

Analysis Report on the Coupling and Coordination Degree of Water and Fertilizer Management and Pest Control Behavior of Corn Farmers in Zhaozhou County Based on Farmland Quality Improvement

Ruogang Zheng

Agricultural Technology Extension Center of Zhaozhou County, Zhaozhou, Heilongjiang, 166400, China

Abstract

The synergy of farmers' production behaviors is crucial for the effectiveness of cultivated land protection. Based on survey data from 326 corn farmers in 13 townships in Zhaozhou County, this study employs a coupling coordination degree model to analyze the interaction between farmers' water and fertilizer management behaviors and pest control behaviors. The results indicate that both behaviors are generally in a state of mild imbalance, with an average coupling coordination degree index of 0.437. The index for water and fertilizer management behavior (0.612) is significantly higher than that for pest control behavior (0.458). There is evident temporal mismatch and cognitive disconnection between the two behaviors. Factors such as planting scale, degree of concurrent business, and participation in technical training are key determinants of coordination degree. The study proposes suggestions such as establishing a collaborative promotion mechanism, developing socialized services, and strengthening subsidy policies oriented towards cultivated land quality, providing references for cultivated land protection in black soil regions.

Keywords

farmland quality; water and fertilizer management; pest and disease control; coupling coordination degree; corn farmers; Zhaozhou County

基于耕地质量提升的肇州县玉米种植户水肥管理与病虫害防治行为的耦合协调度分析报告

郑若刚

肇州县农业技术推广中心, 中国·黑龙江 肇州 166400

摘要

农户生产行为的协同性是影响耕地保护成效的关键。本研究基于肇州县13个乡镇326份玉米种植户调研数据, 运用耦合协调度模型, 分析农户水肥管理与病虫害防治行为的交互关系。结果表明: 两类行为整体处于轻度失调状态, 耦合协调度指数平均为0.437; 水肥管理行为指数(0.612)显著高于病虫害防治行为指数(0.458); 两类行为存在明显的时间错配与认知割裂; 种植规模、兼业程度、技术培训参与是影响协调度的关键因素。研究提出构建协同推广机制、发展社会化服务、强化耕地质量导向的补贴政策等建议, 为黑土区耕地保护提供参考。

关键词

耕地质量; 水肥管理; 病虫害防治; 耦合协调度; 玉米种植户; 肇州县

1 引言

耕地质量是粮食安全与农业可持续发展的基础。东北黑土区作为我国重要商品粮基地, 长期高强度利用导致耕地退化问题突出。肇州县地处松嫩平原黑土分布区, 玉米种植面积超180万亩, 是全省重要玉米产区。然而, 农户为追求

高产, 普遍存在化肥过量施用、农药盲目使用等问题, 导致土壤板结、面源污染等, 耕地质量提升面临挑战。

水肥管理与病虫害防治是玉米生产的核心田间管理行为, 二者相互关联: 合理的水肥能增强作物抗逆性, 减轻病虫害; 科学的植保则能保障植株健壮, 提高水肥效率。但在实际生产中, 农户常将二者割裂, 缺乏系统协同视角, 这不仅影响单产效益, 更制约耕地质量的长期培育。

当前学界对农户生产行为的研究多聚焦单一行为的影响因素, 鲜有关注不同行为间的协同关系。本研究引入耦合

【作者简介】郑若刚(1973-), 男, 中国黑龙江大庆人, 本科, 农艺师, 从事农业技术推广研究。

协调度模型,以肇州县玉米种植户为对象,定量测度水肥管理与病虫害防治行为的协调程度,识别关键影响因素,探索促进两类行为协同优化的路径,为完善耕地质量提升政策提供微观依据。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域概况

肇州县位于北纬 $45^{\circ} 34' \sim 46^{\circ} 16'$ 、东经 $124^{\circ} 57' \sim 125^{\circ} 36'$ 之间,属中温带大陆性季风气候,年均气温 3.8°C ,无霜期 $135 \sim 145$ 天,年均降水量 450mm 左右。境内地势平坦,土壤以黑钙土、草甸土为主,有机质含量 $1.5\% \sim 2.5\%$ 。玉米是该县主导作物,种植面积占农作物总播种面积的 85% 以上,常年产量约 120 万吨。近年来,肇州县大力推进黑土地保护利用试点项目,推广测土配方施肥、有机肥替代、绿色防控等技术,为研究提供了良好的实践场景。

2.2 数据来源

数据来源于 2024 年 3-5 月在肇州县开展的玉米种植户专题调研。采用分层随机抽样,选取肇州镇、永乐镇、丰乐镇、兴城镇、朝阳沟镇、双发乡、托古乡、永胜乡、二井镇、新福乡、榆树乡、卫星种畜场、乐园良种场等 13 个乡镇(场)作为样本区域。共发放问卷 350 份,回收有效问卷 326 份,有效回收率 93.1% 。

问卷内容涵盖四个方面:一是农户家庭基本特征,包括户主年龄、文化程度、种植年限、兼业情况等;二是生产经营特征,包括种植规模、地块数量、土地流转情况、农业收入占比等;三是水肥管理行为,包括化肥施用量、施肥次数、有机肥施用、水肥一体化应用等;四是病虫害防治行为,包括农药施用量、施药次数、绿色防控技术采纳、统防统治参与等。

3 研究方法

3.1 分析框架

耕地质量提升是长期性、系统性工程,需要农户各项生产行为的协同配合。水肥管理直接影响土壤理化性状和养分平衡,病虫害防治则关乎农田生态健康和生物多样性保护。从作用机理看,两类行为存在三重关联:一是生理关联,合理的氮磷钾配比能增强植株抗病虫能力,减少农药依赖;二是操作关联,水肥管理和病虫害防治在农事时序上存在交叉,机械化作业可实现部分融合;三是认知关联,农户对两类技术的理解和采纳意愿相互影响,形成相对稳定的生产决策模式。

本研究构建“行为水平测度-协调度评价-影响因素识别-优化路径设计”的分析框架,以耦合协调度模型为核心工具,系统揭示肇州县玉米种植户两类生产行为的协同状况。

3.2 指标体系构建

参考相关研究成果,结合肇州县玉米生产实际,分别构建水肥管理行为和病虫害防治行为的评价指标体系。水肥管理行为选取单位面积化肥施用量、有机肥施用比例、测土配方施肥采纳、水肥一体化应用、施肥次数合理性等 5 个指标;病虫害防治行为选取单位面积农药施用量、高效低毒农药使用、绿色防控技术采纳、统防统治参与、施药器械先进性等 5 个指标。各指标数据经标准化处理后,采用熵值法确定权重。

3.3 耦合协调度模型

耦合度反映系统间相互作用的强弱,协调度反映系统间良性耦合的程度。借鉴物理学容量耦合概念,构建水肥管理行为与病虫害防治行为的耦合度模型:

$$C=2 \times U_1 \times U_2 / (U_1 + U_2) \quad C=2 \times (U_1 + U_2) / (U_1 + U_2)$$

其中, U_1 为水肥管理行为综合指数, U_2 为病虫害防治行为综合指数, C 为耦合度,取值 $0 \sim 1$, C 值越大表示两类行为相互作用越强。

进一步构建耦合协调度模型:

$$D=C \times T \quad D=C \times T$$

$$T=\alpha U_1 + \beta U_2 \quad T=\alpha U_1 + \beta U_2$$

其中, T 为两类行为的综合协调指数, α 和 β 为待定系数,考虑到水肥管理与病虫害防治对耕地质量提升同等重要,取 $\alpha=\beta=0.5$ 。 D 为耦合协调度,取值 $0 \sim 1$,参考已有研究,将协调度划分为 10 个等级: $0 \sim 0.09$ 极度失调, $0.10 \sim 0.19$ 严重失调, $0.20 \sim 0.29$ 中度失调, $0.30 \sim 0.39$ 轻度失调, $0.40 \sim 0.49$ 濒临失调, $0.50 \sim 0.59$ 勉强协调, $0.60 \sim 0.69$ 初级协调, $0.70 \sim 0.79$ 中级协调, $0.80 \sim 0.89$ 良好协调, $0.90 \sim 1.00$ 优质协调。

4 结果分析

4.1 样本农户基本特征

有效样本中,户主平均年龄 52.6 岁,51 岁以上占比 63.8% ,农业劳动力老龄化特征明显。文化程度以初中为主,占比 57.1% ,小学及以下占 26.4% ,高中及以上仅占 16.5% 。种植年限平均 23.7 年,具有较丰富的传统种植经验。兼业农户占比 44.8% ,其中以农闲时节打零工为主。种植规模方面,10 亩以下小农户占 18.4% ,10-30 亩占 41.1% ,30-50 亩占 24.8% ,50 亩以上占 15.7% ,户均种植面积 27.6 亩,土地流转率为 38.2% 。农业收入占家庭总收入比重平均为 62.3% ,农业仍是多数家庭的主要收入来源。

4.2 水肥管理行为特征

肇州县玉米种植户水肥管理行为综合指数均值为 0.612。具体来看,单位面积化肥施用量(折纯)为 28.7 公斤/亩,高于黑龙江省玉米推荐用量(22-25 公斤/亩) 15% 左右,过量施肥现象普遍。施肥次数以“一炮轰”为主,占比 67.2% ,分次施肥仅占 32.8% ,养分供应与作物需求不匹

配问题突出。有机肥施用比例较低,仅 23.1% 的农户施用农家肥或商品有机肥,且用量普遍不足。测土配方施肥技术采纳率为 41.6%,仍有近六成农户凭经验施肥。水肥一体化应用不足 2%,主要受限于水源条件和设施投入。

从区域差异看,肇州镇、永乐镇等乡镇驻地周边农户水肥管理行为指数较高,普遍在 0.65 以上;榆树乡、新福乡等偏远乡镇农户指数较低,多在 0.55 以下。从规模差异看,30 亩以上规模户的测土配方采纳率和有机肥施用量显著高于小农户,但单位面积化肥施用量也更高,存在“规模扩大、投入增加”的趋势。

4.3 病虫害防治行为特征

病虫害防治行为综合指数均值为 0.458,显著低于水肥管理行为。单位面积农药施用量(折百)为 1.26 公斤/亩,高于全国玉米平均水平(0.95 公斤/亩)。施药次数平均 2.8 次/年,以防治玉米螟、大斑病、黏虫为主。高效低毒农药使用比例为 67.4%,仍有近三分之一农户使用高毒或中毒农药。绿色防控技术(如杀虫灯、性诱剂、赤眼蜂等)采纳率仅为 18.7%,推广空间较大。统防统治参与率 24.3%,以村集体经济组织 and 专业合作社带动为主。施药器械方面,背负式手动喷雾器仍占主导,占比 71.5%,高效施药器械普及率有待提升。

值得注意的是,农户病虫害防治决策呈现明显的“跟风”特征。76.2% 的农户表示施药时间主要参考邻居做法或经销商推荐,仅有 23.8% 的农户依据田间实际调查和专业指导。这种盲目跟风行为导致农药滥用与防治效果不佳并存,不仅增加生产成本,还杀伤天敌、破坏生态,长期看不利于耕地质量维护。

4.4 耦合协调度评价

测算结果显示,肇州县玉米种植户水肥管理与病虫害防治行为的耦合度 C 均值为 0.723,表明两类行为存在较强的相互作用。但耦合协调度 D 均值仅为 0.437,处于濒临失调状态。其中,轻度失调(0.30 ~ 0.39)农户占比 31.6%,濒临失调(0.40 ~ 0.49)农户占比 42.3%,勉强协调(0.50 ~ 0.59)农户占比 19.8%,初级协调以上农户仅占 6.3%。整体看,九成以上农户两类行为尚未实现有效协同。

从类型划分看,可将样本农户分为四种类型:高水肥-高植保型,两类行为指数均高于均值,占比 18.4%,多为规模较大、接受技术培训较多的农户;高水肥-低植保型,占比 43.7%,是数量最多的类型,农户重视施肥但对植保缺乏科学认知;低水肥-高植保型,占比 11.2%,多为传统小农户,施肥相对合理但植保投入较高;低水肥-低植保型,占比 26.7%,多为老龄化农户或兼业户,对两项生产投入均不足。

深入分析发现,两类行为存在明显的时间错配。玉米生育期内,农户通常在播种期集中投入底肥,拔节期追施氮肥,而对病虫害采取“见病再治、见虫再打”的被动应对模式,错过了最佳防控时机。这种时间上的割裂降低了水肥与植保措施的协同增效。同时存在认知割裂,多数农户将水肥

管理理解为“给地喂饭”,将病虫害防治理解为“给苗治病”,缺乏“以肥促健、以健减病”的系统思维。

4.5 影响因素分析

采用有序 Logit 模型识别耦合协调度的影响因素,结果显示:

种植规模正向影响协调度,规模每增加 10 亩,协调等级提升的概率提高 8.7%。规模户更倾向于接受技术指导,有条件采用先进农机,能够实现水肥与植保作业的统筹安排。

兼业程度负向影响协调度,兼业农户的协调等级显著低于纯农户。兼业户农业劳动时间投入不足,对生产决策投入精力有限,难以精细协调两类管理行为。

技术培训参与是影响最显著的因素,参加过 3 次以上技术培训的农户,协调等级提升的概率提高 32.5%。培训不仅传授单项技术,更传递科学种植理念,有助于农户建立系统认知。

土地权属也有显著影响,转入土地的规模经营户协调度高于自耕户,但转出土地的农户协调度最低。土地流转形成的适度规模经营为协同管理创造了条件。

信息获取渠道方面,通过手机获取农业信息的农户协调度较高,而仅依靠传统经验决策的农户协调度较低。信息化手段有助于农户及时掌握水肥运筹与病虫害防治的关联信息。

此外,户主年龄与文化程度的影响未通过显著性检验,表明在肇州县当前的老龄化背景下,年轻并不必然带来更科学的生产决策,关键在于能否获得有效的技术指导。

5 结论与建议

5.1 主要结论

本研究基于肇州县 326 份玉米种植户调研数据,运用耦合协调度模型分析水肥管理与病虫害防治行为的协同状况,得出以下结论:

第一,肇州县玉米种植户水肥管理行为综合指数(0.612)高于病虫害防治行为综合指数(0.458),两类行为发展不均衡,存在“重水肥轻植保”的倾向。

第二,两类行为的耦合协调度整体偏低,均值为 0.437,处于濒临失调状态。九成以上农户尚未实现两类行为的有效协同,其中“高水肥-低植保”型农户占比最高。

第三,两类行为的割裂表现为时间错配与认知割裂,农户缺乏将水肥管理与病虫害防治统筹考虑的系统思维,降低了技术措施的协同增效。

第四,种植规模、兼业程度、技术培训参与、土地权属、信息获取渠道是影响协调度的显著因素,技术培训对促进行为协同的作用尤为突出。

5.2 对策建议

一是构建“水肥-植保”协同技术推广体系。集成技术

规程,依托基层平台开展田间课堂,帮助农户建立系统认知。

二是大力发展农业生产托管服务。支持合作社、服务公司开展全程或关键环节托管,解决老龄化、兼业户管理能力不足问题,实现专业化协同。

三是强化耕地质量导向的补贴政策。探索将补贴与采纳协同技术(如测土配方、绿色防控)挂钩,设立示范户,形成正向激励。

四是推进生产管理信息化。开发 APP 为农户提供水肥与植保关联预警和协同管理建议,建立数字化生产档案。

五是完善农田基础设施。结合高标准农田建设,配套灌排设施,为水肥一体化和机械化植保创造条件,布局病虫害监测点,提高预报准确性。

耕地质量提升非一日之功,需要农户生产行为的持续

优化和协同改进。通过政策引导、技术服务、社会化支撑等多措并举,推动肇州县玉米种植户将水肥管理与病虫害防治从“割裂”走向“协同”,从“短期高产”转向“长期增效”,为东北黑土区耕地可持续利用探索可行路径。

参考文献

- [1] 韩长赋. 黑土地保护与可持续利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022: 156-178.
- [2] 张福锁, 陈新平, 崔振岭. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2021: 89-105.
- [3] 吴文良, 张卫峰, 孟凡乔. 农业面源污染防治理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 234-256.
- [4] 肇州县人民政府. 肇州县国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要[Z]. 2021: 35-42.