



农业资源与环境学报

中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

农户粪肥施用的关键驱动和障碍因素——以曲周为例

黄晓芙, 张涛, 侯勇

引用本文:

黄晓芙, 张涛, 侯勇. 农户粪肥施用的关键驱动和障碍因素——以曲周为例[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(1): 149–156.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0674>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

堆肥工艺钝化粪肥中重金属及其形态变化的研究进展

郑丁瑀, 王珏, 常瑞雪, 陈清

农业资源与环境学报. 2021, 38(5): 778–786 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0548>

有机肥配施对中国农田土壤容重影响的整合分析

刘丽媛, 徐艳, 朱书豪, 高艺, 郑向群

农业资源与环境学报. 2021, 38(5): 867–873 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0500>

脲酶/硝化抑制剂减少农田土壤氮素损失的作用特征

宋涛, 尹俊慧, 胡兆平, 王亮亮, 张强, 陈清, 曹文超

农业资源与环境学报. 2021, 38(4): 585–597 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0344>

发达国家化肥减量政策的适用性分析及启示

李芳, 冯淑怡, 曲福田

农业资源与环境学报. 2017, 34(1): 15–23 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2016.0154>

山西省畜禽粪污年产生量估算及环境效应

李丹阳, 孙少泽, 马若男, 李国学, 李怨艳

农业资源与环境学报. 2019, 36(4): 480–486 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0193>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

黄晓芙, 张涛, 侯勇. 农户粪肥施用的关键驱动和障碍因素——以曲周为例[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(1): 149–156.

HUANG X F, ZHANG T, HOU Y. The key drivers and barriers of manure application: A farm survey in Quzhou County[J]. *Journal of*

Agricultural Resources and Environment, 2022, 39(1): 149–156.



开放科学 OSID

农户粪肥施用的关键驱动和障碍因素——以曲周为例

黄晓芙, 张涛, 侯勇*

(教育部植物-土壤相互作用重点实验室/中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要: 畜禽粪肥替代部分化肥还田施用可有效降低作物生产成本和环境成本, 促进农业绿色发展。然而, 在实际农业生产中存在很多社会经济因素阻碍农户施用粪肥。因此, 理解粪肥施用的关键驱动和障碍因素, 对化肥减量和提高粪肥还田利用率具有十分重要的意义。本研究以计划行为理论为框架进行问卷设计, 以河北省曲周县为研究区域, 通过农户调研探究农户粪肥施用的认知和意愿。结果表明, 粮食种植体系粪肥用户占比仅为 25%, 蔬菜和果树种植体系粪肥用户则分别高达 95% 和 87%。粪肥施用的关键障碍因素包括高昂的粪肥施用成本和负面的农学及环境效应。与经济作物(蔬菜和水果)种植户相比, 粮食种植户认知到的粪肥施用障碍因素更多。粪肥施用的主要驱动因素包括提高作物产量、提高土壤肥力、增加农业收入。社会参与方对农户粪肥施用具有积极作用。研究表明, 为促进农户粪肥施用, 需要利益相关者共同参与, 政府应提供政策激励措施, 并加强指导, 以提高农户对粪肥施用的认知水平。

关键词: 计划行为理论; 粪肥施用; 农民态度; 驱动因素; 障碍因素; 政策激励

中图分类号: S16; P467

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2022)01-0149-08

doi: 10.13254/j.jare.2020.0674

The key drivers and barriers of manure application: A farm survey in Quzhou County

HUANG Xiaofu, ZHANG Tao, HOU Yong*

(Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, Ministry of Education, College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Replacing chemical fertilizer with animal manure can effectively reduce the costs of crop production and environmental protection and promote agricultural green development. However, there are many social and economic factors in agricultural production hindering the application of manure. It is of great importance to understand the key drivers and barriers of manure application and improve manure recycling and fertilizer reduction. The theory of planned behavior was applied to study the intentions of individual farmers to apply manure by using a detailed questionnaire in Quzhou County, Hebei Province. Our results showed that only 25% cereal farmers used manure, while the share of manure users in vegetable and fruit systems were up to 95% and 87%, respectively. The key barriers of manure application are high costs and negative agronomic and environmental effects. Cereal farmers perceived more barriers than vegetable and fruit farmers. The major drivers included increment of crop yields, improvement of soil fertility, and increment of agricultural income. Social participants had a positive effect on manure application. To promote the application of manure by farmers, government need to participate together to provide policy incentives, strengthen guidance, and improve farmers' awareness of manure.

Keywords: theory of planned behavior; manure application; farmer attitudes; drivers; barriers; policy incentives

收稿日期: 2020-11-17 录用日期: 2021-01-01

作者简介: 黄晓芙(1994—), 女, 广东茂名, 硕士研究生, 从事畜禽粪污资源化利用研究。E-mail: 1146419957@qq.com

*通信作者: 侯勇 E-mail: yonghou@cau.edu.cn

基金项目: 国家重点研发计划政府间专项(2016YFE0103100); 国家自然科学基金面上项目(31772393)

Project supported: The National Key Research and Development Program(2016YFE0103100); The General Project of National Natural Science Foundation of China(31772393)

中国是化肥消费大国,1980—2014年,化肥消费量已从 1.3×10^7 t,激增到 6.0×10^7 t^[1],目前我国化肥农业用量占世界总量的31%,相当于美国和印度的总和^[2]。随着饮食结构的改变,肉、蛋、奶需求不断增加,推动我国畜禽养殖业迅速发展。然而,畜禽养殖过程中,超过70%的粪肥氮和50%的粪肥磷、钾养分流失到环境中^[3]。化肥的过量施用以及粪肥养分流失,已导致严重的土壤酸化以及空气和水体污染^[4-5]。因此,如何提高粪肥循环、减少化肥投入成为我国农业绿色发展中亟待解决的问题。

2015年农业部出台《到2020年化肥使用量零增长行动方案》^[6],力争到2020年,主要农作物化肥使用量实现零增长,畜禽粪便养分还田率达到60%,提高10个百分点,大力推动粪肥替代化肥。2017年2月,农业部制定了《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》^[7],要求到2020年果菜茶优势产区化肥用量减少20%以上,建立并推广有机替代生产技术模式。同年7月,农业部出台了《畜禽粪污资源化利用行动方案(2017—2020年)》^[8],要求到2020年全国畜禽粪污综合利用率达到75%以上。然而,当前粪肥还田利用仍与国家目标存在较大差距。目前针对粪肥的研究主要重技术,而关于促进或限制粪肥施用的心理机制和社会经济因素的研究很少,在不同种植体系中合理施用粪肥的主要驱动和障碍因素仍不清楚。

事实上,个体对新知识、新技术或措施的看法会影响其意愿和行为^[9]。影响粪肥施用的因素很复杂,有研究表明,粪肥养分含量难确定、难闻气味大会阻碍农户粪肥施用积极性。而农户认知到粪肥施用后土壤肥力提升、农业生产成本下降,则可以促进粪肥施用^[10]。其他因素,如性别、受教育程度、专家指导,也可能会影响农户粪肥施用决定^[11]。因此,简单的成本效益模型可能无法反映农民行为和态度的复杂性,有必要从社会因素和控制因素中加以考虑。

计划行为理论(Theory of planned behaviour)可以很好地预测行为^[12],该理论已成功应用于农业领域^[13]。计划行为理论指出,执行特定行为的意图基于三个组成部分:①态度(个人对某种结果的期望程度);②主观规范(社会组织或个体对采取某实践行为的社会压力);③感知行为控制(采取某种行为时所感知到的障碍因素)。本研究运用计划行为理论框架来设计农场调查的问卷,旨在了解农民对增加粪肥和减少化肥的动机、能力和意愿,分析和探讨影响农民粪肥施用的主要驱动和障碍因素。

1 材料与方法

1.1 研究区域

曲周县($114^{\circ}50' \sim 115^{\circ}13' E$, $36^{\circ}35' \sim 36^{\circ}57' N$),位于河北省南部、海河低平原区,地处漳河冲积平原、漳河—滏阳河冲积平原和黄河冲积平原交汇处,属于黄淮海中部平原,海拔40~45 m。全县土地面积667 km²,属暖温带大陆性半湿润季风气候区。年平均气温13.1 ℃,7月最热,平均气温为26.8 ℃,极端最高气温为41.1 ℃,1月最冷,平均气温为-2.9 ℃,极端最低气温为-19.9 ℃。无霜期年平均201 d,10 ℃以上积温4 472.0 ℃·d。年平均降雨量为556.2 mm,降水主要集中在7、8、9月,占全年降雨量的三分之一。雨热同期,干湿交替明显,热量条件能满足一年两熟种植,属雨养与灌溉相结合的农业生产区,农作物以小麦、玉米、棉花、大豆、谷子为主。果树种植面积 1.87×10^3 hm²^[14],蔬菜种植面积在 1×10^4 hm²以上,形成沿滏阳河蔬菜种植带。

1.2 研究方法

本研究运用计划行为理论识别曲周县农户粪肥施用的驱动和障碍因素。该研究方法包括两个步骤:①确定每个实践的相关结果、社会因素和控制因素的定性步骤;②量化每个相关结果、社会因素和控制因素的定量步骤^[15]。在第①步,对少数农民进行了初步调研,在第②步,对更多农户进行了调研。

在预调研(步骤①)中,确定了农户粪肥施用的相关结果、社会因素和控制因素。在更大范围的农户调研(步骤②)中,通过提问成对的问题对农户粪肥施用的结果、社会因素和控制因素进一步量化。对于每个确定的结果,在调研中提出了两种类型的问题:一是农民期望某种结果的程度(信念强度);二是如何从“坏”到“好”的尺度上评估结果(结果评估)。两者均采用Likert 1~5级评分法^[16]。例如:针对粪肥施用对土壤肥力的影响,在调研中,农民首先被问到“粪肥施用能不能提高土壤肥力”(1=肯定不能,5=肯定能),随后被问到“提高土壤肥力对农户的重要性”(1=完全不重要,5=非常重要)。对于每个社会因素,在调研中提出了两种类型的问题:一是他们有多大的动机去遵守参考者的观点(遵守的动机);二是参考者在多大程度上是积极的或消极的(规范信念)。两者均采用Likert 1~5级评分法。例如:针对家人对粪肥施用的影响,在调研中,农民首先被问到“是否听从家人的意见”(1=完全不听从,5=非常听从),其次被问到“家

人是否支持施用粪肥”(1=完全不支持,5=完全支持)。对于每个控制因素,在调研中提出了两种类型的问题:一是控制因素在多大程度上对农场有效(控制强度);二是控制因素在多大程度上使粪肥施用具有吸引力或遇到困难(控制力)。两者均采用Likert 1~5级评分法。例如:针对粪肥购买难度对粪肥施用的影响,在调研中,农民首先被问到“粪肥是否难购买”(1=完全不难,5=非常难),其次被问到“粪肥购买难度在多大程度上会阻碍粪肥施用”(1=严重阻碍,5=绝不阻碍)。

对于每个农民,通过将行为信念强度与结果评估的值相乘得到每个结果的态度值。结果评估的值减3,得到-2~+2的平衡范围。因此,态度值介于-10~+10之间。态度小于0被归类为障碍因素,大于0被归类为驱动因素。当行为信念强度小于3时,认为结果发生的可能性比较小。因此,行为信念强度小于3的结果被归类为潜在的驱动或障碍因素。对于主观规范和感知行为控制,计算过程与态度计算类似。使用以下公式可以得到态度、主观规范和感知行为控制的价值^[15]:

$$\text{态度值} = \text{行为信念强度} \times (\text{结果评估} - 3) \quad (1)$$

$$\text{主观规范值} = \text{遵守的动机} \times (\text{规范信念} - 3) \quad (2)$$

$$\text{感知行为控制值} = \text{控制强度} \times (\text{控制力} - 3) \quad (3)$$

1.3 预调研

对曲周县的30位农民进行初步调研,记录每位农户粪肥施用过程中所预期的结果,影响粪肥施用的社会因素和控制因素。预调研主要目的是实地了解影响农户粪肥施用的因素,完善调研问卷。预调研持续约30 min。调研过程中,避免对农户进行引导和提示,确保农户回答真实可靠。

最终调研问卷共包括38个确定的结果、社会因素和控制因素。其中确定的结果有13个,被分为5个类别:土壤质量、作物保护、农学效应、经济和环境影响(表1),社会因素有8个,控制因素有17个。

1.4 农户调研

曲周县种植的主要作物包括粮食、蔬菜和果树,分别选取以上三种作物种植面积较大的乡镇进行调研。其中,粮食调研选取了7个乡镇10个村庄,每个

村庄随机抽取10位粮食种植户进行调研,共得到100份调研问卷,其中有效问卷72份。蔬菜调研选取了4个乡镇14个村庄,每个村庄随机抽取10位蔬菜种植户进行调研,共得到140份调研问卷,其中有效问卷104份。果树调研选取了5个乡镇8个村庄,每个村庄随机抽取15位果树种植户进行调研,共得到120份调研问卷,其中有效问卷97份。

在农户调研中,对预调研中确定的影响农户粪肥施用的相关结果、社会因素和控制因素进行了量化。基于计划行为理论,对于每个结果、社会因素和控制因素,分别提出两种类型的问题。通过这种方式可以计算影响农户粪肥施用的态度、主观规范和感知行为控制的价值。此外,问卷包括农户粪肥施用的情况以及年龄、性别、教育程度、粪肥施用经验、耕地面积等信息。

1.5 数据分析

采用Origin 2020、Microsoft Excel 2013进行数据整理及作图,SPSS 2020进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 农场及农户特征

曲周种植户趋于老龄化,三种作物体系农户平均年龄为47~56岁。各种植体系受访农户男性均多于女性。粮食、蔬菜种植户耕地面积集中在0.33~0.67 hm²,而果树种植户耕地面积集中在0.33 hm²以下。在粪肥施用上,粮食种植户缺乏施肥经验,而蔬菜和果树种植户施肥经验较为丰富(表2)。

2.2 农户粪肥施用的态度

农户态度结果(图1)中,包括8个驱动因素(态度值>0)和5个障碍因素(态度值<0),障碍因素中包括2个潜在障碍因素(态度值<0且行为信念强度评分<3)。不同作物体系之间农户对粪肥施用相关结果的认知差异不显著(表3)。从图1可知,粪肥施用后能够提高作物产量和土壤肥力,增加农业收入是影响农户粪肥施用的主要驱动因素。粪肥施用能够改善作物口感,提高土壤松软程度、提高农产品价格、改善作物品形及提高土壤抗旱能力也都是促进农户粪肥施用的重要因素。此外,通过调研发现,农户能够认识

表1 农户粪肥施用预调研确定的结果分类

Table 1 Classification of identified outcomes in preliminary survey of manure application

土壤质量 Soil quality	作物保护 Crop protection	农学效应 Agronomic effect	经济 Financial	环境影响 Environmental impact
提高土壤肥力	增加作物病虫害	提高作物产量	提高农产品价格	造成土壤重金属污染
土壤变松软	增加杂草	改善作物口感	增加农业收入	增加土壤抗生素含量
提高土壤抗旱能力		改善作物品形		污染地下水

表2 农场及农户特征

Table 2 Farm and farmers' characteristics

项目 Item	组别 Group	粮食种植户 Cereal farmer	蔬菜种植户 Vegetable farmer	果树种植户 Fruit farmer
平均年龄		55岁	47岁	56岁
性别比例	男	66.7%	75.7%	67.0%
	女	33.3%	24.3%	33.0%
教育程度占比	小学以下	22.2%	9.6%	30.9%
	小学	31.9%	26.9%	22.7%
	初中	29.2%	51.0%	32.0%
	高中	16.7%	12.5%	14.4%
	大学	0	0	0
耕地面积占比	≤0.33 hm ²	27.8%	35.5%	39.2%
	0.33~0.67 hm ²	40.2%	38.5%	36.1%
	0.67~1.33 hm ²	27.8%	22.1%	21.6%
	1.33~2 hm ²	2.8%	1.9%	3.1%
	2~2.67 hm ²	1.4%	1.9%	0
	大学	0	0	0
粪肥施用经验占比	无经验	37.5%	3.9%	6.2%
	有很少经验	51.4%	36.5%	46.4%
	有丰富经验	11.1%	59.6%	47.4%

到粪肥施用会促进农田杂草生长、增加作物病虫害风险,这些都是阻碍农户粪肥施用的重要因素。另外,值得注意的是,粪肥施用导致土壤重金属污染、抗生素污染和地下水污染也是影响农户粪肥施用的障碍因素。但是在调研过程中发现,大多数农户对土壤重金属污染、抗生素污染和地下水污染认知程度较低,甚至并不了解什么是土壤重金属和土壤抗生素,也无法判定地下水是否受到污染。

2.3 社会因素对农户粪肥施用的影响

社会因素对农户粪肥施用均具有积极作用(主观规范值>0,图2)。整体而言,科研专家和农技推广人员对农户粪肥施用起主要推动作用,另外,家庭成员对蔬菜、水果种植户粪肥施用决定也具有较大的促进作用。影响粮食作物和经济作物(蔬菜、水果)农户粪肥施用的社会因素之间存在较大差异。其中,家人、朋友、临近种植户、农产品收购商和农技推广人员对经济作物农户粪肥施用的影响显著高于粮食作物农户。而临近养殖户、有机肥料经销商和科研专家对不同作物体系农户粪肥施用的影响无显著差异。

2.4 控制因素对农户粪肥施用的影响

在17个影响粪肥施用的控制因素(表4)中,粮食种植户感知到4个障碍因素(感知行为控制值<0),其中包含3个潜在障碍因素(感知行为控制值<0且控制强度评分<3),而经济作物种植户没有感知到障碍因

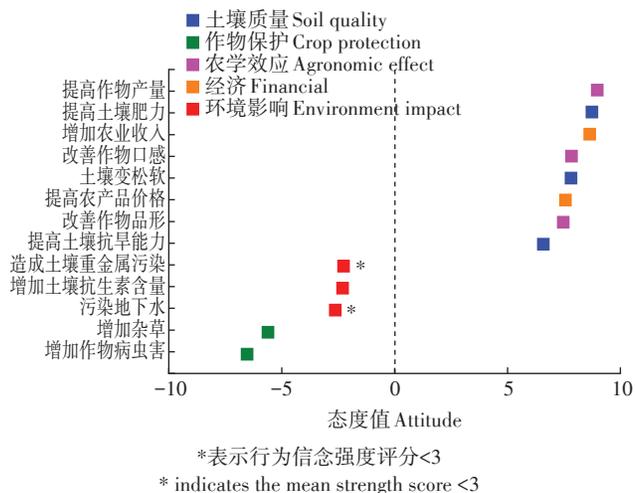


图1 农户粪肥施用的态度

Figure 1 Farmers' attitude toward manure application

表3 粮食、蔬菜、果树三种作物体系农户粪肥施用的态度

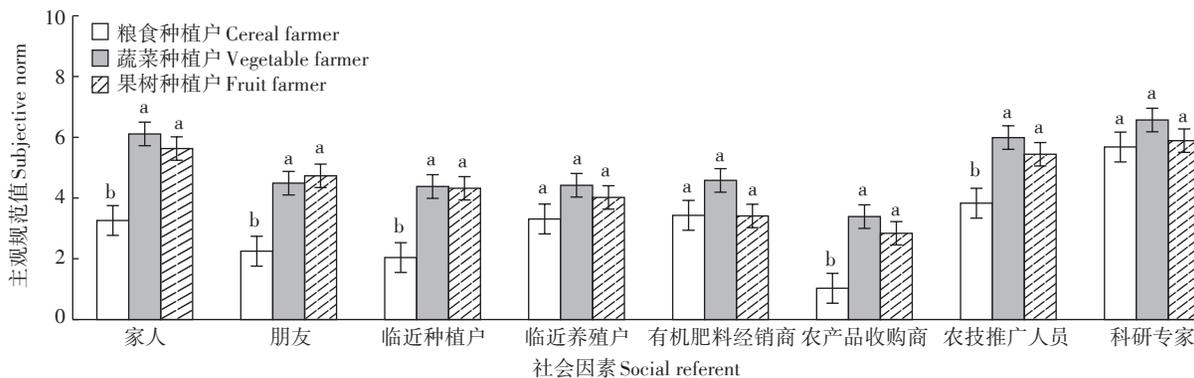
Table 3 Farmers' attitude toward manure application in the cereal, vegetable and fruit production systems

结果 Outcome	粮食种植户 Cereal farmer (n=72)	蔬菜种植户 Vegetable farmer (n=104)	果树种植户 Fruit farmer (n=97)
提高土壤肥力	8.44a	8.68a	8.59a
土壤变松软	7.92a	7.82a	7.34a
提高土壤抗旱能力	6.83a	6.12a	6.58a
提高作物产量	8.92a	8.95a	8.59a
改善作物口感	7.24b	7.12b	8.64a
改善作物品相	7.58a	7.47a	7.01a
造成土壤重金属污染	-2.17a	-2.53a	-1.97a
增加土壤抗生素含量	-1.88a	-1.69a	-3.21b
污染地下水	-2.74b	-3.13b	-1.91a
增加作物病虫害	-6.19a	-7.13b	-5.86a
增加杂草	-6.42b	-6.82b	-3.46a
提高农产品价格	7.21a	7.34a	7.68a
增加农业收入	8.38a	8.44a	8.61a

注:同一行不同字母表示三种作物体系农户粪肥施用的相关结果差异显著(P<0.05)。

Note: Different letters indicate a significant difference for outcome scores among planting systems in the same row(P<0.05).

素。粮食和经济作物非粪肥用户感知到的障碍因素均多于粪肥用户。粮食作物和经济作物非粪肥用户均感知到的障碍因素为粪肥施用的人工成本高和粪肥价格高(图3)。此外,农田分布零散、粪肥难购买是影响粮食作物非粪肥用户粪肥施用的障碍因素,而机械化程度低、粪肥养分含量难确定及粪肥运输成本高是影响经济作物非粪肥用户粪肥施用的障碍因素(图3)。



不同字母表示三种作物体系农户粪肥施用的社会因素差异显著 ($P<0.05$)
Different letters indicate a significant difference for social referents scores among planting systems ($P<0.05$)

图2 农户粪肥施用的相关社会因素

Figure 2 Perceived influence of social referents on manure use by cereal, vegetable and fruit farmers

表4 粮食作物和经济作物的粪肥用户和非粪肥用户相关控制因素的感知行为控制值

Table 4 Farmers' perceived behavior controls toward manure users and non-manure users in the cereal, cash crop production systems

控制因素 Control factor	粮食作物 Cereal farmer		经济作物 Cash crop farmer		总体 Overall	
	粪肥用户 Manure user	非粪肥用户 Non-manure user	粪肥用户 Manure user	非粪肥用户 Non-manure user	粮食作物种植户 Cereal farmer	经济作物种植户 Cash crop farmer
粪肥难购买	0.39*	-0.80*	0.96*	0.94*	-0.50*	0.57*
粪肥养分含量难确定	6.22	3.24	5.25	-1.94	3.99	4.44
粪肥肥效慢	3.78	2.48	4.60	1.44	2.81	3.92
粪肥养分含量低	3.28*	1.63*	3.30*	0.89*	2.06*	2.82*
粪肥含水量高	2.88*	1.55*	1.98*	0*	1.87*	1.82*
粪肥价格高	-0.56*	-0.59*	1.12*	-0.83*	-0.58*	0.54*
粪肥运输成本高	2.88*	0.91*	1.70*	-0.11*	1.38*	1.50*
粪肥施用的人工成本高	1.83*	-1.02*	1.96*	-2.67	-0.31*	1.06*
粪肥难闻气味大	6.00	2.28	4.81	1.44	3.21	4.16
运输条件差	4.67	0.09	3.16	1.41	1.24	2.54
农田分布零散	-0.06	-2.91	3.98	1.50	-2.19	2.19
作物施肥期会经常下雨	1.61*	1.11	1.95*	0.89*	1.24*	1.69*
机械化程度低	6.11	2.15	3.04	-1.89	3.14	2.74
缺乏粪肥产品补贴政策	6.28	1.31	5.85	4.22	2.56	4.87
缺乏粪肥施用机械化补贴	5.89	2.63	5.67	4.72	3.44	5.02
难以获取粪肥产品信息	2.33*	0.5	2.58	0.61*	0.96*	2.02*
难以获取粪肥合理施用技术	2.67	2.07	3.02	1.44	2.22	2.70

注:*表示控制强度评分<3。

Note:*indicates the mean strength score <3.

3 讨论

3.1 粪肥施用的关键驱动因素

农户能够认识到粪肥施用对土壤质量的改善和农学效应、经济效益的提高(图1)。农户认为,粪肥施用能够提高土壤肥力,这与孙宇龙等^[17]的研究结果一致,即粪肥部分替代化肥能阻控茶园土壤酸化,显著提高土壤有机质含量,增加土壤有效养分。Meta

分析结果表明,粪肥部分替代化肥时,作物产量增长6.6%^[18]。赵隽等^[19]的研究表明,有机无机肥配施可以使小麦产量增加3.9%~5.5%,这与本研究农户认知到粪肥施用能提高作物产量相一致。农户认为,相较于单施化肥,有机无机配施的农作物产品价格更高(图1)。陕西苹果种植区粪肥替代化肥的研究表明,有机无机配施处理的苹果价格显著高于单施化肥处理,从而显著提高了苹果种植户粪肥施用的意愿和积极

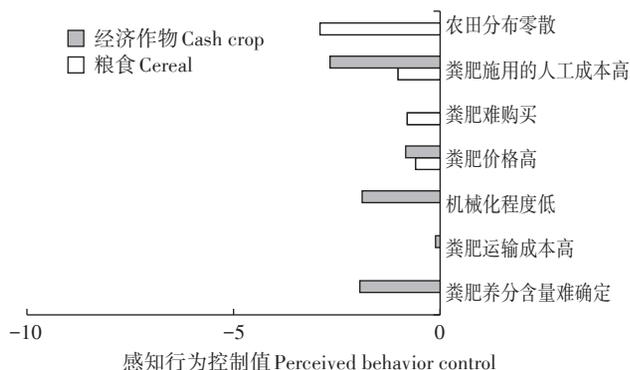


图3 粮食和经济作物非粪肥用户粪肥施用的控制因素

Figure 3 Farmers' perceived behavior controls toward non-manure users in the cereal, cash crop planting systems

性^[20]。农户认为粪肥施用能改善作物品质(图1),长期田间试验结果表明,粪肥替代部分化肥使农作物的蛋白质含量增加^[21]。曲环等^[22]通过12年长期定位试验证明,有机无机配施能提高小麦品质。路洁等^[23]研究表明,有机肥替代部分化肥能显著提升酿酒葡萄浆果品质。

本研究揭示了社会因素对农民粪肥施用意向的积极作用。基于农户调研,社会因素对粪肥施用都持积极态度(图2)。社会组织或个人以不同方式影响农户施田粪肥的决策^[24]。从理论上讲,研究人员会研发新技术,而农技推广人员则负责向农户推广新技术^[25]。研究表明,我国农业科技成果的转化率仅为30%~40%,远低于发达国家70%~90%的水平^[26]。然而,科技小院模式自建立以来,通过科技长廊、科技胡同、技术手册和技术资料等形式,把农业技术传播给农民,使曲周县高产高效技术采用率从2009年的17.9%提高到2014年的53.5%;全县平均粮食单产从2009年仅为试验地产量的62.8%提高到2014年的79.6%;2009—2014年,农民收入增长了79%^[27]。但是,农民遵循建议的动机在很大程度上取决于信息的来源(如科研专家、农技推广人员)以及其他社会因素的观点^[27]。大多数受访农民都对当地社区高度信任,包括家人、朋友和临近农户(图2)。因此,建立农村地区社区之间的信任对于农民的决策具有关键作用^[28]。

3.2 粪肥施用的关键障碍因素

粪肥施用促进杂草生长,使作物病虫害增加,土壤抗生素和重金属累积,这些都是阻碍粪肥施用的关键因素(图1)。施用动物粪便是否将杂草种子带入土壤,这取决于粪便的来源、储存条件和时间以及粪

便施用前的处理方式^[29-30]。有研究证实,施用生浆液或带有致病菌的粪肥可能会促进病虫害的传播^[31]。还有研究表明,由于集约化畜牧生产过程中大量使用抗生素,且一部分最终留在粪肥中^[32],因而长期施用粪肥会增加土壤中抗生素(如四环素、磺胺二甲嘧啶、氟喹诺酮、大环内酯类)的含量。堆肥、厌氧消化和氧化还原处理是去除抗生素、病原体和杂草种子的有效措施^[33-34],但这些处理方法不能去除重金属。研究表明,长期施用粪肥后,重金属(尤其是铜和锌)可能会在土壤中积累^[35]。长期施用粪肥还可能导致土壤中氮和磷的积累^[36-39]。

有趣的是,粪肥用户很少认识到粪肥施用的障碍因素,而非粪肥用户认识到粪肥施用的很多障碍因素。高劳动力成本被认为是粮食和经济作物非粪肥用户粪肥施用的关键障碍因素(图3)。在过去的几十年,农村人口(特别是年轻人)大规模向城市迁移,导致农村劳动力短缺,并增加了小农户农场的劳动力成本^[40]。这也可以从本调研结果中推断出来,各作物体系的农户平均年龄为47~56岁(表2)。显然,劳动力短缺会增加粪肥施用成本^[41]。

相比于经济作物种植户,粮食种植户认知到的障碍因素更多(表4)。农田分布零散被认为是主要的制约因素(图3)。家庭联产承包责任制在一定时期对调动我国农民生产积极性发挥了重大作用,但是由此导致的农村土地分散、零碎,在一定程度上阻碍了先进农业生产技术的应用^[42]。此外,粪肥价格高也被认为是制约因素,这种看法与谷物价格和利润相对较低有关。在过去五年,谷物(小麦、玉米、大米)种植户的年平均收入一般低于 1.2×10^3 元·hm⁻²,而蔬菜和水果种植户的年平均收入为 1.3×10^4 ~ 5.2×10^4 元·hm⁻²^[43]。

3.3 促进粪肥循环利用的政策机制

为促进粪肥回收利用、减少化肥使用,建议采取“自上而下”和“自下而上”策略相结合的方式。“自上而下”策略要求各地政府根据当地实际情况,有针对性地制定促进粪肥回收利用的相关补贴政策,如提高粪肥补贴和机械化补贴,以提高农户粪肥施用的积极性。“自下而上”策略强调在实践中提高农民知识、技能的重要性。积极的社会规范会影响农户粪肥施用的决定(图2),并可以进一步促进知识和信息的传播。科研专家和农技推广人员可通过农民培训、田间观摩会、分发宣传册等方式,提高农民对粪肥施用的认知。科研专家、农技推广人员和农民之间的合作已被视为向中国小农户推广新施肥措施的有效途径^[44]。

此外,家人及有粪肥施用经验的邻近农户在传播粪肥施用知识方面也发挥重要作用^[45]。

4 结论

(1)粪肥施用的关键驱动因素包括土壤肥力提升、作物增产以及农业增收。社会因素,特别是科研专家、农技推广人员和家庭成员对粪肥施用具有积极的推动作用。

(2)粪肥施用的关键障碍因素主要包括在粪肥购买、运输和施用过程中所产生的高昂的经济成本,以及由粪肥施用所导致的农学和环境污染问题。且与经济作物种植户相比,粮食种植户认知到的障碍因素更多。

(3)为促进粪肥循环利用,需要政府制定相关政策及标准,激发农户粪肥施用的积极性;同时,需要加强对农民的培训和指导,提高农民的知识水平,消除认知障碍。

参考文献:

- [1] 侯萌瑶,张丽,王知文,等.中国主要农作物化肥用量估算[J].农业资源与环境学报,2017,34(4):360-367. HOU M Y, ZHANG L, WANG Z W, et al. Estimation of fertilizer usage from main crops in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(4):360-367.
- [2] FAO. FAOSTAT[DB/OL]. [2020-11-17]. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/RF/visualize>
- [3] BAI Z H, MA L, JIN S Q, et al. Nitrogen, phosphorus, and potassium flows through the manure management chain in China[J]. *Environmental Science & Technology*, 2016, 50(24):13409-13418.
- [4] LIU X J, ZHANG Y, HAN W, et al. Enhanced nitrogen deposition over China[J]. *Nature*, 2013, 494(7438):459-462.
- [5] YU C Q, HUANG X, CHEN H, et al. Managing nitrogen to restore water quality in China[J]. *Nature*, 2019, 567(7749):516-520.
- [6] 农业部办公厅.农业部办公厅关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》的通知[EB/OL].(2015-02-07).http://jiuban.moa.gov.cn/zwlml/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm. General Office of the Ministry of Agriculture. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture on printing and distributing the action plan for the zero growth of fertilizer use by 2020[EB/OL].(2015-02-07).http://jiuban.moa.gov.cn/zwlml/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm.
- [7] 农业部办公厅.农业部办公厅关于印发《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》的通知[EB/OL].(2017-02-08).http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/derq/201712/t20171227_6130977.htm. General Office of the Ministry of Agriculture. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture on printing and distributing the action plan for carrying out the organic fertilizer substitution of fruit, vegetable and tea organic fertilizers[EB/OL].(2017-02-08).http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/derq/201712/t20171227_6130977.htm.
- [8] 农业部办公厅.农业部办公厅关于印发《畜禽粪污资源化利用行动方案(2017—2020年)》的通知[EB/OL].(2017-07-07).http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/dbq/201801/t20180103_6134011.htm. General Office of the Ministry of Agriculture. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture on printing and distributing the action plan for resource utilization of livestock and poultry manure(2017—2020)[EB/OL].(2017-07-07).http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/dbq/201801/t20180103_6134011.htm.
- [9] TRUELOVE H B, CARRICO A R, THABREW L. A socio-psychological model for analyzing climate change adaptation: A case study of Sri Lankan paddy farmers[J]. *Global Environmental Change*, 2015, 31:85-97.
- [10] USMAN I S, ABDULLAHI A, QASIMU A I, et al. Farmers perception on organic manure usage among arable crop farmers in Jalingo local government area of Taraba State, Nigeria[J]. *Scientific Papers Series - Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 2016, 16:353-359.
- [11] 孙天格,周静.菜农有机肥施用意愿的影响因素研究[J].农业经济,2020(6):17-19. SUN T G, ZHOU J. Research on the influencing factors of vegetable farmers' willingness to use organic fertilizer[J]. *Agricultural Economics*, 2020(6):17-19.
- [12] AJZEN I. The theory of planned behavior[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1991, 50(2):179-211.
- [13] LALANI B, DORWARD P, HOLLOWAY G, et al. Smallholder farmers' motivations for using conservation agriculture and the roles of yield, labour and soil fertility in decision making[J]. *Agricultural Systems*, 2016, 146:80-90.
- [14] 曲周年鉴编纂委员会.曲周年鉴2014[M].曲周,2014. Compilation Committee of Quzhou Yearbook. Quzhou County statistical yearbook[M]. Quzhou, 2014.
- [15] HIJBECK R, PRONK A A, VAN ITTERSUM M K, et al. Use of organic inputs by arable farmers in six agro-ecological zones across Europe: Drivers and barriers[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2019, 275:42-53.
- [16] LIKERT R. A technique for the measurement of attitudes[J]. *Archives of Scientific Psychology*, 1932, 22(140):5-53.
- [17] 孙宇龙,张永利,王辉军,等.机采茶园有机替代技术对土壤肥力和茶叶产量品质的影响[J].中国农学通报,2019,35(21):43-49. SUN Y L, ZHANG Y L, WANG Y J, et al. Effects of organic fertilizer substitution technology on soil fertility and tea yield and quality in machine-picked tea garden[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35(21):43-49.
- [18] ZHANG X Y, FANG Q C, ZHANG T, et al. Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures in crop production in China: A meta-analysis[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(2):888-900.
- [19] 赵隽,董树亭,刘鹏,等.有机无机肥长期定位配施对冬小麦群体光合特性及籽粒产量的影响[J].应用生态学报,2015,26(8):2362-2370. ZHAO J, DONG S T, LIU P, et al. Effects of long-term positioning and combined application of organic and inorganic fertilizers on population photosynthetic characteristics and grain yield of winter wheat[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, 26(8):2362-2370.

- [20] 何丽娟, 王永强. 补贴政策、有机肥使用效果认知与果农有机肥使用行为——基于陕西省部分有机肥补贴试点县和非试点县的调查[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(8): 85-91. HE L J, WANG Y Q. Subsidies on organic fertilizer, perception of the effect of organic fertilizer use and farmers' use of organic fertilizer[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2019, 33(8): 85-91.
- [21] LIN Z, CHANG X, WANG D, et al. Long-term fertilization effects on processing quality of wheat grain in the North China Plain[J]. *Field Crops Research*, 2015, 174: 55-60.
- [22] 曲环, 赵秉强, 陈雨海, 等. 灰漠土长期定位施肥对小麦品质和产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 12-17. QU H, ZHAO B Q, CHEN Y H, et al. Effects of a long-term located fertilization on wheat quality and yield of grey desert soil[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2004, 10(1): 12-17.
- [23] 路洁, 闫鹏科, 马婷慧, 等. 有机替代对土壤特性及酿酒葡萄根活力和浆果品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(8): 1465-1473. LU J, YAN P K, MA T H, et al. Effects of organic substitution on soil characteristics, root vigor and berry quality of wine grapes[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2020, 57(8): 1465-1473.
- [24] CAI T, STEINFELD C, CHIWASA H, et al. Understanding Malawian farmers' slow adoption of composting: Stories about composting using a participatory video approach[J]. *Land Degradation and Development*, 2019, 30(11): 1336-1344.
- [25] 杨建昌. 科技小院让中国农民实现增产增效[J]. 中国科学: 生命科学, 2016, 46(12): 1451-1452. YANG J C. Science and technology backyard improves farmers' productivity[J]. *Scientia Sinica Vitae*, 2016, 46(12): 1451-1452.
- [26] 翟金良. 中国农业科技成果转化特点、存在的问题与发展对策[J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(3): 378-385. ZHAI J L. The characteristics, existing problems and development countermeasures of transformation of agricultural science and technology achievements in China[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2015, 30(3): 378-385.
- [27] DAXINI A, RYAN M, O DONOGHUE C, et al. Understanding farmers' intentions to follow a nutrient management plan using the theory of planned behaviour[J]. *Land Use Policy*, 2019, 85: 428-437.
- [28] VEIDT J, LAM A, NGUYEN-VIET H, et al. Is agricultural intensification a growing health concern? Perceptions from waste management stakeholders in Vietnam[J]. *Sustainability*, 2018, 10: 4395.
- [29] MENALLED F D, KOHLER K A, BUHLER D D, et al. Effects of composted swine manure on weed seedbank[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, 111(1): 63-69.
- [30] RIZAL-AZ A, ARBIWATI D, PENIWIRATI L. Efficacy of the combination of herbicide active ingredient metsulfuron methyl, ethyl chlorimurone, sodium (2, 4-dichlorophenoxy) acetate in the succession of rice weeds with different doses of cow manure[C]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019.
- [31] 马鸣超, 姜昕, 曹凤明, 等. 我国生物有机肥质量安全风险分析及其对策建议[J]. 农产品质量与安全, 2017(5): 44-48. MA M C, JIANG X, CAO F M, et al. Risk analysis and countermeasures on bio-organic fertilizer safety and quality in China[J]. *Quality and Safety of Agro-products*, 2017(5): 44-48.
- [32] ZHAO F K, YANG L, CHEN L D, et al. Bioaccumulation of antibiotics in crops under long-term manure application: Occurrence, biomass response and human exposure[J]. *Chemosphere*, 2018, 219: 882-895.
- [33] MARTÍN J, SANTOS J L, APARICIO I, et al. Pharmaceutically active compounds in sludge stabilization treatments: Anaerobic and aerobic digestion, wastewater stabilization ponds and composting[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 503/504: 97-104.
- [34] PU C J, YU Y, DIAO J X, et al. Exploring the persistence and spreading of antibiotic resistance from manure to biocompost, soils and vegetables[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 688: 262-269.
- [35] URRÁ J, ALKORTA I, GARBISU C. Potential benefits and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture[J]. *Agronomy*, 2019, 9(9): 542.
- [36] JU X T, KOU C L, ZHANG F S, et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 143: 117-125.
- [37] MACDONALD G K, BENNETT E M, POTTER P A, et al. Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(7): 3086-3091.
- [38] GOURLEY C J P, AARONS S R, POWELL J M. Nitrogen use efficiency and manure management practices in contrasting dairy production systems[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2012, 147: 73-81.
- [39] FREDERIK V D B, MAGID J, JENSEN L S. Long-term fertilisation strategies and form affect nutrient budgets and soil test values, soil carbon retention and crop yield resilience[J]. *Plant and Soil*, 2019, 434(1/2): 47-64.
- [40] JU X T, GU B J, WU Y Y, et al. Reducing China's fertilizer use by increasing farm size[J]. *Global Environmental Change*, 2016, 41: 26-32.
- [41] FU D H, JIANG L Y, MASON A S, et al. Research progress and strategies for multifunctional rapeseed: A case study of China[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2016, 15(8): 1673-1684.
- [42] 吴郁玲, 曲福田. 土地流转的制度经济学分析[J]. 农村经济, 2006(1): 24-26. WU Y L, QU F T. The institutional economics analysis on land circulation[J]. *Rural Economy*, 2006(1): 24-26.
- [43] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编 2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. Price Department of National Development and Reform Commission. Compilation of cost-benefit data of national agricultural products 2019[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [44] ZHANG W F, CAO G X, LI X L, et al. Closing yield gaps in China by empowering smallholder farmers[J]. *Nature*, 2016, 537(7622): 671-674.
- [45] 郭清卉, 李世平, 李昊. 社会规范、个人规范与农户有机肥施用行为研究——基于有机肥认知的调节效应[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(1): 19-26. GUO Q H, LI S P, LI H. Social norms, personal norms and farmers' organic fertilizer application behavior: Based on the moderating effect of organic fertilizer cognition[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(1): 19-26.