

# 靖宇山区中低产田春小麦合理施肥初步研究

孙玉良 黄杰 吴长青 吕成才 杨广琴 陈立军

(吉林省靖宇县农科所)

(靖宇镇农科站)

## 摘 要

本文采用最优回归设计 311—B 方案,在靖宇县白浆土中低产田上研究了春小麦合理施肥问题,提出了春小麦产量与化肥有效成份  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  用量之间拟合度较高的二项回归方程,探讨了化肥最佳养分用量,最佳产量及化肥有效成份的单素效应和交互效应。

关键词 靖宇山区 中低产田 春小麦 最佳产量

靖宇县地处高寒山区,气温低,无霜期短,中低产田面积大,严重地影响了农作物尤其是水稻等细粮作物的发展,细粮产量远不够自给。近几年中,随着人们生活水平的提高和面粉价格的上涨,尤其是受人参市场疲软的影响,全县的农户掀起了种植春小麦的热潮。白浆土中低产田保肥保水性能好,分布广,面积大是全县种植春小麦的主要土壤,但由于它们除存在着冷、粘、板、酸等障碍因素外,还普遍表现为土壤贫脊,养分缺乏,以致单产低,但增产潜力大,提高这些地块的小麦产量,合理施肥是重要途径。针对全县春小麦种植面积逐年扩大,但在施肥上,主要采用经验施肥的实际,我们根据 1991 年试验摸索出的  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  基本用量,于 1992 年进行了进一步研究,探讨了冷浆白浆土中低产田春小麦合理施肥模式,获如下结果:

## 一、试验条件及方法

供试品种为当地主推的新疆 1 号,试验地点设在靖宇镇保安村的台地白浆土区。土壤基础肥力指标为有机质 5.514%,全氮 0.196%,全磷 0.106%,全钾 2.03%;碱解氮  $106.4 \mu\text{gg}^{-1}$ ,速效磷  $20.2 \mu\text{gg}^{-1}$  (0.025N  $\text{NH}_4\text{F}-\text{HCl}$  浸提),速效钾  $106.8 \mu\text{gg}^{-1}$  (10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  浸提),土壤 pH 值 6.1(水土比 1:1)。

试验采用最优回归设计 311—B 方案,供试肥料分别为硝铵(含 N 34%),过石(含  $P_2O_5$  16%),氯化钾(含  $K_2O$  52%),选取 3 因素分别为  $N$ 、 $P_2O_5$  和  $K_2O$ ,每个因素设 5 个水平,试验采用线性编码,根据 1991 年的试验结果,3 个因素下限分别为 12.75,12.00,19.50 公斤/公顷,上限分别为 153,252,312 公斤/公顷,试验因素水平及 311—B 施肥方案见表 1~2。

表 1

311—B 方案因素水平编码

(单位:kg/ha)

水 平	$x_1$	N	$x_2$	$P_2O_5$	$x_3$	$K_2O$
1	-2.106	12.750	-2.106	12.000	-2.45	19.500
2	-0.751	57.868	-0.751	89.208	-1	106.050
3	0	82.875	0	132.000	0	165.750
4	0.751	107.882	0.751	174.792	1	225.444
5	2.106	153.000	2.106	252.000	2.45	312.000
$\Delta i$		33.310		56.980		59.694

表2 311-B 施肥方案

处 理	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	kg/ha	kg/区	kg/ha	kg/区	kg/ha	kg/区
1	82.875	0.075	132.000	0.119	312.000	0.281
2	82.875	0.075	132.000	0.119	19.500	0.018
3	57.868	0.052	252.000	0.227	225.444	0.203
4	153.000	0.138	174.792	0.157	225.444	0.203
5	107.882	0.097	12.000	0.011	225.444	0.203
6	12.750	0.011	89.208	0.080	225.444	0.203
7	107.882	0.097	252.000	0.227	106.050	0.095
8	153.000	0.138	89.208	0.080	106.050	0.095
9	57.868	0.052	12.000	0.011	106.050	0.095
10	12.750	0.011	174.792	0.157	106.050	0.095
11	82.875	0.075	132.000	0.119	165.750	0.149
12(CK)	0	0	0	0	0	0

小区面积 9m<sup>2</sup>, 3 次重复, 各处理随机排列, 行距 30cm, 播幅 10~12cm, 每公顷用种 225kg(当地主推密度), 种肥隔离 1~2cm, 覆土 1~2cm 厚, 5 月 12 日播种。在 7 月下旬, 小麦蜡熟后, 选晴天全区收获并取样风干, 据小区产量折成每公顷产量, 采用回归分析, 频率分析, 降维分析和图形分析法, 对试验的产量结果进行分析。

## 二、试验结果及分析

### (一) 试验结果的回归分析

表3 试验的产量结果 (单位: kg/ha)

处 理	小 区 产 量			平均单产
	I	II	III	
1	3979.815	4023.210	4085.055	4029.360
2	3856.980	3907.995	3864.150	3876.375
3	4442.025	4411.935	4442.820	4432.260
4	4917.480	4971.555	4998.810	4962.615
5	3540.870	3497.505	3545.940	3528.105
6	3118.695	3102.360	3139.395	3120.150
7	4698.960	4590.870	4701.615	4663.815
8	4219.860	4264.830	4362.945	4282.545
9	3259.755	3288.120	3274.050	3273.975
10	3285.375	3359.205	3284.175	3309.585
11	4237.695	4219.860	4166.340	4057.965
12(CK)	2703.645	2655.675	2574.945	2644.755

肥料效应方程的建立与检验 以表3的产量结果为 y, 根据 311-B 方案的结构矩阵建立回归方程(1):

$$\hat{y} = 4058.325 + 314.7x_1 + 274.215x_2 + 44.4x_3 - 26.19x_1^2 - 11.49x_2^2 - 17.565x_3^2 + 2.468x_1x_2 + 0.361x_1x_3 + 3.638x_2x_3 \dots \dots (1)$$

方程回归系数的显著性检验 根据 t<sub>bj</sub> =  $\frac{|b_{ij}|}{Se \sqrt{C_{ij}}}$ , Se =  $\sqrt{\frac{Q \text{ 误}}{f \text{ 误}}}$  计算得 (f 误 = 20, t<sub>0.05</sub> = 2.09, t<sub>0.01</sub> = 2.84) t<sub>0</sub> = 92.120\*\* t<sub>1</sub> = 31.946\*\* t<sub>2</sub> = 27.836\*\* t<sub>3</sub> = 4.507\*\* t<sub>4</sub> = 2.901\*\* t<sub>5</sub> = 1.273 t<sub>6</sub> = 1.945 t<sub>7</sub> = 3.758\*\* t<sub>8</sub> = 0.550 t<sub>9</sub> = 5.540\*\*

方程显著性检验 311-B 设计是近似饱和设计, 不采用传统的 F 检验对方程进行检验, 而采用 x<sup>2</sup> 检验, 相关系数 Ry<sup>^</sup> 检验和 |b<sub>0</sub>-ck| 检验相结合的方法进行。

表4 回归方程的  $x^2$  检验和 R 检验

处 理	y	$\hat{y}$	$y-\hat{y}$
1	4029.360	4061.670	-32.310
2	3876.375	3844.095	32.280
3	4432.260	4412.895	19.365
4	4962.615	4942.185	20.430
5	3528.105	3508.875	19.230
6	3120.150	3099.990	20.160
7	4663.815	4683.975	-20.160
8	4282.545	4301.610	-19.065
9	3273.975	3294.345	-20.370
10	3309.585	3328.800	-19.215
11	4057.965	4058.325	-0.360
$x^2$	1.335( $x_{0.05}^2(10)=18.3$ )		
$R_{yy}$	0.9993* ( $R_{0.01}(9)=0.708$ )		

实测  $x^2 < x_{0.05}^2(10)$ ,  $R_{yy} = 0.9993^*$ , 说明该方程拟合的很好, 据  $x_i = Z_i - Z_{10}/\Delta_i$  的关系式把代码值方程(1)转化为纯养分用量方程(2):

$$\hat{y} = 2759.3595 + 10.3395Z_1 + 1.4700Z_2 + 0.0345Z_3 - 0.0236Z_1^2 - 0.0035Z_2^2 - 0.0049Z_3^2 + 0.0195Z_1Z_2 + 0.0027Z_1Z_3 + 0.0161Z_2Z_3 \dots (2)$$

从方程(2)看出: 3个一次项系数全为正值, 说明单施各种养分均增产; 3个二次项系数全为负值, 说明各种养分施用过量均减产; 3个交互项系数均为正值, 说明 N 和  $P_2O_5$ , N

和  $K_2O$  及  $P_2O_5$  和  $K_2O$  配施均有正交互作用。方程(2)的常数项为不施肥的理论产量,  $|b_0 - ck| = 114.6$ , 在田间经验误差允许的范围之内, 表明模型(2)基本上表达了本县冷浆白浆土中低产田春小麦产量同施肥因子之间的关系。

## (二) 肥料效应方程的优化分析

**主因素效应分析** 方程(2)中,  $Z_i$  是纯养分用量, 代表着各种养分在小麦产量构成中的作用, 所以可以根据方程的一次项系数大小, 直接比较各养分的效应大小。可见, 各因素效应的大小顺序是  $N > P_2O_5 > K_2O$ 。

**最佳养分用量的频率分析** 经极值判别, 该模型非典型, 在实验设计的养分施用范围内无极值点, 不能用偏导求极值法对方程分析, 而采用频率分析法分析, 以其所得的各种养分用量的加权平均数做为统计意义下的最佳养分用量。

表5 模型(2)的频率分析

水 平	4050 ≤ $\hat{y}$ ≤ 5100 T=125 K=47								
	N	频数	频率(%)	$P_2O_5$	频数	频率(%)	$K_2O$	频数	频率(%)
1	12.750	0	0	12.000	0	0	19.500	8	17.02
2	57.868	5	10.64	89.208	5	10.64	106.050	9	19.15
3	82.875	12	25.53	132.000	13	27.66	165.750	10	21.28
4	107.882	14	29.79	174.792	15	31.91	225.444	10	21.28
5	153.000	16	34.04	252.000	14	29.79	312.000	10	21.28
$\bar{Z}_i$	111.536			176.850			173.265		
$S_{Z_{i,0.05}}$	4.905			8.151			14.426		
$\bar{Z}_i \pm S_{Z_{i,0.05}}$	101.922 ≤ N ≤ 121.150			160.875 ≤ $P_2O_5$ ≤ 192.825			144.990 ≤ $K_2O$ ≤ 201.540		

表5的频率分析相当于在计算机上重新做了125次实验, 其中, 产量在  $4050 \leq \hat{y} \leq 5100$  公斤/公顷的处理有47次, 各因子出现的频率最高水平分别是 N 5,  $P_2O_5$  4,  $K_2O$  3, 4 和 5 各种养分施用量的加权平均数, 也就是各因子在统计意义下的最佳养分施用量分别是 N 111.536,  $P_2O_5$  176.850,  $K_2O$  173.265 公斤/公顷, 此时的  $N : P_2O_5 : K_2O$  为 1 : 1.586 : 1.553, 该施肥量下可预报小麦最佳产量为 4554.9 公斤/公顷。获得最佳产量的 95% 养分施用置信区间是  $101.922 \leq N \leq 121.150$ ,  $160.875 \leq P_2O_5 \leq 192.825$ ,  $144.990 \leq K_2O \leq 201.540$  公斤/公顷, 可见, 在冷浆白浆土中低产田春小麦上, 要获得高产, 必须注重 3 种养分的配合施用。计算出的养分施用结果中,  $P_2O_5$  和  $K_2O$  的用量高于 N 的用量, 也偏高于经验施肥中的磷钾用量, 这与生产上磷钾增产明显相一致, 可见, 在白浆土中低产田上要获得春小麦高

产,应在注重三种养分施用的同时,适当提高磷钾肥的用量。小麦按80%的出面率,面粉按议价1.12元/公斤,各种养分按县级综合价:硝酸态N 2.16元/公斤,过石中 $P_2O_5$  3.38元/公斤,氯化钾中 $K_2O$  1.91元/公斤计,获最佳产量时,比对照可每公顷增产小麦1794.450公斤,增收438.15元。

(三)春小麦产量单因素效应分析

采用降维分析法,把方程(1)中的 $x_1, x_2, x_3$ 分别固定在编码值中间的3个水平上,得出方程(1)的子模型如表6,这些子模型的解析图形如图1~3。

表6 春小麦产量与养分施用代码之间回归方程

固定	$x_2$	$x_3$	$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$	曲线号
	-0.751	-1	$3824.925 + 281.49 - 26.19$	①
	0	0	$4058.325 + 314.7 - 26.19$	②
	0.751	1	$4325.595 + 347.91 - 26.19$	③
固定	$x_1$	$x_3$	$\hat{y} = b_0 + b_1x_2 + b_2x_3$	曲线号
	-0.751	-1	$3749.31 + 191.85 - 11.49$	①
	0	0	$4058.325 + 274.215 - 11.49$	②
	0.751	1	$4310.79 + 356.58 - 11.49$	③
固定	$x_1$	$x_2$	$\hat{y} = b_0 + b_1x_3 + b_2x_3^2$	曲线号
	-0.751	-1	$3549.315 - 14.235 - 17.565$	①
	0	0	$4058.325 + 44.4 - 17.565$	②
	0.751	1	$4570.425 + 103.035 - 17.565$	③

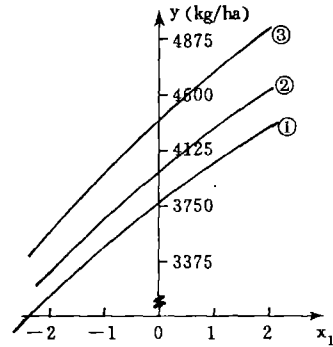


图1 N与产量的关系

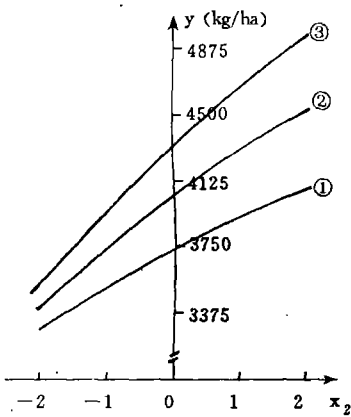


图2  $P_2O_5$ 与产量的关系

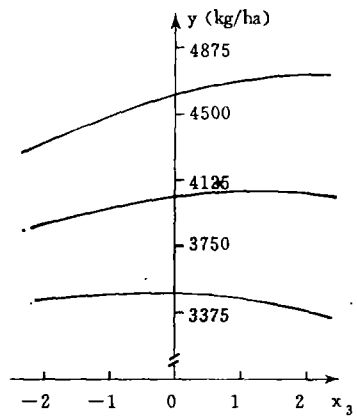


图3  $K_2O$ 与产量的关系

图1~3表明:任一养分同一施用水平下的春小麦产量,都随着另外两种养分施用水平的提高而增加,配施另两种养分后,春小麦产量随N和 $P_2O_5$ 用量的提高而明显增加,随 $K_2O$ 施用量的提高,增加不明显。当 $K_2O$ 施用水平低于0时,小麦产量随 $K_2O$ 用量的提高,呈现出不明显的增加趋势,当其超过0水平后,随其提高而呈下降趋势,尤其是在N、 $P_2O_5$ 施用水平低时,下降趋势更加明显。可见,要获得春小麦的高产,应在施用0水平的 $K_2O$ 基础上,适当增加N和 $P_2O_5$ 的用量。

(四)两种养分交互效应分析

在方程(1)中任意固定一个因素在0水平,便可得到其它两个因素的交互与产量的关系,仅就因素之间交互作用明显的进行分析。

N 和  $P_2O_5$  交互效应分析 函数子模型:

$\hat{y}_{12} = 4058.325 + 314.70x_1 + 274.215x_2 - 26.19x_1^2 - 11.49x_2^2 + 37.02x_1x_2$  据  $x_1, x_2$  不同取值水平所得到的对应产量画出图 4。

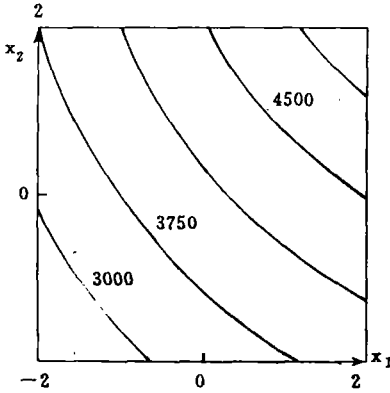


图4 N和 $P_2O_5$ 交互效应

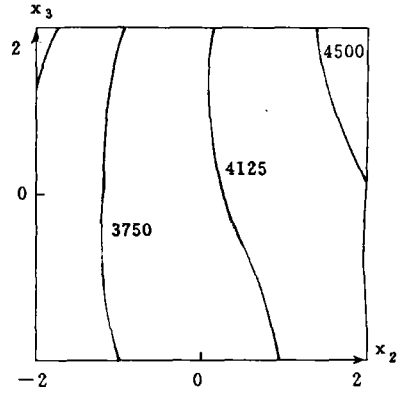


图5  $P_2O_5$ 和 $K_2O$ 交互效应

图 4 表明:在试验设计的养分施用范围内,N 与  $P_2O_5$  增产效果同步。

$P_2O_5$  和  $K_2O$  交互效应分析,函数子模型: $\hat{y}_{23} = 4058.325 + 274.215x_2 + 44.4x_3 - 11.49x_2^2 - 17.565x_3^2 + 54.57x_2x_3$  其交互效应见图 5。

图 5 表明:随着  $P_2O_5$  用量的增加,产量明显增加,当  $P_2O_5$  用量水平低于 0 时, $K_2O$  增产不明显,当  $P_2O_5$  用量高于 0 时, $K_2O$  稍呈增产趋势。

### 三、结论

(一)靖宇山区白浆土中低产田春小麦产量与 N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  三种化肥养分之间符合二次多项式函数模型。

(二)三种化肥养分对春小麦产量都具有明显地影响,其效应大小的顺序是  $N > P_2O_5 > K_2O$ ,要获得小麦高产,必须注重三种养分的配合施用。N 和  $P_2O_5$ ,  $P_2O_5$  和  $K_2O$  均有极显著的正交互效应。

(三)在该土壤气候条件下,三种养分的最佳施用组合为每公顷施 N111.536 公斤,  $P_2O_5$ 176.850 公斤,  $K_2O$ 173.265 公斤,此时的  $N : P_2O_5 : K_2O$  为 1 : 1.586 : 1.553。获得最佳产量 95% 的养分施用置信区间分别是  $101.922 \leq N \leq 121.150$ ;  $160.875 \leq P_2O_5 \leq 192.825$ ;  $144.99 \leq K_2O \leq 201.54$  公斤/公顷。

(四)同一养分相同用量下,春小麦产量都随其它两种养分用量的增加而增加,N、 $P_2O_5$  具有明显的增产作用。在 N、 $P_2O_5$  施用水平高于 0 或  $K_2O$  施用水平低于 0 时, $K_2O$  有明显的增产作用。

### 参 考 文 献

[1]杨靖一,利用最优回归设计对啤酒大麦最佳施肥配方的研究,《土壤通报》,1990,2,9。

[2]孙玉良等,靖宇山区大豆中低产田高产施肥数学模型研究初报,《吉林农业科学》,1992,1,57~61。

# A STUDY ON THE MODEL OF RATIONAL FERTILIZATION IN MIDDLE- AND LOW-YIELDING FIELD OF SPRING WHEAT IN MOUNTAIN AREA OF JINGYU COUNTY

Sun Yuliang Huang Jie, Wu Changqing

(*Jingyu County Institute of Agricultural Sciences, Jilin Province*)

## ABSTRACT

In this paper, the problem of rational fertilizer application in middle-and low-yielding field of spring wheat in mountain area of Jingyu County was studied by using optimum regression model 311-B. The quadratic regression equation between spring wheat and fertilization of  $N, P_2O_5, K_2O$  was established and the optimum nutrient quantity, optimum yield and effects of single fertilizer and their interaction were investigated.

**Key words:** Mountain area of Jingyu County, Middle-and low-yielding field, Spring wheat, Optimum yield.

=====

(上接第13页)

留的  $F_3$  代优势组合完全吻合,这说明在谷子育种中的早期世代利用主成份分析淘汰不良组合,选留优势组合是可以尝试的,这样既减少育种程序,又提高了育种效率。

## 参 考 文 献

- (1)刘来福:作物数量性状的遗传距离及其测定,《遗传学报》,1979,6(3):349~355。
- (2)毛盛贤:冬小麦数量性状遗传差异及其在作物育种上的应用,《遗传》,1979,1(5):26~30。
- (3)明道绪:主成份分析,《遗传距离》,1983,四川农学院印,2:16~21。

# APPLICATION OF THE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS IN MILLET BREEDING

Liou Xiaohui

(*Crop Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences*)

## ABSTRACT

This paper explored the application of principal component analysis to millet breeding program. It was shown that the results from evaluation of crosses and parents by the analysis method were consistent with those from practical breeding, indicating the possibility of application of principal component analysis. It is also helpful to use this method in the selection scheme of millet crosses, with computerizing data.

**Key words:** Millet, Breeding, Principal component analysis, Cross evaluation.