

239-242, 266

S512.106.2

## 高产小麦对磷的需求与磷肥合理施用研究

杜承林 祝 斌 陈小琴

王明德 黄福正 王建生

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

(江苏省溧阳市土肥站)

**摘 要** 由黄土母质发育的白土,在亩施 10 kg N、16.6 kg K 的基础上,亩施 0.26 kg P—3.12 kg P,每亩可增产小麦 30.1 kg—116.5 kg,增产 15.0%—57.9%,并提高土壤速效磷含量。在平衡配套施肥体系中,减 N 补 K 的同时应重视 P 肥的施用。亩施 30 kg 过磷酸钙即可满足小麦高产对磷的需要。

**关键词** 小麦;磷肥效应;合理施用

施肥

江苏省苏州、无锡、常州地区是我国著名的农业高产地区之一。其土壤由黄土及湖积物发育而成,其中大面积分布的白土和黄泥土普遍缺磷。70—80 年代的研究结果表明,施磷对小麦等作物有显著的增产效果<sup>[1]</sup>。从 70 年代开始推广磷肥,直至 90 年代初也未见土壤含磷量明显提高<sup>[2]</sup>。据研究,溧阳白土上施用磷肥可使油菜增产 13 倍<sup>[3]</sup>,显示了磷肥的重要性。

90 年代以来,农村城市化进程明显加快,有机肥用量剧减,传统的有机肥、无机肥结合的施肥模式已逐步被化肥为主的施肥方法代替。近几年来,随着江苏省农化服务体系的建立与完善,复混肥、专用肥施用比例的增加,尤其是“补钾工程”的实施,缺钾矛盾有所缓和。因此,根据作物营养需求的特点,建立新形势下氮、磷、钾的平衡,是农业持续发展的需要。小麦是苏南地区的主要粮食作物之一,研究高产条件下小麦对磷肥的反应及其合理施用,可为小麦的平衡配套施肥技术提供科学依据。本文为田间试验和室内研究的总结。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试土壤

选择溧阳市旧县乡由黄土母质发育的白土进行田间试验。土壤速效磷(P)为 4.7 mg/kg (本文中氮、磷、钾均以 N、P、K 表示),速效钾、缓效钾分别为 63 mg/kg、249 mg/kg。土壤肥力水平中等。这类土壤总面积约 45 万亩,占全市水稻土面积的 42% 左右<sup>[3]</sup>,有广泛的代表性。其主要理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的某些农化性状

土类	土名	质地	地点	pH (1:2.5)	有机质 (g/kg)	水解氮 (mg/kg)	速效磷	速效钾	缓效钾
							(mg/kg)		
水稻土	白土	壤土	溧阳旧县	6.65	15.6	113	4.7	63	249

### 1.2 试验设计

在亩施 18.0 kg N、16.6 kg K 的基础上,设 8 个处理(1—8),施 P 量(kg/亩)分别为:

① 曹如坤,时正元等.太湖地区土壤磷素状况和磷肥施用.内部资料,1990.

0.00、0.26、0.52、1.04、1.56、2.08、2.60、3.12。N、P、K肥来自尿素、过磷酸钙、氯化钾。小区面积0.03亩,重复3次。小区间用30cm宽,30cm深的沟相隔,四周设保护行。

小麦品种为扬麦158,是当前苏南大面积推广的良种,产量高,需肥多。10月28日播种,用量为10kg/亩。所施肥料中,除40%的N作追肥外,其余肥料作基肥于翻耕前施入。为保证施肥量准确,不施任何有机肥。

### 1.3 采样与分析

土壤采样(0—15cm)3次:耕翻前采原始土样一个,在越冬期(施肥后36天)和成熟期选择第2重复),每个处理采样一个。植株采样2次:越冬期(整株)和成熟期(茎秆、籽粒)。在第2重复每个处理采样一个。

土壤P用0.5mol/L NaHCO<sub>3</sub>(pH 8.5, 25℃)振荡半小时提取,植株用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消化,N、P、K按《土壤农业化学常规分析法》(科学出版社,1983)中的测定方法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 磷肥改善小麦的营养状况

苗期是小麦营养元素吸收和干物质积累的关键时期,其营养状况好坏直接影响苗期的生长和后期的产量。结果表明,越冬期不施P的处理1,植株N、P、K各养分含量最低,分别为30.78g/kg,1.4g/kg,16.9g/kg,吸收比例为1:0.046:0.55。另7个施P处理,各种养分均比处理1高,而且随P肥用量的增加而显著增加,尤其是处理8,N、P、K养分的含量较处理1分别增加56.7%,202.9%,77.5%,比例调整为1:0.088:0.63(表2)。但到收获期处理间的养分含量几乎无差异,这与生物产量提高,养分浓度稀释有关。

判断肥料对作物的有效性,除看植株养分含量外,更需考虑吸收量。由于土壤严重缺P,这就增加了小麦对肥料P的依赖性。收获期的养分吸收总量表明,由于P的施用,小麦吸P总量(茎秆和籽粒)也增加(表3),吸P最低者为处理1(0.772kg/亩),最高者为处理7(1.126kg/亩),后者较前者增加了45.9%。吸P量与施P量呈极显著正相关( $r=0.857^*$ ,  $n=8$ )。同时吸N量增加14.0%—49.4%,吸K量增加19.0%—67.3%,表明小麦营养状况显著改善。

表2 施P对小麦苗期营养元素含量的影响

处理 代号	施P量 (kg/亩)	N P K			N:P:K
		(g/kg)			
1	0.00	30.7	1.40	16.9	1:0.046:0.55
2	0.26	34.1	1.96	21.6	1:0.058:0.63
3	0.52	34.3	1.70	20.3	1:0.050:0.59
4	1.04	45.5	3.37	28.1	1:0.074:0.62
5	1.56	45.2	3.80	28.8	1:0.084:0.64
6	2.08	48.1	3.93	26.8	1:0.082:0.56
7	2.60	49.1	3.72	27.9	1:0.076:0.57
8	3.12	48.1	4.24	30.0	1:0.088:0.63

表3 施磷对小麦N、P、K吸收量的影响\*

处理 代号	吸N		吸P		吸K	
	(kg/亩)	(%)	(kg/亩)	(%)	(kg/亩)	(%)
1	5.51	100.0	0.772	100.0	3.06	100.0
2	6.46	117.2	0.806	104.4	4.81	157.2
3	6.28	114.0	0.848	109.8	4.32	141.2
4	6.33	114.9	0.852	110.4	3.64	119.0
5	7.92	143.7	1.027	133.0	5.12	167.3
6	8.23	149.4	1.099	142.4	4.69	153.3
7	8.05	146.1	1.126	145.9	4.45	145.4
8	6.94	126.0	0.884	114.5	4.82	157.5

\* 采样时间为小麦成熟期。

## 2.2 磷肥对小麦的增产效果

由于P的施用和N、K的合理配合,使养分均衡供应,提高了麦苗素质,明显增强了小麦的抗寒、抗冻能力,具备了高产的潜力。各小区单收实产的结果表明,亩施P 0.26 kg—3.12 kg,籽粒增加30.1 kg/亩—116.5 kg/亩,除施P量低于0.52 kg/亩增产不显著外,其它各级用P量的增产效果均达到了显著或极显著的水平(表4)。每公斤P增产籽粒6.9 kg—57.9 kg,平均为27.3 kg。其效果高于80年代的16.3 kg(平均值, n=36)<sup>①</sup>。这种差异除与良种具有的高产潜力有关外,还与供试土壤供P能力低, N、K肥的合理配施有关。

从各处理小麦籽粒产量的比较中看出,5、6、7处理达到300 kg/亩左右,这似乎说明,如能通过肥料的平衡施用,使小麦越冬期体内N、P、K含量分别达到45—48g/kg、37—39g/kg、28 g/kg(表2)就可获得小麦的高产量。

表4 磷肥对小麦籽粒的增产效应

处理代号	产量(kg/亩)				差异显著性		增 产	
	1	2	3	平均	0.05	0.01	kg/亩	%
6	322.2	311.6	319.7	317.8	a	A	116.5	57.9
7	309.0	289.5	314.5	304.3	a	A	103.0	51.2
5	281.5	321.0	233.4	295.3	a	A	94.0	46.7
4	250.6	260.0	239.5	250.0	b	B	48.7	24.2
8	224.7	247.7	261.3	201.3	b	BC	43.1	21.4
2	226.7	252.8	214.8	231.4	bc	BC	30.1	15.0
3	241.5	240.8	200.5	227.6	bc	BC	26.3	13.1
1	198.5	218.0	187.5	201.3	c	C		

籽粒增产的同时,茎秆同步增产,增产率在19.6%—56.8%之间,处理间也达到显著或极显著的水平。

由此看来,在严重缺P的白土上,推进平衡施肥、实施“补钾工程”的同时,必须高度重视P的施用。

## 2.3 磷肥与氮、钾肥的交互效应

养分之间的交互作用得到国内外学者的高度重视并进行了广泛的交流<sup>[4]</sup>。从本研究也可以看出P与N、K的交互作用,表3的结果表明,施P增加了小麦对N、K的吸收,其N、P、K吸收量之间的相关系数(r值)分别为:P—N 0.9177<sup>\*\*</sup>, P—K 0.7395<sup>\*</sup>, N—K 0.704<sup>\*</sup>(n均为8),均达到显著或极显著水平,养分之间这种作用在施肥上有重要参考价值。

表5 施P对提高N、K肥利用率的效果

处理代号	施P量 (kgP/亩)	吸N较对照 增加(kg/亩)	N肥利用率 提高(%)	吸K较对照 增加(kg/亩)	K肥利用率 提高(%)
2	0.26	0.95	5.28	1.75	10.54
3	0.52	0.77	4.28	1.26	7.59
4	1.04	0.82	4.56	0.58	3.49
5	1.56	2.41	13.39	2.06	12.41
6	2.08	2.72	15.11	1.63	9.82
7	2.60	2.54	14.11	1.39	8.37
8	3.12	1.43	7.94	1.76	10.72
平均	1.69	1.66	9.24	1.49	8.99

施P后小麦吸N量增加了0.77 kg/亩—2.72 kg/亩,平均1.66 kg/亩。按差减法计算,N肥利用率平均提高了9.24%(n=7)。同样K肥的利用率平均提高了8.99%(n=7)(表5)。

① 鲁如坤,时正元等,太湖地区土壤磷素状况和磷肥施用。内部资料,1990。

需要指出的是,由于某些土壤施肥后能提高本身养分的有效性,故用差减法所得的利用率可能偏高<sup>[5]</sup>,但仍可反映肥料被作物利用的大致趋势。因此,施肥对利用肥料间的这种交互作用,可适当减少肥料用量,提高经济效益。

#### 2.4 磷肥对土壤磷素肥力的影响

不施P时土壤的自然供P能力(处理1的小麦吸P量)为0.772 kg/亩,相当于速效磷量的16.4%。与70年代太湖地区的平均值0.741 kg/亩(P, n=27)接近<sup>①</sup>。表明10多年来该区土壤供P能力没有提高,这与土壤P素养分的10年动态监测结果是一致的<sup>[2]</sup>。

P肥施入土壤后,除少量被当季作物吸收利用外,大部分转化为速效磷或被土壤固定,因此,P肥施入土壤后的去向将直接影响土壤的供P能力。施P 36天后及收获后的土壤速效磷的明显提高表明了磷肥对提高土壤供P能力的作用,达到统计上的极显著水平。如以直线方程表示,可获得下列方程:

$$y_1 = 6.151 + 0.947x \quad r_1 = 0.851^{**}$$

$$y_2 = 5.829 + 0.914x \quad r_2 = 0.867^{**}$$

式中 $y_1$ 、 $y_2$ 为施P后36天及成熟期的土壤速效P含量(mg/kg), $x$ 为施P量(kg/亩)。根据以上方程计算,每提高土壤速效P 1mg/kg,需施用含 $P_2O_5$  12%的过磷酸钙分别为18.1 kg/亩和17.5 kg/亩。此值高于句容丘陵白土施用10.9 kg/亩的水平<sup>①</sup>,这一结果可供确定P肥用量时参考。

#### 2.5 磷肥的合理施用

溧阳市大面积的白土,供磷能力低下,而目前推广的小麦、水稻均为高产耐肥品种,客观上增加了对P的需求,故这类土壤应普遍施P。表1的结果表明,由于小麦对各种养分的吸收有一定的比例,因此发挥P肥的效应必须以N、K的充足供应为基础,如果缺微量元素也应同时补充,实施平衡施肥。

P肥的用量是合理施用的重要内容。本研究的结果表明,亩施1.56 kg P(相当于含 $P_2O_5$  12%的过磷酸钙30 kg左右),可增产小麦94 kg/亩,达到统计上的极显著水平。据此用量,用差减法计算的磷肥当季利用率为16.2%,产投比7.77(表6)。除增产外,还使土壤速效磷的含量达10.29 mg/kg,相当于种前原始土的219%。较高的速效磷含量,可满足下季水稻对P的需要,预期的增产效果(P肥的后效)将是显著的。

表6 磷肥的当季利用率与产投比\*

处理代号	施P量 (kg/亩)	吸P增量	当季利用率 (%)	P肥投入(B) (元/亩)	产值增收(A)	产投比 (A/B)
2	0.26	0.034	13.1	2.78	41.54	14.9
3	0.52	0.078	15.0	5.56	36.29	6.53
4	1.04	0.081	7.8	11.13	67.21	6.04
5	1.56	0.154	16.2	16.69	129.72	7.77
6	2.08	0.326	15.7	22.27	160.77	7.22
7	2.60	0.355	13.7	27.82	142.14	5.11
8	3.12	0.112	3.6	33.38	59.48	1.78

\*小麦产值按国家1994年保护价(1.36元/kg)计算,磷肥投资按溧阳市市场销售价(560元/t)计算。施P各处理的生产成本除增加P肥投资外,其它费用同处理1相同。P肥后效的间接收入未计算在内。

(下转第266页)

① 句容市土肥站、丘陵旱地小麦经济用磷技术研究,内部资料,1997。

得出春玉米在种植密度 4500 株/亩条件下,其最佳施肥方案为:氮(N)17.45—18.45 公斤/亩,磷( $P_2O_5$ )4.99—5.42 公斤/亩,钾( $K_2O$ )2.68—3.64 公斤/亩,实行这套方案亩产为  $528.00 \pm 44.96$  公斤( $\alpha=0.05$ ),经济效益为  $264.00 \pm 22.48$  元/亩,即亩投入 1 元可回收 8.26 元,变幅在 7.56—8.96 元。

#### 4.2 最佳施肥方案示范结果

在 1996 年取得各项试验数据的基础上,1997 年在民主、志良等 6 个乡镇进行 6 组大区示范对比,设最佳施肥方案区(亩用量为氮 18.0 公斤,磷 5.0 公斤,钾 3.0 公斤)和习惯施肥区(亩用量为氮 18.0 公斤,磷 3.0 公斤)两个处理,各处理面积为 1.0 亩。实收产量结果最佳施肥方案区亩产平均为 506.8 公斤,比习惯施肥亩增产 49.7 公斤,增产 10.9%。经 t 测验,  $n=6$ ,  $t=6.17 > t_{0.01}=4.03$ , 达极显著水平。说明实施最佳施肥方案具有显著的增产效果。

#### 参 考 文 献

- 1 龚建生,朱裕超等.启东市土壤肥力动态变化研究.土壤,1994,26(3):124—126
- 2 上海师大教研组.回归分析及其试验设计.上海教育出版社,1978.191—219
- 3 陈伦寿,李仁岗.农田施肥原理与实践.农业出版社,1984.106—107

★★

(上接第 242 页)

当前,溧阳市的磷肥供应充足,如能在 3 万亩的白土上推广,按本试验增产的 70% (66 kg/亩) 计算,全市小麦将增产 200 万公斤左右,若加上水稻后效的增产,经济效益极其显著。

综上所述,在这类白土上种麦,除满足 N、K 肥的需要外,每亩增施过磷酸钙 30 公斤左右,除获得显著的增产效果外,还能提高土壤的供 P 能力,应作为一项重要的技术措施在全市推广,使溧阳市的平衡配套施肥水平进一步提高。

致谢:本研究得到江苏省土肥站、常州市土肥站的大力支持,田间试验得到溧阳市旧县农科站的协助,在此一并致射。

#### 参 考 文 献

- 1 潘遵潜,钱鹤初等.小麦磷钾化肥试验总结.土壤,1979,(2):55—61
- 2 黄斌,李桂荣.近 10 年江苏农田土壤肥力演变状况和特点.土壤,1994,26(3):119—121
- 3 谢再稚,郭亚仙等.白土上油菜磷肥用量试验.土壤,1995,27(1):54—55
- 4 谢建昌,范钦楨等编译.农业生产中钾氮的交互作用.江苏科学技术出版社,1985.1—92
- 5 鲁如坤,蒋柏藩.我国南方几种水稻土的磷肥施用问题.土壤学报,1962,10(2):175—181