



## 河南省不同土壤类型小麦平衡施肥研究<sup>[1]</sup>

孙克刚<sup>1</sup> 李丙奇<sup>1</sup> 和爱玲<sup>1</sup> 杨占平<sup>1</sup> 张文明<sup>2</sup>

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州, 450002)

(2. 河南省新乡市延津县司寨乡平陵村, 453212)

**摘要:** 河南省三大土壤类型区氮磷钾平衡施肥对优质小麦郑麦366的增产作用不同: 从试验结果看, 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土), 氮磷钾平衡施肥均能提高小麦产量, 限制小麦产量的主要因子, 氮素是第一位、磷素是第二位、钾素是第三位。砂姜黑土区每公斤氧化钾增产9.0公斤小麦和8.2公斤小麦, 潮土区每公斤氧化钾增产10.9公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产8.1公斤小麦, 同时在平衡施肥时, 潮土区小麦产量最高为583公斤/亩, 其次为褐土区产量为559公斤/亩, 砂姜黑土区产量最低为508公斤/亩和535公斤/亩。

**关键词:** 优质小麦 郑麦366 平衡施肥 土壤类型

河南省位于我国中东部, 黄河中下游, 黄淮海大平原的西南部。河南省是一个农业大省, 全省面积16~17万平方公里, 其中耕地面积720万公顷。农村人口占全省总人口的85.9%, 农村社会总产值占全省社会总产值的54.1%, 以农产品为原料的轻工业产值的比重为78.8%, 农业的基础地位显得尤为重要。河南省的地势基本上是西高东低。流经河南省境内的河流有黄河、淮河、海河、长江四大水系。气候处于暖温带和亚热带交错的边缘地区, 气候具有明显的过渡性特征。全省年平均气温为12.8~15.5℃, 7月最热, 月平均气温为27~28℃, 1月最冷, 月平均气温为-2~2℃。年降水量从北到南大致为600~1200毫米之间。全省农作物多为一年两熟。主要以小麦、水稻、棉花、大豆、花生、芝麻、油菜、烟叶等为主。全省农作物总播种面积为1419万公顷, 其中粮食播种面积达930万公顷, 占68.7%; 油料作物播种面积为155万公顷, 占11.4%; 棉花播种面积80万公顷, 占5.9%。粮食作物中小麦播种面积为501万公顷, 占总播种面积的35.3%, 占粮食作物播种面积的54.5%, 玉米播种面积为258万公顷, 占总面积为18.2%, 占粮食面积的24.4%。各种作物平均产量分别为: 小麦5638公斤/公顷, 玉米5603公斤/公顷, 花生3841公斤/公顷, 棉花1037公斤/公顷。全省化肥纯用量为540.4万吨, 氮肥纯用量为207.3万吨, 磷肥纯用量为97.3万吨, 钾肥纯用量为46.2万吨, 比项目合作前的1990年用量增加近5倍。氮肥用量占整个化肥用量的38.3%, 磷肥用量占整个化肥用量的18.0%, 钾肥用量占整个化肥用量的8.5%。氮磷钾的比例为1:0.48:0.19。全省氮磷钾化肥总用量在增加, 氮肥所占百分比是在下降, 磷肥所占比例保持在28%左右, 钾肥所占比例是在逐年增加, 到目前达到11.4%, 复合肥用量在逐年增加。而1990年在没有和加拿大钾磷研究所进行钾肥合作项目前河南省全省肥料用量为195.3万吨, 氮肥纯用量为137.3万吨, 氮肥占化肥用量的70.3%, 磷肥纯用量为51.9万吨, 磷肥占化肥用量的26.6%, 钾肥纯用量为6.0万吨, 钾肥仅占化肥用量的3.1%。氮磷钾比例为1:0.38:0.04。

[1] 本研究由国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处资助。

## 1 材料与方 法

试验地点：小麦试验安排在驻马店市驿城区水屯镇新坡村和遂平县和兴乡和兴村、洛阳市孟津县送庄乡朱寨村、新乡市延津县司寨乡平陵村。土壤类型：驻马店市土壤类型为砂姜黑土，洛阳市土壤类型为褐土，新乡市土壤类型为潮土。小麦品种为：郑麦 366，播种量为：7.5 公斤/亩。小区面积 20~30 平方米，重复 3 次，随机区组排列。收获各小区子粒（或收获部分）和秸秆（或生物）产量；田间管理按丰产田要求，并记载生物学性状。播种前取土壤样品送中国农业科学院区划所中-加合作土壤植物样品分析实验室和河南农科院资环所实验室分析。钾肥用加拿大产氯化钾。

表 1 试验地土壤养分基本状况

地点	实验室 编号	经度		纬度		pH	OM	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		毫克/升														
平陵	AUW G 04	E 114° 14' 57.0"	N 35° 12' 25.9"	8.1	0.4	46.1	1.3	19.7	15.0	1.07	0.3	4.8	3.9	0.5		
朱寨村	AUT W 05	E 112° 32' 58.2"	N 34° 49' 01.6"	7.8	0.84	111.3	12.5	22.9	4.2	0.45	5.9	10.6	4.2	2.0		
和兴村	AUT G 05	E 113° 58' 20.6"	N 33° 14' 27.2"	5.5	0.78	72.4	8.6	20.8	3.8	0.02	5.9	127.4	40	1.6		
新坡村	AUS R 07	E 114° 09' 49.6"	N 32° 57' 20.3"	5.2	0.89	47.8	0.8	15.1	10.1	0.29	3.4	108.4	43.1	2.2		

## 2 试验结果与经济效益分析

### 2.1 遂平县和兴乡和兴村小麦养分监测村试验

遂平县和兴乡和兴村小麦试验结果经方差分析，F 值超过显著水平（表 3）。在小麦试验中 9 个处理之间均达到 5% 显著性差异。9 个处理中以 N<sub>15</sub>P<sub>8</sub>K<sub>12</sub> 处理产量最高，达 535 公斤/亩，其利润也最高为 723 元/亩，产投比为 6.9，生物产量为 1139 公斤/亩，经济系数为 0.47，产量与其他各个处理均达到 1% 差异。其次为农民习惯施肥 N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>5</sub> 处理，产量达 464 公斤/亩，其利润为第 2 位 644 元/亩，产投比为 8.2，生物产量 988 公斤/亩，经济系数为 0.47。氮磷 N<sub>15</sub>P<sub>8</sub> 处理产量为 427 公斤/亩，其利润是第 3 位 593 元/亩，产投比为 8.3，生物产量 908 公斤/亩，经济系数为 0.47。氮钾 N<sub>15</sub>K<sub>12</sub> 处理产量为 410 公斤/亩，其利润是第 4 位 550 元/亩，产投比为 6.6，生物产量是 872 公斤/亩，经济系数为 0.47。N<sub>15</sub>P<sub>5</sub> 处理产量为第 5 位达 399 公斤/亩，其利润为第 4 位 559 元/亩，产投比为 8.8，生物产量是 850 公斤/亩，经济系数为 0.47。N<sub>15</sub>K<sub>5</sub> 处理产量为第 6 位达 376 公斤/亩，其利润为第 8 位 521 元/亩，产投比为 8.1，生物产量是第 8 位 799 公斤/亩，经济系数为 0.47。磷钾 P<sub>8</sub>K<sub>12</sub> 处理产量为 384 公斤/亩，其利润为第 7 位 539 元/亩，产投比为 9.0，生物产量是 893 公斤/亩，经济系数为 0.43，磷钾 P<sub>5</sub>K<sub>5</sub> 处理产量为 364 公斤/亩，其利润为第 6 位 542 元/亩，产投比为 17.2，生物产量是 847 公斤/亩，经济系数为 0.43，不施肥处理产量为 333 公斤/亩。在 N<sub>15</sub>P<sub>8</sub>K<sub>12</sub> 配施时，缺氮时减产为 39.3%；缺磷时减产为 30.7%；缺钾时，减产为 25.4%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。每公斤氯化钾增产 9.0 公斤小麦。

表 2 试验与示范设计方案 (公斤/亩)

处理	洛阳孟津小麦试验方案			处理	驻马店遂平小麦试验方案		
	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
1 OPT	15	8	12	1 OPT	15	8	12
2 OPT-N	0	8	12	2 OPT-N	0	8	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	15	0	12
4 OPT-K	15	8	0	4 OPT-K	15	8	0
5 FP	12	5	5	5 FP	15	5	5
6 FP-N	0	5	5	6 FP-N	0	5	5
7 FP-P	12	0	5	7 FP-P	15	0	5
8 FP-K	12	5	0	8 FP-K	15	5	0
9 CK	0	0	0	9 CK	0	0	0

  

处理	水屯镇新坡村小麦试验方案			处理	延津县平陵村小麦试验方案		
	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
1 OPT	15	8	12	1 OPT	14	8	12
2 OPT-N	0	8	12	2 OPT-N	0	8	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	14	0	12
4 OPT-K	15	8	0	4 OPT-K	14	8	0
5 FP	15	5	5	5 CK	0	0	0
6 FP-N	0	5	5				
7 FP-P	15	0	5				
8 FP-K	15	5	0				
9 CK	0	0	0				

表 3 驻马店市遂平县和兴乡和兴村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		与最高产量差		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	肥料成本	利润与最佳差			
15	8	12	535	a	A	—	—	846	123	—	6.9	1139	0.47
0	8	12	384	f	E	151	39.3	607	68	-184	9.0	893	0.43
15	0	12	410	d	D	125	30.7	647	98	-174	6.6	872	0.47
15	8	0	427	c	C	108	25.4	674	81	-130	8.3	908	0.47
15	5	5	464	b	B	71	15.3	733	89	-79	8.2	988	0.47
0	5	5	364	h	F	171	46.9	576	34	-181	17.2	847	0.43
15	0	5	376	g	E	159	42.5	594	73	-202	8.1	799	0.47
15	5	0	399	e	D	136	34.1	631	72	-164	8.8	850	0.47
0	0	0	333	i	G	202	60.9	526	0	-197		792	0.42

注：价格 (元·kg<sup>-1</sup>) N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、小麦 1.58

### 2.2 驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果与经济分析

驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果经方差分析，F值达到显著水平（表4）。在小麦试验9个处理以 $N_{1.5}P_8K_{1.2}$ 处理产量最高，达508公斤/亩，其利润也是最高为679元/亩，产投比为6.5，生物产量也是最高1080公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异。其次为农民习惯施肥 $N_{1.5}P_5K_5$ 处理产量为431公斤/亩，其利润为第2位593元/亩，产投比为7.7，生物产量为第2位918公斤/亩，经济系数为0.47。氮磷 $N_{1.5}P_8$ 处理产量为410公斤/亩，其利润是第3位566元/亩，产投比为8.0，生物产量是第3为871公斤/亩，经济系数为0.47。氮钾 $N_{1.5}K_{1.2}$ 处理，产量达395公斤/亩，其利润为第6位527元/亩，产投比为6.4，生物产量是第5位841公斤/亩，经济系数为0.47。 $N_{1.5}P_5$ 处理产量为392公斤/亩 其利润为第4位547元/亩，产投比为8.7，生物产量是第6位833公斤/亩，经济系数为0.47。 $N_{1.5}K_5$ 处理产量为384公斤/亩，其利润为534元/亩，产投比为8.3，生物产量是818公斤/亩，经济系数为0.47。磷钾 $P_8K_{1.2}$ 处理产量为373公斤/亩，其利润为522元/亩，产投比为8.7，生物产量是868公斤/亩，经济系数为0.43，磷钾 $P_5K_5$ 处理产量为355公斤/亩，其利润为527元/亩，产投比为16.7，生物产量是825公斤/亩，经济系数为0.43，不施肥处理产量为309公斤/亩。在 $N_{1.5}P_8K_{1.2}$ 配施下，缺氮减产为36.0%；缺磷减产为28.4%；缺钾减产为24.0%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第1为氮素，其次为磷素，第3为钾素。每公斤氧化钾增产8.2公斤小麦。

表4 2006.10—2007.6 驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
1.5	8	1.2	508	a	A	—	—	802	123	—	6.5	1080	0.47
0	8	1.2	373	f	F	135	36	590	68	-157	8.7	868	0.43
1.5	0	1.2	395	d	D	113	28.4	625	98	-152	6.4	841	0.47
1.5	8	0	410	c	C	98	24	647	81	-113	8	871	0.47
1.5	5	5	431	b	B	77	17.7	682	89	-86	7.7	918	0.47
0	5	5	355	g	G	153	43.1	561	34	-152	16.7	825	0.43
1.5	0	5	384	e	E	124	32.1	607	73	-145	8.3	818	0.47
1.5	5	0	392	de	DE	116	29.7	619	72	-132	8.7	833	0.47
0	0	0	309	h	H	199	64.2	489	0	-190		737	0.42

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、小麦 1.58

### 2.3 孟津县送庄乡朱寨村小麦养分监测村试验

孟津县送庄乡朱寨村小麦试验结果9个处理中以 $N_{1.5}P_8K_{1.2}$ 氮磷钾处理产量最高，达559公斤/亩，其利润也是最高为760元/亩，产投比为7.2，生物产量也是最高1189公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异（表5）。其次为 $N_{1.5}P_8$ 处理产量为462公斤/亩，其利润是第2位648元/亩，产投比为9.0，生物产量是第2为982公斤/亩，经济系数为0.47。农民习惯施肥 $N_{1.2}P_5K_5$ 处理，产量达454公斤/亩，其利润为第3位628元/亩，产投比为8.1，生物产量是第3位966公斤/亩，

经济系数为 0.47。氮钾  $N_{15}K_{12}$  处理产量为 416 公斤/亩，其利润是第 5 位 560 元/亩，产投比为 6.7，生物产量是第 5 为 885 公斤/亩，经济系数为 0.47。 $N_{12}P_5$  处理产量为第 5 位达 409 公斤/亩其利润为第 4 位 574 元/亩，产投比为 9.0，生物产量是第 5 位 870 公斤/亩，经济系数为 0.47。 $N_{12}K_5$  处理产量为第 7 位达 384 公斤/亩，其利润为第 8 位 534 元/亩，产投比为 8.3，生物产量是第 8 位 817 公斤/亩，经济系数为 0.47。磷钾  $P_8K_{12}$  处理产量为 392 公斤/亩，其利润为 552 元/亩，产投比为 9.2，生物产量是 912 公斤/亩，经济系数为 0.43，磷钾  $P_5K_5$  处理产量为 363 公斤/亩，其利润为 540 元/亩，产投比为 17.1，生物产量是 845 公斤/亩，经济系数为 0.43，不施肥处理产量为 357 公斤/亩。在  $N_{15}P_8K_{12}$  配施下，不施 N 减产 42.5%；不施 P 减产 34.4%；不施 K 减产 21.1%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。每公斤氧化钾增产 8.1 公斤小麦。

表 5 2006.10—2007.6 洛阳市孟津县送庄乡朱寨村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	$P_2O_5$	$K_2O$		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
15	8	12	559	a	A	—	—	883	123	—	7.2	1189	0.47
0	8	12	392	e	D	167	42.5	620	68	-208	9.2	912	0.43
15	0	12	416	d	C	143	34.4	657	98	-201	6.7	885	0.47
15	8	0	462	b	B	97	21.1	729	81	-112	9.0	982	0.47
12	5	5	454	c	B	105	23.2	717	89	-132	8.1	966	0.47
0	5	5	363	g	E	196	53.9	574	34	-220	17.1	845	0.43
12	0	5	384	f	D	175	45.6	607	73	-226	8.3	817	0.47
12	5	0	409	d	C	150	36.8	646	72	-186	9.0	870	0.47
0	0	0	357	g	E	202	56.8	563	0	-197	8.49	0.42	

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、 $P_2O_5$  3.2、 $K_2O$  3.5、小麦 1.58

#### 2.4 新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果与经济分析

新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果经方差分析，F 值达到显著水平（表 6）。在小麦试验 5 个处理以  $N_{14}P_8K_{12}$  处理产量最高，达 583 公斤/亩，其利润也是最高为 803 元/亩，产投比为 7.7，生物产量也是最高 1241 公斤/亩，经济系数为 0.47，产量与其他各个处理均达到 1% 差异。其次处理  $N_{14}P_5$  处理产量为 452 公斤/亩，其利润是第 2 位 637 元/亩，产投比为 9.2，生物产量是第 2 为 982 公斤/亩，经济系数为 0.46。氮钾  $N_{14}K_{12}$  处理，产量达 420 公斤/亩，其利润为第 4 位 570 元/亩，产投比为 7.1，生物产量是第 4 位 913 公斤/亩，经济系数为 0.46。磷钾  $P_8K_{12}$  处理产量为 396 公斤/亩，其利润为第 5 位 558 元/亩，产投比为 9.3，生物产量是 921 公斤/亩，经济系数为 0.43，不施肥处理产量为 364 公斤/亩。在  $N_{14}P_8K_{12}$  配施基础上，不施 N 减产 47.3%；不施 P 减产 38.9%；不施 K 减产 29.1%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。每公斤氧化钾增产 10.9 公斤小麦。

表 6 2006.10—2007.6 新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
14	8	12	583	a	A	—	—	922	119	—	7.7	1241	0.47
0	8	12	396	d	D	187	47.3	626	68	-245	9.3	921	0.43
14	0	12	420	c	C	163	38.9	664	94	-233	7.1	913	0.46
14	8	0	452	b	B	131	29.1	714	77	-166	9.2	982	0.46
0	0	0	364	e	E	219	60.4	574	0	-229		866	0.42

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、小麦 1.58



平衡施肥观摩现场

### 3 小结

3.1 从试验结果看，在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土），氮磷钾平衡施肥均能提高小麦产量。

3.2 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，限制小麦产量的主要因子，氮素是第一位、磷素是第二位、钾素是第三位。

3.3 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，砂姜黑土区每公斤氧化钾增产 9.0 公斤小麦和 8.2 公斤小麦。潮土区每公斤氧化钾增产 10.9 公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产 8.1 公斤小麦。

3.4 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，平衡施肥处理，潮土区小麦产量最高为 583 公斤/亩，其次为褐土区产量为 559 公斤/亩，砂姜黑土区产量最低为 508 公斤/亩和 535 公斤/亩。