



现代农业与乡村地理丛书

农田土壤碳氮平衡研究

——以中国环渤海地区为例

郭丽英 王道龙 著



非外借



科学出版社

现代农业与乡村地理丛书

农田土壤碳氮平衡研究

——以中国环渤海地区为例

郭丽英 王道龙 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书面向可持续农业与农田生态安全的战略需求和前沿科学问题,以中国环渤海地区为例,研究建立了基于农田地域分区的农田土壤碳氮平衡综合评价与格局分析方法。运用 DNDC 区域模型和 GIS 技术系统,深入分析了环渤海地区农业生产区域差异与土地利用的空间变化,揭示了农田生态系统碳氮分布格局及其平衡状况,可为环渤海地区农田保育、田园综合体建设,以及农业绿色发展和农田生态环境保护决策提供参考依据。

本书可供农业资源与环境经济领域的研究人员,大专院校农业资源、土地利用管理、农林经济管理等相关专业的教师、研究生和大学生,以及政府相关管理部门人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

农田土壤碳氮平衡研究:以中国环渤海地区为例/郭丽英,王道龙著.—北京:科学出版社,2019.3

(现代农业与乡村地理丛书)

ISBN 978-7-03-060870-3

I.①农… II.①郭… ②王… III.①渤海湾—耕作—土壤—碳氮比—生态平衡—研究 IV.①S153.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 049082 号

责任编辑:朱丽 丁传标 / 责任校对:何艳萍

责任印制:吴兆东 / 封面设计:图阅盛世

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>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019 年 3 月第一次印刷 印张:7 1/2 插页:2

字数:174 000

定价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《现代农业与乡村地理丛书》编辑委员会

学术顾问 吴传钧 陆大道 傅伯杰 唐华俊 余之祥

郭焕成 蔡运龙 李小建 Michael Woods

Guy Robinson Hans Westlund

主 编 刘彦随

副 主 编 (按姓氏汉语拼音排序)

冯德显 黄贤金 龙花楼 乔家君 杨德刚

杨子生 张小林

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈秧分 陈玉福 程叶青 但文红 杜国明

方 斌 房艳刚 冯 健 龚建周 郭丽英

海 山 胡守庚 胡业翠 胡银根 黄安民

李 晶 李同昇 李玉恒 李裕瑞 梁昊光

廖和平 刘建生 刘邵权 刘晓琼 鲁 奇

蒙吉军 乔陆印 石忆邵 宋 戈 王 婧

王瑗玲 王国刚 王介勇 文 琦 伍世代

许月卿 杨 忍 杨园园 张红旗 张晓玲

张义丰 周 扬 周国华 卓玛措

学术秘书 王介勇 李裕瑞

丛书序一

中国“三农”（农业、农村与农民）问题的产生与发展，具有特殊的基本国情和特定的历史背景。新中国成立以来，国家推行工业化、城市化优先发展战略，无论是从产业发展、投资政策，还是从资源分配、社会福利方面，都表现出明确的“城市倾向”，以致“三农”问题日益激化和城乡差距不断拉大，其主要根源是我国长期以来实行特殊的工农、城乡“双二元”结构的管理体制。新时期要落实科学发展观和全面建设小康社会，无疑其最艰巨、最繁重的任务在广大农村。因此，大力发展现代农业，建设新农村，实现统筹城乡发展，正成为推进中国现代化建设的重要切入点，也为中国地理学者面向国家战略需求，拓展专业领域的创新研究提出了新的机遇和挑战。

自新中国成立到 20 世纪 90 年代中期，本着“地理学为农业生产服务”的宗旨，地理学科的广大科研人员热衷于从事农业地理或与农业地理相关的一些专业。由地理学者联合攻关、集体完成的“中国农业资源综合调查”、“全国农业综合区划”与“中国土地利用”等一系列国家重点项目，充分展示了地理学界的团结向上、开拓进取的精神风貌，这些成果受到了国家相关部门的认可和省市政府的欢迎。此后，由于社会发展的变化，地理学科的分化，特别是城市化发展、资源环境保护，以及旅游业快速兴起等原因，不少地理研究单位和高等院校地理系纷纷改名换姓，成立了转向研究这些热门课题的新专业，使很多研究者分散到不同领域，关注不同产业和不同部门，因而放松了对农业地理和乡村发展的全面研究，国内农业与乡村地理研究开始进入低潮期。改革开放以来，农村实行家庭联产承包责任制，农业剩余劳动力转入乡镇企业工作或转向城市打工，从事农业生产的劳动力主体弱化、农村教育落后、农村环境恶化、农民增收与农业增效困难、农村经济滑坡问题日益凸显，使农业与乡村发展面临更为严峻的挑战。中国农业与乡村地理学研究和农业、乡村发展近乎“同命相连”，这一状况逐渐引起了政府管理部门与学术界有识之士的格外关注。

进入 21 世纪，党中央、国务院对“三农”工作予以高度重视。特别是党的“十六大”以来，坚持以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，深入贯彻科学发展观，把解决好“三农”问题作为全党工作的“重中之重”，贯彻“多予、少取、放活”和“工业反哺农业、城市支持农村”的方针，实施统筹城乡协调发展方略。2004 年 1 月，《中共中央 国务院关于促进农民增收若干政策的意见》下发，是在阔别 18 年之后，“中央 1 号文件”再次回归“三农”，至今已连续制定了 5

个指导农业与农村工作的“中央1号文件”，不断巩固、完善、加强了中央支农、惠农和新农村建设政策。相信随着国家解决“三农”问题一系列配套政策的出台，以及国家综合实力的不断增强，我国农业与农村经济发展中面临的突出矛盾一定能够得以破解，我国农业与农村发展必将迈进全面、稳定、协调发展的良性轨道。

然而，中国农业与乡村地理的学科发展毕竟还是经历了10多年的低迷期，当前在机构设置、专业研究和人才队伍等方面还不能适应新时期的国家战略需求和学科发展需要。我认为，中国地理界过去重视农业研究，今后还应更认真地研究农业与乡村发展问题。地理学具有为农业服务的优良传统，新时期地理学更要为“三农”服务，这样既可以发挥学科优势，又能在生产实践中促进学科发展。可喜的是，中国科学院地理科学与资源研究所于2005年率先成立了“区域农业与乡村发展研究中心”，2006年恢复成立了“农业地理与农村发展研究室”；中国地理学会于2007年成立了“农业地理与乡村发展专业委员会”。还有一些高校地理系也重视加强了有关农业地理与乡村发展方面的研究机构和专业课程建设。由于有了这些平台的引领和支持，近些年农业地理与乡村发展领域的全国性年度学术会议开始步入正常化。同时，一批农业地理与乡村发展专业的中青年学者相继申请到了有关领域的国家自然科学基金重点或面上项目、中国科学院重要方向性项目、国家科技支撑计划课题及省部级的科研项目。因此，总体上说，农业地理与乡村发展又有了一个好的开端，但学科建设与人才培养仍任重而道远。

为了展示我国现代农业与乡村地理学领域新的研究成果，由中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会、中国科学院地理科学与资源研究所区域农业与乡村发展研究中心和科学出版社发起，联合国内农业与乡村地理学界专家共同策划了《现代农业与乡村地理丛书》，争取在近5年内陆续出版。这在学术上无疑是对中国农业与乡村地理研究的一个阶段性促进和总结，也可与20世纪80年代初由科学出版社出版的《中国农业地理丛书》等著作相呼应，从而完善和推进对中国农业与乡村地理的系统研究。

我十分乐意把这套集学科发展、理论创新与实践总结为一体的《现代农业与乡村地理丛书》推荐给从事地理学、农学、经济学，以及城乡规划、区域发展等领域的专家学者、研究生和管理工作者，期望这套书的出版能够引起更多的专家学者特别是地理工作者对国内“三农”问题研究的密切关注，并欢迎大家投入到这个前景广阔的研究领域中来，精诚合作，共同努力，把中国农业地理与乡村发展的学术研究提高到一个新的发展阶段。

中国科学院资深院士
中国地理学会名誉理事长



2008年春节于中关村

丛书序二

中国是世界著名的文明古国、农业大国。国以农为本，民以食为天。世界人口大国若不能首先解决好吃饭问题，就不能实现国泰民安。中国的“三农”（农业、农村、农民）问题本质上是一个立体的乡村地域系统可持续发展问题。新中国成立特别是改革开放以来，伴随着快速工业化、城镇化发展，中国传统体制下的“三分”（城乡分割、土地分治、人地分离）弊端日益暴露，“三差”（区域差异、城乡差距、阶层差别）问题不断加大，这些都成为困扰当代中国“三转”（发展方式转变、城乡发展转型、体制机制转换）战略和全面建设小康社会的重要难题，也是中国城乡二元结构背景下“重城轻乡”、“城进村衰”和农村空心化、主体老弱化、乡村贫困化不断加剧的根源所在。

伴随着全球城市化、经济一体化的持续推进，无论是经济发达国家，还是较发达的发展中国家都经历了“乡村振兴”“乡村重构”过程。英美等先行工业化国家是在基本实现工业化、城市化的阶段，为了解决城市发展中诸如市域人口高度集中的问题而推进乡村建设。如20世纪60年代美国的“示范城镇建设”、英国的“农村中心村建设”、法国的“农村振兴计划”等。这些国家通过在农村社区大规模推进基础设施建设，盘活利用农村土地资源与资产，改善农村生产和生活条件，并采取补贴政策，吸引人口回到农村，以解决农村人口过疏化问题。以日、韩为代表的工业化后发国家，在其工业化、城市化进程中出现乡村资源迅速流入非农产业和城市，导致农业和农村出现衰退，城乡发展差距日益扩大，同时在国家具备了扶持农村发展经济实力的情况下，适时推进了农村振兴与建设运动。如20世纪70年代韩国的“新农村运动”、日本的“村镇综合建设工程”等。可见，不同国家、不同地区的乡村重建道路有所差异。中国人口众多，农村底子薄、农业基础差、农民竞争弱。因此，新农村建设与农村发展不可能照搬发达国家完全依赖政府强大财政供给或者农村剩余劳动力全部转移的转型路子，同时也应尽量避免部分拉美国家城市贫困和农村衰败并存的“陷阱”局面。

中国现代地理学的奠基人、中国科学院原副院长竺可桢先生反复强调：地理学为国民经济建设服务，主要是为农业生产服务。著名地理学家吴传钧院士指出：农业是自然再生产与经济再生产的交叉过程，农业与地理环境的关系非常密切，地理学要为“三农”服务，地理学者应特别关注农业与农村发展的问题。过去的半个多世纪，在老一辈地理学家周立三、黄秉维、吴传钧院士的带领下，地理学者主持完成了“中国农业资源综合调查”“全国农业综合区划”“中国土地利用”

等一系列国家重大项目，为国家和地区经济建设做出过具有基础性、战略性的重要贡献。吴传钧院士主编的《中国农业地理丛书》《中国人文地理丛书》等系列著作，在国家相关规划与决策中产生了深远影响，既发挥了人文地理学的学科优势，也培养了一大批农业地理与乡村研究专业人才，在实践中彰显了乡村地理学者站在学科前沿和面向国家战略需求开展创新性研究的重要价值。

进入 21 世纪，适应加入 WTO 后农业国际竞争的新形势，以及十六大以来“五个统筹”和“社会主义新农村建设”的新战略，中国现代农业与乡村发展研究开启了新阶段，面向国家战略需求的现代农业与乡村地理学迎来了新机遇，着眼于中国农业战略、农区发展、新型社区、新农村建设等一大批重点项目与成果成为人文地理学创新研究的新亮点。然而，由于中国“三农”问题之多、程度之深、解决难度之大史无前例；快速工业化、城镇化进程中暴露出来的一系列农村发展突出问题及其深层次矛盾还远未解决，有的甚至呈现加剧的趋势。着眼推进新型城镇化、城乡发展一体化、美丽乡村建设、农村“一二三产业”融合战略，中国现代农业与农村发展面临的新难题、新课题、新问题，亟须深入研究、系统探究、试验示范，创新和发展中国特色现代乡村地理学理论体系、学科体系、技术体系。

中国乡村地理学的传统研究侧重于乡村聚落地理（或称村落地理）、农业地理和土地利用问题。随着快速工业化、城镇化发展，中国农村地区以“五村”（无人村、老人村、空心村、癌症村、贫困村）为特征的“乡村病”问题日益凸显，成为推进新农村建设、培育农村新业态和统筹城乡发展面临的突出问题。与城市区域相对应，现代乡村地理学的研究领域应定位于乡村地域系统，深入探究复杂的乡村区域地理问题和城乡融合发展难题，特别要关注前沿领域“十个”研究主题，即乡村地域系统演化机理与过程、乡村系统功能多样性及其可持续性、乡村转型发展与空间形态重构、城乡土地配置与土地制度创新、城乡发展一体化与等值化、现代乡村新业态与经营新机制、乡村化（ruralization）与新型村镇建设、乡村地域文化与生态文明建设、现代乡村治理体系与减贫发展、农业地理工程与农村信息化。

振兴全球农村和发展现代农业，也是世界性难题和重大课题。中国当首先致力于实施“农村全面振兴计划”，系统推进农村兴人、兴地、兴权和兴产业，有效激发农村活力、能力、动力和竞争力。现代乡村地理学者，务必抢抓机遇，担当时代重任，面向国家需求，深入基层实践，协力创新现代地理学理论、方法与技术，并加强与工学、管理学、社会学、经济学、环境科学等相关学科交叉融合，着眼于现代农业与乡村发展的科学问题提炼、现实问题梳理和战略问题探究，科学推进以根治“乡村病”、建设新农村、培育新业态、创建新机制为导向的乡村转型重构与城乡一体化发展理论、模式、技术、制度与政策综合研究。

为了充分发挥乡村地理学科优势、加快现代乡村地理学发展，更好地适应新

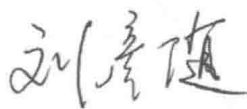
时期国家战略需求，中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会、中国科学院地理科学与资源研究所区域农业与农村发展研究中心率先倡导并组织专业队伍，研究并出版该领域的最新成果，瞄准现代农业与乡村发展的时代特色、区域特点、创新机制和科学途径，为推进新时期城乡协调发展和新农村建设奠定理论与方法论基础，为加强国内同行之间的学术交流，积极投身中国农业与乡村发展领域的创新研究提供重要基础和共享平台，更好地发挥地理学服务“三农”决策的国家思想库作用。

《现代农业与乡村地理丛书》拟分期撰写出版。将陆续出版《中国新农村建设地理论》《中国乡村社区空间论》《中国乡村地域经济论》《中国乡村转型发展与土地利用》《城乡转型地理学理论与方法》《空心村综合调查与规划图集》《农村空心化过程及其资源环境效应》《农村土地整治模式与机制研究》《空心村综合整治理论与技术》《新型村镇建设与农村发展》《城乡建设用地统筹置换机理与模式》等著作。

在项目研究、选题策划、专家论证、组织撰写与出版过程中得到了国家自然科学基金委员会、中国科学院、教育部、科技部、中国地理学会、国际地理联合会(IGU)、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院大学、北京师范大学、河南大学等单位领导和专家的大力支持与指导，科学出版社朱海燕、赵峰、杨帅英、丁传标同志为丛书的编辑与出版付出了辛勤劳动。借此我谨代表中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会和丛书编辑委员会，表示最衷心的感谢和诚挚的敬意！

借此良机，我真诚期望有越来越多的国内外高等院校、科研院所以及从事地理学及其相关专业研究的专家学者，能够更加重视和支持中国农业地理、乡村地理学专业领域的学科成长、人才培养、平台建设、国际合作！真诚欢迎各位领导、专家学者也为进一步完善和提高《现代农业与乡村地理丛书》的撰写与出版水平，多加批评、多予指导，献计献策！

国际地理联合会(IGU)农业地理与土地工程委员会 主席
中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会 主任
中国科学院地理资源所区域农业与农村发展研究中心 主任



2017年春节于北京

前 言

农田生态系统是以农田为基础、以作物为主体的生物成分和以土壤、水分、空气、光热等为主体的非生物成分共同组成的生态系统，其本质是以合理利用农业资源、发展农业生产为目的，以人地协调共生为特征和人工可调控的陆地生态系统，是农业生产最基本的物质基础和空间载体。农田生态系统具有对人类依赖性强、系统结构相对简单、生产力高于自然生态系统等特点。农田生态系统通常是由自然-经济-社会-技术等多种要素有机结合而形成的，具有多种生态、经济社会功能，以及自然、社会双重属性的复合生态系统。伴随着农业科技进步和农业集约化程度的不断增强，特别是一些片面追求产量增长，以及机械耕作、灌溉、施肥等物质能源技术投入力度的不断增大，强烈影响着农田景观格局，促使农田生态系统的物质结构、碳氮循环过程发生了显著的改变。

农田土壤碳氮是评定土壤质量和农田产能的重要指标。农田土壤碳氮循环与平衡状况，不仅影响着土壤肥力和作物产量水平，还影响着农田生态系统与环境的物质交换过程。随着全球气候变化和人类活动引发环境污染问题的不断加剧，农田生态系统质量与健康受到了广泛关注，相应的农业环境生态质量和环境损害的价值评估研究也方兴未艾。其中，以农田生态系统的碳氮物质平衡关系为对象，以科学认识农田碳氮过程与格局为目标，以综合应用定量模型和 GIS 技术为新方法的农田土壤碳氮平衡评价，成为新的热点问题和前沿课题。该问题的深入研究及其成果转化应用，对于指导现代农业生产和保护农田生态环境具有特殊重要的意义与价值。

环渤海地区是我国产业转型与经济发展的核心区域，区域农业可持续发展在我国农村可持续发展和农业农村现代化建设进程中的地位日益显现。伴随着生态、绿色、低碳的现代农业的兴起和发展，系统探究环渤海地区农业生产地域结构、区域差异与发展态势，深入揭示土壤碳氮含量的空间格局，探明农田生态系统施氮优化方案和优化配置技术路径，无疑具有重要的时代意义和实践价值。本书面向农业可持续发展和农田生态安全的国家战略需求，通过利用实地调查、定量模拟与评价分析相结合的综合方法，针对环渤海典型类型地区，深入开展农田生态系统物质循环、养分平衡及其有效调控途径研究，既是农业资源利用前沿领域的重要课题，也是科学指导农业生产实践的现实需要。通过定量分析、评价与模拟，研究揭示农田碳氮分布格局及其空间差异，探讨如何构建环渤海地区农业生态系

统氮养分投入与农田生态系统之间的平衡，制定不同区域农田土壤养分平衡以及最优氮肥施用方法，为加强农田养分管理和农业可持续发展决策提供参考依据。进一步从农田生态安全保障和田园综合体建设的宏观视角，分析现代农业生产如何平衡追求高产的经济利益与生态安全的社会利益之间的关系，进而为实现降低生态环境代价、提升农田生态系统功能，提出有实际推广和应用价值的理论依据与可持续性建议。

本书是在第一作者博士后研究工作报告的基础上加以修改，并在公益性行业（农业）科研专项（编号：200803036）、国家自然科学基金资助项目（编号：41101162）、国家科技支撑计划项目（编号：2014BAL01B00）共同支持下完成研究撰写并出版的，在此表示深深感谢。

本书所涉研究在确定选题与研究过程中得到导师王道龙研究员的悉心指导。在项目实地调查与分析研究中，王老师给予了莫大的关心和帮助。缅怀邱建军研究员为该项研究提供了优越的科研环境和精心的指导。感谢课题组每一位成员的帮助与大力支持。感谢北京农业信息技术研究中心刘玉博士、中国科学院地理科学与资源研究所王介勇博士、王永生博士等对本书素材组织和成稿修改的帮助。本书在重新修订和整理过程中，难免出现一些问题和疏漏，若有不妥之处，敬请批评指正。

郭丽英

2018年12月

目 录

丛书序一

丛书序二

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 选题背景	1
1.1.1 农田碳氮格局研究具有重要的理论与实践意义	1
1.1.2 环渤海地区类型典型, 农业发展具有重要地位	2
1.1.3 农田施肥不当带来的突出问题日益受到关注	3
1.1.4 深入开展科学施肥决策支撑研究势在必行	4
1.2 研究进展	5
1.2.1 农田土壤碳库及其影响因素	5
1.2.2 农田土壤氮库及其影响因素	6
1.2.3 农田生态系统碳氮平衡研究	7
1.2.4 农田土壤碳氮研究模型及应用	8
1.2.5 农田耕作管理措施对土壤碳氮影响	9
1.2.6 农田施肥及其存在问题研究	11
1.3 研究目的与内容	12
1.3.1 环渤海地区农田地域分区研究	13
1.3.2 环渤海不同区域农田 DNDC 模型构建与验证	13
1.3.3 环渤海地区不同养分投入下土壤碳氮含量空间差异	14
1.3.4 环渤海地区农田土壤碳氮合理性及农业生态环境适应性探讨	14
1.4 研究方法和技术路线	14
1.4.1 研究方法	14
1.4.2 技术路线	15
1.4.3 主要创新点	15

第2章 研究区域及其农业发展	18
2.1 环渤海地区概况	18
2.1.1 地理位置与区位条件	18
2.1.2 气候特征	19
2.1.3 地貌类型与土壤条件	19
2.1.4 水文条件	20
2.2 区域农业发展	21
2.2.1 农业用地现状	21
2.2.2 农业生产状况	22
2.2.3 种植制度分析	24
2.2.4 农业要素投入	25
2.3 土地利用变化	27
2.3.1 数据来源及处理	27
2.3.2 分类与研究方法	29
2.3.3 土地利用变化时空格局分析	30
第3章 农田化肥施用评价	36
3.1 区域农田化肥投入量的变化	36
3.1.1 化肥总用量变化	36
3.1.2 单位农作物播种面积的化肥使用量变化	38
3.2 区域农田化肥利用率的变化	39
3.2.1 农田化肥肥效的变化	39
3.2.2 农田化肥利用率的变化	41
3.3 化肥适宜量分析	43
3.4 优化对策及建议	47
3.4.1 优化化肥施用比例和产品结构	47
3.4.2 优化区域化肥配置	47
3.4.3 改进化肥使用技术	48
3.4.4 推广科学施肥, 提高化肥利用率	49

第 4 章 农田土壤本底碳氮分布格局	50
4.1 土壤养分空间变异及定量分析	50
4.1.1 土壤养分空间变异的形成与影响因素	51
4.1.2 土壤养分空间处理方法	52
4.1.3 土壤类型与数据库	52
4.1.4 定量评价与分析方法	53
4.2 土壤本底有机碳分布格局	54
4.3 土壤本底全氮分布格局	56
第 5 章 环渤海地区农田地域分区	62
5.1 分区原则	62
5.2 分区方法	63
5.3 指标体系	64
5.3.1 农业生态一级分区	64
5.3.2 二级分区	64
5.4 农田地域分区图编制	64
5.5 农田地域分区特征	66
5.5.1 一级分区	66
5.5.2 二级分区	66
第 6 章 农田土壤碳氮平衡定量评价	69
6.1 DNNC 模型简述	69
6.2 数据来源与处理	70
6.2.1 图形数据	70
6.2.2 调查数据	71
6.2.3 统计数据	71
6.2.4 农业统计数据的检验与校正	71
6.2.5 文献资料中数据的提取	73
6.3 DNNC 模型数据库的建立与模型运行方案	73
6.3.1 DNNC 模型数据库的建立及链接	73

6.3.2 模型基本参数设置及运行方案	77
6.4 农田土壤碳氮平衡评价	79
6.4.1 农田土壤氮平衡评价	80
6.4.2 农田土壤有机碳平衡评价	83
6.4.3 农田土壤碳氮平衡不确定性分析与讨论	87
第7章 结论与讨论	88
7.1 主要结论	88
7.1.1 综合运用 GIS 和农田生态系统生物地球化学模型揭示区域土壤碳氮平衡及其空间差异	88
7.1.2 环渤海地区化肥投入量、施用结构变化及其区域差异分析研究	89
7.1.3 环渤海地区单位农作物播种面积化肥施用及其肥效变化评价分析	89
7.1.4 环渤海地区单位农作物播种面积化肥施用的适宜量分析及优化对策研究	90
7.1.5 建立环渤海地区农田土壤本底有机碳及全氮数据库, 揭示了土壤本底碳氮分布格局	91
7.1.6 完成了环渤海地区县域尺度农田土壤碳氮平衡定量评价与分析	91
7.2 研究讨论	92
参考文献	94
彩图	

第1章 绪 论

农田生态系统是以农田为基础和以作物为主体的生物成分，以及土壤、水分、空气、光热等为主体的非生物成分共同组成，其本质上是以发展农业生产为目的，以人地协调共生为特征的、人工可调控的陆地生态系统，是农业生产最基本的物质基础。农田生态系统具有对人类依赖性强、系统结构相对简单、生产力高于自然生态系统等特点。面向国家可持续农业发展和农田生态安全的战略需求，通过利用调查、模拟与评价分析相结合的综合方法，着眼典型类型地区，深入开展农田生态系统物质循环、养分平衡及其有效调控途径研究，既是农业资源利用前沿领域的重要课题，也是科学指导农业生产实践的现实需要。

1.1 选题背景

1.1.1 农田碳氮格局研究具有重要的理论与实践意义

碳元素和氮元素是生命体的重要生物化学组成元素 (Socolow, 1997)。碳氮元素的化学状态变化及位置的迁移，所形成的闭合回路，成为循环 (陈重酉等, 2008)。碳循环和氮循环通过资源供给与需求计量平衡关系、资源利用与转化的生物制约关系，以及生物学、物理学和化学过程的耦合机制而相互依赖、相互制约、联动循环，协同决定着生态系统的结构和功能状态，决定着生态系统提供物质生产、资源更新、环境净化，以及生物圈的生命维持等生态服务的能力和强度 (于贵瑞等, 2013)。农田生态系统光合作用的生物生产过程是碳固定和积累的关键过程，也伴随着氮等营养物质的吸收。农田系统中作物等生物有机体内的碳氮等生源要素存在着较强的化学计量关系，使农田生态系统光合作用物质生产和碳固定过程对氮等生源要素的利用效率具有相当程度的稳定性 (Sterner and Elser, 2002)。碳氮交换通过植物叶片、根系和土壤微生物等生理活动和物质代谢过程将植物、动物和微生物生命体、植物凋落物、动植物分泌物、土壤有机质和土壤与大气的无机环境系统的碳氮循环联结起来，形成了极其复杂的链环式生物物理和生物化学耦合过程关系网络 (于贵瑞等, 2013)。

农田生态系统依靠土地、光、温、水分等自然要素，种子、化肥、农药、灌溉、机械等人为投入，利用农田生物与非生物环境之间，以及农田生物种群之间的关系，生产食物、纤维和其他农产品（谢高地和肖玉，2013），满足人类社会生存和发展的需要。农田生态系统是由社会-经济-自然结合而成的，具有多种生态、经济社会功能和自然、社会双重属性的复合生态系统，主要特点为目的性、开放性、高效性、易变性、脆弱性和依赖性（尹飞等，2006）。伴随农业集约化程度的增强，片面追求产量增长，伴随机械耕作、灌溉、施肥、害虫化学防治等物质能源技术投入的增强，农业碳氮循环发生了很大的改变。土壤是农田生态系统的主要碳库，碳、氮通过大气-作物-土壤界面进行周转和协同转化，长期施肥通过改变土壤物理、化学和生物学性质，进而影响土壤有机碳、氮储量的稳定性（李海波等，2007）。

农田土壤碳氮是评价土壤质量的重要指标，农田土壤碳氮循环与平衡不仅影响土壤肥力和作物产量，还影响着农田生态系统与环境的物质交换（薛建福等，2013）。农业生产对土壤、大气和水体环境的影响都是通过不同碳氮物质形态借助水这个动力和载体而产生。随着全球气候变化及环境污染问题的愈加突出，以农田生态系统的碳氮物质平衡关系为基础，开展了农业环境质量影响度量研究和环境损害的价值评估研究。因此，合理认识农田碳氮格局，对于指导农业生产和保护生态环境具有重要的研究意义。但目前的大多研究只在单个站点或者某一区域进行，缺乏立足于我国重点粮食主产区，并通过定量分析、评价与模拟，揭示农田碳氮分布格局及其空间差异，为加强农田养分管理和农业可持续发展提供决策参考的研究。

1.1.2 环渤海地区类型典型，农业发展具有重要地位

广义的环渤海地区，包括北京、天津两个直辖市和辽宁、山东、河北三省，是继珠江三角洲和长江三角洲之后的第三个经济快速增长区（傅伯杰等，2004）。环渤海地区平原面积占区域总面积的 63.75%，分布有广阔的华北、海河及辽河平原；山地面积占区域总面积的 23.45%，包括太行山及燕山山地；丘陵占区域总面积的 11.72%，主要是冀北、辽西山地丘陵、鲁中丘陵、辽东半岛及山东半岛等。环渤海地区位于暖温带半湿润季风气候区内，春季日光条件好，气温回升快，相对湿度低，作物光合效率高，病虫害少，7~8 月的光热水充足，利于作物生长。虽然环渤海地区土地面积仅占全国土地总面积的 5.42%，单可利用的耕地面积为 1.96 万 km²，占全国耕地面积的 15.04%，海拔多在 100 m 以下，为近代冲积平原，