

# 渭北旱塬小麦合理施肥与经济效益

马耀华 李 岗 冯立孝  
杨 平 戴鸣钧 彭 琳

## 提 要

渭北旱塬土壤养分普遍不足,首先是氮不足,其次是磷,施氮磷肥都可提高小麦产量。土壤磷素供应充足,氮肥效应较大;氮素供应不足,施磷往往亏本。小麦籽粒蛋白质及赖氨酸含量与施氮量呈显著的正相关。小麦合理氮磷肥配比为:  $N:P_2O_5 = 1:0.5-0.9$ ,二者合理配比可达到小麦高产、优质和低成本。本区氮肥利用率为41—68.6%,磷肥当季利用率11.5%;有机肥中,氮素当季发挥32.3%。提高肥料利用率是今后重要的研究课题。

渭北旱塬是陕西省粮食生产基地之一,具有很大的生产潜力。近年来,施用化肥已成为提高旱地农业生产的主要措施,化肥施用量迅速增加。但由于科学技术不够普及,农民在化肥施用方面普遍存在着盲目现象,认为化肥施得越多越好,有多少施多少,有啥肥施啥肥,以致投资增加,效益下降,甚至还出现由于施用不当而造成减产的事例。为了探讨旱塬小麦合理施用化肥,达到高产、稳产、优质、低成本,我们在渭北旱塬的乾县北部塬区及长武县十里铺进行了小麦化肥合理施用的田间试验,取得了良好的效果。

## 一、试验研究方法和土壤养分状况

乾县试区于1986年分别在北部塬区的铁佛乡任家洼村、吴店乡瓦屋村和三合村的黄绵土上,各设置了小麦氮肥用量、磷肥用量和氮磷配合施用三个试验。氮磷用量均为单因素试验,氮磷配合采用二次饱和D-最优设计。每个试验均设两个重复,共计108个小区。小区面积0.04—0.05亩。1987年秋播又在三合村进行了上述三个试验,共36个小区。供试小麦品种除任家洼为运792外,其余各点均为晋麦21。

长武试区于1984年起在长武县十里铺黑垆土上进行了小麦氮磷化肥试验。试验采用了三因素五水平回归设计,共18个处理三次重复。小区面积0.03亩。试验地的农化性状

表1 试验地基本农化性状

地 点	年 份	有机质 (%)	全 氮 (%)	碱解氮 (ppm)	速效磷 (ppm)	代换量 $m \cdot e/100g \pm$	质 地
乾 县	1987	0.81	0.0761	60	9	12.3	中壤
	1988	1.17	0.0860	55	10	12.4	中壤
长 武	1987	1.05	0.0570	37	3.0	11.7	中壤

见表1。由于该两地土壤瘠薄,养分缺乏,地力水平只能维持小麦亩产100—150kg。

## 二、试验结果与分析

(一) 旱地小麦氮肥施用效果及经济效益。旱地小麦施用氮肥有明显的增产作用。

表2资料表明,乾县北部黄绵土施N各处理的小麦产量较对照增产15—58.4%,平均增产35.65%。方差分析处理间(1987年) $F=11.03^{**}$ ,达极显著水平,(1988年) $F=9.70^{*}$ ,达显著水平。每公斤N增产小麦4.5—18.5kg,平均为11.7kg;长武黑垆土施N处理小麦产量较对照增产21.8—151.0%,平均增产86.5%,每公斤N增产小麦6.8—32.3kg,平均为16.0kg。但随氮肥用量增加,每公斤N增产效应呈报酬递减趋势,而且氮肥报酬递减比例与磷肥用量有关。磷肥供应充足时,氮肥的肥料效应较大;氮肥报酬递减比例也较小。

表2资料还表明,施用氮肥可取得较好的经济效益。乾县北部黄绵土施N,每亩可获利润6.0—47.9元,产投比1—5倍,每元肥料投资可获利0.27—4.14元。两年试验结果均表明,在亩施6.3kg $P_2O_5$ 的基础上,产量随施N量增加而增高,到亩施纯N7.5kg时达最高,超过7.5kg增产效果明显下降;到亩施纯N10kg,边际利润呈负值。这表明,亩施纯N7.5kg左右为最佳施N量。长武黑垆土施N,每亩可获利润9.7—62.1元,产投比2—9倍,每元肥料投资可获利0.90—7.98元。磷肥供应愈充足,氮肥的经济效益愈佳。例如长武点试验,每亩施N4kg,不施磷时的产投比为2.37倍,每元肥料投资获利1.37元;施 $P_2O_5$ 4kg时,产投比为2.56倍,每元肥料投资可获利1.56元;每亩施N6kg,不施磷时的产投比为3.78倍,每元肥料投资获利2.78元;施 $P_2O_5$ 6kg时,产投比为6.75倍,每元肥料投资获利5.75元。

根据表2资料,小麦产量( $\hat{Y}$ ,0.5kg/亩)与施N量( $X$ ,0.5kg/亩)的回归方程为:

乾县:

$$\hat{Y} = 414.41 + 18.41X - 0.57X^2 \quad F = 20.76^{**} \quad (1987\text{年})$$

$$\hat{Y} = 413.38 + 26.83X - 0.76X^2 \quad F = 77.06^{**} \quad (1988\text{年})$$

长武:

$$\hat{Y} = 251.15 + 15.31X - 0.72X^2 \quad (1985\text{年})$$

$$r = 0.9961, t = 22.6966 > t_{0.05}(14.089)$$

$$\hat{Y} = 196.72 + 37.97X - 1.19X^2 \quad F = 264.88^{**} \quad (1987\text{年})$$

按照上列方程计算得经济最佳施肥量、最高产量施肥量及经济效益见表3和表4。表中资料表明,在乾县北部黄绵土区,两年的经济最佳产量分别为278.8kg和322.9kg,平均为300.9kg,相应的最佳施N量分别为每亩6.51kg和7.64kg,平均为7.07kg,相应的N: $P_2O_5 = 1:0.89$ ;两年的最高产量分别为281.6kg和325.1kg,平均303.4kg,相应的最高施N量为每亩8.09kg和8.82kg,平均为8.46kg。最高产量比经济最佳产量增加2.1—2.8kg,平均为2.5kg,施N量每亩多1.18—1.58kg,平均多1.38kg,施肥成本增加2.1—2.8元,平均增加2.4元,利润下降1.0—1.4元,平均下降1.2元。长武黑垆土区也是如此,最高产量与经济最佳产量只相差1.3—2.2kg,施肥成本增加1.3—2.2元,利润下降0.6—1.1元。这说明,单纯为了追求高产,不惜工本的大量

表 2 氮 肥 增 产 效 果 及 经 济 效 益

试区	年份	施氮量 (kg/亩)	平均产量 (kg/亩)	增 产 效 果			增产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产投比 (倍)	边际产量 (kg/亩)	边际产值 (元/亩)	边际成本 (元/亩)	边际利润 (元/亩)
				增产量 (kg/亩)	增产率 (%)	每 kg 氮增产 (kg)									
乾 县	1987	0	208.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.5	239.9	31.2	14.9	12.5	15.6	4.5	11.1	2.47	3.47	31.2	15.6	4.5	11.1
		5	273.3	64.6	30.9	12.9	32.3	9.0	23.3	2.59	3.59	33.4	16.7	4.5	12.2
		7.5	293.3	84.6	40.5	11.2	42.3	13.5	28.8	2.14	3.14	20.0	10.0	4.5	5.5
		10	260.5	51.8	24.8	5.1	25.9	18.0	7.9	0.44	1.44	-32.8	-16.4	4.5	-20.9
县	1988	12.5	265.7	57.0	27.3	4.5	28.5	22.5	6.0	0.27	1.27	5.2	2.6	4.5	1.9
		0	210.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.5	256.7	46.3	21.9	18.5	23.1	4.5	18.6	4.14	5.14	46.2	23.1	4.5	18.6
		5	301.3	90.9	43.1	18.1	45.4	9.0	36.4	4.05	5.05	44.6	22.3	4.5	17.8
		7.5	333.3	122.9	58.4	16.3	61.4	13.5	47.9	3.55	4.55	32.0	16.0	4.5	11.5
长 武	1985	10	314.6	104.2	49.4	10.4	52.0	18.0	34.0	1.89	2.89	-18.7	-9.3	4.5	-13.8
		12.5	304.6	94.2	44.7	7.5	47.0	22.5	24.5	1.09	2.09	-10.0	-5.0	4.5	-9.5
		0	124.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	152.3	27.4	21.8	13.6	13.6	3.6	10.0	2.80	3.80	27.4	13.6	3.6	10.0
		4	161.8	36.7	29.4	9.2	18.4	7.2	11.2	1.56	2.56	9.5	4.7	3.6	1.1
武	1987	6	166.0	41.1	32.8	6.8	20.5	10.8	9.7	1.90	1.90	4.2	2.1	3.6	-1.5
		0	96.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	198.6	97.0	100.4	32.3	48.5	5.4	43.1	7.98	8.98	97.0	48.5	5.4	43.1
		6	242.5	145.9	151.0	24.3	72.9	10.8	62.1	5.75	6.75	48.9	24.4	5.4	19.0
		9	241.2	144.6	149.7	16.1	72.3	16.2	56.1	3.46	4.46	-1.3	-0.6	5.4	-6.0
武	1987	12	213.1	116.5	120.6	9.7	58.2	21.6	36.6	1.70	2.70	-28.1	-14.0	5.4	-19.4

注：1. 小麦以每 kg 0.5 元，每 kg 纯 N 以 1.80 元， $P_2O_5$  以 2.32 元计。2. 乾县点以亩施  $P_2O_5$  6.3 kg 作肥底，长武点 1985 年以亩施  $P_2O_5$  4 kg 作肥底，1987 年以亩施  $P_2O_5$  6 kg 作肥底。

表3 氮肥最佳产量施肥量及经济效益

地点	年份	CK产量 (kg/亩)	最佳产量 (kg/亩)	最佳产量 施N量 (kg/亩)	增产效果			增产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产投比 (倍)
					增产量 (kg/亩)	增产量 (%)	每kg氮肥 增产量 (kg)					
乾 县	1987	208.7	278.8	6.51	70.1	33.5	10.7	35.0	11.7	23.3	1.99	2.99
	1988	210.4	322.9	7.64	112.5	53.4	14.7	56.2	13.7	42.5	3.90	4.09
长	1985	124.9	164.0	4.06	39.0	31.2	9.6	19.5	7.3	12.2	1.67	2.67
武	1987	96.6	248.1	7.20	151.5	156.8	21.0	75.7	12.9	62.8	4.84	5.84

表4 氮肥最高施肥量及经济效益

地点	年份	CK产量 (kg/亩)	最高产量 (kg/亩)	最高产量 施N量 (kg/亩)	增产效果			增产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产投比 (倍)
					增产量 (kg/亩)	增产量 (%)	每kg氮肥 增产量 (kg)					
乾 县	1987	208.7	281.6	8.09	72.9	34.9	9.0	36.4	14.5	21.9	1.51	2.51
	1988	210.4	325.1	8.82	114.6	54.4	12.9	57.3	15.8	41.4	2.61	3.61
长	1985	124.9	166.2	5.31	41.3	33.0	7.7	20.6	9.5	11.0	1.16	2.16
武	1987	96.6	249.5	7.96	152.9	158.2	19.2	76.4	14.3	62.1	4.33	5.33

施肥是不经济的。

(二) 旱地小麦磷肥施用效果及经济效益。渭北旱塬小麦施用磷肥效果各地并不相同。表5资料表明,乾县北部黄绵土地区在氮供应充足的条件下,小麦施用磷肥具有非常明显的增产效果,施磷各处理较不施磷对照增产18.31—73.4%,平均增产47.5%。经方差分析,处理间(1987年)  $F = 26.36^{**}$ , (1988年)  $F = 13.77^{**}$ ,均达极显著水平。每kg  $P_2O_5$  增产小麦10.2—31.7kg,平均16.6kg,增产效应亦呈报酬递减。

从经济效益分析看,施磷每亩可获利14.2—44.6元,每元肥料投资可获利1.22—5.84元,产投比2.22—6.84倍。但亩施  $P_2O_5$  量超过8.4kg时边际利润明显下降,到10.5kg时呈负值,两年结果完全一致。

小麦产量 ( $\hat{Y}$ , 0.5kg/亩) 和施磷量 ( $X$ , 0.5kg/亩) 之间的回归方程为:

$$\hat{Y} = 421.77 + 17.01X - 0.33X^2 \quad F = 79.92^{**} \quad (1987\text{年})$$

$$\hat{Y} = 379.08 + 26.33X - 0.67X^2 \quad F = 87.27^{**} \quad (1988\text{年})$$

长武塬区黑垆土小麦施用磷肥有一定增产效果,施磷各处理较不施磷对照增产6.7—47.3%;平均增产26.4%。每kg  $P_2O_5$  平均增产7.6kg。磷肥的肥效随施N量增加而增

磷肥增产效果及经济效益

表5

试点	年份	施磷量 ( $P_2O_5$ ) (kg/亩)	增产效果			增产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产投比 (倍)	边际产量 (kg/亩)	边际产值 (元/亩)	边际成本 (元/亩)	边际利润 (元/亩)
			增产量 (kg/亩)	增产率 (%)	每 kg $P_2O_5$ 增产量 (kg)									
乾	1987	0	208.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.1	247.2	18.3	18.2	19.1	4.8	14.2	2.93	3.93	38.3	19.1	4.8	14.2
		4.2	271.8	30.1	14.9	31.4	9.7	21.7	2.23	3.23	24.6	12.3	4.8	7.4
		6.3	287.0	37.5	12.4	39.2	14.6	24.5	1.68	2.68	15.2	7.6	4.8	2.7
		8.4	309.8	48.2	12.0	50.4	19.4	30.9	1.59	2.59	22.8	11.3	4.8	6.5
县	1988	10.5	317.0	51.7	10.2	54.0	24.3	29.6	1.22	2.22	7.2	3.6	4.8	-1.2
		0	183.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.1	250.4	36.2	31.7	33.3	4.8	28.4	5.84	6.84	66.6	33.3	4.8	28.4
		4.2	271.2	47.5	20.8	43.7	9.7	33.9	3.49	4.49	20.8	10.4	4.8	5.5
		6.3	288.8	62.5	18.2	57.5	14.6	42.8	2.93	3.93	27.6	13.7	4.8	8.9
长	1985	8.4	312.1	69.8	15.2	64.1	19.4	44.6	2.29	3.29	13.3	6.6	4.8	1.7
		10.5	318.8	73.4	12.8	67.5	24.3	43.1	1.77	2.77	6.7	3.3	4.8	-1.5
		0	140.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	150.0	6.7	4.7	4.7	4.6	0.1	0.02	1.02	9.5	4.7	4.6	0.1
		4	158.4	12.7	4.4	8.9	9.2	-0.3	-0.04	0.96	8.4	4.2	4.6	-0.4
武	1987	6	166.3	18.3	4.3	12.9	13.9	-1.0	-0.07	0.93	7.9	3.9	4.6	-0.6
		8	169.2	20.3	3.5	14.3	18.5	-4.2	-0.23	0.77	2.9	1.4	4.6	-3.2
		0	181.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	233.5	29.0	17.5	26.2	6.9	19.2	2.77	3.77	52.5	26.2	6.9	19.2
		6	242.5	33.9	10.2	30.7	13.9	16.8	1.21	2.21	9.0	4.5	6.9	-2.4
		9	266.7	47.3	9.5	42.8	20.8	22.0	1.05	2.05	24.2	12.0	6.9	5.0
		12	258.3	42.7	6.4	38.6	27.8	10.8	0.39	1.39	-8.4	-4.3	6.9	-11.3

注：乾县点以每亩  $N 7.5kg$  作肥底，长武点 1985 年以亩施  $4kgN$  作肥底，1987 年以亩施  $6kgN$  作肥底。

加。例如,亩施 $P_2O_5$  4 kg,在不施N时只增产5.9%,施N 4 kg增产12.7%;亩施 $P_2O_5$  6 kg,在施N 4 kg时增产18.3%,施N 6 kg时增产33.9%;施 $P_2O_5$  8 kg亦呈同样趋势。根据表5资料,小麦产量( $\hat{Y}$ ,0.5kg/亩)与施磷量( $X$ ,0.5kg/亩)之间的回归方程为:

$$(1985\text{年}) \hat{Y} = 280.45 + 5.66X - 0.12X^2 \quad r = 0.9982 \quad t = 50.072 > t_{0.01}(12.941)$$

$$(1987\text{年}) \hat{Y} = 367.21 + 16.42X - 0.42X^2 \quad F = 24.9^*$$

表6和表7是按照上列方程计算的施磷肥经济最佳产量和最高产量及相应的施 $P_2O_5$ 量与经济效益分析。表中资料说明,乾县北部黄绵土区两年的经济最佳产量分别为312.7kg和313.9kg,平均为313.3kg,相应的施 $P_2O_5$ 量为每亩9.4kg和8.05kg,平均为8.73kg,相应的 $N:P_2O_5 = 1:1.16$ ,每亩可获利30.0—46.3元,平均38.2元,每元肥料投资可获利1.38—2.48元,平均1.93元,产投比2.38—3.48倍;最高产量分别

表6 磷肥最佳产量施肥量及经济效益

地 点	年 份	CK产量 (kg/亩)	最佳产量 (kg/亩)	最佳产量 施 $P_2O_5$ 量 (kg/亩)	增 产 效 果			增产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产投比 (倍)
					增产量 (kg/亩)	增产率 (%)	每 kg $P_2O_5$ 增产量 (kg)					
乾 县	1987	208.9	312.7	9.40	103.7	49.5	11.0	51.8	21.8	30.0	1.38	2.38
	1988	183.8	313.9	8.05	130.1	70.7	16.1	65.0	18.6	46.3	2.48	3.48
长 武	1985	140.5	151.1	2.12	10.6	7.5	4.9	5.3	4.9	0.37	0.68	1.08
	1987	181.0	256.8	6.95	75.8	41.9	10.9	37.9	16.1	21.7	1.35	2.35

表7 磷肥最高产量施肥量及经济效益

地 点		乾 县		长 武	
年 份		1987	1988	1985	1987
CK产量 (kg/亩)		208.9	183.8	140.5	181.0
最高产量 (kg/亩)		320.9	317.9	173.6	263.2
最高产量施 $P_2O_5$ 量(kg/亩)		12.93	9.78	11.79	9.70
增 产 效 果	增产量 (kg/亩)	111.9	134.3	33.0	82.2
	增产率 (%)	53.5	72.9	23.5	45.4
	每 kg $P_2O_5$ 增产量 (kg/亩)	8.6	13.7	2.8	8.4
增产值(元/亩)		55.9	67.0	16.5	41.1
肥料成本(元/亩)		30.0	22.7	27.3	22.5
施肥利润(元/亩)		25.9	44.3	-10.8	18.6
投资效率(元/元)		0.87	1.95	-0.40	0.83
产投比 (倍)		1.87	2.95	0.60	1.83

为320.9kg和317.9kg, 平均319.4kg, 相应的施 $P_2O_5$ 量为每亩12.93kg和9.78kg, 平均为11.36kg (已超出试验设计范围); 最高产量比最佳产量平均高6.2kg, 施 $P_2O_5$ 量平均多2.6kg, 施肥成本平均高出6.1元, 利润平均下降3.05元。

在长武黑垆土上, 根据方程计算得经济最佳产量分别为151.1kg (1985年) 和256.8kg (1987年), 相应的施 $P_2O_5$ 量为2.12kg和6.95kg, 每亩分别获利0.09元和21.79元, 每元肥料投资获利分别为0.02元和1.35元; 最高产量分别为173.6kg和263.2kg, 相应的施 $P_2O_5$ 量为11.79kg (已超出试验范围) 和9.7kg, 最高产量比经济最佳产量分别高22.5kg与6.4kg, 施肥成本分别增加22元和6.3元, 利润下降甚至亏本。

(三) 旱地小麦氮磷配施增产效果及经济效益。乾县点氮磷配合试验采用二次饱和D-最优设计方案。表8资料表明, 氮磷配施效果高于单施。乾县北部黄绵土上单施N、P的两年产量结果为184.6—235kg, 平均为208.3kg, 较不施氮磷对照增产10.4—21.8%, 平均增产15.4%; 氮磷配合各处理产量为276.9—309.6kg, 平均291.1kg, 较不施氮磷对照增产45.5—85.2%, 平均增产62.8%, 较单施氮增产38.8%, 较单施磷增产41.2%; 氮磷配合每亩可获利润11.0—35.2元, 产投比1.28—2.73倍。两年试验结果均表明,  $N_{5.43}P_{4.56}$ 处理增产效果明显, 经济效益最高, 而单施氮和单施磷的施肥利润和投资效率均呈负值, 亏本1.4—13.7元。

小麦产量 ( $\hat{Y}$ , 05kg/亩) 和施肥量 ( $X$ , 0.5kg/亩) 的回归方程为:

$$\hat{Y} = 385.80 + 10.92N + 11.61P - 0.30N^2 - 0.46P^2 + 0.17NP$$

$$F = 9.07^{**} \quad (1987\text{年})$$

$$\hat{Y} = 334.20 + 17.65N + 12.64P - 0.65N^2 - 0.46P^2 + 0.31NP$$

$$F = 17.66^{**} \quad (1988\text{年})$$

按照上列方程计算的最佳产量施肥量、最高产量施肥量及经济效益列于表9和表10。表中资料表明, 两年最佳产量分别为279.1kg和299.5kg, 平均为289.3kg, 相应的最佳施肥量为N每亩7.09kg和7.01kg, 平均为7.05kg,  $P_2O_5$ 每亩为3.64kg和6.71kg, 平均5.18kg, 最佳N: $P_2O_5$  = 1:0.73; 最高产量分别为300kg和310.9kg, 平均为305.4kg, 相应的施肥量为N每亩10.77kg和9.16kg, 平均为9.96kg,  $P_2O_5$ 每亩6.1kg和9.95kg, 平均8.03kg。最高N: $P_2O_5$  = 1:0.81。最高产量比经济最佳产量平均高16.1kg, 施N高出2.91kg,  $P_2O_5$ 量高出2.85kg。施肥成本平均增加11.85元, 利润平均下降3.79元, 所以最高产量施肥量并非经济合理的施肥量。

而且氮肥与磷肥配施, 能互促肥效。表2和表5资料所示, 每亩单施N7.5kg, 产量为183.9—208.9kg, 平均196.4kg, 配施磷以后, 随施 $P_2O_5$ 量增加, 产量则大幅度增加, 从247.2—318.8kg, 平均为288.4kg, 较单施N增产18.3—73.4%, 平均增产47.5%; 同样, 每亩单施 $P_2O_5$ 6.3kg, 产量为208.7—210.4kg, 平均为209.6, 配施氮肥以后, 随施N量增加, 产量从239.9kg增加到333.3kg, 平均284.3kg, 较单施磷增产14.9—58.4%, 平均增产35.6%

长武点黑垆土区, 氮磷肥配合施用, 同样具有明显的增产效果和经济效益。亩单施 $P_2O_5$ 4kg比不施 $P_2O_5$ 对照增产17.4%, 亩单施N4kg比不施N对照增产22.5%; 而二者配合施用后比不施氮磷对照增产60%。 $N_4P_4$ 肥料投资等于单施 $N_4$ 、 $P_4$ 所需肥料投资之

氮磷配施增产效果及经济效益

表 8

试点	年份	施肥量		平均产量 (kg/亩)	增 产 效 果			增 产 值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产 投 比 (倍)
		N (kg/亩)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/亩)		增产量 (kg/亩)	增产率 (%)	每kg养分增 产量(kg)					
乾 县	1987	0	0	192.9	0	0	0	0	0	0	0	0
		12.5	0	235.0	42.1	21.8	3.3	21.0	22.5	-1.4	-0.06	0.94
		0	10.5	214.4	21.5	11.1	2.0	10.7	24.3	-13.6	-0.56	0.44
		5.43	4.56	276.9	84.0	45.5	8.4	42.0	20.3	21.6	1.06	2.06
		12.5	7.32	302.6	109.7	56.8	5.5	54.8	39.4	15.4	0.39	1.39
长 武	1988	8.71	10.5	295.1	102.2	53.0	5.3	51.13	40.0	11.0	0.28	1.28
		0	0	167.1	0	0	0	0	0	0	0	0
		12.5	0	184.6	17.5	10.4	1.4	8.7	22.5	-13.7	-0.61	0.39
		0	10.5	197.9	30.8	18.4	2.9	15.4	24.3	-8.9	-0.37	0.63
		5.43	4.56	278.3	111.2	66.5	11.1	55.6	20.3	35.2	1.73	2.73
长 武	1986	12.5	7.32	284.2	117.1	70.0	5.9	58.5	39.4	19.0	0.48	1.48
		8.71	10.5	309.6	142.5	85.2	7.4	71.2	40.0	31.2	0.78	1.78
		0	0	155.6	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	190.6	35.0	22.5	8.7	17.5	7.2	10.3	1.43	2.43
		0	4	182.6	27.0	17.4	6.7	13.5	9.2	4.2	0.45	1.45
长 武	1986	8	4	249.1	93.5	60.0	11.6	46.7	16.4	30.2	1.84	2.84
		M <sub>5t</sub>	0	239.6	84.0	54.0	16.8	42.0	0.0	42.0		
		4M <sub>5t</sub>	4	320.1	164.5	105.8	20.5	82.2	16.4	65.8	3.99	4.99

注: M<sub>5t</sub>表示每亩施优质有机肥5t, 有机肥不计成本, 下同。

表 9 氮磷配合最佳施肥量及经济效益

年份	CK产量 (kg/亩)	最佳产量 (kg/亩)	最佳产量施肥量 (kg/亩)		增 产 效 果			增 产 值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产 投 出 (倍)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	增 产 量 (kg/亩)	增 产 率 (%)	每kg养分 增 产 量 (kg)					
1987	192.9	279.1	7.09	3.64	86.2	44.6	8.0	43.1	21.2	21.8	1.03	2.03
1988	167.1	299.5	7.01	6.71	132.4	79.2	9.6	66.2	28.1	38.0	1.35	2.35

表 10 氮磷配合最高产量施肥量及经济效益

年份	CK产量 (kg/亩)	最高产量 (kg/亩)	最高产量施肥量 (kg/亩)		增 产 效 果			增 产 值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	投资效率 (元/元)	产 投 比 (倍)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	增 产 量 (kg/亩)	增 产 率 (%)	每kg养分 增 产 量 (kg)					
1987	192.9	300.0	10.77	6.10	107.1	55.4	6.3	53.5	33.5	19.9	0.60	1.60
1988	167.1	310.9	9.16	9.95	143.8	86.0	7.5	71.9	39.5	32.3	0.82	1.82

和16.4元, 但 $N_4P_4$ 所得利润为30.2元/亩, 远远大于单施所得利润之和14.5元/亩, 如果再以有机肥料做底肥, 氮磷配合的经济效益更佳。表8中可见, 5t有机肥做肥底的 $N_4P_4$ 处理, 每亩获利65.8元, 比无有机肥底的 $N_4P_4$ 处理增加利润35.5元。 $M_{5t}N_4P_4$ 处理产投比是 $N_4P_4$ 的2.17倍。根据表8资料, 小麦产量( $\hat{Y}$ , 0.5kg/亩)与施肥量( $X$ , 0.5kg/亩)之间的回归方程为:

$$\hat{Y} = 301.97 + 11.88N + 9.87P + 0.017M$$

$$F = 39.9^*, F_1 = 20.8^* \quad F_2 = 14.4 \quad F_3 = 67.2^*$$

据表2和表5资料, 长武黑垆土区, 当氮肥达到最佳施肥量时, 相应的 $N:P_2O_5 = 1:0.90$ ; 当磷肥达到最佳施肥量时, 相应的 $N:P_2O_5 = 1:0.84$ 。即在长武黑垆土区小麦生产中合理的 $N:P_2O_5 = 1:0.84-0.90$ , 与乾县北部黄绵土区 $1:0.73-0.89$ 基本一致。

(四) 旱地小麦施用氮磷化肥对品质的影响。旱地小麦施用氮磷化肥对麦粒品质有什么影响, 是人们普遍关心的一个问题。为此, 我们对不同施肥条件下小麦籽粒蛋白质和赖氨酸进行了研究。

表11说明, 小麦籽粒蛋白质和赖氨酸含量随施N量增加而提高, 其含量均与施N量成直线正相关, 相关系数分别为 $r_{\text{蛋}} = 0.9912^{**}$ 和 $r_{\text{赖}} = 0.8971^*$ 。随施N量增加, 蛋白质含量从10.36%提高到15.77%, 增加幅度为3.0—52.2%; 赖氨酸含量从0.258g/100g提高到0.335g/100g, 增加幅度为3.8—29.8%。

表 11 不同施氮量麦粒蛋白质及赖氨酸含量

施N量(kg/亩)	0	2.5	5	7.5	10	12.5
项 目						
籽粒产量(kg/亩)	210.4	256.7	301.3	333.3	314.2	304.2
蛋白质含量(%)	10.36	10.68	12.13	13.22	14.67	15.77
增加量(%)		0.32	1.77	2.86	4.31	5.41
增加率(%)		3.0	17.0	27.6	41.6	52.2
赖氨酸含量(g/100g)	0.258	0.268	0.281	0.300	0.335	0.310
增加量(g/100g)		0.010	0.023	0.042	0.077	0.052
增加率(%)		3.8	8.9	16.2	29.8	20.1

注: 各处理均以亩施6.3kg $P_2O_5$ 做肥底。

表12资料表明, 小麦籽粒蛋白质含量随施 $P_2O_5$ 量增加而降低, 降低幅度为2.5—14.8%。蛋白质含量与施 $P_2O_5$ 之间呈直线负相关, 相关系数 $r = -0.8258^*$ 。施 $P_2O_5$ 量对小麦籽粒赖氨酸含量没有明显影响, 各处理之间赖氨酸含量比较接近, 其含量变化在0.291—0.320g/100g之间。

表13资料说明, 氮磷肥配合施用均能提高小麦籽粒蛋白质和赖氨酸含量, 蛋白质提高15.3—38.4%, 赖氨酸提高12.8—17.5%。由于氮磷肥用量及配合比例不同, 其提高的情况也不一样。从既高产又优质角度考虑, 由表11和表13资料可知, 较合理的氮磷配合比例为 $N:P_2O_5 = 1:0.50-0.90$ 。这一比例与前述结果基本一致。

(五) 氮肥、磷肥和有机肥利用率。计算公式:

表 12 不同施磷量麦粒蛋白质及赖氨酸含量

施P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 量(kg/亩)	0	2.1	4.2	6.3	8.4	10.5
项 目						
籽粒产量(kg/亩)	183.8	250.4	271.2	298.8	312.1	318.8
蛋白质含量(%)	15.09	14.70	13.25	13.94	12.85	13.35
增加量(%)		-0.39	-1.84	-1.15	-2.24	-1.74
增加率(%)		-2.5	-12.1	-7.6	-14.8	-11.5
赖氨酸含量(g/100g)	0.310	0.320	0.305	0.318	0.315	0.291
增加量(g/100g)		0.010	-0.005	0.008	0.005	-0.019
增加率(%)		3.2	-1.6	2.5	1.6	-6.1

注:各处理均以每亩7.5kgN做底肥。

表 13 氮磷配施麦粒蛋白质及赖氨酸含量

处 理	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>12.5</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>10.5</sub>	N <sub>5.43</sub> P <sub>4.56</sub>	N <sub>12.5</sub> P <sub>7.32</sub>	N <sub>17.1</sub> P <sub>10.5</sub>
项 目						
籽粒产量(kg/亩)	167.1	184.6	197.9	278.3	284.2	309.6
蛋白质含量(%)	10.92	15.41	9.81	12.60	15.12	14.15
增加量(%)		4.49	-1.11	1.68	4.20	3.23
增加率(%)		41.1	-10.1	15.3	38.4	29.5
赖氨酸含量(g/100g)	0.280	0.310	0.235	0.278	0.316	0.329
增加量(g/100g)		0.030	-0.045	0.002	0.036	0.049
增加率(%)		10.7	-16.0	-0.71	12.8	17.5

$$\text{利用率} = \frac{\text{籽粒含N、P}_2\text{O}_5\text{量} \times \text{籽粒重} + \text{茎秆含N、P}_2\text{O}_5\text{量} \times \text{茎秆重} - \text{CK含N、P}_2\text{O}_5\text{量}}{\text{每亩施入N、P}_2\text{O}_5\text{量}}$$

根据试验和计算,乾县北部塬区,氮肥利用率68.6%,磷肥当季利用率14.0%;长武塬区氮肥利用率41.0%,磷肥当季利用率11.5%。有机肥料中氮素肥效当年仅发挥32.3%。氮肥利用率在一般石灰性土壤的范围(30—70%)之内,但并未达到高限。因此,渭北旱塬氮肥和有机肥肥效尚有较大潜力可挖;磷肥利用率低,严重影响磷肥效益的发挥。如何提高磷肥肥效,是今后本区试验研究中应重视的一个问题。

(作者工作单位:马耀华、李岗、冯立孝—西北农业大学,其余为西北水土保持研究所。)

## 参 考 文 献

- [1] 陈伦寿、李仁岗主编:《农田施肥原理与实践》,农业出版社,1984年。
- [2] 彭琳等:“渭北高原旱地小麦化肥施用效果”,《干旱地区农业研究》,1986年第1期第32—38页。
- [3] 杨平等:“渭北旱塬轮作、施肥与土壤培肥试验的初步研究”,《干旱地区农业研究》,1988年第1期第72—77页。

## Rational Fertilization to Winter Wheat and Its Economic Efficiency in Weibei Rainfed Highland

*Ma Yaohua      Li Cang      Fen Lixiao*  
*Yang Ping      Dai Mingjun      Peng Lin*

### Abstract

The plant nutrients of soil are in general deficient in Weibei rainfed highland, the first is N, the second is P and the yield of wheat can be increased by N and P fertilizer application. The efficiency of N fertilizer are significant if the P in soil are sufficient. There is often negative economic efficiency by P fertilizer application if N supply by soil are not enough.

It has significant positive correlation between contents of protein and lysine in wheat seed and amounts applying N fertilizer into the soil. Results of the experiment showed that the properly mixed ratio of N and P fertilizer to winter wheat are  $N : P_2O_5 = 1 : 0.5-0.9$ , in this range, high yield, good quality and low production cost to winter wheat may be achieved. The use efficiency of N, P fertilizer and N in organic manure are 41-68.6%, 11.5% and 32.3% respectively showed that it is one of the important research problem to raise the use efficiency of fertilizer.