

■ 华春林 著

农业面源污染治理： 教育引导与农户参与

Research of Controlling Agricultural Non-point Source Pollution: ■
Education and Farmers' Participation



科学出版社

农业面源污染治理：教育 引导与农户参与

华春林 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以公共物品和外部性理论、成本-收益分析理论及决策理论为基础,借鉴国内外已有的研究成果,以实地调研数据为统计样本,构建多元线性回归模型证实农业面源污染教育培训项目的有效作用,并利用二元Logistic和有序Probit模型分析农户对污染治理的教育培训项目认知、参与意愿及整体决策制定,还运用Propensity Score Matching估算农户参与治理项目的实施效果。并结合我国农业面源污染教育培训治理机制,借鉴美国的治理经验,从治理机制的构建、公众参与、后续监测等方面提出系统政策建议。

本书可供农业相关政府决策和咨询部门的农村经济部门干部、乡镇企事业单位管理人员及农业科研单位、农业大专院校的农经专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业面源污染治理:教育引导与农户参与 / 华春林著. —北京:科学出版社, 2015.12

ISBN 978-7-03-046586-3

I. ①农… II. ①华… 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 (2015) 第 289606 号

责任编辑: 杨 岭 钟文希 / 责任校对: 侯若男

责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2015 年 12 月第一次印刷 印张: 8 1/4

字数: 170 千字

定价: 49.00 元

序

随着农业集约化程度提高,农业生产活动中大量使用化肥、农药、农膜等农用外部投入品,农业废弃物增加,农业面源污染日趋严重,这已成为实现农村生态文明、农业可持续发展的主要制约性因子。最新公布的污染普查报告显示,在各类来源废水排放总量中,农业源的氮、磷排放量超过总排放量的50%,我国水资源污染已由工业主导转变成以农业为主要污染源的局。与点源污染相比,面源污染的时空范围更广,不确定性更大,成分、过程更复杂,更难以控制。目前对农业面源污染主要采用政府监管机制和市场机制进行治理,其中,政府监管机制重在制定规范,约束和限制污染行为的发展,但具体实施操作细节不够明确,在治理过程中的可操作性较差,不能满足农业面源污染的治理需求。市场机制在于利用经济手段调节单个个体的污染选择,使其与社会最佳污染选择一致,达到激励经济主体、追求利润最大化的污染行为转换。但农业面源污染防治的难点在于难以在可承担的成本之内对污染源进行有效的监测,无法准确地监测出单个农户对农业面源污染贡献及应付治理成本,导致市场治理手段难以实施。因此,要从根本上改变当前农业面源污染治理失效的局面,应重视农户的治理主体地位,构建农业面源污染的教育引导机制,通过教育培训手段,提高农户环境保护意识,引导农户自觉进行环境友好型农业生产,从源头上控制农业面源污染的发生。

呈现给大家的这本专著,是华春林博士期间研究后续成果的集中体现。该书梳理了国内外农业面源污染治理的相关研究,对我国农业面源污染来源、形成原因及治理现状进行综合分析,指出教育培训手段在农业面源污染治理中的重要作用。并以测土配方施肥及中英项目为例,利用陕西省实地调研数据,从农户对培训项目的认知行为、参与选择行为和项目实施效果三个方面,实证研究了农户对农业面源污染治理培训项目的行为响应。首先,分析教育手段在农业面源污染治理中的显著积极作用,确认农户对农业面源污染治理培训项目认知的影响因素。其次,探讨农户对农业面源污染治理培训项目的参与行为,引入社会资本变量来考量农户的参与行为,并利用相对比率分析法进行深入分析。接着,对农业面源污染治理培训项目的实施效果进行评估,利用倾向评分匹配方法考察参与农户在未参与项目情况下的化肥投入量,将此估计量与参与农户实际化肥投入量进行比较,得出培训项目的平均治理效果,并检验结果的稳定性。最后在借鉴美国农业面源污染治理项目的实施经验及治理成果的基础上,提出针对性的对策建议。

该书特色表现在如下几个方面：

(1)实证分析农业面源污染治理中教育引导机制的重要作用。采用多元线性回归计量模型，估计影响农户化肥投入量的影响因素，结果发现教育培训手段对减少农户化肥投入的显著影响。这意味着教育培训机制能在农业面源污染治理中发挥重要作用，因此，在构建我国农业面源污染微观治理机制时，除加强市场机制和政府调控机制对农户生产行为的调节和约束作用外，还应重视教育培训机制对农户生产行为的引导功能。

(2)引入社会资本变量对农户认知及参与行为进行分析。利用 Logit 和 Probit 模型，引入社会资本变量，实证分析农户对农业面源污染治理培训项目的认知及参与行为及其影响因素，结果显示：农户对农业面源污染治理培训项目的认知及参与行为受复杂因素的影响，其中，社会资本是重要影响因素之一。在我国这样一个“半熟人社会”里，农户的社会网络和关系信任在农业生产决策中具有重要影响。因此，在农业面源污染治理中应考虑利用农户社会资本提高治理效率，例如对“进步农民”或“科技示范户”等的培训，通过扩散效应提高农业面源污染治理效果。

(3)运用倾向评分匹配方法估计农业面源污染治理培训项目的实施效果。结果显示：农户参与中英项目，农户的化肥投入量比他们在未参与情况下减少 $56.24\text{kg}/\text{hm}^2$ 化肥。但是，通过模拟农业面源污染治理培训项目不同实施途径场景，发现项目实施途径对实施效果具有显著差异。在农业面源污染治理中，应针对具体项目实施差异化的教育培训途径，强化农户对项目信息的接收与理解，促使培训项目对农户生产行为的正面影响。

该书系统全面地论述了农业面源污染治理中教育引导机制的作用机理及效果，研究内容丰满，逻辑清晰，结构严谨，反映了作者优良的治学态度和创新精神，书中亦有不少见解具有新意。我认为，《农业面源污染治理：教育引导与农户参与》是具有较大创新性与开拓性的研究著作，最主要的贡献在于，不同于研究市场和政府机制的文献，该书强调教育引导机制对于农业面源污染的治理，以及治理政策的制定和评价，具有重要的学术价值和实践价值。这本书的问世也必将有助于农业面源污染治理机制问题研究的不断深入。当然，书中亦有某些不成熟和不完善的内容，作者从自身研究视角和方法提出的一些观点与见解，也只是一家之言，有些研究还需要做得更深厚、更开阔，然瑕不掩瑜，书中认真、求实、创新之精神是值得肯定的。

陆 迁

2015 年 8 月于西北农林科技大学

前 言

农业面源污染是指农户在从事农业生产活动过程中,由于化学投入品、农作物废弃部分及其他农业垃圾所产生的氮、磷等其他营养物质,随着雨水或融雪径流以及灌溉排水移动所造成的水体污染,具有分散性、随机性、隐蔽性、滞后性等特征。农业面源污染来源主要有化肥和农药、农业生产废弃物、畜禽集约化养殖、农村生活废弃物、水土流失及污水灌溉污染等。我国通过农业面源污染治理的工程技术及相关治理政策,取得了一定的成果。但在农业面源污染治理中仍然存在较多问题,政府现有治理机制中对农户的忽略导致了现有治理机制的无效性。

农业面源污染治理措施可归属为政府监管、市场引导、教育引导这三种主要治理机制,不同治理机制的目标及实施是有差异的。本书基于实地调研数据,统计分析发现农户对于教育培训机制的响应意愿较大,多数农户愿意支持教育培训机制的实施来改善个人农业生产行为,而对于市场机制和政府监管机制的响应意愿较弱。因此,本书从农户微观视角出发,基于实地调研数据,以农业面源污染治理的教育引导机制为主,实证分析农户对教育引导机制的认知、参与意愿、参与行为、决策制定过程、参与后效果等多方面内容。

本书梳理了国内外农业面源污染治理的相关研究,分析认为农业面源污染的产生是由于其具有公共物品属性和外部性特征,并对农业面源污染治理的成本—收益以及教育引导对农户化肥施用决策影响进行了理论探讨。在此基础上,本书对我国农业面源污染来源、形成原因及治理现状进行综合分析,并利用统计性数据明确指出农户对农业面源污染治理中教育培训机制的响应程度最高,实证分析证实了教育培训手段在农业面源污染治理中的重要作用。随后,本书以测土配方施肥及中英项目为例,利用陕西省实地调研数据,从农户对培训项目的认知行为、意愿选择、参与行为、参与决策制定过程、项目实施效果等方面,实证研究了农户对农业面源污染治理培训项目的参与行为及其效果。

在实证分析过程中,首先,分析教育手段在农业面源污染治理中的显著积极作用,确认农户对农业面源污染治理培训项目认知的影响因素。其次,探讨农户对农业面源污染治理培训项目的认知、参与意愿、参与行为、决策制定过程等方面,引入社会资本变量来考量农户的参与行为并利用相对比率分析法进行深入分析。再次,对农业面源污染治理培训项目实施效果进行评估,利用倾向评分匹配方法观察参与农户在未参与项目情况下的化肥投入量,将此估计量与参与农户实际化肥投入量比较得出培训项目的平均治理效果,并检验结果的稳定性。最后在

借鉴美国农业面源污染治理项目实施经验及治理成果的基础上,提出针对性的对策及建议。本书主要研究内容及结论如下。

1. 研究的主要内容

(1) 农业面源污染是全球性的问题,相应的治理机制已经发生改变,我国对农业面源污染治理的重视程度日益增加。农业生产是目前最主要的水资源使用领域,在发展中国家粗放型农业生产中,长期过量地使用农业化学品造成严重的农业面源污染。尽管类型有所不同,发达国家集约型的农业生产也一样面临着环境问题。世界各国在农业面源污染治理初期,试图通过颁布各类法律法规,以强制性的政策手段控制污染扩散。随后引入了市场经济手段进行治理,试图利用市场经济手段调节单个个体的污染选择,可能将与社会最佳污染选择达到一致。近年,各国较为有效和盛行的方法是采用间接手段影响农户自身的生产行为,利用教育培训项目,提高农户意识,引导农户自觉选择环境友好型生产行为,从源头上控制农业面源污染的发生。我国在1996年环境公报中就已指出我国以城市为中心的环境污染仍在发展,并向农村蔓延,生态破坏的范围仍在扩大,湖泊水库的污染情况为“湖泊水库依然普遍受到污染,总磷、总氮污染严重,有机物污染面广”。自此,每年国家环境公报都会对农业污染进行监测。

(2) 农业面源污染的特殊性质决定了农户在生产决策制定过程中选择收入最大化而忽略环境问题,外界因素会对农户的决策过程进行影响。农业面源污染具有分散性、随机性、隐蔽性、滞后性等特征,农业面源污染的消费行为可以认为是农户在从事农业生产时“吞食水资源质量”的过程。由于农业面源污染消费不具有竞争性和排他性,农业面源污染属于公共物品且在治理过程中会产生外部性。通过农业面源污染治理的成本—效益分析可以确定一个社会最优治理水平,但该治理水平不是农户最优治理水平。应提高农户治理农业面源污染的收益曲线,即提高农户在治理过程中的收益,因为农民面临生存和发展的压力,农户按照净收益最大化原则在农业生产过程中决定农业面源污染排放量。在农业短期生产过程中,固定农业生产资料投入量基本不变,例如耕地面积、劳动力投入等,农户在长久的农业生产过程中积累经验,可变生产资料投入量也处于稳定水平,例如作物种植类型及数量、化肥投入等。但如果考虑外界影响,引入教育引导因素,可以改变农户在化肥投入决策中的决策方式、决策条件及决策风格。

(3) 农户是农业面源污染治理的主体,明确农户对农业面源污染教育引导机制的认知及参与意愿的影响因素,是研究农户参与教育引导机制行为的必要前提。当农户对环境保护、土地肥力及作物生长各阶段合理施肥缺乏认知时,会根据自己或周围村民及朋友的经验来确定化肥施用量。当前,多种因素使农户认为化肥使用越多效果越好,从而导致化肥过度施用的情形愈演愈烈。经过多年各方面研究的积累,学者们关注到农业面源污染治理中教育培训的重要性。我国以减

少农户化肥施用量达到减少农业面源污染为目的教育培训项目逐渐增加。本书以测土配方施肥项目、陕西省中英合作“改进养分管理，减少非点源氮污染，改善农户生计”项目为例(以下简称中英项目)，在治理污染过程中考虑对农户进行教育引导，改变其对污染的认知及参与治理意愿。若农户认知及意愿完全受到教育培训的正向影响，农户化肥施用量会达到社会污染最优水平。

(4)农户为满足自身需求以及为实现农业生产利润最大化而参与农业面源污染治理培训项目，受到多方面影响，解析农户对农业面源污染治理培训项目的参与行为及决策制定过程，才能展开相应的治理措施并达到项目治理目标。农户作为农业生产活动的主体，其农业面源污染治理行为直接受农户认知、生产规模等方面的影响，已有研究证实农户参加培训的次数越多，就越倾向于使用环境友好型的耕作方式。目前，我国以减少农户化肥施用量达到减少农业面源污染为目的的教育培训项目逐渐增加。农业面源污染防治教育培训项目需要广大农户的积极参与，但相关调研数据显示，农户参与率均低于20%。只有提高农户对农业面源污染防治项目的参与率，根据影响农户参与行为的重要因素做出相应调整，教育培训项目的治理目标才能顺利实现。

(5)教育引导项目实施后，对于该项目实施效果的评价尤其重要，这对未来治理项目的设计及执行都具有不可估量的价值。在尝试使用法律法规和行政手段并未取得良好的农业面源污染治理效果后，学者提出将农业技术推广与农业面源污染治理结合起来，通过农业技术推广项目对农户化肥施用行为产生影响，引导和改变传统的化肥使用习惯和方式。那么，如何有效引导农户的“理性化肥施用行为”就成为建立农业面源污染治理教育引导机制的核心。项目对农户化肥施用行为产生什么影响？影响效果如何？评测农业教育培训项目为农户化肥施用行为带来的改变，为农业面源污染微观治理机制的建立提供理论和实证依据。

(6)借鉴发达国家已经取得的实践经验成果，促进和完善我国农业面源污染治理教育引导机制的建立。由于农业面源污染排放的不确定性及我国农户规模小且密集的特征，中国农业面源污染治理仍然任重道远。目前，我国农业面源污染治理的政策法规具体实施操作细节不够明确，在治理过程中的可操作性较差，不能满足农业面源污染治理需求。而市场经济手段由于无法在可承担的成本之内对污染源进行有效监测，市场经济手段也因此无法准确地监测出农户对农业面源污染的贡献，治理收效甚微。我国的教育引导机制刚刚开始，不论是模式还是手段均不成熟，而美国已经尝试利用教育培训项目影响农户自身的生产行为，提高农户意识，引导农户自觉选择环境友好型生产行为，从源头上控制农业面源污染的发生，并取得了一定的成效。分析美国面源污染治理中教育引导机制经验，借鉴美国已经取得的实践经验成果，为我国农业面源污染治理提供新思路及对策。

2. 研究的主要结论

本书对我国农业面源污染来源、形成原因及治理现状进行综合分析，指出教

育引导机制在农业面源污染治理中的重要作用。以实地调研数据为基础,从农户对培训项目的认知行为、参与意愿、参与选择行为、决策制定过程、项目实施效果等方面,进行农户对农业面源污染治理培训项目行为响应的相关研究,得出以下主要结论。

(1)农业面源污染来源多,污染的产生也与多方面社会原因相关,我国通过工程技术与治理政策相结合的治理手段取得了一定的成效。农业面源污染的来源主要有化肥、农药、畜禽集约化养殖废弃物、农业生产及农村生活废弃物、土壤侵蚀及污水灌溉等。与农业面源污染密切相关的社会原因主要有经济增长、环境治理政策、农业结构、技术进步、农户生产行为和环境意识等。农业面源污染治理在工程技术上取得了很多成果,主要有测土配方施肥技术、生态拦截技术、畜禽污染控制技术、农业废弃物处理技术、3S技术等。我国早期有关抑制农资价格上涨的农业政策减轻了农户生产投入成本的负担,对农业面源污染治理工作产生不利的影响,但面源污染引起重视后,国家政策也发生了相应的变化,并取得了一定的成就。我国国控断面水资源质量与2006年相比改善良多,2010年,水质增加了13.4个百分点的等于或优于Ⅲ类的断面,减少了16.9个百分点的劣Ⅴ类断面。但在治理过程中,利益相关体之间的矛盾会阻碍治理行为的推进,科研成果难以转化为污染治理有效手段的情况使得治理措施缺乏效率,政府现有治理机制中对农户的忽略导致治理措施难以执行。通过实地调研数据发现,农户对农业面源污染治理的教育引导机制响应强烈。

(2)农户化肥投入量受教育引导机制影响,而农户个人禀赋、种植特征及社会资本变量影响农户对教育引导机制的认知与参与意愿。本书构建的多元线性回归及Logit计量模型分别实证研究农业面源污染治理中教育培训手段对农户化肥投入量的影响及农户对培训项目认知及参与意愿的影响因素。实证结果显示,教育引导机制变量显著影响农户化肥投入量。农户所在村庄实施农业面源污染治理培训项目会增加农户的化肥投入量,而农户参加培训项目教育活动会减少农户的化肥投入量,这看似矛盾的结果其实反映了中英项目在教育宣传中存在信息不完全和信息传播不到位的现象,导致未参与项目的农户依靠增加化肥投入量试图达到与项目组实验田产量一致的效果。另外,农户对农业面源污染治理培训项目的认知受到家庭人口总数、亲戚朋友间信息交流、家庭农业收入与耕地面积的影响。农户家庭人口数越多,与亲戚朋友间的交流机会和渠道越多,能增加农户对新信息的认知可能性从而提高对培训项目的认知。农户家庭农业收入高并且耕地面积大则需要投入更多时间进行农业生产,农户获取新信息的时间减少,从而降低了农户对农业面源污染治理培训项目的认知可能性。农户对亲戚朋友化肥购买的建议、对参与过的培训班内容信任、参与集体施肥意愿、参与农业面源污染治理意愿、是否受旁人耕种习惯影响、是否向他人推荐良好农产品等变量显著影响农户对教育培训机制的响应意愿。若农户信任亲戚朋友化肥购买的建议,容易受

旁人耕种习惯的影响,则农户参与教育培训项目的意愿会减少。而农户信任培训班内容、参与集体施肥意愿、参与农业面源污染治理意愿、向他人推荐良好农产品等变量,会增加其参与教育培训项目的意愿。

(3)性别、文化教育水平、耕地面积、农业收入比率、亲戚朋友间的交流、乡镇设有化肥培训班、农户化肥培训班经验等因素显著影响农户的参与行为;而在决策制定过程中,农户认知显著影响最终决策行为。利用 Probit 模型实证分析农户参与农业面源污染治理培训项目行为的结果如下。农户社会资本对农户参与农业面源污染治理培训项目行为有负的影响,会减少农户参与培训项目可能性。如果所在乡镇设有化肥培训班,农户参与农业面源污染治理培训项目的可能性增加;农户培训班经验也会增加农户参与培训项目的可能性;若农户支持法律限制化肥使用量,则参与培训项目可能性增加 13.64%。单一因素分析法的结果显示在不同场景下,不同禀赋农户参与农业面源污染治理培训项目的途径选择存在差异。培训班的可获得性是影响农户对农业面源污染教育培训项目参与决策制定的重要因素,该变量对农户参与决策制定过程中每一阶段的影响均为正向影响,也即表示,农户所在村庄或乡镇设有培训班则能够提高农户对农业面源污染教育培训项目的认知、参与意愿及最终的参与行为。而纵观整个农户参与决策制定过程,第一阶段:农户的培训项目认知,对农户参与意愿具有正向影响,却不具有显著性,但对农户最终参与行为有显著正向影响。第二阶段:农户的培训项目参与意愿,受到农户认知的正向影响但不显著,同时,参与意愿对农户的最终参与行为影响为正,但也不具有显著性。最终阶段:农户参与培训项目的行为仅受农户认知的显著影响。

(4)测土配方施肥和中英项目对农户的化肥施用量具有减少作用。本书利用倾向匹配方法估计农业面源污染治理培训项目的效果,结果证实:若农户参与测土配方施肥或中英项目,相比农户在未参与项目情况下,实际化肥投入量与估计投入量之间差值减少 $22.67\text{kg}/\text{hm}^2$;若农户参与中英项目,农户的化肥投入量比他们未参与情况下减少 $56.24\text{kg}/\text{hm}^2$ 化肥,化肥投入量差值降低 $37.44\text{kg}/\text{hm}^2$ 。以上结果说明小范围的农业面源污染治理培训项目比全国性的大项目对农户的影响更为广泛。若农户参与去除农民对农民培训这一教育途径的中英项目,化肥投入量比他们没有参与时减少 $65.7\text{kg}/\text{hm}^2$;若去除农户示范及现场观摩,化肥投入量减少 $53.11\text{kg}/\text{hm}^2$,化肥超出量降低 $73.92\text{kg}/\text{hm}^2$ 。另一方面,农户在参与去除海报及宣传手册手段的中英项目时,化肥投入量比没有参与项目时增加 $20.8\text{kg}/\text{hm}^2$,化肥超出量增加 $19.6\text{kg}/\text{hm}^2$ 。这表示中英项目的各种信息传播途径中,农户示范及现场观摩与农民对农民培训是缺乏效率的途径,而海报及宣传手册是减少农户化肥投入有效的途径。

(5)美国农业面源污染治理培训项目的经验值得借鉴。通过对美国农业面源污染治理培训项目的经验总结,发现建立多方合作的治理机制、提高公众对面源

污染的认识、促进公众的广泛参与和加强后续监测是确保治理项目有效实施的重要手段。农业面源污染的产生具有随机性、来源较为广泛、结果监测具有滞后性。因此，无论源头管理还是污染产生后的治理，都具有相当大的难度，这种情况下更需要多方协作，并提高公众的农业面源污染认知及治理参与。在项目实施完成后，加强后续监测能确保水体质量，并为今后的治理项目提供宝贵经验，这也是我国现有治理体制所欠缺的。

3. 展望及致谢

本书在研究过程中从多方面探讨了农业面源污染治理培训项目对农户行为的积极作用。但现实中农户生产行为受到各种复杂因素的影响，并且农户获取信息的渠道有限，在农业生产和面源污染治理过程中会造成信息不对称的情况。由于时间和数据不足，本书对于信息不对称情况下农户生产行为未进行深入研究，这一问题将成为以后的研究主题。另外，农户的农业面源污染治理行为受到政府监督机制、市场机制和教育引导机制的共同影响，本书重点考察了培训项目对农户治理行为的教育及引导作用，但对于教育引导机制、政府监督机制及市场机制之间的交互作用，以及这种交互作用对农户农业面源污染治理行为的影响研究不足，这也是后续研究需要加强的。由于理论素养和实际研究的欠缺，有的观点可能不妥或存在错误，敬请同行专家和学者批评指正。

《农业面源污染治理：教育引导与农户参与》是西南科技大学华春林博士主持的国家哲学社会科学基金青年项目(14CJY046)成果之一，本书的完成还受到四川循环经济研究中心支持，以及课题组成员刘樑博士、张灿强博士、冯颖博士、黄培博士、刘明月博士研究生的相关努力。在本书编写过程中，我们参阅、借鉴、引用了部分学者同行的研究成果，吸取了许多极其宝贵的观点和意见，特此说明，衷心感谢！在本书调研、写作、修改和完善过程中得到了西北农林科技大学陆迁教授的精心指导与大力支持，也得到了西北农林科技大学郑少锋教授、赵敏娟教授、王礼力教授、姚顺波教授、罗剑朝教授和西北工业大学杨生斌教授的建议，在此一并表示诚挚的感谢！

华春林
2015年7月于四川

目 录

第1章 导论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 农业面源污染问题是全球性问题	1
1.1.2 我国严重的农业面源污染已引起国家重视	2
1.1.3 农业面源污染治理机制的转变	4
1.2 研究目的及意义	6
1.2.1 研究目的	6
1.2.2 研究意义	6
1.3 国内外农业面源污染治理研究动态	7
1.3.1 国外研究动态	9
1.3.2 国内研究动态	10
1.4 研究思路与研究方法	12
1.4.1 研究思路	12
1.4.2 研究方法	13
第2章 农业面源污染治理的理论基础	15
2.1 农业面源污染界定及其特征	15
2.1.1 农业面源污染定义	15
2.1.2 农业面源污染的特殊性质	15
2.2 农业面源污染的公共物品属性	16
2.3 农业面源污染产生的外部性	18
2.4 农业面源污染治理的成本-效益分析	19
2.5 教育引导对农户化肥投入决策的影响	20
第3章 我国农业面源污染及治理现状	23
3.1 农业面源污染来源	23
3.1.1 化肥和农药污染	23
3.1.2 农业生产废弃物污染	24
3.1.3 畜禽集约化养殖及农村生活废弃物污染	25
3.1.4 水土流失及污水灌溉污染	27
3.2 我国农业面源污染形成原因	28

3.2.1	经济增长与农业面源污染的关系	28
3.2.2	环境治理政策与农业面源污染的关系	29
3.2.3	农业结构与农业面源污染关系	30
3.2.4	技术进步与农业面源污染之间关系	31
3.2.5	农户生产行为及环境意识与农业面源污染的关系	33
3.3	我国面源污染治理现状及存在的问题	34
3.3.1	农业面源污染治理现状	34
3.3.2	农业面源污染治理中存在的问题	36
3.3.3	农户对不同农业面源污染治理机制的响应	38
第4章	农户对农业面源污染治理培训项目的认知行为及参与意愿分析	40
4.1	农业面源污染治理培训项目简介	40
4.1.1	测土配方施肥项目	40
4.1.2	中英项目	41
4.2	数据来源与调研内容说明	43
4.3	教育培训手段在农业面源污染治理中的作用	44
4.3.1	实证分析变量说明	45
4.3.2	多元线性回归分析	47
4.4	农户对治理项目的认知及其影响因素分析	49
4.4.1	农户认知定义及影响因素	49
4.4.2	模型选择及说明	50
4.4.3	变量说明	51
4.4.4	实证结果分析	51
4.5	农户对治理项目的参与意愿及其影响因素分析	53
4.5.1	农户参与意愿的影响因素理论分析	53
4.5.2	农户参与意愿的影响因素的实证理论分析	54
第5章	农户对农业面源污染治理培训项目的参与行为及决策制定分析	58
5.1	农户参与行为定义	58
5.2	农户参与行为的影响因素	59
5.3	农户对农业面源污染治理培训项目的参与行为	60
5.3.1	农户参与培训项目统计性分析	60
5.3.2	农户参与培训项目实证分析	62
5.4	农户单一特征与参与行为关系分析	67
5.4.1	分析方法说明	67
5.4.2	单一变量对农户参与行为的关系	67
5.5	农户对教育培训项目认知及参与意愿对参与决策制定的影响	73
5.5.1	认知、参与意愿与最终参与决策之间关系的理论探讨	73

5.5.2 农户认知、参与意愿对参与决策制定影响的实证分析	73
第6章 农户参与农业面源污染治理培训项目的效果分析	79
6.1 倾向评分匹配(Propensity Score Matching)方法	79
6.2 PSM 方法应用及成果	81
6.3 PSM 分析结果	82
6.3.1 数据平衡测试	82
6.3.2 化肥投入量估计	83
6.3.3 农户参与农业面源污染治理培训项目的倾向评分	84
6.3.4 农业面源污染治理培训项目的平均影响效果(ATT)	86
6.4 结果检验	87
6.4.1 Bootstrapped 检验	88
6.4.2 Rosenbaum 敏感性测试	89
第7章 美国农业面源污染治理中教育引导经验借鉴	92
7.1 农业面源污染治理的基础—水污染立法	92
7.2 国家农业面源污染治理项目	95
7.3 州立农业面源污染治理项目—以德克萨斯州为例	97
7.4 农业面源污染治理项目成效—以德克萨斯州为例	99
7.5 启示	103
参考文献	104
附录	112

第 1 章 导 论

1.1 研究背景

来自世界各国的学术研究成果表明：面源污染已成为全球地下水与地表水污染的主要污染源，而农业生产造成的面源污染又是其最大贡献者。在农业生产长期过程中，农业生产者大量使用农业化学品，未被土壤及农作物吸收的各种营养物质大量进入地表水和地下水，引起了水体的富营养化，造成大面积农业面源污染。

“农村环境形势严峻，点源污染与面源污染共存”出现在 2007 年由国家环保总局发布的《2006 中国环境状况公报》土地与农村环境章节中，而在 2009 年世界银行发布的主题为“以农业促发展”的《2008 年世界发展报告》中，明确提出农业生产造成了地下水农用化学物质污染，要寻求更加可持续的农业生产系统，降低水体污染，减少对地下水的不可持续性使用。2012 年召开的中国共产党第十八次全国代表大会提出了“我们一定要更加自觉地珍爱自然，更加积极地保护生态，努力走向社会主义生态文明新时代”的号召，提到环境和生态这两个关键词的频率由 5 年前“十七大”报告中的 28 次提高到“十八大”报告中的 45 次。另外报告中更是出现了“给农业留下更多良田，给子孙后代留下天蓝、地绿、水净的美好家园”的感性语句，这充分说明农业面源污染治理问题已经引起全面关注。

1.1.1 农业面源污染问题是全球性问题

农业生产目前是最主要的水资源使用者，发展中国家粗放型农业生产中，长期过量地使用农业化学品造成严重的农业面源污染。尽管类型有所不同，发达国家集约型的农业生产也一样面临着环境问题。

2002 年，美国环保部的水质评估报告指出面源污染是损害地表水的主要原因，而且农业是对河流与湖泊影响最广泛的污染源。农业面源污染源影响 18% 英里(1 英里=1.609344 公里)的评估河流和 14% 英亩(1 英亩=0.404856 公顷)的评估湖泊，报告还指出，在受污染的河流和湖泊中，农业面源污染源的影响范围分别高达 48% 英里和 41% 英亩(美国环境保护部，2003)。20 世纪 90 年代以前，

农业污染在日本的被认知程度较低,但是随着农业快速发展导致的农产品供求状况变化,农业污染在日本逐渐凸显出来。日本在 1992 年提出“环境保全型农业”的概念,来自“新的食物·农业·农村政策方向”文件,日本从此开始重视农业污染的治理。日本稻田面积占农业耕地总面积的 50%,也是影响日本河流的重要农业污染源,在对河流的监测系统中检测到常用的几种农药在稻田中最高浓度达到 $90\mu\text{g/L}$ (Thai, 2012)。

2000 年 12 月,《欧盟水框架指令》发布,并要求欧盟成员国在 2015 年将地表水和地下水资源达到一种良好的化学和生态状况,这说明欧洲农业大国同样面临严重的农业面源污染问题。荷兰是世界第三大农产品出口国,土地不适于耕种,因此畜牧业极为发达,此外,花卉也是荷兰的支柱产业,需要投入大量化学肥料。近 20 年来,荷兰的江河湖泊由于氮、磷含量的增加导致水质大幅度下降、藻类大量繁殖(Marsh, 2012)。虽然工业是丹麦的主导产业,但丹麦的农牧业也高度发达。丹麦的农业耕地面积占总国土面积的 60%以上,国内湖泊中来自农业的氮、磷排放量分别占 82%和 43%,20 世纪 50 年代到 90 年代,丹麦迅速加强农业生产和城市化扩张,使得淡水湖泊水质急速恶化(Nielsen, 2012)。德国目前是高度发达的工业国,同时农业发达、机械化程度高。在德国有 16 个联邦州正在执行《欧盟水框架指令》,在 2005 年一次调研中发现这 16 个州中有 60%的地表水和 53%的地下水污染严重超标,预期在 2015 年难以达到欧盟指令要求(Hirt, 2012)。

农业生产引起的面源污染是现阶段水体污染中最大的问题之一,尽管中国可以借鉴发达国家已经取得的理论研究和政策实践成果,但是由于农业面源污染排放的不确定性及其我国农户规模小且密集的特征,中国农业面源污染治理仍然任重道远。

1.1.2 我国严重的农业面源污染已引起国家重视

中华人民共和国国家环境保护部(以下简称环保部)每年都会发布官方的中国环境状况公报(以下简称环境公报),从历年环境公报中可以看出,国家对水资源的重视程度越来越高:每年环境公报的数据越来越详细,对水资源检测范围逐渐扩大,检测标准也更加详细和完善。简报公布对我国七大主要水系和重点湖泊水库的监测报告,七大水系分别为长江、黄河、珠江、淮河、松花江、辽河及海河水系,环境公报在 2011 年中将监测水系增加到 10 个,浙闽片河流、西南诸河和内陆诸河三大水系加入监测,重点湖泊水库一共有 27 个(数量较多在此不予列举)。从 1991 年开始,环境公报对我国水环境污染程度进行量化,根据地面水环境质量标准(GB3838-88)划分为 5 类,分别为 I、II、III、IV、V 类,污染程度由低到高。水源、国家自然保护区属于 I 类;集中式生活饮用水水源地一级保护

区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场等属于Ⅱ类；集中式生活饮用水水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区属于Ⅲ类；一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区属于Ⅳ类；农业用水区及一般景观要求水域属于Ⅴ类。从1997年起公报中加入劣Ⅴ类，劣Ⅴ类标准在地面水环境质量标准(GB3838—88)并未定义，所有水质均低于以上5类的都归为劣Ⅴ类，表示污染最严重程度。

1991年环境公报中指出我国污染排放仍以工业为主，但废水中有机污染物增加，已经为农业面源污染大面积爆发提供了线索，该公报对湖泊水库污染的描述为“主要大淡水湖泊及城市湖泊的主要污染物是总磷、总氮，年均值均超标，大型水库的水质较好”。1996年环境公报中指出我国以城市为中心的环境污染仍在发展，并向农村蔓延，生态破坏的范围仍在扩大，湖泊水库的污染情况为“湖泊水库依然普遍受到污染，总磷、总氮污染严重，有机物污染面广”。2001年是表1.1中七大水系污染情况最严重一年，符合劣Ⅴ类标准的水系占半数以上(52.8%)，至此仍然是工业点源污染的严重性掩盖了农业面源污染的严峻程度。经过5年治理，点源污染情况有所好转，到2011年，七大水系符合劣Ⅴ类标准的水系仅占17.7%，但在2006年，符合劣Ⅴ类标准的湖泊水库占近一半(48.1%)，经过4年治理，到2010年，符合劣Ⅴ类标准的湖泊水库下降为38.5%。

表 1.1 我国不同年份水资源污染状况

水资源类别	年份	类别					
		I	II	III	IV	V	劣V
七大水系	1991	45.0%		11.0%		44.0%	—
	1996	32.2%		28.9%		38.9%	—
	2001		29.5%		17.7%		52.8%
	2006		46.0%			28.0%	26.0%
	2011		61.0%			25.3%	17.7%
湖泊水库	1991	无数据，主要大淡水湖泊及城市湖泊主要污染物是总磷、总氮，年均值均超标，大型水库的水质较好					
	1996	无数据，湖泊水库依然普遍受到污染，总磷、总氮污染严重，有机物污染面广					
	2001	0.0%	7.1%	25.0%	32.1%	14.3%	21.4%
	2006	0.0%	7.4%	22.2%	3.7%	18.5%	48.1%
	2010*	0.0%	3.8%	19.2%	15.4%	23.1%	38.5%

注：* 数据来源相应年份中国环境状况公报，由于2011年环境公报中总氮不参与湖泊水库水质评价，因此本书使用2010年环境公报数据，更具有可比性。

另一方面，据国家统计局数据，2007年我国化肥年使用量达5107.8万吨，其中氮肥用量为2297.2万吨，几乎是总化肥用量的一半，复合肥用量为1503万