

# 氮、磷、钾肥在河南省小麦上的应用效果 及推荐用量研究

易玉林

(河南省土壤肥料站, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为了更好地了解化肥在小麦上的应用效果, 依托国家测土配方施肥项目, 于 2005—2009 年在河南省 71 个县(市)安排了 924 个试点进行小麦三因素四水平田间肥效试验。结果表明, 全省小麦无肥( $N_0P_0K_0$ )、无氮( $N_0P_2K_2$ )、无磷( $N_2P_0K_2$ )、无钾区( $N_2P_2K_0$ )、全肥区( $N_2P_2K_2$ )产量平均分别为 4 499、5 186、5 915、6 197、6 797 kg/hm<sup>2</sup>, 在优化施肥条件下, N、P、K、NPK 增产率平均分别为 38.17%、19.46%、12.92%、62.55%; N、P、K、NPK 贡献率平均分别为 24.57%、14.40%、9.94%、34.35%; N、P、K 农学效率平均分别为 10.36、11.68、8.22 kg/kg; N、P、K 偏生产力平均分别为 39.78、76.53、77.78 kg/kg。通过一元二次函数拟合表明, 全省小麦最高产量施氮量和经济最佳施氮量平均分别为 212.0、177 kg/hm<sup>2</sup>, 最高产量施磷量和经济最佳施磷量平均分别为 106.8、96 kg/hm<sup>2</sup>, 最高产量施钾量和经济最佳施钾量平均分别为 92、78 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 河南; 小麦; 氮磷钾肥料; 增产率; 利用率; 推荐用量

中图分类号: S512 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)07-0069-04

## Application Effect and Suitable Rate of NPK Fertilizer on Winter Wheat in Henan Province

YI Yu-lin

(Soil and Fertilizer Station of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Experiments on application effect and suitable rate of NPK fertilizer on winter wheat were conducted in the 924 sites in 71 counties of Henan province with “3414” experiments from 2005 to 2009. The results showed that the average yields of the treatments  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_2K_2$ ,  $N_2P_0K_2$ ,  $N_2P_2K_0$  and  $N_2P_2K_2$  were 4 499, 5 186, 5 915, 6 197, 6 797 kg/ha, respectively. Under the optimized fertilization, average increasing effects of N, P, K and NPK fertilizer were 38.17%, 19.46%, 12.92% and 62.55%, respectively; average contribution rates of N, P, K and NPK fertilizer were 24.57%, 14.40%, 9.94% and 34.35%, respectively; average agronomic effects of N, P, K fertilizer were 10.36, 11.68, 8.22 kg/kg, respectively; average partial factor productivity from N, P, K applied were 39.78, 76.53, 77.78 kg/kg, respectively. Simulated with quadratic function, average nitrogen rates of max yield and max economy were 212.0 kg/ha and 177 kg/ha, average phosphorous rates of max yield and max economy were 106.8 kg/ha and 96 kg/ha, average potassium rates of max yield and max economy were 92 kg/ha and 78 kg/ha.

**Key words:** Henan province; winter wheat; NPK fertilizer; increasing effect; use efficiency; suitable rate

收稿日期: 2012-03-10

作者简介: 易玉林(1962-), 男, 河南潢川人, 高级农艺师, 主要从事土壤肥料方面的推广和管理工作。

E-mail: yiyulin3739@126.com

河南省是我国小麦主产区,2010 年小麦播种面积占全国小麦播种面积的 21.77%,总产占全国小麦总产的 26.76%;河南省也是全国化肥用量最大的省份,2010 年化肥用量为 655.2 万 t,占到全国用量的 11.78%<sup>[1]</sup>。由于缺乏科学施肥指导,生产中过量施肥、肥料用量不足等现象时有发生<sup>[2-4]</sup>,严重影响了小麦产量的提高,也给生态环境带来了巨大压力<sup>[5-6]</sup>。为了更好地、有针对性地分区域指导小麦合理施肥,按照国家测土配方施肥方案,于 2005—2009 年在河南省不同土壤类型、不同肥力与施肥水平、不同栽培管理与生产水平的 71 个项目县(市)安排 924 个田间试验,通过对化肥增产效果和推荐用量进行分析汇总,探寻和验证小麦不同生态区域的优化施肥方案,以期河南省小麦高产高效施肥和农业生产指导提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计与试验点分布

试验采用“3414”完全实施方案设计,即 3 个因素、4 个水平、14 个处理(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>、N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>、N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>)<sup>[7-8]</sup>。3 个因素指氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O);4 个水平中,0 水平为不施肥,2 水平为当地最佳施肥量的近似值(即优化施肥),1 水平为 2 水平的 0.5 倍,3 水平为 2 水平的 1.5 倍(为过量施肥水平)。其中,全部磷钾肥以及氮肥用量的 60%~70%在小麦种植前整地时作为底肥施入,剩余的 30%~40%氮肥在小麦返青期至拔节期追施。

考虑到河南省不同土壤类型、耕作与田间管理水平、产量水平、施肥水平等方面的差异性,田间试

验分布在河南省的潮土、砂姜黑土、褐土、水稻土等主要土壤类型上,土壤基础肥力水平包括低、中、高不同类型,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的 2 水平施用量分别为 120~180、60~120、60~120 kg/hm<sup>2</sup>。小区面积为 20~40 m<sup>2</sup>,随机排列,不设重复。

### 1.2 收获与取样

在小麦成熟后每个小区收获 6~10 m<sup>2</sup>,风干,计产<sup>[7]</sup>。

### 1.3 数据处理

化肥农学效率=(Y<sub>F</sub>-Y<sub>0</sub>)/F,化肥偏生产力=Y<sub>F</sub>/F,化肥贡献率=(Y<sub>F</sub>-Y<sub>0</sub>)/Y<sub>F</sub>,其中 Y<sub>F</sub> 为施用化肥下的产量,Y<sub>0</sub> 为不施化肥条件下作物的产量,F 代表化肥的投入量,单位均为 kg/hm<sup>2</sup><sup>[8-10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮磷钾肥料的增产效果

由表 1 可知,全省小麦无肥区处理(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>)产量变化在 4 194~4 700 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 4 499 kg/hm<sup>2</sup>;无氮区处理(N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)产量变化在 4 851~5 373 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 5 186 kg/hm<sup>2</sup>;无磷区处理(N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub>)产量变化在 5 452~6 088 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 5 915 kg/hm<sup>2</sup>;无钾区处理(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>)产量变化在 5 843~6 379 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 6 197 kg/hm<sup>2</sup>;最佳施肥,即优化施肥处理(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)产量变化在 6 365~6 998 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 6 797 kg/hm<sup>2</sup>。冬小麦在最佳施肥量,即优化施肥处理(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)条件下,氮肥增产率变化在 33.82%~43.00%,平均为 38.17%;磷肥增产率变化在 18.22%~21.00%,平均为 19.46%;钾肥增产率变化在 10.47%~15.30%,平均为 12.92%;NPK 肥增产率变化在 55.09%~69.70%,平均为 62.55%。

表 1 氮磷钾肥在河南省小麦上的增产效果

年度	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )					优化处理增产率/%				样本数/个
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N	P	K	NPK	
2005—2006	4 267	4 851	5 452	5 843	6 367	33.82	19.15	10.47	55.09	147
2006—2007	4 700	5 373	5 982	6 244	6 998	37.56	20.21	14.44	60.77	366
2007—2008	4 463	5 178	6 088	6 379	6 881	39.56	18.22	11.50	66.19	321
2008—2009	4 194	4 991	5 774	5 936	6 365	43.00	21.00	15.30	69.70	90
平均	4 499	5 186	5 915	6 197	6 797	38.17	19.46	12.92	62.55	

### 2.2 氮磷钾肥料的利用率

由表 2 可知,在当地最佳施肥量,即优化施肥条件下,氮肥贡献率变化在 23.38%~27.40%,平均为 24.57%;氮肥农学效率变化在 9.40~11.36 kg/kg,平均为 10.36 kg/kg;氮肥偏生产力变化在 34.10~44.71 kg/kg,平均为 39.78 kg/kg。磷肥贡献率变化在 13.62%~15.06%,平均为 14.40%;磷肥农学效率变化

在 10.31~13.06 kg/kg,平均为 11.68 kg/kg;磷肥偏生产力变化在 70.20~83.77 kg/kg,平均为 76.53 kg/kg。钾肥贡献率变化在 8.13%~12.30%,平均为 9.94%;钾肥农学效率变化在 6.71~9.61 kg/kg,平均为 8.22 kg/kg;钾肥偏生产力变化在 71.37~84.56 kg/kg,平均为 77.78 kg/kg,NPK 贡献率变化在 32.26%~37.70%,平均为 34.35%。

表 2 氮磷钾化肥在河南省小麦上的贡献率、农学效率和偏生产力

年份	化肥贡献率/%				化肥农学效率/(kg/kg)			化肥偏生产力/(kg/kg)			样本数/个
	N	P	K	NPK	N	P	K	N	P	K	
2005—2006	23.38	14.31	8.13	32.26	9.41	11.72	6.71	40.36	75.70	77.90	147
2006—2007	24.04	15.06	10.97	33.29	11.36	13.06	9.61	44.71	83.77	84.56	366
2007—2008	24.98	13.62	8.85	35.67	9.85	10.31	7.14	35.49	70.20	71.37	321
2008—2009	27.40	14.40	12.30	37.70	9.40	10.40	8.40	34.10	70.70	72.60	90
平均	24.57	14.40	9.94	34.35	10.36	11.68	8.22	39.78	76.53	77.78	—

2.3 氮磷钾肥料的推荐用量

对三因素四水平田间肥效试验结果进行一元二次函数拟合表明,目前小麦最高产量施氮量变化在 97.5~370.5 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 212.0 kg/hm<sup>2</sup>,以 120~180 kg/hm<sup>2</sup> 和 180~240 kg/hm<sup>2</sup> 占比例最大,分别占样本数的 32.93%、31.71%,氮肥推荐用量大于 300 kg/hm<sup>2</sup> 仅占样本数的 25.61%。小麦经济最佳施氮量变化在 33~333 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 177 kg/hm<sup>2</sup>,以 120~180 kg/hm<sup>2</sup> 占比例最大,占样本数的 38.41%,其次是 180~240 kg/hm<sup>2</sup>,占样本数的 29.88%(图 1)。

小麦最高产量施磷量变化在 7.1~207 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 106.8 kg/hm<sup>2</sup>,以 90~135 kg/hm<sup>2</sup> 最大,占频率分布的 43.06%,其次是 45~90 kg/hm<sup>2</sup>,占样本数的 27.78%,小于 45 kg/hm<sup>2</sup> 和大于 135 kg/hm<sup>2</sup> 的分布占频率分布的 6.94%和 20.83%。小麦经济最佳施磷量变化在 17~162 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 96 kg/hm<sup>2</sup>,以 90~135 kg/hm<sup>2</sup> 占比例最大,占样本数的 47.22%,其次是 45~90 kg/hm<sup>2</sup>,占样本数的 36.11%;小于 45 kg/hm<sup>2</sup> 和大于 135 kg/hm<sup>2</sup> 的分布占频率分布的 5.56%和 11.11%(图 2)。

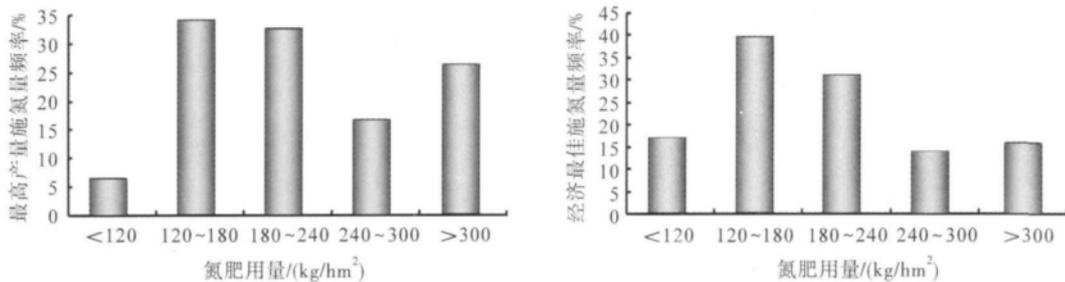


图 1 河南省小麦最高产量施氮量和经济最佳施氮量频率分布

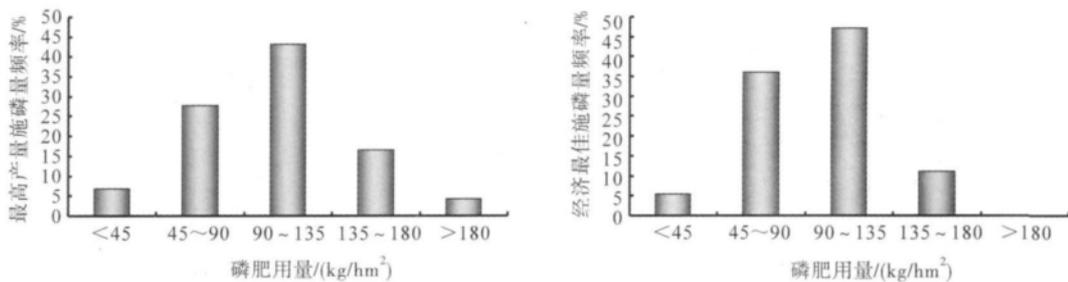


图 2 河南省小麦最高产量施磷量和经济最佳施磷量频率分布

小麦最高产量施钾量变化在 7.1~199 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 92 kg/hm<sup>2</sup>,以 90~135 kg/hm<sup>2</sup> 最大,占频率分布的 40.16%,其次是 45~90 kg/hm<sup>2</sup>,占样本数的 36.89%,小于 45 kg/hm<sup>2</sup> 和大于 135 kg/hm<sup>2</sup> 的分布占频率分布的 9.84%和 13.11%。小麦经济最佳施钾量变化在 9~165 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 78 kg/hm<sup>2</sup>,以 45~90 kg/hm<sup>2</sup> 占比例最大,占样本数的 53.28%,其次是 90~135 kg/hm<sup>2</sup>,占样本数的 28.69%;小于 45 kg/hm<sup>2</sup> 和大于 135 kg/hm<sup>2</sup> 的分布

占频率分布的 13.11%和 4.92%(图 3)。

3 结论与讨论

王激清等<sup>[11]</sup>研究表明,化肥在粮食单产增加中的贡献率达 50%。王旭等<sup>[12]</sup>研究表明,我国各区域小麦化肥增产率在 34.7%~77.3%,化肥贡献率在 25.8%~43.6%。张福锁等<sup>[13]</sup>研究表明,我国小麦 N、P、K 肥的偏生产力平均分别为 43.1、63.7、72.2 kg/kg,农学效率分别为 8.0、7.3、5.3 kg/kg。从本

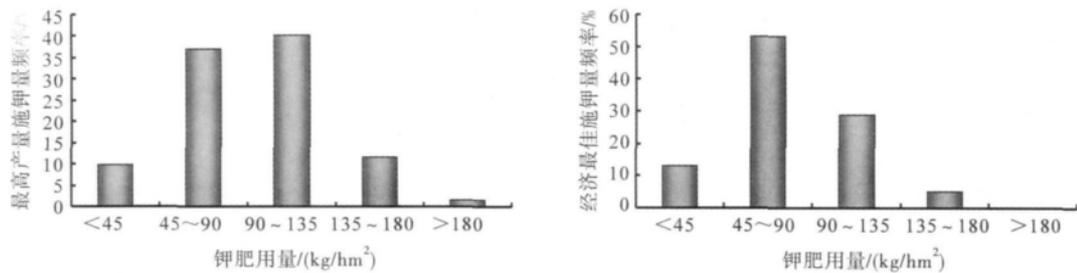


图 3 河南省小麦最高产量施钾量和经济最佳施钾量频率分布

研究结果来看,在优化施肥条件下,N、P、K、NPK 增产率平均分别为 38.17%、19.46%、12.92%、62.55%;N、P、K、NPK 贡献率平均分别为 24.57%、14.40%、9.94%、34.35%;N、P、K 农学效率平均分别为 10.36%、11.68%、8.22 kg/kg;N、P、K 偏生产力平均分别为 39.78%、76.53%、77.78 kg/kg,虽然结果与文献研究结果基本相同,但远低于国际水平<sup>[13-14]</sup>,说明河南省化肥的增产效果和利用效率还有待于进一步提高。

本研究结果还表明,河南省小麦无氮、无磷、无钾区、全肥区产量平均分别为 5 186、5 915、6 197、6 797 kg/hm<sup>2</sup>,氮、磷、钾相对产量分别达到 76.30%、87.02%、91.17%;如果按试验获得的小麦 100 kg 产量吸收 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 为 2.87 : 0.69 : 2.12 计算,土壤供应氮、磷、钾养分的能力分别达到 148.84、40.82、131.38 kg/hm<sup>2</sup>,说明目前河南省麦田土壤肥力已经发生了很大变化。虽然优化施肥小麦产量达到了 6 797 kg/hm<sup>2</sup>,比目前全省平均的 5 838 kg/hm<sup>2</sup>高出 16.43%<sup>[15]</sup>,但距河南省 11 200.5 kg/hm<sup>2</sup> 的小麦单产记录还有较大差距<sup>[16]</sup>,说明在今后的小麦生产中,仍需将小麦栽培与测土配方施肥紧密结合,实现小麦产量和肥料利用效率协同提高。

叶优良等<sup>[17]</sup>对河南省高产小麦研究表明,兼顾产量和环境的适宜施氮量为 180 kg/hm<sup>2</sup>。Cui 等<sup>[18]</sup>研究表明,华北平原冬小麦优化施氮(用量在 71~170 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 126 kg/hm<sup>2</sup>),可以显著提高小麦产量。本研究表明,河南省小麦最高产量施氮量平均为 212.0 kg/hm<sup>2</sup>,经济最佳施氮量平均为 177 kg/hm<sup>2</sup>,与前人的研究结果也基本一致。但是,不同年份、不同区域之间差异较大,说明在今后的小麦生产中要切实加强养分资源管理,用好土壤、环境中的养分,充分发挥品种的生物学潜力,最大限度提高养分资源利用效率,保障粮食生产和生态环境安全。

#### 参考文献:

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.  
[2] 叶优良, 王桂良, 黄玉芳, 等. 豫北高产灌区小麦生产与肥料施用状况研究[J]. 河南农业科学, 2008(1): 53-57.

[3] 李欢欢, 黄玉芳, 王玲敏, 等. 河南省小麦生产与肥料施用状况[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 426-430.  
[4] 张卫峰, 马文奇, 王雁峰, 等. 中国农户小麦施肥水平和效应的评价[J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 1049-1055.  
[5] Ju X T, Xing G X, Chen, X P, *et al.* Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106: 3041-3046.  
[6] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, *et al.* Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327: 1008-1010.  
[7] 张福锁. 测土配方施肥技术要览[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.  
[8] Fageria N K, Baligar V C. Methodology for evaluation of lowland rice genotypes for nitrogen use efficiency[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(6): 1315-1333.  
[9] Cui Z L, Chen X P, Zhang F S, *et al.* On-farm evaluation of the improved soil Nmin-based nitrogen management for summer wheat in North China Plain[J]. Agron J, 2008, 100: 517-525.  
[10] 曾希柏, 陈同斌, 胡清秀, 等. 中国粮食生产潜力和化肥增产效率的区域分异[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 539-546.  
[11] 王激清, 马文奇, 江荣风, 等. 养分资源综合管理与中国粮食安全[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 415-422.  
[12] 王旭, 李贞宇, 马文奇, 等. 中国主要生态区小麦施肥增产效应分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2469-2476.  
[13] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.  
[14] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 687-694.  
[15] 河南省统计局, 河南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.  
[16] 成睿智, 苏迅. 746.7 千克 河南省优质小麦单产再创纪录[J]. 北京农业, 2011(20): 42.  
[17] 叶优良, 王桂良, 朱云集, 等. 施氮对高产小麦群体动态、产量和土壤氮素变化的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 351-358.  
[18] Cui Z L, Zhang F S, Chen X P, *et al.* In-season nitrogen management strategy for winter wheat: Maximizing yields, minimizing environmental impact in an over-fertilization context[J]. Field Crops Research, 2010, 116: 140-146.