

# 农户休耕意愿与不同模式的补偿标准

——以太行山北麓平原、黑龙江地区为例

刘鑫, 孔祥斌, 吴芳芳, 雷鸣

(中国农业大学 土地科学与技术学院, 北京 100193)

**摘要:**农户是耕地利用主体,研究其视角下的休耕意愿和不同模式的受偿标准,对政策推行有实际意义。以太行山北麓平原、黑龙江地区为例,调研走访农户分别得到81份和148份有效问卷,通过统计分析、机会成本法和受偿意愿法等,研究了农户休耕意愿和不同模式的补偿标准。结果表明:(1)超过50%受访农户休耕意愿依补偿而定,两区域调整种植结构模式的接受度均高于减少灌溉次数模式。考虑到粮食安全,黑龙江地区调整为种植春玉米,水资源补给性较好的太行山北麓平原实行减少灌溉次数方式;(2)不同模式下两区域农户受偿意愿值均高于机会成本值。建议种植春玉米时补偿标准为7 500元/hm<sup>2</sup>,减灌时太行山北麓平原、黑龙江地区补偿标准分别为灌溉1次下2 504.7元/hm<sup>2</sup>,2 126.4元/hm<sup>2</sup>,灌溉2次下1 252.35元/hm<sup>2</sup>,1 063.2元/hm<sup>2</sup>。本研究从农户视角对休耕政策进行了反馈,提出不同模式下的补偿标准,为休耕政策的具体制定和实施提供借鉴。

**关键词:**地下水超采;农户意愿;补偿标准;机会成本法;黑龙江地区

**中图分类号:**F323.21

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2019)05-0328-06

## Farmers' Fallow Willingness and Compensation

### Standard of Different Models

—A Case Study in the Northern Foothills Plain of Taihang Mountain and Heilonggang District

LIU Xin, KONG Xiangbin, WU Fangfang, LEI Ming

(College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Peasant households are the main bodies of the utilization of cultivated land, therefore, research on the willingness of fallow and the compensation standards of different models under the perspective of peasant households is of practical significance to the implementation of the policy. We took the northern foothills plain of Taihang Mountain and the Heilonggang District as examples, and 81 and 148 valid questionnaires were obtained in the tow areas, respectively, through an investigation of peasant households from the two areas. A research on the willingness of fallow and the compensation standards of different models under the perspective of peasant households was carried out by using statistical analysis, the opportunity cost method, and the compensated wish method. The results show that more than 50% of the respondents are willing to fallow according to the compensation, and the acceptance degree of planting spring maize in the two areas is higher than the pattern of reducing irrigation times. Considering the food security, the utilization of cultivated land could be adjusted to plant spring maize pattern in Heilonggang District, and the pattern of reducing irrigation times in the northern foothill plain of Taihang Mountain since there is better recharge of water resources. The value of the willingness of peasant households to accept the compensation in the two areas under different models is higher than the opportunity cost value. It is suggested that the compensation standard of planting spring maize is 7 500 yuan/hm<sup>2</sup>, and the compensation standards of the northern foothills

收稿日期:2018-10-26

修回日期:2018-12-02

**资助项目:**教育部人文社会科学研究规划资助项目“地下水超采区耕地资源休养生息政策绩效评估及改进策略”(17YJA630040);国家自然科学基金“华北集约化农区耕地多功能质量演化过程机理与调控:以河北曲周为例”(41771561)

**第一作者:**刘鑫(1994—),女,陕西西安人,硕士研究生,主要研究方向为土地资源利用与评价。E-mail:liuxin353@cau.edu.cn

**通信作者:**孔祥斌(1969—),男,河北承德人,博士生导师,博士,主要研究方向为土地资源利用与评价。E-mail:kxb@cau.edu.cn

plain of Taihang Mountain and Heilonggang District should be 2 504.7 yuan/hm<sup>2</sup> and 2 126.4 yuan/hm<sup>2</sup> per irrigation time, 1 252.35 yuan/hm<sup>2</sup> and 1 062.2 yuan/hm<sup>2</sup> every two irrigation times. This study gives feedback to fallow policy from the perspective of peasant households and puts forward compensation standards under different models to provide reference for the formulation and implementation of fallow policy.

**Keywords:** groundwater over-exploitation; farmer's willingness; compensation standard; opportunity cost method; Heilonggang district

近年来,我国粮食生产实现十二连增,粮食基本自给<sup>[1]</sup>。黄淮海平原作为重要的粮食主产区,生产全国近60%~80%的小麦和35%~40%的玉米<sup>[2]</sup>。由于平原区地表水和降水的不足,农业生产主要依赖地下水资源,造成了世界范围最大、下降速度最快的地下水漏斗区,包括浅层地下水超采区的太行山北麓平原和深层地下水严重超采区的黑龙港地区。针对地下水超采问题,自2014年起,国家相关部门提出了在地下水严重超采区进行耕地资源休养生息的战略,实行季节性休耕、进行生态补偿等具体措施。农户是耕地利用的主体,是耕地休养生息政策的执行者和受偿对象,其对休养生息政策的意愿和受偿态度,是政策落实的关键环节和重要因素。因此,探究农户视角下对休耕政策的意愿和不同模式的补偿标准,有利于休养生息政策的具体制定和实施。

目前,已有学者从农户视角研究农户对政策的满意度和影响因素。靳乐山等<sup>[3]</sup>基于农户调研得到河北省衡水市地下水超采区中45.7%的受访农户对休耕政策的态度为满意,且小麦每公顷纯收入和受偿意愿对政策满意度有显著的负面影响;王立群等<sup>[4]</sup>分析农户对退耕政策的响应,认为退耕地目前纯收益、农户对退耕生态效益认知、退耕地机会成本和退耕补贴是农户后续受偿意愿的重要影响;俞振宁等<sup>[5]</sup>从兼业分化视角发现随着兼业程度加深,参与休耕意愿和农户平均最低受偿金额升高,且应区分和尊重不同农户偏好;谢花林等<sup>[6]</sup>针对地下水漏斗区冬小麦的休耕意愿和补偿标准进行研究,在仅考虑冬小麦对地下水影响下建议农户补偿标准为7 770元/hm<sup>2</sup>。同时,有些学者用机会成本法<sup>[6]</sup>、条件价值评估法<sup>[5-8]</sup>、生态系统服务价值法等研究农户的补偿标准。

整体来看,现有文献主要集中在分析农户对休养生息政策的满意度、影响其对休耕政策态度的因素和补偿标准的建议等。但农户作为耕地利用的主体和利益相关者,其自下而上的对休耕政策认识和反馈缺乏研究,同时,缺少针对不同的休耕模式的补贴标准研究。本次研究以浅层地下水的太行山北麓平原、深层地下水严重超采区的黑龙港地区为例,基于农户调研数据,分

析耕地休养生息战略下农户意愿,并用机会成本法和农户意愿法提出不同农业调整措施下补偿标准建议,提高耕地休养生息战略科学性以促进实施。

## 1 研究区概况及数据来源

### 1.1 研究区概况

研究区为太行山北麓平原和黑龙港地区,西部为太行山,处在山前冲积平原,海拔高度大部分在100 m以下。两区域属于我国重要粮食生产区,熟制为冬小麦—夏玉米一年两熟,冬小麦和夏玉米作为主要粮食作物,总播种面积达到90%以上<sup>[9]</sup>。受海陆距离、季风、山脉等影响,研究区年降水量仅有500~1 050 mm,同时地表水资源难以满足农业生产需求,故形成地下水漏斗区,太行山北麓平原和黑龙港地区分别为浅层地下水和深层地下水主要超采区<sup>[10]</sup>。自2014年起河北省出台“河北省人民政府关于印发河北省地下水超采综合治理试点方案的通知”和“关于印发2015年度河北省地下水超采综合治理试点调整农业种植结构和农艺节水相关项目实施方案通知”等一系列休耕政策,在保障农户权益的情况下达到保护地下水资源和生态修复的效果,本文研究区涵盖河北省的石家庄、保定、廊坊、沧州、衡水、邢台和邯郸7个城市。

### 1.2 数据来源及样本描述

数据来自于2015年8—9月对研究区的农户调查,调研样本依据平均分布,以保证收集数据的科学性。选取研究区7个市36个县进行调研,其中,太行山北麓平原调研保定市的6个县13个村、沧州市的3个县8个村、邯郸市的1个村、廊坊市的大城县2个村和石家庄市的6个县8个村;黑龙港地区调研保定市的博野县11个村、沧州市的5个县11个村、邯郸市的4个县7个村、衡水市的5个县10个村、邢台市的6个县13个村。问卷内容包括农户对休耕政策的态度、家庭收入状况、农业生产的效益和对土地调整的期望补偿标准等。整个过程分预调研、组织调研队伍与培训和正式调研3个阶段,收集问卷247份,有效问卷229份,问卷有效率为92.71%,有效问卷中太行山北麓平原81份、黑龙港地区148份(表1)。

太行山北麓平原和黑龙港地区农户年龄在 30 岁以上有 97.53%和 97.95%,在 60 岁以上有 30.35%和 50.02%;受访农户男性分别有 83.92%和 66.86%;样本农户受教育水平小学和初中居多,分别为 81.52%和 76.35%。

表 1 样本基本特征描述

描述指标		太行山 北麓平原	黑龙港 地区
样本分布	数量/份	81	148
	百分比/%	35.37	64.63
	<30/%	2.47	2.05
农户年龄	30~60/%	67.18	47.93
	>60/%	30.35	50.02
农户性别	男/%	83.92	66.86
	女/%	16.08	33.14
	无/%	11.23	10.81
农户受教育水平	小学/%	46.73	44.59
	初中/%	34.52	31.76
	高中及以上/%	7.52	12.84

2 研究方法

本研究采用的方法是机会成本法和条件价值评估法,以机会成本下的补偿标准作为补偿下限,并依据农户受偿意愿进行调整。

2.1 机会成本法

资源具有稀缺性,当面临多种选择时,只能放弃其他的选择而选择一种,机会成本是放弃中的最大收益。耕地作为一种稀缺资源,休养生息政策在于保护耕地的生态价值时必须牺牲农业生产带来的经济价值。农户作为耕地利用的执行者和利益相关者,是休耕政策的补偿对象,则休耕的机会成本就是农户因改变种植类型、降低灌溉强度而减少的农业收入。

本次研究耕地休养生息的实施对象指的是太行山北麓平原、黑龙港地区种植小麦、玉米一年两熟作物的地块。在此种植现状下,种植春玉米模式下补偿标准为:

$$EC=(I_1-C_1+I_2-C_2)-(I_3-C_3)$$

式中:EC 为单位面积补偿标准,本研究以公顷为单位; $I_1, I_2, I_3$  分别表示小麦、夏玉米、春玉米的单位面积收入; $C_1, C_2, C_3$  分别表示小麦、夏玉米、春玉米的单位面积成本。

降低灌溉强度即减少小麦的灌溉次数必然会造成小麦减产,假设减少小麦灌溉次数模式仅对小麦产量有影响,则该模式的补偿标准表示为小麦收益的损失值减去节省的灌溉费用值,公式如下:

$$EC=Y_1P-Y_2P-IC\times T=(Y_1-Y_2)P-IC\times T$$
式中:EC 为单位面积补偿标准,本研究以公顷为单位; $Y_1, Y_2$  分别代表减少灌溉次数前后的小麦产量; $P$  为小麦单价; $IC$  为小麦灌溉一次的灌溉费用; $T$  为减少的灌溉次数。

2.2 受偿意愿法—条件价值评估法

条件价值评估法(CVM)是选取部分家庭或者个人作为调查对象,将其投入到一定的模拟市场环境中,采用问卷调查、直接询问人们在模拟市场环境中,获取某种资源环境公共物品及其服务的支付意愿(WTP)或放弃某种资源环境公共物品及其服务的受偿意愿(WTA),揭示被调查者对资源环境公共物品及其服务的偏好,并以货币形式来估计资源环境公共物品及其服务的经济价值<sup>[11]</sup>。本研究通过问卷询问农户对不同耕地休养生息模式的受偿意愿,为建立合理的耕地休养生息战略补偿标准提供依据。

3 结果与分析

3.1 耕地休养生息战略下的农户意愿

农户的意愿反馈结果见表 2。休养生息模式中包含调整作物种植结构即种植春玉米,以及减少灌溉次数,对于不同模式,太行山北麓平原有 16.05%农户不愿意种植春玉米,而 37.04%的农户表示不愿意减少灌溉次数。相较于减少灌溉次数,补偿标准的设置对种植春玉米的决策影响较大;黑龙港地区受访农户超过一半依补偿标准种植春玉米和减少灌溉次数,相较于种植春玉米,8.78%的农户不愿意减少灌溉次数。两区域种植春玉米的接受度普遍高于减灌模式,并且土地利用调整较大受补偿标准的影响。分析原因,农户不愿减少灌溉次数是考虑到粮食产量,且种植春玉米可以领取政府补偿款,闲余时间可进行其他劳动增加收入。

整体来看,考虑政策制定的生态目标,结合农户对休耕政策的意愿和反馈,提出研究区农业调整适合选择种植春玉米模式。若考虑粮食安全,则调整太行山北麓平原为减少灌溉次数,其一是相较于黑龙港地区,农户愿意减少灌溉次数的比例高 2.42%,其二是相较于深层地下水超采,太行山北麓平原采用的是可补给性较好的浅层地下水,缓解水资源的损耗。

3.2 种植春玉米模式的农户补偿标准研究

3.2.1 机会成本法 春玉米生长期和研究区降雨的时空分布耦合度好,其生产潜力优于夏玉米<sup>[12-13]</sup>,平均增产 1 600 kg/hm<sup>2</sup><sup>[14]</sup>。但受众多因素影响,如灌



浆期高温胁迫<sup>[15-16]</sup>、农户种植春玉米的科学性受限、自然灾害等,春玉米的产量潜力未被充分挖掘。因

此,根据客观生产条件,计算种植春玉米的机会成本时,以小麦纯收益当做春玉米的机会成本<sup>[17]</sup>。

表 2 农户休耕意愿统计表

区域	样本数	种植春玉米						减少灌溉次数					
		不愿意		依补偿标准而定		愿意		不愿意		依补偿标准而定		愿意	
		份数	比例%	份数	比例%	份数	比例%	份数	比例%	份数	比例%	份数	比例%
太行山北麓平原	81	13	16.05	48	59.26	20	24.69	30	37.04	37	45.68	14	17.28
黑龙港地区	148	30	20.27	88	59.46	30	20.27	43	29.05	83	56.08	22	14.86

由于种植春玉米和种植小麦时均需劳动力投入,故在计算小麦成本时,不考虑劳动力成本,仅考虑土地各物质投入成本。本研究依据研究区农户土地投入的特点,选用灌溉来源及次数、种子、化肥、农药、机械动力 5 个要素的费用来表征区域土地投入水平。依据农户调研数据分析,小麦纯收益为总收入减去土地各物质投入成本,见表 3。

黑龙港地区每公顷小麦总收入的平均值为 15 859.05 元/hm<sup>2</sup>;太行山北麓平原每公顷小麦总收入的平均值为 16 596.6 元/hm<sup>2</sup>,较高于黑龙港地区。黑龙港地区每公顷小麦纯收益,即每公顷种植春玉米的补偿标准平均值为 7 514.4元/hm<sup>2</sup>,总体标准偏差较大,为 231.16;太行山北麓平原补偿标准平均值为 8 484.45 元/hm<sup>2</sup>,比黑龙港地区高,其总体标准偏差较小,为 214.99。

表 3 小麦收益

分区	总收入/(元·hm <sup>-2</sup> )		纯收益/(元·hm <sup>-2</sup> )	
	平均值	标准差	平均值	标准差
太行山北麓平原	16596.6	2772.3	8484.45	3224.85
黑龙港地区	15859.05	2938.65	7514.4	3467.4

3.2.2 受偿意愿法 对于种植春玉米,黑龙港地区农户受偿意愿均值为 12 203.7 元/hm<sup>2</sup>,太行山北麓平原均值为 13 135.65 元/hm<sup>2</sup>,高于黑龙港地区 931.95 元/hm<sup>2</sup>,表明太行山北麓平原小麦收益较高。

统计分析结果见图 1,黑龙港地区农户受偿意愿在 7 500 元/hm<sup>2</sup>,12 000 元/hm<sup>2</sup>,15 000 元/hm<sup>2</sup> 的比例较高,分别为 17.28%,16.05%,29.63%;太行山北麓平原农户受偿意愿在 7 500 元/hm<sup>2</sup>,9 000 元/hm<sup>2</sup>,15 000 元/hm<sup>2</sup> 的比例较高,分别为 12.86%,11.43%,41.43%。同时,黑龙港地区和太行山北麓平原受偿意愿满意度随着受偿意愿值发生变化,不足 6 000 元/hm<sup>2</sup> 时,满意度处于 5%以下,随着受偿意愿值的提高,满意度不断提升,至 15 000 元/hm<sup>2</sup> 时达到 85%,达到较大程度的满意,随后变化趋势放缓。综合来看,两区域在 15 000 元/hm<sup>2</sup> 的农户比重和受偿满意度均达到最高,表明农户心中期望受偿标准较一致,且农户对受偿标准具有一定的仿效性。

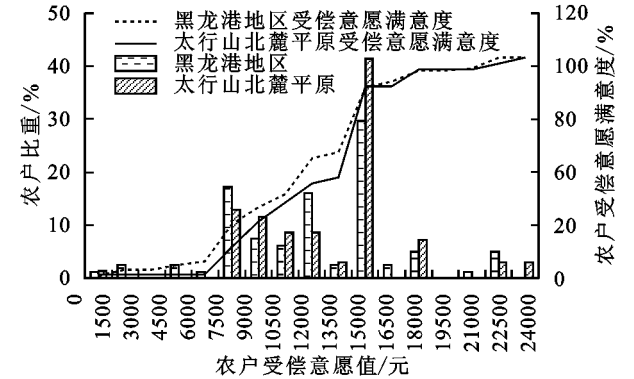


图 1 农户受偿意愿

通过机会成本法计算,补偿标准为 7 514.4 元/hm<sup>2</sup> 的黑龙港地区对应满意度为 24.69%、补偿标准为 8 484.45 元/hm<sup>2</sup> 的太行山北麓平原对应满意度为14.29%,说明通常农户受偿意愿的期望值高于机会成本值。故调整为种植春玉米模式时,结合农户反馈意见以及区域经济发展现状,补偿标准应高于机会成本值,且补偿标准在 7 500 元/hm<sup>2</sup> 到 15 000 元/hm<sup>2</sup> 较为合理。

3.3 减少灌溉次数模式的农户补偿标准研究

3.3.1 机会成本法

(1) 机会成本法—基于试验站数据。已有学者对减少灌溉次数的减产水平研究。张喜英以石家庄栾城试验站数据为基础,计算最小灌溉、关键期补水灌溉、充分灌溉下粮食减产与节水水平。其中,最小灌溉指在冬小麦播种时通过适当灌溉,形成有利于作物出苗的土壤墒情条件,仅灌溉 1 次;关键期补水灌溉,是在最小灌溉基础上,关键期只补充灌溉 1 水;充分灌溉为对照灌溉制度,一般灌溉 3~5 次。根据分析,平水年灌溉 1 次,小麦减产 13%、节水 163 mm;灌溉 2 次,小麦减产 3%、节水 90 mm。刘晓敏对太行山前平原小麦农艺节水技术集成模式进行评价,节水模式的小麦产量比传统模式高,且纯收益也要高。周丽丽运用 CERES-Wheat 模型模拟灌溉 1 次下小麦减产 11.5%,灌溉 2 次减产 11.4%。综合可知,平水年灌溉 1 次,小麦减产 10%~15%,灌溉 2 次小麦减产 1%~10%。实际生产中,减产水平受降水的影响,且降水越大小麦减产水平越低(表 4)。

表 4 试验站减灌下小麦减产水平

文献来源	试验地点	年份	降雨类型	不同灌溉次数下产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			减产水平/%	
				1 次	2 次	3 次及以上	1 次	2 次
张喜英 <sup>[18-20]</sup>	栾城	1997—2011	平水年	5890	—	6820	13	3
刘晓敏 <sup>[21]</sup>	太行山山前平原	—	—	6370	7411	7330	13.1	1.1
王海霞等 <sup>[22]</sup>	吴桥县	2008—2009	丰水年	7452	8176	8408	11.4	2.8
周丽丽 <sup>[23]</sup>	吴桥县	1981—2014	平水年	7293	7301	8245	11.5	11.4

以太行山北麓平原、黑龙港地区小麦每公顷产量、小麦平均单价、灌溉单价为基准,计算不同减产水平下农户补偿标准(表 5)。整体而言,在同等灌溉条件下,随着减产水平的增加,补偿标准有所提升;在同

等减产水平下,灌溉 2 次的补偿标准高于灌溉 1 次,这是由于水资源灌溉具有成本。同时,因太行山北麓平原粮食每公顷产量高,且灌溉单价低,故同等水平下补偿标准高于黑龙港地区。

表 5 不同假定情景下小麦补偿标准

分区	每公顷产量/kg	小麦平均单价/(元·kg <sup>-1</sup> )	灌溉单价/(元/次)	减产水平假定情景下的补偿标准/(元·hm <sup>-2</sup> )					
				灌溉 1 次			灌溉 2 次		
				20%	15%	10%	20%	15%	10%
太行山北麓平原	7095	2.3	25.3	2504.7	1688.85	872.85	2884.2	1252.35	436.5
黑龙港地区	6990	2.3	36.3	2126.4	1322.55	518.7	2670.9	1063.2	259.35

(2) 机会成本法—基于农户数据。不同程度减灌下的农户认知减产水平及占该区小麦平均产量见表 6,以黑龙港地区、太行山北麓平原小麦每公顷产量、小麦单价以及灌溉费用为基准,计算两地灌溉 1 次的机会成本分别为 6 293.55 元/hm<sup>2</sup>,7 796.85 元/hm<sup>2</sup>,灌溉 2 次的机会成本分别为 2 084.55 元/hm<sup>2</sup>,2 553.6 元/hm<sup>2</sup>。可以看出,在认知小麦每公顷产量减产和占当地小麦产量比例方面,太行山北麓平原农户认为减灌对其影响

大于黑龙港地区,故基于农户数据进行机会成本法计算时,得到的补偿标准均高于黑龙港地区。

农户认知减产水平普遍高于试验站小麦减产水平,分析原因:试验站小麦处在良好的科学的管理水平,不易受降水、自然灾害、地质条件等大环境的影响,呈现的是最低减产水平;农户的技术和管理水平有限,灌溉时难以精准把握,故减产水平难以达到预期目标。

表 6 农户认知减产水平

情况	太行山北麓平原			黑龙港地区		
	农户认知小麦减产/(kg·hm <sup>-2</sup> )	占该区小麦平均产量/%	机会成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	农户认知小麦减产/(kg·hm <sup>-2</sup> )	占该区小麦平均产量/%	机会成本/(元·hm <sup>-2</sup> )
灌溉 1 次	3720	52.43	7796.85	3210	45.92	6293.55
灌溉 2 次	1440	20.3	2553.6	1410	19.74	2084.55

3.3.2 受偿意愿法 根据农户调研数据统计(表 7),除太行山北麓平原灌溉 1 次时农户受偿意愿低于机会成本值,其他情况下农户受偿意愿高于机会成本计算值。分析原因,其一是农户缺少灌溉 1 次经验,认知准确度不高,导致农户受偿意愿普遍与机会成本值不符;其二是农户农业生产与试验站的技术和管理水平存在差异,减灌模式下减产量大于试验站水平。因此,应依据农户生产条件下的减产水平而确定补偿,故认为灌溉 1 次减产 20%,灌溉 2 次减产 10%较符合实际,建议太行山北麓平原、黑龙港地区补偿标准分别为:灌溉 1 次下 2 504.7 元/hm<sup>2</sup>,2 126.4 元/hm<sup>2</sup>,灌溉 2 次下 1 252.35 元/hm<sup>2</sup>,1 063.2 元/hm<sup>2</sup>。

表 7 农户受偿意愿

情况	太行山北麓平原		黑龙港地区	
	平均值/(元·hm <sup>-2</sup> )	标准差/(元·hm <sup>-2</sup> )	平均值/(元·hm <sup>-2</sup> )	标准差/(元·hm <sup>-2</sup> )
灌溉 1 次	7216.2	2780.25	9358.65	5981.55
灌溉 2 次	4378.35	2484.45	5521.35	3832.05

4 结 论

(1) 太行山北麓平原和黑龙港地区超过 50%农户休耕态度依补偿标准而定,且种植春玉米的接受度高于减少灌溉次数,这是农户考虑到粮食安全和耕作收益等。相较于黑龙港地区,太行山北麓平原农户愿意种植春玉米的比例高,减少灌溉次数的比例较低,

建议在政策实施的生态目标下两区域选择种植春玉米模式。若考虑到粮食安全,调整水资源补给性较好的浅层地下水超采区——太行山北麓平原为减少灌溉次数模式。

(2) 不同模式下农户补偿标准研究,两种模式受偿意愿值均大于机会成本法确定的补偿标准值,制定补偿标准时一般受偿意愿值>补贴标准>机会成本值,故建议种植春玉米补偿标准为 7 500 元/hm<sup>2</sup>;减少灌溉次数采取灌溉 1 次减产 20%,灌溉 2 次减产 10%下的补偿标准,即太行山北麓平原、黑龙港地区补偿标准分别为:灌溉 1 次下 2 504.7 元/hm<sup>2</sup>,2 126.4 元/hm<sup>2</sup>,灌溉 2 次下 1 252.35 元/hm<sup>2</sup>,1 063.2 元/hm<sup>2</sup>。

参考文献:

[1] Brown L R. Plan B:Rescuing a planet under stress and a civilization in trouble[M]. W.W.Norton & Company, 2003.

[2] Kong X, Lal R, Li B, et al. Fertilizer intensification and its impacts in China's HHH Plains[M]// Advances in Agronomy. Academic Press, 2014,125:135-169.

[3] 柳荻,胡振通,靳乐山.华北地下水超采区农户对休耕政策的满意度及其影响因素分析[J].干旱区资源与环境, 2018,32(1):22-27.

[4] 张璇,郭轲,王立群.基于农户意愿的退耕还林后续补偿问题研究:以河北省张北县和易县为例[J].林业经济, 2016,38(3):59-65.

[5] 俞振宁,谭永忠,吴次芳,等.基于兼业分化视角的农户耕地轮作休耕受偿意愿分析:以浙江省嘉善县为例[J].中国土地科学,2017,31(9):43-51.

[6] 谢花林,程玲娟.地下水漏斗区农户冬小麦休耕意愿的影响因素及其生态补偿标准研究:以河北衡水为例[J].自然资源学报,2017,32(12):2012-2022.

[7] 李国志.水源区农户受偿意愿及影响因素研究:基于瓯江流域中上游 732 个农户调查[J].农业经济与管理, 2017(4):71-80.

[8] 李海燕,蔡银莺.基于帕累托改进的农田生态补偿农户受偿意愿:以湖北省武汉市、荆门市和黄冈市典型地区为例[J].水土保持研究,2016,23(4):245-250,256.

[9] 王学,李秀彬,谈明洪,等.华北平原 2001—2011 年冬小麦播种面积变化遥感监测[J].农业工程学报,2015,31(8):190-199.

[10] Kong X, Zhang X, Lal R, et al. Groundwater Depletion by agricultural intensification in China's HHH plains, since 1980s[M]// Advances in Agronomy. Academic Press, 2016,135:59-106.

[11] 尹民,杨志峰,崔保山.中国河流生态水文分区初探[J].环境科学学报,2005,25(4):423-428.

[12] 薛志士.节水农业宏观决策基础研究[M].北京:气象出版社,1998.

[13] 赵华甫,张凤荣,李佳,等.北京都市农业种植制度的发展方向:春玉米一熟制[J].中国生态农业学报,2008,16(2):469-474.

[14] 戴明宏,陶洪斌, Binder J,等.春、夏玉米物质生产及其对温光资源利用比较[R].第十届全国玉米栽培学术研讨会,2008.

[15] 郑洪建,董树亭,王空军,等.生态因素对玉米品种产量影响及调控的研究[J].作物学报,2001,27(6):117-123.

[16] 李绍长,白萍,吕新,等.不同生态区及播期对玉米籽粒灌浆的影响[J].作物学报,2003,29(5):775-778.

[17] 王学,李秀彬,辛良杰,等.华北地下水超采区冬小麦退耕的生态补偿问题探讨[J].地理学报,2016,71(5):829-839.

[18] 张喜英.中国科学院栾城农业生态系统试验站农田节水研究过去,现在和未来[J].中国生态农业学报, 2011,19(5):987-996.

[19] Zhang X, Pei D, Chen S, et al. Performance of double-cropped winter wheat-summer maize under minimum irrigation in the north China plain[J]. Agronomy Journal, 2006,98(6):1620-1626.

[20] Zhang X, Chen S, Sun H, et al. Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat[J]. Irrigation Science, 2008,27(1):1-10.

[21] 刘晓敏,张喜英,王慧军.太行山前平原区小麦玉米农艺节水技术集成模式综合评价[J].中国生态农业学报,2011,19(2):421-428.

[22] 王海霞,李玉义,任天志,等.冬小麦生长季不同灌溉模式对冬小麦—夏玉米产量与水分利用的影响[J].应用生态学报,2011,22(7):1759-1764.

[23] 周丽丽,梁效贵,高震,等.基于 CERES-Wheat 模型的沧州地区冬小麦需水量分析[J].中国生态农业学报, 2015,23(10):1320-1328.