

养殖企业畜禽粪尿处理方式选择、影响因素与 适用政策工具分析

——以太湖流域上游为例

冯淑怡, 罗小娟, 张丽军, 石晓平

(南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要 利用从太湖流域上游 40 户养殖企业收集到的畜禽生产和粪尿排放、处置的数据, 运用 Probit 模型回归分析了影响养殖企业畜禽粪尿处理方式选择的因素。结果表明: 不同规模的养殖企业畜禽粪尿处理方式的选择有差异, 规模小的养殖场更倾向于采用出售方式处理畜禽粪便, 养殖规模大或者饲养牲畜的企业则更青睐采用沼气方式处理畜禽尿液; 贷款困难的养殖企业修建沼气池的可能性较小; 行政干预对引导畜禽养殖企业选择环境友好型的粪尿处理方式效果显著, 被要求整治或者搬迁的养殖场采用沼气处置畜禽粪尿的意愿更为强烈; 而宣传、培训等非行政干预又不具备激励性的手段对需要投入较大成本的畜禽粪尿处置技术的推广效果并不显著。从畜禽粪尿处置技术推广的对象、配套政策和推广手段 3 个方面提出推广防治畜禽粪尿污染的环境友好型技术的政策建议。

关键词 畜禽粪尿处理方式; 养殖规模; 养殖企业; 沼气技术; 太湖流域

中图分类号: X 713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2013)01-0012-07

农业生产中农药和化肥施用、畜禽粪尿排放以及农业废弃物处置等对农村土壤、水体、大气、生物及人类健康造成了综合复杂的影响, 由此造成的农业面源污染引起了学术界和政府部门的高度关注。《第一次全国污染源普查公报》表明, 农业面源污染是水环境污染的主要来源, 其 COD、TN 和 TP 排放量分别为 1 324.09 万 t, 270.46 万 t 和 28.47 万 t, 占有污染源排放总量的 43.7%, 57.2% 和 67.4%^[1]。农业面源污染物主要来自种植业、畜禽养殖和水产养殖 3 个部门。据该公报统计, 农业面源污染中有 95.78% 的 COD、37.89% 的 TN 和 56.34% 的 TP 来源于畜禽养殖中大量流失的畜禽粪尿。因此改进畜禽粪尿处理方式, 采用环境友好型的处理技术, 可以有效促进畜禽粪便资源化利用, 进而减缓农业面源污染, 改善生态环境。

纵观国内外相关文献, 学者研究的焦点主要集中在以下 3 个方面。第一, 宏观层面分析控制畜禽粪尿污染的政策工具。为了治理畜禽养殖污染, 推进

畜禽粪尿资源化(肥料化、饲料化和能源化)利用, 很多国家制定了控制畜禽污染的政策工具/组合, 可归纳为三类: 立法、财政支持和经济手段。日本、美国和英国是最早注重畜禽污染管理立法的国家。其中, 日本在 20 世纪 60 年代就先后制定了 7 部与畜禽粪便管理相关的法律法规^[2-3]。荷兰除了对畜禽粪便出口直接补贴外, 还由国家补贴建立粪肥加工厂, 实施粪丸的出口计划^[4]。经济杠杆手段在畜禽污染管理中也发挥着重要作用^[5-6], 例如, 法国根据养殖场大小和粪便排放质量建立了税收体系^[4]。第二, 畜禽粪尿资源化利用的技术研发。一直以来, 畜禽粪尿资源化利用的技术研发是畜禽粪尿处置研究领域的重要内容^[7-10]。其中, 通过沼气技术实现畜禽粪尿的能源化得到政府部门和学者的广泛关注。Nauyen 分析了越南河流沿岸畜禽粪污的处理情况, 结果显示沼气技术是众多污染控制技术中, 在经济和环境方面最有效的技术之一^[11]。Angeles 等与 Mikael 等分别在菲律宾和瑞典做了类似研究, 得出

收稿日期: 2012-04-01

基金项目: 国家自然科学基金项目“农村发展中生态环境管理研究”(70833001); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-10-0494、NCET-10-0474); 中央高校基本科研业务费“农户测土配方施肥技术选择及其经济和生态效应综合评价研究”(KYZ201167)、“农村自然资源持续利用的制度与政策研究”(KYJ200902)。

作者简介: 冯淑怡(1973-), 女, 教授, 博士; 研究方向: 资源与环境经济。E-mail: shuyifeng@njau.edu.cn

应用沼气处理畜禽粪尿是一种经济效益良好的措施^[12-13]。国内学者的相关研究也表明,沼气技术应用在畜禽养殖场能够得到较好的经济效益、环保效益以及温室气体的减排效益^[14-16]。第三,畜禽污染排放量的研究。目前,国内相关研究则较多关注了畜禽粪尿排污量的计算、预测以及污染负荷时空演变规律的分析^[17-20]。总之,国内外文献都很少从微观视角研究养殖主体对畜禽粪尿处理技术的选择行为,特别是较少关注相关政策工具对养殖主体畜禽粪尿处理技术选择的影响。然而,畜禽养殖主体是控制畜禽污染中关键的一环,本文将通过实证分析影响养殖企业选择畜禽粪便和畜禽尿液及冲洗水(以下简称“畜禽尿液”)处理方式的,评估政府现有政策促进养殖企业沼气技术采纳的效果,并在此基础上提出相应政策建议。

一、数据来源

目前,太湖农业面源污染问题受到广泛关注。江苏省无锡、常州和镇江三市不仅规模养殖比重较高,规模养殖水平全省领先,而且位于太湖流域的上游,其畜禽粪尿污染对太湖水质有直接影响,故被选作本文的研究区域。文章所用的数据来自 2008 年 7 月在无锡宜兴市、常州武进区和金坛市以及镇江丹阳市的实地调研。由于畜禽污染对于养殖企业来说比较敏感,调研比较困难,故最终选取了 40 户具有正式经营许可证的畜禽养殖企业样本。就畜禽养殖情况、规模、畜禽粪尿收集以及处理方式等进行了访谈。根据主要污染源不同,在不同地区的样本选择上有所偏重。养殖企业样本分布情况如表 1。

表 1 畜禽养殖企业/专业户样本分布情况

地区		猪	肉禽	蛋禽	奶牛	合计	
						数量	比重/%
无锡	宜兴市	8	1	1	0	10	25
	武进区	5	2	1	2	10	25
常州	金坛市	5	5	0	0	10	25
	丹阳市	2	6	2	0	10	25
合计	数量	20	14	4	2	40	100
	比重/%	50	35	10	5		100

二、畜禽粪尿处理方式选择的统计分析

畜禽养殖企业处理畜禽粪便和畜禽尿液一般会同时选择多种方式,而且处理畜禽粪便和畜禽尿液的方式选择上也存在差异。统计结果表明(见图 1(a)),

畜禽粪便的处理方式中出售处理方式的频率最高(29 户),其次是还田(18 户)和投入沼气池(8 户)。畜禽粪便出售的对象主要包括附近的农户、种植大户、水产养殖大户和中间商。还田主要指将畜禽粪便作为有机肥。统计还田时将畜禽粪便送人的部分也统计在内,原因是被送出的部分主要还是用于还田。投入沼气池是将畜禽粪用于沼气生产。此外,还有 2 种被采用频率较低的畜禽粪便处理方式:一是将畜禽粪用作自家鱼饲料或者蚯蚓饲料;二是成立商品有机肥生产公司,将畜禽粪便加工处理生产商品有机肥进行出售。例如常州立华畜禽有限公司和八达公司都选择自己配套相关的下属企业进行商品有机肥生产,这样不仅可以减轻企业处理畜禽粪便的压力,而且生产每吨商品有机肥还能够获得 200 元的政府补贴。调研样本中,只有 5% 的畜禽养殖企业会将畜禽粪便不经过任何处理就直接排入水体或者堆积在废弃地。

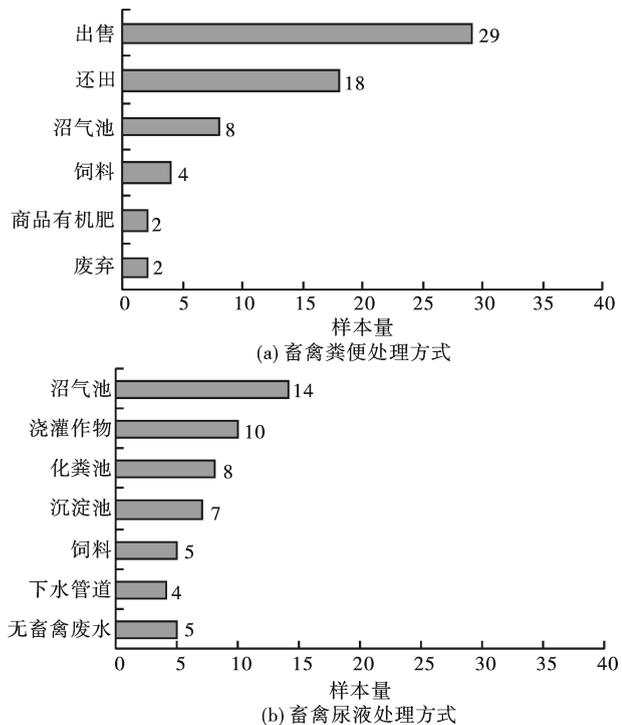


图 1 畜禽粪尿处理方式频率统计

畜禽尿液(主要包括畜禽尿液及冲洗水)的处理途径有 2 种:一是通过管道排入沼气池(14 户)、化粪池(8 户)或者沉淀池(7 户)等设施处理,二是直接排出养殖场,流入农田(10 户)或者鱼塘(5 户)(见图 1(b))。调研中还发现有 4 户养殖户的畜禽尿液是通过下水管道直接进入城镇污水处理系统。此外,5 个家禽养殖企业(主要是养鸡场)回答没有畜禽尿液及冲洗水的处理,原因是鸡的排泄物以干粪

为主,液态排泄物极少。

三、畜禽粪尿处理方式选择的影响因素分析

1. 方法与模型

由于养殖企业对畜禽粪便和畜禽尿液处理方式的选择不一样,文章对影响畜禽养殖企业选择粪便和废水处理方式的因 素分别进行了回归分析。限于调研样本量较小,在畜禽粪便处理方式选择模型中只选择出售和还田 2 种采用频率最高的处理方式,在畜禽尿液处理方式选择模型中则选择投入沼气池和浇灌作物两种采用频率最高的处理方式。40 个养殖企业样本中有 14 个建有沼气池,修建沼气池的主要目的是处理畜禽尿液,但有 8 个企业也会将部分畜禽粪便投入沼气池(其余部分作其他处理)。修建沼气池与其他畜禽粪尿处理方式最大的区别在于:一是修建沼气池需要初始投资较大;二是沼气池对畜禽粪尿中的营养物质具有更高的去除率,是相对更环保的粪尿处理方式。文章以是否选择某种粪尿处理方式为被解释变量,采用某种粪尿处理方式则取值为 1,若不采用则取值为 0,文章选用 Probit 二元选择模型分析影响畜禽养殖企业选择上述 4 种畜禽粪尿处理方式的影响因素。模型数学表达式为^[21]:

$$Y_i = Y_i^* = \beta_0 + X_i \beta_i + \mu \quad (1)$$

公式(1)中, Y_i^* 表示观测不到的潜变量,表示养殖企业对某种畜禽粪尿处理方式的偏好程度。当 $Y_i^* > 0$ 时, $Y_i = 1$,表示养殖企业会采用该项粪尿处理方式;当 $Y_i^* \leq 0$ 时,表示养殖企业不会采用该项粪尿处理方式。 X 为影响企业畜禽粪尿处理方式选择的各 种解释变量。此外,假定 μ 独立于解释变量,且呈标准正态分布。

2. 变量选取及研究假说

养殖企业选择畜禽粪尿处理方式属于技术选择行为,畜禽养殖企业会综合考虑目前可用的技术、投资成本、相关政策要求等因素做出符合其利益最大化的决策行为。国内外学者对微观主体技术选择行为的影响因素做了较全面的研究,影响因素主要有年龄、性别、知识水平、经营能力和经营规模等个体特征,以及技术价格、技术供给、信贷条件、政策、科研、推广和教育条件等外部环境^[22-28]。相关文献对畜禽粪尿处理方式选择的关注比较少,主要集中在沼气池在养殖场的应用^[29-30]。

(1)变量选取。畜禽粪尿处理方式选择影响因

素的选取主要从外因和内因两方面考虑,外因主要包括养殖企业的地理位置、目前太湖流域相关畜禽养殖污染整治政策和宣传;内因包括内在的经济和管理方面因素。根据无锡市农业面源污染治理工作报告,全面取消环太湖 1 km 核心区的畜禽养殖,对环太湖 5 km 太湖一级保护区的畜禽规模养殖进行全面检查,限期治理,达标排放^[31]。该规定的执行对养殖企业影响较大,因此养殖场距河流的距离、养殖场之前是否被要求搬迁或者整治和相关部门对畜禽粪尿处理技术宣传培训的次数等均会影响畜禽企业对畜禽粪尿处理方式的选择。此外,养殖场附近的作物种植情况也会影响畜禽粪尿的处理,见表 2。黄季焜、孔祥智等学者的研究表明,农户的经济状况,如收入状况和获得信贷的能力对农户接受新技术也有显著影响^[32-33]。畜禽粪尿处理方式的选择也与经济因素紧密相关,例如修建沼气池,需要较大的初始投资,而出售方式反而可以给企业带来利润。故文章选择贷款困难程度作为反映畜禽养殖企业经济状况的变量。问卷中的贷款包括向银行、信用社贷款或者亲戚朋友借款等形式。此外,养殖场面积和畜禽种类可以反映企业处理畜禽粪尿的压力,将其归纳为经济变量。为了分析区域间养殖企业在粪尿处理方式选择上是否存在差异,还设置了地区虚拟变量。

(2)研究假说。地理位置因素包括养殖企业离河流距离(1 表示小于 500 m;2 表示 500~1 000 m 之间;3 表示大于 1 000 m)以及养殖场附近耕地情况(1 表示有耕地;0 表示没有)和园地情况(1 表示有园地;0 表示没有)。考虑到前文所提及的太湖一级保护区内畜禽养殖整治规定,文章假设距离河流越近的养殖企业,选择沼气方式的可能性越大,而选择出售、还田或者浇灌作物的可能性越小。另外,固态畜禽粪便可以施用于蔬菜和果树等需肥量大的作物,但一般很少直接施用于大田作物,而畜禽尿液及冲洗水则可以浇灌农田和园地。因此,如果养殖场附近有耕地或者园地,该养殖场修建沼气池的可能性均比较小,见表 2。

经济因素包括养殖场面积、畜禽养殖种类和获得贷款的困难程度。养殖场面积与养殖规模有关,养殖场面积越大,能容纳畜禽规模越大,畜禽粪便处理难度越大,比较适合修建沼气池。因此假设养殖场面积越大,选择沼气池处理方式的可能性越大。畜禽种类用虚拟变量表示,粪便产生量大的畜类(例

如牛和猪)为 1,禽类为 0。因为畜类粪便量大且湿度较大,处理难度和成本会增加且不利于运输,故假设养畜企业采用沼气方式的可能性大,而养禽场选择出售或者还田等其他方式的可能性较大。此外,

修建沼气池需要较大的初始资本投入,如果贷款容易获得,则能够保证资金的来源。假设贷款的困难程度与沼气方式采用成负相关,与出售和还田呈正向关系。

表 2 变量说明、描述性统计以及预期影响

	变量说明		描述性统计		畜禽粪便处理		畜禽尿液处理	
	变量名称	变量定义	均值	标准差	出售	还田	沼气池	浇灌作物
地理位置	离河距离	1 表示 $x < 500$ m; 2 表示 $500 \text{ m} \leq x \leq 1\,000$ m; 3 表示 $x > 1\,000$ m	2.13	0.90	+	+	-	+
	附近耕地情况	1 表示有耕地;0 表示没有	0.75	0.43	+/-	+/-	-	+
	附近园地情况	1 表示有园地;0 表示没有	0.18	0.38	+	+	-	+
经济变量	养殖场面积	养殖场面积(667 m ²)	72.76	155.56	-	-	+	-
	畜禽种类	1 表示畜类;0 表示禽类	0.55	0.50	-	-	+	-
	贷款困难程度	1 表示困难;0 表示不困难	0.65	0.48	+	+	-	+
	搬迁要求	1 表示被要求过;0 表示没有	0.43	0.49	-	-	+	-
政策变量	畜禽粪尿处理 技术宣传次数	相关部门对沼气池、有机肥等 处理技术宣传(次)	2.68	3.38	+	+	+	+
虚拟变量	无锡	1 表示无锡	0.25	0.43	+/-	+/-	+	+/-
	常州	1 表示常州	0.50	0.50	+/-	+/-	+	+/-

注:“+”表示正向影响,“-”表示负向影响。

政策因素包括治理搬迁要求(1 表示该畜禽养殖场曾被要求治理搬迁;0 表示没有)和畜禽粪尿处理技术培训次数(次)。根据太湖一级保护区内畜禽养殖治理搬迁要求的规定,我们认为如果某养殖场曾经被要求整治或者搬迁,为了避免再次被要求整治或者搬迁,该养殖场会尽量做到达标排放,其选择修建沼气池的可能性会增加。故假设被要求治理或者搬迁过的养殖企业更倾向于采用沼气方式,而采用出售或者还田等其他方式的可能性较小。畜禽粪尿处理技术宣传包括大力推广修建沼气池、三格式化粪池等处理设施,或者将畜禽粪尿用作有机肥提高土壤肥力,杜绝将畜禽粪尿不经任何处理直接排放到环境。一般认为某种技术被宣传次数越多,最后被采用的可能性越大,故假设某种处理方式被宣传的次数与被采用的可能性呈正相关。另外,由于无锡和常州相对于镇江离太湖更近,落入太湖一级保护区内养殖业整治区域的面积更大。无锡和常州相对于镇江离太湖更近、河网分布更密集,所以地区虚拟变量与地理位置中“离河距离”变量可能存在共线性,本文对其进行了相关性分析,结果显示相关系数绝对值均低于 0.15,说明这些变量间相关性不大,不存在共线性问题。因此可以假设与镇江相比,无锡和常州选择修建沼气池的可能性会更高。

3. 模型估计结果

文章用 Stata11.0 计量软件对影响畜禽养殖企

业选择畜禽粪便处理方式(出售和还田)和畜禽粪尿及冲洗水处理方式(投入沼气池和浇灌作物)的因素进行了 Probit 回归分析,模型估计中对养殖场面积以及技术宣传次数 2 个连续变量取自然对数,使其满足正态分布特征,模型总体的拟合情况良好,模型估计结果如表 3。模型估计结果表明以下 5 点。

第一,与研究假设一致,养殖场面积与畜禽粪便采用出售方式在 5% 水平上显著,符号为负,说明畜禽养殖场面积越大,企业选择出售畜禽粪便的可能性越小。调研中,养殖户提到若其选择将畜禽粪出售通常需要自己承担运输费用。规模越大,运输成本也相应越高,因此大规模养殖企业不愿选择出售方式。养殖场面积与畜禽养殖企业选择沼气池方式处理畜禽尿液呈现显著正相关关系,这表明规模大的企业更倾向于选择沼气池处理畜禽尿液。原因是沼气池属于纳污及去污能力较强的处理设施,能够充分满足大型养殖场处理畜禽废弃物的需要。与预期不一致的是,养殖场面积与畜禽尿液采用浇灌作物方式呈现正相关关系,并且在 10% 水平上显著。详细分析调研数据发现,选择浇灌作物方式处理畜禽尿液的 10 户养殖企业规模比较大,其中规模最大的 5 户也建有沼气池或者化粪池等处理设施,这可能是因为现有的设施不能满足处理大量畜禽尿液的需求,所以养殖户同时兼用其他处理方式。

第二,畜禽种类与畜禽干粪处理方式的关系不

显著,但是与畜禽尿液中的沼气池处理方式关系显著,相关系数为 2.99,并在 1%水平上显著,这与预期是一致的。这说明养殖猪和牛等牲畜的企业粪尿总量大,而且含水量也较大,容易流失,因而更愿意选择沼气方式处理其废水。

第三,贷款的可获得性对畜禽养殖企业选择粪便处理方式的影响不明显,但是对畜禽尿液处理选择有非常显著的影响。该变量与选择沼气池处理畜禽尿液的系数为-1.63,并在 1%水平上通过检验,而与浇灌作物的选择在 5%的水平上显著正相关,表明贷款存在困难的养殖企业选择沼气方式的可能性较小,而选择浇灌作物处理畜禽尿液的可能性比较大。这与修建沼气池的高成本有关,而对于需要大量资金的养殖企业,向银行、信用社贷款或者亲戚朋友借款是最普通的融资方式。若贷款存在困难,畜禽养殖企业不会轻易选择修建沼气池,而更倾向于将畜禽尿液及冲洗水浇灌作物。

第四,搬迁要求是影响畜禽养殖企业选择畜禽粪尿处理方式的重要因素。搬迁要求变量对出售畜禽粪便的影响系数为-2.33,并在 1%水平上显著。这说明曾经被整治或者要求搬迁的养殖场选择出售方式的可能性很小,因为养殖企业被整治或者被要

求搬迁的理由之一就是没有修建沼气池等环境友好型处理设施。该变量与采用沼气方式处理畜禽尿液在 10%水平上呈显著正相关也恰好印证这一点,即被要求治理或者搬迁的养殖企业为避免再次被要求搬迁或者整治,减少畜禽污染排放的意识比较强,会主动寻求去污能力较强、能达标排放的处理方式,从而选择沼气池处理方式的可能性更大。

第五,与预期一致,相关部门对畜禽粪尿处理技术的宣传次数对畜禽粪尿处理方式的采纳有正向作用,其中对出售和用作有机肥(还田与浇灌作物)选择的影响达到显著水平。这表明被宣传的次数越多,养殖企业采用出售和用作有机肥方式的可能性越高。但宣传次数对沼气池的采用效果并不明显,说明宣传、培训等非行政干预又不具备激励性的手段很难促使企业主动选择需要投入较大的沼气技术。

此外,地区虚拟变量中无锡的系数在 4 个模型均显著为正的结果说明,相对镇江而言,无锡的畜禽养殖企业更倾向选用出售和还田方式处理畜禽粪便,而处理畜禽尿液则更可能采用沼气技术和浇灌作物。其中,无锡养殖企业比镇江更愿意采纳沼气技术的原因可能与无锡距离太湖更近,畜禽养殖企业达标排放的压力更大有关。

表 3 影响畜禽粪尿处理方式选择的 Probit 模型估计结果

解释变量	畜禽粪便处理方式				畜禽尿液处理方式				
	出售		还田		沼气池		浇灌作物		
	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	Coef.	Z	
地理位置	离河距离	0.31	0.98	-0.34	-1.19	0.21	0.57	-0.09	-0.35
	耕地	-0.53	-0.72	0.74	0.92	-0.95	-0.98	0.06	0.08
	园地	-0.10	-0.14	0.83	1.19	0.16	0.19	-0.55	-0.91
经济因素	ln 养殖场面积	-0.75***	-3.55	-0.02	-0.09	0.50**	2.19	0.31*	1.89
	畜禽种类	0.27	0.36	0.63	0.80	2.99***	3.09	-0.18	-0.26
	贷款可获得性	0.32	0.53	0.31	0.52	-1.63***	-2.67	1.93**	2.09
政策因素	搬迁要求	-2.33***	-3.13	-0.81	-1.04	1.44*	1.75	-0.97	-1.41
	ln 畜禽粪尿处理技术宣传次数	0.93**	1.98	0.93***	2.70	0.36	0.77	0.74*	1.95
虚拟变量	无锡	1.99**	2.40	1.45*	1.67	1.89*	1.83	1.64*	1.95
	常州	0.02	0.03	1.09	1.57	0.97	1.21	-0.16	-0.27
	常数项	2.43	1.38	-2.06	-1.07	-5.09**	-2.02	-3.40*	-1.82
Obs	40		40		40		40		
Log likelihood	-13.41		-18.79		-10.75		-15.25		
Pseudo R ²	0.43		0.32		0.58		0.32		

注:***表示在 1%水平上显著,**表示在 5%水平上显著,*表示在 10%水平上显著。

四、结论及政策建议

本研究采用在太湖流域上游江苏省无锡、常州和镇江三市所收集的 40 个畜禽养殖企业畜禽粪尿处理方面的数据,分析了养殖企业畜禽粪尿处理方式选择情况及其影响因素。研究发现,养殖企业处

理畜禽粪便和畜禽尿液的方式存在显著差异,而且会同时选择多种方式处理畜禽粪尿。其中,畜禽粪便处理中以出售和还田方式最多,而畜禽尿液的处理则以沼气池和浇灌作物方式的采用频率最高。

综合畜禽粪尿处理方式选择影响因素的计量分析结果表明:经济因素和政策因素是影响畜禽粪尿

处理方式选择的重要影响因素。具体而言,经济因素中,规模小的养殖场更倾向于采用出售方式处理畜禽粪便;养殖规模大或者饲养猪和牛等粪尿排泄量大的牲畜养殖企业则更青睐沼气方式处理畜禽尿液;贷款困难的养殖企业修建沼气池的可能性更小。政策因素中,适当的行政干预对引导畜禽养殖企业选择环境友好型的处理方式效果显著,曾经被要求整治或者搬迁的养殖场采用沼气的意愿更为强烈;而使用宣传、培训等不具明显行政命令性质和激励效果的手段,对引导畜禽养殖企业采纳需要大量初始投资(例如沼气池等)的环境友好型粪尿处理方式的效果并不显著。

因此提出政策建议:第一,如果政府要在畜禽养殖企业中推广沼气池技术,应该选择规模大的养殖场作为重点推广对象。因为修建沼气池需要较高初始固定资产投资,而且畜禽粪尿要达到一定规模,采用沼气技术的平均成本才会下降,运行沼气池才能实现成本效益。第二,由于修建沼气池成本较高,政府应该对贷款用于修建沼气池的养殖企业予以优惠政策,例如降低贷款门槛和降低利息等。实地调研中,修建沼气池的养殖企业无一例外地享受政府补贴。如果政府规范和适度提高补贴额度,应该可以减轻养殖企业的资金压力,吸引更多适合修建沼气池的养殖场采用沼气技术,以达到保护环境的目的。第三,宣传、培训等非行政干预又不具备激励性的手段对沼气技术的推广效果并不理想,而适当的行政干预对沼气技术的推广有积极的影响。结合沼气池投资的高成本等因素考虑,政府可以采用补贴与行政干预相结合的方法,以此加大沼气池的修建和使用,提高畜禽粪尿的资源化利用率,达到有效减缓农业面源污染,改善生态环境的效果。

值得注意的是,养殖企业会同时选择多种方式处理畜禽粪尿,各种处理方式的选择存在一定的联系,理论上应该选用 Multivariate Probit Model 进行回归。但限于样本量较小,文章只能采用 Probit 二元选择模型进行分析,今后的研究中可以考虑扩大样本量以避免这一问题。

参 考 文 献

- [1] 中国环境保护部,农业部,国家统计局. 第一次全国污染源普查公报[R]. 北京:中国环境保护部,农业部,国家统计局,2010.
- [2] 张高强,高怀友. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京:化学工业出版社,2004:22-23.
- [3] INABAA R, FURUICHI T, KOMATSU T, et al. Centralization of dairy farming facilities for improved economics and environmental quality [J]. *Waste Management*, 2009, 29(1):214-223.
- [4] 武深树. 湖南省畜禽养殖场粪便污染治理意愿及其环境成本控制研究[D]. 湖南农业大学经济与管理学院,2010.
- [5] BAUMOL W J, OATES W E. The theory of environmental policy[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 186-205.
- [6] SHORTLES J S, HORAN R D. The Economics of Nonpoint Pollution Control[J]. *Journal of Economic Surveys*, 2011, 15(3):251-253.
- [7] LIMA I, MARSHALL W E. Utilization of turkey manure as granular activated carbon: Physical, chemical and adsorptive properties[J]. *Waste Management*, 2005, 25(7):726-732.
- [8] SCHNITZER M I, MONREALA C M, FACEY B G A, et al. The conversion of chicken manure to biooil by fast pyrolysis I. analyses of chicken manure, biooils and char by ¹³C and ¹H NMR and FTIR spectrophotometry[J]. *Journal of Environmental Science and Health, Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 2007, 42(1):71-77.
- [9] 彭里,古文海,魏世强,等. 重庆市畜禽粪便排放时空分布研究[J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(4):213-216.
- [10] 马强. 畜禽养殖场环境污染的治理技术[J]. *兽医导刊*, 2007(8):7-10.
- [11] NAUYEN Q, CHINH K. Dairy cattle development: environmental consequences and pollution control option in Hanoi province, north Vietnam[R]. *EEPSEA Research Reports*, 2005.
- [12] CATELO M, ANGLAS O, DORADO M A, et al. Backyard and commercial piggeries in the Philippines: environmental consequences and pollution control options[R]. *EEPSEA Research Reports*, 2001.
- [13] LANTZA M, SYENSSON B M, BJORNSSON B L. The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden—Incentives, barriers and potentials[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(3): 1830-1843.
- [14] 徐清泉. 规模畜禽场沼气工程发展和效益探讨[J]. *中国沼气*, 2000, 18(4):27-30.
- [15] 段茂盛,王革华. 畜禽养殖场沼气工程的温室气体减排效益及利用清洁发展机制(CDM)的影响分析[J]. *太阳能学报*, 2003, 24(3):386-389.
- [16] 卞有生. 生态农业中废弃物的处理与再生利用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [17] 徐伟朴,陈同斌,刘俊良,等. 规模化畜禽养殖对环境的污染及防治策略[J]. *环境科学*, 2004(25):105-108.
- [18] 刘培芳,陈振楼,许世远,等. 长江三角洲城郊畜禽粪便的污染负荷及其防治对策[J]. *长江流域资源与环境*, 2002, 11(5): 456-460.
- [19] 朱立安,王继增,胡耀国,等. 畜禽养殖非点源污染及其生态控制[J]. *水土保持通报*, 2005, 25(2):40-43.
- [20] 刘忠,段增强. 中国主要农区畜禽粪尿资源分布及其环境负荷[J]. *资源科学*, 2010, 32(5):946-950.

- [21] GREENE W H. *Econometric analysis* [M]. 4th ed. New Jersey:Prentice Hall,2000.
- [22] FEDER G,JUST R,SILERMAN D. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey[R]. St. Louis: World Bank staff working paper No. 444,1981:17-18.
- [23] THANGATA P H,ALAVALAPATI J R. Agroforestry adoption in Southern Malawi: the case of mixed intercropping of *Gliricidia sepium* and maize[J]. *Agricultural Systems*, 2003 (78):57-71.
- [24] SAHA A, LOVE H A, SCHWAR R. Adoption of emerging technologies under output uncertainty[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1994(76):836-846.
- [25] KHANNA M. Sequential adoption of site-specific technologies and its implication for nitrogen productivity: a double selectivity model[J]. *American Journal of Agricultural Economics*. 2001,83(1):35-51.
- [26] 林毅夫. 制度、技术与中国农业发展[M]. 上海:上海三联书店,1992.
- [27] 朱明芬,陈文华,李南田. 农户科技行为与调控对策[J]. *农业科技管理*, 2001(4):48-51.
- [28] 王济文. 我国贫困地区农户技术应用行为的实证分析[J]. *农业技术经济*, 1995(3):20-24.
- [29] 彭新宇. 畜禽养殖业污染防治的沼气技术采纳行为及绿色补贴政策研究:以养猪专业户为例[D]. 中国农业科学院研究生院,2007.
- [30] 胡浩,张晖,岳丹萍. 规模养猪户采纳沼气技术的影响因素分析——基于对江苏 121 个规模养猪户的实证研究[J]. *中国沼气*, 2008,26(5):21-25.
- [31] 无锡市农林局. 无锡市农业面源污染治理工作情况[EB/OL]. (2008-01-29)[2012-04-01] http://www.js.xinhuanet.com/zhuanlan/2008-01/29/content_12350744.htm.
- [32] 黄季焜,SCOTT R. 技术进步和农业生产发展的原动力——水稻生产力增长的分析[J]. *农业技术经济*, 1993(6):21-29.
- [33] 孔祥智,方松海,庞晓鹏,等. 西部地区农户禀赋对农业技术采纳的因素分析[J]. *经济研究*, 2004(12):85-95.

Livestock Enterprises' Choice of Waste Treatment Modes, Its Influencing Factors and Possible Policy Instruments

—A Case Study in Upper Reaches of Taihu Lake Basin

FENG Shu-yi, LUO Xiao-juan, ZHANG Li-jun, SHI Xiao-ping

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu, 210095)

Abstract Based on data collected from 40 livestock enterprises regarding their livestock production, waste emission and waste treatment behavior in the upper reaches of Taihu lake basin, this paper, using Probit model, analyzes the factors affecting livestock enterprises' choice of different waste treatment modes. The result shows that livestock enterprises at different scale choose different waste treatment modes. Smaller livestock farms are more likely to sell their manure while larger farms and farms that specialize in pig and cattle production favor biogas digester to deal with their waste water. Livestock enterprises with difficulties in getting loans are less likely to build biogas digester. Appropriate administrative interventions can effectively guide livestock enterprises to choose environmentally-friendly waste treatment modes. Livestock enterprises that have been ordered to remediate or relocate because environmental objectives are more willing to adopt biogas digester to deal with their livestock waste. However, the use of non-command and non-incentive based means, such as propaganda and training, has no significant effect on the promotion of livestock waste treatment technologies requiring high investment. Finally, from three different aspects including promotion targets, supporting policies and promotion measures, this paper puts forward policy recommendations on how to promote environmentally-friendly technologies regarding livestock pollution prevention and control. In addition, the limitation of this paper is also discussed.

Key words livestock waste treatment modes; scale of livestock; livestock enterprises; biogas technology; Taihu Lake Basin

(责任编辑:陈万红)