

# 黑土肥力监测及肥效定位试验研究

解惠光 李庆荣 李秀南

(黑龙江省农业科学院土壤肥料研究所)

**摘要** 连续 12 年不施肥作物产量逐年下降,每轮作周期平均下降 7.6 个百分点;单施有机肥(马粪 1 250 公斤/亩,三年一次),产量也逐渐下降,每轮作周期平均下降 0.9 个百分点;单施氮肥或氮磷、氮钾、氮磷钾肥配合施用,产量逐渐上升;单施磷肥、钾肥或磷钾肥配合施用,产量逐年下降。连续 12 年不施肥耕层土壤有机质和全钾含量无显著变化,全磷稍有下降,速效磷明显下降;连续施用有机肥,有机质含量逐渐上升,全氮全钾无明显变化,速效磷含量逐渐下降;连续施用氮磷钾肥促进了它们在土壤中的积累,氮磷、氮钾、氮磷钾肥配合施用,有机质含量缓慢上升。

## 一、前言

哈尔滨黑土肥力监测与肥效长期定位试验点,是我省迄今规模最大历史最长的一个定位试验点,也是国内历史较久的定位试验点之一。试验目的是监测黑土在长期不施肥、施用有机肥、化肥以及有机肥与化肥配合施用的情况下,作物产量和产品品质的变化趋势,土壤肥力的演变规律,以及土壤—肥料—作物三者互相效应的关系等。该监测点所代表的松嫩平原黑土是我国重要的商品粮基地,面积约 8 000 万亩,占黑龙江省耕地面积的 53%。因此,开展这项试验,对科学培肥黑土、合理开发黑土资源和建立高产优质高效益施肥体系,具有重要的深远意义。

试验点位于东经 126°35',北纬 45°40',海拔 151 米,属松花江二级阶地,地势平坦,成土母质为洪积黄土状粘土。气候属中温带大陆性季风气候,年平均温度 3.5℃,年降水

量 533 毫米,无霜期 135 天。

试验地 1979 年所挖的剖面按发生学层次描述如下:

0~20 厘米:棕褐色,中壤质,疏松,有小粒状结构,稍湿,多量植物根系,下部有不明显的犁底层。

20~54 厘米:浅棕褐色,稍紧实,粘壤质,有少量铁锰结核,植物根系较少,无石灰反应,稍湿。

54~85 厘米:粘壤质,浅棕色,有铁锰结核,出现少量  $\text{SiO}_2$  粉末,植物根系极少,稍湿,稍紧实,小粒状结构至无明显结构。

85~115 厘米:棕黄色,粘壤质, $\text{SiO}_2$  粉末较多,植物根系极微量,比上层湿润,核状结构,有鼠洞,有小虫孔,有少量铁锰结核。

115~165 厘米:暗棕色,粘壤质,紧实,大量  $\text{SiO}_2$  粉末形成花纹状,上部有铁锰结核,核块状结构,湿润。

165~220 厘米:大块状构造, $\text{SiO}_2$  比上层少,紧实,有大量铁锈斑,靠底部偏粘,有大

注:参加本试验者还有杨荣厚、王玉生、郑铁军、刘学才和丁东等同志。

表 1

定位试验地土壤剖面农化性状

层 次 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	碱解氮 (mg/100g)	全磷 (%)	速效磷 (mg/100g)	全钾 (%)	速效钾 (mg/100g)	pH
0~10	2.70	0.148	14.92	0.107	5.10	2.531	21.00	7.45
10~20	2.64	0.146	15.30	0.107	5.10	2.500	19.00	7.00
20~30	2.39	0.140	16.04	0.100	4.83	2.625	20.04	7.10
30~54	1.41	0.064	8.59	0.066	0.80	2.406	18.40	7.45
54~85	1.36	0.057	8.77	0.070	2.10	2.906	17.40	7.50
85~115	2.03	0.107	6.90	0.090	2.50	2.719	19.40	7.00
115~165	0.61	0.036	5.41	0.085	3.15	2.813	16.00	7.22
165~220	0.60	0.045	3.17	0.098	4.08	2.125	16.00	7.20

注:1979年9月采样。

粒铁锰结核,湿润。

试验地剖面各层次土壤农化性状如表 1。

## 二、试验设计、处理及方法

1980 年开始按小麦—大豆—玉米顺序轮作,至 1991 年已经历了 4 个轮作周期。试验地总面积为  $62 \times 130 = 8060$  平方米,小区面积为  $5.6 \times 30 = 168$  平方米(四倍量区为  $6.3 \times 7.5 = 47.25$  平方米,每小区 8 行,行距 70 厘米,无重复。

1980 年设 15 个常量施肥处理,1986 年增设 7 个二倍量和 7 个四倍量处理,连同各自的无肥处理共计 32 个区。常量组的化肥施量,在小麦和玉米上为氮素 10 公斤/亩,五氧化二磷 5 公斤/亩,氧化钾 5 公斤/亩;在大豆上为氮素 5 公斤/亩,五氧化二磷 10 公斤/亩,氧化钾 5 公斤/亩,记作  $N_1, P_1, K_1$ 。有机肥为纯马粪,每轮作周期施一次,施于玉米茬,按含氮量计 5 公斤/亩(约为 1 240 公斤马粪),记作  $D_1$ 。二倍量组的施肥量为常量组的二倍,记作  $N_2, P_2, K_2, D_2$ ;四倍量组的施肥量为常量组的四倍,记作  $N_4, P_4, K_4, D_4$ 。

在秋收后施肥翻地前采土样,每小区取 10 点混合。分析方法是:全氮—开氏蒸馏法,全磷—钼兰比色法,全钾—火焰光度法,碱解氮—碱解扩散吸收法,速效磷—0.5MNaHCO<sub>3</sub> 浸提,钼兰比色法,速效钾—1N

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>AC 浸提,火焰光度法,pH 值—酸度计测定。作物子实蛋白质—全氮量换算法,赖氨酸—茚三酮比色法。

## 三、试验结果

### (一)作物产量和品质的变化

1. 连续不施肥作物产量的变化 连续 12 年不施肥(CK<sub>1</sub>),每个轮作周期作物总产量平均下降 59 公斤/亩,平均减产 7.6 个百分点;小麦产量平均下降 28 公斤/亩,平均下降 16.6 个百分点;玉米产量平均下降 28 公斤/亩,平均下降 5.9 个百分点;大豆产量平均下降 3 公斤/亩,平均下降 2.2 个百分点(见表 2)。

表 2 无肥区作物产量变化

年 度	作物产量(kg/亩)			周期总产 (kg/亩)
	小麦	大豆	玉米	
1980	169			
1981		138		
1982			466	773
1983	159			
1984		151		
1985			390	700
1986	122			
1987		91		
1988			478	691
1989	85			
1990		129		
1991			383	597

2. 单施有机肥作物产量的变化 每个轮作周期施一次有机肥(马粪 1 250 公斤/亩,

相当氮素 5 公斤/亩), 作物产量在波动中下降。轮作周期总产量平均下降 7.3 公斤/亩, 年平均减少 0.9 个百分点。小麦产量平均下降 24.7 公斤/亩, 平均减少 13.5 个百分点; 大豆产量平均下降 2.7 公斤/亩, 平均减少 2.0 个百分点; 玉米产量平均上升 20 公斤/亩, 平均增加 4.1% (见表 3)。

表 3 有机肥(D<sub>1</sub>)区产量变化

年 度	作物产量(kg/亩)			周期总产 (kg/亩)
	小麦	大豆	玉米	
1980	183			
1981		134		
1982			490	807
1983	233			
1984		137		
1985			459	829
1986	163			
1987		86		
1988			460	709
1989	109			
1990		126		
1991			550	785

3. 单施化肥作物产量的变化 每个轮作周期单施氮肥 25 公斤/亩, 作物产量呈上升趋势。每个轮作周期平均增产粮豆 24.7 公斤/亩, 增产 3.29%。单独施用磷肥 20 公斤/

亩, 或钾肥 15 公斤/亩, 作物产量呈下降趋势, 周期产量平均下降 42.3 公斤/亩和 30.0 公斤/亩, 分别减少 5.3 个百分点和 3.9 个百分点。氮磷钾增产粮豆公斤数均呈逐渐上升趋势; 全期平均单施氮肥为 4.21 公斤/公斤氮, 单施磷肥为 2.74 公斤/公斤磷。单施钾肥为 2.8 公斤/公斤钾, 由此看出, 随着时间的推移, 磷肥和钾肥的每公斤磷和钾的增产量并不下降 (见表 4)。

#### 4. 氮磷钾化肥配合施用作物产量的变化

氮磷肥配合施用和氮钾肥配合施用, 作物产量均呈上升趋势。每个轮作周期施氮素 25 公斤/亩和五氧化二磷 20 公斤/亩, 产量平均提高 28.7 公斤/亩, 平均增产 3.6%。每周施氮素 25 公斤/亩加氧化钾 15 公斤/亩, 产量平均提高 22.0 公斤/亩, 增产 2.8%。氮磷肥配合肥效高于氮钾肥配合。磷钾肥配合施用, 作物产量呈下降趋势, 周期平均减产 18.7 公斤/亩, 减产 2.4 个百分点。氮磷钾肥配合施用在第一轮作周期联应效果明显, 在第二、三、四周期里的作物产量, 与单施氮肥的效果接近, 但由于施肥总量高, 单位肥料的增产量低得多。

表 4 化肥区作物产量和肥效的变化

处 理	轮作周期 总产量(kg/亩)/单位肥料增产(kg/kg)				
	I	II	III	IV	合计/平均
N <sub>1</sub>	$\frac{752}{-0.84}$	$\frac{819}{4.76}$	$\frac{785}{3.76}$	$\frac{826}{9.16}$	$\frac{3182}{4.21}$
P <sub>1</sub>	$\frac{804}{1.55}$	$\frac{753}{2.65}$	$\frac{746}{2.75}$	$\frac{677}{4.00}$	$\frac{2980}{2.74}$
K <sub>1</sub>	$\frac{766}{-0.47}$	$\frac{756}{3.73}$	$\frac{731}{2.67}$	$\frac{676}{5.27}$	$\frac{2929}{2.80}$
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	$\frac{797}{0.53}$	$\frac{777}{1.71}$	$\frac{812}{2.69}$	$\frac{883}{6.36}$	$\frac{3269}{2.82}$
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	$\frac{794}{0.53}$	$\frac{864}{4.10}$	$\frac{750}{1.48}$	$\frac{860}{6.58}$	$\frac{3268}{3.17}$
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	$\frac{779}{0.17}$	$\frac{885}{5.29}$	$\frac{763}{2.06}$	$\frac{723}{3.60}$	$\frac{3150}{2.78}$
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	$\frac{847}{1.23}$	$\frac{817}{1.95}$	$\frac{748}{0.95}$	$\frac{868}{4.52}$	$\frac{3280}{2.10}$

不同化肥种类和不同组合对各种作物的效果不同, 表 5 列出了各种作物的产量变化。

由此看出, 单施氮肥玉米产量逐渐提高, 单施磷肥和钾肥小麦产量则逐渐下降。氮磷肥配

合施用小麦、玉米产量逐渐上升,大豆产量基本稳定,氮钾肥配合施用,玉米产量稳步上

升,大豆产量下降(见表 5)。

表 5 施用化肥各种作物产量变化 (公斤/亩)

处 理	作物 周 期	小 麦				大 豆				玉 米			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	N <sub>1</sub>	156	201	158	97	106	147	93	126	490	471	534	603
	P <sub>1</sub>	182	167	139	106	141	141	121	136	481	445	486	435
	K <sub>1</sub>	160	162	123	100	150	164	89	128	456	430	579	448
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	160	201	219	210	145	159	96	139	492	417	497	534
	N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	162	248	177	144	139	150	102	115	493	466	471	601
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	151	283	165	104	145	148	83	139	483	454	515	480
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	156	204	223	145	172	113	76	130	519	500	449	593

5. 有机肥和化肥配合施用作物产量的变化 有机肥配合磷肥和钾肥施用,作物产量呈下降趋势。有机肥配合氮肥施用,作物产量呈上升趋势。有机肥与氮磷肥、氮钾肥、氮磷钾肥配合施用,作物产量基本保持上升趋势,有机肥配合磷钾肥施用,产量基本维持不变(见表 6)。

表 6 有机肥化肥配合施用作物产量变化

处 理	轮作周期产量总和 (kg/亩)			
	I	II	III	IV
D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	779	796	714	887
D <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	851	807	773	724
D <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	790	804	703	738
D <sub>1</sub> N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	828	826	831	948
D <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	813	803	726	880
D <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	807	861	756	811
D <sub>1</sub> N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	852	808	814	880

6. 高量施用有机肥和化肥作物产量的变化 自 1986 年开始增设的施肥二倍量和四倍量处理,至 1991 年已种植两个轮作周期,由于试验年限短看不出产量变化趋势。从观察及调查看出,尽管肥料秋施并翻地,二倍量氮肥(N<sub>2</sub>)处理有烧苗现象,四倍量氮肥(N<sub>4</sub>)烧苗较重。

7. 长期不施肥与长期施有机肥及氮磷钾肥对作物子实品质也有影响 长期施氮磷钾及有机肥,特别是氮肥,玉米子实中蛋白质含

量绝对值提高幅度为 0.13~2.44%,小麦为 0.1~6.6%,大豆为 0.23~2.67%,子实中氨基酸也呈增加趋势。

## (二)土壤性质的变化

1. 土壤有机质含量变化 连续 12 年不施肥(CK<sub>1</sub>),耕层(0~20 厘米)土壤有机质含量无显著变化,波动在 2.37~2.79 间。种植 6 年的二倍量和四倍量处理的无肥区(CK<sub>2</sub>、CK<sub>3</sub>)也有同样的趋势。

施用有机肥提高了耕层土壤有机质含量。三年施一次马粪,相当于氮素 5 公斤(D<sub>1</sub>),有机质年增率平均在  $2.4 \times 10^{-4}$  左右。有机质积累速度随施肥量增加而加快,每次施入有机肥氮素 10 公斤(D<sub>2</sub>)和 20 公斤(D<sub>4</sub>)时,有机质年增率分别提高到  $2.6 \times 10^{-4}$  和  $2.8 \times 10^{-4}$ 。

施用化肥的各处理,耕层有机质含量稳中有升。每个轮作周期施入氮素 25 公斤,五氧化二磷 20 公斤(N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>),有机质含量年增率在  $2.5 \times 10^{-4}$  左右,施肥量增加二倍(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>)和四倍(N<sub>4</sub>P<sub>4</sub>),有机质年增率分别上升到  $3.3 \times 10^{-4}$  和  $5.5 \times 10^{-4}$ 。

有机肥和化肥配合施用,加速了耕层有机质的积累。每个轮作周期施入马粪氮素 5 公斤加氮肥 25 公斤,五氧化二磷 20 公斤者(D<sub>1</sub>N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>),有机质年增率达到  $3.5 \times 10^{-4}$ ,施肥量增加二倍(D<sub>2</sub>N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>)和四倍(D<sub>4</sub>N<sub>4</sub>P<sub>4</sub>),有

机质年增率分别上升到  $4.2 \times 10^{-4}$  和  $7.1 \times 10^{-4}$  (见图 1)。

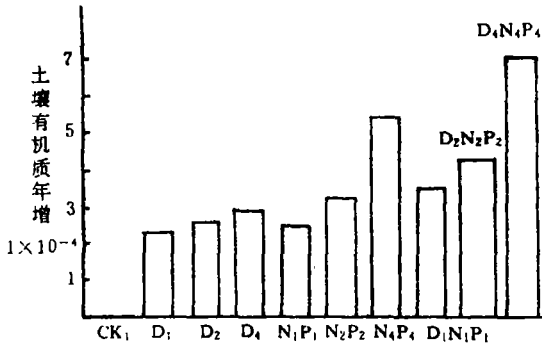


图 1 土壤有机质含量年增率

2. 氮素含量变化 连续 12 年不施肥, 耕层土壤全氮含量无显著变化。

每个轮作周期施一次有机肥, 无论施肥量高低, 耕层土壤全氮含量都无规律性变化。

施用氮素化肥引起土壤氮的积累, 每个轮作周期施入氮素 25 公斤 ( $N_1$ ), 耕层全氮含

量年平均增率  $2.6 \times 10^{-5}$ ; 施入氮素 25 公斤加五氧化二磷 20 公斤 ( $N_1P_1$ ) 时, 全氮年增率  $2.8 \times 10^{-5}$ ; 施入氮素 25 公斤, 五氧化二磷 20 公斤, 氧化钾 15 公斤 ( $N_1P_1K_1$ ) 时, 全氮年增率  $3.8 \times 10^{-5}$ 。

试验开始以来, 耕层土壤碱解氮含量均趋上升, 但总的来看处理间的差异不大, 各施氮素化肥的处理碱解氮含量升值稍高。

1986 年测定了施用常量化肥各处理耕层土壤氮素组成。和对照相比, 施用氮磷钾化肥的土壤氮素组成中, 水解有机氮总量提高, 其中水解铵和氨基酸相对升高, 已糖胺相对下降。

3. 磷素含量变化 连续不施肥耕层土壤全磷含量稍有下降趋势。

施用磷素化肥的各处理, 耕层土壤全磷含量均有上升。每个轮作周期施入五氧化二磷 20 公斤 ( $P_1$ ), 年平均上升  $3.7 \times 10^{-5}$ , 施入五氧化二磷 40 公斤 ( $P_2$ ) 和 80 公斤 ( $P_4$ ) 者, 分别上升  $9.7 \times 10^{-5}$  和  $11.5 \times 10^{-5}$ 。

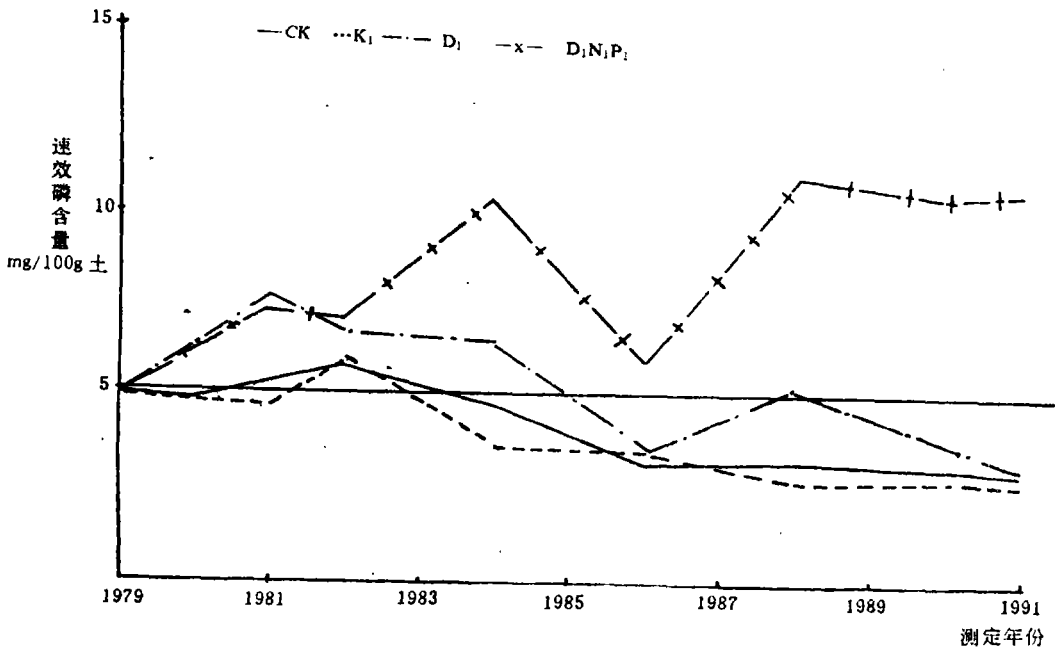


图 2 土壤速效磷含量变化

有机肥配合磷肥施用, 促进了磷素积累, 施用常量有机肥加磷肥, 全磷含量年平均上

升  $4.8 \times 10^{-5}$ , 施用二倍量和四倍量肥料时, 全磷量年平均上升  $10.3 \times 10^{-5}$  和  $14 \times 10^{-5}$ 。

连续不施肥, 耕层土壤速效磷含量逐年下降, 年平均下降 0.17 个百分点左右。

单施有机肥, 耕层土壤速效磷含量迅速下降, 平均年下降 0.35 毫克/百克土, 有机肥施用量越高, 递减速度越快。

试验过程中施用氮钾化肥, 耕层速效磷含量始终低于无肥区, 而施用磷素化肥的各处理, 速效磷含量均逐年增加(见图 2)。

1986 年测定的  $CK_1$ 、 $N_1$ 、 $P_1$ 、 $N_1P_1$  和  $N_1P_1K_1$  处理耕层土壤磷素组成表明, 和对照相比, 各施肥处理磷素中有机磷组份明显提高, 无机磷含量降低, 无机磷中  $Ca-P$ 、 $Al-P$  相对提高,  $O-P$  相对降低。

4. 钾素含量变化 黑土钾本底较高, 因而连续 12 年不施肥和各种施肥处理对耕层全钾含量的影响都不大。

所有施肥处理耕层速效钾含量都保持在 20~30 毫克/百克土之间, 无肥区速效钾含量略低。

5. pH 值变化 连年不施肥耕层土壤 pH 值有上升趋势。

大量施用化肥, 或大量化肥和有机肥配合施用, 均使耕层土壤 pH 值逐渐下降, 施肥量越大越显著。例如每个轮作周期施入氮素 50 公斤( $N_2$ ), 经过两个轮作周期(6 年)pH 从 7.20 降至 6.23, 施入氮素 100 公斤( $N_4$ )时, pH 从 7.10 降至 5.35。

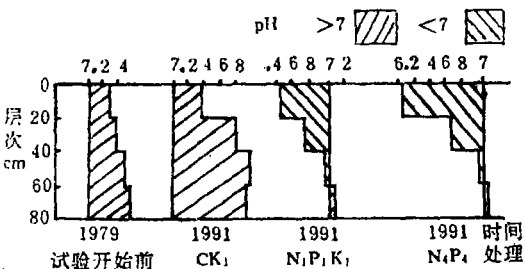


图 3 剖面上 pH 值的变化

从剖面看, 随试验年限延长, 无肥区土壤底层 pH 值有增加趋势。单施化肥, 特别是大量施用化肥, 上层土壤有变酸的趋势。试验年

限越长, 变酸加重(见图 3)。

## 四、结果分析与讨论

### (一) 土壤农化指标变化对产量的影响

试验开始前耕层土壤碱解氮、速效磷、速效钾之比为 2.9:1:3.9。连续施用不同肥料改变了有效氮磷钾的比例。施用氮肥提高了土壤碱解氮和速效钾比例; 施用钾肥提高了土壤速效钾和碱解氮比例; 氮磷配合和磷钾配合稍提高了速效磷的比例。总的来看, 速效磷比例降低产量有降低趋势。连续 12 年不施肥, 大部分指标无明显变化, 唯有 pH 值缓慢上升, 速效磷含量逐年下降, 产量也逐渐下降。为此速效磷不足是影响产量的重要原因。

### (二) 关于肥料间的交互效应问题

氮磷钾化肥配合施用, 或化肥与有机肥配合施用, 基本上没表现联应效果。初步认为是施肥水平偏高所致, 图 5 表示出一部分处理四个轮作周期的增产总量, 即单因素加合与组合处理的比较, 看出, 除磷肥与钾肥加合略低于磷钾组合处理外, 其他组合均不如单独施用, 这一问题有待进一步探讨。

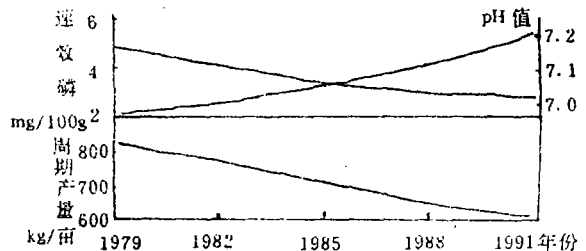


图 4 速效磷、pH、周期产量的变化

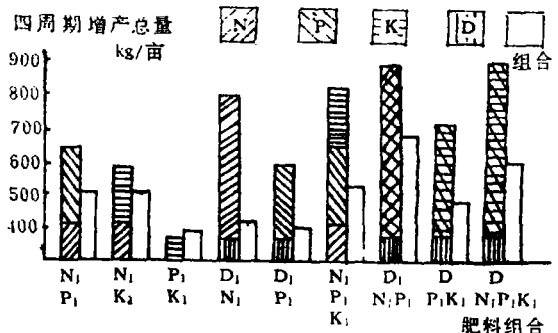


图 5 肥料间的交互作用

### (三)化肥的经济效益问题

根据中国统计年鉴(1991年)给出的我国八十年代各年度粮肥比价推算的施肥产投比列于表7。由于价格变动较大,计算未必准确,但可以肯定所有施肥处理的经济效益都不高。二倍量和四倍量处理的产投比更低。

表7 化肥的经济效益

处 理	各轮作周期产出/投入 (元/元)			
	I	II	III	IV
N <sub>1</sub>	-0.66	1.04	0.19	0.76
P <sub>1</sub>	0.48	0.83	0.24	0.42
K <sub>1</sub>	0.40	0.90	0.54	0.47
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0.13	0.47	0.15	0.67
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.09	1.03	0.12	0.57
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.16	1.45	0.14	0.35
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.40	1.08	0.15	0.42

### (四)养分的供需平衡状况框算

施用化肥各处理相应养分的产出均小于投入而盈余,其中施氮肥处理氮产出占投入

的75%左右;施磷处理磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)产出占投入的35%左右;施钾处理钾(K<sub>2</sub>O)产出占投入的60%左右,其盈余磷>钾>氮。施用有机肥处理,氮磷钾均亏空,氮投入占产出的50%,磷占40%,钾占50%左右。无肥区作物对土壤的消耗很大,磷尤为明显(见表8)。

表8 营养元素投入产出框算

处 理	投入总量(kg/亩)			产出总量(kg/亩)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
N <sub>1</sub>	136.7	6.2	19.3	104.1	32.9	50.4
P <sub>1</sub>	36.8	86.4	18.8	102.3	31.2	47.2
K <sub>1</sub>	35.8	5.9	76.6	98.7	30.0	45.3
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	136.6	87.2	21.4	109.2	33.7	50.2
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	138.6	6.7	81.3	108.0	33.5	50.8
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	39.1	86.6	80.4	105.4	32.7	49.1
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	139.0	86.7	81.2	107.1	33.7	51.0
CK <sub>1</sub>	36.8	5.9	17.1	95.7	29.5	44.3
D <sub>1</sub>	53.2	13.7	23.9	103.3	32.3	48.7

## 白浆土混层改良的效果

刘 峰 赵德林 贾会彬 洪福玉

(黑龙江省农科院合江农科所)

**摘要** 通过小型小区田间模拟试验,研究混层改土对白浆土物理性质和作物产量的影响。试验结果表明,将白浆层与淀积层混拌,促使白浆层和淀积层硬度相应减少7.68和5.96公斤/平方厘米,容重降低0.25和0.11克/立方厘米,孔隙度增加5~8%,贮水量提高20.6毫米/10厘米土层,三年平均作物增产15.7%,改土效果持续5年以上。指出了进一步研究的问题。

白浆土是三江平原主要低产土壤之一,其中耕地面积占总耕地面积的29%。过去大量研究证明,白浆土的低产原因主要是黑土层薄,养分总贮量低,以及土体构型中存在着障碍层次——白浆层,土壤抗灾能力差,作物

产量低而不稳。

过去在改良白浆土的研究和实践中,往往只注意对表层土的改良,多从增加土壤养分和提高土壤有机质等方面入手<sup>(1,2)</sup>,虽然收到一定的改土增产效果,但没从根本上消除