

紧凑型春玉米高产栽培优化 农艺措施的研究

冯 勇

侯旭光

(哲里木盟农研所, 通辽 028015)

(哲里木畜牧学院, 通辽 028000)

Studies on the Optimized Agronomical Practice for High—yield Cultivation of High Density Type of Spring Maize

Feng Yong

(Zhelimu League Institute of Agricultural Sciences,
Tongliao 028015)

Hou Xuguang

(Department of Grassland, Zhelimu Animal Husbandry College,
Tongliao 028000)

Abstract: A 2—degree common rotary design was used in computer simulating selection and system decision—making analysis to analyze the main agronomical practice for high—yield maize in Zhelimu area of Inner Mongolia. Economical comprehensive agronomical practice for the 11250kg/hm² was determined; density at 77250-79650/hm²; seed manure N at 71. 8-80. 0kg/hm²; seed manure P at 71. 7-80. 8kg/hm²; top dressing N 144. 6-165kg/hm²; application of top dressing N was time manure for earing.

Key Words: Spring maize; Computer simulating selection; Comprehensive agronomical practice

摘要 本文通过二次通用旋转设计试验,对内蒙古哲里木盟地区紧凑型春玉米高产栽培的主要农艺措施,进行计算机模拟寻优和系统分析,确立了紧凑型春玉米亩产 750kg 的高产高效综合农艺措施为:密度 5150~5310 株/亩,种肥氮 4. 79~5. 40kg/亩,种肥磷 4. 78~5. 39kg/亩,追肥氮 9. 64~11. 0kg/亩,追肥以攻穗肥为主。

关键词 春玉米 紧凑型品种 高产栽培 农艺措施

玉米是哲里木盟地区的主要种植作物,面积占粮豆面积的一半,产量占粮豆总产的 70% 以上。目前,在玉米种植面积相对稳定的情况下,提高玉米单产是提高当地粮食生产水平的重要途径。通过对前几年玉米高产攻

关跟踪调查资料的分析表明,亩产超过 750kg 的面积仍不足 10%,多数产量在 500~650kg/亩,特别是近几年紧凑型玉米新品

种的种植面积逐步扩大,而生产中仍套用过去一些品种的“栽培模式”,未能充分发挥品种的增产潜力。同时,许多“栽培模式”的研究往往局限于定性、单项农艺措施的试验分析。既使进行了多因素试验,仍缺乏定量、动态和综合系统分析,实质上是单元优化的组装。未能从事物内在联系上反映因素间的互作效应,这样不能有效地发挥综合农艺措施的作用,达到高产、高效、低耗的目的。为此,我们开展了紧凑型春玉米高产优化综合农艺措施及其数学模型的研究。

1 材料与方法

试验于 1990~1991 年在哲盟农科所试验地进行,土质为肥力均匀的黑五花土,供试品种为掖单 4 号,小区面积 57.6m²,采用大型开沟人工摆籽方式播种,化肥按行施肥量条施,收获时测定子粒水份,产量按 18%含水率实产实计。其它措施与大田一致。

试验采用二次通用旋转设计,两次重复。1990 年选择密度与追肥氮两因素,1991 年选择密度、种肥氮、种肥磷、追肥氮和追肥时期五个因素。因素水平编码见表 1。

表 1 因 素 水 平 编 码

年份	r 值	因 素	间距	-r	编 码		1	r
					-1	0		
1990*	1.414	密度 X ₁ (株/亩)	1000	3586	4000	5000	6000	6414
		追肥 NX ₂ (株/亩)	8.49	0	3.51	12.00	20.49	24.00
1991	2.000	密度 X ₁ (株/亩)	750	3500	4250	5000	5750	6500
		种肥 NX ₂ (kg/亩)	2.50	0	2.50	5.00	7.50	10.00
		种肥 P ₂ O ₅ X ₃ (kg/亩)	2.50	0	2.50	5.00	7.50	10.00
		追肥 NX ₄ (kg/亩)	6.00	0	6.00	12.00	18.00	24.00
		追肥时期 X ₅ (天)	15.00	0	15.00	30.00	45.00	60.00
		(月·日)		6.15	6.30	7.15	7.30	8.14

* (1990 年种肥 N 和 P₂O₅ 各 5kg/亩,追肥时间为 7 月 22 日。化肥以纯量计,下同。)

2 结果与分析

2.1 模型建立

试验结果见表 2,表 3。模型建立、模拟、寻优和制图等皆在计算机上完成,产量模型及回归系数检验如下(* * 为 0.01, * 为 0.05 水平)

$$\hat{Y}_{90} = 773.86 + 34.810X_1^* + 34.789X_2^* + 2.125X_1X_2 - 11.368X_1^2 - 17.193X_2^2$$

$$(F_1 = 2.059 < F_{0.05}(3,4) = 6.59, F_2 = 8.035 > F_{0.01}(5,7) = 7.46, R = 0.993)$$

$$\hat{Y}_{91} = 877.699 + 50.296X_1^* + 11.488X_2^* +$$

$$0.904X_3 + 32.579X_4^* - 28.963X_5^* - 1.606X_1X_2 - 0.956X_1X_3 + 6.631X_1X_4 - 5.544X_1X_5 + 10.756X_2X_3 - 4.056X_2X_4 - 6.106X_2X_5 + 0.919X_3X_4 + 0.069X_3X_5 - 8.994X_4X_5 - 16.249X_1^2 - 7.899X_2^2 - 0.649X_3^2 - 15.524X_4^2 - 11.137X_5^2 *$$

$$(F = 0.5004 < F_{0.05}(6,5) = 4.95, F_2 = 54.2081 > F_{0.01}(20,11) = 4.10 \quad R = 0.993)$$

两回归方程失拟性检验差异不显著,回归方程检验, F₂ 均达到极显著水平,说明模型很好地反映了诸因素与产量的关系。

表 2 1990 年 产 量 结 果

处 理	X ₁	X ₂	平均亩产(kg)
1	-1	-1	659.5
2	-1	1	747.9
3	1	-1	715.2
4	1	1	812.1
5	-1.414	0	706.7
6	1.414	0	818.8
7	0	-1.414	718.2
8	0	1.414	784.0
9	0	0	766.1
10	0	0	773.4
11	0	0	788.6
12	0	0	746.0
13	0	0	795.2

表 3 1991 年 产 量 结 果

处理	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	平均亩产(kg/亩)
1	1	1	1	1	1	874.2
2	1	1	1	-1	-1	892.4
3	1	1	-1	1	-1	957.8
4	1	1	-1	-1	1	810.4
5	1	-1	1	1	-1	934.4
6	1	-1	1	-1	1	791.8
7	1	-1	-1	1	1	880.2
8	1	-1	-1	-1	-1	861.7
9	-1	1	1	1	-1	856.5
10	-1	1	1	-1	1	754.4
11	-1	1	-1	1	1	753.2
12	-1	1	-1	-1	-1	779.7
13	-1	-1	1	1	1	751.9
14	-1	-1	1	-1	-1	733.8
15	-1	-1	-1	1	-1	828.1
16	-1	-1	-1	-1	1	737.6
17	2	0	0	0	0	915.2
18	-2	0	0	0	0	715.5
19	0	2	0	0	0	877.9
20	0	-2	0	0	0	819.6
21	0	0	2	0	0	888.0
22	0	0	-2	0	0	867.5
23	0	0	0	2	0	895.1
24	0	0	0	-2	0	741.4
25	0	0	0	0	2	784.7
26	0	0	0	0	-2	886.9
27	0	0	0	0	0	879.9
28	0	0	0	0	0	891.6
29	0	0	0	0	0	856.3
30	0	0	0	0	0	867.1
31	0	0	0	0	0	880.8
32	0	0	0	0	0	885.8

2.2 因素效应分析

2.2.1 单因素产量效应分析 对模型 $\hat{Y}_{91}$ 、 $\hat{Y}_{92}$ 采用降维法,将其它各因素固定在“0 水平”,得出因素 X_i 的一元二次回归子模型:

$$Y_{90-1} = 773.86 + 34.81X_1 - 11.368x_1^2,$$
$$Y_{\max} = 800.5, X'_1 = 1.53 = 6530 \text{ 株/亩}$$

$$Y_{91-1} = 877.70 + 50.296X_1 - 16.249X_1^2,$$
$$Y_{\max} = 916.6, X'_1 = 1.548 = 6116 \text{ 株/亩}$$

$$Y_{90-2} = 773.86 + 34.1789X_2 - 17.193X_2^2, Y_{\max} = 791.5, X'_2 = 1.012 = 20.59\text{kg/亩}$$

追肥 N

$$Y_{91-2} = 877.70 + 11.488X_2 - 7.899X_2^2,$$
$$Y_{\max} = 881.9, X'_2 = 0.727 = 6.82\text{kg/亩}$$

种肥 N

$$Y_{91-3} = 877.70 + 0.904X_3 - 0.649X_3^2,$$
$$Y_{\max} = 878.0, X'_3 = 0.697 = 6.74\text{kg/亩}$$

种肥 P_2O_5

$$Y_{91-4} = 877.70 + 32.579X_4 - 15.524X_4^2,$$
$$Y_{\max} = 894.8, X'_4 = 1.049 = 18.29\text{kg/亩}$$

追肥 N

$$Y_{91-5} = 877.70 - 28.963X_5 - 11.137X_5^2,$$
$$Y_{\max} = 896.5, X'_5 = 1.30 = 6 \text{ 月 } 29 \text{ 日}$$

根据上述子模型可以看出:①在肥力水平较高的黑五花土上,紧凑型春玉米的产量主要受密度、氮肥施入量及追肥期影响,种肥磷对产量的直接影响不显著;②各因素在最佳水平 X'_i 以下时,产量随 X_i 的增大而增加,当因素水平超过 X'_i 水平时,产量出现下降趋势,边际产量出现负值,在生产实际中应加以注意。

由于各因素间是互相联系、互相制约的,各因素对产量影响的大小程度采用灰色关联度表示更为贴切。1991 年因素 $X_1 \sim X_5$ 与产量的关联度分别为 0.902, 0.693, 0.690, 0.705, 0.681, 对产量影响大小顺序为 $X_1 > X_4 > X_2 > X_3 > X_5$, 可见,对于紧凑型春玉米合理密植是增产的关键。

2.2.2 种肥氮与磷交互效应分析 模型 $\hat{Y}_{91}$ 中种肥氮 X_2 与种肥磷 X_3 的交互作用达

显著水平,当其它因素为“0 水平”时,其子模型为:

$$\hat{Y}_{91-23}=877.7+11.488X_2+0.904X_3+10.756X_2X_3-7.899X_2^2-0.649X_3^2$$

根据模型 $\hat{Y}_{91-23}$ 在计算机上绘制产量图,并按生产经济技术学原则,对种肥氮和磷的合理施肥区及最佳配比线进行确定。其合理施肥区就是边际代替率极限(等产线背线)所包括区域,而成本最低时的氮、磷用量,即为最佳配比。

①最佳配比线:偏导 $(\delta y/\delta x_2)/(\delta y/\delta x_3)$
 Px_2/Px_3

$$X_2=0.38+0.441X_3$$

其中 Px_2, Px_3 为氮、磷肥单价,按 1991 年价格计为 1.1 和 1.0 元/kg;

②合理施肥区:

$$\begin{cases} X_2=-b_2/2b_{22}-b_{23}/2b_{22}X_3=0.727+0.681X_3 \\ X_2=-b_3/b_{23}-b_{33}/b_{23}=-0.084+0.121X_3 \end{cases}$$

由图 2 可直观地看出:①种肥氮、种肥磷的交互作用等产线图为“马鞍型”,合理施肥区为 AGB 所包括区域,CG 为最佳配比线,G 为极点;②在低种肥氮区,增施种肥磷对产量影响不大,且产量有下降趋势,特别是当种肥氮在-1 水平以下时,盲目增大磷肥投入,对

作物本身不利;③在高种肥氮肥,增施种肥磷增产效果明显,此时若种肥磷不足,而种肥氮投入过大,产量也呈下降趋势,说明合理的种肥氮、磷配比,磷素会促进植株对氮素的吸收,利于植株正常发育、生长,而高种肥氮时无相应种肥磷配比,种肥氮则会损伤或抑制植株发育。

2.3 产量模型决策分析

对模型 $\hat{Y}_{90}, \hat{Y}_{91}$ 在 $-r \leq x_i \leq r$ 范围内进行频数分析,得不同产量水平下的农艺措施(95%置信限),见表 4。表 4 说明:①两年结果基本一致,具有较高重演性;②利用频数分析法得出的农艺措施可行性较高,如亩产 600~750kg 的农艺措施与当地目前生产实际十分贴近;③随着产量指标的提高,密度、种肥氮和追肥氮水平应相应提高;④随着产量指标和相应的密度、投肥量的增加,追肥时期应适当提前。在低产量指标时,种植密度不大,土壤肥力和种肥基本满足春玉米群体前期的生长需要,追肥以功穗肥为主;高产量指标时,要注意拔节肥的投入,以保证高密度群体对养分的需求,生产实际中当追肥纯氮量大于 10kg/亩时,可分拔节肥、穗肥两次施入。

表 4 不同产量水平 农 艺 措 施 (95%置信限)

模型	产量水平 kg/亩	密度(株/亩)		种肥氮 kg/亩		种肥磷 kg/亩		追肥氮 kg/亩		追肥期(月·日)	
		X	区间	X	区间	X	区间	X	区间	X	区间
$\hat{Y}_{91}$	450~600	3600	3550~3650	3.56	3.00~4.11	5.13	4.58~5.68	6.55	5.17~7.93	7.24	7.20~7.28
$\hat{Y}_{90}$	600~750	4490	4160~4820	5.00		5.00		7.63	4.82~10.44	7.22	
$\hat{Y}_{91}$	600~750	4400	438~4490	4.75	4.54~4.96	4.87	4.67~4.99	9.19	8.68~9.69	7.21	7.20~7.22
$\hat{Y}_{90}$	750~900	5480	5250~5720	5.00		5.00		16.11	14.08~18.12	7.22	
$\hat{Y}_{91}$	750~900	5350	5300~5390	5.16	4.97~5.34	5.07	4.88~5.26	12.89	12.49~13.29	7.15	7.14~7.16
$\hat{Y}_{91}$	>900	5930	5880~5980	5.72	5.43~6.02	5.04	4.72~5.36	18.49	18.04~18.94	6.28	6.27~6.30

表 5 产量与效益极值及相应措施

极值	模型	产 量 (kg/亩)	效 益 (元/亩)	密 度 (株/亩)	种肥氮 (kg/亩)	种肥磷 (kg/亩)	追肥氮 (kg/亩)	追肥期 (kg/亩)
max	$\hat{Y}_{90}$	821.0	234.08	6414	5.00	5.00	20.57	7.20
	$\hat{Y}_{C90}$	792.0	247.08	6414	5.00	5.00	10.29	7.20
	$\hat{Y}_{91}$	1049.4	294.16	6500	10.00	10.00	24.00	6.15
	$\hat{Y}_{C91}$	992.2	325.31	6500	2.50	0.00	18.00	6.15
min	$\hat{Y}_{90}$	622.6	211.54	3586	5.00	5.00	0.00	7.20
	$\hat{Y}_{C90}$	712.5	190.12	3586	5.00	5.00	24.00	7.20
	$\hat{Y}_{91}$	421.0	132.21	3500	0.00	10.00	0.00	6.15
	$\hat{Y}_{C91}$	474.3	93.97	3500	10.00	0.00	24.00	8.14

2.4 综合指标决策分析

2.4.1 高产高效农艺措施寻优 高产、高效、低耗是目前玉米栽培研究的一个重要目标,如果单纯地去追求高产而增大投入,必然会出现增产不增收现象,许多“栽培模式”的研究往往忽略了这一点,或是先定“模式”后计算效益。这里在原产量模型的基础上建立另一经济效益模式:

$$\hat{Y}_c = \hat{Y} \cdot P_y - \sum x_{pi} - I_c$$

式中 $\hat{Y}_c$ 为效益, $\hat{Y}$ 为产量, 玉米价格为 P_y , P_{xi} 为各投入单价, I_c 为其它成本。(如水电、机械、地租等, 此分析中只扣除技术成本 $\sum x_{pi}$, I_c 暂以 0 计, 各项价格按 1991 年计), 通过分析求得单纯产量模型极值, 产量效益综合模型极值见表 5。由表 5 可知, ①高产不一定高效; 产量最低, 效益不一定也最低, 如 1991 年最高产量为 1049.4kg/亩, 效益为

294.16 元/亩, 而效益最高为 325.31 元/亩, 产量则为 992.2kg/亩。紧凑型春玉米掖单 4 号在当地可能达到吨粮田, 但出现频率十分小, 且效益不一定最优; ②密度和肥料投入量是决定产量的关键, 而投肥量以及相应的施肥期是决定效益的主要因素, 要适当控制化肥投入量, 经济、合理、适时施肥。

2.4.2 亩产 750kg 综合农艺措施 以产量 $750 \leq Y \leq 800$ kg/亩, 效益大于 200 元/亩作为指标, 进行计算机综合决策分析, 见(表 6)。紧凑型春玉米掖单 4 号在哲里木盟地区的高产高效栽培的农艺措施为: 密度 5150~5310 株/亩, 种肥氮 4.79~5.4kg/亩, 种肥磷 4.78~5.39kg/亩, 追肥氮 4.64~11.0kg/亩, 追肥以攻穗肥为主。同时; 综合优化措施要比单一产量优化措施的化肥投入量减少, 成本下降。

表 6 亩产 750kg 优化农艺措施

类 型	模 型	密度(株/亩)		种肥氮(kg/亩)		种肥磷(kg/亩)		追肥氮(kg/亩)		追肥时期(月·日)	
		X	区间	X	区间	X	区间	X	区间	X	区间
高 产	$\hat{Y}_{90}$	5200	4930~5480	5.00		5.00		14.49	11.89~17.10	7.22	
	$\hat{Y}_{91}$	5230	5150~5300	5.21	4.91~5.51	5.23	4.93~5.53	10.70	10.23~11.65	7.20	7.18~7.22
高产高效	$\hat{Y}_{90} + \hat{Y}_{c90}$	5200	4930~5480	5.00		5.00		14.47	11.89~17.10	7.22	
	$\hat{Y}_{91} + \hat{Y}_{c91}$	5230	5150~5310	5.10	4.79~5.40	5.08	4.78~5.39	10.34	9.64~11.04	7.20	7.18~7.22

3 讨 论

3.1 紧凑型春玉米主要靠群体提高产量, 合理密植是增产的关键, 而适宜的肥料投入是增产增收的保证。

3.2 采用产量、效益模型综合优化分析, 比

单一的产量模型优化分析更切实际, 若在计算机上建立相应的系统, 按市场价格优选出可行的高产高效农艺措施, 直接为农民服务, 可有效地发挥科学种田的经济效益。

3.3 在肥力水平较高的黑土、黑五花土上, 种肥磷对产量的直接影响不大, 它主要是通过种肥氮的交互作用影响产量。