

超甜玉米高产高效栽培模式初探

王晓明 李余良 刘建华 方志伟

(广东省农科院作物研究所, 广州, 510640)

摘要 应用农业系统工程原理和最优 D 饱和设计方法探讨了超甜玉米种植密度、氮磷钾肥配合施用的高产高效栽培模式, 并进行了综合分析. 结果表明: 在广东省中等土壤肥力条件下, 要取得每公顷毛收益大于 2.25 万元以上的收入, 种植密度应该为 57 637 株, 纯 N、K₂O 分别为 209.3、162.7 kg, 并配合 104.7 kg 的 P₂O₅. 而高产栽培在没有株型紧凑又耐密植的超甜玉米新组合提供于大田生产之前, 纯 N、K₂O 和 P₂O₅ 每公顷不应超过 337.5 和 168.8 kg, 种植密度也不应超过 7.5 万株.

关键词 超甜玉米; 数学模式; 高产高效; 氮磷肥

中图分类号 S 346.311.5

超甜玉米也称为超甜水果玉米, 乳熟期胚乳含糖量 18%~20%, 同时富含并易于人体消化吸收的各种维生素和游离态氨基酸, 因而在全世界大中城市作为保健食品风靡于世(贾了然, 1995). 在我国北京、上海和广州等地以青食、蒸煮、炒食、速冻贮藏产品等形式大量提供水果蔬菜市场, 创造了良好的经济效益. 在高产栽培、叶龄栽培模式和生长发育及产量形成规律等方面作了许多有益研究, 推动了甜玉米生产(顾慰连, 1992; 邓镇华, 1995; 李贵明, 1993). 目前广东省超甜玉米种植面积近万公顷, 似有继续扩大之势, 但是在生产中, 良种、良法配套、模式化、专业化、产业化、集团化种植协调不善, 从而限制了超甜玉米的高产高效和商品化. 本文以优质高产超甜玉米组合为材料, 探讨其高产高效生产技术体系.

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 1997 年春季在广东省农科院作物研究所玉米试验基地进行; 试验以广东省农科院作物所最新选育的超甜玉米粤甜 1 号作为材料; 供试肥料为广州产明珠牌尿素 $w(N) = 46\%$, 广东清远产飞霞牌过磷酸钙 $w(P_2O_5) = 13\% \sim 16\%$ 和加拿大进口钾肥 $w(K_2O) = 60\%$. 试验地 pH 值 5.76, 有机质为 2.00%, $w(\text{全 } N) = 0.097\%$, $w(\text{全 } P) = 0.916\%$, $w(K_2O) = 0.600\%$. 土壤肥力中等, 质地为粘性砂壤土. 施肥方式为基追各半, 追肥分 2 次于大喇叭口期和灌浆前期等量施用, 基肥随种籽于播种沟侧开沟施. 种植方式为起垄双行播种. 3 月 17 日播种, 6 月 8 日收获, 生育期 82 d. 经济产量以鲜苞产量为准, 其它管理措施同大田中等水平.

1.2 试验设计与研究方法

试验设计采用 3 因子 5 水平 10 处理最优 D 饱和设计, 重复 2 次, 试验面积 260 m². 研究方法采用农业系统工程原理, 在建立高产高效栽培模式的基础上, 运用综合分析、独立效应分析、交互效应分析、经济产量和经济效益寻优及频数分析等方法, 探讨各参试因子的高产高效栽培组合方案(陈士宾, 1990; 徐中儒, 1988).

表1 设计矩阵和处理组合¹⁾

处理	种植密度(B1)		纯 N(B2)		K ₂ O(B3)	
	编码值	实际值/(万株·hm ⁻²)	编码值	实际值/(kg·hm ⁻²)	编码值	实际值/(kg·hm ⁻²)
1	-1	3.00	-1	0	-1	0
2	1	7.50	-1	0	-1	0
3	-1	3.00	1	337.5	-1	0
4	-1	3.00	-1	0	1	337.5
5	-1	3.00	0.192 5	201.2	0.192 5	201.2
6	0.192 5	5.68	-1	0	0.192 5	201.2
7	0.192 5	5.68	0.192 5	201.2	-1	0
8	-0.291 2	4.60	1	337.5	1	337.5
9	1	7.50	-0.291 2	119.3	1	337.5
10	1	7.50	1	337.5	-1.291 2	119.3
变化间距	—	2.25	—	168.75	—	168.75

1) 每一份纯氮(B2)配合 0.5 份 P₂O₅

2 结果与分析

2.1 试验结果与建模

将试验结果输入计算机,采用多元二次建模分析软件(Madus. Bas),建立了表2回归数学模式参数表.经显著性测定,5个回归数学模式对实际资料的相关系数在0.857~0.985之间,大于 $r_{0.01}(10) = 0.823$ 显著水平,说明5个回归数学模式对实际资料具有良好的适合性,可做进一步的分析和模拟.

表2 5个回归数学模式参数表

项目	r	B0	B1	B2	B3	B12	B13	B23	B12	B22	B32	e
穗长	0.857	19.09	-0.985	0.949	-0.08	-0.002	0.493	0.451	0.279	-0.971	-0.05	1.13
穗粗	0.936	4.065	-0.168	0.270	0.023	0.128	-0.054	0.027	0.023	-0.321	0.119	0.16
穗重	0.980	194.4	-35.28	49.26	2.91	2.63	-1.15	5.46	0.52	-25.36	11.39	14.78
穗粒	0.937	464.11	-49.91	51.38	10.45	5.44	10.61	8.18	15.86	-67.72	48.11	4.79
产量	0.985	10 789.8	2 320.9	2 472.9	18.25	1 211.4	64.19	-2.84	-1 307.3	-1 608.7	921.9	745.3

2.2 模式综合分析

表2说明:在5个回归数学模式中,增加种植密度,对穗长、穗粗、单穗重和穗粒数具有反向效应,氮磷肥配合施用具有正向效应.但是,穗长、穗粗、单穗重和穗粒数随种植密度增加而导致的反向效应并不一定影响单位面积的鲜苞产量.

在交互效应中,种植密度与氮磷、氮磷钾肥三要素的配合,绝大多数表现为正向效应.在试验设计范围内($-1 \leq x_j \leq 1$),5个模式的氮磷肥配合施用出现了极大值.对穗粒数、穗粗和穗长模式优化模拟,在低密度条件下,当纯氮和 P₂O₅ 每公顷施用量分别为 212.3~236.1 kg 和 106.2~117.2 kg 之间时,它们分别达到 592 粒、4.47 和 21 cm;而单穗重在低密度条件下,增加氮磷肥可以提高单穗重,最大值预计在 272 g 以上.

2.3 鲜苞产量模式分析

(1)独立效应分析:将产量回归模式降维后,对独立效应因子求一阶导数说明,当种植密度和氮磷肥配合施用,最大值分别为每公顷 7.25 万株和纯氮 298.5 kg,并配合 149.2 kg 的 P_2O_5 ;而 K_2O 的理论取值为每公顷 167.1 kg. 独立效应因子的边际效应分析说明,鲜苞产量达到最大值时,种植密度和氮磷肥应该在上述范围内,超过该值,报酬将递减;而 K_2O 每公顷在 167.1 kg 的施用量下将递减,报酬将递增. 3 个供试因子对鲜苞产量的贡献率则是氮磷肥 (2.407 5) > 种植密度 (2.373 8) > 钾肥 (0.805 8).

(2)交互效应分析:在鲜苞产量模式中,由于 K_2O 的二次项 (B_3^2) 是正向效应,不会出现极大值而仅有极小值. 因此我们仅分析种植密度和氮磷肥的交互效应. 在降维后的种植密度和氮磷肥交互效应模式为:

表3 交互效应函数值表

B_2	B_2				
	-1	-0.5	0	0.5	1
-1	4 299.85	6 137.11	7 170.02	7 398.54	6 822.45
-0.5	5 835.11	7 975.22	9 310.98	9 842.39	9 569.45
0	6 716.71	9 159.67	10 798.28	11 632.54	11 662.46
0.5	6 944.65	9 690.46	11 631.93	12 769.04	13 101.81
1	6 518.93	9 567.60	11 811.96	13 251.88	13 887.50

$$Y = 10\,789.8 + 2\,320.9B_1 + 2\,472.9B_2 + 1\,211.4B_1B_2 - 1\,307.3B_1^2 - 1\,608.7B_2^2. \quad (1)$$

式中,以 0.5 为步长,两参试因素在试验区域内的函数值见表 3.

表 3 说明:在低密度条件下,氮磷肥施用量在 0.5 水平时达到高产水平,以后随着播种密度的增加,产量有所增加;在当前种植密度 (5.25 万株/hm²) 条件下,当 K_2O 固定在每公顷 168.75 kg 时,鲜苞产量随氮磷肥施用量的增加而增加;在不施用氮磷肥,而仅施用零水平的钾肥,种植密度最大达到 6.38 万株,每公顷鲜苞仅为 6.94 万 kg. 表 3 还表明,要获得鲜苞的高产,必须使种植密度和氮磷肥同步增加.

在(1)式中,二次项系数均为负值,并且 $B_1^2(-1\,307.3) > B_2^2(-1\,608.7)$,若让种植密度取固定值,分别将 B_2 固定在下界值和上界值时,将其降维并求一阶导数说明;当种植密度由 3 万株/hm² 增加到 7.5 万株/hm² 时,氮磷肥由 234.9 kg (配合 117.5 kg 的 P_2O_5) 增加到 361.9 kg (配合 180.9 kg 的 P_2O_5),即每公顷增加 100 个植株将增加 0.282 kg 纯氮和 0.141 kg 的 P_2O_5 ,采用 $B_2:B_1 = 1:354.6$ 的比例,鲜苞产量才会继续增加.

(3)产量寻优及产量频数分析:产量回归模式的二次项系数既有正值也有负值,因而作者采用交替法产量寻优,可以得到供试因素在设计范围的最大值 (1.49 万 kg). 但是鲜苞产量最高并不是商品价值最高,所以在超甜玉米高产高效栽培中,高产是一个方面,但是鲜苞的穗长、穗粗、单穗重和单穗粒数等决不能忽视. 频数分析表明:在设计范围内,每公顷鲜苞超过 1.05 万 kg 以上的组合有 51 个;当种植密度平均为 6.27 万株,纯氮和 P_2O_5 平均分别为 244.9 和 122.4 kg,并配合 168.8 kg 的 K_2O 时,每公顷鲜苞产量超过 1.05 万 kg 以上的置信度在 95% 以上.

(4)高效益模式的建立和高利润组合寻优:在农业生产中,纯收益 (Profit) 是总产值与总成本的差,而毛收益 (Gross Marging) 是总产值与总可变成本的差,在经济效益分析中,它们都具有十分重要的作用,根据广州市农资产品价格 (番禺 1997 年 5 月 15 日价为准),在试验设计中,每 1 kg 纯氮按 5.64 元 (其中包括 P_2O_5 单价), K_2O 按 2.27 元计,当鲜苞每 kg 平均为 3 元时,最

高利润组合的种植密度每公顷是7.5万株,纯氮303.1 kg、 P_2O_5 为151.6 kg,不施用 K_2O ,此时最高毛收益达到4.14万元,与高产组合相比,最高毛收益组合的资源投入量要比最高产量的资源投入量低一些,这是符合经济规律的。经频数分析,GM大于2.25万元以上的组合共有83个,种植密度、氮磷肥和钾肥的平均值分别是5.76万株、纯氮209.3 kg(配合104.7 kg的 P_2O_5)和162.7 kg的 K_2O ,其置信度在95%以上的随机误差仅为21.21元左右。

3 讨论与结论

3.1 通过超甜玉米高产高效栽培数学模式的综合探讨,作者认为在现阶段每公顷要取得毛收益大于2.25万元(1997年广州市鲜苞平均价)以上的利润,种植密度应该在5.76万株左右,投入纯氮209.3 kg、 K_2O 162.7 kg、并配合104.7 kg的 P_2O_5 ,其置信度达到95%以上。要取得最高利润4.14万元收入时,必须增加种植密度和资源投入量,在采用株型紧凑、单株生产力高、抗病性强、品质优良的品种基础上,种植密度要达到7.5万株/ hm^2 、尿素施用量658.9 kg/ hm^2 、并配合有效成分在14%以上的过磷酸钙1082.6 kg/ hm^2 ,施肥方法为基追各半,追肥分2次于大喇叭口和灌浆前期施用,用量各占50%,但有一定的风险性。

3.2 取得超甜玉米高产和高效益组合的资源投入量不尽相同,一般高效率组合资源投入量要比高产组合的资源投入量要低一些。既要高产又要高效,应该在增加种植密度的基础上,继续增加氮磷肥的投入量;在没有既紧凑又耐密植的新品种提供大田生产之前,氮磷肥投入量每公顷不应超过337.5 kg的纯氮和168.8 kg的 P_2O_5 ,种植密度也不应超过7.5万株。

3.3 在保证超甜玉米具有较高的商品价值,即鲜苞穗长、穗粗、单穗重和单穗粒数达到一定要求的基础上,在生产中,应该提倡高利润栽培组合模式,而不是盲目追求亩产量达到最高的组合,因为在达到产量最大值时,由于种植密度的增加和氮磷钾肥的增加,导致商品性状的下降,从而形成高产低效。

3.4 “两高一优”是种植业可持续发展的最终目的,而高产高效栽培模式的建立和完善是种植业模式化、专业化、产业化和集团化生产的重要措施。因此要建立操作性强又顺应市场经济变化的高产高效的生产技术体系,需用通过不同年份、不同地区、不同种植模式、不同资源投入量等诸多因素的系统优化、反馈,才能得到生产实践的认可。因此以上初步结果是一年一造结果,还需要进一步的完善和印证,才会有更广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 邓镇华,刘石发,吴宇军.1995.超甜玉米叶令栽培的建立.广东农业科学,(1):18~19
李贵明.1993.甜玉米生产现状及其主要栽培技术.广东农业科学,(3):19~21
杨守仁,马鸿图.1992.顾麟连论文集.沈阳:辽宁科学技术出版社,380~392
陈士宾.1990.农业系统工程.兰州:甘肃民族出版社,100~150
贾了然.1995.特种玉米加工.郑州:河南科学技术出版社,142~149
徐中儒.1988.农业试验最优回归设计.哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,216~238

Preliminary Studies on Cultivation Model of High Yield and High Profit for Super-Sweet Corn

Wang Xiaoming Li Yuliang Liu Jianhua Fang Zhiwei

(Crops Research Institute, Guangdong Agriculture Science Academy, Guangzhou, 510640)

Abstract The cultivation model of high yield and high profit for super-sweet corn in planting density and N-P-K fertilizer combination was conducted by applying agricultural system engineering theory and optimum D saturation design and the results were analysed comprehensively. The results showed that it got 22 500 yuan gross profit with 57 637 plants in density, 209.3 kg pure N, 162.7 kg K₂O and 104.7 kg P₂O₅ per hectare in the middle fertile soil condition of Guangdong province. Before releasing new variety with compact plant type and adaptation to the high plant density, it does not exceed 337.5 kg pure N, 337.5 kg K₂O, 168.8 kg P₂O₅, and 75 000 plant per hectare in density.

Key words super-sweet corn; model; high yield and high profit; nitrogen-phosphate fertilizer

【责任编辑 张 砾】

~~~~~  
(上接第 64 页)

## Preliminary Study on the Seed Rain and Seed Bank of the Mixed Evergreen and Deciduous Broad-Leaved Forest on Fanjing Mountain

Liu Jiming

(Dept. of Forestry, Guizhou University, Guiyang, 550025)

**Abstract** The seed rain of the mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest on Fanjing Mountain, i.e. *Fagus lucida*. *Illicium ternstroemioides* community, is 260 m<sup>-2</sup> of 18 species. The amount of the ripe germinative seeds in the seed rain is 80 m<sup>-2</sup>. At the beginning of the natural germination of the seed bank, the viable seeds in the seed bank are 2 076 m<sup>-2</sup> of 33 species. Of the viable seeds, the present plant seeds are 204 m<sup>-2</sup> of 18 species, the seral earlier species seeds are 1 872 m<sup>-2</sup> of 15 species. The viable seeds belong to 20 woody species and 13 herb species. All the seeds in the litter of the seed bank are produced by the present plant. The species and the amount of the viable seed in the soil reduce gradually with the depth increasing of the soil. At the beginning of the natural germination of the seed bank, there are many viable seeds of the present plants in the seed bank. The regenerative potential of the present community is good.

**Key words** Fanjing Mountain; seed rain; seed bank; viable seed

【责任编辑 柴 焰】