

# 旱地小麦磷肥适宜用量

彭 琳      彭祥林

## 提 要

在关中旱地土壤上进行的小麦磷肥不同用量的田间试验结果表明,每亩施用磷肥(按 $P_2O_5$ 计)0.5—16斤均有增产作用。从增产效果与经济效益出发,每亩施 $P_2O_5$ 以4—12斤为宜。

关中旱地土壤上,不少地区小麦施用磷肥有良好增产作用。但在农业生产中,有的施用磷肥数量过大,造成浪费;有的用量太少或施用不合理,肥效较差。本文根据田间试验资料,提出旱地土壤上小麦磷肥适宜用量,为农业生产中施用磷肥提供依据。

## 一、试验方法

田间试验布置在陕西省关中旱地土壤上,从未进行灌溉。试验处理为每亩施用磷肥( $P_2O_5$ )0.5、1、2、4、8、16斤,以不施磷肥为对照。磷肥用过磷酸钙,按其所含 $P_2O_5$ 折算为试验各处理用量施入。所有处理均施硫酸氮20斤/亩和施钾肥( $K_2O$ )5斤/亩,除氮肥留一半在来年春季作追肥外,所有肥料都在播种时施入播种行中。试验小区为1/30亩,4次重复,顺序排列。

## 二、试验结果

### (一) 旱地土壤上磷肥不同用量的小麦产量

试验结果(表1、2)表明,小麦籽实产量随磷肥用量增加而增高,二者呈极显著正相关。并且磷肥的肥效随对照产量增高而降低, $A_8$ 的对照亩产低于150斤,亩施 $P_2O_5$ 4斤较对照增产94.4%,每斤 $P_2O_5$ 增产小麦35.2斤; $C_5$ 的对照亩产300多斤,施磷增产相应为38.0%和20.2斤, $D_5$ 的对照亩产接近450斤,施磷增产相应为21.6%和23.9%。小麦秸秆产量也随磷肥用量增加而增高,秆粒比(秸秆产量/籽实产量)亦有相同趋势,在 $B_8$ 试验中,亩施 $P_2O_5$ 0.5斤的秆粒比为1.49,亩施2斤为1.60,亩施4斤为1.68,亩施8斤为1.95,亩施16斤为2.02。

对 $A_8$ 和 $D_4$ 的籽实产量进行方差分析(表3—a、3—b、3—c)表明,试验各重复间差异很小( $F < F_{0.05}$ ),而磷肥不同用量各处理间差异极显著( $F > F_{0.05}$ 或 $F > F_{0.01}$ )。对各处理的小麦产量进行比较,各处理间的差异值大多数高于 $L.S.D_{0.01}$ ,表明差异极显著,少数低于 $L.S.D_{0.01}$ 而高于 $L.S.D_{0.05}$ ,表明差异显著,还有几个处理间差异数低于 $L.S.D_{0.05}$ ,表明差异不明显,如亩施 $P_2O_5$ 0.5斤( $A_8$ 、 $D_4$ )或1斤( $D_4$ )与对

表 1

磷肥不同用量的小麦产量

试验处 理 编 号	磷肥用量处理	A <sub>8</sub>		B <sub>6</sub>		C <sub>5</sub>		D <sub>4</sub>	
		均 值	标 准 差	均 值	标 准 差	均 值	标 准 差	均 值	标 准 差
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (斤/亩)	小麦籽实产量 (斤/亩)							
1	0	148.8	15.6	211.9	36.4	313.2	45.6	442.9	23.0
2	0.5	170.3	12.2	264.4	29.6	373.8	39.0	452.0	29.7
3	1	204.0	28.2	230.0	15.4	363.4	46.5	445.1	37.3
4	2	242.3	28.3	270.0	18.4	281.5	32.8	525.2	15.5
5	4	289.4	42.1	292.5	10.6	417.4	34.4	538.4	30.9
6	8	331.2	19.3	311.3	50.7	469.1	38.9	594.5	27.8
7	16	356.6	15.5	348.8	54.3	496.6	19.9	610.4	63.4
		小麦秸秆产量 (斤/亩)							
1	0			354.4	52.5	639.1	128.8	904.5	173.7
2	0.5			393.7	19.8	769.4	148.2	942.2	111.9
3	1			420.1	106.2	765.4	154.2	981.0	103.2
4	2			431.4	37.9	874.7	159.7	1097.3	131.0
5	4			491.3	60.5	1078.9	238.1	1204.5	102.3
6	8			607.5	52.3	1045.9	153.1	1378.1	177.3
7	16			705.0	35.7	1102.1	170.8	1436.3	204.8

注: A<sub>8</sub>、B<sub>6</sub>、C<sub>5</sub>、D<sub>4</sub>为田间试验编号。

表 2

小麦产量 (y) 与磷肥不同用量 (x) 的相关性

试验 编 号	直线回归方程	r 值	t 值	临 界 t 值
A <sub>8</sub>	$\hat{y} = 193.8 + 12.25x$	0.8846 <sup>**</sup>	4.245	$t_{0.005} = 4.029$
B <sub>6</sub>	$\hat{y} = 242.5 + 7.34x$	0.9013 <sup>**</sup>	4.652	$t_{0.005} = 4.029$
C <sub>5</sub>	$\hat{y} = 356.8 + 10.09x$	0.9148 <sup>***</sup>	7.008	$t_{0.001} = 5.405$
D <sub>4</sub>	$\hat{y} = 466.8 + 10.82x$	0.8808 <sup>**</sup>	4.158	$t_{0.005} = 4.029$

照的差数均小于L.S.D<sub>0.05</sub> (注: L.S.D = Least Significant Difference)。

## (二) 磷肥不同用量的增产效果与经济效益

对磷肥不同用量的增产效果与经济效益计算结果列于表4。“斤肥增产”为每斤

表 3—a

旱地磷肥不同用量试验小麦产量 (斤/亩)

试验 编号	磷肥用量 处理 $P_2O_5$ (斤/亩)	区 组					
		I	II	III	IV	总 和	平 均
A <sub>8</sub>	0	127.2	148.8	163.2	156.0	595.2	148.8
	0.5	182.4	170.4	153.6	174.6	681.0	170.3
	1	195.0	244.8	180.0	196.2	816.0	204.0
	2	207.0	276.0	246.0	240.0	969.0	242.3
	4	315.0	280.2	328.2	234.0	1157.4	289.4
	8	324.0	346.8	346.8	307.2	1324.8	331.2
	16	356.4	372.0	362.4	335.4	1426.2	356.6
	总 和	1707.0	1839.0	1780.2	1643.4	6969.6	
D <sub>4</sub>	平 均	243.9	262.7	254.3	410.9		
	0	442.8	411.0	464.4	453.3	1771.5	442.9
	0.5	477.0	477.6	420.6	432.6	1807.8	452.0
	1	435.9	444.6	405.0	495.0	1780.5	445.1
	2	545.1	507.3	525.2	523.2	2100.8	525.2
	4	558.6	494.7	561.6	538.5	2153.4	538.4
	8	596.7	573.0	575.1	633.0	2377.8	594.5
	16	601.5	678.9	633.0	528.0	2441.4	610.4
	总 和	3657.6	3587.1	3584.9	3603.6	14,433.2	
	平 均	522.5	512.4	512.1	514.8		

表 3—b

旱地磷肥不同用量试验小麦产量方差分析

试验编号	变 因	自由度	平 方 和	方 差	F	5% F	1%F
A <sub>8</sub>	处理间	6	153,056.31	25,509.39	45.98**	2.66	4.01
	区组间	3	3116.37	1038.79	1.87	3.16	5.09
	机 误	18	9985.84	554.77			
	总 和	27	166,158.51				
D <sub>4</sub>	处理间	6	120,445.87	20,074.31	13.95	2.66	4.01
	区组间	3	492.80	164.27	0.11	3.16	5.09
	机 误	18	25,894.58	1438.60			
	总 和	27	146,833.52				

表 3—c 磷肥不同用量各处理间差异比较

试验编号	试验处理 ( $P_2O_5$ 斤/亩)	小麦产量 (斤/亩)	各处理间差异比较						L. S. D	
			与施 $P_2O_5$ 16斤比	与施 $P_2O_5$ 8斤比	与施 $P_2O_5$ 4斤比	与施 $P_2O_5$ 2斤比	与施 $P_2O_5$ 1斤比	与施 $P_2O_5$ 0.5斤比	L.S. $D_{0.05}$	L.S. $D_{0.01}$
A <sub>8</sub>	16	356.6								
	8	331.6	25.4							
	4	289.4	67.2	41.8						
	2	242.3	114.3	88.9	47.1					
	1	204.0	152.6	127.2	85.4	38.3				
	0.5	170.3	186.3	260.9	119.1	72.0	33.7			
	0	148.8	207.8	182.4	140.6	93.5	55.2	21.5	24.7	33.9
D <sub>4</sub>	16	610.4								
	8	594.5	15.9							
	4	538.4	72.0	56.1						
	2	525.2	85.2	69.3	13.2					
	1	445.1	165.3	149.4	93.3	80.1				
	0.5	452.0	158.4	142.5	86.4	7.3.2	-6.9			
	0	442.9	167.5	151.6	95.5	32.3	2.2	9.1	56.3	77.2

$P_2O_5$  较对照增产小麦斤数，表中“递增产量”系在前一处理施肥基础上再施用磷肥时

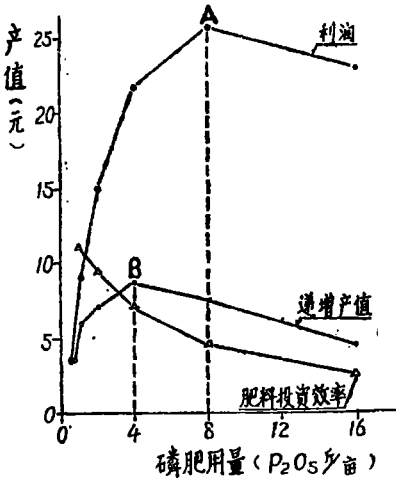


图 1 磷肥不同用量的利润、递增产值与化肥投资效率

每斤  $P_2O_5$  增产小麦斤数。例如，亩施  $P_2O_5$  8 斤处理较亩施 4 斤处理增产 41.8 斤，则递增产量为 10.5 斤。“利润”为增产值与肥料投资之差。“肥料投资效率”为施入化肥每元投资所获增产值，即肥料投资与增产值之比。“化肥投资获利倍数”为每单位化肥投资获利倍数。磷肥递增的经济效益计算方法与递增产量相同。由表 4 可见，小麦施用磷肥的增产率、增产量、增产值随磷肥用量增加而增高，斤肥增产、递增产量、化肥投资效率除处理 16 斤，均随磷肥用量而降低。利润、递增利润、递增产值则呈单峰曲线（见图 1），利润曲线峰值(A)在亩施  $P_2O_5$  8 斤处，

表4 磷肥不同用量的增产效果与经济效益

处 理 编 号	试 验 处 理 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (斤/亩)	磷 肥 增 产 效 果				磷 肥 经 济 效 益				递 增 磷 肥 的 经 济 效 益					
		增 产 率 (%)	增 产 量 (斤/亩)	斤 肥 增 产 (斤/斤)	递 增 产 量 (斤/斤)	增 产 值 (元)	肥 料 投 资 (元)	利 润 (元)	肥 料 投 资 效 率 (元/元)	投 资 获 利 倍 数 (倍)	递 增 产 值 (元)	递 增 肥 料 投 资 (元)	利 润 (元)	投 资 效 率 (元/元)	投 资 获 利 倍 数 (倍)
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
1	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.5	14.4	21.5	43.0	43.0	3.87	0.46	3.42	8.60	7.60	3.87	0.45	3.42	8.60	7.60
3	1	37.1	55.2	55.2	67.4	9.94	0.89	9.05	11.17	10.17	6.07	0.45	5.62	13.49	12.49
4	2	62.8	93.5	46.8	38.3	16.83	1.78	15.06	9.46	8.46	6.89	0.89	6.00	7.74	6.74
5	4	94.5	140.6	35.2	23.6	25.31	3.56	21.75	7.11	6.11	8.48	1.78	6.70	4.76	3.76
6	8	123.8	182.4	22.8	10.5	32.83	7.12	25.70	4.61	3.61	7.52	3.56	3.96	2.11	1.11
7	16	139.7	207.8	13.0	3.2	37.40	14.24	23.16	2.63	1.63	4.57	7.12	-2.55	0.64	-0.36

递增产值曲线峰值(B)在亩施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>4斤处。由递增磷肥的经济效益看,亩施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>16斤与亩施8斤相比,磷肥投资效率小于0.9,每元磷肥投资只收回0.64元,C<sub>5</sub>试验只收回0.40元,D<sub>4</sub>试验

收回0.7元。

(三) 最佳施肥量

根据表1 磷肥不同用量的小麦籽实产量, 求出小麦磷

肥效应曲线的回归方程如下:

$$Y_{A_8} = 162.53 + 34.43x - 1.41x^2 \quad (r = 0.9863)$$

$$Y_{B_8} = 231.40 + 15.23x - 0.50x^2 \quad (r = 0.9391)$$

$$Y_{C_5} = 338.05 + 23.13x - 0.79x^2 \quad (r = 0.9765)$$

$$Y_{D_4} = 440.58 + 29.58x - 1.19x^2 \quad (r = 0.8740)$$

从各回归方程的方差分析结果 (表 5—a、5—b) 来看, F 值均大于  $F_{0.01}$ , 拟合性都很好, 残差未超过 10%。

表 5—a

磷肥效应曲线回归方程的方差分析

试验编号	方差来源	平方和	自由度	方差	F 值	临界 F 值
A <sub>8</sub>	回 归	31244.90	2	18622.45	71.468	$F_{0.01}=18.000$
	剩 余	1042.28	4	260.57		
	总 和	38287.18	6			
B <sub>8</sub>	回 归	11865.30	2	5832.65	14.938	$F_{0.05}=6.944$
	剩 余	1561.88	4	390.47		
	总 和	13227.18	6			
C <sub>5</sub>	回 归	24990.50	2	12495.25	41.115	$F_{0.01}=18.000$
	剩 余	1215.63	4	303.91		
	总 和	26206.13	6			
D <sub>4</sub>	回 归	28563.30	2	14281.30	36.968	$F_{0.01}=18.000$
	剩 余	1545.25	4	386.31		
	总 和	30108.55	6			

为了获得最高经济效益的最佳施肥量, 对上述各回归方程, 采用下列公式计算:

$$X_0 = \frac{b - \left( \frac{P_f}{P_y} \right)}{-2c}$$

式中:  $X_0$ ——最佳施肥量

$b$ ——回归系数

$c$ ——效应系数

$P_f$ ——每斤  $P_2O_5$  价格

$P_y$ ——每斤小麦价格

按上式计算求得  $A_8$  试验的最佳施肥量为 10.46 斤  $P_2O_5$ /亩,  $B_8$  为 10.29 斤,  $C_5$  为 11.51 斤,  $D_4$  为 10.35 斤。

表 5 —b

预产值与实产比较

田间试验编号	处理编号	施肥处理 $P_2O_5$ (斤/亩)	小麦产量 (斤/亩)		残 差 ( $y - \hat{y}$ )	残差占实产% $= \frac{y - \hat{y}}{y} \times 100$
			实产 ( $y$ )	预测值 ( $\hat{y}$ )		
A <sub>8</sub>	1	0	148.8	162.5	-13.7	-8.4
	2	0.5	170.3	179.4	-9.1	-5.3
	3	1	204.0	195.6	8.4	4.1
	4	2	242.3	225.8	16.5	6.8
	5	4	289.4	277.8	11.6	4.2
	6	8	331.2	348.0	-16.8	-5.1
	7	16	358.6	353.4	3.2	0.9
D <sub>4</sub>	1	0	442.9	445.4	2.5	0.6
	2	0.5	452.0	454.9	-2.9	-0.6
	3	1	445.1	468.8	23.7	5.3
	4	2	525.2	494.8	30.4	5.8
	5	4	538.4	539.7	-1.3	-0.2
	6	8	594.4	600.9	-6.5	-1.1
	7	16	610.4	659.1	1.3	0.2

## 三、结 语

在本试验条件下,旱地磷肥( $P_2O_5$ )的适宜用量为 4—12斤/亩,施量太小则增产效果不显著,施量过大则经济效益差。

## Rational Rate of Applied Phosphorus Fertilizer for Wheat in Dryland

PENG LIN    PEN XIANGLIN

## SUMMARY

This paper deals with field experiments of phosphorus fertilizer with different application rate. Results obtained from the experiments showed that fertilizer— $P_2O_5$  applicating 0.5—16 jin/mu could increase wheat yield, but 4—12 jin/mu was more economical and rational.