

农业面源污染研究策略

陈阿江^{1,2}

(1.河海大学 社会学系,江苏 南京 211100;

2.河海大学 环境与社会研究中心,江苏 南京 211100)

[摘要]对农业面源污染的基础认知欠缺,难以制定有效的治理方案。通过五年多的多方法探索实践,梳理了农业面源污染研究的基本研究策略。第一,小农的用肥行为差异大,一般的测量方法难以奏效,采用农户记账方式,记录农户当季水稻生产的用肥数量、品种及面积、产量等基本数据,测度单位面积、单位产量的氮、磷、钾用量;第二,测量比较测土配方肥和普通化肥施肥量,讨论配方肥的使用群体特点;第三,新型共生农业特殊的生境需求有助于田间保水,而生物间相生相克的特点则有助于减少甚至停止农药化肥的使用,从而达到减少面源污染的效果。面对复杂问题的农业面源污染,应以开放的态度,用多学科的方法加以探索。

[关键词]农业面源污染;共生农业;测土配方施肥;记账

[中图分类号] C912.82;X592 [文献标识码] A [文章编号] 1671-7287(2018)06-0008-11

面源污染是与点源污染相比较而言的。点源污染是指由固定排放点污染源产生的污染,如企业可以抽象为一个“点”,企业排放的污水可以视为点源污染。面源污染(diffuse pollution)或非点源污染(non-point source pollution),没有固定排放点,是由空间和时间上不确定的、多排污点形成的污染。

从发达国家环境治理的历史经验看,点源污染是基本可控的,这是因为,点源污染是相对容易查验的,污染排放的个人或单位的边界、责任是清楚的。相应地,在一个法制相对完善的国家里,点源污染的解决路径也是清晰的。近年来,中国环境污染治理的法制建设得到强化,企业类污染正逐步得到控制,与之相比,面源污染的管控则比较难。从世界范围内看,面源污染问题虽然没有像早期工业化产生的污染问题那么严重,但却像慢性疾病那样,解决起来很棘手。

太湖、巢湖蓝藻问题正是面源污染的直观呈现。蓝藻暴发的本质是湖泊的富营养化问题,而氮、磷等营养物是面源污染的重要来源,农业生产中的种植业则是面源污染的重要组成部分。

太湖蓝藻、巢湖蓝藻暴发已有多数年,对这些湖泊的重点治理也有多年,然而,笔者在2017年环太湖的调查中发现,时至今日,太湖地区尚无有效的措施应对种植业所产生的面源污染问题。笔者认为,造成这一困局的关键是对面源污染问题的基础认知不足,已有的技术或工程项目的实施往往脱离

[收稿日期] 2018-04-30

[基金项目] 国家社会科学基金一般项目“村民环境行为与农村面源污染研究”(12BSH021)

[作者简介] 陈阿江(1963-),男,江苏吴江人,河海大学社会学系教授,环境与社会研究中心教授,博士生导师,研究方向:环境社会学、农村发展。

感谢参与本课题调查的各位成员,特别感谢罗亚娟、吴金芳、冯燕前期所做的积极有效的工作,感谢冯燕负责的相关数据处理工作。

对人的行为、社会机制的理解,而社会科学研究又缺乏科学技术测量数据、缺乏对污染过程的准确理解,多学科的有效合作更是付之阙如。

一、文献回顾与研究问题

国内对面源污染问题的研究,已有 30 多年的历史,但比较集中的研究则是在 2005 年以后。以中国知网期刊论文发表为例,用“面源污染”一词检索篇名,可检索到 1 835 篇论文,最早的文章发表于 1984 年,内容是关于海洋污染的类型分析^[1];20 世纪 80 年代刊出论文 6 篇,主要涉及发达国家面源污染的研究概况及概念、方法等;20 世纪 90 年代,学界对此的总体关注较少;2007 年太湖蓝藻事件之后,面源污染成了热门话题,中国知网每年收录的相关期刊论文达到 100 篇以上,近年更是每年接近 200 篇(见表 1)。

表 1 题名含“面源污染”的期刊论文发表情况

时间	1984— 1989 年	1990— 1994 年	1995— 1999 年	2000— 2004 年	2005— 2009 年	2010— 2014 年	2015— 2017 年	合计
期刊论文	6	6	10	50	465	732	566	1 835

注:2017 年 8 月 15 日以“面源污染”一词在中国知网上检索所得。

中国知网刊出的 1 835 篇期刊论文中,SCI 来源期刊论文 1 篇,EI 来源期刊论文 33 篇,CSSCI 来源期刊论文 132 篇,中文核心期刊论文 601 篇,其他期刊论文 1 068 篇;论文涉及科学、技术、管理以及经济学、法学、社会学等多个学科领域。

关于面源污染的研究著作,笔者以中国国家图书馆和江苏省图书馆藏书为例加以说明^①。以“面源污染”为检索词,检索时间为 2017 年 8 月 17 日,可检索到两馆的图书共 52 种,最早的一本是关于滇池面源污染控制的著作,出版于 1998 年;其余大部分图书是在最近十年里出版的,其中 2005—2009 年出版 8 本,2010—2014 年出版 26 本,2015—2017 年出版 17 本。

现有文献中,与面源污染科技有关的研究较多。有涉及面源污染负荷的研究,如李恒鹏等研究了太湖地区蠡河流域不同用地类型的面源污染特征,认为不同用地类型面源污染特征有较大差异^[2];万超等分析了施肥对面源污染负荷的影响^[3];孟春红等认为面源污染与降雨量密切相关,不同季节污染物负荷相差悬殊^[4]。有对特定元素迁移的研究,如杜军等研究了不同灌期农田氮素迁移及其对面源污染的影响^[5];李文超等研究了流域磷素污染产生与输移空间特征^[6];李世阳等则分析磷流失的多重影响因素^[7]。

技术类的研究,往往与政策研究相结合,如上述检索到的 52 本著作中,书名中带“控制”或“防控”一词的有 25 本,约占 50%,显示了这些著作都具有较强的解决问题的倾向,这也基本反映了这一时期面源污染治理所具有的“中国特色”。相当多的研究者关注面源污染的制度及政策,如葛继红等发现化肥要素市场扭曲对化肥农业面源污染物排放有显著的激发作用^[8];韩洪云等认为提高化肥利用率技术支持政策是解决面源污染治理政策设计的首选^[9];杨顺顺等则提出化肥税及环境服务付费的比较研究^[10]。

^①两地的图书馆合起来比较全面地收藏了有关面源污染方面的研究著作。

社会科学研究者也从不同的角度关注农村面源污染问题。洪大用等从城乡二元结构的视角,分析了农村面源污染产生的原因以及城镇化对农村面源污染控制所可能产生的积极意义及其局限^[11];王晓毅分析了农村环境污染的多重原因,其中,过量使用的化肥和农药导致了面源污染问题^[12];魏欣等从农户行为层面关注面源污染^[13];李传桐等分析了农业面源污染之农户行为^[14];何浩然等则通过统计分析和构建计量经济模型的方法,发现化肥施用水平在不同地区之间有较大差异^[15]。

综之,国内的面源污染研究取得了一些重要成果,但针对性不强,有“隔靴搔痒”之感:第一,自然科学或技术类研究往往无法真正理解农业生产者的行为特点。农村面源污染是一个综合性问题,不是一个单一的技术性问题,有其特定的经济社会根源,故而不是纯技术就可以解决的,即使就硬技术而言,由于对基础研究的忽视,许多技术方案缺乏基础科学支撑。一个最简单的例子就是,像水质这样的最基础的数据,大部分研究者无法获得(除非自己去检测),基于这样的现状,技术方案的可行性是值得怀疑的。第二,政策研究与建议比较多,却比较随意。中国有“经世致用”的优良传统,但在面源污染的科学机理和社会机理还不甚清晰的情况下,过早地提出对策,对解决实际问题帮助不大。

本文集中讨论农业生产中的面源污染问题,且选择水稻生产加以讨论。从技术层面上看,水稻生产中的面源污染问题,主要是肥素随水体流失的问题。化肥的可溶性、肥素的单一性及用量大的特点,使化肥很容易随水体进入沟河湖泊。

为讨论和表述的方便起见,笔者对本文的核心关注简化为下面的四个假设。

假设 H1 从水田向环境输送的肥素量,取决于外排水的肥素浓度与外排水量。

推论:到目前为止,尚无完整的外排水的肥素浓度与外排水量方面的实测数据。技术检测的最大困难在于中国的农业是分散经营,农户施肥的量、时间是弥散的,因此,从上游的农户用肥量开始测量是突破散户施肥行为规律研究的第一步。

假设 H2 如果在水稻生产中,田中的水不向环境排放,则不会对环境输出肥素以形成污染。

推论:如果有这样一种生产类型,生产周期内的水是循环的,或向外排的水量比较小,则这种类型可以杜绝或减少面源污染。

假设 H3 如果田中的水 N、P、K 的浓度比较低(比如优于Ⅲ类水),那么水的流出与面源污染无关。

推论:水稻生长周期中,生产者分次施肥以及肥料被分解、吸收利用的速度不同,因此,不同时段水体中 N、P、K 浓度是变化的。如果能够控制浓度高时段里的排水量,则可以基本控制面源污染问题。

假设 H4 如果水稻生长过程中的肥素需求是可以测量的,那么可以根据作物需求而精准施肥,从而达到控制污染。

推论:测土配方肥正是朝这一方向努力的。如果能够精准采用测土配方施肥技术,则可以控制面源污染。

基于“面源污染”课题组五年多时间的调查和思考,本文拟对农业生产中的面源污染研究策略进行总结。面对纷繁复杂的研究对象,通过分类,选取三个最重要的理想类型加以探讨。“记账”探讨的是一个方法问题,即如何最大限度地测准农户的化肥使用量,它主要与假设 H1 关联;“测土配方施肥”探讨了新型生产技术对减少肥料用量的可能性,它主要与假设 H1、假设 H3 与假设 H4 关联;“共

生农业”则探讨了新型的生产方式如何防控面源污染,它主要与假设 H1、假设 H2 与假设 H3 关联。文末就农村面源污染的相关方法展开了讨论。

本文的经验资料来自太湖流域、巢湖流域及湖北潜江多地多频次的调查,质性的方法主要是观察和深度访谈。2013年在浙江省长兴县及安徽省肥东县、肥西县、舒城县、巢湖市进行的记账式调查提供了关于用肥量的基础数据;2015年在肥东县的问卷调查则提供了关于用肥及面源污染的一般理解^①。

二、化肥使用量的测量策略

到目前为止,中国农业仍然保留了较多的小农经营的特点。对于如何防控小农生产的污染问题,技术专家和地方政府官员都感到十分棘手,在他们的印象中,农业生产者数量大、“文化素质低”、行为特点难以捉摸,因而很难掌控。社会学研究者的优势是尝试去理解人的行为特点,因此,从了解农业生产者用肥情况入手,可以突破现有技术治理的盲区,这是课题组试图理解面源污染的关键一步。

面源污染之所以很难治理,是因为我们对面源污染的过程了解不够,过程中的污染难以准确测量。面源污染是弥散型污染,由无数但不甚严重的污染点构成,种植业导致的污染问题也充分体现了这一特点。

首先,农户的经营规模比较小。从20世纪80年代开始,中国农业实行家庭联产承包责任制,其主体又回归到家庭,分散的小农经营是其主要特征。在太湖、巢湖流域,人均水田面积普遍不足一亩。此外,20世纪80年代划分责任田的时候,为了户与户之间的公平,田块的肥瘦、远近、高低等多种因素都要尽量兼顾,以至于每户的农田有三、五处甚至更多的田块,每户经营若干田块,田块面积很小,每块田用多少肥料只能依赖经验进行大致估计。

其次,田块的地理特征呈现多样性。田块高程有差异,田块与灌溉渠、排水沟的距离不同,也使得肥素的流失更趋复杂化。

再次,也是最重要的,生产者的行为方式呈现多样性。用什么肥料,每季庄稼用多少次,每次用多少量,什么时间用肥,等等,均没有统一标准或固定的程式,农业生产者往往依赖经验,根据庄稼生长的情景而具体确定,这样的生产方式要做到精准施肥是非常困难的。

上述农业生产的分散性、多样性特点所导致的后果,就是很难确知施肥的实际情况。研究者试图获得农户用肥信息,通常采用的方法是问卷调查,然而,问卷调查很难测量准确,问卷测量者的理性思维方式与农业生产者(特别是小农生产者)所采用的思维方式^②是不同的。另外,多数农业生产者没有实时记录的习惯,因此,无论是试图通过回忆过去用肥的数据,还是对未来用肥进行估计,问卷调查的结果都会与实际用肥量有比较大的差距。

在农村经济社会调查中,农村固定观察点记账式调查能较准确地收集资料。笔者受此方法启示,经过课题组内反复讨论,决定借用农村固定观察点记账方式,跟踪水稻种植过程中的施肥情况,实时记录用肥的品种、数量和时间。

^①2015年7月,课题组以肥东县为点,进行系统的抽样调查。访问种植户,当面填写问卷,回收有效问卷340份。

^②笔者不同意小农没有文化、不理性的观点,小农基本上也是理性的,但他们在生产中所采用的逻辑和科学家通常的逻辑是有差异的。

2012年下半年,课题组设计了“农户用肥用药记录册”(以下简称“记录册”)。“记录册”看起来很简单,但要让农民觉得好用,记录数据可靠,并不容易,在术语表达上,既要适合农民的特点,也要科学规范,此外,设计的内容不能多,多了农民就不愿合作,但指标太少又达不到记录的目的。需要农户记录的内容包括水稻种植面积,每次的用肥量,所用肥料的名称,氮、磷和钾的含量。

2013年5月,在水稻栽插时节,课题组根据研究方案,在太湖流域的浙江省长兴县和巢湖流域的安徽省舒城县、肥西县、肥东县和巢湖市发放“记录册”198份,最终获得有效“记录册”167份;同年7月,课题组成员进村,对记账的农户进行跟踪回访,有一部分农户可以正常记录,也有一部分农户无法正常记录,对不能正常记录的农户,课题组成员协助他们把已经发生的用肥用药情况进行补录;11月秋收之后,课题组成员再次下村进户,回收记录完整的“记录册”,部分农户记录不完整的,由课题组成员协助其补录。

据此比较详细的记录数据,课题组可以了解农户的用肥量、用肥种类,单位面积的用肥量,N、 P_2O_5 、 K_2O 的单位面积用量以及每千斤稻谷的用量,还可以进一步分析不同种植户的用肥特点等,进而建立起农户行为与面源污染之间的逻辑关系链。

2013年的调查属于探索性质的,但它却是获得种植业生产者实际用肥信息的较为有效的策略。

三、测土配方施肥与用肥减量

如果有一种施肥技术,可以按照作物的需要确定施肥量,那么生产者按照技术规程操作而不浪费肥料,面源污染问题也就不会产生。测土配方肥理论上可以担当此重任,接近上述假设H4。虽然在农业生产实践中,测土配方施肥还远不够精准,但用测土配方肥可以减少肥料的使用量,这是确定无疑的。

所谓测土配方施肥技术,就是指以土壤测试和肥料田间试验为基础,根据作物需肥规律,提出氮、磷、钾及微量元素等肥料的施用数量、施肥时间和施用方法。简单说,测土配方施肥技术就是按需施肥,实现“缺什么补什么”“缺多少补多少”以及“什么时候缺什么时候补”^①。与传统施肥方法相比,测土配方施肥方法可以合理使用肥料、减少浪费;从环境的角度看,它可以减少农业生产中的面源污染问题。

2013年4月,课题组访问了太湖流域的长兴县、安吉县土肥站及相关部门,了解了测土配方施肥技术的基本情况;6月,课题组访问了巢湖流域的舒城县、肥西县和肥东县,其中肥东县土肥站在推广测土配方施肥方面成效显著。笔者深度访谈了肥东县土肥站的负责人朱先生,了解到肥东县测土配方施肥技术推广的过程、方法及效果。

肥东县是第一批全国测土配方施肥资金补贴项目试点县,除了国家专项资金补贴,县政府每年拨付专项配套资金扶持测土配方施肥的推广工作。县土肥站的主要工作是:(1)通过仪器进行测土化验,开展耕地地力评价工作,建立县域土壤属性数据库和空间数据库,绘制出不同作物测土配方施肥分区图,便于给出施肥建议;(2)发挥专业优势,推广配方肥使用,遴选6家肥料企业作为测土配方施肥推广合作企业,在各集镇、重点村居和农民用肥集中地带建立销售网点250家。

以2013年浙江、安徽五县(市)“记录册”数据和2015年7月安徽省肥东县的问卷调查数据为基

^①从实地调查看,目前的测土配方还处于早期的阶段,离“缺什么补什么”“缺多少补多少”“什么时候缺什么时候补”的理想状态还有很大的差距。使用测土配方肥最大作用在于“纠偏”,如氮肥过量,则提供含氮量少、含磷含钾高的复合肥。

础,结合实地调查访谈所了解的情况,就测土配方施肥与减少肥料用量的效果作出分析。测土配方肥使用与面源污染的减少可以从下述两个方面加以讨论。

1.使用配方肥是否会减少化肥使用量?

与普通施肥方式比较,配方肥在多大程度上减少了用量,进而减少了面源污染?根据2013年“记录册”收集的数据,课题组比较、分析了测土配方肥与普通化肥的用肥差异。在有效的163户记录中,使用测土配方肥的30户,未使用测土配方肥的133户,总体上配方肥使用量少于普通肥。每1000千克粮食^①的N、P₂O₅、K₂O的使用量:N的用量配方肥约为普通肥的80.78%,P₂O₅的用量配方肥约为普通肥的78.06%,K₂O的用量配方肥约为普通肥的87.27%(见表2)。这一数据与实地调查所得情况相互印证:目前农业生产中,氮、磷过剩比较突出,钾元素相对缺乏,因而施用相对合理。

表2 不同用肥方式单位粮食产量的N、P₂O₅、K₂O消耗量比较

是否使用测土 配方肥	县域	样本	每吨粮 N 用量/千克	每吨粮 P ₂ O ₅ 用量/千克	每吨粮 K ₂ O 用量/千克
使用	安徽肥东	19	22.843 16	6.801 58	7.940 00
	安徽肥西	3	37.556 67	5.423 33	13.566 67
	安徽巢湖市	1	25.730 00	7.260 00	6.050 00
	浙江长兴	7	21.112 86	6.390 00	7.852 86
	总计	30	24.007 00	6.583 00	8.419 33
未使用	安徽肥东	16	27.875 81	10.048 00	10.048 00
	安徽肥西	20	26.756 00	9.136 50	10.170 50
	安徽舒城	5	26.352 00	6.756 00	7.678 00
	安徽巢湖市	51	33.214 71	8.968 04	9.997 25
	浙江长兴	41	27.946 59	6.998 29	9.041 95
	总计	133	29.719 20	8.432 92	9.647 73

课题组对肥东县石塘镇同合村马家与梁园镇新河村李家的用肥情况进行了比较(见表3)。

马家:每亩施底肥17.5千克复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15),17.5千克尿素(含N46.4%),第一次追肥20千克复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15),第二次追肥10千克尿素(含N46.4%),第三次追肥5千克复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15),亩产水稻400千克。

李家:每亩施底肥(测土配方肥)30千克(N:P₂O₅:K₂O=20:10:15),追肥10千克尿素(含N46.4%),亩产水稻587.5千克。

从上表可以看出,两户的用肥量差异非常大。以亩均化肥用量计,马家每亩使用的N、P₂O₅、K₂O量分别是李家的

表3 李、马两户用肥量比较 kg

	用肥量	李户	马户
亩均 换算	N用量	10.64	19.135
	P ₂ O ₅ 用量	3.0	6.375
	K ₂ O用量	4.5	6.375
吨稻谷 换算	N用量	18.11	47.56
	P ₂ O ₅ 用量	5.12	15.96
	K ₂ O用量	7.66	15.94

数据来源:2013年“记录册”数据。

^①如何比较用肥差异?最直接的办法是比较单位面积施用的氮、磷、钾数量。在实地调查中,笔者发现存在若干问题:(1)由于历史原因,不同地区的“亩”是有差异的,即有的地方是以标准的667m²为一亩,也有的地方是以1000m²为一亩;(2)单位面积的产量差异也很大,产量差异也应该体现。所以笔者最后采用对单位产量所消耗的肥素进行比较。

1.80、2.12 和 1.42 倍;以单位产量 1 000 千克稻谷计,马家使用的 N、P₂O₅、K₂O 量分别是李家的 2.6、3.1 和 2.1 倍。

再用李家的数据与表 2 肥东县的数据进行比较。李家的用量比肥东县测土配方肥的平均用量略低,但非常接近。在氮、磷、钾三种肥料方面,李家钾的用量与肥东县钾的用量均值基本一致,说明当地土壤确实缺钾,但李家氮、磷的用量比肥东县均值有显著降低。

李先生已经 70 多岁,是一位农业技术专家,他虽然不是正规农业院校毕业的,但数十年来兢兢业业钻研农业技术,他所用肥料少,得益于他丰富的生产经验与科学的用肥方法。

马先生平时比较忙,别人施肥他也施,他认为追肥可以提高产量,是非常有必要的。虽然两户用肥的差异在很大程度上是因为个体的理性程度的差异造成的,但我们也可以看到测土配方施肥的贡献。根据肥东县土肥站的数据以及上表的数据显示,最近几年,肥东县农田主要缺钾,李先生施用钾肥的比例高,而马先生使用普通复合肥,氮、磷的用量多。

2. 配方肥的普及程度如何?

有多少人、具体是哪些人在使用测土配方肥?

根据课题组 2015 年的问卷调查,340 户抽样种植户中使用测土配方肥的种植户为 89 户,占 26.2%;未使用测土配方肥的种植户为 251 户,占 73.8%。

虽然使用测土配方肥的种植户比例不算很高,但使用的面积却很大。340 户抽样种植户总种植面积为 21 563.6 亩,其中使用测土配方肥的种植面积达 12 388.7 亩,占总面积的 57.4%,实际使用测土配方肥的面积已经过半^①。造成种植户测土配方肥的比例不甚高但面积比例较大这一差异的原因,是因为小户频数高但经营面积小,种植面积 20 亩以下的种植者占总户数的 87.35%。

根据肥东县 340 户样本不同规模的频数分布情况,笔者划分了 6 个组,如表 4 所示。规模在 20 亩以下的小农户,测土配方肥使用率大约为 20%;规模为 20~100 亩中等规模的农户,测土配方肥使用率在 33.4%;规模在 100 亩以上的规模经营农户,测土配方肥使用率则达到 50%。

表 4 2015 年肥东 340 户抽样种植户使用测土配方肥情况

种植面积/亩	使用配方肥/户	使用户比例/%	未使用配方肥/户	合计户数/户	使用配方肥的面积/亩	未使用配方肥的面积/亩	合计面积/亩
0~5	40	23.8	128	168	130.7	379.4	510.1
5.1~10	23	25.0	69	92	106	539	645
10.1~20	8	21.6	29	37	113	427.5	540.5
21~100	5	33.3	10	15	159	338	497
101~300	4	50.0	4	8	730	701	1 431
300 以上	9	45.0	11	20	11 150	6 790	17 940
总计	89	26.2	251	340	12 388.7	9 174.9	21 563.6

不同规模经营户使用测土配方肥的差异,主要是因为技术敏感性和生产理性程度的差异。非农业产业是大部分农村家庭的主业,而农业往往只是其满足家庭口粮的“兼业”,农业生产的目的是解

^①使用配方肥农户的面积之和,有农户实际上含少量未使用配方肥的面积。

决自家的粮食需求,或不使土地抛荒。因此,小农对新技术不敏感,对成本投入也不敏感。而规模较大的种植户,则是理性生产者,他们关心新技术,对新技术能够节约成本或提高产出反应比较敏感^①。

四、共生农业、水循环与污染防控

在化肥发明之前,肥料是农业生产的主要约束条件,因此,从水田向外部环境排水并不产生现时的所谓面源污染,比较接近假设 H3 的情况。在西南苗侗地区,种植高秆糯稻品种的水田保水而不外排,很接近假设 H2 的情况。近些年开发的共生农业类型,在其生产过程中,水在田中循环,不外流或外流较少,同时,不用化肥或少用肥料。共生农业是最接近假设 H2、假设 H3 两种情况的生产方式,因此,这种生产方式对防控面源污染有特殊的意义。

传统的稻作生产的水田是一个复杂的复合生态系统,它以粮食生产为主,鱼虾等水产品是水田生态系统演进中自然产出的副产品,当然,也有一些地区,很早就发展了稻田养鱼,如浙江青田、西南苗侗村寨,但即使是稻田养鱼的农业,仍然以粮食生产为主、水产品生产为辅,水产品的产量较低。

近年来,南方稻作区开发了多种多样的共生农业,它是利用水田这一湿地系统的生态特点,借助传统生产技艺而进行技术开发的现代生态农业。共生农业利用不同生物间相生相克的特点,同时产出稻谷、鱼虾类水产品。共生农业的类型很多,植物以水稻为主,但也可以是莲藕、茭白等其他水生植物;动物以鱼类为主,但还包括鳖(甲鱼)、龙虾^②、鸭等多种多样的水产、家禽类。共生农业大致有以下特点:

(1)水田被改造成更适合植物、动物生长的湿地系统(考虑行文方便,本文仍然使用“水田”,实际上它们与原来意义上的水田差别较大);

(2)就农产品的经济价值而言,水产品价值往往高于稻谷,这一特点决定了生产者更加重视鱼虾类水生动物的环境,在水稻品种的选择、水田与外部环境的水交换等方面,会优先考虑水生动物的生长环境;

(3)生产者理解水稻与水生动物之间的相生相克关系,并充分开发利用这一有利的生态关系模式,提高产出,减少消耗;

(4)技术部门或公司已开发出共生农业的技术标准,并可供其他生产者采用。

笔者以湖北省潜江市的水稻—小龙虾共生农业^③为例加以说明。

20世纪90年代末,由于农村劳动力大量外出打工,加上农业税费重,导致农田抛荒弃种现象严重^④。潜江市积玉口镇宝湾村农田多为低洼湖田,承包田弃种现象更为严重。1998年,时任宝湾村村支书的刘主权租用农民弃种的70亩低洼田,以租用承包田的方式代农民缴费,解决农民抛荒问题,他本想利用这些低洼田养鱼,但没有找到一个合适的方法,通过日常生活中的观察、思索,他发现在水田里野生的小龙虾繁殖、生长很快。1999年春,刘主权购买了250千克小虾放养,到6月初捕获了1000

^①这一特点的政策含义也是显而易见的,即随着土地流转,规模经营土地面积越来越多,测土配方肥则更易推广。

^②即克氏原螯虾、红螯虾或淡水小龙虾,俗称小龙虾。

^③潜江市政府部门从农业技术规范的角度,清晰定义了“稻虾共作”。本文从农业生产与环境关系的角度讨论,不对“共作”与“共生”进行区分。

^④2000年3月,李昌平致信朱镕基总理,反映当地农村所面临的问题,坦言“农民真苦,农村真穷,农业真危险”。李昌平所反映的三农问题在20世纪90年代后期的中西部地区有一定普遍性。

千克左右,之后,他逐渐摸索出小龙虾的人工养殖规律,他的这一做法也逐渐被其他村民仿效。

经过十余年的探索,龙虾已经是潜江市的主导产业。2015年底,潜江市“虾稻共作”面积达到31.5万亩,约占水稻种植总面积的40%^①;2017年,全市“虾稻共作”面积达到49.5万亩,综合产值达到230亿元;2018年,力争“虾稻共作”面积达到65万亩^②。

潜江市水产局的负责人吴先生谈到“虾稻共作”田所起的防洪作用时说道,2016年夏,湖北省普降大暴雨,潜江市周边的几个县市都受灾,但潜江市30多万亩的“虾稻共作”田,下雨时只要不淹水稻就可以,多滞留了雨水,所以2016年潜江市大暴雨但未见涝灾^③。

“虾稻共作”的水田不像普通的农田那样急着把水排出去,主要有两方面的原因:一是“虾稻共作”生产时,选择了比较耐水的水稻品种;二是龙虾比水稻的经济价值高,所以水稻的产量即使有所下降对生产者的收入影响有限。

从防控面源污染的角度看,“虾稻共作”这一保水的特点恰巧可以控制或减少农业对环境的污染。每年6—7月份是南方的雨季,也是水稻初栽和生长的早期,大量的基肥留在水田还没有被吸收完,如遇暴雨,水田中的水大量外泄,则肥素势必会进入外部环境,而像潜江市这样“虾稻共作”的生产模式,把水留在农田里,则有效地避免了肥素的流失。

“虾稻共作”生产方式尽量少用化肥的特点也有助于减少面源污染。龙虾对化肥很敏感,为避免对龙虾的伤害、保证龙虾产量,生产者在水稻生产过程中一般不用化肥或少用化肥。

“虾稻共作”水田系统肥素的充分循环有助于截断肥素的外流。以氮循环为例,生产者在收割水稻时只是把稻谷收走,而稻草打碎后留在田间,随后放水浸泡稻草,使其腐烂。在稻草腐烂过程中,微生物和虫子等生长起来,成为龙虾幼仔的饵料。投入的黄豆等龙虾饵料,大部分为龙虾所消耗,没有吃掉的,在水环境中腐烂,与龙虾的排泄物一起,被其他微生物、虫子等食用,再次成为龙虾的食物,或分解后作为植物的肥料被吸收利用。水田中的其他植物以及水稻的枯叶,成为龙虾的食物或再腐烂进入相似的循环过程……氮素经由龙虾饵料而进入水田,通过稻谷及龙虾产品从水田带出氮素,其他物质中的氮素主要在水田生态系统中循环。除产品外,流出的氮素越少,生产者的经济效益越高,对外部环境的影响(面源污染)就越少,在此模式中,生产者的收益与环境的正外部性呈现正相关关系。

南方稻作区普遍适用共生农业模式,由于技术模式很多,所以,从理论上讲,每个地区都可以找到适应于当地的共生农业技术模式。共生农业从收获单一农产品到收获多种农产品,且多为无公害或绿色优质农产品,因此,单位面积的产出是普通生产的三到五倍,甚至十倍,生产者有较高的积极性。如果政府能积极加以试点、引导,在重点湖泊上游地区推广,则可以事半功倍地控制面源污染问题。

五、结论与讨论

通过多年的研究,课题组逐渐理解了当前农业面源污染问题在技术、经济和社会方面的基本特征,理解了面源污染研究的基本思路以及解决面源污染应该采取的基本策略。

由于在共生农业生态系统中水生动物对化学物质具有排斥性特点,迫使共生农业的生产模式不

^①数据来源于2016年12月23日课题组对潜江市水产局吴先生的访谈。

^②参见:《2018年潜江市政府工作报告》,http://www.hbzyw.gov.cn/index.php/Yjcg/newcon/yyid/1296.html.

^③2016年12月23日课题组对潜江市水产局吴先生的访谈。

用或少用化肥、农药。共生农业的生产过程与普通水稻生产相比,大大减少了向环境排出的水量,因此,共生农业可以不产生污染或很少产生污染。与此同时,共生农业呈现出良好的经济效益,有很好的发展前景。随着多种共生农业技术类型的发展和共生农业面积的扩大,南方稻作区的面源污染问题有望得到逐步缓解。

测土配方施肥是精准用肥、减少面源污染的重要技术手段。传统小农主要依赖经验施肥,这在肥料十分稀缺的时代,并不会产生面源污染问题,但在化肥充裕、劳动力价格日趋高涨的今天,过剩是很难避免的。测土配方施肥虽然有减少肥料用量的效果,但对高度分散的小农而言意义有限,不过随着土地经营规模的不断扩大,测土配方施肥对于减少农业面源污染的价值日益突显。

如何理解小农的行为,一直是农村社会学、农村经济学的重要话题。基于已有的对小农行为特点的理解,课题组采用记账方式测量农户的用肥数量,是理解小农施肥行为和散户面源污染特点的基本方法。虽然课题组在测量样本、数据完整性方面还有待于进一步完善,但作为测量农户用肥的基本方法,笔者认为成功的,也值得向同行推荐。

面源污染课题五年多时间的研究,很大程度上是方法层面的探索,课题组重点探索和收获的是,在什么情景下,采用什么样的方法更容易、更精准理解农业面源污染问题。五年多时间的研究,很大程度上也是关于面源污染解决策略的探索。具备良好的经济效益并易于操作的生产模式或技术方案,才能最终解决农业生产中面源污染问题。

长期存在的对基础科学的忽视,包括对社会科学的忽视,使课题组的研究定位在解决农业面源污染的基础认知领域中。没有科学认知基础的对策,是无法真正解决现实问题的。当然,从科学认知到实际解决问题仍有一段相当长的路要走。作为多学科主题的农业面源污染研究,单一学科很难真正理解问题的所在。现有的研究是开放的,或者说还很不完善,期待更多实质性的研究成果呈现出来。

[参 考 文 献]

- [1] 冯克亮.浅谈海洋的面源污染[J].海洋环境科学,1984(1):78-79.
- [2] 李恒鹏,黄文钰,杨桂山,等.太湖地区蠡河流域不同用地类型面源污染特征[J].中国环境科学,2006(2):243-247.
- [3] 万超,张思聪.基于GIS的潘家口水库面源污染负荷计算[J].水力发电学报,2003(2):62-68.
- [4] 孟春红,赵冰.御临河流域农业面源污染负荷的研究[J].中国矿业大学学报,2007(6):794-799.
- [5] 杜军,杨培岭,李云开,等.不同灌期对农田氮素迁移及面源污染产生的影响[J].农业工程学报,2011(1):66-74.
- [6] 李文超,翟丽梅,刘宏斌,等.流域磷素面源污染产生与输移空间分异特征[J].中国环境科学,2017(2):711-719.
- [7] 李世阳,王立,KALITA P K,等.面源污染中磷流失多重影响因素主成分分析[J].哈尔滨工业大学学报,2016(2):57-62.
- [8] 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.
- [9] 韩洪云,杨增旭.农户农业面源污染治理政策接受意愿的实证分析:以陕西眉县为例[J].中国农村经济,2010(1):45-52.
- [10] 杨顺顺,栾胜基.基于多主体模型的种植业面源污染控制模拟:化肥税-环境服务付费功效比较[J].系统工程理论与实践,2014(3):777-786.
- [11] 洪大用,马芳馨.二元社会结构的再生产:中国农村面源污染的社会学分析[J].社会学研究,2004(4):1-7.
- [12] 王晓毅.农村发展进程中的环境问题[J].江苏行政学院学报,2014(2):58-65.

- [13] 魏欣,李世平.基于农户行为的农业面源污染机制探析[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2012(6):26-31.
- [14] 李传桐,张广现.农业面源污染背后的农户行为:基于山东省昌乐县调查数据的面板分析[J].地域研究与开发,2013(1):143-146.
- [15] 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.

Research Strategy of Agricultural Non-point Source Pollution

CHEN Ajiang^{1,2}

(1.Department of Sociology, Hohai University, Nanjing 211100, China

2.Center for Environmental and Social Studies, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Due to a deficiency in the basic cognition of agricultural non-point source pollution, it is difficult for us to formulate an effective management plan. Based on more than five years of exploration and practice of multiple methods, the basic research strategies of agricultural non-point source pollution are combed in this paper, which include: (1) The variation of fertilizer use behavior of small-holders is huge, and the general measurement method is not effective. The basic data of the amount of fertilizer, variety, area and yield of rice production during the season are recorded with the method of household recording, and the amount of nitrogen, phosphorus and potassium in unit area and unit output are measured. (2) Measuring and comparing the amount of fertilizer applied to soil testing formula fertilizer and common chemical fertilizer, and discussing the characteristics of formula fertilizer use group. (3) The special negative externalities habitat needs of the new type of symbiotic agriculture will help to keep water in the field, and the characteristics of interbiological interdependence and phase gram help to reduce or even stop the use of pesticide and chemical fertilizer, thus reducing the effect of non-point source pollution. As a complex issue, agricultural non-point source pollution is explored in a multidisciplinary way with an open attitude in this paper.

Key words: agricultural non-point source pollution; symbiotic agriculture; soil testing and formulated fertilization; bookkeeping

[责任编辑 章 诚]