

基于增强回归树的农户环保行为决策研究¹

邝佛缘^{1, 2}, 陈美球^{1, 2}, 鲁燕飞^{1, 2}, 李志朋^{1, 2, 3}

(1. 江西农业大学 农村土地资源利用与保护研究中心, 江西 南昌 330045;

2. 江西农业大学江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 江西南昌 330045;

3. 江西省国土资源勘测规划院, 江西 南昌 330025)

【摘要】: 文章利用江西省 2028 份农户调查数据, 运用增强回归树 (BRT) 模型分析农户环保行为决策的影响因素。结果表明: (1) 总体上, 农户在农业生产中, 采取的环保行为程度较差; (2) 农户的环保行为决策主要受到耕地资源特征和个人特征的影响, 家庭特征次之, 生态环境认知特征最弱; (3) 年龄、耕地破碎度、实际耕种面积、农业收入比重是影响农户环保行为的主要影响因素, 文化程度、农业收入比重、实际耕种面积、农业面源污染的认知和水环境恶化的认知对农户环保行为决策具有正向作用, 而耕地破碎度具有负向作用。

【关键词】: 农户; 农药化肥; 增强回归树; 保护行为决策

【中图分类号】: X52 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1671-4407 (2018) 02-130-04

1、引言

当前, 中国是世界上最大的农药化肥生产国和消费国, 单位面积农药用量是发达国家平均用量的 2 倍, 化肥施用强度也已远高于国际公认的化肥施用安全上限^[1]。众多研究表明, 农药化肥的滥用已成为威胁我国农业生态环境健康的最主要因素之一^[2-3]。作为家庭承包责任制下的耕作主体和农药化肥使用的决策者, 农户生态环境保护行为决策是改善农业生态环境的基础^[4]。为了更好地推进我国化肥的减量提效、农药的减量控害, 推动我国农业持续健康发展, 2015 年农业部出台了《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》和《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》。江西省是我国传统的农业大省之一, 也是 1949 年以来两个从未间断地向国家贡献粮食的省份之一, 农药使用化肥使用量逐年递增的现象较为突出, 1993—2015 年, 农药从 3.96 万吨增加到 9.39 万吨, 化肥施用量从 103.2 万吨增加到 143.6 万吨。为了促进农户采取环境保护的农业生产行为决策, 已有学者对农户环保行为的影响因素进行了大量的实证研究。

回顾已有研究发现, 从农户环保行为决策的影响因子出发, 剖析影响的规律性, 已经成为学术界的一个重要研究角度^[2]。张利国^[5]认为文化程度、家庭种植面积、是否参加过环境友好型农业培训、是否接受过环境友好型农业技术指导和是否关心环境是

¹**【基金项目】**: 国家自然科学基金项目“生计分化中农户农业面源污染防控行为及其调控对策研究——以江西省为例”

(71473112); 江西省哲学社会科学重点研究基地项目“耕地占补平衡政策实施效果评估”(15SKJD13); 江西现代农业及其优势产业可持续发展的决策支持协同创新中心项目“江西耕地质量提升对策研究”(2015WT05); 江西省高校哲学社会科学创新团队建设项目“农户行为与农业资源利用保护创新团队”(2013-6)

【第一作者简介】: 邝佛缘 (1991-), 男, 江西寻乌人, 硕士生, 研究方向为土地资源管理。E-mail: kfy5913@163.com

【通讯作者简介】: 陈美球 (1967-), 男, 江西石城人, 博士, 教授, 博导, 研究方向为土地资源管理。E-mail: cmql2@263.net

农户采取环境友好型生产行为的显著影响因素。罗小娟等^[6]认为年龄、家庭耐用资产状况和与农技推广人员接触次数是农户采取测土配方施肥技术的主要影响因素。周玉新^[7]认为农户的农业生产行为是趋利避害的，土地经营规模、环保等相关信息认知和相应金融机构、合作社等对农户采取环保型农业经营决策具有正向促进作用。梳理已有研究发现，许多学者主要从农户的个体特征、家庭特征、土地资源特征和技术信息特征等方面选取影响农户环保行为的因素，更多地通过农户环保行为决策的采纳与否或者农药化肥使用量与说明书的对比来衡量农户农业环保行为决策情况，而本文尝试通过多个问题的累加得分来衡量农户的环保行为决策情况，采用能够反映各影响因素的相对影响力和变化趋势的 BRT 模型来进行研究，以期更好地剖析各因素对农户环保行为决策影响的规律性。

因此，本文利用江西省 2028 份农户调查数据，采用 BRT 模型，剖析各变量对农户环保行为决策影响的规律性，对于引导农户采取环保行为，促进农户农药化肥使用的减量化，为实现“双减工程”目标的政策建议提供参考。

2、数据来源与样本描述性分析

2.1 数据来源

数据来源于 2014 年 12 月至 2015 年 2 月开展的《农户化肥农药使用》专题调研。调研以问卷调查为主，结合实地走访和召开座谈会等方式进行。课题组采取分层随机抽样，选取 19 调查样点：南昌县、新建区、武宁县、万载县、南丰县、德兴市、横峰县、玉山县、湘东区、安源区、遂川县、新干县、分宜县、渝水区、章贡区、于都县、南康区、石城县、赣县，每个调查样点选取 4 个村，每个村调查 30 户农户，问卷内容涉及农户的基本信息、家庭情况、农药化肥使用情况包括如何选取农药化肥类型、如何确定使用量、使用方法以及对农药化肥认识等相关内容。一共发放问卷 2280 份，共收回问卷 2112 份，其中有效问卷 2028 份，有效问卷率为 96.02%。

2.2 农户环保行为状况

本文通过表 1 的 6 个问题来间接反映农户在当前环境现状下，农药化肥的使用行为情况。由表 1 可知，较多农户凭自己经验确定农药化肥的使用量，超半数农户农药化肥的使用量保持年年差不多的状态；较多农户实际使用化肥量会和使用说明书差不多或者从重施肥；大部分农户选择农药种类主要考虑农药对病虫害防治效果。由图 1 可知，农户环保行为得分水平较差，得分主要集中在 1.5~3.5 分，占比 72.98%；高分段 4.0~6.0 分占比 21.89%，低分段 0.0~2.0 分占比 32.59%。

表 1 农户环保行为情况

问题	选项	分值	百分比/%
你如何确定化肥使用量	跟随其他人/化肥价格	0	16.81
	凭自己的经验	0.5	46.45
	参阅说明书/技术人员的指导	1	36.74
你实际化肥施用量与说明书的使用量相比	更多	0	22.73
	差不多	0.5	67.31
	更少	1	9.96
你使用的化肥量与往年比较	越来越多	0	31.46
	年年差不多	0.5	57.59
	越来越少	1	10.95
你如何选择农药种类	毒性强，病虫害防治效果好	0	53.55
	价格低廉	0.5	18.93

	低毒低残留	1	27.51
你如何确定农药使用量	跟随其他人/化肥价格	0	20.36
	凭自己的经验	0.5	42.60
	参阅说明书/技术人员的指导	1	37.03
你使用的农药量与往年比较	越来越多	0	29.68
	年年差不多	0.5	56.76
	越来越少	1	13.56

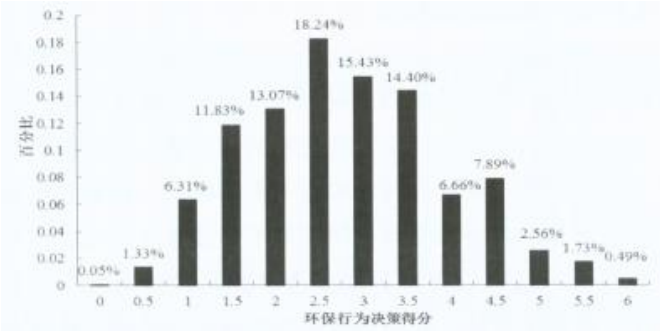


图1 农户环保行为决策得分情况

3、变量选择与研究方法

3.1 变量选择

本文通过前文农户对于6个问题的累加得分来衡量农户环保行为决策情况，以此作为本研究的因变量。综合已有研究^[9-11]，从个人特征、家庭特征、耕地资源特征和生态环境认知特征四个方面选取8个指标，其中个人特征选取了年龄和文化程度2个变量，家庭特征选取了农业收入比重和外出务工比重2个变量，耕地资源特征选取了实际耕种面积和耕地破碎度2个指标，认知特征选取了农业面源污染的认知和水环境恶化的认知2个变量。通过构建农户环保行为决策模型，分析各因素对农户环保行为决策影响的规律性（表2）。

表2 变量描述及定义

变量名		变量定义	均值	标准差
因变量	环保行为	农户环保行为得分	2.81	1.13
个人特征	年龄	农户实际年龄	43.63	13.09
	文化程度	小学=1；初中=2；高中=3；中专以上=4	1.95	0.90
家庭特征	农业收入比重	农户农业收入/家庭总收入	0.27	0.28
	外出务工比重	外出务工人数/家庭人口总数	0.53	0.28
耕地资源特征	实际耕种面积	农户实际种植的耕地面积/亩	4.50	5.39
	耕地破碎度	耕种耕地面积/耕种耕地的块数	1.11	1.22
生态环境认知特征	农业面源污染的认知	没听说=0；听说过=1	3.90	1.12
	水环境恶化的认知	水环境恶化是否和增加使用农药化肥有关：无关=0；有关=1	0.67	0.47

注：1亩=1/15公顷，下同。

3.2 分析模型

本文采用增强回归树（boosted regression tress, BRT）模型对农户环保行为决策进行分析。BRT 方法是基于传统的分类回归树算法（CART）的一种自学习方法^[8]。BRT 方法是通过不断地随机选择和自学习方法从而产生多重回归树，能够很好地提高模型的稳定性和预测精度；运算过程中通过多次迭代随机抽取一定量的数据，分析自变量对因变量的影响程度，剩余数据对拟合结果进行交叉检验，最后生成多重回归树并取均值输出^[9]。BRT 方法相比传统的线性或非线性回归模型而言，提高了模型的稳定性和精度，得出自变量对因变量影响的相互关系和贡献率，在处理不同数据格式时具有很大的灵活性，并且输出的因变量与自变量关系很直观，结果容易理解，很多学者利用该模型进行计量分析^[8-9]。

4、结果与分析

本研究在 R 软件中，调用 Elith 等^[10]编写的 BRT 程序包进行增强回归树分析。设置决策树的复杂性（tree complexity）为 5，学习速率（learning rate）为 0.001，分割比例（bag fraction）为 0.5，每次抽取 50% 的数据进行分析，50% 的数据用于训练，进行 5 次交叉验证。

由图 2 的结果可知，从影响的贡献率来看，各影响因素的贡献率的排序分别为年龄>耕地破碎度>实际耕种面积>农业收入比重>外出务工比重>农业面源污染的认知>文化程度>水环境恶化的认知；从主成分角度来看，年龄、耕地破碎度、实际耕种面积、农业收入比重是影响农户环保行为的主要影响因素，累计贡献率达到 69.40%；从指标类型的贡献率来看，耕地资源特征（35.60%）>个人特征（28.60%）>家庭特征（21.80%）>生态环境认知特征（13.90%）。各因素的对农户环保行为的影响趋势分析如下。

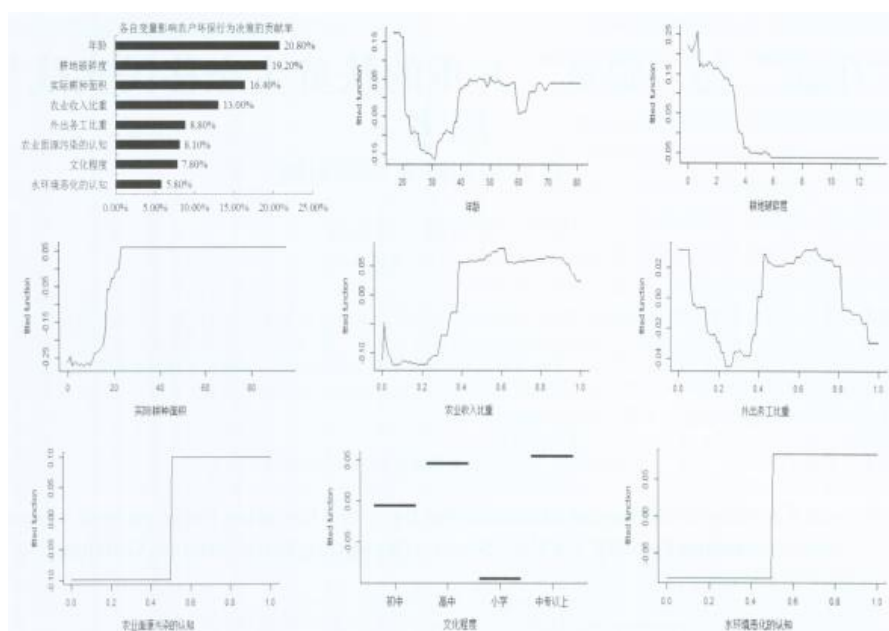


图 2 农户环保行为影响因素的相对影响力和变化趋势

（1）个人特征。从文化程度来看，农户的文化程度越高，农户在农业生产经营中更倾向采取环保行为决策，原因是农户文化水平越高，对当前我国农村生态环境现状认识更到位，越清楚环保行为决策的利好之处；而从相对影响力来看，贡献率只为 7.80%，可以看出农户作为理性经济人，在生存理性的压力下，生态理性程度更低。年龄来看，年龄对农户采取环保行为决策的影响呈现波动起伏，变量的相对贡献达到 20.80%，原因是不同年龄段的农户，其生计压力和农业生产经验具有差异性，调研发

现，年龄较大的农户农药化肥的使用往往更倾向于根据自身经验来确定用量。

（2）家庭特征。从农业收入比重来看，农业收入比重更大，农户更倾向于采取环保行为，变量贡献率为 13.00%；原因是农业收入比重越大，农户的生计主要以农业为主，在实际农业生产中也更清楚单纯地通过追加农药化肥的投入量来获取增产的短期效果性，综合权衡投入产出后，更愿意尝试环保行为。农户外出务工比重的逐渐增大，对农户环保行为决策的影响呈现抑制—促进—抑制的变化趋势，变量贡献率为 8.80%，原因可能是农户家庭劳动力外出务工比重不同，农户的生计结构也具有差异性，外来信息的来源渠道也不同，农户的农业环保行为决策也相应地出现差异。

（3）耕地资源特征。农户实际耕种耕地面积越大、耕地破碎度越小，农户更倾向于采取环保行为决策，两个指标的贡献率累计达到 35.60%；表明农户的环保行为决策更多地取决于农户耕地资源情况，农户耕种耕地资源越好，往往其对农业生产的生计依赖更强。一方面，考虑到过量使用农药化肥对耕地的破坏性，农户更愿意采取环保行为进而维持其可持续生计；另一方面，农户耕种的耕地资源越好，更能感受到追加农药化肥以寻求提升效益的弊端和短期性，更愿意尝试环境友好型的环保行为决策。

（4）生态环境认知特征。农户的生态环境认知越好，农户更愿意采取环保行为决策，两个指标的累计贡献率为 13.90%；分析可能原因是农户对当前生态环境的恶化，尤其是农药化肥对农业生态环境的破坏的认知越好，农户在农业生产决策时在考虑生存理性的同时，也会兼顾生态理性。从认知特征的累积贡献率来看，生态环境的认知对农户采取环保行为决策的促进作用较为微弱，分析可能存在某些因素减弱了认知对行为的促进作用。

5、结论与建议

本文基于江西省 2028 份农户调研数据，构建了农户环保行为决策的影响指标体系，采用 BRT 模型分析各变量对农户环保行为决策影响的规律性，结果表明：（1）总体来看，农户环保行为决策得分较低，农户在农业生产中采取环保行为程度有待加强；（2）农户的农业环保行为决策主要受到耕地资源特征和个人特征的影响，家庭特征次之，生态环境认知特征最弱；（3）年龄、耕地破碎度、实际耕种面积、农业收入比重是影响农户环保行为的主要影响因素，文化程度、农业收入比重、实际耕种面积、农业面源污染的认知和水环境恶化的认知对农户环保行为决策具有正向作用，而耕地破碎度具有负向作用。

基于此，本文提出以下政策建议：（1）引导农户通过流转承包经营权扩大经营规模，通过土地整治工程降低耕地的破碎度，完善相应的配套措施，为农户开展规模经营提供便利条件；（2）加强农户的教育水平，提升农户对生态环境的认知水平，开展农业科技人员下乡宣传帮扶活动，宣传生态耕种；（3）根据农户生态环境认知对农户环保行为决策影响较为微弱的结果，应建议引入适当的微观激励政策，鼓励农户农药化肥的减量化使用，显化农户生态环境认知对环保行为的正向作用。

[参考文献]:

[1]郭鸿鹏, 徐北春, 刘春霞, 等. 农药化肥规制: 美国经验及启示[J]. 环境保护, 2015 (21): 64-69.

[2]侯俊东, 吕 军, 尹伟峰. 农户经营行为对农村生态环境影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012 (3): 26-31.

[3]杨林章, 冯彦房, 施卫明, 等. 我国农业面源污染治理技术研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013 (1): 96-101.

[4]梁流涛, 翟 彬. 农户行为层面生态环境问题研究进展与述评[J]. 中国农业资源与区划, 2016 (11): 72-80.

[5]张利国. 农户从事环境友好型农业生产行为研究——基于江西省 278 份农户问卷调查的实证分析[J]. 农业技术经济, 2011 (6): 114-120.

[6]罗小娟, 冯淑怡, 石晓平, 等. 太湖流域农户环境友好型技术采纳行为及其环境和经济效应评价——以测土配方施肥技术为例[J]. 自然资源学报, 2013 (11): 1891-1902.

[7]周玉新, 影响农户环保型农业生产行为的因素分析—基于江苏样本的调查[J]. 生态经济, 2014 (1): 128-131.

[8]Chen M Q , Lu Y F , Ling L , et al .Drivers of changes in ecosystem service values in Ganjiang upstream watershed[J], Land Use Policy, 2015, 47: 247-252.

[9]Chen M Q , Chen M J , Lu Y F , et al .The farmers' perceptions of ANPS pollution and its influencing factors in Poyang Lake region , China[J].Water Science & Technology, 2016, 73 (7): 1591-1598.

[10]Elith J , Leathwick J R , Hastie T .A working guide to boosted regression trees[J], Journal of Animal Ecology, 2008, 77 (4): 802-813.