

# 梨树县三个施肥类型区施肥模型 及有关参数的研究

王贵满 宋玉文 潘巨文 周树春 陈国山 李春梅

(吉林省梨树县农业总站, 梨树 136500)

**提 要** 1996年在梨树县3个不同施肥类型区上进行了12个点次的玉米氮、磷、钾肥试验研究,采用国际平衡施肥通用的“3417”设计,利用电子计算机统计分析,建立了不同施肥类型区的回归模型,分析总结出阶段氮、磷、钾肥的增产作用和化肥利用率、土壤养分利用系数等有关参数,并提出了3个施肥类型区的经济施肥量和氮、磷、钾肥最适配比。

**关键词** 玉米;氮、磷、钾肥;施肥模型;化肥利用率;施肥参数

随着玉米产量的提高,化肥施用量达到了阶段性水平,但在使用过程中仍存在许多问题亟待解决,其中一个突出的问题是氮、磷、钾肥比例不合理,造成玉米生长养分失调,肥效低,严重限制了玉米产量的提高;二是随着品种的不断更新,施肥参数不能得到及时修正,严重影响了施肥技术的精度。1996年我们在多年单项试验的基础上,在全县3个不同施肥类型区上开展了玉米氮、磷、钾平衡施肥的试验研究,旨在探索现阶段梨树县3个施肥类型区玉米的需肥规律、肥料的增产作用、化肥利用率和土壤养分利用系数等,建立3个施肥类型区的施肥模型,提出氮、磷、钾经济施肥量和最适配比,以实现平衡施肥,实现农业的高产高效。

## 1 基本情况

自然条件:梨树县位于吉林省中南部,属于温带半湿润季风大陆性气候,常年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为3 046.8 $^{\circ}\text{C}$ ,日照时数为2 698.5 h,降水量577.2 mm,无霜期为152 d。

施肥类型区的划分:为了提高平衡施肥技术的精度和便于宏观指导,把施肥反应一致的土壤合并归类。具体分为3大类:①中部平原黑土区(I),包括黑土、黑钙土、草甸土、冲积土等,占玉米总播种面积的62%,常年玉米产量在9 000~10 000 kg/hm<sup>2</sup>;②西北部风沙盐碱区(II),包括风沙土、盐碱土、淡黑钙土等,占玉米总播种面积的21%,常年玉米产量在7 000~8 000 kg/hm<sup>2</sup>;③南部低山丘陵棕壤区(III),包括棕壤、灰棕壤、白浆土等,占玉米播种面积的17%,常年产量在8 000~9 000 kg/hm<sup>2</sup>。

试验点的基本情况:本试验落实在我县3个不同施肥类型区上,共计12个点次,各试验点基本情况详见表1。

## 2 试验设计

本试验采用国际平衡施肥通用的“3417”设计,该设计吸收了旋转设计、正交设计的优

点,处理数少、信息量大、效率高,回归系数和待估参数之间拟合性较好,统计上也大为简化,是世界上比较先进的设计方法。“3417”是指3个因素、4个水平、17个处理。其中3个因素为氮肥( $X_1$ )、磷肥( $X_2$ )、钾肥( $X_3$ );4个水平为0、1、2、3(其中2水平为当地常规施肥量)。小区面积为24 m<sup>2</sup>(长10 m,宽0.6 m,4行区),不设重复,田间排列各点不一。

供试肥料:尿素含N 46%、三料含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%、氯化钾含K<sub>2</sub>O 50%。因素水平和代码表略。

表1 试验点基本情况

统一 编号	地点	施肥类型区	土类	成土母质	肥力 等级	土测值(% ,mg/kg)				玉米品种
						有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	
96001	梨树	中部黑土区	黑土	黄土沉积物	高	2.16	124.08	38.14	156.36	掖单11
96002	喇嘛甸	中部黑土区	黑土	黄土沉积物	高	2.11	108.47	42.83	134.26	掖单11
96003	东河	中部黑土区	黑钙土	黄土沉积物	较高	2.55	125.07	56.78	154.74	海单2
96004	金山	中部黑土区	黑钙土	黄土沉积物	中	2.04	91.87	31.28	130.88	西玉3
96005	泉眼岭	中部黑土区	黑钙土	黄土沉积物	中	1.90	102.80	35.20	132.00	掖单11
96006	小城子	中部黑土区	黑钙土	黄土沉积物	较低	1.95	112.30	39.60	139.20	掖单19
96007	万发	中部黑土区	黑钙土	黄土沉积物	高	2.18	108.73	44.86	114.52	丹703
96008	太平	中部黑土区	黑土	黄土沉积物	中	2.12	128.97	59.30	166.96	丹703
96009	四棵树	中部黑土区	草甸土	黄土沉积物	较低	1.84	99.32	36.08	112.38	丹710
96010	小宽	西北风沙区	风沙土	黄土状亚沙土	较低	2.09	77.70	34.72	88.01	黄莫
96011	林海	西北风沙区	风沙土	黄土状亚沙土	较低	1.23	75.80	29.80	100.80	丹703
96012	孟家岭	南部棕壤区	灰棕壤	岩石风化残积物	中	0.70	101.47	50.22	121.53	四单48

### 3 结果及分析

#### 3.1 试验结果

根据玉米和肥料试验统一要求,秋季测产取20 m<sup>2</sup>,选有代表性10穗进行考种,然后折合标准水平公顷产量,并计算各施肥类型区平均产量及全县平均值,其结果详见表2。

表2 各施肥类型区的不同处理产量

(单位:kg/hm<sup>2</sup>)

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	7317	8065	9599	9282	10017	11022	10882	9431	10194	10733	11188	9220	9289	9768	10642	10770	10429
II	5546	6988	7863	7696	8564	9459	9219	7884	8796	9581	10040	8318	8240	8196	9533	9408	9804
III	6052	6411	8194	7971	8407	9168	8917	7920	8827	8991	9883	8302	7972	8601	9112	9268	8839
$\bar{x}$	6916	7748	9193	8908	9640	10607	10441	9048	9832	10396	10888	8994	9005	9409	10330	10418	10192

#### 3.2 结果分析

##### 3.2.1 回归模型的建立

利用全国农业技术服务中心统一制定的“玉米平衡施肥试验统计分析程度(PHSF)”,分别建立了各试验点产量(Y)和纯N( $X_1$ )、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>( $X_2$ )、K<sub>2</sub>O( $X_3$ )的回归模型,并进行了F检验。

分析结果表明,12个试验点均达到了显著水平( $F_{0.05}$ 为3.6767),F值在3.8410~30.6870之间,其中梨树、喇嘛甸、东河、金山、泉眼岭、万发、太平、四棵树、小宽、孟家岭10个点达到了极显著水平( $F_{0.01}$ 为6.7188),说明每个试验点的氮、磷、钾肥和产量之间都存在着

明显的函数关系。在此基础上,建立3个施肥类型区和全县平均值的回归模型(表3)。

从表3中可以看出,均达到了极显著水平,而且相关系数均达到了0.98以上。因此,完全可以利用回归模型确定施肥量和产量预测,可直接指导玉米生产。

表3 回归模型及F值检验

类型	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_1^2$	$b_2^2$	$b_3^2$	n	R	$S_y$	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
I	7219	14.4924	15.0569	8.9785	0.0328	0.0449	0.0820	0.0730	-0.1263	-0.1233	17	0.9804	314.65	19.2398	3.6767	6.7188
II	5544	13.3950	13.7859	15.1431	0.0506	0.0035	0.0839	-0.0323	-0.1409	-0.0889	17	0.9758	381.49	15.4639	3.6767	6.7188
III	6041	13.8233	10.3366	13.6933	0.0541	0.0222	0.0910	-0.0362	-0.1633	-0.1371	17	0.9828	272.37	21.9877	3.6767	6.7188
$\bar{X}$	6842	14.2271	14.4231	10.4076	0.0308	0.0360	0.0827	-0.0364	-0.1315	-0.1183	17	0.9843	284.46	24.1114	3.6767	6.7188

### 3.2.2 施肥决策

通过边际分析方法进行施肥决策。边际分析方法就是应用边际成本、边际收入、边际利润来进行成本、收入、利润等方面的分析。当回归模型检验达到一定显著水平、回归模型典型性判别驻点为极大值时,即可采用边际分析方法。边际分析方法可计算出最高产量施肥量和最佳经济施肥量。大量的生产实践和科研结果表明,在大田生产情况下,按最佳经济施肥量可获得最大经济效益,同时还能改善作物品质,防止或减少环境污染。

#### 3.2.2.1 最高产量施肥量

若函数极大值存在,则每一个自变量  $X_j(j=1,2,3)$  的边际产量等于0,即求得最高产量施肥量和最高产量(YMYR)列于表4。

#### 3.2.2.2 最佳经济施肥量

施肥利润受生产函数的投入和产出的价格比控制,当边际产量等于投入价格与产出价格比值,也就是说边际产值等于边际成本时,施肥利润最大。设玉米价格为  $P_y$ ,肥料价格为  $P_{x_j}(j=1,2,3)$ ,即求得最佳经济施肥量和经济产量(YMEY),并根据最佳经济施肥量,分别计算出氮、磷、钾比例(表4)。

表4 施肥决策汇总

(单位:kg/hm<sup>2</sup>)

类型	最高产量施肥量				最佳经济施肥量				N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
	YMYR	纯N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	YMEY	纯N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
I	11 180	315	127	136	10 770	214	93	95	1:0.43:0.44
II	10 205	342	160	167	9 811	230	117	129	1:0.51:0.56
III	9 390	278	83	80	8 867	184	57	59	1:0.31:0.32
$\bar{X}$	10 869	323	137	141	10 498	220	100	100	1:0.45:0.49

### 3.2.3 肥效分析

#### 3.2.3.1 公斤肥增粮

根据表4的经济施肥量、经济产量和无肥区产量可计算出氮、磷、钾平衡施用时每平均公斤肥增粮及氮、磷、钾肥所占的比重。平均公斤肥增产8.68kg玉米,其中氮肥所占比重为52%,磷、钾肥分别占24%(表5)。

#### 3.2.3.2 化肥的增产作用

利用经济产量和无肥区产量可求出化肥的增产百分率和化肥对玉米生产的贡献率,即

化肥的增产作用。3个施肥类型区西北部化肥增产作用最大,中部次之,南部最小,分别为43.49%、32.98%和31.87%。

表5 各施肥类型区肥效分析

类型	平衡施肥				增产 (%)	化肥增产 (%)	肥料成本 (元/hm <sup>2</sup> )	新增产值 (元/hm <sup>2</sup> )	投入产出比
	公斤肥 增粮	纯N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O					
I	8.82	0.53	0.23	0.24	49.20	32.98	1 522.20	3 693.75	1:2.43
II	8.95	0.48	0.25	0.27	76.97	43.49	1 772.85	4 437.90	1:2.50
III	9.41	0.61	0.19	0.20	46.78	31.87	1 164.60	2 939.10	1:2.52
$\bar{X}$	8.68	0.52	0.24	0.24	34.83	34.83	1 586.40	3 724.95	1:2.48

### 3.2.3.3 投入产出比

利用经济产量和经济施肥量,分别计算出肥料成本和新增产值,即可求出投入产出比,平均为1:2.48。其中尿素2 000元/t、三料1 500元/t、氯化钾1 500元/t,玉米综合价1.04元/kg(表5)。

### 3.2.4 化肥利用率

利用施肥区产量和无肥区产量及500 kg子实需肥量可计算出肥料利用率,其中500 kg子实需纯氮12 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5 kg和K<sub>2</sub>O 12 kg。施肥区产量和无肥区产量依据施肥方案,由处理2(022)和处理6(222)计算出常规施氮肥条件下(即施纯N 195 kg/hm<sup>2</sup>)的氮肥利用率(N<sub>1</sub>),由处理2(022)和处理11(322)计算高投肥条件下(即施纯N 292.5 kg/hm<sup>2</sup>)的氮肥利用率(N<sub>2</sub>),以此类推分别求出磷肥和钾肥的利用率(P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>)见表6。

表6 化肥利用率和土壤养分利用系数

(单位:%)

类型	化肥利用率						土壤养分利用系数		
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	N	P	K
I	36.39	25.62	19.34	11.86	42.42	23.14	69.21	75.19	55.83
II	30.41	25.04	19.59	11.27	42.00	30.17	77.05	76.38	62.64
III	33.93	28.49	13.30	7.01	33.28	19.04	63.50	53.46	53.02
$\bar{X}$	35.19	25.76	18.88	11.36	41.59	23.97	69.71	73.17	56.44

由表6可以看出:①各施肥类型区无论是氮肥、磷肥还是钾肥,常规施肥条件下均比高投肥条件下肥料利用率高,说明目前生产上宏观指导施肥量比较合理。②各施肥类型区之间的肥料利用率变幅较大,氮肥为30.41%~36.39%,磷肥为13.30%~19.59%,钾肥为33.28%~42.42%,说明提高肥料利用率潜力很大。③中部黑土区各种化肥利用率均较高,西北部风沙区磷、钾肥利用率较高,南部棕壤区氮肥利用率较高。对此提出在化肥紧缺或宏观调控时,各种肥料首先应满足中部,其次氮肥供给南部,磷肥、钾肥供给西北部(与边际分析结果一致)。④在常规施肥条件下,继续增加化肥用量达到最高施肥水平,氮肥利用率下降36.61%,磷肥下降66.2%,钾肥下降73.51%,说明要稳定磷、钾肥用量,在一定范围内适当提高氮肥用量,仍能获得较好肥效。⑤目前我县化肥利用率,氮肥为35.19%,磷肥为18.88%,钾肥为41.59%,平均为31.89%,和全国平均水平持平,但和发达国家比较,低10~15个百分点。说明今后继续深入研究和全面开展平衡施肥工作,多途径提高化肥利用率尤

为重要。

### 3.2.5 土壤养分利用系数

在施肥量计算公式中,参数的准确程度是测土施肥成败的关键。通常3个主要参数均为变量,其中作物单位产量养分吸收量变异最小,土壤养分利用系数变异最大,肥料利用率居中。在指导施肥中只有不断地修正参数,才能得到理想的效果。用土壤养分利用系数公式分别计算出土壤氮、磷、钾养分的利用系数(表6)。

从表6还可以看出:①目前随着施肥量的增加和土壤的改善,土壤供肥能力不断增大,由过去的40%~50%增加到50%~70%。②3个施肥类型区土壤养分利用系数不同,不论是氮、磷还是钾,西北部风沙区土壤养分利用系数均最大,中部黑土区次之,南部棕壤区最小。③由于土壤养分利用系数变异较大,我们对影响其变化的因子作了相关统计,发现土壤养分利用系数和土测值呈曲线负相关。

土壤碱解氮( $x_1$ )和其利用系数( $y_1$ )的相关回归方程为: $y_1 = 520.847 8x^{-0.4301}$ ,  $r = -0.581 4^*$ ,  $n = 12$ ;土壤速效磷( $x_2$ )和其利用系数( $y_2$ )相关回归方程为: $y_2 = 1 850.5162 x^{-0.8685}$ ,  $r = -0.805 4^{**}$ ,  $n = 12$ ;土壤速效钾( $x_3$ )和其利用系数( $y_3$ )的相关回归方程为: $y_3 = 1 248.15x^{-0.6376}$ ,  $r = 0.683 1^{**}$ ,  $n = 12$ 。

因此,在生产实践中,通过相应的回归方程,由土测值即可直接获得土壤养分利用系数。

## 4 小 结

目前,我县化肥利用率接近全国平均水平,氮肥为35.19%,磷肥为18.88%,钾肥为41.59%。土壤养分利用系数较高,氮为69.71%,磷为73.17%,钾为56.44%,说明土壤供肥能力大大增强。氮、磷、钾平衡施用公斤肥增产玉米8.68 kg,投入产出比为1:2.48。现阶段各种肥料的综合增产作用平均为34.83%,其中氮肥对产量影响最大,钾肥对产量的影响日趋提高。

建立了我县3个施肥类型区氮、磷、钾肥和产量的回归模型,可直接指导施肥和预测产量。

3个施肥类型区最佳经济施肥量分别为:中部黑土区纯N 214 kg、 $P_2O_5$  93 kg、 $K_2O$  95 kg;西北部风沙区纯N 230 kg、 $P_2O_5$  117 kg、 $K_2O$  129 kg;南部棕壤区纯N 184 kg、 $P_2O_5$  57 kg、 $K_2O$  59 kg。3个施肥类型区的氮、磷、钾最适配比分别为:中部1:0.43:0.44,西北部1:0.51:0.56,南部1:0.31:0.32。

## 参 考 文 献

- 1 中国农业科学院土壤肥料研究所主编.国际平衡施肥学术讨论会论文集.北京:农业出版社,1989
- 2 李仁岗编著.肥料效应函数.北京:农业出版社,1987
- 3 王兴仁,张福锁等编著.现代肥料试验设计.北京:中国农业出版社,1996

(责任编辑:张 瑛)