

ZHONGGUONONGYE MIANYUAN WURAN
WENTI YANJIU

中国农业面源污染 问题研究

梁流涛 秦明周 著

中国社会科学出版社

ZHONGGUONONGYE MIANYUAN WURAN
WENTI YANJIU

中国农业面源污染 问题研究

梁流涛 秦明周 著

中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国农业面源污染问题研究/梁流涛, 秦明周著. —北京:
中国社会科学出版社, 2013. 11

ISBN 978 - 7 - 5161 - 2930 - 2

I. ①中… II. ①梁… ②秦… III. ①农业污染源—面源
污染—污染防治—研究—中国 IV. ①X501

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 156352 号

出 版 人 赵剑英

选题策划 卢小生

责任编辑 卢小生

责任校对 高 婷

责任印制 李 建



出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号 (邮编 100720)

网 址 <http://www.csspw.cn>
中文域名: 中国社科网 010 - 64070619

发 行 部 010 - 84083635

门 市 部 010 - 84029450

经 销 新华书店及其他书店

印 刷 北京市大兴区新魏印刷厂

装 订 廊坊市广阳区广增装订厂

版 次 2013 年 11 月第 1 版

印 次 2013 年 11 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 12

插 页 2

字 数 203 千字

定 价 36.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社发行部联系调换
电话: 010 - 64009791

版权所有 侵权必究

摘 要

改革开放三十多年以来农业经济全面发展，同时由于经济增长模式粗放，经济利益驱动以及对生态环境价值的忽视等原因，农业发展的巨大成就在很大程度上是靠牺牲生态环境取得的，农业生产与环境保护的矛盾日益突出，并产生了一系列农业环境污染问题。第一，在农业集约化程度较高的东部和中部地区由于过度使用化肥、农药等农业化学品，并且利用率低下，农业面源污染危害已经远远超过工业点源污染。第二，畜禽养殖污染，每年近 20 亿吨的畜禽粪便和 100 多亿吨的养殖污水有 90% 以上未经过任何处理或简单处理后直接排入河流、湖泊，严重污染了生态环境。第三，农业生产残留物，如秸秆等不合理利用造成的污染也不容忽视。农业面源污染问题成为水体污染的主要来源，并对生产和生活造成了严重的负面影响，已经威胁到社会经济可持续发展的基础。因此客观上迫切需要解决农业发展、资源利用与环境保护之间的矛盾。

大量研究表明，农业生产活动、经济发展与农村生态环境问题的产生密切相关。农业经济增长中粗放的增长方式、不合理的农业生产方式和农业结构及其空间布局以及农业环境管理政策不完善是农业面源污染产生的主要原因。因此，准确、系统地把握农业生产、经济增长与面源污染演变之间的关系，探讨农业面源污染演变规律及驱动机制，揭示农业发展的环境代价，评估农业面源污染对农业绩效的影响，探讨基于农业增长方式转变的面源污染控制和管理模式，并提出相应的公共政策框架，对于实现农业生产与环境保护的协调发展，有效控制与管理农业面源污染，保障区域、社会、环境的可持续发展具有重要的理论和现实意义。同时也有助于更加客观地评估农业经济增长的质量，能够为建设“两型（资源节约型和环境友好型）农业生产体系”有所助益。

本书在对农业发展中面源环境问题类型和成因分析的基础上，开展以下研究：（1）探讨农业污染排放的时空分异特征，借助 EKC 分析工具探

寻农业面源污染随经济增长的演变规律,判断农业面源污染恶化或者改善的拐点;(2)构建农业面源污染演变驱动机制的分析框架,探讨农业面源污染演变驱动因素;(3)从静态和动态的视角测度环境污染影响下的农业绩效,并考察其时空格局;(4)借鉴和评价国外农业面源管理政策,提出我国农业面源污染控制和管理模式及路径。本书通过综合应用总结和归纳的方法、环境库兹涅茨曲线(EKC)分析模型、农业面源污染演变驱动机制计量经济分析模型、方向性距离函数、统计调查法与投入产出法相结合的农业面源污染排放量的估算方法等研究方法,得出主要结论如下:

第一,我国农业面源污染的类型和成因。(1)我国农业面源污染主要包括农田化肥和农药污染、畜禽养殖污染、农业生产废弃物污染和农村生活污染。其基本特点是来源广泛,类型多样。(2)我国农业面源污染形成原因主要包括四个方面:一是由于农业发展模式粗放和农业产业结构及其空间布局不合理;二是人口在农村地区的过量堆积,对自然资源和环境压力较大,再加上农民环保意识淡薄以及旧有的生活习惯,更进一步助长了农村生态环境问题的滋生和加剧;三是生态环境管理政策设计二元化,表现为农村生态环境管理制度设计和政策工具供给严重滞后于城市,污染防治投资绝大部分投放在城市,农村环保设施极少且利用率不高;四是市场失灵和政策失灵的同时存在又进一步加剧了农业面源污染的产生。

第二,农业面源污染时空分异特征。1990—2009年我国农业面源污染三种污染物(COD、TN、TP)排放总量和排放强度总体上呈现增加趋势。在空间分布上,农业面源污染排放总量较大的省市主要分布山东、河南、河北、四川、江苏、湖北、安徽等人口众多、农业集约化程度较高的地区,这些地区应该是农业面源污染控制的重点区域。从污染来源来看,农业生产中的化肥的使用、畜禽养殖业的发展是农业面源污染主要原因,因此,应将农业生产化肥污染和畜禽养殖污染视为重点控制的污染类型,另外农田废弃物对农村生态环境影响也较大,在农业面源污染控制和管理中也不应忽视。农业面源污染来源区域差异也很明显,应因地制宜地制定农业面源进行控制和管理战略。

第三,经济增长和农业面源污染的演变规律。(1)不同经济发展阶段对农业环境污染的影响差别很大。随着经济发展水平的提高,经济发展对农业环境污染的影响呈现“低—高—低”的变化趋势。这种变化趋势

可能与环境库兹涅茨曲线假说的内容一致。(2) 我国农业面源污染的演变趋势符合环境库兹涅茨假说, 三类污染物的转折点分别出现在 58152 元、55238 元、36129 元处, 我国大多数省份的人均 GDP 都低于环境库兹涅茨曲线转折点, 而且仍有很大差距, 在经济增长的过程中农业面源污染对环境的压力仍然将继续加大。从经济发展区域差异来看, 不同经济发展水平的地区处在环境库兹涅茨曲线的不同阶段。经济发展水平较低的西部地区处在环境库兹涅茨曲线的最底端, 经济发展水平中等的中部地区和部分东部发达地区处在环境库兹涅茨曲线左端的中部, 北京、上海等发达地区处在或者已经出现拐点。

第四, 农业面源污染演变驱动因素。农业面源污染演变的驱动因素主要包括农业结构变动、技术进步水平、农业资源禀赋和环境管理制度。其中, 农业结构变动中重要的种植结构变动和农业产值结构很大程度上加大了农业面源污染; 技术进步对农业面源污染的影响在第一阶段(1990—1998) 不显著, 其正面效应在第二阶段(1999—2009) 开始显现, 但整体上我国农业技术进步率偏低, 影响了技术进步在降低农业面源污染中的正面作用; 农业资源丰富的地区对农业面源污染的压力较小; 由于农业面源污染管理制度不完善, 其应有的作用还没有发挥。

第五, 农业面源污染影响下的农业绩效。(1) 1997—2009 年间全国农业环境技术效率的平均值为 0.692, 这表明在考虑环境因素的情况下, 农业实际产出占理想产出的比例为 69.2%, 农业环境技术效率整体不高。1997—2009 年间我国农业 ML 生产率指数平均值 1.006, 表明我国农业全要素生产率在 1997—2009 年间有一定的提高, 平均每年增长 0.6%。(2) 农业绩效空间差异较大。在考虑环境因素的条件下, 经济发展水平较高的东部地区不仅农业投入产出效率高, 而且生产率指数呈现增加的趋势, 经济发展水平较低的中部和西部地区环境技术效率普遍较低, 而且生产率呈现减少的趋势, 农业生产中存在潜在的危机。(3) 从农业全要素生产率的构成来看, 1997—2009 年我国农业生产技术进步指数和技术效率指数的平均值分布为 1.004 和 1.002, 表明技术进步对生产率提高的贡献较高, 而农业技术效率的贡献相对较小。(4) 收敛性检验表明, 全国的农业全要素生产率同时存在绝对收敛和条件收敛, 这表明中国各省农业生产率水平的差距不仅可以缩小, 而且最终将稳定在同一水平上。同时不同区域也表现为不同的收敛特征, 东部、中部地区表现出明显的绝对收敛

和条件收敛特征,存在“俱乐部”收敛现象。西部地区的绝对收敛和条件收敛都不明显。

基于以上研究结论,本书认为,我国农业面源污染管理创新思路是:构建农业发展与环境保护相结合的农业面源污染管理模式,将生态环境保护融入农业发展中,农业增长—环境污染治理实施一体化政策;建立符合我国实际的、激励和约束相容的农业环境决策与管理体系;以源头治理为主,末端治理为辅;共同负担,政府为主导。具体来说,主要是转变农业发展模式,提高技术进步在农村经济发展中的作用,优化农业产业结构,建立循环农业发展模式;适时对农业面源污染状况进行评估和战略定位;划定农村生态功能区,对其进行合理规划,实行差别化的环境管理政策;建立完善农业环境管理的公共政策体系,综合运用多种政策工具,特别重视激励类政策工具的应用;完善农业环境管理法律体系等。

关键词: 农业发展 农业面源污染 时空分异特征 驱动机制 农业环境体系

目 录

第一章 导论	1
第一节 选题背景与研究意义	1
第二节 文献回顾	4
一 农业面源污染形成机理及模型研究	4
二 农业生产的农业面源污染效应研究	6
三 农业面源污染控制与管理研究进展	9
四 简要评述	14
第三节 概念界定与研究内容	15
一 概念界定	15
二 研究内容与章节安排	16
第四节 研究思路、研究方法和数据来源	17
一 研究思路	17
二 研究方法	17
三 数据来源	20
第五节 可能的创新和不足	20
第二章 农业发展中的面源污染问题辨析	22
第一节 农业面源污染的主要类型和特征	22
一 农田化肥和农药污染	23
二 畜禽养殖污染	28
三 农业生产废弃物污染	30
四 农村生活污染	31
第二节 农业面源污染成因分析	32
一 粗放的农业经济增长方式	33

二 人口压力	43
三 城乡环境管理的二元化	44
四 市场失灵与政策失灵	46
本章小结	58
第三章 农业面源污染时空分异特征分析	59
第一节 农业面源污染核算	59
一 农业面源污染核算方法	59
二 产污过程调查与单元产污系数	62
三 不同类型农业面源污染核算	68
第二节 农业面源污染时空特征分析	69
一 时序变化趋势	69
二 空间分异特征	71
第三节 农业面源污染源解析	74
一 全国层面的农业面源污染源解析	74
二 农业面源污染源空间分异特征	75
本章小结	80
第四章 农业面源污染 EKC 假说与验证	82
第一节 经济发展与农业面源污染关系的理论基础	82
一 经济发展相关理论	82
二 可持续发展理论	85
三 经济发展和环境质量关系	86
第二节 农业面源污染 EKC 假说	89
第三节 农业面源污染 EKC 假说验证及结果分析	92
一 EKC 面板数据模型	92
二 农业面源污染 EKC 曲线假说检验	95
三 计量检验结果分析	97
本章小结	98
第五章 农业面源污染演变驱动机制分析	100
第一节 农业面源污染演变驱动机制的理论分析	100

一 分析框架·····	100
二 农业经济发展与农业面源污染·····	102
三 经济发展对农业资源的需求与农业面源污染·····	107
四 环境管理制度与农业面源污染·····	107
第二节 农业面源污染影响因素实证研究·····	108
一 模型构建和指标选择·····	108
二 模型结果分析·····	110
本章小结·····	113
第六章 农业面源污染影响下的农业绩效·····	114
第一节 农业面源污染与农业绩效·····	114
一 问题的提出·····	114
二 农业绩效测度：全要素生产率和技术效率·····	116
三 环境约束下经济增长衡量指标·····	122
第二节 环境污染约束下的农业绩效测度·····	126
一 测度方法·····	126
二 指标选择与数据来源·····	130
第三节 农业面源污染约束下的农业技术效率·····	131
一 时序变化特征·····	131
二 空间分异特征·····	133
第四节 农业面源污染约束下的农业全要素生产率·····	134
一 时空特征分析·····	134
二 农业全要素生产率增长源泉：技术进步抑或效率改善·····	137
三 全要素生产率收敛性分析·····	139
本章小结·····	142
第七章 农业面源污染控制与管理政策体系研究·····	144
第一节 国外农业面源污染控制和管理经验及其借鉴·····	144
一 美国农业面源污染控制和管理政策·····	144
二 欧盟及其主要成员国的农业面源污染管理政策·····	148
三 日本面源污染管理政策·····	153
四 加拿大面源污染管理政策·····	154

五	新西兰面源污染管理政策·····	156
六	发达国家治污对我国农业面源污染控制和管理的启示·····	158
第二节	农业面源污染控制和管理政策体系架构·····	160
一	农业面源污染政策体系构建的目标与原则·····	160
二	农业面源污染政策体系的构建·····	161
第三节	农业面源污染控制和管理政策建议·····	163
一	适时对农业环境状况进行评估和战略定位·····	163
二	转变农业经济增长模式,构建环境友好型生产方式·····	164
三	综合运用多种政策工具,构建完善的公共政策体系·····	165
四	完善农业环境法律体系·····	165
参考文献	·····	167

第一章 导论

第一节 选题背景与研究意义

农业是国民经济的基础产业和战略产业，农业发展直接关系到国家的稳定和社会的安康。改革开放以来，制度创新和技术进步共同带动了农业全面发展，主要表现在以下几方面：农产品产量大幅度增加，粮食、肉蛋、奶总产量增长幅度分别为年均 1.7%、7.2% 和 12.0%，有力地保障了持续增长的人口日益增加的食品需求，其中在粮食产量方面已经实现了连续九年的增长，到 2011 年达到了 57121 万吨；农业总产值年均增长 7.1%；农民人均纯收入年均增加 5.0% 以上，到 2011 年达到 6977 元，农业结构也不断优化，实现了由种植业为主向农、林、牧、渔协调发展的转变。

但必须看到，农业发展的巨大成就在很大程度上是靠牺牲生态环境取得的，造成了严重的环境污染和资源破坏，农业生产与环境保护的矛盾日益突出（Muldavin, 2005），并产生了一系列农业环境污染问题。

第一，目前我国正处在由传统农业向现代农业过渡时期，农业发展对化学品的依赖性还很大（朱兆良，2006），在农业集约化程度较高的东部和中部地区由于过度使用化肥、农药等农业化学品，并且利用率低下，农业面源污染危害已经远远超过工业点源污染，成为水体富营养化的主要来源（张维理等，2004）。第一次全国污染源普查结果显示，农业源主要污染物如化学需氧量（TOD）、总氮（TN）、总磷（TP）排放量分别高达 1324.09 万吨、270.46 万吨、28.47 万吨，占全国总排放量的 43.7%、57.2% 和 67.3%^①。

^① 环境保护部、国家统计局、农业部联合发布《第一次全国污染源普查公报》，2010 年 2 月 9 日。

第二, 畜禽养殖污染, 每年近 20 亿吨的畜禽粪便和 100 多亿吨的养殖污水有 90% 以上未经过任何处理或简单处理后直接排入河流、湖泊, 严重污染了生态环境。

第三, 农业生产残留物, 如秸秆等不合理利用造成的污染也不容忽视。

在全世界范围内, 农业面源污染已经成为水体污染的主要原因 (OECD, 2001; 张维理等, 2004), 这是一个世界性问题。美国环保局的相关调查报告显示, 农业面源污染是美国河流和湖泊污染的第一大污染源, 导致约 40% 的河流和湖泊水体水质不合格^①; 在欧洲国家, 农业面源污染同样也是造成水体硝酸盐污染和磷富集的最主要原因^②。例如, 在荷兰, 来自农田的氮磷负荷分别达到 60% 和 50% 左右 (Boers, 1996); 在瑞典, 不同流域单独污染来自农业的比例在 60%—87% 之间 (Lena, 1994); 爱尔兰大多数富营养化的湖泊内也主要是面源污染 (Foy, 1995); 芬兰大约有 20% 的湖泊存在水质恶化的状况, 而农业面源排放的磷素和氮素所占比重最大, 超过了 50% (Sharpley, 1994)。目前, 中国湖泊达到富营养化水体的已占 63.6%, 造成水体富营养化的主要原因同样也是农业面源的污染。据估计, 第一产业废水的 COD 和氨氮占排放总量的比例分别达到 36.6% 和 36.1% (邹首民等, 2006)。河套灌区农田排水排出的氮、磷是当地水体富营养化的主要污染源, 贡献率达到 59%—86% (王金南等, 2004)。在太湖流域, 农业污染对水体富营养化总氮和总磷的贡献率分别为 59% 和 30% (杨桂山等, 2003); 对滇池流域的研究表明, 农业污染对进入滇池外海的总氮和总磷的贡献分别为 53% 和 42% (张维理等, 2005)。可见, 农业面源污染控制日益成为影响区域和国家农业及社会经济可持续发展的重大问题。

农业面源污染对生产和生活造成了严重影响。

第一, 引起水体的富营养化, 破坏水生生物生长环境, 阻碍水生生物的呼吸和觅食, 甚或引起水生生物的猝死, 导致局域水生生态系统的失调。

第二, 造成严重的地下水硝酸盐污染, 危及饮用水源质量。我国北方地区农业面源污染造成的地下饮用水源污染已经十分严重, 有 20% 的集

^① US Environmental Protection Agency, Non - Point Source Pollution from Agriculture. <http://www.epa.gov/region8/water/nps/npsurb.html>, 2003.

^② European Environment Agency, Europe's Water Quality Generally Improving But Agriculture Still the Main Challenge. <http://www.eea.eu.int/>, 2003.

约化农区地下水硝酸盐含量超过我国饮用水限量标准（20 毫克 N/L），地下水硝酸盐含量超过 WHO 标准（10 毫克 N/L）的地区已占 45%，严重影响了当地居民的身体健康和生命安全。

第三，农业面源污染导致水土污染的同时，也使其生产力降低，就进一步加剧了水土资源供需的矛盾，严重影响农业生产的资源与环境基础（张士功，2005）。

第四，农业污染引发的农产品质量安全隐患和群体性事件逐年增多，全国每年因重金属污染的粮食达 1200 万吨（人民网，2011），危及人民生活质量和健康状况。在未来二三十年中，我国人口数量将达到峰值，为了保障国家粮食安全，政府将进一步推动农业的集约化、规模化和区域化发展。如果农业增长继续延续目前的增长模式、忽视对农业环境的保护和管理，农业面源污染的规模和对环境的负面影响势必进一步扩大，农业生产、居民生活质量和健康状况也将受到更大的影响。为此，《国民经济和社会发展“十二五”规划》明确提出实现经济社会与资源环境协调发展的目标，并特别强调加强农业环境治理。中共十七届三中全会也提出了建设“两型农业”（资源节约型、环境友好型农业）的任务。中共十八大也将“生态文明”建设放在了突出地位。因此，客观上迫切需要协调农业发展、资源利用与生态环境保护之间的矛盾。

大量研究表明，农业生产活动以及经济发展与面源污染的产生密切相关。农业经济增长中粗放的增长方式、不合理的农业生产方式和农业结构及其空间布局是农业面源污染产生的主要原因。因此，准确、系统地把握农业生产、经济增长与面源污染演变之间的关系，探讨农业面源污染演变规律及驱动机制，揭示农业发展的环境代价，评估农业面源污染对农业绩效的影响，是有效控制与管理农业面源污染的基础和前提，对于实现农业生产与环境保护的协调发展、构建农业面源污染控制和管理模式以及政策框架具有重要的理论和现实意义。同时也有助于更加客观地评估农业经济增长的质量，能够为建设“两型（资源节约型和环境友好型）农业生产体系”有所助益。

如何协调农业生产、资源利用与生态环境之间的关系是实现社会经济可持续发展的关键问题，目前我国在这个领域的研究才起步，主要针对农业面源污染和流域水环境的技术与工程控制。诚然，治理技术与工程对农业面源污染的控制和管理固然十分重要，但我国目前对农业面源污染的控

制管理更多地采取“医污治污”模式,重末端治理、轻全过程控制,由于面源污染具有随机性、滞后性、产生机理复杂性等特征,这就抵消了农业面源污染控制的效果。研究表明,全程控制是防控农业面源污染的有效途径(张维理等,2004)。另外,另外国际经验和我国的特殊国情也表明,充分发挥政策工具在农业环境管理中的作用也是非常必要的(Battershill and Gilg, 1996; Hodge, 2001; 陈锡文, 2002)。鉴于此,本书试图改变以往“医污治污”的环境控制和管理模式,将经济增长与环境保护结合起来,从农业生产过程以及农业经济增长本身寻求全程治理农业面源污染的控制和管理途径,探讨基于农业增长方式转变的面源污染控制和管理模式,并提出相应的公共政策框架,以期为解决日益恶化的农业面源污染问题,保障区域、社会、环境的可持续发展提供理论依据。

第二节 文献回顾

伴随农业经济的快速发展,农业环境问题日益突出,对国家、区域社会经济的可持续发展造成了严重影响,各种环境规制也开始出现,农业环境管理问题因此受到了各国政府、国际组织和学术界的极大关注,并逐步成为社会关注的热点和重点。

一 农业面源污染形成机理及模型研究

(一) 农业面源污染形成机理

农业面源污染的迁移转化机制是进行定量模拟研究及控制治理的基础。Tim (1994) 认为,农业面源污染产出的过程是在降水和径流冲刷作用下,通过农田地表径流、农田排水和地下渗漏等方式,农业生产中溶解的污染物从非特定的地域进入受纳水体形成的。阎伍玖、鲍祥等(2001)认为,农业面源污染的形成是农业生产活动产生的各种污染物以低浓度、大范围的形式缓慢地从土壤圈内向水圈移动、迁移的过程。张玉珍(2004)认为这是一个连续的动态过程,即降雨径流、土壤侵蚀、地表溶质溶出和土壤溶质渗漏四个相互联系、相互作用的过程。可见,农业面源污染的产生过程也就是农业生产中产生的污染物随地表和地下径流进行复杂的迁移和转化的过程(郑一等, 2002)。与污染物迁移过程相伴的是一系列的物理、化学和生物的转化过程,这些过程均因污染物、自然环境和

历时的差异而发生变化 (Karen, 1995)。污染物的迁移方式因污染物类型不同而有所差别, 主要包括两种: 一是污染物吸附于泥沙颗粒上, 随土壤流失以悬浮态形式进入水体, 主要表现为悬浮态流失; 二是被淋溶的污染物, 以溶解态形式随径流进入水体, 主要表现为溶解态流失。农业面源污染的产生和迁移受多种因素的影响, 例如降雨 (Schuman, 1973; Sharpley, 1994)、植被覆盖 (刘枫, 1998; 张兴昌等, 2000)、土地利用方式以及耕作制度 (Zampella, 1994)、肥料种类与数量 (Ingram, 1980; 邹伦等, 1996) 等。同时, 学者从不同角度对农业面源污染物的来源进行了分析。徐谦 (1996) 指出, 化肥、农药等污染物通过农田排水和地表径流的方式进入地表水体造成污染, 是农业非点源污染的主要类型之一。朱颜明 (1999) 等认为, 面源污染的来源主要有水土流失引起的土壤侵蚀、农用化学制品的过量施用、农田污水灌溉、农业与农村废弃物、城镇垃圾、畜禽养殖等。张维理等 (2004) 认为, 集约化农区和蔬菜、水果、花卉生产中大量使用的农药化肥、农村畜禽养殖以及城乡结合部地带的生活生产排污是农业面源污染的主要来源。

另外, 众多学者从经济学和社会学角度分析了农业面源污染问题的成因。从经济学角度来看, 罗必良、温思美 (1996) 及黎赔肆、周寅康 (1999) 认为, 导致农业环境问题产生的原因有三: 一是农村土地所有权主体模糊、使用权不稳定; 二是产权外部性; 三是农村大量公有资源和共有资源的存在; 沈满洪 (2001) 及赵海霞等 (2007) 认为, 造成农村生态环境污染的原因主要有市场失灵、政府失灵、市场与政府同时失灵三方面因素。也有学者将社会学概念“断裂”拓展到农业环境领域, 认为城乡社会断裂是农业面源污染产生的深层结构性原因, 也就是城乡二元结构的加剧 (梁流涛、曲福田等, 2010), 并且农业环境恶化反过来又造成城乡社会断裂的再生产, 形成一个怪圈 (李锦顺, 2005)。温铁军 (2007) 将农业面源污染现象解释为: 一方面社会上推崇消费主义造成过量的食品浪费; 另一方面盲目招商引资、加快城市化造成土地资源不断被大量占用; 在农业资源日益短缺的情况下, 形成了农业增产与面源污染的恶性循环。

(二) 农业面源污染 (量化) 模型研究

早期的面源污染研究始于土地利用对于河流水质产生影响的认知, 基于此, 美国、加拿大提出了基于土地利用—面源污染负荷关系的输出系数

模型 (Hait, 1976; Whipple, 1977), 这类统计模型主要是依据因果分析和统计分析的方法, 对数据质量的要求比较低, 能够简便地计算出流域出口的污染负荷, 具有计算简单和实用性较强的特点, 虽然精确性较差, 但在早期的技术条件下得到了较为广泛的应用 (Rast, 1983)。20 世纪 80 年代中后期, 面源污染量化研究取得了很大发展, 主要借助各种模型来模拟农业面源污染来源机理, 描述污染物的地表迁移过程, 提出的模型主要为机理模型和连续时间序列响应模型, 同时学者也开始对径流和水质模型的对接方法进行探讨。进入 20 世纪 90 年代后, 随着对因素分析和污染物迁移机理研究的更加深入, 提出了多个能够应用于面源污染负荷定量计算、控制措施和政策效果评价的农业面源污染模型 (Sliva, 2001; 张秋玲等, 2007), 比如化学污染物径流负荷和流失模型 (CREAM)、农业非点源污染模型 (AGNPS)、农田尺度的水侵蚀预测预警模型 (WEPP)、流域非点源污染模拟模型 (ANSWERS)。这一时期的最大特点是开始将 3S (RS、GPS、GIS) 技术与面源污染模型结合。进入 21 世纪后, 面源污染负荷估算相关的流域开发方案、面源污染管理模型和面源污染风险评价成为本时期应用模型研究的最新突破点 (荣馄等, 2009)。

国内的农业面源污染研究更多是在借鉴国外较为成熟模型的基础上进行实践和创新: 运用土壤养分流失模型分析 N、P 流失及其影响因素 (于兴修, 2002; 杨金玲等, 2002; 单保庆等, 2000; 黄满湘等, 2003), 利用等标排放量的方法对各种污染源的污染负荷进行评价 (张大弟等, 1997; 钱秀红等, 2002; 叶飞等, 2006), 遥感技术和 GIS 在农业面源污染的宏观预测中的应用 (王少平等, 2000; 史志华等, 2002; 曹文志等, 2002), 利用磷指数方法对农业面源磷流失危险性进行定量化评价 (张淑荣等 2003), 利用水动力学与污染物迁移机理建立了流域面源污染模型系统 (李怀恩等, 1997)。

二 农业生产的农业面源污染效应研究

农业生产是农业面源污染产生的重要驱动力, 学者已经开始关注这个问题, 冯孝杰 (2005) 从农户土地经营目标、农户经营规模、农户经营方式、土地投入等方面系统地分析了农业生产对农业面源污染的影响。基于此, 从农田使用管理方式、土地利用结构、土地利用方式、土地经营规模等方面进行综述。

(一) 农田经营管理与农业面源污染