

吉林省主要土壤氮磷化肥用量 与配比的试验研究

第七报：白浆土玉米经济施肥的数学模式

赵景云 张宽 王秀芳 吴巍 于天德 胡和云 王晓春

(吉林省农科院院长白山所)

(吉林省农科院土肥所)

本文根据白浆土区1982—1985年多点田间试验结果和土壤测试结果，划分了土壤肥力类型，根据回归分析的原理计算各试验点的施肥效应方程，再根据协方差分析原理，将多年多年的试验结果汇总为有代表性的方程，以此作为经济施肥的数学模式。资料汇总使用国产长城微机和PC—1500袖珍电子计算机，程序为中国农科院土肥所编写。

一、试验方法和材料

本试验是在吉林省永吉、蛟河两县不同肥力白浆土上进行的。供试作物为玉米；供试土壤肥力化学指标为：全氮(N)含量：0.10—0.26%，全磷(P_2O_5)：0.085—0.305%，有机质：1.7—4.3%，碱解氮(N)：91—363ppm，有效磷(P_2O_5)：5.2—136ppm，有效钾(K_2O)：92.5—251ppm。测试方法：全氮为凯氏法；全磷为钼兰比色法；有机质为丘林法；有效氮为碱解法；有效钾为火焰光度计法；有效磷为Olsen法。供试肥料为硝铵，含N34%；三料过石，含 P_2O_5 46%。

田间试验采用以氮定磷、以磷定氮和回归设计，施肥方法采用全部磷肥和三分之一氮肥做底肥或口肥，播种时一次施入，其余的三分之二氮肥于6月下旬一次追施，按垄称肥穴施。试验小区为6—8垄，面积40—60m²，外设5垄保护行，9月末全区收获，单收单测产。

二、各试验点的施肥效应回归方程

本试验研究选用二次多项式做为模拟玉米产量与氮磷化肥效应之间关系的函数模式，其通式如下： $Y = B_0 + B_1 X_N + B_2 X_P + B_3 X_N X_P + B_4 X_N^2 + B_5 X_P^2 + B_6 X_N X_P$ ，式中Y代表玉米产量公斤/亩， X_N 代表施氮量N公斤/亩， X_P 代表施磷量 P_2O_5 公斤/亩， B_0 为无肥区产量， B_1 、 B_2 分别为氮肥与磷肥的一次效应项系数， B_3 为氮磷化肥交互作用项系数， B_4 、 B_5 分别为氮肥与磷肥二次效应项系数。

将各年度各试验点的试验数据，逐项输入电子计算机，经二元回归分析程序运算，得出各试验点的施肥效应回归方程，列于表1。回归方程经统计检验，绝大多数达到显著或极显著水准。

三、白浆土土壤肥力分级与经济施肥的数学模式

(一) 白浆土土壤肥力分级

从表1各试验点的 B_0 项系数，即无肥田产量可以看出，土壤基本肥力差异显著，无肥

表1

各试验点施肥效应回归方程表

序号	试验地点	年度	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
1	永吉县大绥河乡	1984	384.78	5.6934	19.7729	-0.0402	-0.0427	-0.6587
2	永吉县大绥河乡	1984	374.00	14.1843	17.7183	0.5769	-0.4331	-1.1907
3	蛟河县新站乡	1983	295.64	12.9790	6.8686	0.1848	-0.2671	-0.4211
4	永吉县桦皮厂乡	1983	411.27	23.5890	19.9204	0.1145	-0.3669	-0.7991
5	永吉县大绥河乡	1983	320.27	44.0303	11.2603	0.1813	-0.8459	-0.6250
6	永吉县春登乡朱穴	1985	342.17	22.1951	6.7472	0.3115	-0.5381	-0.5989
7	永吉县春登王穴	1985	335.31	20.8105	9.8328	0.0502	-0.3953	-0.3931
8	永吉县春登王家	1984	253.22	38.4832	17.6176	-0.0567	-0.6349	-0.5529
9	永吉县春登王家	1984	226.01	41.1532	25.9628	0.4264	-0.8379	-1.3076
10	永吉县大口钦乡	1984	262.91	30.7229	5.5743	0.1733	-0.6039	-0.2559
11	永吉县一拉西乡	1984	257.00	23.8732	24.7130	0.7429	-0.5469	-1.6705
12	永吉县大口钦乡	1984	259.00	29.2723	14.0898	0.8552	-0.7542	-1.3394
13	蛟河县新站乡	1984	255.58	13.5789	16.0331	0.0842	-0.1610	-0.7413
14	蛟河县新农乡	1984	274.68	12.4065	17.9389	0.0713	-0.1930	-0.5561
15	永吉县大绥河乡	1983	256.68	39.8770	25.2076	-0.1850	-0.6528	-0.7494
16	永吉县大绥河乡	1982	208.80	6.5729	15.4353	0.5354	-0.1626	-1.1227
17	永吉县大口钦乡	1985	274.32	38.3308	17.7300	0.3934	-0.9116	-1.2639
18	永吉县大口钦乡	1985	273.34	27.5770	20.1967	0.5519	-0.4982	-1.6545
19	永吉县口前乡	1985	212.18	36.1632	29.4532	1.7227	-1.0665	-2.2653
20	永吉县五里河乡	1985	260.46	34.3250	19.1475	0.2644	-0.7290	-1.2031
21	永吉县五里河乡	1985	239.61	44.9661	18.3068	-0.0820	-0.7763	-0.8027
22	永吉县江密峰乡	1985	293.35	11.3621	11.0103	0.3012	-0.2236	-0.7885
23	永吉县江密峰乡	1985	285.55	12.3746	14.3659	0.2323	-0.2203	-0.8458
24	永吉县江密峰乡	1985	262.85	12.2443	8.0331	0.5358	-0.3093	-0.5950
25	永吉县江密峰乡	1985	287.58	9.7134	10.8878	0.5351	-0.2380	-0.7362
26	永吉县口前乡	1984	172.72	26.8342	17.7974	0.9661	-0.6231	-1.3512
27	永吉县口前乡	1983	185.83	43.1499	32.8994	-0.0746	-0.6482	-1.2595
28	永吉县江密峰乡	1983	135.22	21.8374	27.5494	0.3417	-0.4370	-0.9758
29	蛟河县松江乡	1983	111.07	29.4828	10.5279	-0.0268	-0.5118	-0.3842
30	永吉县口前乡	1982	116.50	20.5148	21.5380	0.0929	-0.4849	-0.7384
31	永吉县口前乡	1985	188.95	34.3969	29.3227	1.1343	-0.9679	-2.0066
32	永吉县口前乡新村	1985	426.53	40.3216	-2.5211	0.0811	0.8644	0.0881
33	蛟河县池水乡	1985	300.00	8.9506	9.2026	0.3331	-0.2499	-0.9403
34	蛟河县新农乡	1985	412.08	15.8517	4.8241	-0.0618	-0.3053	-0.0956
35	蛟河县池水乡	1985	287.04	4.9946	22.5252	-0.9352	0.0457	-0.0054

田产量变化在138.5—426.5公斤/亩之间。试验表明，土壤肥力直接影响经济施肥量及相应增产量。这样，在区域性化肥试验的资料汇总时，首先要对土壤肥力进行分级。

运用各试验点的施肥效应方程，可以推导出单施氮肥和单施磷肥的效应方程，并可求出单施一种肥量的最高产量及相应施肥量，进而求出土壤有效氮及有效磷的相对产量。上述各项指标计算结果与土壤有效氮、磷测定值列于表2。

表2 中相对产量的计算方法如下:

土壤氮的相对产量% = 无氮区的最高产量 ÷ 氮磷配施的最高产量 × 100%

土壤磷的相对产量% = 无磷区的最高产量 ÷ 氮磷配施的最高产量 × 100%

由表2所列1982—1985年玉米大田产量与土壤有效氮、磷养分测定值的校验研究数据表明: 在白浆土上玉米相对产量随着有效养分的增加而增加, 同时边际产量和施肥的增产

表2 各试验点玉米相对产量及土壤有效氮、磷测定值表

序号	试验地点	最高产量 (公斤/亩)	单磷最高产量 (公斤/亩)	氮百分产量 (%)	碱解氮 (N. ppm)	单氮最高产量 (公斤/亩)	磷百分产量 (%)	有效磷 (ppm)
1	永吉县大绥河乡	538.0	459.0	85.6	138	479.5	89.5	11.5
2	永吉县大绥河乡	524.5	407.0	77.6	119	432.0	82.4	11.5
3	蛟河县新站乡	416.0	309.5	74.4	138	374.5	90.0	16.5
4	永吉县桦皮乡	690.0	474.0	68.7	171	601.5	87.1	7.3
5	永吉县大绥河乡	658.5	345.5	52.5	91	606.5	92.1	43.6
6	永吉县春登乡宋家	478.0	352.0	73.6	127	456.5	95.5	15.7
7	永吉县春登乡王家	512.0	366.0	71.5	101	472.5	92.2	14.0
8	永吉县春登乡	602.0	323.5	53.7	96	545.0	90.5	15.3
9	永吉县春登乡	611.0	290.5	47.5	96	495.0	81.0	15.3
10	永吉县大口钦乡	509.5	278.0	54.6	110	458.5	89.9	11.1
11	永吉县一拉西乡	534.5	302.5	56.6	123	337.5	72.5	11.4
12	永吉县大口钦乡	510.5	277.5	54.4	110	401.0	78.6	11.1
13	蛟河县新站乡	460.5	299.0	64.9	224	399.0	86.6	21.4
14	蛟河县新农乡	437.5	347.0	74.2	119	374.5	80.1	33.4
15	永吉县大绥河乡	623.0	362.5	57.9	91	561.0	89.6	43.6
16	永吉县大绥河乡	367.0	235.0	64.0	220	241.5	65.9	14.0
17	永吉县大口钦乡	545.5	312.0	57.2	122	476.0	87.2	22.7
18	永吉县大口钦乡	578.0	304.0	52.6	112	464.0	80.2	18.0
19	永吉县口前乡	639.5	260.0	40.7	107	365.5	56.4	5.1
20	永吉县五里河乡	531.0	290.5	56.2	101	462.5	87.1	26.8
21	永吉县五里河乡	605.0	292.0	48.3	98	565.0	93.4	24.2
22	永吉县江密峰乡	429.0	312.5	72.8	123	365.5	85.2	44.1
23	永吉县江密峰乡	442.0	306.0	71.5	121	372.5	84.3	23.3
24	永吉县江密峰乡	443.0	276.5	62.4	104	323.5	73.0	17.0
25	永吉县江密峰乡	474.0	308.0	65.0	118	337.5	71.2	20.0
26	永吉县口前乡	503.0	202.0	39.8	114	317.0	62.4	11.5
27	永吉县口前乡	637.0	293.5	46.1	105	500.0	85.5	7.5
28	永吉县江密峰乡	450.5	232.5	51.6	113	271.5	60.3	8.4
29	蛟河县松江乡	351.5	147.0	41.8	124	326.5	92.8	26.1
30	永吉县口前乡	320.0	195.0	60.9	100	222.5	70.3	7.0
31	永吉县口前乡	525.0	242.5	46.2	111	341.5	65.1	8.8
32	永吉县口前新村	661.0	426.5	64.5	153	661.0	100.0	136.0
33	蛟河县池水乡	375.0	312.5	83.1	363	340.0	90.7	117.0
34	蛟河县新农乡	529.0	424.5	80.2	167	525.0	97.3	56.4
35	蛟河县池水乡	334.0	287.0	85.9	363	334.0	100.0	117.0

量渐减；这种相对产量依递减律而增加的生产现象适合于密氏方程，在试验范围内，也可以用计算较为方便的对数方程表达，经相关性测定得出：土壤氮的相对产量与碱解氮测定值呈极显著的正相关，相关式为： $y(\%) = 23.0 \ln x - 50.07$ ， $n = 35$ ， $r = 0.5996^{**}$ ；式中 $y(\%)$ 代表相对产量， x 代表碱解氮测定值，以ppm表示。土壤磷的相对产量与有效磷测定值呈极显著的正相关，相关式为： $y(\%) = 56.54 + 8.92 \ln x$ ， $n = 35$ ， $r = 0.6280^{**}$ ，式中 $y(\%)$ 代表相对产量， x 代表有效磷测定值，以ppm表示。

按上述相关式计算结果，再结合无肥田产量与生产实际情况，将白浆土土壤肥力划分为高、中、低三个等级，具体划分指标见表3。

表3 白浆土土壤肥力分级表

肥力类型	有效磷		有效氮		无肥区 产量 (公斤/亩)
	ppm	相对产量 (%)	ppm	相对产量 (%)	
低肥力	5—15	70—80	90—120	54—60	140—200
中肥力	15—50	80—90	120—280	60—80	290—400
高肥力	50—90	90—95	280—350	80—85	300—425

(二) 白浆土玉米经济施肥

的数学模式

本试验研究采用协方差分析方法，对多点多年的试验进行协方差分析，使之消除试验地点和试验年份的影响，从而得出具有代表性的汇总方程。根据协方差分析

的原理，汇总方程统一系数的计算，是计算出具有代表性回归方程统一回归系数的正规方程系数增广矩阵，就是各个试验单独计算回归方程系数所用的正规方程系数增广矩阵的矩阵和。汇总计算采用中国农科院土肥所编写的二元协方差分析程序进行计算的。

按照上述土壤肥力分级标准，在中等肥力类型中划分出中上和 中下两个等级。这样将高肥力的4个试验点(表2, 32—35)，低肥力的6个点(表2, 26—30)，中上等肥力的7个点(表2, 1—7)，中下等肥力的18个点(表2, 8—25)的各试验处理的施肥量和相应产量，分别输入电子计算机，应用二元协方差程序计算，得到不同肥力白浆土玉米施用氮磷化肥的施肥效应汇总方程：

1. 高肥力类型:

$$y = B_{0(c1-4)} + 18.4271X_N + 3.6094X_P + 0.0600X_N X_P - 0.4074X_N^2 - 0.1936X_P^2$$

$$r = 0.9487, F = 25.2499, \text{回归精度} = 33.24$$

2. 中上肥力类型:

$$y = B_{0(c1-7)} + 20.9067X_N + 14.7527X_P + 0.0329X_N X_P - 0.3797X_N^2$$

$$- 0.5522X_P^2$$

$$r = 0.8763, F = 52.2800, \text{回归精度} = 38.95$$

3. 中下肥力类型:

$$y = B_{0(c1-18)} + 25.9019X_N + 16.5745X_P + 0.1204X_N X_P - 0.4694X_N^2$$

$$- 0.6714X_P^2$$

$$r = 0.8976, F = 175.9277, \text{回归精度} = 44.15$$

4. 低肥力类型:

$$y = B_{0(c1-3)} + 28.2428X_N + 23.3736X_P + 0.1915X_N X_P - 0.5052X_N^2$$

$$- 0.9365X_P^2$$

(下转第59页)

综上所述，施肥量可用一个模式来表示，即“模式施肥量”与“产量模式”构成了“产量模式施肥法”。以表的形式表示如下。

表4 “产量模式施肥法”及化肥用量表 单位：公斤/亩

产 量 模 式				模 式 施 肥 量								
无 肥 区 产 量	按回归方程计算目标(施氮磷钾肥)量		增 产 量	增 产 (%)	补充 氮磷 比例	应 补 充 氮 磷 养 分 量		化 肥 利 用 率 (%)		按利用率	按利用率	硫酸钾 施入量
	理论值	应用值				N	P ₂ O ₅	氮肥	磷肥	折合硫酸 施用量	折合过石 施用量	
100	246—258	250	150	150.0	单施氮	3.3	—	35	15	28	—	—
150	291—306	300	160	100.0	单施氮	3.3	—	35	15	28	—	—
200	312—354	325	125	62.5	单施氮	2.75	—	35	15	23	—	—
250	382—403	375	125	50.0	3 : 1	2.75	0.92	30	20	27	38	5
300	427—450	425	125	41.7	3 : 1	2.75	0.92	30	20	27	38	5
350	472—499	475	125	35.7	2.5 : 1	2.75	1.1	25	25	32	37	4
400	518—547	500	100	25.0	2.5 : 1	2.2	0.9	25	25	26	30	4
450	563—595	550	100	22.2	2 : 1	2.2	1.1	25	25	26	37	4
500	608—643	600	100	20.0	2 : 1	2.2	1.1	25	25	26	37	4

“产量模式施肥法”是在土壤诊断施肥试验基础上，通过对结果的分析研究得出来的。按此法也可推算出其他作物的施肥量。只要掌握无肥区产量数，按此表便可查出施肥量，应用非常方便。

(上接第51页)

$$r = 0.9185, F = 77.7775, \text{回归精度} = 45.83$$

如果将全部试验数据输入电子计算机，经协方差程序计算，就可得出白浆土土壤气候条件下，玉米氮磷化肥的汇总效应方程；在全区汇总方程计算时，根据白浆土肥力现状，高肥地块较少，约占5%左右。而本试验高肥4个点，占总试验点数的11.4%，为了平衡不同肥力地块所占比例，如去掉两个高肥点，仍占全区汇总数据的6.1%，为此，去掉两项高肥地块数据，不但没有影响，反而更能真实地反映出客观情况。

全区总方程为：

$$y = B_0 (1-3s) + 24.7192X_N + 18.2490X_P + 0.1260X_N X_P - 0.4509X_N^2 - 0.9031X_P^2$$

$$r = 0.8834, F = 288.0945, \text{回归精度} = 46.22$$

以上各汇总方程，在试验精度范围内，能够反映白浆土化肥施用的客观效应，可以做为白浆土玉米经济施肥的数学模式，从而建立配方施肥的基本技术体系。