

农户对过量施肥危害认知与规避意愿的实证分析

——以涪陵榨菜种植为例^①

肖新成^{1,2}, 谢德体²



了解通信作者
谢德体的更多成
果, 请扫二维码

1. 宜春学院 经济管理学院, 江西 宜春 336000; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 基于重庆市涪陵榨菜主产区农户榨菜种植的实地调查数据, 运用随机前沿生产函数和双变量 Probit 模型, 测算了农户过量施肥的程度及其化肥利用效率, 分析了农户过量施肥危害认知与规避意愿影响因素。研究结果表明: 榨菜主产区农户化肥施用技术效率为 0.571, 有 42.9% 的化肥量无法被作物利用与吸收, 过量施肥 174.15 kg/hm²。农户认知过量施肥的危害主要受农户教育水平、从事农业生产的年限、化肥施用技术培训、兼业经营等因素的影响; 农户对危害的规避意愿主要受农户教育水平、从事农业生产的年限、农业技术培训、兼业经营、家庭从事农业劳动力人数、有机肥的使用、榨菜地块质量、地块类型、地块碎化程度等因素的影响。最后提出了加强对农户农业生产技术的培训、培养和提高农民环境保护意识、促进农户土地的规模经营、转变我国农业生产模式等相关的政策建议, 减少农业化肥施用, 降低农业面源污染。

关键词: 化肥施用; 危害认知; 规避意愿; 榨菜种植; 双变量 Probit 模型

中图分类号: F062.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)07-0138-11

化肥是粮食的“粮食”。上世纪 80 年代以来, 我国粮食连年增产, 进入 21 世纪连续迈上 5 500 kg 和 6 000 kg 台阶。粮食增产的同时, 我们不能回避过量施用、盲目施用化肥带来的环境问题。大量研究表明, 我国大部分地区化肥施用量已经达到极限, 超过了经济意义上的最优施用量^[1-2]。过量施肥不仅造成了农业生产成本的上升和农作物产出的递减, 而且还引发了严重的农业面源污染, 造成水体富营养化、耕地质量退化、农产品品质下降、空气中温室气体(N₂O)质量分数上升^[3-5]等外部不经济问题。已有的研究也表明, 无论是从经济发展的角度还是从生态环境保护的角度, 农户过量施肥都存在较大的危害。当前, 研究者对农户过量施肥的原因没有形成统一的意见。一些研究认为农村劳动力的非农就业促进了化肥施用量的增加, 即农民通过增加化肥施用量来替代劳动力投入^[6-7]。农村劳动力的大量转移, 打破了传统精耕细作的农业生产方式, 农户大量施用化肥最大限度的开发土地的肥力, 以获取更多的收益^[8]。尤其是大城市郊区劳动力机会成本的上升, 农户开始选择更多投入化肥^[9]。一些研究则表明农业种植业结构的调整是导致化肥施用量大幅增长的原因。在收益最大化的导向下, 农户将越来越多的土地转向产量高、收益大的水果、蔬菜等经济作物, 将更多的化肥投入这些经济作物以获取最大化的收益^[10-12]。农产品价格也是影响农户化肥施用量增加的原因, 农业化肥补贴和农产品价格上涨刺激了农户化肥的过量施用, 加剧了农业环境的污

① 收稿日期: 2014-11-23

基金项目: 水体污染控制与治理科技重大专项资助(2012ZX07104-003); 国家自然科学基金项目(41371310); 国家自然科学基金项目(41371275)。

作者简介: 肖新成(1974-), 男, 湖北汉川人, 博士, 副教授, 主要从事农业资源与环境研究。

通信作者: 谢德体, 教授, 博士研究生导师。

染^[13-14].但也有研究认为农业补贴并没有使化肥的投入量显著增加,农业补贴政策的实施并没有加重由化肥引起的农业面源污染^[15].“大水大肥”和“撒施表施”的传统施肥习惯、缺乏科学施肥技术与知识是导致农户化肥过量施用的主要因素^[16].农民种田一般就是靠感觉、凭经验进行施肥,施肥量多少比较盲目,缺乏相应的技术指导,认为施肥量与产量成正比关系^[17-19].若能向农户提供测土配方施肥技术,结合示范户的榜样作用,农户愿意采纳测土配方施肥技术降低化肥施用量^[20].农户的家庭特征、经营特征和地块特征也会影响农户化肥施用量.户主年龄越大,教育程度越低,增加化肥施用量的可能性越大^[21].农业生产决策者是男性、耕地面积较多的农户更倾向于增量施肥^[22].农户农业收入水平和环境需求水平的提高会减少化肥施用量^[23-24].种植规模扩大产生的规模经济效益,可以降低单位面积上物质投入及管理成本,化肥施用量相对而言较少^[25].土地质量较高的地块产量较高,农户更倾向于在土壤质量较高的地块增加化肥施用,而在土壤质量较低的地块则会减少化肥的施用^[26].耕地细碎化程度降低能减少农户化肥等农业生产资料投入^[27].农户对过量施肥的负面影响了解程度越深,农户就越会减少化肥施用量^[28].

过量施肥带来的危害制约了我国农业的持续健康发展,影响到了国家的粮食和环境安全战略.然而,现有的研究较多的是在分析面源污染来源时,将农户的化肥施用量作为一个重要的影响因素,以农户为研究单位进行化肥施用技术效率研究的较少.同时,对于农业生产中农户过量施肥导致的农业面源污染及其危害国内较少有学者展开专门的研究.深入分析典型区域农户对过量施肥的危害认知、规避意识及其影响因素,有助于了解农户的经济决策行为,引导农户合理科学的施用化肥,提高农户的农业环境认知与意识,从源头控制农业化肥污染,促进农业清洁生产和绿色转型具有重要的理论意义和现实意义.

本文以农户榨菜种植为例,研究农户化肥施用的实际情况.选择重庆市涪陵区的农户作为调查对象,分析农户对过量施肥的危害认知、规避意识.以榨菜种植和涪陵区为例主要基于以下 4 个方面考虑:其一,涪陵是闻名遐迩的中国“榨菜之乡”.榨菜种植面积占全国种植面积的 45.6%,是国内最大、最集中的榨菜产区;其二,涪陵是三峡库区重庆段每公顷化肥施用折纯量最高的区县.根据重庆市涪陵区《2012 年国民经济和社会发展统计年鉴》,2012 年涪陵区施用化肥折纯量 420 kg/hm²,超过发达国家公认的安全水平(225 kg/hm²)的 86.7%^[29],80%以上农户采取撒施、表施,当季化肥利用率低,只有 30%左右;其三,涪陵区是三峡库区生态农业建设最重要、最紧迫的地区.涪陵是三峡工程库区的所在地,耕地复种指数高,坡耕地面积大,大部分氮、磷随着地表径流进入长江水体,是长江水体的一个重要污染源;其四,已有研究主要是针对水稻、玉米开展^[30-31],尚未有对榨菜种植中过量施肥的实证研究.因此,本文从榨菜主产区农户实地调查数据出发,运用随机前沿分析方法,估计农户化肥施用利用效率.同时,运用 Probit 模型对农户过量施肥危害认知与规避意愿的影响因素进行实证分析,在此基础上提出相应的政策建议.

1 研究假设与调查方案设计

1.1 农户化肥合理施用量的假设

化肥合理施用量的含义可以从经济学和生态环境学的角度进行分析.经济学将农户看作是理性的“经济人”,农户增加化肥施用量的目的是为了能够增产增收.但是按照经济学的边际报酬递减规律,化肥过量施用不仅会造成经济效益下降,还会增加农户的生产成本.因此,农户在施肥时,应选择合理的施用量;从生态环境学角度来分析,在农业生产中,化肥的过量施用会造成土壤、大气、水体污染等外部不经济问题,产生外部环境成本.农业生产中,考虑化肥施用的要素成本时,还要将化肥投入带来的环境污染造成的损失与治理成本包括在内.对于农户而言,为了保证农业产出会大量施用化肥.一部分农户可能意识到过量的化肥施用会带来产量降低与环境污染,一部分农户或许尚未意识到化肥过量施用产生的危害.但不管怎样,农户过量施肥带来的损失与危害是客观存在的事实,因此,需要从收益与损失(环境污染)的角度,测算农户农业生产中化肥施用的经济水平.农户对过量施肥的危害认知与规避意愿的判断没有统一的标准.如果他们对过量施肥带来的危害有一定认知并愿意规避危害,他们就会减少化肥的施用量.同时,农户选择减少化肥施用本身就是对过量施肥危害认知和避免危害的综合结果.因此,本文选择农户是否愿意减少化肥施用量作为农户过量施肥危害规避意愿的综合表征,以“生态—经济效益最大化”和“风险厌恶理

论”为农户减少化肥施用量的基本理论, 并假定当化肥施用过量给农户带来的效用并非最大化时, 他们才愿意减少化肥的施用量, 而农户家庭特征、经营特征、地块特征、环境认知等因素会影响农户农业生产化肥施用量的决策.

1.2 调查方案设计

数据来自于课题组 2013 年 6 月 18 日至 7 月 20 日对涪陵区南沱镇、珍溪镇、清溪镇的农户采取一对一的访谈式调研, 农户样本的选取严格按照随机走访的原则, 3 个镇抽取了 24 个行政村, 共完成农户问卷调查 725 份, 剔除掉 19 个非榨菜种植户和数据缺失农户, 最终选择 706 份榨菜种植农户的有效问卷.

调查内容主要涉及以下 4 个方面的内容: 第一部分是农户个人特征变量, 包括农受访者的性别、年龄、受教育程度、从事农业生产年限、是否参加农技培训、是否农民专业合作社成员; 第二部分是农户经营特征变量包括农户家庭农业劳动力人数、种植榨菜收入、是否兼业; 第三部分是农户地块特征变量, 包括榨菜种植面积、耕地质量、地块类型、地块产权、离家距离、地块碎化程度; 第四部分是农户化肥施用、化肥危害认知及环境意识变量, 包括农户化肥施用量、对科学施肥的认知、农户对过量施肥危害的认知、减少化肥施用意愿.

2 农户化肥过量施用现状、危害认知与规避意识的影响因素分析

2.1 不同农户个人特征的农户化肥施用量分析

农户化肥施用量均指化肥施用折纯量, 即对化氮、磷、钾含量折纯后加总的总养分量. 按照受访者的性别、年龄、受教育程度、从事农业生产年数、是否参加农技培训、是否合作社成员等特征对样本农户进行分类, 描述农户个人特征与化肥施用量之间的关系. 根据调查情况, 样本农户种植榨菜的平均化肥施用量为 440.55 kg/hm^2 . 其中, 珍溪镇农户平均化肥施用量低为 430.5 kg/hm^2 , 南沱镇和清溪镇农户平均化肥施用量分别为 445.65 和 443.25 kg/hm^2 , 差距不明显. 从受访者的性别看, 男性受访者的每公顷化肥施用量与女性受访者的化肥施用量差别不大; 从受访者年龄和他们从事农业生产的年限看, 年龄为 55~65 岁和从事农业生产 25~45 年的农户化肥施用最少, 45 岁以下、65 岁以上和从事农业生产 10 以下、40 年以上的农户化肥施用量相对而言较多; 从农户教育程度来看, 农户所受教育水平越高, 化肥施用量越低; 参加农业技术培训和农业合作社成员的农户, 化肥施用量明显减少.

表 1 不同特征农户的化肥施用量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)

农户个人特征		总体样本	珍溪镇	清溪镇	南沱镇
平均化肥施用量		440.55	430.5	443.25	445.65
性别	男	443.85	436.35	445.65	439.8
	女	447.75	436.95	447.3	439.05
年龄/岁	<45	455.4	456.6	451.35	461.25
	45~55	441.9	439.95	438.75	446.7
	55~65	413.7	408.6	407.25	416.85
	>65	458.25	452.4	459.15	462.6
受教育年限/年	<5	452.55	451.5	452.4	453.75
	6~8	444.3	446.1	444	443.7
	>9	420.45	419.1	421.8	419.85
从事农业生产年数/年	<10	460.65	451.95	462.3	470.85
	10~25	428.1	426	428.25	429.15
	25~40	410.85	406.05	413.7	411.6
	>40	462.9	452.55	464.25	471.3
是否参加过农业技术培训	是	411.3	409.95	412.5	412.35
	否	464.7	468.15	446.55	448.8
是否农业合作社成员	是	413.85	398.7	419.25	414.6
	否	443.7	430.8	444.45	446.55

2.2 不同经营特征的农户化肥施用量分析

表 2 按照农户种植榨菜收入、农户是否施用有机肥、是否从事兼业经营、榨菜种植面积等特征对样本农户进行分类,描述不同经营特征的农户化肥施用量.从总体样本看,种植榨菜收入不同的农户,化肥施用量存在较大的差异,榨菜种植收入越低的农户,平均每公顷化肥施用量较高,而收入在 1 000~2 000 元和 2 000~4 000 元的农户,化肥施用水平差别不大,收入越高的农户化肥施用量反而越少;榨菜种植中施用有机肥的农户每公顷化肥施用量要比不施用有机肥的农户总体上要少 66.6 kg,3 个镇的数据也显示农户化肥施用量与有机肥的施用相关;从事兼业经营的农户,榨菜种植化肥施用量要比纯种植户的高;由于调查区域的平均每户耕地面积不足 0.2 hm²,基于榨菜种植面积的分类分别以 0.133 hm² 和 0.267 hm² 为分界点.榨菜种植面积大于 0.267 hm² 的农户,平均每公顷的化肥施用量明显低于 0.267 hm² 以下的农户,相差最大值为 41.4 kg/hm²,但是榨菜种植面积 0.133~0.267 hm² 的农户化肥施用量又要低于种植面积小于 0.133 hm² 的农户,榨菜种植规模越大,化肥施用量越少.

表 2 农户经营特征与化肥施用量 / (kg · hm⁻²)

农户家庭与经营特征		总体样本	珍溪镇	清溪镇	南沱镇
农业劳动力人数/个		2.3	2.50	2.19	2.31
种植榨菜收入/元	<1 000	462.3	456.6	461.25	466.35
	1 000~2 000	416.25	414.15	422.25	415.5
	2 000~4 000	411.75	403.95	424.8	409.95
	>4 000	409.65	398.55	426.3	406.05
是否施用有机肥	是	381.45	368.4	385.65	384.6
	否	448.05	448.5	449.7	446.25
是否兼业经营	是	443.7	447.45	452.25	433.65
	否	413.85	414.45	417.3	408.75
榨菜种植规模/hm ²	<2/15	472.95	468.15	476.85	472.65
	2/15~4/15	448.8	447.75	451.95	422.1
	>4/15	431.55	439.5	411.15	436.65

2.3 不同地块特征的农户化肥施用量分析

表 3 从农户地块质量、地块产权、地块类型、耕地碎化情况、是否可以灌溉和离家距离等方面对样本地块进行分类,描述地块特征变量与化肥施用量之间的关系.从地块质量来看,质量越好的土地,农户的化肥施用量越多,可能是农户认为,土地质量越好,化肥施用越多,产量越高;榨菜地块产权关系的不同与化肥施用量在 3 个镇的差异不大;从耕地类型来看,坡耕地的每公顷化肥施用量比平地高出近 9.9%;在总样本中,地块越分散、不适合灌溉的土地,榨菜种植户的化肥施用量越高;另外,数据也显示农户化肥施用量与榨菜种植地的远近关系不密切.

2.4 农户对合理施肥、过量施肥危害的认知及规避意愿分析

表 4 描述了农户对合理施肥的重要性、过量施肥的危害认知与规避危害的意愿.调查结果显示,92.63%的农户认识到合理施肥的重要性,仅有 7.37%的农户认为合理施肥不重要,两者在比重上的巨大差异,充分说明了样本农户的合理施肥意识.在问卷中我们也设计了农户化肥施用量的依据、时间和方式,调查发现农户化肥施用量一般是根据自己的经验,施肥一般是大雨大施,施肥方式一般是撒施表施,不注重深耕施肥.农户化肥施用量的依据、施肥时间与方式不但影响榨菜对肥料养分的吸收,还容易造成化肥流失.因此,农户的合理施肥意识与农户的实际施肥行为的差异原因并不是农户对合理施肥的认识不足,可能是农户缺乏合理施肥的技术培训与农户施肥量决策的惯性.从成本与收益的角度来看,过量的化肥施用会增加农户的生产成本,而且还会导致耕地质量退化,影响未来的土地产出,降低榨菜的经济收益.因此,农户化肥施用应考虑榨菜种植的经济收益.从环境的角度来看,过量施肥还会造成面源污染和空气中 N₂O 含量上升,对生态环境造成破坏.但是,农户对生态环境破坏基本上是不需承担任何责任的.所

以, 农户在化肥施用不会或者很少考虑过量施肥导致的土壤质量下降、生态环境破坏, 问卷调查也证实了这一观点. 农户在施肥量决策过程中, 有 89.24% 的农户认为过量施肥会造成危害, 这种危害主要体现在: 87.39% 的农户认为过量施肥会减少榨菜的产量、仅有 11.61% 农户认为会造成土质下降(表 4), 农户对化肥造成的农业面源污染和 N₂O 含量上升的认识并不深刻, 即农户合理施肥考虑是产量而不是生态环境. 发达国家认定的化肥施用量安全上限是 225 kg/hm², 而农户种植榨菜时的平均化肥施用量是 440.55 kg/hm², 单季的化肥施用量将近是发达国家的 2 倍(表 1), 可见在榨菜主产区, 农户过量施肥现象较为严重与普遍. 榨菜种植中, 愿意减少化肥施用的农户仅占样本总数的 17.14%(表 4), 即不到 1/5 的农户意识到, 在榨菜种植过程中存在过量施用化肥的问题. 这不到 1/5 的农户也有可能是从当前的收益与成本的角度对比, 或者是从可持续种植的角度愿意减少化肥的使用量. 无论从经济收益还是从生态环境安全角度愿意减少化肥施用量, 至少可以说明, 已有一部分农户意识到了榨菜种植过程中, 存在过量施肥现象. 不愿意减少化肥施用的农户占样本总数的 82.86%, 问卷调查设计了他们为什么不愿意减少化肥施用的原因, 统计发现, 80% 的农户都认为根据以往的经验, 自己的化肥施用量比较合理, 减少化肥施用可能会有产量减少和收入降低的风险, 因而不愿意减少化肥的施用量.

表 3 农户耕地特征与化肥施用量 /(kg·hm⁻²)

农户耕地特征		总体样本	珍溪镇	清溪镇	南沱镇
榨菜地块质量	高	454.05	452.85	455.25	453.9
	低	415.2	412.35	418.5	414.45
榨菜地产权	承包地	440.55	440.4	440.55	441
	流转地	440.7	440.55	440.7	440.25
榨菜地类型	平地	411.75	410.4	412.2	413.25
	坡耕地	452.55	451.8	455.85	451.2
榨菜地碎化情况	分散	455.1	448.35	460.2	457.65
	集中	408.6	405.45	412.35	410.1
是否可以灌溉	是	409.05	406.35	409.65	410.7
	否	446.85	447.15	446.1	448.35
榨菜地离家距离/km	<0.5	442.95	440.1	449.25	438.15
	0.1~1	445.65	438.6	453.15	444.75
	>1	440.25	437.55	441.3	440.4

表 4 农户对过量施肥危害的认知及规避意愿

项 目		总体样本/户			比重/%
		珍溪镇	清溪镇	南沱镇	
合理施肥认知	重要	214	229	211	92.63
	不重要	11	19	22	7.37
过量施肥危害认知	有危害	198	217	215	89.24
	土质下降	21	35	26	11.61
	榨菜产量减少	196	214	207	87.39
	农业面源污染	14	23	16	7.51
	N ₂ O 含量上升	9	17	13	5.52
规避危害意愿	不愿意减少施肥	188	203	194	82.86
	愿意减少施肥	37	45	39	17.14

3 模型设定与实证分析结果

3.1 模型设定

3.1.1 榨菜种植户化肥施用技术效率测算

由于调查问卷主要是榨菜种植户榨菜的化肥施用量,所获取的数据具有较强的针对性.同时,榨菜整个生长期约 5 个月,产量受自然因素的影响较大,且这些因素的随机性较强,本文采用随机前沿分析法,建立榨菜种植户化肥施用技术效率模型.在此,根据 Battese 和 Coelli 提出的效率损失随机前沿模型^[32],运用对数 C-D 生产函数,对涪陵榨菜主产区农户榨菜种植的化肥施用技术效率水平进行测定,其具体数学表达式为:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln Cap_i + \beta_2 \ln Lab_i + \beta_3 \ln Org_i + \beta_4 \ln Fer_i + v_i - u_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

式中: i 表示 i 个农户的情况, Y_i 表示种植榨菜的亩产量,投入的生产要素主要包括种子和农药成本 (Cap_i)、劳动力投入 (Lab_i)、有机肥施用量 (Org_i)、化肥施用量 (Fer_i); β_i 为待估参数的列向量, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 实际上是个生产要素对应投入的产出弹性, v_i 为随机误差项,包括观测误差和其它随机因素(自然灾害、天气等不可控因素),服从正态分布 $N(0, \delta_v^2)$; u_i 表示技术的无效率项,服从截断正态分布 $N(u, \delta_u^2)$; v_i 与 u_i 之间是相互独立的.

在对上述模型中的参数进行估计时,使用最大似然估计法,可估计出榨菜主产区第 i 个农户榨菜种植的生产技术效率:

$$TE_i = \exp(-u_i) \quad (2)$$

基于 C-D 生产函数的第 i 个农户的化肥施用技术效率的估计式可以表示为:

$$FTE_i = \exp(-u_i/\beta_4) \quad (3)$$

式中: β_4 表示榨菜种植过程中化肥的弹性系数.

3.1.2 榨菜种植户过量施肥危害认知与规避意愿影响因素的模型设定

根据前文的描述性统计和理论分析,农户榨菜种植存在过量施肥的现象.农户过量施肥的危害认知主要通过问卷的有危害与无危害表现,农户规避意愿主要体现在是否愿意减少化肥施用量.因此,农户对过量施肥危害认知和避免危害的意愿存在 4 种组合结果,即“有危害,愿意减少化肥施用量”、“无危害,不愿意减少化肥施用量”、“有危害,不愿意减少化肥施用量”、“无危害,愿意减少化肥施用量”.如果分别用虚拟变量 y_1 和 y_2 表示农户对过量施肥危害认知与规避意愿,且设定: $y_1 = 1$ 表示农户认为过量施肥有危害, $y_1 = 0$ 表示没有危害; $y_2 = 1$ 表示农户愿意减少化肥施用量, $y_2 = 0$ 表示不愿意减少化肥施用量.那么以上 4 种情形可简化为 (1, 1), (1, 0), (0, 1) 和 (0, 0).为分析各因素对农户过量施肥危害认知与规避意愿的影响,在此建立联立双变量 Probit 模型.联立双变量 Probit 模型适合应用于同时满足以下 2 个条件的联立方程组: (1) 方程组的随机扰动项之间具有相关性,因而需要对模型中的方程同时进行估计; (2) 模型存在 2 个结果变量.模型设定具体形式如下:

$$\begin{cases} y_1^* = \alpha_1 + \beta_1' X_1 + \epsilon_1 \\ y_2^* = \alpha_2 + \beta_2' X_2 + \epsilon_2 \end{cases} \quad (4)$$

式中: X_1 和 X_2 分别为农户化肥过量施用危害认知和规避意愿的影响因素向量,主要包括榨菜种植户户主的个人特征、经营特征与地块特征等变量; $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1', \beta_2'$ 为相应的估计系数. ϵ_1, ϵ_2 为随机误差项,假定误差项 (ϵ_1, ϵ_2) 服从联合正态分布 $N(0, 0, 1, 1, \rho)$, 其中 ρ 是 ϵ_1 和 ϵ_2 的相关系数,由于 y_1^* 和 y_2^* 为不可观测的潜在变量, y_1 和 y_2 为实际观测到的因变量,若 $y_1^* > 0$, 表明农户认知为正,有危害,反之, $y_1^* = 0$; 若 $y_2^* > 0$, 表明农户规避意愿为正,愿意减少化肥施用量,反之, $y_2^* = 0$. y_1^* 和 y_2^* 与 y_1 和 y_2 的关系可由以下规则确立:

$$\begin{aligned} y_1 &= \begin{cases} 1 & \text{如果 } y_1^* > 0 \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \\ y_2 &= \begin{cases} 1 & \text{如果 } y_2^* > 0 \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

C-D 生产函数(1)式和双变量 Probit 模型(4)式种变量具体说明与描述性统计情况见表 5.

表 5 模型变量解释与描述性情况

变量名称	定义及单位	平均值	标准差
榨菜产量	/(kg·hm ⁻²)	35 380.8	430.91
农药和种子成本	/(元·hm ⁻²)	1 048.2	21.27
劳动力投入	/(工作日·hm ⁻²)	367.35	12.07
有机肥施用	/(kg·hm ⁻²)	214.95	30.74
化肥施用	/(kg·hm ⁻²)	440.55	13.93
户主性别	男性=1, 女性=0	1.45	0.70
户主年龄	/岁	52.34	10.41
户主受教育程度	/年	4.25	2.77
从事农业生产年限	/年	38.25	42.84
从事农业劳动力	/人	2.11	3.49
是否参加农技培训	参加=1, 不参加=0	0.21	0.28
是否专业合作社成员	是=1, 否=0	0.16	0.24
种植榨菜收入/元	/元	2100.69	479.61
是否使用有机肥	是=1, 否=0	0.52	0.72
是否兼业经营	是=1, 否=0	0.48	0.79
榨菜种植面积	/hm ²	0.17	1.00
榨菜地块质量	地块质量高=1, 地块质量低=0	0.39	1.27
榨菜地产权	承包地=1, 流转递=0	0.79	1.03
榨菜地类型	坡地=1, 平地=0	0.81	3.46
榨菜地碎化程	分散=1, 集中=0	0.66	1.75
是否可以灌溉	是=1, 否=0	0.21	1.30
榨菜地离家距离	小于 600 m=1, 大于 600 m=0	810.23	637.11
农户对化肥危害的认知度	危害高=1, 无危害=0	0.32	0.85

3.2 实证分析结果

3.2.1 随机前沿 C-D 生产函数回归结果与化肥过量施用量测算

根据实地调查获取的榨菜种植户数据, 采用 Frontier4.1 软件, 利用极大似然估计法对随机前沿 C-D 生产函数进行参数估计, 表 6 给出了模型有关参数的估计与检验结果. 从估计结果可以看出: 模型总体拟合度较好且通过 LR 似然比检验, 表明农户榨菜种植存在化肥技术无效率的状况, 说明实地调查的数据能够运用随机前沿分析法, 测算化肥的过量施用. 模型选取的农药和种子成本、劳动力投入的工作日、有机肥施用量、化肥施用量 4 个自变量对榨菜单位面积的产量具有较好的解释能力. 这 4 种生产要素的投入中, 劳动力投入的工作日的弹性最大, 其次是化肥施用量和有机肥施用量, 农药和种子成本的弹性最小, 弹性分别为 0.311, 0.192, 0.127 和 0.073, 且分别在 5%, 1%, 1% 和 5% 的水平具有统计学意义, 这说明化肥施用量对榨菜作物的每公顷单产有一定的影响.

表 6 榨菜单产与生产要素投入因子关系的回归结果

自 变 量	因变量: 榨菜产量		
	系数	标准差	t 值
常数项	0.075***	0.029	2.872
农药和种子成本	0.073***	0.007	0.773
劳动力投入	0.311**	0.013	1.958
有机肥施用	0.127***	0.008	4.340
化肥施用	0.192**	0.035	1.963
观测值个数	706		
δ 平方	0.024**	0.108	
γ 值	0.710**	0.064	
似然比	201.469		

注: *** 和 ** 分别表示在 1% 和 5% 的水平上具有统计学意义.

根据随机前沿 C-D 生产函数分析法的估计结果,利用公式(3),测算出 706 户样本农户榨菜种植的生产技术效率与化肥施用技术效率(表 7). 榨菜主产区样本农户生产技术效率为 0.763,化肥施用技术效率为 0.668,均小于 1,表明相对现有技术水平的化肥施用量,榨菜种植过程中化肥的流失率仍然较高,有 42.9%的化肥量无法被作物利用与吸收,化肥的过量施用必然会导致农业环境污染.此外,榨菜主产区农户的化肥施用技术效率远远低于农业生产的技术效率,如果提高榨菜作物的化肥技术效率,必将会进一步提高农作物的产量和效益.根据化肥对榨菜的产出弹性和技术效率,将每公顷化肥的实际施用量减去存在技术效率的化肥施用量,进而可以测算出榨菜种植过程中每公顷化肥的过量施用量.基于 706 个样本农户样本的测算结果,在在平均水平上化肥的最优使用量为 266.4 kg/hm²,但是统计结果显示农户的实际使用量为 440.55 kg,超过最优施用量 174.15 kg,即过量施肥 174.15 kg/hm².

表 7 样本农户榨菜生产技术效率、化肥施用量

项 目	观测值	均值	标准差	项 目	观测值	均值	标准差
榨菜生产技术效率	706	0.763	12.79	化肥施用技术效率	706	0.668	18.26
实际化肥施用量/(kg·hm ⁻²)		440.55	9.284	过量施肥/(kg·hm ⁻²)		174.15	21.67
最优化肥施用量/(kg·hm ⁻²)		266.4	7.229	化肥过量施用率/%		42.90	11.65

3.2.2 影响农户化肥过量施用的危害认知与规避意愿因素的分析结果

考虑到解释变量的共线性,对相关解释变量进行筛选,最后确定 14 个影响因素.根据模型(4)、(5),使用 Stata12.0 统计软件,采用极大似然估计法,对农户过量施肥危害认知与规避意愿的影响因素进行联立双变量 Probit 模型估计.相关参数的估计结果和模型检验结果如表 8 所示.

表 8 影响农户化肥过量施用的危害认知与规避意愿因素的分析

自 变 量	危 害 认 知		规 避 意 愿	
	系数	P> Z	系数	P> Z
1. 农户户主特征				
户主性别	0.007	0.175	-0.012	0.942
户主年龄	0.013	0.575	0.024	1.933
户主受教育程度	0.109***	3.401	0.138*	0.991
从事农业生产年数	0.082*	1.419	0.093**	0.746
是否参加农业技术培训	0.175***	1.381	0.201***	1.449
2. 农户经营特征				
家庭从事农业劳动力人数	-0.137	2.554	0.216***	1.956
榨菜种植面积	-0.074	1.853	0.065**	1.271
是否兼业经	-0.207*	0.704	-0.038*	0.339
是否使用有机肥	-0.189	3.448	0.149**	1.718
3. 农户耕地特征变量				
地块质量	-0.066	2.076	-0.071***	2.149
地块产权	-0.020	0.799	-0.289	0.007
地块类型	0.036	1.541	0.215*	0.822
地块碎化程度	-0.094	1.996	-0.037**	0.938
地离家距离	-0.203	2.104	-0.174	0.027
常数	-2.179	1.931	-1.714	3.209
对数似然值		469.22		
ρ		0.314**		

注：*, ** 和 *** 分别表示在 10%, 5% 和 1% 的水平上具有统计学意义.

从总体上看,联立双变量 Probit 模型的拟合程度较好,较多的影响因素通过了显著性检验.联立双变量 Probit 模型的估计结果显示,ρ 在 1% 的水平上显著且相关系数为正值,这说明农户的化肥过量施用危害认知与规避意愿存在一定的相关性,两者之间存在互补效应.农户对化肥过量施用的危害认知主要受自身特征变量的影响,而影响规避意愿的因素较多(表 8). 1) 户主特征变量的影响.户主的性别和年龄没有通

过显著性检验,不是影响农户认知与规避意愿的主要因素;户主受教育程度对危害认知和规避意愿均具有正向影响,且分别在 1%和 5%的水平上具有统计学意义,表明农户文化程度越高,他们对环境污染的认知能力越强.因此,在农业生产中,他们不仅会估算化肥的投入与榨菜作物的产出,还会考虑化肥流失造成的环境影响;农户从事农业生产年限对危害认知、规避意愿具有正向影响,且分别在 10%和 5%的水平上具有统计学意义.农户从事农业生产年限越长,他们越根据经验施肥,他们认识到化肥的过量施用会造成产量减少、成本增加;参加农业技术培训能够提高农户化肥过量施用的危害认知与规避意愿,农业技术培训均在 1%的水平上具有统计学意义,农业技术培训是农户获取农业科学生产知识进而合理施肥的重要途径,通过培训,农户能掌握施肥方法,包括施肥时间、施肥方式、施肥结构等,农户可以根据榨菜作物生长情况,更合理的施肥发挥化肥增产增收的作用,有利于减少化肥施用量,提高化肥利用效率.2) 农户的经营特征变量的影响.从事农业劳动力的数量、榨菜种植面积和是否施用有机肥对化肥过量施用的危害认知不具有统计学意义;家庭从事农业劳动力人数对规避意愿具有正向影响在 1%的水平上具有统计学意义,农业劳动力人口较多的家庭,榨菜种植过程中投入的工作日较多,因而更注重农田的精耕细作,有利于提高榨菜种植过程中化肥利用率,减少化肥的施用量;榨菜种植面积大的农户更愿意减少化肥施用量,在 1%的水平上具有统计学意义,种植规模大的农户,他们更倾向于减少化肥的施用量来控制成本增加收入;从事兼业经营变量与农户的危害认知与规避意愿负相关,且均在 10%的水平上具有统计学意义.从事兼业的农户,其农业收入所占的比重较少,对化肥过量施用的危害并不关心,因而也不愿意减少化肥的施用量;使用有机肥的农户愿意减少化肥施用量,在 1%的水平上通过了检验.有机肥代替化肥,不仅成本少、危害小,还能提高农产品的质量,在施用有机肥的榨菜地,农户会相应减少化肥的施用.3) 耕地特征变量的影响.耕地特征变量中,只有榨菜地块产权与地块离家的距离没有通过显著性检验,可以认为这两个变量不是影响农户减少化肥施用的因素.耕地特征不对农户的过量施肥危害认知产生影响,但是该变量通过影响农户化肥施肥量进而影响农业环境.榨菜地块质量高会增加农户化肥施肥量,并在 1%的水平上通过检验,地块质量高的土地,榨菜产量比较高,农户认为追加化肥施用量,会使产出进一步的增加;对贫瘠的土地,产量比较低,农户不愿意增加投入,会减少化肥施用量;由于调查地区主要是坡耕地,对于坡耕地水土流失严重,化肥的利用率低,农户愿意减少化肥施用量(在 10%的水平上具有统计学意义);耕地分散,不能形成规模效应也是农户不愿意减少化肥施用的原因(在 5%的水平上具有统计学意义).

4 简要结论与政策含义

农户过量施肥不仅是榨菜种植也是我国其它农作物生产中普遍存在的现象.农业生产过量施肥在增加农户生产成本的同时,也增加了农业面源污染和温室气体排放等环境问题.本文以榨菜主产区 706 户农户的问卷,运用随机前沿 C-D 生产函数,对农户榨菜种植的化肥施用效率进行了评价与测算.结合双变量 Probit 模型,对农户过量施肥危害认知和规避意愿的影响因素进行了分析.研究结果表明:1) 榨菜主产区农户化肥使用技术效率为 0.571,有 42.9%的化肥无法被作物利用与吸收,过量施肥 174.15 kg/hm².2) 榨菜主产区大部分农户认为过量施肥有危害.这种危害主要是会减少产量,但是农户对过量施肥造成的环境危害认识和理解并不深刻,对危害规避意愿并不强烈.3) 农户认知过量施肥造成的危害主要受农户教育水平、从事农业生产的年限、化肥施用技术培训、兼业经营因素的影响.4) 农户对危害规避意愿主要受农户教育水平、从事农业生产的年限、化肥施用技术培训、兼业经营、家庭从事农业劳动力人数、有机肥的使用、榨菜地块质量、地块类型、地块碎化程度等因素的影响.

根据上述研究结论,可以得出如下启示:1) 提升农户教育层次,培养和提高农民环境保护意识.教育对减少施肥量、提高农户对过量施肥危害的认知与规避意愿都有正向作用;2) 促进农户土地的规模经营.土地经营规模是农业现代化和产业化的必然趋势和客观要求.农户集中、统一经营管理耕地资源可以降低单位农作物生产管理费用,减少化肥流失,也有利于控制农业面源污染.3) 加大对农户农业生产技术的培训.农业生产技术培训是引导农户科学平衡合理施肥的重要途径,地方农技服务站有义务指导农户根据作物生长需肥规律、土壤供肥特性、自然环境等因子合理配比肥料,提高肥料

的利用率. 4) 转变农业经济增长方式. 要从根本上控制过量施肥造成的环境危害, 需要转变我国“高投入、高产出、高污染”的农业生产模式, 加强有机农业和设施农业等清洁农业生产应用与推广, 为我国农业发展的绿色转型提供坚实的技术基础.

参考文献:

- [1] 巩前文, 穆向丽, 田志宏. 农户过量施肥风险认知及规避能力的影响因素分析——基于江汉平原 284 个农户的问卷调查 [J]. 中国农村经济, 2010(10): 66—76.
- [2] 张桃林, 李忠佩, 王兴祥. 高度集约农业利用导致的土壤退化及其生态环境效应 [J]. 土壤学报, 2006, 43(5): 843—850.
- [3] ZHU Z L, CHEN D L. Nitrogen Fertilizer Use in China Contributions to Food Production, Impacts on the Environment and Best Management Strategies [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2002, 63(2—3): 117—127.
- [4] 朱兆良, 孙 波, 杨林章, 等. 我国农业面源污染的控制政策和措施 [J]. 科技导报, 2005, 23(4): 47—51.
- [5] 王艳群, 彭正萍, 薛世川等. 过量施肥对设施农田土壤生态环境的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(21): 81—84.
- [6] 何浩然, 张林秀, 李 强. 农民施肥行为及农业面源污染研究 [J]. 农业技术经济, 2006(6): 2—10.
- [7] EBENSTEIN A. The Consequences of Industrialization: Evidence from Water Pollution and Digestive Cancers in China [J]. Review of Economics and Statistics, 2012, 94(1): 186—201.
- [8] 张 晖, 胡 浩. 农业面源污染的环境库兹涅茨曲线验证: 基于江苏省时序数据的分析 [J]. 中国农村经济, 2009(4): 48—54.
- [9] 刘洪彬, 王秋兵. 大城市郊区典型区域农户土地利用行为演变规律研究——基于沈阳市苏家屯区 1983—2010 年时间序列数据的实证分析 [J]. 农业现代化研究, 2014, 35(1): 83—87.
- [10] NUNEZ J, MCCANN L. Crop Farmers' Willingness to Use Manure [C]. Denver: General Information, 2004.
- [11] 彭海英, 史正涛, 刘新有, 等. 农作物种植结构与农民收入及其对环境影响的分析 [J]. 环境科学与管理, 2008, 33(2): 44—48.
- [12] 张卫峰, 季玥秀, 马 骥, 等. 中国化肥消费需求影响因素及走势分析II: 种植结构 [J]. 资源科学, 2008, 30(1): 31—36.
- [13] 高祥照, 马常宝. 测土配方施肥技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [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.
- [15] 侯玲玲, 孙 倩, 穆月英. 农业补贴政策对农业面源污染的影响分析——从化肥需求的视角 [J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(4): 173—178.
- [16] 张福锁, 江荣风, 陈 清, 等. 我国肥料产业与科学施肥战略研究报告 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
- [17] HUANG J K, HU R F, CAO J M, et al. Training Programs and in-the-Field Guidance to Reduce China's Over Use Of-fertilizer Without Hurting Profitability [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 63(5): 165—167.
- [18] 朱兆良, NORSE D, 孙 波. 中国农业面源污染控制对策 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [19] 高春雨. 县域农田 N_2O 排放量估算及其减排碳贸易案例研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [20] 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, 28(11): 1891—1902.
- [21] 刘 渝. 农户科学施肥影响因素的实证分析——以湖北江汉平原为例 [J]. 科技与管理, 2011, 13(2): 47—49.
- [22] 徐卫涛, 张俊飏, 李树明, 等. 循环农业中的农户减量化投入行为分析——基于晋、鲁、鄂三省的化肥投入调查 [J]. 资源科学, 2010, 32(12): 2407—2412.
- [23] 杨增旭, 韩洪云. 化肥施用效率及影响因素基于小麦和玉米的实证分析 [J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 140—147.
- [24] 李太平, 张 锋, 胡 浩. 中国化肥面源污染 EKC 验证及其驱动因素 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(11): 118—123.
- [25] 颜 璐, 马惠兰. 棉农化肥施用技术效率及影响因子分析——基于莎车县农户调查数据的实证研究 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2014, 40(2): 203—209.
- [26] 马 骥. 农户粮食作物化肥施用量及其影响因素分析: 以华北平原为例 [J]. 农业技术经济, 2006(6): 36—42.
- [27] 张忠明, 钱文荣. 农户土地经营规模与粮食生产效率关系实证研究 [J]. 中国土地科学, 2010, 24(8): 52—58.
- [28] 梁流涛, 冯淑怡, 曲福田. 农业面源污染形成机制: 理论与实证 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(4): 74—80.

- [29] 杨曙辉, 宋天庆, 欧阳作富, 等. 我国农产品食品质量安全问题: 特点、症结及对策 [J]. 农业现代化研究, 2013, 34(3): 293—297.
- [30] 曹建民, 胡瑞法, 黄季焜. 农民参与科学研究的意愿及其决定因素 [J]. 中国农村经济, 2005(10): 28—35.
- [31] 仇焕广, 张世煌, 杨 军, 等. 中国玉米产业的发展趋势面临的挑战与政策建议 [J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(1): 20—24.
- [32] BATTESE G E, COELLI T J. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Production Frontier for Panel Data [J]. Empirical Economics, 1995, 20(2): 325—332.

Empirical Analysis of Farmers' Cognition of the Harmfulness of Excessive Fertilizer and Their Circumvention Willingness ——A Case Study of Fuling Mustard Tuber Planting

XIAO Xin-cheng^{1,2}, XIE De-ti¹

1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. School of Economics and Management, Yichun University, Yichun Jiangxi 336000, China

Abstract: Based on the field survey data from the major mustard tuber planting areas in Fuling of Chongqing, and by using stochastic frontier production function and bivariate probit model, this paper estimated farmers excessive fertilization level and the chemical fertilizer application efficiency and analyzed the influence factors of excessive fertilization hazard recognition and circumvention willingness. The results showed that the efficiency of the farmers' use of fertilizer in the main mustard tuber planting areas was 0.571; 42.9% fertilizer cannot be utilized and absorbed by the crops; the average excessive fertilizer comes to 174.15 kg/hm². The farmers' cognition of the harmfulness of overuse of fertilizer can be influenced by their education level, years of being engaged in agriculture, technical training of fertilizer use and their concurrent business. The farmers' circumvention willingness can be mainly influenced by their education level, years of being engaged in agriculture, agricultural technical training, concurrent business, the family labor force, the use of organic fertilizer and the quality, type and fragmentation of the land. In the end, on the basis of empirical analysis in the study a number of counter-measures (e.g. enhancing the farmers' education level and their awareness of environmental protection, improving their land scaled management, increasing their agricultural production technology training and transforming the patterns of agricultural production) were proposed to increase the efficient use of the chemical fertilizer and reduce the possibility of agricultural non-point pollution.

Key words: overuse of fertilizer; cognition of the harmfulness; evasion willingness; mustard planting; bivariate probit model

责任编辑 陈绍兰

实习编辑 包 颖

