

氮磷钾用量及配比对甜玉米 产量与品质的影响

陈英取 张承林 张其伦 陈火君
(土化系)

摘要 采用二次回归正交组合设计, 研究氮磷钾用量及配比对甜玉米产量与品质的影响表明: 氮磷钾用量对商品鲜苞产量有显著增产作用, 其影响顺序为: 氮>钾>磷。在本试验条件下, 每亩施 N、P₂O₅、K₂O 分别为 18.2 kg、6.3 kg、18 kg 时, 可获最高鲜苞产量 640 kg/亩。钾可显著提高鲜粒水溶性糖含量。氮、磷则在某一用量 (每亩 N6.7 kg、P₂O₅5 kg) 时, 鲜粒水溶性糖含量最低, 氮、磷分别小于以上用量时, 水溶性糖随养分增加而下降, 大于以上用量时, 糖分随养分增加而增加。综合商品鲜苞产量与糖分含量两项指标, 可推荐甜玉米合适施肥量为 N18.2 kg/亩, P₂O₅6.3 kg/亩, K₂O18 kg/亩, 其配比为 N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 0.35 : 1。

关键词 甜玉米; 氮; 磷; 钾

甜玉米是兼备粮、果、菜的作物, 茎叶是很好的青饲料。由于经济价值高, 近几年得到迅速发展。目前在栽培上, 为求高产而偏施重施氮肥的现象很普遍, 有的每亩造既施尿素 40 kg 加碳酸氢铵 75 kg。过量施氮肥不仅浪费肥料, 影响经济收益, 同时对甜玉米的品质也有不良影响。有关甜玉米的需肥规律及施肥技术方面的研究并不多见^[3,4], 而且主要侧重于单一营养元素与其它栽培措施的关系^[5,6,7,8]。本试验主要研究甜玉米对氮、磷、钾的需肥规律, 及施肥对甜玉米水溶性糖含量的影响。

1 材料和方法

1.1 材料

试验地点在华南农业大学实验农场土化分场, 前作水稻, 土壤主要理化性质见表 1, 供试作物超甜 20 号玉米, 肥料为尿素 (含 N46%)、过磷酸钙 (含 P₂O₅16%)、氯化钾 (含 K₂O 60%)。

1.2 方法

采用三因子二次回归正交设计^[1,2], 氮磷钾施用量设计的上下限列于表 2。

表 1 供试土壤主要理化性状

质地	pH (H ₂ O)	有机质 (%)	全 N (%)	全 P ₂ O ₅ (%)	全 K ₂ O (%)	速效养分 (ppm)		
						碱解氮 (N)	磷 (P)	钾 (K)
重壤土	5.93	3.04	0.15	0.15	1.81	113.8	55.0	71.0

1992-08-25 收稿

表2 氮磷钾用量设计的上下限

养分(代码)	上限(kg/亩)	下限(kg/亩)
N (x_1)	25	0
P_2O_5 (x_2)	10	0
K_2O (x_3)	18	0

对各因子进行编码后,代入三因子二次回归正交组合设计的结构矩阵(令中心试验点数 M_c 为 1),得到具体的试验方案,列于表 3。据表 3 方案,计算出各处理每小区的肥料用量,作为试验实施方案,列于表 4。小区面积为 0.085 亩,行株距为 67cm×32cm,每小区定植 264 株。1991 年 9 月 11 日播种,施肥方法见表 5,12 月 16—23 日收获。调查测定带穗柄全苞叶鲜苞产量、商品鲜苞(穗柄<1.5cm,苞叶 2—3 片,基本无秃顶和虫害)产量、鲜茎叶产量等,分析鲜籽粒的水溶性糖含量(菲林碘量法,水浸提)。

表3 试验方案

处 理 号	N		P_2O_5		K_2O	
	编码值	用量 (kg/亩)	编码值	用量 (kg/亩)	编码值	用量 (kg/亩)
1	1	22.79	1	9.12	1	16.41
2	1	22.79	1	9.12	-1	1.59
3	1	22.79	-1	0.88	1	16.41
4	1	22.79	-1	0.88	-1	1.59
5	-1	2.21	1	9.12	1	16.41
6	-1	2.21	1	9.12	-1	1.59
7	-1	2.21	-1	0.88	1	16.41
8	-1	2.21	-1	0.88	-1	1.59
9	1.215	25.00	0	5.00	0	9.00
10	-1.215	0	0	5.00	0	9.00
11	0	12.50	1.215	10.00	0	9.00
12	0	12.50	-1.215	0	0	9.00
13	0	12.50	0	5.00	1.215	18.00
14	0	12.50	0	5.00	-1.215	0
15	0	12.50	0	5.00	0	9.00

表4 小区施肥量(kg/小区)

处理号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
尿素	4.95	4.95	4.95	4.95	0.48	0.48	0.48	0.48	5.43	0	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
过磷酸钙	6.51	6.51	1.59	1.59	6.51	6.51	1.59	1.59	3.57	3.57	7.14	0	3.57	3.57	3.57
氯化钾	2.74	0.27	2.74	0.27	2.74	0.27	2.74	0.27	1.50	1.50	1.50	1.50	3.00	0	1.50

表 5 施肥时期及比例

时 期	比例 (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
基 肥	10	50	33.3
苗期 (苗高 33 cm)	20	0	33.3
拔节期 (苗高 50 cm)	40	25	33.3
大喇叭口期	20	25	0
吐丝始期	10	0	0

2 结果与分析

2.1 氮磷钾用量及配比对商品鲜苞产量的影响 (表 6)

表 6 收获产量及糖分分析结果

处理号	施肥量 (kg/亩)			产量 (kg/亩)		鲜粒水溶性糖含量 (干基%)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	商品鲜苞	鲜茎叶	
1	22.79	9.12	16.41	616.64	1324.1	40.01
2	22.79	9.12	1.59	519.91	1303.7	30.99
3	22.79	0.88	16.41	576.94	1293.8	38.50
4	22.79	0.88	1.59	418.97	1303.7	30.96
5	2.21	9.12	16.41	309.86	834.0	45.30
6	2.21	9.12	1.59	254.63	798.8	38.91
7	2.21	0.88	16.41	281.21	808.6	45.44
8	2.21	0.88	1.59	216.25	782.2	38.95
9	25.00	5.00	9.00	557.06	1466.7	35.10
10	0	5.00	9.00	125.25	485.9	40.07
11	12.50	10.00	9.00	514.42	1280.9	34.43
12	12.50	0	9.00	416.26	1218.5	33.78
13	12.50	5.00	18.00	628.78	1241.4	38.47
14	12.50	5.00	0	547.47	1182.7	28.02
15	12.50	5.00	9.00	561.65	1201.9	33.41

建立商品鲜苞产量与氮磷钾用量关系的三元二次回归方程，并作 F 检验，直接剔除不显著项，得回归方程：

$$\hat{y} = 542.6 + 145.7x_1^* + 29.9x_2^{**} + 43.3x_3^* - 132.2x_1^2 - 48.3x_2^2 \dots\dots\dots (1)$$

代表产量 \hat{y} 的单位为 kg/亩。* 和 ** 分别表示该项 F 检验达到 5% 和 1% 的显著水平——以下同。

x_1 、 x_2 、 x_3 分别为 N、P₂O₅、K₂O 的编码值，它们与三种养分的对应关系为 (其它方程同)：

$$N = 10.29x_1 + 12.50$$

$$P_2O_5 = 4.12x_2 + 5.00$$

$$K_2O = 7.14x_3 + 9.00$$

三种养分的单位为：kg/亩。

主效应分析：由于设计中各因素均经无量纲线性编码处理，所以可从回归系数绝对值的大小直接比较各因素对商品鲜苞产量的影响。在本试验设计范围内，一次项 $x_1 > x_3 > x_2$ ，

说明施氮肥对商品鲜苞增产作用最明显，其次是钾肥，第三是磷肥。

单因素效应分析：将回归方程（1）中的因素任意固定两个在零水平上，得

$$\hat{y}_1 = 542.6 + 145.7x_1 - 132.2x_1^2$$

$$\hat{y}_2 = 542.6 + 29.9x_2 - 48.3x_2^2$$

$$\hat{y}_3 = 542.6 + 43.3x_3$$

对 \hat{y} 分别求 x_1 和 x_2 的一阶偏导数，并令其等于零。于是得 $x_1 = 0.5508$ （相当于 18.2kg/亩）； $x_2 = 0.3090$ （相当于 6.3kg/亩），即在每亩施 N18.2kg 或施 P_2O_5 6.3kg 时，商品鲜苞产量均有一峰值，施 N 高于或低于 18.2kg/亩；或施 P_2O_5 高于或低于 6.3kg/亩，都要导致减产。在本设计范围内，钾肥用量无产量峰值，说明还可增大。

交互效应分析：将回归方程（1）中的因素任意固定一个在零水平上，得

$$\hat{y} = 542.6 + 145.7x_1 + 29.9x_2 - 132.2x_1^2 - 48.3x_2^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\hat{y} = 542.6 + 145.7x_1 + 43.3x_3 - 132.2x_1^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$\hat{y} = 542.6 + 29.9x_2 + 43.3x_3 - 48.3x_2^2 \dots\dots\dots (4)$$

将 x_1 和 x_2 的编码值代入方程（2），得表 7；将 x_1 和 x_3 的编码值代入方程（3），得表 8；将 x_2 和 x_3 的编码值代入方程（4），得表 9。由表 7 看出，在 N 或 P_2O_5 的各个水平上，商品鲜苞产量先随 P_2O_5 或 N 的增加而增产，达最高产后，则随 P_2O_5 或 N 的增加而减产。N 和 P_2O_5 均在 -1.215 水平（即不施 N 和 P_2O_5 ）时，商品鲜苞产量低（63kg/亩）。而 N 在 +1 水平（22.79kg/亩）、 P_2O_5 在 0 水平（5kg/亩）时，商品鲜苞产量最高（556kg/亩）；从表 8 可见，在 N 的各个水平上，商品鲜苞产量都随着 K_2O 的增加而增产。在 K_2O 的各个水平上，鲜苞产量先随 N 的增加而增产，达最高产后，则随 N 的增加而减产。在本设计范围内，最低产出现在 N 和 K_2O 均在 -1.215 水平上，N 在 +1 水平、 K_2O 在 +1.215 水平（18kg/亩），商品鲜苞产量最高（609kg/亩）；表 9 说明， P_2O_5 、 K_2O 交互效应对商品鲜苞产量的影响规律，同 N、 K_2O 相类似，只是 P_2O_5 、 K_2O 交互效应对产量的影响程度（最高产与最低产之差 213kg/亩）不如 N、 K_2O （最高产与最低产之差 491kg/亩）。在本设计范围内， P_2O_5 和 K_2O 均在 -1.215 水平时，产量最低。而 P_2O_5 在 0 水平、 K_2O 在 +1.215 水平，商品鲜苞产量最高。

表 7 N、 P_2O_5 交互效应对商品鲜苞产量 (kg/亩) 的影响

N \ P_2O_5	-1.215	-1	0	+1	+1.215
-1.215	63	92	170	152	136
-1	157	186	265	246	230
0	435	404	543	524	508
+1	448	478	556	538	521
+1.215	417	446	524	506	490

表 8 N、 K_2O 交互效应对商品鲜苞产量 (kg/亩) 的影响

N \ K_2O	-1.215	-1	0	+1	+1.215
-1.215	118	127	170	214	223
-1	212	221	265	308	317
0	490	499	543	586	595
+1	504	513	556	599	609
+1.215	472	481	524	568	577

表 9 P_2O_5 、 K_2O 交互效应对商品鲜苞产量 (公斤/亩) 的影响

P_2O_5 \ K_2O	-1.215	-1	0	+1	+1.215
-1.215	382	392	435	478	487
-1	412	421	464	507	517
0	490	499	543	586	595
+1	472	481	524	568	577
+1.215	400	465	508	551	561

本设计范围内商品鲜苞高产的最优组合是: N 在 0.5508 水平, P_2O_5 在 0.3090 水平, K_2O 在 1.215 水平, 也即亩施 N 18.2kg、 P_2O_5 6.3kg、 K_2O 18kg, 或获得商品鲜苞 640kg/亩的产量。

2.2 氮、磷、钾对甜玉米鲜茎叶产量的影响 (表 6)

对鲜茎叶产量进行统计分析 (方法同上), 经 F 检验后, 得回归方程:

$$\hat{y} = 1270.3 + 291.6x_1 - 168.3x_1^2 \dots\dots\dots (5)$$

方程 (5) 表明, 在本试验条件下, 氮肥极显著地影响甜玉米鲜茎叶产量。在 $x_1 = 0.8663$ (相当施 N 21.4kg/亩) 时, 鲜茎叶产量最高, 可达 1396.6kg/亩。比不施 N ($x_1 = -1.215$) 增加 729.1kg/亩。磷、钾对鲜茎叶产量影响不显著。

2.3 氮磷钾用量与配比对鲜粒水溶性糖含量的影响 (表 6)

对鲜粒水溶性糖含量进行统计分析 (方法同 2.1), 经 F 检验, 得回归方程 (单位: %):

$$\hat{y} = 32.13 - 3.12x_1 + 3.85x_2 + 3.85x_1^2 + 1.54x_2^2 \dots\dots\dots (6)$$

从方程 (6) 的一次项可看出, K_2O 对鲜粒水溶性糖含量影响最大, 增施钾肥可极显著提高甜玉米鲜粒水溶性糖含量, 而 N 对鲜粒水溶性糖表现极显著的负影响。对方程 (6) 进行单因素效应分析, 在本设计范围内, K_2O 未出现峰值, 表明还可加大施用量 (大于 18kg/亩); 当亩施 N 16.7kg ($x_1 = 0.4052$) 时, 鲜粒水溶性糖含量最低。施 N 量小于 16.7kg/亩时, 水溶性糖含量随着 N 用量的增加而减少。施 N 量大于 16.7kg/亩时, 水溶性糖含量随着 N 用量的增加而提高; P_2O_5 用量对鲜粒水溶性糖含量的影响, 也有同 N 相似的规律, 其临界用量值为 5kg/亩 ($x_2 = 0$)。N、 P_2O_5 的这种影响规律的原因尚有待探讨。

3 讨论和结语

二次回归正交组合设计应用在田间试验上, 可以大大减少试验次数。如 3 因素 5 水平全实施试验, 常规设计要设 125 个处理, 三次以上的重复。而采用二次回归正交组合设计, 只设 15 个处理, 不用重复。显然, 可以大量地省地、省工、省时间。然而, 由于田间试验受自然条件 (如地力差异) 影响较大, 采用二次回归正交组合设计试验方法, 能否同样获得精确的结果, 尚有待进一步实施验证。

本试验结果表明, 在一定范围内, 氮肥对甜玉米鲜苞的增产作用最大, 商品鲜苞产量峰值出现在亩施 18.2kgN ($x_1 = 0.5508$) 时。当亩施 12.5kgN 以下时, 每亩增施 1kgN, 可增产商品鲜苞 29.8kg。当亩施 12.5~18.2kgN 时, 每亩增施 1kgN, 只增产商品鲜苞 7.1kg。可见, 对甜玉米, 亩施 12.5kgN 经济效益最佳; 亩施 18.2kgN, 鲜苞产量最高, 经济效益也不错; 如果亩施 N 超过 18.2kg, 则开始引起鲜苞减产。以上结果, 基本同本校实验农场多

年的甜玉米生产实际情况吻合。

在本试验条件下,钾肥显著影响甜玉米鲜苞产量,其增产效果远在磷肥之上。同时,增施钾肥可以显著增加甜玉米鲜粒水溶性糖含量,改善品质。这样的试验结果,在此之前少有报导,它对指导甜玉米的合理施肥应该有所作用。

本文的甜玉米鲜粒水溶性糖含量(干基,%),采用菲林碘量法分析,结果偏高可能与采用水浸提法有关。如用酒精溶液浸提,水溶性糖含量可能比较实际。

综合氮、磷、钾用量及对比对甜玉米鲜苞产量、鲜茎叶产量和鲜粒水溶性糖含量的影响。在本供试土壤肥力条件下,使甜玉米获得最高商品鲜苞产量、鲜粒水溶性糖含量尽可能高和有相当的鲜茎叶产量的氮、磷、钾施肥量为:亩施N 18.2kg、 P_2O_5 6.3kg、 K_2O 18kg(取设计上限),N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.35 : 1。

(注:供试土壤速效P、K分析方法分别为:碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法;醋酸铵浸提,火焰光度计法。)

参 考 文 献

- 1 李永孝. 农业应用生物统计. 山东: 山东科技出版社, 1989: 357~377
- 2 徐中儒. 农业试验最优回归设计. 黑龙江: 黑龙江科技出版社, 1988: 102~127
- 3 黄炳生. 甜玉米的栽培技术. 作物杂志, 1985 (1), 22
- 4 魏军等. 甜玉米生长发育与产量形成的数学模型. 沈阳农业大学学报, 1989, 20 (4): 390~398.
- 5 Bennett J M. Interaction of water stress and nitrogen deficiency with leaf water status of field sweet corn. *Agronomy journal*, 1986, 78 (2): 273~280.
- 6 Swiader J M. Seedling growth and nutrition status in early sweet corn in relation to phosphorus and zinc under controlled low temperature. *J Amer Soc Hort Sci*, 1984, 109 (4): 535~539.
- 7 Taber H G. Effects of N application on sweet corn yield and grain protein content on sand soil. *Commun Soil Sci and Plant Anal*, 1983, 14 (7): 585~599.

EFFECT OF APPLYING N, P, K ON YIELD AND QUALITY OF SWEET CORN

Chen Yingqu Zhang Chenglin Zhang Qilun Chen Huojun

(Department of Soil and Agrochemistry)

Abstract The effects of N, P, and K, with respect to their rate and ratios, on the yield and quality of sweet corn were studied by quadratic regressive orthogonal combinatorial design. The results showed that the yield of commercial fresh ear could be significantly increased by applying N, P and K fertilizers in the order of $N > K > P$. Under the experimental condition, maximum yield (9.6 t/ha) was obtained by a combination of 273.0 kg N/ha, 94.5 kg P_2O_5 /ha and 270.0 kg K_2O /ha, and the water-soluble sugar content of fresh seeds was markedly increased with increasing K. The minimum content of water-soluble sugar was found in fresh seeds as the combination of 100.5 kg N/ha and 75.0 kg P_2O_5 /ha. Below this level, the sugar content was decreased with the increase of N and P; over this level, the sugar content was increased with the increase of N and P. With regard to considering the yield of fresh ears and the sugar content of fresh seeds, a suitable ratio of N, P and K was recommended as 273.0kg N/ha, 94.5kg P_2O_5 /ha and 270.0kg K_2O /ha, as N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.35 : 1.

Key words Sweet corn; N, P, K