化肥减量替代：农户的策略选择及影响因素

黄炎忠[a,b]，罗小锋[a,b]

（华中农业大学 a. 经济管理学院；b. 湖北农村发展研究中心，湖北 武汉 430070）

摘　要：基于湖北省试点县 372 份果菜茶种植户样本数据，运用加权频数法和 Heckman 两阶段模型探讨农户化肥减量替代技术策略选择偏好优先序及参与程度的影响因素。研究发现：农户在蔬菜、柑橘和茶叶生产过程中的化肥投入量较大，目前化肥减量替代比例依次达到 21.54%、22.93% 和 20.90%，低于农户的平均减量替代意愿比例 28.11%；农户化肥减量替代的策略选择偏好优先序依次为有机肥替代、测土配方肥、深施技术、种—养模式、水肥一体化，其中有机肥替代和测土配方肥的采纳意愿达 92.78% 和 83.42%；影响农户不同化肥减量替代技术采纳的因素存在一定差异，但进一步影响农户化肥减量替代程度的因素主要有户主年龄、农业劳动力、经济效益认知、技术采纳成本、农产品价格和政府补贴，完善的市场环境是进一步实现我国化肥使用量“负增长”目标的关键。

关键词：化肥施用；减量替代；绿色生产；农户行为；技术偏好

中图分类号：F323.22　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672－0202(2020)01－0077－11

化肥在提高粮食单产和保障国家粮食安全方面发挥了巨大作用，然而长期大量低效使用化肥也带来了农业面源污染、土壤生态系统功能退化、农业生产投入增加等一系列负面影响。为了转变农业生产方式、推进农业供给侧改革、实现农业的绿色可持续发展，2015 年农业部出台《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》，开展农业化肥的减量增效行动。数据显示，2017 年我国农用化肥施用量较 2015 年下降 2.71%，且主要粮食作物化肥利用效率提升近 4%，也即我国科学施肥工作取得了积极进展，化肥使用量零增长的目标提前实现[1]。然而，目前我国化肥零增长目标虽然达成，增长速率得到控制，但总量基数却依然很高。我国化肥施用总量高达 5859.41 万吨，单位耕地面积施用量为 434.46 千克/公顷，远高于国际公认的施肥上限 225 千克/公顷。2019 年中央一号文件中强调要继续“开展农业节肥行动，实现化肥使用量负增长”。因此，如何有效实现化肥减量替代依然是政府部门和学术界需要关注的重点和难点问题。

目前学者们基于宏微观不同视角围绕我国化肥减量替代的潜力、存在的问题及其影响因素展开探讨。首先，在我国化肥的减量替代潜力测算方面，无论是基于作物吸收的实际有效养分、土壤承载能力等自然科学视角测算[2]，还是基于边际成本收益的经济科学视角测算[3]，化肥减量替代的潜力都较大。张军伟等[4]研究表明，我国氮肥利用效率为 30% ~40%，磷肥为 10% ~20%，钾肥为 35% ~50%；纪月清等[5]利用投入产出比的方法测算发现，化肥投入对我国小麦、水稻和玉米三大粮食作物产量的影响弹性系数仅在 0.10 ~0.13 之间。其次，在农户化肥减量替代的意愿与行为研究方面，农户的化肥减量替代意愿较高[6]77，但实际生产过程中化肥施用量过高与利用率偏低的问题却又普遍存在[7]32，农户的化肥减量替代出现意愿与行为悖离现象[8]645，其化肥减量的主动积

收稿日期：2019－06－24　　**DOI：**10.7671/j.issn.1672－0202.2020.01.008

基金项目：国家社会科学基金重点项目(15AZD071)；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2662018YJ001)

作者简介：黄炎忠(1992—)，男，湖北咸宁人，华中农业大学经济管理学院博士研究生，主要研究方向为农业资源与环境经济。E-mail：huangyanzhong_hzau@163.com

极性明显不足[9]。田云等[10]61研究发现,有28.17%的农户选择高于标准施用化肥;仇焕广等[11]研究发现,玉米种植农户化肥过量施用量达156千克/公顷,占总施用量的38.5%;张复宏等[12]117发现,山东省苹果种植户的亩均施肥量有待降低的幅度在14%以上。最后,农户的化肥减量替代行为也受到诸多内外在因素的影响[13]2402。内在因素主要包括农户的个人和家庭特征[14]、农户认知等[15];外在因素主要包括农业生产的市场环境与政策环境等,涉及化肥市场[16]86、绿色农产品市场[17]33等产品和要素市场环境,以及农业技术推广[18]58和化肥减量替代的资金、配套设施、技术、销售政策等政策环境[6]84。

以上成果对深入农户的化肥减量替代行为研究具有重要的理论借鉴价值,但仍存在一些可以扩展的空间:第一,在研究作物选择方面,现有文献对于化肥投入的研究大多聚焦于水稻、小麦和玉米等大田粮食作物,对于经济作物的化肥使用情况关注不多[19]。然而蔬菜、水果和茶叶等附加价值较高的经济作物相较大田作物而言过度施肥的情况更加严重①,且目前化肥减量替代试点工作也主要针对果、菜、茶三大经济作物展开。第二,在农户的化肥减量替代策略研究方面,由《到2020年化肥使用量零增长行动方案》可知,"精、调、改、替"②都是农户进行化肥减量替代的策略选择,但目前学者仅从有机肥和测土配方肥的技术采纳角度展开讨论[8,20],对于农户化肥减量替代的策略选择偏好研究还有待补充。第三,对农户化肥减量替代行为的研究深度不够。目前文献充分探讨了农户化肥减量替代技术的采纳行为决策问题,但关于农户化肥减量替代程度的研究明显不足。在我国化肥使用量由零增长向"负增长"目标转变的现实背景下,对于如何促进农户更深层次的化肥减量替代将至关重要。

因此,本文将基于湖北省试点县372份果菜茶农户调研数据,完成以下两个方面的内容:一是了解经济作物种植户的化肥减量替代现状,测定其化肥减量替代的策略选择偏好;二是基于Heckman两阶段模型探讨农户化肥减量替代技术采纳及其减量替代参与程度的影响因素,以期对现有的文献进行补充和完善。

一、农户化肥减量替代策略的调研数据和研究方法

(一)数据来源

本研究数据主要来源于2017年7—8月课题组成员于湖北省宜昌市秭归县、当阳市2个试点县7个乡镇18个村庄走访的农户实地调研③。样本农户的选取主要以随机取样的原则,从2个试点县中依次抽取3~4个乡镇,再从每个乡镇抽取2~3个村庄展开调研工作。调研问卷内容主要围绕农户农业生产过程中的平衡施肥和化肥减量替代行为展开,包含农户的农业生产条件、生态认知、施肥用量与方式、化肥减量替代现状及其政策感知等。调研方式主要以培训后的研究生与农户进行面对面访谈并填制问卷的形式展开。在对收集的问卷进行后期整理后,最终保留372份种植户有效问卷,其中茶叶154份、柑橘149份、蔬菜69份。

如表1所示,样本农户主要呈现出以下特征:第一,农户平均年龄为50.52岁,其中55岁以下占比60.48%,受教育平均年限为8.27年,初中及以下占比79.04%,样本特征较为符合我国农业生产者的基本情况。第二,样本农户的施肥量判断方式受生产习惯的影响较大,90.86%的农户是

① 《农业部关于实施农业绿色发展五大行动的通知》等文件中都有明确提及。

② 依次代表精准施肥、调整施肥结构、改变施肥方式、有机肥替代。

③ 《关于做好2017年果菜茶有机肥替代化肥试点工作的通知》,7个样本乡镇依次为秭归县的茅坪镇、郭家坝镇,当阳市的半月镇、玉泉街道、河溶镇、庙前镇、坝陵街道。

根据自身经验判断化肥的施用量,仅 2.96% 的农户按照施用说明标准施肥,6.19% 的农户参考周边农户和经销商的建议施肥,而且有 76.61% 的样本农户认为自己目前的施肥方式是合理的。第三,农户的化肥减量替代意愿较为强烈,60.75% 的样本农户具有积极主动的化肥减量替代意愿,仍有 23.92% 的农户对化肥减量替代持观望的态度。由此可见,目前果菜茶农户的化肥减量替代潜力仍然较大。

表 1　样本农户的基本统计特征

农户特征	分类	频数	百分比/%	农户特征	分类	频数	百分比/%
年龄	25 ~ 40 岁	51	13.71	施肥依据	使用说明	11	2.96
	41 ~ 55 岁	174	46.77		自身经验	338	90.86
	56 ~ 70 岁	141	37.90		周边农户	12	3.23
	71 岁以上	6	1.61		农资经销商	11	2.96
教育程度	文盲	10	2.69	施肥合理	非常不合理	1	0.27
	小学	126	34.68	性认知	不太合理	22	5.91
	初中	155	41.67		一般	64	17.20
	高中	54	14.52		比较合理	271	72.85
	大专以上	24	6.45		非常合理	14	3.76
家庭收入	≤4 万	144	38.71	化肥减量	不愿参与	8	2.15
	4 ~ 8 万	151	41.40	替代意愿	被动参与	49	13.17
	8 ~ 12 万	38	10.22		主被动间	89	23.92
	>12 万	36	9.68		积极参与	226	60.75

(二)研究方法

1. 加权频数法

本研究将参照《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》的“精、调、改、替”原则,将农户常用的化肥减量替代策略设定为:有机肥替代、测土配方肥、种—养模式、水肥一体化、深施技术 5 种,并让每个农户对这 5 种策略进行需求程度排序,最终由每种策略各位次的累积量测算需求程度的综合得分,方法如下:

$$Z_k = \sum_{n=1}^{N} w_n R_n \tag{1}$$

式中 Z_k 表示第 k 种策略的需求综合得分,R_n 和 w_n 分别为该策略需求排第 n 位次的累积频数和相应的权重,为了避免个人主观赋权带来的误差,本文将采用等距赋权的方法,也即 $w_n = (6-n)/5$,通过 Z_k 的降序排列便可判定农户的化肥减量替代策略选择偏好优先序。

2. Heckman 两阶段模型

“农户化肥减量替代行为”与“农户化肥减量替代程度”是两种不同却又紧密相连的行为,农户具有化肥减量替代行为的情况下才会出现不同程度的化肥减量替代。因此,本文选取 Heckman 两阶段模型来拟合农户的两步行为合并决策问题。首先,第一阶段构建农户的化肥减量替代行为决策模型,并利用全样本农户数据进行二元 Logit 回归估计:

$$\text{Logit}(Y_1) = \log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{I} \beta_i X_i + \varepsilon_1 \tag{2}$$

式中 P 表示农户愿意参与化肥减量替代的概率,Y_1 表示农户的化肥减量替代行为决策,X_i 为影响农户参与化肥减量替代的影响因素,β_i 为待估系数。在进一步估计农户参与化肥减量替代程度过程中,考虑到样本的选择性偏误问题,需要在第一阶段选择方程估计中得到逆米尔斯比率 λ,由正

态分布的密度函数和累计分布函数相除得到:

$$\lambda = \phi(\hat{\alpha}X_i)/\varphi(\hat{\alpha}X_i) \tag{3}$$

然后将 λ 作为自变量代入农户第二阶段的化肥减量替代参与程度模型,利用 OLS 估计农户化肥减量替代程度(百分比)的影响因素:

$$Y_2 = \beta_0 + \sum_{j=1}^{J}\beta_j X_j + \beta\lambda + \varepsilon_2 \tag{4}$$

本文将从以下两个方面来保障模型运用的合理性:第一,在农户参与化肥减量替代行为与程度的不同阶段模型回归中,尽可能识别出显著影响农户参与决策却不影响农户参与程度的变量;第二,在第二阶段回归中引入 λ,修正样本选择性偏误问题,若回归结果中 $\lambda \neq 0$ 且统计显著,说明样本选择性偏误确实存在,Heckman 两阶段模型估计结果有效。

(三)变量选取

1. 被解释变量

Heckman 两阶段模型估计时,第一阶段回归估计的因变量为农户"化肥减量替代行为",定义 $Y_1 = 1$ 表示农户进行化肥减量替代,$Y_1 = 0$ 表示农户未进行化肥减量替代;第二阶段回归估计的因变量 Y_2 设定为农户"化肥减量替代程度",以化肥减量替代的比例测度。

2. 解释变量

农户的化肥减量替代是典型的绿色农业生产行为,具有市场正外部性和绿色农产品溢价等特征[12]180。因此,本文将借鉴相关学者已有的研究成果,从农户特征、农户认知、市场环境、政策环境和其他控制变量 5 个方面选取指标[17]36,构建农户化肥减量替代影响因素模型。相关指标的选取依据和说明如下(详见表 2):

(1)农户特征因素。包含农户的个人特征和家庭特征两类变量,个人特征选取户主年龄、受教育程度和政治身份 3 个指标[10]64,家庭特征选取生产规模、家庭收入水平、农业劳动力 3 个指标[13]2407。化肥减量替代是国家积极倡导推行的一种新兴技术,户主是我国农业生产经营的主要决策主体,其年龄和受教育程度对于农业生产行为决策影响较大,而政治身份往往会增强农户对化肥减量替代政策的响应度。生产规模的扩张会增加农户化肥减量替代的风险;家庭收入水平越高,农业生产投资的资本约束越小,这有可能增加农户的化肥生产投入。同时农业劳动力的多寡也会影响农户化肥减量替代的策略选择。

(2)农户认知因素。化肥减量替代是典型的绿色生产技术,存在显著的生态、经济与社会价值[7]31。因此选取化肥减量替代的生态保护认知、经济效益认知和社会效益认知 3 个变量。化肥减量替代不仅可以改善化肥过量使用带来的环境污染问题,还能节约农业生产成本,实现农户私人效益与社会效益的优化,因此可以认为农户对化肥减量替代技术的生态、经济与社会价值感知越高,其采纳该技术的可能性越大[8]644。

(3)市场环境因素。包含生产要素市场与农产品市场两个方面[8]648,要素市场主要涉及农户在进行化肥减量替代的农业生产调整时,可能增加的成本投入,例如商品有机肥、水肥一体化设备等的采购成本。农产品市场环境主要指以这种绿色生产方式生产的农产品,是否能得到市场的认可,从而促进农户的绿色生产积极性。

(4)政策环境因素。选取技术培训、政策宣传力度、政策资金补贴 3 个指标[18]62。政府部门开展的技术宣传与培训及其制度设计对农户生产行为具有较大的引导与约束作用。化肥减量替代政策的宣传能传达国家政策的发展方向与指引方针,从而激发农户的价值认同,技术培训能降低农户生产调整的技术风险,政策资金补贴则能减小农户的资金约束,降低农户的成本投入。

(5)其他控制变量。此外,合作组织对农户化肥减量替代行为的影响也得到田云等[10]70学者的证实。同时,为了控制区域经济、社会、文化等其他因素带来的干扰,选取地区变量加以控制。作物间的施肥方式也存在较大差异,故选取作物品种作为控制变量。

表 2　模型中变量的定义与赋值

	变量名称	定义与赋值说明	均值	方差
因变量	有机肥替代	1 = 采纳该策略进行化肥减量替代;0 = 未采纳	0.658	0.475
	测土配方肥	1 = 采纳该策略进行化肥减量替代;0 = 未采纳	0.115	0.318
	种—养模式	1 = 采纳该策略进行化肥减量替代;0 = 未采纳	0.251	0.434
	水肥一体化	1 = 采纳该策略进行化肥减量替代;0 = 未采纳	0.054	0.221
	深施技术	1 = 采纳该策略进行化肥减量替代;0 = 未采纳	0.508	0.383
	化肥减量替代程度	进行化肥减量替代的比例/%	0.214	0.249
农户特征	户主年龄	户主实际年龄/岁	50.518	8.614
	受教育程度	受教育的年限/年	8.273	3.210
	政治身份	是否为国家公职干部:1 = 是;0 = 否	0.095	0.293
	生产规模	经济作物种植总面积/亩	5.048	4.964
	家庭收入水平	2016 年家庭总收入/万元	7.204	4.244
	农业劳动力	家庭内部从事农业生产的劳动力数量/人	1.987	0.700
农户认知	生态保护认知	施用化肥对环境和土壤的影响:1 = 非常小;2 = 比较小;3 = 一般;4 = 比较大;5 = 非常大	3.889	1.117
	经济效益认知	化肥减量替代能带来经济收益:1 = 完全不同意;2 = 比较不同意;3 = 一般;4 = 比较同意;5 = 非常同意	3.873	1.078
	社会效益认知	化肥减量替代有利于农业可持续发展:1 = 完全不同意;2 = 比较不同意;3 = 一般;4 = 比较同意;5 = 非常同意	4.073	0.967
市场环境	技术采纳成本	化肥减量替代会增加成本投入:1 = 完全不同意;2 = 比较不同意;3 = 一般;4 = 比较同意;5 = 非常同意	3.378	1.168
	农产品价格	农产品(果/菜/茶)出售的市场价格/(元/斤)	3.141	6.049
	技术培训	是否参与过化肥减量替代相关技术培训:1 = 是;0 = 否	0.597	0.491
政策环境	政策宣传力度	政府部门对化肥减量替代政策的宣传力度:1 = 非常小;2 = 比较小;3 = 一般;4 = 比较大;5 = 非常大	2.860	1.158
	政府资金补贴	化肥减量替代资金补贴力度:1 = 非常小;2 = 比较小;3 = 一般;4 = 比较大;5 = 非常大	4.243	0.949
控制变量	合作组织	参与农民专业合作社:1 = 是;0 = 否	0.297	0.514
	地理区域	1 = 秭归;2 = 当阳	1.414	0.493
	作物品种	1 = 柑橘;2 = 茶叶;3 = 蔬菜	1.784	0.738

二、农户的化肥减量替代技术选择

(一)农户的化肥投入与减量替代现状

通过统计样本农户目前生产过程中氮、磷、钾、复合肥 4 种化肥的平均投入量结果发现(表 3):一是蔬菜、柑橘和茶叶 3 种经济作物的单位化肥投入量都较大,其中蔬菜种植过程中年每亩的化肥投入最多,其次为柑橘和茶叶,其主要原因是蔬菜种植的密度大、生产周期短、肥料流失率较高等;二是农户对复合肥的施用偏好明显要比氮、磷、钾肥高,复合肥成分中同时含有氮、磷和钾 3 种元素,能够在施肥过程中节省大量劳动力;三是对样本中 218 个已经进行化肥减量替代的种

植户进行深入调查[①],发现目前蔬菜、柑橘和茶叶农户的化肥减量替代比例依次达到21.54%、22.93%和20.90%,同时农户的减量替代意愿平均比例为28.11%,农户化肥投入的减量替代潜力依然存在。

表3 农户化肥投入与减量替代现状

作物	目前化肥投入量/(千克/亩·年)				减量替代的比例/%	
	氮肥	磷肥	钾肥	复合肥	实际值	意愿值
蔬菜	103.22	58.61	63.32	193.56	21.54	27.05
柑橘	58.59	50.43	37.18	151.47	22.93	28.34
茶叶	75.69	48.33	51.35	79.24	20.90	28.94

(二)农户的化肥减量替代技术选择偏好

为了进一步探究什么样的化肥减量替代策略更容易被农户所接受,本研究对农户有机肥替代、测土配方肥、种—养模式、水肥一体化和深施技术5种化肥减量替代策略的技术知晓率、采纳意愿与行为及其需求偏好进行了调查(表4)。结果显示:第一,农户对化肥减量替代策略的了解并不全面,有机肥替代和深施技术最为农户所熟悉,但知道水肥一体化等新技术的农户并不多。目前农户进行化肥减量替代的主要方法是施用有机肥,果菜茶种植户对水肥一体化和测土配方肥技术的采纳率普遍较低。第二,农户化肥减量替代的策略选择偏好优先序依次为有机肥替代、测土配方肥、深施技术、种—养模式、水肥一体化,其中有机肥替代和测土配方肥的愿意采纳率达92.78%和83.42%,也即未来在进一步推进农户化肥减量替代的行动中,有机肥替代、测土配方肥和深施技术将是重要的政策抓手。

表4 农户化肥减量替代的策略选择

技术	技术知晓率/%	实际采纳率/%	愿意采纳率/%	综合得分	偏好优先序
有机肥替代	98.93	65.78	92.78	312.4	1
测土配方肥	53.48	11.50	83.42	286.4	2
种—养模式	71.12	25.13	62.03	199.2	4
水肥一体化	32.89	5.35	67.38	196.2	5
深施技术	83.74	40.84	62.30	268.8	3

注:"综合得分"通过式(1)计算得到。

三、农户化肥减量替代行为的影响因素

(一)农户化肥减量替代技术选择的影响因素

将上述定义的相关变量代入模型(2)以探讨影响农户化肥减量替代策略选择的因素。首先对模型中的变量进行共线性检验,由方差膨胀因子值来排除模型变量间可能存在的严重共线性问题,并采用Logistic稳健估计法对模型的系数进行估计,以避免由于模型遗漏重要变量或样本异常值带来的异方差问题。依次对样本农户5种化肥减量替代策略采纳行为的影响因素进行回归(表5),由各模型回归结果的整体检验Wald值来看,模型系数的估计结果较为可靠。

① 采用回溯原则,即让农户估计在未采用化肥减量替代措施的情况下,其化肥投入量将增加多少千克,以此来测算农户的减量替代比例。同时,让农户回答愿意减量替代的最大比例,测算农户的减量替代意愿值。

表 5　农户化肥减量替代技术采纳的影响因素回归结果

变量	有机肥替代		测土配方肥		种—养模式		水肥一体化		深施技术	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
户主年龄	-0.028	0.017	-0.016	0.021	0.021	0.018	-0.058	0.033	-0.071***	0.022
受教育程度	-0.024	0.042	-0.030	0.061	0.037	0.046	-0.172	0.131	-0.145	0.063
政治身份	0.854*	0.458	0.591**	0.227	0.062	0.450	-1.518	0.769	0.006	0.684
生产规模	0.002	0.014	0.017	0.013	-0.002	0.015	0.021	0.016	0.005	0.016
家庭收入水平	-0.020*	0.011	0.015	0.010	0.008	0.010	0.023*	0.012	0.004	0.014
农业劳动力	0.266	0.203	0.480	0.327	0.454	0.178	0.824	0.324	0.456**	0.201
生态保护认知	0.139**	0.057	0.210	0.201	-0.036	0.139	-0.061	0.294	0.019	0.186
经济效益认知	0.186	0.117	-0.014	0.188	-0.108	0.128	0.875***	0.227	0.053	0.179
社会效益认知	0.041	0.152	-0.276	0.261	-0.030	0.172	0.303	0.548	0.316	0.226
技术采纳成本	-0.330***	0.090	-0.086*	0.048	0.138	0.116	0.056	0.233	-0.428***	0.118
农产品价格	0.022**	0.010	0.027	0.022	0.018	0.021	0.061***	0.014	-0.044	0.033
技术培训	0.192	0.271	0.743	0.513	0.589*	0.301	2.079	1.593	-0.056	0.410
政策宣传	0.215*	0.114	0.191	0.189	0.136	0.134	0.717	0.384	-0.022	0.169
政府补贴	0.016	0.147	0.190*	0.103	-0.214	0.154	0.546**	0.162	0.049	0.191
合作组织	-0.137	0.252	0.491*	0.228	0.232	0.257	0.191	0.354	-0.235	0.282
地理区域	0.935	0.879	0.385	0.386	0.595**	0.252	0.155	0.590	1.549***	0.301
作物品种	0.120	0.176	-0.113	0.250	0.310*	0.182	-0.161	0.336	0.775**	0.213
常数	-0.513	1.362	-2.492	1.663	-4.760	1.637	-7.797	2.762	-1.589	1.932
模型检验	Pseudo R^2 = 0.129		Pseudo R^2 = 0.132		Pseudo R^2 = 0.091		Pseudo R^2 = 0.393		Pseudo R^2 = 0.260	
	Wald Chi^2 = 55.241***		Wald Chi^2 = 44.474***		Wald Chi^2 = 36.714***		Wald Chi^2 = 31.439***		Wald Chi^2 = 66.747***	

注:*、**和***分别代表回归系数通过 10%、5%和 1%的显著性水平检验,下同。

1. 农户特征对化肥减量替代技术采纳的影响

户主年龄对农户深施技术采纳的影响通过了 1%的显著性水平检验,且方向为负。对于年龄较大的农户而言,体力因素会随着年龄的增加而下降,化肥深施过于“麻烦”,撒播施肥方式更加便利。政治身份对农户有机肥替代和测土配方肥技术采纳的影响依次通过了 10%和 5%的显著性水平检验,方向为正,也即具有国家公职干部身份的农户采纳有机肥替代和测土配方肥技术的概率会更大。2005 年的测土配方肥行动和 2017 年的有机肥替代化肥行动①都是政府大力推行的重点项目,具有政治身份农户的政策认同与响应度往往较高。家庭收入水平对农户有机肥替代和水肥一体化技术采纳均通过了 10%的显著性水平检验。农户家庭收入增加使农业生产投入的资金约束减弱,农户可能会偏向于选择资本密集型的化肥投入生产方式,从而降低有机肥替代的采纳概率。而水肥一体化技术体系的引进需要花费高额的技术设施成本,低收入的小农户根本不会采纳。农业劳动力对农户深施技术采纳通过了 5%的显著性水平检验,且方向为正。化肥深施技术主要有条沟状施肥和穴状施肥等方法,需要农户在施肥前后投入大量的劳动力进行挖沟穴和肥料掩埋工作,充足的劳动力是该技术采纳的基本保障。

2. 农户认知对化肥减量替代技术采纳的影响

生态保护认知对农户有机肥替代技术采纳通过了 5%的显著性水平检验,方向为正。有机肥

① 详见《全国测土配方施肥项目规划》和《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》。

替代化肥有两大显著效益,一是提升农产品品质,二是改善土壤质量。在土壤板结严重、肥力下降明显的当下环境,改善土壤质量甚至是农户选择施用有机肥的主要动力来源。经济效益认知对农户水肥一体化技术采纳通过1%的显著性水平检验,方向为正。从调研的实际情况来看,目前水肥一体化技术的推广并不顺利,技术的轻简适用度并不高,现主要以技术示范的形式存在,且经济效益的来源并不是由市场唯一决定,技术示范和实验的其他补贴收益也是农户采纳水肥一体化技术的主要原因之一。

3. 市场环境对农户化肥减量替代技术采纳的影响

技术采纳成本对农户有机肥替代、测土配方肥和深施技术的采纳依次通过了1%、10%和1%的显著性水平检验,且方向为负。从调研样本的统计情况来看,农户施用商品有机肥和测土配方肥的成本投入要比化肥高出50~200元/亩,再加上化肥市场的准入管制不规范,导致市场上流通的商品有机肥和测土配方肥没有形成统一的质量评价标准,致使有机肥和测土配方肥的推广应用受阻。而深施技术则因大量的劳动力成本投入阻碍了农户的技术采纳。农产品价格对农户有机肥替代和水肥一体化技术的采纳依次通过了5%和1%的显著性水平检验,方向为正。在土壤肥力提升方面,有机肥含有丰富的营养元素,测土配方肥则能"对症下药",两者都有助于植物的全面平衡生长,提高作物的营养成分含量和外观品质,进而大幅度提升产品市场价格,促进农户的技术采纳。

4. 政策环境对农户化肥减量替代技术采纳的影响

技术培训对农户种—养模式的采纳通过了10%的显著性水平检验,方向为正。随着我国种养功能区域的分离,农户也逐步形成专业种植大户和专业养殖大户的两种分工形态。样本农户反映,种植与养殖模式的结合尚存在一定的风险,一方面存在"两头忙"的效率损失,另一方面也可能会互相干扰,例如柑橘和茶园里面养鸡,对植物树干和树叶的损害极大。因此,相关技术模式需要专业的农业技术推广机构进行疏导与教学。政策宣传对农户有机肥替代技术采纳的影响通过了10%的显著性水平检验,方向为正。这与近几年政府推进的"化肥零增长""有机肥替代"行动有很大的关联。政府补贴对农户测土配方肥和水肥一体化技术采纳的影响依次通过了10%和5%的显著性水平检验,方向为正。可见,目前补贴也是促进农户采纳化肥减量替代技术的有效手段。

(二)农户化肥减量替代程度的影响因素

为了探讨以上变量如何影响农户的化肥减量替代程度,采用Heckman对农户样本进行回归分析(表6)。由于政府宣传的作用主要是传达政策含义,从而引导农户行为,可认为其主要影响农户的化肥减量替代行为决策而不是减量替代程度,因此在第二阶段回归中移除,从而满足Heckman二阶段回归对自变量选取的基本要求。回归结果中逆米尔斯比率系数通过5%的显著性水平检验,说明模型的样本选择性偏误问题确实存在,也即农户的化肥减量替代决策与减量替代程度两者间存在关联,Heckman两阶段回归方法运用的必要性得到验证。

农户化肥减量替代程度影响因素的回归结果显示,户主年龄、农业劳动力、经济效益认知、技术采纳成本和政府补贴变量通过10%的显著性水平检验,其中户主年龄和技术采纳成本影响为负;农产品价格变量通过5%的显著性水平检验,且方向为正。首先,户主年龄和家庭劳动力的数量会影响农户的减量替代程度,化肥减量替代绝非简单的减少化肥投入,减量困难的很大原因是农户关心产量,而减肥很可能减产,因此替代是目前最优的化肥减量路径选择。然而现有的替代策略中大多是劳动力密集型技术,例如有机肥替代,这显然与目前我国农业劳动力老龄化和城镇化发展的现实背景不符,从而阻碍化肥减量目标的实现。其次,经济效益认知、技术采纳成本和农产品价格影响农户的化肥减量替代程度,这3个指标均反映的是农户参与化肥减量替代的成

表 6　农户化肥减量替代程度影响因素回归结果

变量	第一阶段:行为决策		第二阶段:参与程度		Tobit 回归	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
户主年龄	-0.026*	0.015	-0.003*	0.002	-0.005*	0.003
受教育程度	0.030	0.039	0.006	0.005	0.010*	0.007
政治身份	1.019**	0.460	0.021	0.040	0.081	0.079
生产规模	0.002*	0.001	0.004	0.003	0.004	0.005
家庭收入水平	-0.014	0.013	-0.001	0.001	-0.003	0.003
农业劳动力	0.538***	0.190	0.040*	0.021	0.082**	0.032
生态保护认知	0.053**	0.023	0.013	0.012	0.017	0.021
经济效益认知	0.113*	0.082	0.008*	0.005	0.029*	0.021
社会效益认知	-0.054	0.149	-0.006	0.016	-0.007	0.026
技术采纳成本	-0.165	0.102	-0.027*	0.012	-0.042**	0.018
农产品价格	0.011*	0.008	0.021**	0.009	0.022***	0.004
技术培训	0.065	0.265	-0.006	0.028	0.002	0.049
政策宣传	0.182*	0.116			0.039*	0.021
政府补贴	0.009**	0.004	0.035*	0.019	0.034*	0.025
合作组织	-0.030	0.285	0.006	0.033	0.010	0.046
地理区域	0.861**	0.273	0.040	0.030	0.100**	0.048
作物品种	-0.176	0.170	-0.023	0.018	-0.043	0.040
常数	0.100	1.296	0.236	0.135	0.134	0.239
λ			-0.157**	0.069		

本收益情况。过高的技术采纳成本会抑制农户进一步采纳有机肥替代,同时农产品价格的上升则会促进农户的化肥减量替代参与程度。可见,要素市场和产品市场对农户减量替代程度的决定影响较大。追求市场利益是农户进行农业生产的根本目标,在绿色农产品市场需求不断增加的现实背景下,绿色农产品的市场力量将成为农户绿色生产方式转型的动力来源。最后,政府补贴也会进一步影响农户的化肥减量替代程度,政府补贴一方面可以降低农户的生产成本和化肥投入资金约束,另一方面则能完善绿色农产品市场不足,补偿化肥减量存在的环境正外部性,增加农户的经济收益。

(三)稳定性检验

为了验证样本回归结果的稳定性,本文将农户是否采纳化肥减量技术与减量替代程度的两步决策问题归并到一步,也即将未采纳化肥减量技术的样本设定为减量替代程度为 0。Tobit 模型也被称为受限因变量模型,适合处理样本选择与数据归并问题,可以被用作本文的稳定性检验。回归结果(表 6)显示,户主年龄、受教育程度、农业劳动力、经济效益认知、技术采纳成本、农产品价格和政府宣传与补贴变量均通过显著性检验,其影响方向与 Heckman 回归结果基本一致,因此可认为本文研究结果较为稳健。

四、结论与启示

本文基于湖北省试点县 372 份柑橘、蔬菜和茶叶种植户样本数据,探讨了农户化肥减量替代的策略选择,并揭示了影响农户化肥减量替代技术采纳及其参与程度的影响因素。主要得出以下结论:

蔬菜、柑橘和茶叶生产过程中化肥的投入量较大,其中蔬菜投入最多,且农户对复合肥的施用偏好明显要比氮、磷、钾肥高。目前蔬菜、柑橘和茶叶种植户的化肥减量替代比例依次达到21.54%、22.93%和20.90%,同时农户的减量替代意愿平均比例为28.11%,其化肥投入的减量替代潜力依然存在。

农户化肥减量替代的技术策略选择偏好优先序依次为有机肥替代、测土配方肥、深施技术、种—养模式、水肥一体化,其中有机肥替代和测土配方肥的采纳意愿达92.78%和83.42%,但同时农户对化肥减量替代技术的了解并不全面,有机肥替代和深施技术最为农户所熟悉,而知道水肥一体化等技术的农户并不多。

农户特征、农户认知、市场环境和政策环境对农户不同化肥减量替代技术采纳行为的影响存在一定差异,但进一步影响农户化肥减量替代程度的因素主要有户主年龄、农业劳动力、经济效益认知、技术采纳成本、农产品价格和政府补贴,完善的市场环境是进一步实现我国化肥减量增效目标的关键。

因此,要推动农户的化肥减量替代技术的采纳与实施,首先,要明确我国经济作物的化肥减量目标。相对于大田作物而言,蔬菜和水果的用肥量极大,特别是设施蔬菜。经济作物追求的"短、频、快"产出模式,使得单位面积的化肥投入量更大,其化肥减量的潜力也就相应更高,这也使得经济作物的化肥减量成为我国化肥减量增效工作的重点对象。其次,要加强化肥减量替代技术模式的推广应用,满足农户的生产技术需求,不同减量替代策略的目标服务群体、政策指向要有所侧重。农户偏好有机肥和测土配方肥策略,但使用测土配方肥的农户依然不多,且受以往生产习惯的影响较大,对减量替代新技术的了解不够,因此加强减量替代技术模式的推广示范十分必要。同时要为化肥减量替代提供社会化服务组织或加强技术创新,以减少化肥减量替代技术的劳动力依赖,并优化减量替代技术属性。最后,要完善绿色生产要素与农产品的市场环境,规范有机肥与测土配方肥的供给市场,严格控制其价格与品质标准。同时要加强绿色农产品供给市场的管制,避免出现柠檬市场效应,实现绿色农产品的优质优价原则,发挥市场的引导作用,在绿色农产品溢价基础上,提升农户的经济效益,使化肥减量替代潜力增大。在此过程中,资金补贴无疑是对农户最好的政策引领。

参考文献:

[1]金书秦,张惠,付饶,等. 化肥零增长行动实施状况中期评估[J]. 环境保护,2019(2):39-43.

[2]孔凡斌,郭巧苓,潘丹. 中国粮食作物的过量施肥程度评价及时空分异[J]. 经济地理, 2018(10):201-210.

[3]MA L, FENG S, Reidsma P, et al. Identifying entry points to improve fertilizer use efficiency in Taihu Basin, China [J]. Land Use Policy, 2014(2):52-59.

[4]张军伟,张锦华,吴方卫. 粮食生产中化肥投入的影响因素研究——基于 Durbin 模型的分析[J]. 经济地理, 2018(11):174-182.

[5]纪月清,张惠,陆五一,等. 差异化、信息不完全与农户化肥过量施用[J]. 农业技术经济, 2016(2):14-22.

[6]杨钰蓉,罗小锋. 减量替代政策对农户有机肥替代技术模式采纳的影响——基于湖北省茶叶种植户调查数据的实证分析[J]. 农业技术经济, 2018(10):77- 85.

[7]陈儒,姜志德. 农户对低碳农业技术的后续采用意愿分析[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2018 (2):31-43.

[8]黄炎忠,罗小锋,刘迪,等. 农户有机肥替代化肥技术采纳的影响因素——对高意愿低行为的现象解释[J]. 长江流域资源与环境, 2019(3):641-650.

[9]黎孔清,马豆豆. 生态脆弱区农户化肥减量投入行为及决策机制研究——以山西省4县421户农户为例[J].

南京农业大学学报(社会科学版), 2018(5):138 - 145.
[10]田云,张俊飚,何可,等. 农户农业低碳生产行为及其影响因素分析——以化肥施用和农药使用为例[J]. 中国农村观察, 2015(4):61 - 70.
[11]仇焕广,栾昊,李瑾,等. 风险规避对农户化肥过量施用行为的影响[J]. 中国农村经济, 2014(3):85 - 96.
[12]张复宏,宋晓丽,霍明. 果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为的影响因素分析——基于山东省 9 个县(区、市)苹果种植户的调查[J]. 中国农村观察, 2017(3):117 - 130.
[13]纪龙,徐春春,李凤博,等. 农地经营对水稻化肥减量投入的影响[J]. 资源科学,2018(12):2401 - 2413.
[14]郭清卉,李世平,李昊. 基于社会规范视角的农户化肥减量化措施采纳行为研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018(10):50 - 55.
[15]曹慧,赵凯. 农户化肥减量施用意向影响因素及其效应分解——基于 VBN-TPB 的实证分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(6):29 - 38.
[16]肖阳. 农业绿色发展背景下我国化肥减量增效研究[D]. 北京:中国农业科学院,2018.
[17]孙若梅. 绿色农业生产:化肥减量与有机肥替代进展评价[J]. 重庆社会科学,2019(6):33 - 43.
[18]杨万江,李琪. 稻农化肥减量施用行为的影响因素[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2017(3):58 - 66.
[19]唐艳. 有机认证制度下农户减量施肥意愿的影响因素分析——基于四川省 1061 户农民的调查[J]. 干旱区资源与环境,2019 (10):29 - 34.
[20]褚彩虹,冯淑怡,张蔚文. 农户采用环境友好型农业技术行为的实证分析——以有机肥与测土配方施肥技术为例[J]. 中国农村经济, 2012(3):68 - 77.

Reduction and Substitution of Fertilizers: Farmer's Technical Strategy Choice and Influencing Factors

HUANG Yan-zhong[a,b], LUO Xiao-feng[a,b]
(*a. College of Economics & Management; b. Hubei Rural Development Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070, *China*)

Abstract: Based on 372 sample data of Hubei Province, choice preference and influencing factors of farmers' alternative strategies for reduction and substitution of fertilizers were discussed by using weighted frequency method and Heckman two-stage model. Results show: Farmers put more chemical fertilizer into vegetables, citrus and tea plants. At present, the proportion of reducing and replacing fertilizer application amount reached 21.54%, 22.93% and 20.90%, which was 28.11% lower than farmers' willingness. The preferences for fertilizer reduction substitution strategies were organic fertilizer alternative, balance fertilization by soil testing, deep application technology, planting-breeding pattern and water-fertilizer integration. Among them, 92.78% and 83.42% farmers showed their willingness to adopt organic alternative and soil fertility index method respectively. There are different factors influencing farmers' strategy choice. Fertilizer reduction and substitution ratio will be affected by household's age, agricultural labor force, economic benefit awareness, technology adoption cost, price of agricultural products and government subsidies.

Key Words: fertilizer use; reduction and substitution; green production; farmers' behavior; technical preference