

吉林省主要土壤氮磷化肥用量 配比试验报告

第一报：黑土、玉米试验结果数理统计*

张 宽 赵井云 王秀芳 吴 巍 于天德 胡和云

(吉林省农业科学院土肥所)

施用化肥是一项有效的增产措施，但如何做到经济合理地施用，特别是氮磷钾化肥的经济用量与适宜配比，是一个重大的科学技术问题。从1981年起，由中国农科院土肥所主持，在全国范围内开展化肥试验网活动，我所承担了黑土、白浆土、淡黑钙土三个土类不同肥力水平的氮磷经济用量与适宜配比试验。经过几年的田间小区试验和大面积中间示范试验，得到的结果具有明显的一致性和年度的重现性。

通过电子计算机，对氮磷化肥试验资料的统计分析，使我们更清楚地看到，施肥量与产量之间存在着密切的函数相关^{[1][4]}，能够比较完善描述这种函数关系的方法是应用肥料效应函数模式。根据肥料效应函数模式就可以提出各主要土类不同肥力水平条件下，氮磷化肥的经济用量与适宜配比，为科学用肥提高化肥增产效益提供试验依据。

本文概要地阐述了1982~1983年，在不同肥力黑土玉米田块上取得的氮磷化肥田间试验结果，通过夏普PC-1500型电子计算机^[2]，采用BASIC语言，应用“REG-1”和“REG-2”^[3]程序运算，求得单元和二元肥料的施肥效应函数：

$$\text{即 } Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_1 X_2 + B_4 X_1^2 + B_5 X_2^2$$

再利用上述函数式和经济参数，经过“FERT-1”和“FERT-2”程序运算，最终求得氮磷化肥最佳施肥量和最高产量施肥量。

一、试验方法和材料

试验是在吉林省长春、四平两地区的榆树、德惠、双阳、九台、长春、怀德、梨树、伊通等县不同肥力黑土上进行的。供试土壤肥力的化学指标：高肥力黑土全量氮、磷及有机质含量分别为0.13~0.16%，0.07~0.11%及2.6~3.2%；速效氮、磷含量分别为100~150PPm、15~66.7PPm。中肥力黑土全量氮、磷和有机质含量分别为0.1~0.12%、0.07~0.09%及1.8~2.4%；速效氮、磷分别为80~102PPm、4~14PPm。低肥力黑土全量氮、磷和有机质含量分别为0.1~0.12%，0.06~0.08%及1.7~2.1%；速效氮、磷含量分别为80~101PPm，4~7PPm。供试土壤肥力的生物指标：以平年气候为准，高肥力黑土玉米每亩产量600斤以上，中肥力黑土玉米亩产400~600斤，低肥力黑

*本文承蒙杨国荣所长审阅，特此致谢。长春市农科所，怀德、德惠、榆树、梨树，伊通等县农业局(站)、部分公社(乡)农业站参加本项试验工作。

玉米亩产400斤以下。1982年为平年气候，1983年为历史罕见的丰年气候。因此，玉米产量较1982年高150~400斤/亩。

试验是采用单因子和复因子两种方法。1982年试验是在1981年试验基础上根据土壤肥力设计施肥量；1983年不同肥力黑土的施肥量是在前两年的试验基础上采用同一试验设计。两年的氮磷化肥经济用量与适宜配比试验处理详见表1~4。

表1 1982年单因子试验处理 (单位: 斤/亩)

试验处理 代号	以磷定氮				以氮定磷			
	高、中肥力地块用量		低肥力地块用量		高、中肥力地块用量		低肥力地块用量	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	0.0	7.0	0.0	8.4	17.0	0.0	11.9	0.0
2	10.2	7.0	5.1	8.4	17.0	2.4	11.9	4.8
3	17.0	7.0	10.2	8.4	17.0	4.8	11.9	7.2
4	23.8	7.0	15.3	8.4	17.0	7.2	11.9	9.2
5	30.6	7.0	20.4	8.4	17.0	9.2	11.9	12.0
6	37.4	7.0	25.5	8.4	17.0	15.0	11.9	15.0

表2 1982年复因子试验处理(氮磷两因素四水平最优设计) (斤/亩)

试验处理 代号	编 码 值		化 肥 实 施 量			
	N	P ₂ O ₅	高、中肥力地块用量		低肥力地块用量	
			N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	-1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	1	30.6	0.0	20.4	0.0
3	-1	1	0.0	15.0	0.0	15.0
4	-0.1315	-0.1315	13.3	6.5	8.9	6.5
5	1	0.3945	30.6	10.4	20.4	10.4
6	0.3945	1	21.4	15.0	14.2	15.0

表3 1983年单因子试验处理 (单位: 斤/亩)

试验处理 代号	以磷定氮		以氮定磷	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	0.0	9.0	20.0	0.0
2	5.0	9.0	20.0	4.0
3	15.0	9.0	20.0	8.0
4	20.0	9.0	20.0	12.0
5	25.0	9.0	20.0	16.0
6	35.0	9.0	20.0	20.0

表4 1983年复因子试验处理(氮磷两因素五水平最优设计) (斤/亩)

试验处理 代号	编 码 值		化 肥 实 施 量	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	0	0	0	0
2	1	0	36	0
3	0	1	0	26
4	0.45	0.45	16.2	11.7
5	1	0.70	36	18.2
6	0.70	1	25.2	26
7	0.70	0	25.2	0
8	0	0.70	0	18.2
9	0.30	0.30	10.8	7.8
10	0.70	0.45	25.2	11.7
11	0.45	0.70	16.2	18.2
12	1	1	36	26

各项试验(除1983年两因素五水平最优设计为1~2次重复外)均设三次重复,试验小区为随机排列。试验区为长方形,区内6~8垄,小区面积为50~60m²。供试化肥为硝酸铵(含N为34%)和三料过石(含P₂O₅为46%)按垄称肥,条施或穴施。全部磷肥

和三分之一氮肥作底肥或口肥，三分之二氮肥作追肥。追肥时间薄地早追（定苗后），肥地晚追（玉米抽雄前7~10天）。试验为全区收获，单收单测。

二、试验结果

（一）氮磷化肥单因子和复因子试验产量

1、1982年氮磷化肥试验产量

将1982年氮磷一元与二元肥料试验取得的产量结果分别汇总在表5、表6和表7内。

表5 1982年单因子试验产量（以磷定氮） （单位：斤/亩）

试验地点	处理 产量	无肥区	7斤P ₂ O ₅ 基础上定氮				
			N-0	N-10.2	N-17.0	N-23.8	N-30.6
德惠县布海公社	619	747	790	876	898	884	872
怀德县陶家公社	781	916	1072	1000	1043	1062	1048
榆树县五棵树公社	656	690	854	878	1114	1094	998
伊通县靠山公社	591	549	1039	1137	1224	1227	1284
怀德县刘房子公社	675	657	803	888	898	873	878
德惠县大青咀公社	557	662	849	924	907	871	844
德惠县和平公社	552	606	775	824	912	849	861
榆树县大岗公社	523	584	711	750	791	675	664
双阳县奢岭公社	431	608	949	1100	1130	1111	1053
九台县卡伦公社	518	601	634	607	599	565	523
榆树县新庄公社	317	387	626	645	660	692	670
怀德县四道岗公社	350	517	648	742	798	817	798
怀德县陶家公社	340	336	747	816	909	1079	1057
怀德县刘房子公社	280	355	644	786	847	920	893

表6 1982年单因子试验产量（以氮定磷） （单位：斤/亩）

试验地点	处理 产量	无肥区	17斤N基础上定磷				
			P ₂ O ₅ -0	P ₂ O ₅ -2.4	P ₂ O ₅ -4.8	P ₂ O ₅ -7.2	P ₂ O ₅ -9.6
德惠县布海公社	618	790	865	874	879	888	983
怀德县陶家公社	856	1011	1024	1066	1019	1030	1030
榆树县五棵树公社	678	628	766	816	942	900	756
伊通县靠山公社	501	1115	1147	1155	1168	1145	1143
怀德县刘房子公社	577	599	752	878	911	921	979
德惠县大青咀公社	503	698	726	809	888	824	761
德惠县和平公社	578	728	836	856	888	971	914
榆树县大岗公社	502	623	719	753	765	794	684
双阳县奢岭公社	562	1011	982	1152	1046	1075	1065
长春市郊合心徐家	592	609	649	653	888	701	724
榆树县新庄公社	339	493	557	585	563	562	606
怀德县四道岗公社	367	467	600	667	750	767	683
怀德县陶家公社	289	738	823	846	878	898	861
怀德县刘房子公社	302	820	843	867	842	805	869
德惠县和平公社	300	373	489	529	584	589	577

表 7 1982年复因子试验产量(氮磷两因素四水平最优设计) (单位:斤/亩)

试验地点	处理 产量	氮 磷 实 施 量					
		N-0 P ₂ O ₅ -0	N-30.6 P ₂ O ₅ -0	N-0 P ₂ O ₅ -15	N-13.3 P ₂ O ₅ -6.5	N-30.6 P ₂ O ₅ -10.4	N-21.4 P ₂ O ₅ -15
怀德县陶家公社		883	969	869	1066	1020	1071
长春市农科所		747	962	847	940	930	1001
梨树县梨树公社		772	927	975	1031	1075	1055
德惠县布海公社		621	844	875	884	897	905
怀德县刘房子公社		511	629	665	913	973	1000
伊通县靠山公社		543	1180	562	1147	1229	1265
德惠县大青咀公社		576	639	646	655	705	676
怀德县刘房子公社		318	826	343	821	925	909
双台县卡伦公社		336	848	336	902	935	927

2、1983年氮磷化肥试验产量

将1983年氮磷一元与二元肥料试验取得的产量结果分别汇总在表8、表9和表10内。

表 8 1983年复因子试验产量(氮磷两因素五水平最优设计) (单位:斤/亩)

试验地点	处理 产量	氮 磷 实 施 量					
		N-0 P ₂ O ₅ -0	N-36 P ₂ O ₅ -0	N-0 P ₂ O ₅ -26	N-16.2 P ₂ O ₅ -11.7	N-36 P ₂ O ₅ -18.2	N-25.2 P ₂ O ₅ -26
榆树县新庄大坊村		393.5	788.8	683.7	796.1	1001.9	876.4
怀德县四道岗公社		466.7	786.7	700.0	893.3	826.7	1000.0
榆树县大岗公社		555.8	829.9	713.8	884.3	924.8	1044.8
长春市郊区合心公社		563.2	596.4	703.4	697.5	905.6	768.0
德惠县郭家公社王家		564.0	823.9	931.7	829.0	1003.7	862.7
德惠县大青咀公社		582.1	695.3	614.4	747.5	692.8	813.4
德惠县和平公社		642.9	971.4	833.3	1157.1	1085.7	1133.3
梨树县十家堡公社		654.0	1240.0	682.0	1207.0	1266.0	1281.0
伊通县靠山公社		661.0	1496.0	719.0	1383.0	1406.0	1561.0
怀德县陶家公社		674.0	1233.0	642.3	1285.9	1451.0	1399.0
怀德县刘房子公社		706.7	942.6	767.7	1206.9	1254.7	1271.1
怀德县刘房子公社		817.5	1039.6	913.1	1076.7	1080.6	1099.0
长春市农校		1018.5	1241.6	1131.6	1286.0	1431.6	1546.7
梨树县梨树公社		1128.2	1196.4	1173.5	1263.4	1315.7	1310.4

试验地点	处理 产量	氮 磷 实 施 量					
		N-25.2 P ₂ O ₅ -0	N-0 P ₂ O ₅ -18.2	N-10.8 P ₂ O ₅ -7.8	N-25.2 P ₂ O ₅ -11.7	N-16.2 P ₂ O ₅ -18.2	N-36 P ₂ O ₅ -26
榆树县新庆大坊村		833.2	653.4	830.9	898.3	818.3	909.6
怀德县四道岗公社		853.3	684.0	806.7	846.7	933.3	1013.3
榆树县大岗公社		768.2	728.7	780.5	1170.6	1081.9	854.6
长春市合心公社		585.6	873.5	777.4	816.1	846.1	902.4
德惠县郭家公社王家		682.5	711.4	656.0	836.0	954.2	1006.6
德惠县大青咀公社		710.0	801.1	802.5	825.9	861.9	768.7
德惠县和平公社		990.5	814.3	1114.3	1142.9	1119.1	1100.0
梨树县十家堡公社		1182.0	704.0	895.0	1287.0	1231.0	1275.0
伊通县靠山公社		1552.0	712.0	1280.0	1543.0	1392.0	1524.0
怀德县陶家公社		1254.0	560.0	1295.0	1451.0	1347.0	1252.0
怀德县刘房子公社		915.2	775.3	1171.3	1313.1	1131.5	1237.5
怀德县刘房子公社		1003.2	739.6	1069.3	1088.6	1059.4	1175.0
长春市农校		1352.7	1177.1	1455.3	1386.5	410.5	1414.5
梨树县梨树公社		1252.3	1190.6	1292.6	1497.4	1350.7	1229.2

表 9

1983年单因子试验产量(以磷定氮)

(单位:斤/亩)

试验地点	处理 产量 无肥区	9斤P ₂ O ₅ 基础上定氮					
		N-0	N-5	N-15	N-20	N-25	N-35
榆树县新庄乡大坊村十队	418.1	550.5	797.0	982.4	991.5	986.6	978.4
		524.4	821.3	986.6	1074.4	1003.1	1030.2
		545.0	804.3	1011.9	1046.9	1024.9	962.2
怀德县四道岗公社	512.6	666.7	720.0	746.7	799.9	977.3	720.0
		713.0	746.7	773.3	893.0	1080.0	790.7
		688.9	722.2	755.5	822.2	977.8	733.2
德惠县郭家公社王家一队	520.5	614.5	632.8	806.7	807.4	570.6	540.3
		576.5	669.1	846.5	576.8	553.9	559.8
		590.8	562.0	550.1	618.5	616.5	520.9
榆树县大岗公社	548.4	671.8	770.6	854.6	1027.5	983.1	869.4
		684.2	827.5	985.5	1049.8	1086.8	948.5
		647.1	726.2	900.3	985.5	1079.4	909.0
德惠县和平公社	576.2	785.7	991.4	1014.3	1000.0	1100.0	1042.9
		814.3	1014.3	1028.6	1071.4	1126.7	1100.0
		842.9	1028.6	1065.7	1114.3	1142.9	1059.1
德惠县大青咀公社	587.1	537.3	786.1	866.7	922.1	865.7	878.9
		510.8	835.8	820.9	849.1	928.7	674.1
		496.9	898.8	815.9	772.8	815.9	757.9
伊通县靠山公社	674.0	897.0	1078.0	1394.0	1324.0	1348.0	1462.0
		746.0	1050.0	1355.0	1343.0	1320.0	1388.0
		798.0	1132.0	1352.0	1316.0	1378.0	1373.0
怀德县南崴子公社	846.7	503.5	1036.3	1136.8	1115.9	1098.1	1060.3
		696.8	1073.2	1095.9	1177.2	1016.3	1059.9
		659.5	1111.9	990.1	1041.7	1051.9	1183.9
长春市郊区合心公社	952.0	1087.7	1329.7	1759.2	1565.2	1303.9	1350.8
		1142.7	1129.3	1357.6	1657.9	1519.9	1142.9
		1022.8	1450.5	1401.1	1633.5	1225.2	1275.2
怀德县陶家二队	1096.2	1078.6	1122.1	1113.0	1253.8	1161.4	1240.4
		1070.3	1190.5	1219.0	1250.6	1299.9	1206.7
		1052.9	1204.0	1205.6	1025.7	1266.1	1254.7

表10

1983年单因子试验产量(以氮定磷)

(单位:斤/亩)

试验地点	处理 产量	无肥区	20斤N基础上定磷					
			P ₂ O ₅ -0	P ₂ O ₅ -4	P ₂ O ₅ -8	P ₂ O ₅ -12	P ₂ O ₅ -16	P ₂ O ₅ -20
榆树县新庄乡大坊村	443.9	443.9	749.3	1137.9	1015.8	1013.6	1012.3	954.6
			717.9	1049.3	1088.2	945.1	858.4	962.2
			764.2	1029.2	1123.3	928.8	1025.1	1025.0
怀德县四道岗公社	471.5	471.5	703.7	777.3	813.3	853.3	913.3	773.3
			711.1	755.5	804.4	842.2	902.2	775.5
			711.1	771.1	822.2	933.3	955.6	733.3
德惠县郭家公社	506.0	506.0	601.5	663.0	667.0	887.6	731.6	715.4
			589.0	635.1	644.8	840.3	787.8	769.6
			670.6	604.4	630.9	873.7	697.2	726.5
榆树县大岗公社	547.9	547.9	676.2	747.8	873.7	1031.6	913.2	792.2
			641.7	730.5	858.9	987.2	920.6	663.9
			678.7	794.7	856.4	997.1	923.0	853.9
德惠县和平公社	600.0	600.0	857.1	1014.3	1071.4	1114.3	1071.4	1057.1
			871.4	1085.7	1114.3	1142.9	1100.0	1014.3
			842.9	990.5	1100.0	1128.6	1042.0	1042.9
梨树县十家堡公社	641.0	641.0	1049.0	1190.0	1218.0	1284.0	1234.0	1212.0
			1056.0	1185.0	1221.0	1276.0	1257.0	1233.0
			1042.0	1198.0	1212.0	1215.0	1218.0	1209.0
怀德县刘房子九队	760.3	760.3	805.8	1135.0	1157.0	1154.8	1216.3	1179.4
			946.1	1199.0	1178.0	1251.2	1195.5	1184.8
			1076.7	1178.5	1257.3	1244.3	1200.8	1242.8
长春市郊合心公社	894.6	894.6	1047.1	1256.5	1242.2	1372.6	1253.6	1248.9
			1184.9	1220.0	1245.4	1309.9	1453.1	1260.5
			1122.5	1238.2	1214.6	1247.2	1352.8	1238.2
梨树县梨树公社	1148.8	1148.8	1317.3	1313.1	1289.6	1359.7	1261.7	1213.3
			1124.1	1301.7	1270.1	1312.1	1252.5	1172.0
			1105.8	1176.7	1266.9	1305.6	1187.6	1213.3
榆树县五棵树公社	1214.4	1214.4	1243.5	1233.9	1335.9	1430.0	1388.0	1336.8
			1276.9	1309.5	1310.6	1410.7	1378.9	1301.2
			1277.6	1301.2	1301.4	1474.4	1327.8	1351.5

(二) 氮磷化肥施肥效应函数

1、单元化肥的施肥效应函数

通过对1982~1983两年49项氮磷化肥单因子试验，取得的535个产量结果的分析，可以确定模拟施肥量与产量之间关系的函数式以二次曲线方程 $y = B_0 + B_1X + B_2X^2$ 为好。利用PC—1500型电子计算机计算，将得到的氮磷化肥单因子试验（以氮定磷、以磷定氮）诸点的二次曲线方程列入表11、表12、表13和表14。

表11 1982年单因子试验施肥效应函数（以磷定氮）

试验地点	二次曲线方程	R	δ	F
德惠县布海公社	$y = 735.39 + 10.36x - 0.18x^2$	0.9516	21.00	19.22
怀德县陶家公社	$y = 935.28 + 8.97x - 0.16x^2$	0.9000	39.13	9.12
榆树县五棵树公社	$y = 665.63 + 24.26x - 0.38x^2$	0.9197	71.04	10.98
伊通县靠山公社	$y = 580.09 + 45.76x - 0.75x^2$	0.9855	51.61	87.91
怀德县刘房子公社	$y = 657.95 + 18.29x - 0.34x^2$	0.9901	14.47	100.3
德惠县大青咀公社	$y = 669.63 + 21.62x - 0.47x^2$	0.9814	20.20	52.37
德惠县和平斤社	$y = 607.36 + 19.44x - 0.34x^2$	0.9764	26.02	40.93
榆树县大岗公社	$y = 584.52 + 16.83x - 0.41x^2$	0.9287	29.98	12.56
双阳县奢岭公社	$y = 612.23 + 40.97x - 0.79x^2$	0.9977	15.04	43.52
九台县卡伦公社	$y = 604.63 + 31.50x - 0.14x^2$	0.9825	8.06	55.83
榆树县新庄公社	$y = 405.10 + 21.00x - 0.39x^2$	0.9704	30.4	32.37
怀德县四道岗公社	$y = 508.92 + 19.35x - 0.29x^2$	0.9352	12.73	209.31
怀德县陶家公社	$y = 383.89 + 57.13x - 1.21x^2$	0.9740	68.91	37.04
怀德县刘房子公社	$y = 374.71 + 52.54x - 1.27x^2$	0.9957	26.52	159.26

表12 1982年单因子试验施肥效应函数（以氮定磷）

试验地点	二次曲线方程	R	δ	F
德惠县布海公社	$y = 796.47 + 19.56x - 0.94x^2$	0.9202	17.94	11.06
怀德县陶家公社	$y = 1017.32 + 4.83x - 0.28x^2$	0.4112	19.53	0.41
榆树县五棵树公社	$y = 623.18 + 66.61x - 3.84x^2$	0.9753	27.72	39.05
伊通县靠山公社	$y = 1121.17 + 9.15x - 0.53x^2$	0.8576	10.08	6.562
怀德县刘房子公社	$y = 617.21 + 57.70x - 2.30x^2$	0.9825	29.16	55.68
德惠县大青咀公社	$y = 680.24 + 38.68x - 2.22x^2$	0.8300	23.89	4.35
德惠县和平公社	$y = 733.22 + 37.00x - 1.63x^2$	0.9581	26.36	22.4
榆树县大岗公社	$y = 628.40 + 37.39x - 2.24x^2$	0.9823	12.98	55.09
双阳县奢岭公社	$y = 1000.67 + 17.84x - 0.93x^2$	0.5397	55.29	1.15
长春市郊合心徐家	$y = 611.78 + 12.38x - 0.33x^2$	0.9869	7.52	74.47
榆树县新庄公社	$y = 512.78 + 11.29x - 0.38x^2$	0.830	23.88	4.35
怀德县四道岗公社	$y = 466.42 + 63.05x - 3.03x^2$	0.8576	10.08	5.56
怀德县陶家公社	$y = 734.13 + 24.35x - 1.02x^2$	0.9815	12.09	52.61
怀德县刘房子公社	$y = 821.63 + 5.37x - 0.16x^2$	0.8537	11.29	5.38
德惠县和平公社	$y = 567.83 + 32.65x - 1.22x^2$	0.9931	10.94	144.09

表13

1983年单因子试验施肥效应函数(以磷定氮)

试验地点	二次曲线方程	R	δ	F
榆树县新庄乡大坊村十队	$y=580.26+38.44x-0.78x^2$	0.9723	43.776	138.78
怀德县四道岗公社	$y=658.24+18.99x-0.43x^2$	0.6821	85.693	6.96
德惠县郭家公社王家一队	$y=630.72+2.05x-0.11x^2$	0.6316	31.292	5.31
榆树县大岗公社	$y=650.73+28.67x-0.60x^2$	0.9059	62.842	36.64
德惠县和平公社	$y=851.18+19.95x-0.40x^2$	0.8968	48.001	32.87
德惠县大青阳公社	$y=592.74+24.71x-0.57x^2$	0.7247	97.443	8.85
伊通县靠山公社	$y=857.84+40.09x-0.72x^2$	0.9570	65.879	87.17
怀德县南墩子公社	$y=742.80+32.87x-0.68x^2$	0.7837	120.39	12.74
长春市郊区合心公社	$y=1103.94+43.92x-1.16x^2$	0.7768	134.98	12.18
怀德县陶家公社陶家二队	$y=1085.04+11.13x-0.20x^2$	0.8285	41.784	17.52

表14

1983年单因子试验施肥效应函数(以氮定磷)

试验地点	二次曲线方程	R	δ	F
榆树县新庄乡大坊村十队	$y=819.74+40.37x-1.75x^2$	0.6603	95.137	6.19
怀德县四道岗公社	$y=687.11+30.13x-1.23x^2$	0.8221	45.638	16.05
德惠县郭家公社	$y=589.14+22.46x-0.72x^2$	0.6891	69.065	7.24
榆树县大岗公社	$y=630.65+52.22x-2.20x^2$	0.8841	58.398	28.85
德惠县和平公社	$y=870.40+441.53x-1.69x^2$	0.9490	30.027	72.61
梨树县十家堡公社	$y=1062.82+29.41x-1.11x^2$	0.9518	22.766	77.18
怀德县刘房子九队	$y=976.81+39.27x-1.46x^2$	0.8181	67.352	16.19
长春市郊合心公社	$y=1118.24+28.45x-1.04x^2$	0.7729	58.226	11.88
梨树县梨树公社双城大队	$y=1184.41+22.50x-1.11x^2$	0.8369	56.867	5.46
榆树县五棵树公社	$y=1250.47+18.47x-0.66x^2$	0.7503	42.283	10.31

经F检验,求得的F值大部分大于 $F_{0.05}$ = 3.68和 $F_{0.01}$ = 6.36,说明上述绝大部分方程中自变量X(氮肥或磷肥用量)与Y(产量)有真实的回归关系。故此,可用二次曲线方程表示X与Y的函数相关。

2、二元化肥的施肥效应函数

模拟氮磷二元(X_1 —N、 X_2 — P_2O_5)化肥施肥量与产量(Y)之间关系的函数式,现选定二次曲面方程: $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_1X_2 + B_4X_1^2 + B_5X_2^2$ 。

将两年26个点的氮磷二元化肥施肥量试验的产量结果,进行运算,便可得到诸试验点的二次曲面方程(详见表15和表16)。

表15

1982年复因子试验施肥效应函数(氮磷两因素四水平最优设计)

试验地点	二次曲面方程	R	F
怀德县陶家公社	$y=806.8+13.6X_1+17.6X_2+0.26X_1X_2-0.32X_1^2-1.36X_2^2$	0.887	11.88
长春市农科所	$y=742.9+20.5X_1+1.1X_2-0.26X_1X_2-0.43X_1^2-0.41X_2^2$	0.828	5.24
梨树县梨树公社	$y=772.0+91.6X_1+31.7X_2-0.23X_1X_2-0.11X_1^2-1.21X_2^2$	—	—
德惠县布海公社	$y=620.7+20.8X_1+31.0X_2-0.79X_1X_2-0.48X_1^2-0.94X_2^2$	0.967	34.73
怀德县刘房子公社	$y=511.4+21.4X_1+41.1X_2+0.43X_1X_2-0.57X_1^2-2.05X_2^2$	0.926	14.57
伊通县靠山公社	$y=542.6+59.0X_1+8.8X_2+0.04X_1X_2-1.25X_1^2-0.50X_2^2$	0.990	127.03
德惠县大青咀公社	$y=481.8+22.5X_1+11.5X_2+0.23X_1X_2-0.49X_1^2-0.80X_2^2$	0.700	30.51
德惠县和平公社	$y=569.6+15.5X_1+24.8X_2+0.59X_1X_2-0.41X_1^2-1.41X_2^2$	0.951	19.279
双阳县砬岭公社	$y=502.0+41.8X_1+22.7X_2+0.16X_1X_2-0.84X_1^2-1.32X_2^2$	0.985	68.061
怀德县刘房子公社	$y=318.1+66.2X_1+16.8X_2+0.16X_1X_2-2.02X_1^2-1.01X_2^2$	0.976	49.86
九台县卡伦公社	$y=335.5+51.3X_1+21.2X_2+0.07X_1X_2-1.13X_1^2-1.41X_2^2$	0.995	135.58
榆树县新庄公社	$y=327.3+15.1X_1+17.3X_2+0.33X_1X_2-0.27X_1^2-1.14X_2^2$	0.9704	32.37

表16 1983年复因子试验施肥效应函数(氮磷两因素五水平最优设计)

试验地点	二次曲面方程	R	F
榆树县新庄乡大坊村	$y=427.31+19.6X_1+22.4X_2-0.17X_1X_2-0.23X_1^2-0.62X_2^2$	0.956	12.935
怀德县四道岗公社	$y=499.6+27.3X_1+5.2X_2-0.06X_1X_2-0.55X_1^2+0.14X_2^2$	0.965	16.532
榆树县大岗公社	$y=490.9+27.8X_1+24.8X_2-0.13X_1X_2-0.53X_1^2-0.60X_2^2$	0.896	4.512
长春市郊区合心公社	$y=588.4-6.1X_1+30.3X_2+0.13X_1X_2+0.18X_1^2-0.95X_2^2$	0.345	10.119
德惠县郭家公社	$y=510.6+3.9X_1+19.3X_2-0.20X_1X_2+0.14X_1^2-0.19X_2^2$	0.837	4.954
德惠县大青咀公社	$y=603.6+11.7X_1+13.2X_2-0.01X_1X_2-0.23X_1^2-0.39X_2^2$	0.810	2.302
德惠县和平公社	$y=663.9+29.1X_1+19.6X_2-0.04X_1X_2-0.59X_1^2-0.53X_2^2$	0.974	22.188
梨树县十家堡公社	$y=615.5+39.6X_1+7.9X_2-0.02X_1X_2-0.64X_1^2-0.48X_2^2$	0.982	33.635
伊通县靠山公社	$y=687.6+62.3X_1-0.6X_2-0.07X_1X_2-1.11X_1^2-0.07X_2^2$	0.995	127.380
怀德县陶家公社	$y=651.8+53.1X_1+13.2X_2+0.20X_1X_2-1.04X_1^2-0.62X_2^2$	0.977	25.367
怀德县刘房子公社	$y=689.9+29.5X_1+19.2X_2+0.25X_1X_2-0.64X_1^2-0.52X_2^2$	0.904	5.365
怀德县刘房子公社	$y=817.9+18.7X_1-0.3X_2+0.09X_1X_2-0.36X_1^2+0.07X_2^2$	0.922	6.836
长春市农校	$y=1068.4+17.5X_1+15.5X_2+0.06X_1X_2-0.33X_1^2+0.52X_2^2$	0.888	4.490
梨树县梨树公社	$y=1104.3+13.6X_1+15.7X_2-0.01X_1X_2-0.29X_1^2-0.53X_2^2$	0.854	3.244

经F检验,求得的F值绝大部分大于 $F_{0.05}=4.39$ 和 $F_{0.01}=8.75$,说明可以用二次曲面方程来模拟氮量(X_1)和磷量(X_2)与产量(Y)的函数相关。

(三) 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量及其配比

将上述二次曲线方程和二次曲面方程中的回归系数及有关的经济参数(玉米单价0.1元, N素0.456元/斤, P_2O_5 0.391元/斤)输入PC-1500型电子计算机运算,分别求得1982年和1983年氮磷单元和二元化肥经济用量和最高产量施肥量。

1、1982年氮磷经济用量与最高产量施肥量

将1982年27个点的氮磷单元(以磷定氮、以氮定磷)和二元(氮磷两因素四水平最优设计)化肥试验求得的经济用量和最高产量施肥量列入表17和18。

表17 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量(以磷定氮、以氮定磷) (单位:斤/亩)

试验地点	经济施肥量		最高施肥量		土壤肥力
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
德惠县布海公社	16.1	8.3	28.7	10.4	高肥黑土
怀德县陶家公社	13.7	—	28.0	—	
榆树县五棵树公社	25.9	8.1	31.9	8.6	
X±S _x	18.6±6.5	8.2±0.0	29.6±2.1	9.5±1.3	
伊通县靠山公社	27.4	4.9	30.5	8.6	中肥黑土
怀德县刘房子公社	20.1	11.6	26.8	12.5	
德惠县大青咀公社	19.1	9.7	23.0	14.8	
德惠县和平公社	21.8	10.1	28.5	11.3	
榆树县大岗公社	14.9	7.4	20.5	8.3	
双阳县奢岭公社	23.0	7.4	25.9	9.5	
长春市郊合心徐家		12.8		18.7	
X±S _x	21.1±4.5	9.1±2.7	25.9±3.6	12.0±3.8	
榆树县新庄公社	21.6	9.7	27.6	14.8	低肥黑土
怀德县四道岗公社	16.6	9.2	22.7	9.9	
怀德县陶家公社	21.7	10.0	23.6	11.9	
怀德县刘房子公社	18.8	7.2	20.6	15.0	
德惠县和平公社		11.7		13.3	
X±S _x	19.7±2.5	9.6±1.6	23.6±2.9	13.0±2.1	

表18 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量(氮磷两因素四水平最优设计) (单位:斤/亩)

试验地点	经济施肥量		最高施肥量		土壤肥力
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
怀德县陶家公社陶家二队	16.9	6.4	25.1	8.8	高肥黑土
长春市农科所	15.6	9.2	21.9	5.6	
梨树县梨树公社	11.0	10.1	33.0	10.0	
德惠县布海公社	8.0	10.6	12.2	11.3	
X±S _x	12.9±4.1	9.0±1.9	23.1±8.6	8.9±2.4	
怀德县刘房子公社	18.7	10.8	23.3	12.4	中肥黑土
伊通县靠山公社	21.8	4.9	23.7	9.6	
德惠县大青咀公社	20.3	7.2	25.8	10.9	
德惠县和平公社	21.9	11.7	29.8	15.0	
双阳县奢岭公社	23.1	8.3	26.0	10.2	
X±S _x	21.2±1.7	8.0±2.8	25.7±2.6	11.6±2.2	
怀德县刘房子公社	15.5	7.3	16.7	9.6	低肥黑土
九台县卡伦公社	21.5	6.9	22.9	8.0	
榆树县新庄公社	25.6	9.2	30.4	12.8	
X±S _x	20.9±5.1	7.8±1.2	23.3±6.9	10.1±2.4	

2、1983年氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量

将1983年28个点的氮磷单元（以磷定氮、以氮定磷）和二元（氮磷两因素五水平最优设计）化肥试验求得的氮磷经济用量和最高产量施肥量列入表19和表20。

表19 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量（以磷定氮、以氮定磷）（单位：斤/亩）

试验地点	经济施肥量		最高施肥量		土壤肥力
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
榆树县新庄乡大坊村十队	21.6	10.4	24.6	11.5	低肥黑土
怀德县四道岗公社	16.8	10.6	22.1	12.2	
德惠县郭家公社王家一队	—	12.8	—	15.5	
榆树县大岗公社	20.4	10.9	24.2	11.8	
德惠县和平公社	19.4	11.0	25.4	12.2	
德惠县大青咀公社	17.7	—	21.8	—	
X±S _x	19.2±1.9	11.1±1.0	23.6±1.7	12.6±1.6	
伊通县靠山公社	24.6	—	27.7	—	中肥黑土
怀德县南崮子公社	20.7	—	24.0	—	
长春市郊区合心公社	16.9	11.8	18.9	13.7	
梨树县十家堡公社	—	11.5	—	13.2	
怀德县刘房子九队	—	12.1	—	13.4	
X±S _x	20.7±3.9	11.8±0.3	23.5±4.4	13.4±0.3	
怀德县陶家公社陶家二队	16.7	—	28.4	—	高肥黑土
梨树县梨树公社双城大队	—	8.3	—	10.1	
榆树县五棵树公社	—	11.1	—	14.1	
X±S _x	16.7±0.0	9.7±2.0	26.4±0.0	12.1±2.8	

表20 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量（氮磷两因素五水平最优设计）（单位：斤/亩）

试验地点	经济施肥量		最高施肥量		土壤肥力	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅		
榆树县新庄乡大坊村十队	28.1	12.4	37.0	15.3	低肥黑土	
怀德县四道岗公社	20.6	—	25.6	—		
榆树县大岗公社	19.7	14.6	23.6	18.0		
长春市郊合心公社	23.7	15.1	10.6	16.6		
德惠县郭家公社王家一队	22.4	—	16.8	—		
德惠县大青咀公社	12.5	10.9	20.5	16.7		
X±S _x	21.2±5.8	13.3±2.0	22.4±8.9	16.7±1.1		
德惠县和平公社	20.4	13.4	24.2	17.6	中肥黑土	
梨树县十家堡公社	27.4	9.8	30.8	20.2		
伊通县靠山公社	24.5	—	27.5	—		
怀德县陶家公社	24.3	10.7	26.8	14.8		
怀德县刘房子公社九队	23.0	19.8	27.6	—		
怀德县刘房子公社九队	22.1	—	23.9	—		
X±S _x	23.6±2.4	13.2±2.8	26.8±2.5	17.5±2.7		
长春市农校	20.7	11.6	28.0	16.4		高肥黑土
梨树县梨树公社双城大队	15.2	10.3	22.9	14.5		
X±S _x	18.0±3.9	11.0±0.9	25.5±2.6	15.5±1.3		

将 1982~1983 两年来, 在不同肥力黑土上进行的氮磷单元和二元化肥试验所取得的氮磷经济用量和最高产量施肥量均数及其产量分别列在表 21—1 和表 21—2 内。

表 21—1 氮磷化肥经济用量与最高产量施肥量 (单位: 斤/亩)

土壤肥力	试验年度	经济施肥量						最高施肥量					
		N			P ₂ O ₅			N			P ₂ O ₅		
		单元试验 求得值	二元试验 求得值	均数	单元试验 求得值	二元试验 求得值	均数	单元试验 求得值	二元试验 求得值	均数	单元试验 求得值	二元试验 求得值	均数
高肥黑土	1982	18.6	12.9	15.8	8.2	9.0	8.6	29.6	23.1	26.4	9.5	8.9	9.2
	1983	16.7	18.0	17.4	9.7	11.0	10.4	28.4	25.5	27.0	12.1	15.5	13.8
	两年各点 年度均数 年度均数 变幅	16.0 15.8~17.4			9.4 8.6~10.4			26.0 26.4~27.0			11.0 9.2~13.8		
中肥黑土	1982	21.1	21.2	21.2	9.1	8.6	8.9	25.9	25.7	25.8	12.0	11.6	11.8
	1983	20.7	23.6	22.2	11.8	13.2	12.5	23.5	26.8	25.2	13.4	17.5	15.5
	两年各点 年度均数 年度均数 变幅	21.8 21.2~22.2			10.3 8.9~12.5			25.8 25.2~25.8			13.0 11.8~15.5		
低肥黑土	1982	19.7	20.9	20.3	9.6	7.8	8.7	23.6	23.3	23.5	13.0	10.1	11.6
	1983	19.2	21.2	20.2	11.1	13.3	12.2	23.6	22.4	23.2	12.6	16.7	14.7
	两年各点 年度均数 年度均数 变幅	20.2 20.3~20.2			10.6 8.7~12.2			23.3 23.2~23.5			13.2 11.6~14.7		

表 21—2 氮磷经济用量与最高产量施肥量下的玉米产量 (单位: 斤/亩)

土壤肥力	试验年度	经济施肥量的产量		最高施肥量的产量	
		平均产量	亩产变幅	平均产量	亩产变幅
高肥力黑土	1982	990	911~1040	1009	912~1082
	1983	1330	1217~1414	1348	1243~1442
	两年各点均数 年度均数变幅	1130 990~1330		1150 1009~1348	
中肥力黑土	1982	932	716~1153	946	728~1162
	1983	1232	873~1414	1234	885~1464
	两年各点均数 年度均数变幅	1040 932~1232		1063 946~1234	
低肥力黑土	1982	813	583~1000	827	586~1008
	1983	912	563~1122	921	610~1125
	两年各点均数 年度均数变幅	871 813~912		880 827~921	

从表 21—1 和表 21—2 可见: 每个年度 (1982 年和 1983 年) 不同肥力黑土上的两组化肥试验 (氮磷单元与二元试验), 所获得的经济和最高施氮量代表值 (即一种黑土肥力一

组试验中各点的平均数)均数相近但产量不同, 1982年为平年气候条件下产量, 而1983则为丰年气候条件下产量。如高肥力黑土经济施氮量, 1982年获得值为15.8斤/亩, 平均亩产990斤, 亩产变幅为911~1040斤, 而1983年为17.4斤/亩, 平均亩产1330斤, 亩产变幅为1217~1414斤; 最高施氮量1982年为26.4斤/亩, 平均亩产1009斤, 亩产变幅为912~1082斤, 1983年为27.0斤/亩, 平均亩产1348斤, 亩产变幅为1243~1442斤。两年氮量数字接近, 但1983年产量高于1982年。在中肥力黑土上两年得到的经济施氮量和最高施氮量, 也十分接近, 分别为21.2与22.2和25.8与25.2, 平均亩产分别为932斤与1232斤和946斤与1234斤, 亩产变幅分别为716~1153与873~1414和728~1162与885~1464, 1983年产量仍高于1982年。而在低肥力黑土上, 两年得到的数字更接近, 分别为20.3与20.2和23.5与23.2, 平均亩产分别为813斤与912斤和827斤与921斤, 亩产变幅为583~1000与563~1122和586~1008与610~1125, 还是1983年产量高于1982年。两年的试验结果证实, 不同肥力黑土经济施氮量和最高施氮量年度间均数变幅很小, 变幅上下限之差仅仅在0.1~1.5斤/亩之间。可见, 1983年获得玉米高产的重要原因, 是同该年的丰年气候与磷肥吸收量的增加有关。

从表21—1还可以看到: 两年四组(两组单元、两组二元试验)试验获得的经济施氮量、各点的均数, 高肥力黑土为16.0斤/亩, 中肥力黑土为21.8斤/亩, 低肥力黑土为20.2斤/亩; 最高施氮量各点的均数, 高肥力黑土为26.0斤/亩, 中肥力黑土为25.8斤/亩, 低肥力黑土为23.3斤/亩。低肥力黑土的经济施氮量和最高施氮量均较中肥力黑土低, 其主要原因是“真正的低产地块由于生产条件差或缺乏水源等不能发挥氮肥的作用。”〔6〕

从表21又可以看到: 两年四组试验获得的经济施磷量各点的均数, 高、中、低三种肥力黑土分别为9.4、10.3和10.6斤/亩; 最高施磷量各点的均数, 高、中、低三种肥力黑土分别为11.0、13.0和13.2斤/亩。年度间均数变幅较大, 变幅上下限之差大于氮肥, 经济施磷量的变幅上下限之差, 为1.8~3.7斤/亩, 最高施磷量的变幅上下限之差为3.1~4.6斤/亩。1983年经济施磷量和最高施磷量均高于1982年, 产生这种现象的主要原因同气候有关。1983年吉林省长春和四平两地区为建国以来少见的丰年气候: 同1982年相比, 5~9月积温虽然相近, 但降雨量确不一样, 1983年春播期间雨量充沛, 4月26、27、29日降雨50毫米以上, 而1982年春季降雨较少; 1983年7、8月降雨量达291毫米比1982年同时期多147.3毫米。1983年的气候是充分发挥磷肥增产效益罕见的一年。特别是磷肥在适宜的温度、水分及适量氮肥配合下, 促进了玉米根系发育、幼苗生长、增加玉米粒数和促进玉米灌浆、籽粒饱满, 增加百粒重。因此, 玉米单产普遍比1982年高150~450斤/亩。这就是1983年玉米经济施磷量和最高施磷量均高于1982年的主要原因。丰年气候与玉米需磷量的增加是获得1983年玉米丰收的重要原因之一。

3、经济施肥量和最高施肥量下的氮磷配比

将两年来在不同肥力黑土玉米田块上取得的经济施肥量和最高施肥量下的氮磷配比及其变幅列表22。

表22

经济用量与最高用量下的氮磷配比

土壤肥力	经济施肥量		最高施肥量	
	N: P ₂ O ₅	氮磷配比变幅	N: P ₂ O ₅	氮磷配比变幅
高肥力 黑土	1 : 0.59	1 : 0.5~1 : 0.67	1 : 0.43	1 : 0.53~1 : 0.35
中肥力 黑土	1 : 0.50	1 : 0.4~1 : 0.59	1 : 0.53	1 : 0.63~1 : 0.46
低肥力 黑土	1 : 0.53	1 : 0.43~1 : 0.59	1 : 0.56	1 : 0.63~1 : 0.50

三、小 结

经过两年来,在、长春、四平两地区的怀德、梨树、伊通、榆树、德惠、九台、长春和双阳等县不同肥力黑土上,进行的氮磷化肥单因子和复因子试验得出:

1、在氮磷化肥有增产作用的情况下,模拟单元氮磷施肥量与产量之间关系的函数式,可确定二次曲线方程 $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$ 。模拟氮磷二元施肥量与产量之间关系的函数式,可确定为二次曲面方程 $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_1X_2 + B_4X_1^2 + B_5X_2^2$ 。

2、氮磷经济用量和最高产量施肥量与土壤肥力及气候因素有关。

(1) 试验结果得出:玉米在丰年气候(1983)条件下,经济施氮量和最高产量施氮量的年度均数与平年(1982年)相近。氮肥用量与土壤肥力有关:高肥力黑土经济施氮量为16.0斤/亩,年度均数变幅为15.8~17.4斤/亩;中肥力黑土为21.8斤/亩,年度均数变幅为21.2~22.2斤/亩;低肥力黑土为20.2斤/亩,年度均数变幅为20.2~20.3斤/亩。高肥力黑土最高施氮量为26.0斤/亩,年度均数变幅为26.4~27.0斤/亩;中肥力黑土为25.8斤/亩,年度均数变幅为25.2~25.8斤/亩;低肥力黑土为23.3斤/亩,年度均数变幅为23.2~23.3斤/亩。

(2) 磷肥的增产效果受气候条件影响很大,1983为历史少见的丰年气候,是充分发挥磷肥增产效果的一年。因此,1983年玉米需磷量较平年气候的1982年高1.8~4.6斤/亩(年度均数)。丰年气候与玉米吸磷量的增加是获得1983年玉米大丰收的重要原因之一。除此之外,磷肥用量还与土壤肥力有关:高肥力黑土两年经济施磷(P₂O₅)量的均数为9.4斤/亩,年度均数变幅为8.6~10.4斤/亩;中肥力黑土为10.7斤/亩,年度均数变幅8.9~12.5斤/亩;低肥力黑土为10.6斤/亩,年度均数变幅为8.7~12.2斤/亩。高肥力黑土最高产量施磷量为11.斤/亩,年度均数变幅为9.2~13.8斤/亩;中肥力黑土13.0斤/亩,年度均数变幅为11.8~15.5斤/亩;低肥力黑土为13.2斤/亩,年度均数变幅为11.6~14.7斤/亩。

在经济施肥量和最高产量施肥量条件下,玉米产量与气候和土壤肥力有关。玉米产量在1983年的丰年气候条件下普遍较平年气候的1982年高100~400斤/亩;玉米产量还随土壤肥力的降低而降低。玉米在高、中、低三种肥力黑土上,经济施肥量条件下,平均亩产和年度亩产变幅分别为1130斤、1040斤、871斤和990~1330斤、932~1232斤、813~912斤;而在最高产量施肥量条件下,平均亩产和年度变幅分别为1150斤、1063斤、880斤和1009~1343斤、946~1234斤、827~921斤。

3、氮磷配比,在经济施肥量情况下,高肥力黑土的氮磷配比为1 : 0.59,氮磷配比变幅1 : 0.5~1 : 0.67;中肥力黑土为1 : 0.5,氮磷配比变幅1 : 0.4~1 : 0.59;低肥力黑土为1 : 0.53,氮磷配比变幅1 : 0.43~1 : 0.59。

在最高施肥量下,高肥力黑土的氮磷配比为 1 : 0.43, 配比变幅 1 : 0.35 ~ 1 : 0.53; 中肥力黑土为 1 : 0.53, 配比变幅 1 : 0.46 ~ 1 : 0.63; 低肥力黑土为 1 : 0.56, 配比变幅 1 : 0.5 ~ 1 : 0.63。

主要参考文献

- (1) 张宁: 确定经济合理施肥量采用的肥料试验设计及其统计分析方法。中国农科院土肥所化肥网组。
- (2) PC—1500电子计算机程序应用手册, 北京市文用服务部。
- (3) 张宁: PC—1500型电子计算机应用程序, 中国农科院土肥所。
- (4) 张宽: 1982年, 利用经验公式经济参数确定氮磷化肥最佳施肥量, 吉林农业科学 4期。
- (5) 中国农科院土肥所化肥试验网: 1983年, 我国氮磷钾化肥的增效果、适宜用量和配合比例, 土壤肥料 6期。