

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.046

# 石津灌区冬小麦种植肥料合理施用量试验研究

武兰春<sup>1</sup>, 田云中<sup>2</sup>, 李素丽<sup>1</sup>, 赵莉花<sup>1</sup>, 李 森<sup>1</sup>

(1. 河北省水利科学研究院, 石家庄 050057; 2. 河北省石津灌区管理局, 石家庄 050057)

**摘要:** 在河北省石津灌区节水改造示范区, 分别对氮、磷、钾三种肥料不同用量进行分析对比试验, 探讨了肥料施用量与冬小麦产量的关系, 结果发现: 在其他条件相对稳定情况下, 要保证冬小麦产量在 6 750 kg/hm<sup>2</sup> 以上, 那么氮肥(折纯量)的合理施用量为 210 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为 45~75 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥(K<sub>2</sub>O)为 22.5~45 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 肥料不同施用量试验; 冬小麦产量; 氮磷钾最佳用量; 河北省平原区

**中图分类号:** S275 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0205-04

## Experimental Study on Reasonable Application Amount of Planting Fertilizer on Winter Wheat in Shijin Irrigation Area

WU Lan chun<sup>1</sup>, TIAN Yurong<sup>2</sup>, LI Suli<sup>1</sup>, ZHAO Lihua<sup>1</sup>, LI Sen<sup>1</sup>

(1. Hebei Provincial Academy of Water Resources, Shijiazhuang 050057, China;

2. Hebei Provincial Shijin Irrigation Management Bureau, Shijiazhuang 050057, China)

**Abstract:** In this paper, an experimental study was conducted to compare and analyze the application amounts of nitrogen, phosphate, and potash fertilizers in the demonstration area of water saving transformation of Shijin irrigation area in Hebei province, which was used to determine the relationship between the application amount of fertilizer and yield of winter wheat. The results suggested that in order to ensure the yield of winter wheat above 6 750 kg/hm<sup>2</sup>, the reasonable application amount is 210 kg/hm<sup>2</sup> for nitrogen fertilizer (net quantity), 45~75 kg/hm<sup>2</sup> for phosphate fertilizer (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), and 22.5~45 kg/hm<sup>2</sup> for potash fertilizer (K<sub>2</sub>O) when the other conditions are relatively stable.

**Key words:** Experiment with different fertilizer application amounts; yield of winter wheat; optimum amounts of nitrogen, phosphate, and potash fertilizers; plain area of Hebei province

## 1 试验区概况

本次试验区位于河北省石津灌区节水改造示范区内。石津灌区有效灌溉面积为 11.5 万 hm<sup>2</sup>, 为水利部大型灌区节水续建配套试点灌区, 也是典型的北方井渠结合灌区。灌区范围涉及石家庄、衡水、邢台 3 个市 14 个县 158 个乡镇, 主要种植小麦、玉米、棉花<sup>[1]</sup>。

节水改造示范区属石津灌区第一干渠五分干控制范围, 地处河北省宁晋县境内, 由大陆村渠道管理所负责灌溉管理。示范区建设前, 支渠以下灌溉渠道均为土渠, 过水能力差, 渗漏严重, 绝大部分建筑物建设标准较低, 很难满足运行、调度上的要求, 量水设施和设备缺乏, 灌溉管理粗放, 灌水效率低。示范区建设工程共包括改造支渠 2 条, 全长 1.19 km; 混凝土防渗衬砌斗渠 5 条, 全长 3.39 km; 农渠 38 条, 全

长 13.17 km; 配套各类建筑物 846 座, 其中量水设施 41 座; 修建低压管道 3 条, 全长 0.7 km; 简易气象站 1 处等。灌溉面积 357 hm<sup>2</sup>, 总投资 425.78 万元。

示范区中主要种植小麦、玉米等粮食作物, 其中冬小麦主要利用渠灌灌溉, 夏玉米主要利用地下水灌溉。据调查分析, 在小麦农艺节水方面存在着许多问题: 一是一次灌水量过大, 为 2 100~3 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(斗口), 小麦全生育期灌水 2~3 次, 灌溉定额达到 6 000~9 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 浪费水严重; 二是氮肥、磷肥、钾肥施用量过大, 氮肥(折纯量)施用量一般为 255~300 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)施用量为 90~135 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥(K<sub>2</sub>O)施用量为 90~127.5 kg/hm<sup>2</sup>, 在大水大肥的管理条件下, 小麦产量仅为 5 250~6 000 kg/hm<sup>2</sup>。在中等地条件下, 小麦产量 4 500~6 000 kg/hm<sup>2</sup>, 仅需氮肥(折纯量)180~195 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 75 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 45 kg/hm<sup>2</sup> 左右; 在中等

收稿日期: 2014-01-10 修回日期: 2014-03-11 网络出版时间: 2014-05-13

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.02.017.html>

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD11B09 2)

作者简介: 武兰春(1956), 男, 河北衡水人, 研究员, 主要从事节水灌溉研究方面的工作。E-mail: lan chunwu@sina.com

干旱年份足墒播种的情况下,需灌水2~3次,灌溉定额为2 250~3 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。因此,在小麦生育期,存在着严重水肥流失问题,急需研究遴选水肥配比方案、示范抗旱高产品种和示范推广综合节水技术,用于指导大面积的生产。

课题组在示范区中南梁村选择了1 hm<sup>2</sup>耕地作为核心试验田,自2007年~2010年,连续三年进行了田间试验。在冬小麦施肥用量最优方案实验方面,开展了冬小麦氮肥试验、冬小麦磷肥试验、冬小麦钾肥试验等试验。

## 2 理论与方法

### 2.1 合理施肥的理论依据

合理施肥依据的是德国学者李比希的“归还学说”和肥料的三大定律。肥料的三大定律,即最小养分律、同等重要律和不可代替律<sup>[2]</sup>。

归还学说:多年试验结果表明,作物生长有40%~80%的养分来自土壤,但不能把土壤看成是一个取之不尽、用之不竭的“养分库”它必须要依靠施肥的形式,把作物吸收的养分“归还”于土壤,才能使土壤保持原有的活力<sup>[3]</sup>。

最小养分率:指在作物生长过程中,如果出现一种或几种必需的营养元素供给不足时,按作物需要量,最缺的那一种养分即最小养分。这种最小养分就会影响作物生长和限制产量。只有增加最小养分的数量,产量才能相应提高。

同等重要律:对农作物来讲,不论大量元素或微量元素都是同等重要、缺一不可的。缺少某一种微量元素,尽管它的需要量很少,仍会产生缺乏症而导致减产。所以微量元素的重要性是和大量元素一样的,并不因为需要量甚少而可以忽略。

不可代替律:作物需要的各种营养元素,在作物内部都有一定的功能,相互之间不能代替。缺少什么营养元素,就必须施用含有该营养元素的肥料。

### 2.2 合理施肥的基本方法

#### 2.2.1 地力分区(级)分级法

按土壤肥力高低分成若干等级,即把土壤肥力均等的田块作为一个施肥区,利用过去的田间试验结果和近年来土壤肥力检测的数据,结合群众的实践经验,估算出这一施肥区内比较适宜的肥料品种及其施肥量。

#### 2.2.2 目标产量法

土壤肥力是影响产量高低的基础,在相同环境条件下,土壤肥力水平高,产量水平也相应较高,反之则低。目标产量法包括养分平衡法和地力差减法。

养分平衡法:以土壤养分测定值来计算土壤供肥量,按下列公式计算肥料需要量:

$$W = \frac{W_{\text{作物}} - W_{\text{土壤}}}{k W_{\text{肥料}}} \quad (1)$$

式中:W为肥料需要量(kg/hm<sup>2</sup>);W<sub>作物</sub>为作物吸收养分量(kg/hm<sup>2</sup>);W<sub>土壤</sub>为土壤养分供应量(kg/hm<sup>2</sup>);k为肥料当季利用率(%);W<sub>肥料</sub>为肥料养分含量(kg/hm<sup>2</sup>)。

地力差减法:作物在不施肥下的产量称为空白田产量,它所吸收的养分全部来自土壤。根据作物产量由土壤生产和肥料增产组成的原理,从目标产量中减去空白田产量就是

施肥所得的产量。

### 2.2.3 田间试验配方法

肥料效应函数法:以单因素或二因素多水平回归设计为基础,将不同处理得到的产量进行数理统计,求得产量与施肥量之间的函数关系(即肥料效应方程式)。其表达形式为:

$$Y = aX^2 + b \quad (2)$$

式中:Y为粮食产量(kg/hm<sup>2</sup>);X为肥料施用量(kg/hm<sup>2</sup>);a、b为待定系数。

根据式(2),不仅可以直观地看出不同元素肥料的增产效应,以及配合施用的联应效果,而且可以分别计算出经济施肥量(最佳施肥量)、施肥上限和施肥下限,作为建议施肥量的依据。

养分丰缺指标法:利用土壤养分测定值和作物吸收养分之间存在的相关性,对不同作物通过田间试验,把土壤测定值以一定的级差分等,制成养分丰缺及应施肥料数量检索表,据此就可以对照检索表,求得任一测定的土壤养分值对应的肥料施肥量。

氮、磷、钾比例法:通过田间试验,在一定地区的土壤上,取得某一作物不同产量情况下各种养分之间的最好比例,然后通过对一种养分的定量,按各种养分之间的比例关系,来决定其他养分的肥料用量,如以氮定磷、定钾,以磷定氮,以钾定氮等。在不同的生长期,作物对营养元素的吸收是不同的。表1为冬小麦各生育期的氮、磷、钾营养元素的吸收量。

表1 冬小麦各生育期的氮、磷、钾吸收量

Table 1 Uptake amounts of nitrogen, phosphorus, and potassium for winter wheat during each growth period

肥料种类	肥料营养吸收量(%)			
	出苗~返青	返青~拔节	拔节~开花	开花~成熟
氮(折纯量)	15	27	42	16
磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	7	23	49	21
钾(K <sub>2</sub> O)	11	32	51	6

## 3 冬小麦肥料试验研究

冬小麦肥料试验目的是确定在示范区现状条件下冬小麦产量与氮、磷、钾肥用量的关系,通过试验提出示范区各种肥料合理施用水平<sup>[5]</sup>。试验全部在有控制的试验田内进行,并设计三次处理;冬小麦品种采用石麦15号,足墒播种;灌溉方式以利用渠水为主,井水作补充,春季灌2~3水,灌溉定额为2 250~2 700 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

试验要求:试验地块地力要均匀一致;除试验设计外的其他农艺措施要一致,如品种、播量、播期、防病治虫措施等;每个小区的施肥量严格按设计要求进行,按小区施肥;每个小区的灌水按设计要求进行,并配备量水设施。

检测指标:包括耗水量、小麦生长特性、产量等指标。其中,耗水量采用烘干法测定土壤含水量来计算,分别按播前、越冬、返青、起身、拔节、开花、灌浆、收获等8个阶段取土,灌水前、灌水后(降雨后)需加测,每点取到1 m,每20 cm为一层;小麦生长特性的检测指标包括株高、分蘖动态、叶面积指数,按生育阶段进行检测;产量检测是在小麦成熟后每个小区均进行取样考种,考种要分别测定株高、穗长、上三叶长、

下三节长、穗粒数、千粒重等指标。另外,小麦成熟后需要普查每个小区的穗数和实测产量。

### 3.1 井渠结合灌区冬小麦氮肥试验研究

氮肥的主要作用是提高生物总量和经济产量,改善农产品的营养价值,特别是增加种子中蛋白质含量,提高食品的营养价值。作物从第一片真叶出现后就开始吸收氮素,氮素供给充足,植株茎叶生长茂盛,叶色葱绿,光合作用强,氮素供给过多,植物茎叶徒长,叶色暗绿,易造成倒伏;氮素供应不中,植株生长缓慢,叶片小,呈黄绿色。氮素供给过多或不足都会造成作物显著减产,而施用氮肥有明显的增产效果。在增加粮食作物产量方面氮肥所起的作用大于磷(P)、钾(K)等肥料。

为了示范区氮肥合理施用水平,本试验共设计4个处理对比,氮肥(折纯量)施用量分别为150 kg/hm<sup>2</sup>、210 kg/hm<sup>2</sup>、270 kg/hm<sup>2</sup>、330 kg/hm<sup>2</sup>。每个处理设3个重复。试验期间需要对其它肥料进行控制,小麦全生育期施用磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)75 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥(K<sub>2</sub>O)45 kg/hm<sup>2</sup>,均为底施。

经过2008年-2010年的连续三年试验,得出了不同氮肥用量条件下的冬小麦产量,见表2。

表2 不同氮肥施用水平下的冬小麦产量

Table 2 The yields of winter wheat under different application amounts of nitrogen fertilizer

年份	氮肥施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
	150	210	270	330
2008年	6 767	7 683	7 920	6 780
2009年	6 780	8 655	8 133	8 219
2010年	7 502	8 468	8 418	8 201

从表2可以看出,随着氮肥施用量的增加,冬小麦产量增加,氮肥施用量从150 kg/hm<sup>2</sup>增加到210 kg/hm<sup>2</sup>时,产量增加明显;氮肥用量从210 kg/hm<sup>2</sup>至270 kg/hm<sup>2</sup>,冬小麦产量增幅降低;氮肥用量从270 kg/hm<sup>2</sup>升至330 kg/hm<sup>2</sup>后,冬小麦产量基本没有增长。

在示范区肥力条件下,施氮肥(折纯量)210 kg/hm<sup>2</sup>即可保证冬小麦产量6 750 kg/hm<sup>2</sup>;而在施氮肥(折纯量)150 kg/hm<sup>2</sup>时,也可获得6 000 kg/hm<sup>2</sup>的产量。

### 3.2 井渠结合灌区冬小麦磷肥试验研究

合理施用磷肥不仅可以增加作物产量,改善产品品质,加速谷类作物分蘖,促进幼穗分化、灌浆和籽粒饱满,促使早熟<sup>[7]</sup>,还能促使瓜类、茄果类蔬菜及果树等作物的花芽分化和开花结实,提高结果率,增加浆果、甜菜、甘蔗以及西瓜等的糖分、薯类作物薯块中的淀粉含量、油料作物籽粒含油量以及豆科作物种子蛋白质含量。在栽种豆科绿肥时,施用适量的磷肥能明显提高绿肥鲜草产量,使根瘤菌固氮量增多,达到“以磷增氮”的目的。此外,磷肥还能提高作物抗旱、抗寒等抗逆性。

冬小麦磷肥试验共设计4个处理,施磷肥分别为45 kg/hm<sup>2</sup>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、75 kg/hm<sup>2</sup>、105 kg/hm<sup>2</sup>、135 kg/hm<sup>2</sup>,每个处理设3个重复,共设计12个试验田。试验过程中对其它肥料进行了控制,小麦全生育期施用氮肥(折纯量)210 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥

(K<sub>2</sub>O)45 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥底施与追肥各占1/2,钾肥全部底施,氮肥追肥在起身拔节期施用。

经过2008年-2010年的连续三年试验,不同磷肥用量条件下冬小麦产量的试验结果,见表3。

表3 不同磷肥用量条件下的冬小麦产量

Table 3 The yields of winter wheat under different application amounts of phosphate fertilizer

年份	磷肥施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
	45	75	105	135
2008年	7 892	8 469	7 431	7 148
2009年	6 774	8 354	8 271	8 243
2010年	6 942	8 223	8 400	8 232

从表3可以看出,磷肥施用量从45 kg/hm<sup>2</sup>增加到75 kg/hm<sup>2</sup>时,产量增加明显;磷肥施用量大于75 kg/hm<sup>2</sup>时,产量几乎没有增长。因此,施磷肥45~75 kg/hm<sup>2</sup>即可满足冬小麦6 750 kg/hm<sup>2</sup>以上的需求。

### 3.3 井渠结合灌区冬小麦钾肥试验研究

钾是作物的必需营养元素,能保障作物正常生长发育,促进光合作用,促进糖和脂肪的合成,提高产品质量,而且能增强水稻、小麦、玉米抗倒能力和作物抗病虫害、抗干旱和寒冷的能力。因此几乎每种作物都需要适量施用钾肥<sup>[8]</sup>。

本次冬小麦钾肥(K<sub>2</sub>O)试验共设计4个处理,分别施钾肥22.5 kg/hm<sup>2</sup>、45 kg/hm<sup>2</sup>、67.5 kg/hm<sup>2</sup>、90 kg/hm<sup>2</sup>,每个处理设计3个重复,共设计12个试验小区,同时对其它肥料进行控制;小麦全生育期施用氮肥(折纯量)210 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)75 kg/hm<sup>2</sup>,氮肥底施与追肥各占1/2,磷肥全部底施,氮肥追肥在起身拔节期施用。

经过2008年-2010年的连续三年试验,得出了不同钾肥施用条件下的冬小麦产量与产量结构试验结果,见表4。

表4 不同钾肥用量条件下的冬小麦产量

Table 4 The yields of winter wheat under different application amounts of potash fertilizer

年份	钾肥施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
	22.5	45	67.5	90
2008年	7 604	8 540	8 018	6 906
2009年	7 271	8 015	8 481	8 076
2010年	7 050	7 658	7 263	8 126

从表4可以看出,钾肥施用量从22.5 kg/hm<sup>2</sup>增加到45 kg/hm<sup>2</sup>时,产量增加明显;钾肥用量从45 kg/hm<sup>2</sup>至67.5 kg/hm<sup>2</sup>,冬小麦产量增幅放缓,钾肥用量至90 kg/hm<sup>2</sup>时,产量增长不明显,甚至有两年出现产量下滑。因此,保证冬小麦产量6 750 kg/hm<sup>2</sup>以上,施钾肥22.5~45 kg/hm<sup>2</sup>即可。

## 4 结论

化肥可以供给微生物活动需要的速效养分,加速微生物繁殖和活动,促进有机肥料分解,释放出大量的二氧化碳和有机酸,有利于土壤中难溶性养分的溶解。但是化肥用量不

当或达不到增产作用、或造浪费,因此合理施肥是实现高产、稳产、低成本且环保的一个重要措施。本文通过对冬小麦施用氮肥、磷肥、钾肥不同用量对比分析,发现在其他条件相对稳定情况下,氮肥(折纯量)是用量 $210\text{ kg/hm}^2$ 产量最高;磷肥( $\text{P}_2\text{O}_5$ )施用量在 $45\sim 75\text{ kg/hm}^2$ 即可满足冬小麦 $6\ 750\text{ kg/hm}^2$ 以上的需求;钾肥( $\text{K}_2\text{O}$ )施用量为 $22.5\sim 45\text{ kg/hm}^2$ 之间,可使冬小麦产量 $6\ 750\text{ kg/hm}^2$ 以上。试验结果可为该区域在农业生产中合理施用肥料提供科学依据,对提高农业生产效率将发挥重要作用。

#### 参考文献(References):

- [1] 郑红. 石津灌区节水现状与发展对策[J]. 河北水利水电技术, 2001(6): 6-7. (ZHENG Hong, Shijin Irrigation District Water Saving Situation and Development Strategy[J]. Hebei Water Resources and Hydropower Engineering, 2001(6): 6-7 (in Chinese))
- [2] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. (TAN Jinfang. The Principle and Technology of Crop Fertilization[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003. (in Chinese))
- [3] 陈伦寿, 李仁岗. 农田施肥原理与实践[M]. 北京: 农业出版社, 1984. (CHEN Lunshou, Li Ren'gang. Principles and Practice of Irrigation and Fertilization[M] Beijing: Agricultural Publishing House, 1984 (in Chinese))
- [4] 鲁如坤, 史陶钧. 农业化学手册[K]. 北京: 科学出版社, 1982. (LU Rukun, Shi Taojun. Handbook of Agricultural Chemistry[K] Beijing: Science Press, 1982 (in Chinese))
- [5] 钱晓刚. 化肥施用技术[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1999. (QIAN Xiaogang. Fertilizer Application Technology [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1999. (in Chinese))
- [6] 刘喜民. 肥料合理使用新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005. (LIU Ximin. Rational use of new Technology of Fertilizer[M]. Agricultural Publishing House, 2005 (in Chinese))
- [7] 陆景陵, 胡霭堂. 植物营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. (LU Jingling, Hu Aitang. Plant Nutrition[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003. (in Chinese))
- [8] 张德荣, 王静, 王红霞, 等. 钾肥在植物生长中的作用及其对武安市玉米生产的影响[J]. 现代农业科技, 2011, (7): 313-317. (ZHANG Derong, WANG Jing, WANG Hongxia, et al. Effect of Potassium Fertilizer on Plant Growth and Its Role in Maize Production of Wuan City[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2011, (7): 313-317. (in Chinese))
- [4] 林刚, 徐长节, 蔡袁强. 不平衡堆载作用下深基坑开挖支护结构性状研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(8): 2592-2598. (LIN Gang, XU Changjie, CAI Yuanqiang. Research on Characters of Retaining Structures for Deep Foundation Pit Excavation under Unbalanced Heaped Load[J]. Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(8): 2592-2598. (in Chinese))
- [5] 李小杰. 高压旋喷桩复合地基承载力与沉降计算方法分析[J]. 岩土力学, 2004, 25(9): 1499-1502. (LI Xiaojie. Analysis of Calculation Methods for Bearing Capacity and Settlement of High pressure Chemical Churning Pile Composite Foundation [J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(9): 1499-1502. (in Chinese))
- [6] 孙星亮, 王海珍. 水平旋喷固结体力学性能试验及分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(10): 1695-1698. (SUN Xingliang, WANG Haizhen. Testing on Physical and Mechanical Properties of Horizontal Jet grouted Soilcret[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22(10): 1695-1698. (in Chinese))
- [7] ABAQUS MANUALS[M]. Dassault Systèmes Simulia Corp, 2010.

(上接第204页)