

# 黑土和白浆土上磷肥肥效与土壤性质 和氮素供应水平的关系\*

袁增玉 黄楚玉 王子文 李淑华

(黑龙江省农业科学院)

一般认为磷肥施入土壤后,能迅速地转化成难以被作物利用的状态。武玫玲等人<sup>[1]</sup>指出,可溶性磷酸盐施入土壤2小时后,有40%转化为0.5N HAc不能溶解的状态,经过一个月增加到80%以上。许多研究亦指出,土壤可溶性和交换性盐基的性质和含量<sup>[2]</sup>、土壤粘土矿物组成<sup>[3]</sup>、土壤的pH值<sup>[4]</sup>、影响化学平衡的时间、温度和水分含量等<sup>[5]</sup>,都可影响磷肥的转化过程。陈魁卿等<sup>[6]</sup>认为,黑土中的活性铁铝含量与磷酸的吸收没有规律性;而白浆土<0.01毫米的物理性粘粒与磷肥吸收关系较大。综上所述,磷肥肥效受到土壤诸因子的制约。

作物的氮、磷营养有明显的依赖关系,磷素供应不足,氮素代谢受到抑制,而氮素又是作物利用磷素不可缺少的条件<sup>[7]</sup>。因此不少研究证明,磷肥和氮肥配合施用可显著提高磷肥效果<sup>[8]</sup>。

目前有关磷肥问题的研究多偏重于作物对磷肥的需要程度和增产的效果,结合具体作物吸收利用磷肥的特点而加以阐述的不多。本文系1963—1964年的部分研究结果。拟从作物、肥料、土壤三者关系出发,应用放射性同位素着重探讨如下几个问题:

(1) 比较两种不同性质的土壤施用磷肥的效果,以及不同量氮肥与磷肥配合,对提高磷肥效果的作用。

(2) 不同水平的氮素对肥料磷与土壤磷的活化,及在盆栽条件下小麦各生育期对两种磷素的吸收利用情况。

(3) 不同土壤和氮素水平下,小麦各生育期对肥料磷和土壤磷的利用率。

## 一、試驗材料和方法

供试作物为合作六号春小麦。

供试土壤有二:(1)中壤质地少量腐殖质的薄层黑土(简称黑土),采自哈尔滨南郊本院试验地。(2)岗地白浆土(简称白浆土),采自本省桦川县曙光农场第一生产队。供试土壤的性质及前作见表1。

共进行了两年盆栽试验,全部用15升密氏盆。每盆装土12公斤。两种土壤校正到相同含水量。定苗25株/盆。两年分别于4月26日和28日播种,7月底至8月初收获。小麦植株和土壤分析三次重复,生育调查和产量计算四次重复。1963年7个处理:对照、

\* 参加试验的尚有王作勋和刘淑芬同志,部分测定工作由院综合化验室完成,谨此致谢。

表 1 土壤的农化性质

年度	土 类	土壤层次 (厘米)	前作	全 氮 (%)	水解氮 (毫克/ 100克土)	全 磷 (%)	速效磷* (毫克/ 100克土)	盐基总量 (毫克当 量/100 克土)	盐基饱 和度 (%)	有机质 (%)	pH	
											水浸	盐浸
1963	黑 土	0—20	小麦	0.20	12.26	0.11	9.12	—	—	—	6.85	5.70
	白浆土	0—20	小麦	0.18	16.57	0.09	0.83	—	—	—	6.35	5.45
		20—30**			0.14	11.98	0.07	0.78	—	—	—	6.30
1964	黑 土	0—20	谷子	0.17	4.20	0.11	6.51	31.06	93.07	2.58	—	5.50
	白浆土	0—20	大豆	0.15	5.00	0.10	0.78	18.60	84.16	3.33	—	5.35

\* 0.2N HCl 提取, 钼蓝法比色。 \*\* 白浆层。

P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, 共 164 盆; 1964 年 6 个处理: 对照、P<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>, 共 84 盆。施肥量: 每公斤土壤 P<sub>1</sub> 为 0.1 克 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P<sub>2</sub> 为 0.2 克, N<sub>1</sub> 为 0.1 克 N, N<sub>2</sub> 为 0.2 克。P 用过磷酸钙, 含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18.44%, N 用硝酸铵, 含 N 34.15%。1963 年每克 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 标记 0.3 毫居里, 1964 年为 0.35 毫居里。标记方法是用 K<sub>2</sub>HP<sup>32</sup>O<sub>4</sub> 溶液与粉状过磷酸钙充分混合呈糊状, 经充分交换平衡后, 在红外灯下烘干磨粉备用。

分析测定: (1) 放射性植株样本系用全盆植株烘干称量, 取 50 毫克, 肥料的称取 54 毫克 (相当 10 毫克 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)。放射性强度的测量按 5% 测量误差确定时间, 并作半衰期、死时间、计数效率和样本厚度的校正。(2) 植株全磷用钼蓝比色法。以上每盆一个样本, 取三盆平均值, (3) 产量数据用“分别处理方法”统计。

## 二、試驗 結果

### (一) 磷肥与氮肥配合施用对小麦生育的影响

在两种土壤上, 氮肥不论单施或与磷配合, 均延长小麦的生育期, 而磷肥则缩短生育期, 这种反应白浆土上比黑土明显。如磷肥与不同量氮肥配合可延长的小麦总生育期, 在黑土上为 2—5 天, 白浆土上为 2—6 天, 单施氮肥黑土上延长 4—5 天, 主要为三叶期—分蘖期, 白浆土上延长 5—8 天, 主要是三叶期—孕穗期。两年试验结果的趋势一致。

### (二) 磷肥与氮肥配合施用对小麦产量构成因素和产量的影响

所有结果列于表 2, 从表 2 可以看到:

(1) 在黑土上单施磷肥, 小穗数不见增加, 与 N 肥配合施用则增加, 而在白浆土上, 不论单施或与 N 配合施用均明显增加小穗数。两种土壤上磷肥单施均增加无效小穗数, 而当配合 N 肥时小穗数一般不见增加, 可以看出施用 N 肥能减少无效小穗数。

(2) 磷肥对于粒重的影响, 1963 年的结果是施磷肥增加千粒重, 增施磷肥用量影响更大, 但 1964 年的结果却均不见增加, 反有减少, 两种土壤趋势基本一致。

(3) 磷肥对有效分蘖的影响, 在黑土上看不出, 在白浆土上单施不见增加, 但在施氮肥的情况下, 有促进的趋势。至于对无效分蘖的影响, 磷肥不论单施或与 N 肥配合, 在黑土上增加的趋势均不明显, 而白浆土上则均有增加。看来, 对分蘖的影响主要是氮肥的作用。

(4) 磷肥单施在两种土壤上的效果不同, 黑土上的小麦两年均减产, *t* 值为 3.07—3.93 (*t* 值大于 2 属差异显著, 下同)。白浆土两年均增产, *t* = 2.27—4.67。在有 N 肥配合施用的情况下, 磷肥在两种土壤上均有增产效果, 但白浆土上的肥效 (*t* = 9.21—24.27) 超

表 2 磷肥、磷肥与氮肥配合施用对小麦产量构成因素和产量的影响

土类及处理	项 目	穗长 (厘米)	小穗 数 (个)	无效 小穗 数 (个)	千粒 重 (克)	有效 分蘖 (个)	无效 分蘖 (个)	茎稈 产量 (克)	籽 实 产 量				
									主茎 产量 (克)	分蘖 产量 (克)	总 产 量		
											重量 (克)	误差	%
1963 年													
黑 土	CK	5.9	11.4	1.2	28.40	0.5	0.6	23.05	15.60	2.84	18.44	±0.24	100
	P <sub>1</sub>	5.9	11.6	1.7	29.10	0.4	0.4	20.18	14.74	1.55	16.29	±0.66	88.3
	P <sub>2</sub>	5.9	11.5	1.9	30.03	0.4	0.8	20.43	14.39	1.19	15.58	±0.52	84.5
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7.7	13.8	1.2	33.30	2.4	0.6	60.55	22.27	30.18	52.45	±0.76	284.4
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	7.5	13.6	1.2	34.07	2.5	1.0	60.80	21.44	32.46	53.90	±0.57	292.3
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	7.9	14.0	1.0	34.65	3.0	1.8	71.97	22.33	39.28	61.61	±1.21	334.1
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	7.7	13.5	1.3	35.08	3.8	1.3	75.11	24.49	41.92	66.41	±0.81	360.1
白浆土	CK	6.2	9.7	0.8	27.80	1.3	0.7	27.38	14.10	5.77	19.87	±0.66	100
	P <sub>1</sub>	6.9	13.5	1.4	30.95	1.2	0.7	30.70	19.57	5.72	25.29	±0.95	127.3
	P <sub>2</sub>	6.9	13.9	1.3	30.40	1.3	0.7	33.80	19.76	7.71	27.47	±1.32	138.3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7.7	14.3	0.8	34.15	2.5	0.5	52.55	23.95	31.06	55.01	±1.61	276.9
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	7.7	14.6	1.0	35.32	2.5	1.1	57.22	24.90	31.52	56.42	±0.56	283.9
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	8.0	14.2	0.7	34.45	2.4	0.9	60.42	25.19	33.73	58.92	±1.08	296.5
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	8.0	14.7	0.9	35.22	2.7	1.5	62.45	25.74	33.13	58.87	±2.12	296.3
1964 年													
黑 土	CK	5.9	14.0	2.8	28.50	0	0.3	32.40	13.58	0	13.58	±0.29	100
	P <sub>1</sub>	5.7	14.2	3.5	26.90	0	0.3	28.95	12.40	0	12.40	±0.11	91.3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7.9	17.1	1.9	30.38	1.7	0.6	117.35	22.95	25.03	47.98	±1.19	353.3
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	8.5	17.3	2.1	29.00	3.0	0.5	130.95	19.75	36.55	56.30	±2.56	414.6
	N <sub>1</sub>	7.6	15.0	1.5	29.50	1.8	0.7	105.18	19.88	24.18	44.05	±2.50	324.4
	N <sub>2</sub>	7.7	14.2	1.1	30.90	3.0	0.4	125.98	19.08	33.83	52.90	±2.69	389.5
白浆土	CK	5.2	10.9	1.7	29.00	0.1	0.3	26.92	11.58	0.13	11.70	±0.26	100
	P <sub>1</sub>	5.3	13.1	3.0	28.80	0	0.4	27.88	12.63	0	12.63	±0.31	108.0
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7.7	16.4	1.7	29.90	1.8	0.5	112.53	20.53	26.95	47.48	±0.69	405.8
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	8.0	16.3	1.6	31.40	2.7	0.5	136.50	20.88	41.13	62.00	±0.86	529.9
	N <sub>1</sub>	6.8	12.5	1.0	29.80	1.5	0.3	66.95	16.05	13.18	29.23	±1.59	249.8
	N <sub>2</sub>	6.6	11.7	0.5	29.10	1.4	0.2	70.20	16.70	13.75	30.45	±0.67	260.3

过黑土上的 ( $t = 2.59-2.86$ ), 增施磷肥效果不显著 ( $t = 0.84-1.34$ )。总的看来, 磷肥在白浆土上的肥效优于黑土, 施磷的处理全部增产,  $t = 2.27-24.27$ 。

### (三) 小麦对磷素的吸收

根据表 3 结果, 小麦吸收的总磷量在两种土壤上均随生长期的增长而增加, 在分蘖期以后剧烈增加, 可达 2—4 倍。增施磷肥, 增加植株的总磷量, 配合氮肥也促进植株总磷量的增加, 但在三叶期以前, 白浆土上氮肥对植株总磷量的影响不如黑土上明显。同时小麦在白浆土上吸收的总磷量一般低于黑土上的。

除白浆土上成熟期的小麦中来自肥料的磷多于土壤供应的外, 在两种土壤上小麦所吸收的磷均是土壤的多于肥料的。增施磷肥促进小麦对肥料磷的吸收。来自土壤的磷与

来自肥料的磷之比则随植株生长而变窄,黑土上单施磷是从 26:1 和 22:1 降至 3:1 和 1:1,配合 N 肥的从 21:1 和 22:1 下降到 1:1 和 3:1。白浆土上的比值较黑土为窄,也即白浆土上的小麦吸收肥料磷多于黑土的。但在两种土壤上小麦对肥料和土壤磷的吸收都是在分蘖期以前略有增加,而以后则迅速增加。

表 3 小麦对磷素的吸收

土类及处理		全盆植株			全盆植株				
		$P_2O_5$ (毫克)	来自肥料 $P_2O_5$ (毫克)	来自土壤 $P_2O_5$ (毫克)	$P_2O_5$ (毫克)	来自肥料 $P_2O_5$ (毫克)	来自土壤 $P_2O_5$ (毫克)		
				三 叶 期			孕 穗 期		
黑 土	$P_1$	22.5±0.6	0.8±0.04	21.7±0.6	231.8±6.2	22.8±1.4	209.0±4.7		
	$P_2$	23.2±0.3	1.0±0.03	22.2±0.3					
	$N_1P_1$	19.4±1.4	0.8±0.02	18.6±1.3					
	$N_1P_2$	36.9±0.6	1.7±0.03	35.2±0.5	360.3±9.8	49.1±2.9	311.3±12.4		
	$N_2P_1$	27.4±0.2	1.2±0.10	26.2±0.3	337.6±6.1	32.0±1.1	305.6±5.1		
	$N_2P_2$	33.8±0.1	1.6±0.08	32.1±0.1	434.1±3.9	57.9±2.6	376.2±1.5		
白浆土	$P_1$	15.1±0.6	1.4±0.04	13.7±0.6	90.8±1.3	28.9±1.5	61.9±2.3		
	$P_2$	25.4±0.5	2.5±0.15	22.9±1.3	108.8±1.6	40.0±1.9	68.8±1.3		
	$N_1P_1$	19.6±0.7	2.0±0.06	17.6±0.7	230.3±3.8	82.3±4.6	148.0±1.5		
	$N_1P_2$	26.2±0.9	2.7±0.11	23.4±0.7	268.6±11.3	101.9±10.0	166.7±6.8		
	$N_2P_1$	19.1±1.0	1.6±0.1	17.5±0.9	250.7±8.6	96.4±3.9	154.3±6.4		
	$N_2P_2$	22.1±1.0	2.4±0.16	19.6±0.9	277.5±3.2	112.1±3.6	165.4±3.8		
				分 蘖 期			成 熟 期		
黑 土	$P_1$	34.1±0.4	1.5±0.02	32.6±0.4	269.4±11.4	63.0±0.8	206.4±10.7		
	$P_2$	52.3±1.5	3.0±0.1	49.2±1.4					
	$N_1P_1$	53.4±2.4	2.4±0.15	51.0±2.3					
	$N_1P_2$	83.1±2.2	5.1±0.28	78.0±2.0	764.3±15.8	237.4±10.0	526.8±25.9		
	$N_2P_1$	62.5±1.4	2.9±0.07	59.6±1.5	881.2±24.5	219.0±5.1	662.1±25.2		
	$N_2P_2$	74.0±6.1	5.0±0.14	69.1±6.2	1108.2±10.5	338.3±16.8	769.9±6.4		
白浆土	$P_1$	36.3±0.8	4.8±0.08	31.4±0.9	323.4±4.0	211.9±11.5	111.5±7.6		
	$P_2$	65.6±3.7	9.7±0.4	55.9±3.4	458.1±7.4				
	$N_1P_1$	39.7±1.7	6.3±0.26	33.4±1.9	633.5±22.4	438.6±22.3	194.9±3.4		
	$N_1P_2$	70.9±3.7	11.3±0.3	59.6±3.6	737.8±5.3	559.4±16.4	178.4±15.8		
	$N_2P_1$	44.5±2.8	6.9±0.12	37.6±2.7	754.1±20.0	527.5±10.0	226.6±24.0		
	$N_2P_2$	61.5±4.1	10.4±0.5	51.1±3.9	925.3±30.2	671.3±42.5	254.0±14.5		

#### (四) 小麦对磷的利用率

表 4 表明,两种土壤上小麦对肥料磷的利用率在分蘖期以前是很低的,以后增加明显,而最高则在孕穗期到成熟期之间,相对地说,则白浆土上的利用率高于黑土上的。另外,施 N 肥均提高磷肥的利用率。但增施磷肥降低磷肥本身的利用率,虽然吸收的总量是增加了(表 3)。

小麦对土壤磷的利用率随生育期而逐渐提高,其利用率的数量级从  $10^{-1}$  增加到  $10^0$ ,但没有象肥料磷的利用率那样增加的快(从  $10^{-2}$  增至  $10^1$ )。N 肥在黑土上能提高小麦对土壤磷的利用率,但在白浆土上则不很明显(表 4),增施磷肥普遍提高小麦对土壤磷

的利用率。

表 4 小麦对肥料磷和土壤磷的利用率

项 目 土类及处理		肥料磷利用率	土壤磷利用率	肥料磷利用率	土壤磷利用率
		(%)	(%)	(%)	(%)
三 叶 期			孕 穗 期		
黑 土	P <sub>1</sub>	$0.069 \pm 3 \times 10^{-3}$	$0.16 \pm 6 \times 10^{-3}$	$1.93 \pm 12 \times 10^{-2}$	$1.55 \pm 3 \times 10^{-2}$
	P <sub>2</sub>	$0.043 \pm 0.2 \times 10^{-3}$	$0.16 \pm 4 \times 10^{-3}$		
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	$0.068 \pm 2 \times 10^{-3}$	$0.14 \pm 10 \times 10^{-3}$		
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	$0.072 \pm 1 \times 10^{-3}$	$0.26 \pm 6 \times 10^{-3}$	$2.04 \pm 12 \times 10^{-2}$	$2.31 \pm 9 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	$0.100 \pm 8 \times 10^{-3}$	$0.19 \pm 4 \times 10^{-3}$	$2.66 \pm 9 \times 10^{-2}$	$2.27 \pm 4 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	$0.068 \pm 3 \times 10^{-3}$	$0.24 \pm 0$	$2.41 \pm 11 \times 10^{-2}$	$2.79 \pm 1 \times 10^{-2}$
白浆土	P <sub>1</sub>	$0.120 \pm 3 \times 10^{-3}$	$0.12 \pm 4 \times 10^{-3}$	$2.41 \pm 12 \times 10^{-2}$	$0.55 \pm 2 \times 10^{-2}$
	P <sub>2</sub>	$0.104 \pm 6 \times 10^{-3}$	$0.21 \pm 12 \times 10^{-3}$	$1.66 \pm 2 \times 10^{-2}$	$0.61 \pm 1 \times 10^{-2}$
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	$0.166 \pm 5 \times 10^{-3}$	$0.16 \pm 6 \times 10^{-3}$	$6.86 \pm 39 \times 10^{-2}$	$1.32 \pm 1 \times 10^{-2}$
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	$0.113 \pm 5 \times 10^{-3}$	$0.21 \pm 6 \times 10^{-3}$	$4.25 \pm 42 \times 10^{-2}$	$1.49 \pm 6 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	$0.136 \pm 8 \times 10^{-3}$	$0.16 \pm 9 \times 10^{-3}$	$8.03 \pm 33 \times 10^{-2}$	$1.38 \pm 6 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	$0.101 \pm 6 \times 10^{-3}$	$0.18 \pm 2 \times 10^{-3}$	$4.67 \pm 15 \times 10^{-2}$	$1.48 \pm 3 \times 10^{-2}$
分 蘖 期			成 熟 期		
黑 土	P <sub>1</sub>	$0.125 \pm 2 \times 10^{-3}$	$0.24 \pm 0$	$5.25 \pm 32 \times 10^{-2}$	$1.53 \pm 8 \times 10^{-2}$
	P <sub>2</sub>	$0.125 \pm 5 \times 10^{-3}$	$0.37 \pm 12 \times 10^{-3}$		
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	$0.203 \pm 13 \times 10^{-3}$	$0.38 \pm 20 \times 10^{-3}$		
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	$0.212 \pm 12 \times 10^{-3}$	$0.58 \pm 15 \times 10^{-3}$	$9.89 \pm 32 \times 10^{-2}$	$3.91 \pm 19 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	$0.240 \pm 6 \times 10^{-3}$	$0.44 \pm 9 \times 10^{-3}$	$18.26 \pm 45 \times 10^{-2}$	$4.92 \pm 19 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	$0.207 \pm 6 \times 10^{-3}$	$0.51 \pm 47 \times 10^{-3}$	$14.09 \pm 71 \times 10^{-2}$	$5.72 \pm 5 \times 10^{-2}$
白浆土	P <sub>1</sub>	$0.404 \pm 6 \times 10^{-3}$	$0.28 \pm 2 \times 10^{-3}$	$17.66 \pm 96 \times 10^{-2}$	$1.00 \pm 7 \times 10^{-2}$
	P <sub>2</sub>	$0.404 \pm 15 \times 10^{-3}$	$0.50 \pm 30 \times 10^{-3}$		
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	$0.523 \pm 22 \times 10^{-3}$	$0.30 \pm 15 \times 10^{-3}$	$36.55 \pm 180 \times 10^{-2}$	$1.74 \pm 3 \times 10^{-2}$
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	$0.470 \pm 11 \times 10^{-3}$	$0.53 \pm 32 \times 10^{-3}$	$23.15 \pm 54 \times 10^{-2}$	$1.59 \pm 14 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	$0.576 \pm 10 \times 10^{-3}$	$0.34 \pm 24 \times 10^{-3}$	$43.96 \pm 83 \times 10^{-2}$	$2.02 \pm 21 \times 10^{-2}$
	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	$0.432 \pm 19 \times 10^{-3}$	$0.46 \pm 37 \times 10^{-3}$	$27.97 \pm 177 \times 10^{-2}$	$2.27 \pm 13 \times 10^{-2}$

### 三、分析与讨论

(一) 黑土和白浆土的磷肥效果主要是土壤性质和养分状况的不同所造成的。黑土的土壤结构好,对水、肥、气、热等土壤肥力因素的调节能力较大。而白浆土土壤致密、粘重,通气性差,水、肥、气、热等因素协调能力较小。黑土与白浆土比较,全氮量稍高,速效氮较低;全磷稍高,而速效磷却高于白浆土8—10倍以上(见表1)。1963年我们在小麦各主要生育期,用同位素测定A值,黑土有效磷的变化范围为7.83—13.11毫克/100克土,白浆土为1.46—4.99毫克/100克土。

黑土贮存速效磷较高,再施入磷肥就会造成其他元素特别是氮素的相对不足,从而限制了磷肥肥效的发挥,甚至有相反的作用。如小麦无效分蘖增加,小穗数减少,生育期缩短,结果产量降低。白浆土的状况则不同,土壤贮藏的速效磷不足,氮磷比例失调,施入

磷肥既可使磷素供应增加,又可调节氮磷比例。因此小麦生长初期就表现良好(见表2),穗长和小穗数增多,产量增高。

黑土速效磷高,施磷肥虽使小麦吸收的总磷量高于白浆土,但其中大部分来自土壤磷,所以施入磷肥效果不显著。白浆土则因速效磷量过低,植株中后期吸收的肥料磷都高于土壤磷,所以施磷肥对增产有明显效果。

为了解磷肥施入土壤后的转化情况,采用简化的契里科夫法,将标记磷肥施入土壤后,分别经15、30、45和60天分组测量其放射强度,与原来肥料中各组磷的含量比较。从表5看出施肥15天以后,测定三种酸溶性磷的百分含量表明,黑土中的磷肥其盐酸溶性磷由原来的4.46%增加到58.39%;醋酸溶性磷由95.5%下降到36.21%;碳酸溶性磷由0.04%增加到5.42%。而施入白浆土中的磷肥其盐酸溶性磷增加到66.49%;醋酸溶性磷下降到27.33%;碳酸溶性磷增加到6.18%。说明磷在土壤中的转化是相当快的。就磷肥在土壤中总的转化趋向来看,盐酸溶性磷增加,醋酸溶性和碳酸溶性磷相对降低。白浆土施磷肥较黑土同一处理的盐酸溶性磷的百分含量要高;但醋酸溶性和碳酸溶性磷要低。这种情况有可能与两种土壤含速效磷量有关。

表5 磷肥在土壤中的转化\*(1964年)

土类及处理	日期 百分含量	5月30日			6月15日			6月30日			7月15日		
		饱和 碳酸	0.5N 醋酸	0.5N 盐酸									
肥料		0.04	95.5	4.46									
黑土 P <sub>1</sub>		5.4	36.2	58.4	1.6	28.0	70.4	5.9	37.2	56.8	2.7	38.2	59.1
白浆土 P <sub>1</sub>		6.2	27.3	66.5	2.2	18.3	79.4	0.9	17.3	81.8	3.6	15.8	80.6

\* 用3.6立升水培缸,装土3公斤。每公斤土施入0.1克P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。1克P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>标记1.5毫居里。保持土壤最大持水量60%的水分。不种作物。表中数字为三个盆样本平均值。

除磷肥在土壤中的转化以外,磷肥的移动也是能影响其肥效的。为此,我们又应用放射性自显影方法,以1倍于土壤最大持水量的水通过土柱,观察磷肥在两种土壤中移动情况<sup>[9]</sup>。黑土中垂直移动距离为4.6厘米,白浆土中为5.8厘米。白浆土中的磷肥,在施肥点上比黑土中多移动0.1厘米;在施肥点下多移动1.1厘米。白浆土中的磷肥,在施肥点上1厘米处水平移动直径为1.2厘米,在黑土中则为0.5厘米。而在施肥点下2厘米处,前者水平移动直径为2.7厘米,后者为2.6厘米。可见,磷肥在白浆土中的移动性大于黑土,这就有利于小麦根系对磷肥的吸收。尤其在小麦生育的中、后期,磷肥移动具有重要意义,前期作物吸收利用根系附近的磷素,中、后期又可以由磷肥的移动而得到补充。

土壤的养分状况,直接影响到小麦植株对磷素的吸收利用。根据我们对盆栽小麦各生育期地上和地下部分所作的测定(表6)看出,磷肥在小麦植株各器官中运转分配的比例是随着生长中心而改变的。磷肥在植株体中运转分配比例越明显,也越能保证生长中心器官形成对磷素的需要。白浆土上的小麦植株磷素运转分配情况,正反映了上述的特点,在分蘖期以前,磷素分配情况与黑土相似,二者至孕穗期磷素分配仍以叶占有较大比例,但这时白浆土上的小麦,小穗和分蘖部分磷的分配比例开始增加。到成熟期,白浆土

上的小麦,穗分配的磷素最多,占植株地上器官的 61.17%,而黑土上的小麦仅为 29.02%。总的看来,在表 6 所列的两种土壤上,小麦生长后期各器官中磷素分配差异如此之大,其原因尚需进一步研究。

总之,磷肥肥效是在土壤、肥料和作物三者统一中表现出来的。

表 6 放射性磷在小麦植株体内的分配情况(1963年)

处 理 项 目		生育期		分蘖期		孕穗期				成熟期					
		器官		地上部分	地下部分	地上部分	地下部分	茎	叶	穗	分蘖	茎	叶	穗	分蘖
		地上部分	地下部分	地上部分	地下部分	茎	叶	穗	分蘖	茎	叶	穗	分蘖		
黑土 P <sub>1</sub>	脉冲/分	36	22	638	47	4208	14227	3758	4043	47663	5346	24584	7123		
	%	62	38	93.1	6.9	16.04	54.23	14.32	15.41	56.26	6.31	29.02	8.41		
白浆土 P <sub>1</sub>	脉冲/分	57	46	1861	43	14764	36844	19016	29078	8342	6312	156605	84739		
	%	55	45	97.7	2.3	14.81	36.96	19.07	29.16	3.26	2.47	61.17	33.10		

(二) 施磷肥同时配合氮肥,使土壤的养分状况发生了变化,这对小麦的生长表现出明显的效果。两种土壤上凡是磷肥与氮肥配合施用,小麦生长茁壮,颜色深绿,分蘖旺盛。穗长、小穗数、千粒重等产量构成因素得到改善,因而产量较单施磷肥的增加 1—3 倍。分蘖产量增加尤为明显(表 2)。

因为氮素不仅是作物生长发育和细胞组成不可缺少的营养元素,而且氮、磷两营养元素亦存在明显的依赖关系。这种情况在小麦整个生育过程中,可以从植株颜色的变化表现出来。从 6 月初可以看出,未施肥的小麦植株颜色浅绿,施磷肥的中绿(白浆土小麦比较明显),氮磷配合的深绿,单施氮肥的黑绿。配合少量氮肥的小麦,7 月以后叶片颜色开始变浅,而配合多量氮肥的到黄熟期,仍有不少叶片呈鲜绿色。单施氮肥的一直保持深绿色,生育期延长,表现晚熟(白浆土更明显)。由产量结果可以证实,单施磷肥或氮肥均不如二者配合施用好。

由小麦植株的全磷、全氮含量(表 7)亦可看出氮磷的依赖关系。不同时期各处理全盆植株的全磷、全氮量为: N<sub>2</sub>P<sub>1</sub> > N<sub>1</sub>P<sub>1</sub> > P<sub>1</sub>, 全氮量高,相应的全磷量也高。

表 7 小麦各生育期植株氮磷含量(1964年)

土 类 及 处 理		生育期		抽穗期		成熟期			
		项目		全氮	全磷	全氮	全磷	全氮	全磷
		全氮	全磷	全氮	全磷	全氮	全磷		
黑土	P <sub>1</sub>	127	29.4	167	85.8	2345	224		
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	340	70.6	1021	263	1127	626		
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	358	86.7	1695	286	1847	760		
白浆土	P <sub>1</sub>	98	29.4	168	88.9	270	216		
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	133	63.9	929	272	1140	567		
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	357	70.6	1793	311	1945	685		

为了研究氮、磷肥配合施用对作物根系发育的影响,又以玉米进行了盆栽试验。土壤用黑土。结果表明在一定量氮肥配合下,根长、根容积、根重和根活性等都有明显的提高,

从而对磷肥利用率也显著提高(见表8)。

表8 不同氮量对玉米根系生长的影响(拔节期, 1963年)

处 理	项 目	地上部干重 (克)	根 长 (厘米)	根 容 积 (毫升)	根 活 性 (毫克/米 <sup>2</sup> )	根 重 (克)	磷肥利用率 (%)
	P <sub>1</sub>	2.73	75.3	18.0	55.0	1.70	6.3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	6.37	85.3	31.0	58.7	3.05	10.8
	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	8.67	68.0	31.3	57.8	3.27	22.9

注: 表中数字皆为3株(3盆)平均值。

氮磷配合施用后,磷肥在土壤中的垂直和水平移动都有增加。如黑土的N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>较P<sub>1</sub>处理垂直移动距离增加了0.5厘米,在施肥点上1厘米处,水平移动没有变化,在施肥点下2厘米处,水平移动增加了0.2厘米;白浆土的同一处理,相应增加0.6厘米、0.2厘米和0.3厘米。

上述一切表明,氮肥与磷肥配合使用是发挥氮、磷肥增产作用的有力措施。

#### 四、摘 要

1. 盆栽条件下黑土单施磷肥使小麦减产8.69—15.51%。磷肥和氮肥配合施用可提高磷肥肥效,小麦产量增加了184.44—314.58%。单施氮肥增产224.37—289.54%。

白浆土单施磷肥可使小麦增产7.95—38.25%。单施氮肥增产149.83—160.26%,而磷肥与氮肥配合施用增产达176.85—429.91%。

2. 小麦产量的提高与植株总磷量,特别是与吸收肥料磷量占全磷的比例有密切关系,植株中肥料磷增加,产量亦相应提高。黑土中有效磷含量为7.83—13.11毫克/100克土;白浆土为1.46—4.99毫克/100克土。因此,黑土上小麦吸收土壤磷素较多,肥料磷较少;白浆土上则相反。

3. 小麦植株含氮量随着含磷量而相应提高。黑土氮磷配合施用,可使小麦对肥料磷利用率提高4.45—21.48%,土壤磷利用率提高1.61—4.99%。白浆土氮磷配合施用,肥料磷利用率提高17.69—28.89%,土壤磷利用率提高0.74—1.02%。

#### 参 考 文 献

- [1] 武玫玲等: 溶性磷盐在红壤中的状态转化。土壤学报, 5卷4期, 305—316, 1957。
- [2] Perkins, A. T.: Phosphate solubility in relation to Cations and pH: magnesium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 12:185—187, 1947.
- [3] Coleman, R.: Phosphorus fixation by the coarse and fine clay fractions of kaolinitic and montmorillonitic clay. Soil. Sci., 58:71—77, 1944.
- [4] Midgley, A. R.: Phosphate fixation in soils—a critical review. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 5:24—30, 1940.
- [5] Ghani, M. O. and Islam, M. A.: Phosphate fixation in acid soils and its mechanism, Soil Sci., 62: 293—306, 1946.
- [6] 陈魁卿等: 磷肥在土壤中的转化与提高磷肥肥效的研究(第四版), 东北农学院学报, 3期, 79—88, 1963。
- [7] 鲁如坤等: 我国南方几种水稻土的磷肥施用问题。土壤学报, 10卷, 2期, 175—182, 1962。
- [8] 陈尚道等: 石灰性土壤施用磷肥肥效的研究。中国农业科学, 1, 34—38, 1963。
- [9] 袁增玉等: 应用P<sup>32</sup>观察土壤中磷肥的移动。原子能, 4, 363—368, 1965。

## THE EFFECT OF PHOSPHATIC FERTILIZER ON BLACK SOIL (PRAIRIE LIKE) AND PAI CHIANG SOIL OF HEILUNGKIANG PROVINCE

YÜAN TSENG-YÜ, HUANG CHU-YÜ, WANG TZŪ-WEN AND LEE SHU-HUA  
(*Agricultural Academy of Heilungkiang*)

### Summary

Pot culture experiments were carried out on the black soil from Harbin and the paichiang soil from Hwachuan Hsien, both of Heilungkiang Province. Application of superphosphate alone increased the yield of wheat in the paichiang soil but not in the black soil. Combined application of nitrogenous and phosphatic fertilizers increased the yield of wheat in both soils.

Uptakes of phosphorus by wheat at various stages of plant growth were examined by tracing technique. In the black soil, addition of ammonium sulphate encouraged the uptake of soil phosphorus by plant, while in the paichiang soil the main supply of phosphorus to plant was from superphosphate.