

# 我国种植业化学品投入状况与转变路径研究

易小燕, 袁梦, 尹昌斌

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:** 本文以化肥和农药投入为重点, 分析了 20 世纪 90 年代以来我国种植业化学品的投入总量与区域特征、不同作物类型投入状况, 剖析了种植业化学品投入存在的问题, 提出了种植业化学品投入转变的总体思路、转变路径和保障体系。化学品投入方式不合理、投入过量且利用率低, 区域不均衡、作物不均衡与结构不合理现象突出, 因此需要推动种植制度改革、新型化学品研发和精准农业技术应用, 加快转变生产方式, 改进化学品投入方式, 控制其投入量, 优化其区域布局, 并从科技创新、集成示范、补贴制度、标准规范和产学研结合等方面加强保障支撑, 促进种植业绿色持续发展。

**关键词:** 种植业; 化学品投入; 转变路径; 化肥和农药; 保障体系

**中图分类号:** S143 **文献标识码:** A

## The Chemicals Input Status and Transformation Path of the Planting Industry in China

Yi Xiaoyan, Yuan Meng, Yin Changbin

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** This paper examines the total inputs and regional characteristics of chemical input in China since the 1990s, analyzes existing problems of chemical input, and puts forward a general transformation idea, transformation path, and security system for chemicals. Certain phenomena that result in obvious problems for this industry include the excessive use and a low utilization rate of chemicals, regional imbalances in chemicals input, imbalanced crops, and irrational crop structure within the planting industry. In addition, input methods need improvement. It is essential to transform the production mode by optimizing regional layouts, reforming planting systems, developing new chemicals, and adopting precision agricultural technologies. It is also necessary to strengthen support for and promote the green and sustainable development of farming based on scientific and technological innovation, integrated demonstrations, subsidy systems, standard specifications, and industry/university/research institute collaborations.

**Keywords:** planting industry; chemical input; transformation path; chemical fertilizers and pesticides; security system

### 一、前言

中国共产党第十八届中央委员会第五次全体会议首次将生态文明建设纳入到五年发展规划中, 提

出了“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念。“绿色发展”作为五大发展理念之一, 为我国现代农业绿色化发展提供了理论支撑。种植业作为农业的重要组成部分, 其中的农业化学品投入问

收稿日期: 2017-06-20; 修回日期: 2017-07-18

通讯作者: 尹昌斌, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 研究员, 研究方向为农业资源利用与管理; E-mail: yinchangbin@caas.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究(二期)”(2015-ZD-16)

本刊网址: www.enginisci.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

题是政府部门及学术界一直关注的热点。长期以来,由于化肥和农药的过量使用以及施用不合理,不仅使农业生产成本增加,还产生土壤板结、食品安全及水源污染等问题,对我国农业生产环境和人类健康造成威胁 [1]。为此,2015年农业部制定了化肥、农药“零增长”行动,提出到2020年实现化肥、农药“零增长”的目标。实现化肥、农药“零增长”,首先需摸清我国种植业化肥、农药的投入现状,剖析其存在的关键问题,找出解决问题的途径并提出相关措施及建议。我国种植业中化学品种类繁多,本研究以化肥和农药为重点,探讨其投入状况与转变路径。

## 二、种植业化学品投入状况及特征

### (一) 种植业化学品投入总量与分布

化肥是农业重要的生产资料,为提高农产品产量,化肥的使用量不断增加。从表1可以看出,我国化肥施用量(折纯量,下同)从1990年的 $2.5903 \times 10^7$  t上升到2015年的 $6.0226 \times 10^7$  t,年均增长率为3.3%。从区域分布来看,华东和华中地区是施肥密集区,2015年施用总量为 $2.7835 \times 10^7$  t,占全国施用总量的46.2%。其中,华东地区化肥施用总量为 $1.487 \times 10^7$  t,占全国的24.7%;华

中地区化肥施用总量为 $1.2965 \times 10^7$  t,占全国的21.5%。从各省分布看,河南、山东是施肥最多的省份,2015年两省的化肥施用量占全国施用总量的19.6%,如表2所示。

农药在保护农业生产、提高农业综合生产能力、促进农产品稳定增产和农民增收等方面发挥着重要作用,是现代农业生产不可缺少的生产资料。但近10多年来,农药使用量增长迅速,从1991年的 $7.65 \times 10^5$  t上升到2014年的 $1.807 \times 10^6$  t,年均增长率为3.6%。与化肥类似,华东和华中地区农药施用量也一直高于其他地区。2014年,华东和华中地区农药施用量分别为 $5.65 \times 10^5$  t和 $3.8 \times 10^5$  t,占全国农药施用总量的31.3%和21.0%,如表1所示。

### (二) 主要农作物化学品投入状况

根据2016年《全国农产品成本收益》数据资料,经研究测算,目前我国果蔬等经济作物的化肥、农药的施用量远高于粮食等大田作物。2015年,全国三种粮食亩均化肥施用量为24.52 kg;而蔬菜亩均化肥施用量为34.52 kg,是粮食的1.41倍(见表3)。其他经济作物如棉花、甘蔗、柑橘、苹果的化肥施用量也多于粮食。在农药使用方面,经济作物的农药支出(由于没有统计数据支撑农药用量,所以用农药支出代替,比较不同作物间的使用量)也高于

表1 近年来各地区农业化肥及农药施用量(折纯量)情况

		×10 <sup>4</sup> t							
年份	全国	华北	东北	华东	华中	华南	西南	西北	
化肥	1990	2 590.3	257.6	242.6	891.3	487.9	260.8	288.3	161.8
	2000	4 146.4	466.9	343.4	1 351.1	848.7	360.2	470.5	305.6
	2010	5 561.7	649.7	537.8	1 498.9	1 242.5	520.9	615.7	496.3
	2015	6 022.6	715.7	638.6	1 487.0	1 296.5	567.5	689.1	628.2
农药	1991	76.5	6.9	3.5	31.3	15.3	11.2	5.9	2.5
	2000	128.0	10.8	8.5	49.7	29.7	14.1	11.3	3.9
	2010	175.8	14.3	18.6	60.8	38.4	21.4	14.3	8.0
	2014	180.7	15.5	20.7	56.5	38.0	22.5	14.9	12.6

注:根据《中国统计年鉴》(历年)计算。

表2 近年来主要省份化肥施用情况

年份	河南 / ×10 <sup>4</sup> t	山东 / ×10 <sup>4</sup> t	占全国比重 / %
1990	213.2	245.5	17.7
2000	419.5	423.2	20.3
2010	655.2	475.3	20.3
2015	716.1	463.5	19.6

注:根据《中国统计年鉴》(历年)计算。

粮食, 柑橘的亩均农药支出最高为 536.15 元, 是粮食作物的 18 倍 (见表 3)。

根据全国农业技术推广中心的监测统计, 2010—2014 年全国种植业农药施用量平均为  $3.172 \times 10^5$  t, 其中大田作物施用量为  $1.981 \times 10^5$  t, 果蔬施用量为  $9.25 \times 10^4$  t, 其他农作物施用量为  $2.67 \times 10^4$  t (见表 4)。虽然果蔬作物的施用总量低于大田作物, 但单位面积施用量果蔬作物要大于大田作物。我国施用农药中除草剂用量最大, 约占 60%; 杀虫剂用量接近 30%; 生物农药用量最小, 仅占 7.83%。由于施药方式等问题我国农药的利用率低于 30%, 土壤中农药被灌溉水或雨水冲刷到江河湖海中, 导致水源环境污染。农药的不合理使用, 导致农药在一定时间内残留在农作物上, 使农产品的农药残留量超标, 影响人民的身体健康和农业生产环境。

### 三、种植业化学品投入存在的问题

#### (一) 投入过量且利用率低

化学品投入对农业增产的作用显著, 研究显示化肥对粮食增产的贡献为 40%~50% [2]。但过量使用化学品不仅降低资源利用率, 并且造成环境污染。2015 年, 我国化肥总施用量达到  $6.0226 \times 10^7$  t, 比

2005 年的  $4.7662 \times 10^7$  t 增长了 26.4%; 2014 年, 农药施用量达到了  $1.807 \times 10^6$  t, 比 2005 年的  $1.46 \times 10^6$  t 增长了 22.5%。

我国存在明显的化肥施用过量情况。我国农作物亩均化肥施用量为 21.9 kg, 远高于世界平均水平的 8 kg, 是美国的 2.6 倍, 欧盟的 2.5 倍; 我国农作物亩均农药施用量为 39.75 kg, 是世界平均水平的 2.5 倍。此外, 我国化肥农药利用率不到 30%, 与发达国家还有很大差距。美国粮食作物氮肥利用率约为 50%, 欧洲主要国家粮食作物的氮肥利用率约为 65%, 比我国高 15%~30%。欧美发达国家小麦、玉米等粮食作物的农药利用率为 50%~60%, 比我国高 15%~25%。我国果树、蔬菜的化肥施用量已超出安全水平, 据测算, 我国 9 亿亩果树和蔬菜的化肥施用量, 比 16 亿多亩粮食的化肥施用量还要高出  $5 \times 10^6$  t [3]。

#### (二) 区域不均衡、作物不均衡与结构不合理现象突出

从区域分布看, 东部经济发达地区、长江下游地区和城市郊区施用量偏高, 2015 年华东和华中地区化肥施用总量为  $2.7835 \times 10^7$  t, 占全国施用总量的 46.2%。华东和华中地区农药施用量也一直高于其他地区。2014 年, 华东和华中地区农药施用量分别为  $5.65 \times 10^5$  t 和  $3.8 \times 10^5$  t, 占全国农药施用总量的 31.3% 和 21.0%。

从作物类型看, 粮食作物、水果、蔬菜的化肥和农药施用量是依次增加的, 水果蔬菜种植户在作物产量和病虫害防治方面的警惕性和防范意识比粮食种植户要高, 施用量也大。一方面和作物性质和病虫害的情况有关; 另一方面, 粮食作物的收益少, 农民的投入也少。相反, 苹果、蔬菜收益高, 农民在前期化肥、农药及人力方面的投入较大, 对病虫害的防治比较积极, 因此造成农药的使用频率更高

表 3 主要农作物化学品投入情况

农作物品种	化肥 / (kg/亩)	农药 / (元/亩)
稻谷	22.21	51.16
小麦	27.05	19.67
玉米	24.30	16.61
棉花	38.01	70.82
甘蔗	61.65	59.40
苹果	64.66	261.30
柑橘	67.52	536.15
蔬菜	34.52	130.36

注: 资料来源于《全国农产品成本收益汇编 (2016)》, 1 亩  $\approx$  666.67 m<sup>2</sup>。

表 4 2010—2014 年我国种植业农药施用量情况

年份	总量 / $\times 10^4$ t	大田作物 / $\times 10^4$ t	果蔬作物 / $\times 10^4$ t	其他农作物 / $\times 10^4$ t	生物农药所占比重 / %
2010	31.28	20.13	8.56	2.59	8.19
2011	32.26	19.37	10.27	2.62	7.60
2012	32.44	20.53	9.18	2.73	7.48
2013	31.72	19.82	9.16	2.74	7.61
2014	30.92	19.18	9.07	2.67	8.27
平均	31.72	19.81	9.25	2.67	7.83

注: 数据来源于全国农业技术推广服务中心。大田作物包括水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、马铃薯和大豆; 果蔬作物包括果树和蔬菜。

且用量更大。

从投入结构看,肥料投入结构不平衡现象明显,氮、磷、钾养分比例不协调,有机肥料在施肥中的份额较低。从表5可以看出,尽管氮肥和磷肥的使用比例在逐年缓慢下降,钾肥和复合肥的使用比例在逐年上升,但施肥结构仍存在很大问题[4]。有机肥的投入情况明显不足,全国农业技术推广服务中心的数据显示,有机肥在肥料总投入量中的比例不断下降,1949年为99.9%,1990年为37.4%,2000年降至30.6%。《2004年中国环境状况公报》数据显示,2003年全国有机肥施用量仅占肥料施用总量的25%,且近年来仍呈下降的趋势。此外,农药施用结构也不尽合理,有机氯农药自问世以来,化学农药得以迅速发展。

### (三) 投入方式亟待改进

我国种植业以分散式经营为主,由于农民观念意识落后和技术推广等服务体系滞后,农户仍以传统的施肥用药方式为主,施肥后大量灌水、磷肥撒施等方式十分普遍,造成养分损失。施肥用药配套技术的开发和推广十分薄弱,机械施肥、生物农药等尚未推广应用[5]。广大农民的生产习惯是采用以化肥、农药的高投入方式换来农产品的高产出,不科学的投入方式使得一边收获一边付出代价。在种植效益偏低、环境承载力不断增大的情况下,靠投入大量资源和消耗环境的发展方式已难以为继[6],改变发展方式,推进科学施肥用药迫在眉睫。

## 四、种植业化学品投入转变思路与路径选择

### (一) 总体思路

贯穿“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念,以保障国家粮食安全和重要农产品有效供给为目标,坚持绿色、低碳、循环发展,坚持资

源节约和环境保护。依靠科技进步和机制创新,依托新型农业经营主体和社会化服务组织,推进种植业生产方式转变和绿色转型升级,全面推进种植业化学品投入精准化、减量化和安全化。扩大作物轮作试点规模,改善种植业化学品投入结构,大力推进种养结合、有机肥替代化肥和安全低毒的生物农药,提升农业投入品的利用效率,保障农产品质量安全。

### (二) 路径选择

1. 优化种植结构,形成与区域环境容量相匹配的生产格局

深入贯彻落实创新发展理念,实施“藏粮于地、藏粮于技”战略,确保谷物基本自给、口粮绝对安全。深入推进供给侧结构性改革,充分考虑区域化学品投入均衡原则,优化区域布局,促进种植结构调整,建立与区域环境容量相匹配的绿色农业发展新模式。按照国务院发布的《关于建立粮食生产功能区和重要农产品保护区的指导意见》(以下统称“两区”)总体部署和《全国种植业结构调整规划(2016—2020年)》,综合考虑资源承载能力、环境容量、生态类型和发展基础等因素,确定不同区域的发展方向 and 重点,分类施策、梯次推进,构建科学合理、专业化的生产格局[7]。一是提升主产区产能,重点发展东北平原、黄淮海地区、长江中下游平原等粮油优势产区,新疆内陆棉区,桂滇粤甘蔗优势区,发展南菜北运基地和北方设施蔬菜,加强基础设施建设,稳步提升产能。二是划定并建立“两区”:建立水稻、小麦、玉米以东北平原、黄淮海地区、长江流域及中下游、东南沿海、西北及西南优势区为重点的粮食生产功能区;建立大豆以东北为重点、棉花以新疆为重点、油菜以长江流域为重点、糖料以广西和云南为重点的重要农产品保护区。

表5 近年来各类化肥施用情况

年份	氮肥		磷肥		钾肥		复合肥		有机肥占比/%
	施用量/ $\times 10^4$ t	比例/%	施用量/ $\times 10^4$ t	比例/%	施用量/ $\times 10^4$ t	比例/%	施用量/ $\times 10^4$ t	比例/%	
1990	1 638.4	63.3	462.4	17.9	147.9	5.7	341.6	13.2	37.4
2000	2 161.5	52.1	690.5	16.7	376.5	9.1	917.9	22.1	30.6
2010	2 353.7	42.3	805.6	14.5	586.4	10.5	1 798.5	32.3	—
2015	2 361.6	39.2	843.1	14.0	642.3	10.7	2 175.7	36.1	—

注:根据《中国统计年鉴》(历年)计算。

## 2. 推进种植制度改革, 实现用地养地相结合

目前我国大部分地区粮食生产一年两熟, 南方多地一年三熟, 土地长期高负荷运转, 土壤得不到休养生息, 影响了粮食的持续稳产高产 [8]。通过耕地轮作休耕, 减轻开发利用强度, 减少化肥农药投入, 利于农业面源污染修复, 缓解生态环境压力, 有利于提升地力。2014 年开始已经在部分地区探索耕地轮作休耕制度试点, 探索种地与养地相结合、轮作休耕与粮食供求调节相互动。在条件成熟的地区尝试性进行两年三熟制改革, 不仅可以有效节约水资源, 也有利于土地的休养生息, 变“吃干榨尽”为“藏粮于地”。学习借鉴欧美发达国家经验, 如德国要求农场至少有 3 种作物轮作, 种植绿肥等, 培育地力, 提升土壤质量, 实现耕地资源的可持续利用。

## 3. 加大新型农业化学品研发, 减少环境污染

加大科研力度, 开发研制高选择性、高活性生物制剂, 以及高效、低毒、低残留农药, 加大宣传力度和技术推广, 减少对化学农药的依赖。努力开发新型产品, 对可回收产品加大回收力度, 以低毒、高效、绿色、安全为前提, 倡导绿色生态农业。目前, 缓/控释肥料作为一种新型化肥备受青睐, 其具有环境污染少、肥料效果好、经济效益高等特点 [9]。新型农药的开发已经向低毒、低残留、专一性高、不带附属伤害的方向发展。新型技术的推广可以提高田间劳作效率和农产品的产量和质量, 而且能够快速合理地施用农用化学品。

## 4. 稳步推进精准农业应用, 提高资源利用效率

精准农业是当今世界农业发展的新潮流, 是农业科技精准应用的前沿与多学科的协同作用, 是科技含量较高、综合性较强的现代农业生产管理技术 [10]。当前中国农业正处在转型升级的关键时刻, 发展精准农业, 全面提升劳动生产率、土地产出率、水土肥药资源利用率, 是转变农业发展方式、推进绿色可持续发展的关键举措 [11]。我国农业经营规模和经营方式多样, 需要按照因地制宜的原则采用不同的精准农业模式, 鼓励有条件的地方先行先试。通过科技成果的快速转化促进精准农业技术的产业化, 建立精准施肥、施药模型, 实现农业生产决策的专业化。此外, 还需兼顾生态保护与社会经济发展, 实现农业资源配置的市场化。

## 五、保障体系

### (一) 加强科技创新, 促进种植业结构优化与转型升级

推进科技创新和技术集成创新, 着力打造绿色增产模式攻关的升级版。大力推进农作物提质增效, 改良品种、改进品质、创建品牌, 提升质量效益。推进化肥农药减量增效的新型技术研发, 建立与农机农艺相结合的生产工艺。加大农业生物技术、信息技术、食物工程技术等高技术的研发力度。不断提升农业科技自主创新能力, 重点开发具有自主知识产权的农业新品种和新技术。

### (二) 加大环境友好型的种植技术集成与示范

加大技术集成力度, 瞄准绿色、环保、节能、节本的目标, 聚焦农业供给侧结构性改革的需要, 围绕全产业链、资源高效利用、节肥减药、全程机械化、农业信息化等领域, 广泛集成先进实用技术, 加强技术模式的示范、推广、培训、服务, 为现代农业产业发展和转型升级提供技术支持。加大在农业绿色增产增效技术、病虫害绿色防控技术、农业清洁化生产技术、生态循环农业技术等方面的研究力度 [12], 开展整合与集成研究, 建立完善推动农业发展的技术创新体系与技术示范推广体系, 因地制宜地建设一批绿色农业、生态循环农业示范区。

### (三) 建立以绿色生态为导向的农业支持政策

在确保国家粮食安全和农民收入稳定增长的前提下, 坚持稳妥推进、渐进调整, 以现有补贴政策的改革完善为切入点, 从制约农业可持续发展的重要领域和关键环节入手, 突出绿色生态导向, 加快推动落实相关农业补贴政策改革, 强化耕地、草原、林业、湿地等主要生态系统补贴政策, 探索重金属污染耕地治理、农业面源污染治理、农业高效节约用水等有效支持政策 [13], 把政策目标由数量增长为主提升到数量质量生态并重上来。农业支持政策全面转向鼓励农业资源节约利用与环境保护, 探索采取终端产品补贴制度的运行体制机制。

### (四) 构建相关技术标准规范体系

构建农业可持续发展的标准、规范、规程等

体系,严格约束生产者行为,加强农业化学品投入安全施用、生产过程管理及产后环节质量管理等制度建设[14],提出并制定田间景观、生物多样性、土壤质量建设等相关制度规范,提高全社会对农业环境保护的认识,促进农业健康持续稳定发展。学习借鉴发达国家在农业可持续发展领域的相关标准和规范。

### (五) 加强产学研结合,培养新型职业农民

调整研究重心,组织协调产学研三者之间的关系,建立促进农业科技创新的体制和运行机制[15],以构建科研、开发、成果转化及示范应用一体化的农业科技产业链为目标,使各涉农科研机构形成紧密的技术联盟,通过市场机制实现科技资源共享,由单项技术研发转向集成创新,逐步建立适应我国发展和国际竞争需要的农业科技集成创新体制。

#### 参考文献

- [1] 杨红旗,徐艳华.我国种植业发展现状、制约因素分析及对策建议[J].江西农业学报,2010,22(8):181-183.  
Yang H Q, Xu Y H. Status and restrictive factors of China's planting and its countermeasures [J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2010, 22(8): 181-183.
- [2] 李静,李晶瑜.中国粮食生产的化肥利用效率及决定因素研究[J].农业现代化研究,2011,32(5):565-568.  
Li J, Li J Y. Fertilizer using efficiency of China's grain production and its determining factors [J]. Research of Agricultural Modernization, 2011, 32(5): 565-568.
- [3] 刘锐.当前农业生产中化学投入品使用特点、控制措施与建议——以湖南省调研为例[J].经济研究参考,2013(43):35-41.  
Liu R. The characteristics, control measures and suggestions of chemical input products in current agricultural production —A case study of Hunan Province [J]. Review of Economic Research, 2013 (43): 35-41.
- [4] 蔡荣.农业化学品投入状况及其对环境的影响[J].中国人口资源与环境,2010,20(3):107-110.  
Cai R. Agri-chemicals inputs and its impact on environment [J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(3): 107-110.
- [5] 杜江,罗珺.我国农业环境污染的现状和成因及治理对策[J].农业现代化研究,2013,34(1):90-94.  
Du J, Luo J. Status and reasons of China's agricultural environmental pollution and its countermeasures [J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(1): 90-94.
- [6] 饶静,许翔宇,纪晓婷.我国农业面源污染现状、发生机制和对策研究[J].农业经济问题,2011(8):81-87.  
Rao J, Xu X Y, Ji X T. Status and occurrence mechanism of China's agricultural non-point pollution and its countermeasures [J]. Issues in Agricultural Economy, 2011 (8): 81-87.
- [7] 钱易,陈吉宁.中国区域农业资源合理配置、环境综合治理和农业区域协调发展战略研究:农业环境污染的系统分析和综合治理[M].北京:中国农业出版社,2008.  
Qian Y, Chen J N. China's regional rational allocation of agricultural resources, comprehensive management of the environment and agricultural regional coordinated development strategy: System analysis and comprehensive management of agricultural environmental pollution [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [8] 章明奎.我国农业面源污染可持续防控政策与技术的探讨[J].浙江农业科学,2015,56(1):10-14.  
Zhang M K. Discussion on sustainable prevention and control policy and technology of agricultural non-point pollution in China [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2015, 56(1): 10-14.
- [9] 黄春艳.化学农药减量使用的可行性和实施对策[J].黑龙江农业科学,2015(11):145-147.  
Huang C Y. Feasibility and countermeasures of chemical pesticide dosage reduction [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2015 (11): 145-147.
- [10] 蒋阿宁,管建慧,黄文江,等.连续三年冬小麦精准施肥的效益分析[J].四川农业大学学报,2014,32(3):335-339.  
Jiang A N, Guan J H, Huang W J, et al. Benefit analysis on the precision fertilization of winter wheat for three consecutive years [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2014, 32(3): 335-339.
- [11] 宋春晓,马恒运,黄季焜,等.气候变化和农户适应性对小麦灌溉效率影响——基于中东部5省小麦主产区的实证研究[J].农业技术经济,2014(2):4-16.  
Song C X, Ma H Y, Huang J K, et al. The effects of climate change and farmers' adaptability on wheat irrigation efficiency: An empirical study based on the main wheat production areas in the middle east of China [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2014 (2): 4-16.
- [12] 肖晓华,刘春,杨昌洪,等.水稻病虫害专业化统防统治与绿色防控融合示范及成效[J].南方农业,2016,10(1):6-9.  
Xiao X H, Liu C, Yang C H, et al. The demonstration and effect of integration of rice diseases' specialized and unified plant protection and green control [J]. South China Agriculture, 2016, 10(1): 6-9.
- [13] 张光辉,费宇红,刘春华,等.华北平原农灌水强度与地下水承载力适应性状况[J].农业工程学报,2013,29(1):1-10.  
Zhang G H, Fei Y H, Liu C H, et al. Adaptation between irrigation intensity and groundwater carrying capacity in North China Plain [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(1): 1-10.
- [14] 葛继红,周曙东.要素市场扭曲是否激发了农业面源污染——以化肥为例[J].农业经济问题,2012(3):92-98.  
Ge J H, Zhou S D. Whether the market distortion of the factor has stimulated agricultural pollution—Taking fertilizer as an example [J]. Issues in Agricultural Economy, 2012 (3): 92-98.
- [15] 应瑞瑶,朱勇.农业技术培训方式对农户农业化学投入品使用行为的影响——源自实验经济学的证据[J].中国农村观察,2015(1):50-58.  
Ying R Y, Zhu Y. The impact of agricultural technology training on farmers' agrochemical use behavior: Evidence from experimental economics [J]. China Rural Survey, 2015 (1): 50-58.