据表 3 结果,剔除不显著项后,得最优回归方程如下:

$$\hat{y}=568.6-44.167X_1+13.333X_2+60.625X_3+15.208X_5-15.938X_1X_3-25.313X_1X_5-7.813X_2X_3+9.375X_4X_5-7.766X_1^2-12.641X_2^2-28.641X_3^2$$

2.2 效应分析

2.2.1 主要因素效应分析

采用降维法将任意四个因素固定在 0 水平,得到另一个因素与产量的效应方程(子模型),分别为:

$$Y_{\text{播}}=568.6-44.167X_1-7.766X_1^2$$
$$Y_{\text{密}}=568.6+13.333X_2-12.641X_2^2$$
$$Y_N=568.6+60.625X_3-28.641X_3^2$$
$$Y_{Zn}=568.6+0.167X_4-2.297X_4^2$$
$$Y_{\text{攻穗}}=568.6+15.208X_5-3.641X_5^2$$

在本试验范围内保证施攻穗肥占总肥量的 80%,是一项有效的增产措施。在本试验范围内施锌肥对产量没有大的影响。

2.2.2 边际效应分析

对各回归子模型求一阶导数,可分析各因素的边际效应。即指某一因素变量每增加一个单位时的产量。

$$dy/dX_1=-44.167-15.532X_1$$
$$dy/dX_2=13.333-25.282X_2$$
$$dy/dX_3=60.625-57.282X_3$$
$$dy/dX_4=0.167-4.594X_4$$
$$dy/dX_5=15.208-7.282X_5$$

将各因素的不同编码代入时,得到如下边际产量效应(表 4)。

从表 4 可以看到,当某因素取-2 水平时(除该因素外其余因素均取 0 水平),各因素对产量的影响顺次为 $X_3>X_2>X_5>X_1>X_4$; 当某因素取 2 水平时,各

因素对产量的影响顺次为 $X_1>X_3>X_2>X_5>X_4$ 。

表 4 各因素的边际产量效应

因 素	水平编码				
	-2	-1	0	1	2
播种期(X_1)	-13.10	-28.64	-44.17	-59.70	-75.23
密度(X_2)	63.90	38.62	13.33	-11.95	-37.23
施 N 肥(X_3)	175.19	117.91	60.63	3.34	-53.94
施锌肥(X_4)	9.36	4.76	0.17	-4.43	-9.02
施攻穗肥比例(X_5)	29.77	22.49	15.21	7.93	0.64

再从表 4 中单个因素看, 播种期在-2 ~ 2 水平之间的边际产量均为负值, 据计算只有当其水平在-2.84 时边际产量才会为 0,即只有在 3 月 5 日以前播种才会无负效应,由此说明川单 15 仍是愈提早播种愈能增产的适于春播高产的品种。密度在-2 ~ 0 水平时为正值,即在-2 低水平时,每增加 800 株/666.7 m²,单产可增加 12.78 kg/666.7 m²,当水平在 0.51 时边际产量为 0,之后再增加密度,产量就会降低了。施 N 量在-2 ~ 1 水平时边际产量为正值,当水平在-2 低水平时, 每增加 N 肥 2 kg/666.7 m²,单产可增加 17.5 kg/666.7 m²,当水平在 0.58 时,即 N 肥用量达 12.16 kg/666.7 m², 边际产量为 0,之后再增加 N 肥用量产量也降低。施锌肥在-2 ~ 0 水平时均为正值,当其水平为-2 时,每增加锌肥 1 kg/666.7 m²可增加产量 9.36 kg/666.7 m²,说明在本试验中施锌肥还是有增产作用的;当其水平达到 0.04 时边际产量为 0, 即当施锌肥量达到 2.04 kg/666.7 m²之后,就会降低产量。施攻穗肥比例,从-2 ~ 2 水平皆为正值,表明施攻穗肥比例的增加会增加子粒产量,当其在低水平-2 时, 每增加 20%比例的攻穗肥量,就会增加 5.95 kg/666.7 m² 产量; 当其水平为 2.09 时,即攻穗肥比例占总施肥量的 80.2%时, 边际产量才为 0,之后再增加比例产量不再增加。

2.2.3 各因素间交互作用效应

从回归方程看到,对产量影响较大的交互作用项有: X_1X_3 、 X_1X_5 、 X_2X_3 和 X_4X_5 4个。采用降维法可得出下列二元回归子模型:

$$\begin{aligned}\hat{y}_{13} &= 568.6 - 44.167X_1 + 60.625X_3 - 15.938X_1X_3 - 7.766X_1^2 - 28.641X_3^2 \\ \hat{y}_{15} &= 568.6 - 44.167X_1 + 15.208X_5 - 25.313X_1X_5 - 7.766X_1^2 - 3.641X_5^2 \\ \hat{y}_{23} &= 568.6 + 13.333X_2 + 60.625X_3 - 7.813X_2X_3 - 12.641X_2^2 - 28.641X_3^2\end{aligned}$$

表 5 X_1 与 X_3 (播种期×施 N 量)搭配时的产量效应

播种期(X_1)	施 N 量 (X_3)					平均数	标准差	CV(%)
	-2	-1	0	1	2			
-2	326.30	504.60	625.90	689.70	696.30	568.56	642.01	1.129
-1	337.30	449.80	605.00	625.90	643.60	532.32	598.21	1.124
0	332.80	479.30	568.60	600.60	575.30	511.32	570.79	1.116
1	312.70	443.30	516.70	532.70	491.50	459.38	510.98	1.112
2	277.10	391.80	449.20	449.30	392.10	391.90	435.02	1.110
平均数	317.24	453.76	553.08	579.64	559.76			
标准差	348.37	498.88	610.05	641.60	625.03			
CV(%)	1.098	1.099	1.103	1.107	1.117			

表 6 X_1 与 X_5 (播种期×施攻穗肥比例)搭配时的产量效应

播种期(X_1)	施攻穗肥比例(X_5)					平均数	标准差	CV(%)
	-2	-1	0	1	2			
-2	479.60	556.40	625.90	688.10	743.00	618.60	685.83	1.108
-1	509.40	560.80	605.00	641.90	671.50	597.72	657.93	1.101
0	523.60	549.80	568.60	580.20	584.50	561.34	615.43	1.096
1	522.30	523.10	516.70	502.90	481.90	509.38	558.27	1.096
2	505.50	481.00	449.20	410.10	363.80	441.92	487.38	1.103
平均数	508.08	534.22	553.08	564.64	568.94			
标准差	556.86	586.15	610.05	628.39	641.18			
CV(%)	1.096	1.097	1.103	1.113	1.127			

从表 6 中我们看到, X_5 从-2~2 水平,产量最高点出现在(-2,2),表明播期愈早施攻穗肥比例愈大,易于增产;产量最低点在(2,2),表明播期愈推迟即使增大施攻穗肥的比例也难于增产。同时还可以看到,迟播配合施攻穗肥的比例以愈小愈好。

从表 7 中可以看到, X_3 (施 N 量)从-2~2 水平,产量的最高点出现在(0,1),说明密度与施 N 肥只有

$$\begin{aligned}\hat{y}_{45} &= 568.6 + 0.167X_4 + 15.208X_5 - 9.375X_4X_5 - 2.297X_4^2 - 3.641X_5^2\end{aligned}$$

根据以上子模型可计算两因素在不同水平搭配时的产量效应(表 5、表 6、表 7 和表 8)。

从表 5 中我们看到, X_1X_3 交互效应的最高点出现在(-2,2),由此说明早播种配合高 N 量易于获得高产;而最低点出现在(-2,-2),表明早播低 N 量配合是不行的。同时,我们还可以看到迟播配合高 N 量也不能获得高产。

在合理配合时才能高产;其最低点在(-2,2),说明密度过小施 N 肥量过少是必然减产的。同时还可以看到,一方面只有施 N 肥量水平在 0~1 时,川单 15 才会出现 500 kg/666.7 m² 的产量;另一方面密度在-1~1 时,并要配合施 N 肥水平在 0~2 时,才会出现 500 kg/666.7 m² 的子粒产量水平。因此,施 N 量与密度的配合其合理范围相当狭小。

表 7 X_2 与 X_3 (密度×施 N 量)搭配时的产量效应

密度(X_2)	施 N 量 (X_3)					平均数	标准差	CV(%)
	-2	-1	0	1	2			
-2	224.10	386.50	491.40	539.00	529.60	434.12	493.55	1.137
-1	290.90	445.50	542.60	582.40	565.20	485.32	545.22	1.123
0	332.50	479.30	568.60	600.60	575.50	511.30	570.79	1.116
1	348.80	487.80	569.30	593.50	560.60	512.00	569.60	1.113
2	339.90	385.10	544.70	561.10	520.40	470.24	524.87	1.116
平均数	307.24	436.84	543.32	575.32	550.26			
标准差	340.48	481.06	596.02	630.74	603.25			
CV(%)	1.108	1.101	1.097	1.096	1.096			

从表 8 中看到, X_5 从 -2 ~ 2 水平的产量最高点出现在(-2, 2), 表明在本试验中不施锌肥, 只要施好

攻穗肥同样可以获得高产, 但是如果既不施锌肥又不施攻穗肥, 则难以获得高产。

表 8 X_4 与 X_5 (施锌肥×施攻穗肥比例)搭配时的产量效应

施锌肥(X_4)	施攻穗肥比例(X_5)					平均数	标准差	CV(%)
	-2	-1	0	1	2			
-2	476.60	521.50	559.10	589.40	612.40	551.80	606.88	1.100
-1	502.50	537.90	566.10	587.10	600.70	558.86	613.47	1.098
0	523.60	549.80	568.60	580.20	584.50	561.34	615.43	1.096
1	530.90	587.40	566.10	568.70	563.50	563.32	617.42	1.096
2	552.30	559.60	559.70	552.60	538.10	552.46	605.25	1.096
平均数	517.18	551.24	563.92	575.60	579.84			
标准差	567.28	604.36	617.76	630.72	635.88			
CV(%)	1.097	1.096	1.095	1.096	1.097			

2.3 方程模拟选优

院石海春老师用计算机进行模拟寻优。以产量 700 kg/666.7 m² 为优线, 其 X_i 的频率统计如表 9。

以产量为目标, 在我市山区的特定生态条件下建立的数学模型基础上, 我们请四川农业大学农学

表 9 川单 15 单产 ≥700 kg/666.7 m² 栽培方案中 X_i 取值频率分布

编 码	因素									
	X_1		X_2		X_3		X_4		X_5	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-2	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0.208	4	0.167	5	0.208
1	0	0	7	0.292	15	0.625	10	0.417	10	0.417
2	0	0	17	0.708	4	0.167	10	0.417	9	0.375
合计	24	1	24	1	24	1	24	1	24	1
$\bar{X}$	-2		1.708		0.958		1.25		1.17	
S $\bar{X}$	0		0.090		0.125		0.15		0.15	
95%置信区间	-2		1.53 ~ 1.88		0.71 ~ 1.20		0.96 ~ 1.54		0.88 ~ 1.46	
栽培措施范围	3 月 25 日		4 824 ~ 5 104 株/666.7 m ²		12.4 ~ 13.4 kg/666.7 m ²		2.96 ~ 3.54 kg/666.7 m ²		57.6% ~ 69.2%	

由表 9 可以看出, 川单 15 高产栽培的最优模式为: 播种期为 3 月 25 日, 密度为 4 824 ~ 5 104 株/666.7 m², 施 N 肥量为 12.4 ~ 13.4 kg/666.7 m², 施锌肥量为 2.96 ~ 3.54 kg/666.7 m², 施攻穗肥比例为 57.6% ~ 69.2%。

3 结论与讨论

(1)川单 15 在我市山区雁门、马角、含增和香水等山区, 无论是阳山或阴山, 我们都进行过试验和示范。在按照此试验结果制定的高产栽培方案实施时, 都曾获得 560 ~ 700 kg/666.7 m² 的高产。于是验证了该模式与山区玉米生产的实际拟合得较好。

(2)就该试验而言, N 肥作为玉米的生命元素, 对产量的影响最大; 其次是密度, 作为玉米的群体结构, 对产量构成也有相当大的影响。但它们都有一个

合理的范围, 过高过低都会对产量造成一定的不利影响, 只有较高而又合理的密度配合较高的 N 肥施用量才会提高山区玉米当家品种川单 15 的产量。

(3)本试验由于条件所限, 未对试验地土质进行化验分析, 对其土壤肥力缺乏依据。但就我们所知, 作为试验地的岗堡村土壤质地和肥力条件在当地算中等偏上水平, 类似这样的山区玉米地确实很多, 也就说明本模式应用范围广。从另一方面讲, 山区玉米增产的潜力很大。

参考文献:

[1] 荣廷昭. 田间试验与统计分析[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.

[2] 马太和. 江油市山区玉米生产现状及发展对策[J]. 玉米科学, 1999, 7(增刊): 137-138.