

中国区域性耕地资源变化影响评价与 粮食安全预警研究

陈佑启 姚艳敏 何英彬 石淑芹 李志斌 著

中国农业科学技术出版社

中国区域性耕地资源变化影响评价与 粮食安全预警研究

陈佑启 姚艳敏 何英彬 石淑芹 李志斌 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国区域性耕地资源变化影响评价与粮食安全预警研究 / 陈佑启等著.
北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.5
ISBN 978-7-80233-772-5

I. 中… II. 陈… III. ①耕地-土地资源-研究-中国②粮食-问题-研究-中国 IV. F323.211 F326.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 123556 号

责任编辑 杨玉文 鲁卫泉
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)82106631(编辑室) (010)82109704(发行部)
(010)82109703(读者服务部)
传 真 (010)82106636
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 新华书店北京发行所
印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 17.75 彩插 12
字 数 420 千字
版 次 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷
定 价 100.00 元

前 言

粮食安全问题历来是事关一国政治、经济全局的重要命题，粮食问题关系到国计民生，关系到社会的发展和稳定，关系到国家与地区的安全。任何一个国家，其社会与经济的发展必须建立在粮食安全的基础上。“国以民为本，民以食为天”、“手中有粮心中不慌”、“无农不稳，无粮则乱”这些历史经验的总结，精辟地阐明了粮食在国家社会与经济中的重要性。无论社会如何发展，科学如何进步，吃饭问题永远是人类最基本的问题，也是一个大问题。这已是被人类社会历史发展进程所证明了的真理。

近年来，全球粮食生产不断地遭遇了灾害性的天气影响而出现了大幅减产的趋势，粮食的供给日趋紧张，粮食价格不断攀升，国际粮食安全的形势越来越严峻。2007年，全球粮价扶摇直上，芝加哥小麦期货价格大幅飙升，达到了创历史纪录的1300美分/蒲式耳，大豆价格也创出了有史以来的最高价1580美分/蒲式耳，4月初玉米价格达到了600美分/蒲式耳的历史新高。近期的大米价格则在不到一个月的时间内翻了一倍，直逼1000美元/吨。因此，全世界由资源、环境以及生物能源和天气因素引发的粮食危机正在迅速蔓延，从而引起了各国各地区的高度关注。

中国是一个人口大国，是全球最主要粮食生产大国和消费大国，中国的粮食安全问题更是一个不可忽视的话题，对全球的粮食安全起着举足轻重的作用。在社会与经济的可持续发展过程中，我国的粮食安全问题一直就是国家政府与决策部门所面临的最为关键性问题之一，市场越开放，经济越发展，越要重视粮食安全问题。20世纪90年代后期，我国农业连续多年丰收，粮食供求基本实现了由长期短缺到总量平衡与丰年有余的历史性转变。特别是最近几年，国家实施了一系列支农惠农政策，农业有了很大发展，农村面貌有了很大变化，农民生活有了显著提高，农业基础地位进一步巩固和加强。因此，自20世纪90年代后期以来，从总体上我国粮食生产条件不断改善，粮食供给充足，市场稳定，品种丰富，质量不断提高，粮食供求呈现了历史上最好的形势。但是，粮食属于重要的战略性物资，对粮食安全问题我们任何时候都不能掉以轻心，要居安思危，未雨绸缪，正确把握我国粮食安全的发展态势，处理好粮食生产、储备、消费等方面的关系，以保证国家的粮食安全。特别是随着我国人口、资源、环境问题的日益突出，多个危及粮食安全的潜在风险因素已经出现。目前，我国的粮食生产环境条件不容乐观。一是随着社会经济的发展，工业化与城市化进程的不断加快，我国的耕地资源越来越紧张，粮食耕地面积在逐年减少。1999—2003年，我国的粮食耕地面积由16.96亿亩（1公顷=15亩，下同）减少至14.9亿亩，减少2.06亿亩，平均每年减少约5100万亩。二是粮食生产的自然生态环境有不断恶化的趋势，自然灾害日趋频繁，水资源状况日显匮乏，从而较为严重地制约着我国粮食生产的增长，并危及到我国粮食综合生产潜力。受此影响，我国的粮食生产水平连年出现了下降。2000年以来，出现了

连续4年的粮食总产大幅度下降,特别是2003年全国粮食产量已经降到4307亿kg,减幅为15.28%,倒退到了1991年的水平;人均粮食产量也大幅回落,2003年我国人均粮食产量为333kg,只比改革开放以来最低年份的1980年高9kg,比最高年份的1996年低81kg。从总体而言,我国的粮食供求形势由长期供过于求出现了供不应求的局面。从2000年开始,连续4年当年产不足需,4年累计缺口1312亿kg,其中2003年当年产需缺口高达550亿kg。

在加入世贸组织后,中国的粮食市场已经成为世界上最开放的市场之一。入世5年,中国农产品的平均关税从2001年的23.2%降至2006年的15.23%,远远低于美国、日本和欧盟等发达国家水平,仅为世界农产品平均关税62%的1/4。从2004年开始,中国农产品的进口额已经超过出口额,对于一个以农业人口为主体的人口大国,这是不同寻常的。众所周知,世界粮食市场每年仅提供2亿吨粮食,而中国每年的需求就接近5亿吨,把世界粮食市场的全部粮食都卖给中国,也解决不了中国粮食需求的1/2。因此,我们要树立正确的粮食安全观,必须明确十几亿人口的吃饭问题始终是头等大事。要高度重视保护和提高本国的粮食生产能力,建设稳定的商品粮生产基地,建立符合我国国情的粮食安全保障体系,确保粮食供求的基本平衡。实现国家的粮食安全,首先应立足于国内,通过促进粮食生产能力的稳定增长和良性发展,自力更生地解决我国的粮食问题,努力提高本国的粮食安全系数,这是保障国家粮食安全的唯一正确选择。2007年中央“一号文件”明确指出:立足国内保障粮食基本自给的方针,逐步构建供给稳定、调控有力、运转高效的粮食安全保障体系。加强对粮食生产、消费、库存及进出口的监测和调控,建立和完善粮食安全预警系统,维护国内粮食市场稳定。中国的粮食问题应警钟长鸣。

耕地资源的数量和质量是粮食生产的基本保证,耕地资源安全是中国粮食安全的关键。中国粮食白皮书确定的实现国家粮食安全的基本方针是:立足基本自给,并适度依靠国际市场。而粮食自给的基础是耕地资源的数量与质量,因此,在世界粮食生产徘徊不前、国家经济实力不够强、耕地后备资源有限、粮食生产面临人民生活水平普遍提高和人口日益增长双重压力的情况下,加强耕地资源的保护、管理和有效利用,实施“藏粮于土”计划,提高中国土地资源的综合生产能力,理应成为我国耕地与粮食安全战略的长期选择。

由于我国幅员辽阔,各地区的自然条件、社会经济条件、经济发展阶段不同,耕地资源的变化在区域上差异较大,对粮食安全的影响亦不相同。因此,耕地资源分布的空间不均衡性和耕地质量的地区差异,进一步加剧了我国区域粮食供需关系和粮食安全的紧张状况。东北地区(黑龙江省、吉林省、辽宁省)作为一个较为完整的地理区域,不仅是我国基础工业和技术装备工业基地,也是我国重要的粮食等农产品生产基地,在全国经济布局中具有不可替代的战略地位。如何合理地开发利用与保护耕地资源,不仅关系到东北的发展,而且对保障全国的粮食等农产品供给与粮食安全意义重大。近年来,在国家“耕地总量平衡”的宏观政策引导下,东北地区大规模地实施了后备耕地资源的开发,耕地面积与十几年前相比在总量上变化不大,应该说这在一定程度上保障了整个东北地区的粮食生产能力不至于受到太大的损失。但是,耕地变化的区域差异却

十分明显,其中耕地面积增加主要表现在东北地区的黑龙江省、辽宁省和吉林省的耕地面积是不断减少的。长期以来,由于对土地的投入少而索取多,重用地而不重养地,再加上水土流失、沙化、盐碱化等影响,导致了耕地土壤肥力下降,例如作为东北地区最为重要的黑土资源,由于自然与人为多种因素的影响逐渐表现出了黑土区面积减少、黑土层变薄、理化性状渐趋恶化、肥力下降、抵御自然灾害能力降低等现象。据调查,黑土地区初垦时的黑土厚度一般在 60~80cm,深的可达 100cm,开垦 20 年的黑土层厚度减至 60~70cm,开垦 40 年则减至 50~60cm,开垦 70~80 年的黑土层只剩下 20~30cm;据测算,黑土区平均每年流失 0.3~1cm 的黑土表层,在某些水土流失严重的地区,表皮的黑土已经盖不住下面的黄土,农民称这种地块为“破皮黄”;此外,黑土的有机质含量也出现了明显的下降,东北地区开垦前的自然黑土表层有机质含量多为 3%~6%,而目前黑土区耕地有机质含量基本均为 1.5%~3%。种种迹象表明,东北地区耕地资源的变化在一定程度上使本地区的粮食综合生产能力受到了潜在性的威胁。

而随着振兴东北老工业基地战略的进一步实施,经济的发展与人口的增加及生活水平的提高已成定局。一方面城市化、工业化的发展要有一定的土地面积作保证,这其中不可避免地会占用一些耕地;另一方面,东北地区的发展,特别是考虑到东北地区作为我国重要的商品粮基地,对保障全国的粮食安全所具有的重要意义,受东北地区与国内粮食市场需求的影响,粮食的需求总量将会不断地增加。因此及时准确地掌握区域耕地数量和变化的变化状况与趋势,正确评价耕地变化对区域乃至全国粮食安全的影响,建立耕地变化影响评价及其预警系统,是发展我国粮食生产、保障国家粮食安全的基础工作。

2003 年 10 月至 2006 年 12 月,中国农业科学院农业资源与农业区划研究所陈佑启博士主持开展了科技部科研院所社会公益研究专项“中国区域性耕地资源变化影响评价及其预警”(2004DIB3J092)和农业部发展计划司课题“东北农用地调查综合评价”的研究,研究目的是探讨中国区域性耕地变化对粮食安全影响评价及耕地预警系统建立的方法,并以东北地区为例开展实证研究,为振兴东北老工业基地,发展东北的农业,巩固东北地区作为全国粮食商品生产基地的地位提供决策依据。具体目标包括:

(1) 采用地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)的“3S”技术,对东北地区近 10 年(1993—2003 年)耕地数量进行动态监测和变化评价;

(2) 采用“3S”技术,结合地面调查,对东北地区耕地质量进行动态监测。结合近 10 年东北地区耕地数量变化监测数据以及 20 世纪 80 年代的第二次土壤普查耕地质量监测结果,进行东北地区耕地质量变化分析和评价;

(3) 综合地理科学、计量经济学与土地利用科学等的理论,采用“3S”技术,从耕地数量、耕地质量、作物种植结构等方面出发,从时间和空间两个角度,评价和预测东北地区耕地资源的变化对粮食生产能力的影响;

(4) 建立中国区域性耕地资源变化影响评价及其预警系统,为发展东北农业,巩固东北地区作为全国粮食商品生产基地的地位,保障我国粮食安全提供决策依据。

本著作就是在总结相关研究成果的基础上完成的。全书共分九章,分别涉及区域性耕地变化与粮食安全的国内外研究现状与进展、理论基础与研究方法体系、东北地区耕

地数量与质量变化的监测与评价、耕地变化对粮食安全的影响、区域性粮食安全预警及其系统的建立、耕地变化与粮食安全战略等方面。

参加项目研究与本书编著工作的主要成员有：陈佑启、张海林、姚艳敏、何英彬、石淑琴、李志斌、苏胜娣、张小川、刘海启、朱凤文、沈中其、张洁暇、万利、郭斌、刘莹、魏娜、许新国、余强毅、唐鹏钦等。全书的总体设计、统稿、定稿由陈佑启完成。此外，吉林省农业资源与农业区划研究所在基础资料的收集与整理、野外调研与实地验证等方面提供了极大的方便并做了大量的工作，在此表示衷心的感谢。

土地利用/覆盖变化与粮食安全长期以来是政府与学术界关心与研究的热点问题。本书从区域的角度，以耕地资源利用及其变化为基础，开展粮食安全预警研究，目的在于探索区域性土地利用变化影响评价、粮食安全及其预警研究的新思路。本书出版的主要目的，一方面是籍此与本领域的各位专家与同仁进行交流；另一方面也是想为开展以振兴东北老工业基地为目的的区域研究，了解东北地区土地资源状况、粮食安全形势等提供基础，从而为我国粮食安全预警研究提供依据。

本书在内容的完整性、系统性等方面不可能尽如人意，难免有疏漏之处；再加上作者水平与时间的限制，书中的不足和缺陷或者是错误之处在所难免，恳请各位同行和广大读者给予批评指正。

编者

2009 年春于北京

目 录

第一章 耕地变化与粮食安全预警研究现状与趋势	(1)
第一节 耕地数量及变化研究	(1)
一、耕地数量监测发展过程	(1)
二、耕地数量变化驱动力分析	(3)
三、耕地资源数量研究现状	(3)
第二节 耕地质量及变化研究	(4)
一、耕地质量评价的内涵	(4)
二、耕地质量及其变化研究方法	(5)
三、耕地质量及其变化研究现状	(7)
第三节 粮食安全预警	(8)
一、预警的含义	(8)
二、粮食安全预警	(8)
三、耕地预警	(10)
四、粮食安全预警研究现状	(11)
第四节 耕地资源变化与粮食安全预警研究趋势	(12)
一、耕地数量研究	(12)
二、耕地质量及其变化研究	(13)
三、粮食安全预警研究	(14)
第二章 耕地变化与粮食安全预警研究理论基础与方法体系	(16)
第一节 理论基础	(16)
一、系统论	(16)
二、可持续发展理论	(17)
三、人地关系理论	(17)
四、地域分异理论	(18)
五、土地稀缺理论	(18)
六、区域发展控制理论	(19)
七、尺度与层次理论	(19)
八、收益最大化理论	(20)
九、投入产出理论	(20)
十、生态经济理论	(21)
十一、供需平衡原理	(21)
十二、信息理论	(22)

十三、统计学理论	(22)
第二节 研究方法体系	(23)
一、遥感技术 (RS)	(23)
二、地理信息系统技术 (GIS)	(25)
三、全球定位系统技术 (GPS)	(26)
四、地理空间统计方法	(27)
五、数理统计分析方法	(28)
六、理论与研究与实证分析相结合法	(30)
七、土壤养分状况系统研究法 (ASI)	(30)
八、预警方法	(31)
九、数据库管理技术	(32)
十、NET 网络技术	(32)
第三节 研究内容与技术框架	(33)
一、研究内容	(33)
二、技术路线	(36)
第三章 东北地区概况	(41)
第一节 自然资源条件	(41)
一、地理区位	(41)
二、地形地貌	(41)
三、气候条件	(42)
四、土壤状况	(43)
五、水文资源	(44)
六、生物资源	(45)
第二节 社会人文概况	(45)
一、行政区划与人口状况	(45)
二、经济状况	(47)
三、农业发展	(47)
四、对外贸易	(48)
第三节 东北地区的地位与作用	(48)
第四章 东北地区耕地数量变化监测与评价	(49)
第一节 数据获取	(49)
一、原始影像选择和预处理	(49)
二、土地利用遥感图像分类系统	(51)
三、土地利用遥感信息提取	(52)
第二节 土地利用总体状况分析	(54)
一、1993 年土地利用现状	(54)
二、2003 年土地利用现状	(74)
第三节 近十年耕地面积变化分析	(91)



一、耕地面积变化及其分布	(91)
二、东北三省耕地面积变化及其分布	(92)
三、耕地面积变化原因分布	(94)
第四节 近十年耕地坡度变化分析	(97)
一、1993 年耕地坡度分级构成及其分布	(97)
二、2003 年耕地坡度分级构成及其分布	(98)
三、近十年耕地坡度变化分析	(99)
第五节 后备耕地资源评价	(99)
一、概述	(99)
二、后备耕地资源数量及分布	(100)
三、后备耕地资源适耕性评价	(102)
四、后备耕地资源开发前景和存在问题	(105)
第五章 东北地区耕地质量监测及变化特征分析	(107)
第一节 数据采集与分析	(107)
一、基础数据	(107)
二、野外土壤采样与室内分析数据	(107)
三、高光谱遥感土壤有机质监测	(109)
第二节 耕地质量评价指标体系的建立	(120)
一、指标体系构建原则	(120)
二、指标体系的构建	(121)
第三节 耕地质量评价过程	(128)
一、单要素评价图层的形成	(128)
二、耕地质量评价要素标准化	(129)
三、综合评价要素图层的形成	(129)
四、耕地质量评价分级图的形成	(130)
第四节 耕地质量评价和变化分析	(130)
一、耕地质量现状分析	(131)
二、近十年耕地质量变化分析	(135)
第六章 东北地区耕地变化对粮食生产能力的影响评价	(148)
第一节 耕地数量变化对粮食生产能力的影响	(148)
一、对粮食播种面积的影响	(148)
二、对粮食总产的影响	(149)
第二节 耕地质量变化对粮食生产能力的影响	(152)
一、耕地质量与粮食单产的相关性分析	(152)
二、耕地质量变化对粮食单产影响分析	(153)
第三节 耕地数量与质量变化对粮食生产的影响	(155)
一、耕地质量不同等级的粮食单产分析	(155)
二、耕地质量不同等级的粮食总产分析	(156)

三、耕地变化对粮食总产的影响分析	(156)
第四节 作物种植结构变化对粮食生产能力的影 响	(159)
一、对粮食作物播种面积和总产的影响	(160)
二、地域差异分析	(160)
第七章 粮食生产安全预警研究	(162)
第一节 东北三省粮食生产状况分析	(162)
一、粮食生产变化趋势	(162)
二、粮食生产主要影响因素分析	(163)
第二节 基于产量变化的粮食安全综合指数预警	(172)
一、预警指标选择	(172)
二、粮食产量波动系数指标预警	(172)
三、人均粮食占有量指标预警	(196)
四、粮食安全综合指数预警	(208)
第三节 基于耕地及其他投入因素的粮食安全模型预警	(214)
一、耕地数量预警指数模型	(214)
二、耕地质量预警指数模型	(220)
三、基于耕地的粮食安全模型预警	(231)
第八章 耕地资源评价与粮食安全预警系统建设	(235)
第一节 系统建设目标和内容	(235)
一、建设目标	(235)
二、建设内容	(235)
第二节 区域资源环境数据库建设	(236)
第三节 中国区域性耕地资源评价及其粮食安全预警系统	(237)
一、系统设计原则	(237)
二、系统框架结构	(237)
三、系统开发环境	(238)
四、系统界面设计	(239)
五、系统功能和实现	(240)
第四节 耕地资源变化与粮食安全预警信息网	(247)
一、网站设计	(247)
二、网站主要内容	(248)
第九章 区域性耕地变化与粮食安全战略	(250)
第一节 政策建议	(250)
一、采取最严厉的措施,切实保护有限的耕地资源	(250)
二、不断完善土地利用规划体系,实现对耕地的集约利用和全面保护	(251)
三、建立有效的耕地变化监管体系	(251)
四、加强宣传,提高合理利用与保护耕地资源的意识	(252)
第二节 技术与工程措施	(252)

目 录

一、改良耕作制度，提高土地生产力	(252)
二、合理施肥，改良土壤，保护地力	(253)
三、主攻高产田，抓好中低产田改造，有计划地开发并保护好有限的宜农荒地 资源	(254)
四、建设基本农田，配套基础设施，提高土地资源生产效率	(254)
五、调整农业用地结构，建立生态农业模式，走农业可持续发展之路	(255)
六、搞好土地复垦与土地整理工程，把村镇改造和土地复垦有机地 结合起来	(255)
七、开源与节流相结合，实施高效节水栽培，提高水资源利用率	(256)
八、发展农业产业化经营，变区域资源优势为产业优势	(257)
九、加强生态治理与建设，保护土地利用环境	(257)
参考文献	(259)

第一章 耕地变化与粮食安全 预警研究现状与趋势

粮食安全和粮食生产能力是各国政府高度关注的问题，也是许多国家制定农业政策、干预农产品市场和保护国内农业产业发展的主要理由之一。在影响区域或者国家的粮食生产能力、保障各个层面粮食供给的众多因素之中，耕地资源的数量与质量是一个带有刚性约束的基础性因素，是保障粮食安全的根基。目前，在耕地资源变化对区域与国家粮食安全的影响与作用这一方面的研究受到了国际上各个国家与地区政府与学术界的高度重视，在相关的领域做了很多工作，也取得了一系列重要的成果。

第一节 耕地数量及变化研究

耕地资源的数量是粮食生产的基本保证。近年来，随着经济发展与人口增长，粮食供需日益紧张，部分耕地非农化利用的趋势不可逆转，耕地资源日益受到工业和城市土地利用的强烈竞争，人类利用与管理不当引起耕地生态与环境受到破坏等因素导致人地关系日趋紧张，国家以及地方政府粮食安全目标与农户个体利益之间的矛盾至今尚未真正解决，农产品市场日趋国际化以及国内粮食生产机遇与挑战并存。耕地资源的可持续利用和粮食安全成为我国社会经济持续稳定发展所面临的重大实际问题，甚至引起国际社会的广泛关注。20 世纪 90 年代美国世界观察研究所所长莱斯特布朗就曾撰文“谁来养活中国”，提出他的“未来中国粮食观”，预言到 2030 年中国将出现严重的粮食饥荒，并将对世界粮食市场构成严重的影响，其观点在国际上引起了巨大的反响。国际上对中国粮食安全问题的担心是基于中国人口基数大，工业化、城镇化过程中高肥力耕地面积不断减少以及大面积耕地土壤质量正在退化这一严峻现实。因此，耕地资源与粮食安全问题的研究不仅影响到我国土地资源的合理利用、社会经济的可持续发展、政治的安定等，而且中国作为一个人口大国、资源大国、经济大国，这一问题还关系到国际或区域范围内的社会与经济的稳定发展。影响中国粮食生产持续增长的主要因素除了制度和政策创新、科技进步、物质和劳动投入以外，水土资源尤其是耕地资源稀缺是基本、长期的约束因素。因此，分析研究当前耕地资源数量与质量的变化格局和态势，研究耕地资源变化对粮食生产能力的影响，应该说具有极其重要的理论和现实意义。

一、耕地数量监测发展过程

1. 耕地数量调查阶段（20 世纪 50 年代至 80 年代初）

长期以来，根据我国的国情与社会经济发展的需要，为了摸清家底，国内对土地利

用尤其是耕地的研究主要采用的是调查手段,主要有 20 世纪 50~60 年代对诸如东北地区、黄土高原地区等的地区性土地利用调查、60~70 年代对宜农荒地资源的调查以及 80 年代的土地利用规划、土地承载力研究与土地利用研究等(郭焕成等,1996)。在这一阶段,研究的重点是耕地资源及其利用现状的调查、数据库的建设和开发利用规划,几乎未涉及耕地数量变化的驱动力机制、影响评价等多方面的深入系统分析,但是这些研究为目前开展耕地数量变化研究奠定了十分有益的基础,可称为基础研究阶段(刘毅华,2003)。

2. 耕地空间分布合理性监测研究阶段(20 世纪 80 年代初至 21 世纪初)

自 20 世纪 80 年代初期至 90 年代初期,随着社会经济的快速发展,我国用地矛盾逐渐突出,耕地利用效益低下且退化严重,耕地资源的合理利用成为研究的重心(蔡运龙,1992)。同时,耕地资源变化对粮食生产影响方面也成为研究的重点。在耕地数量变化对粮食生产能力影响评价方面,陈佑启(2000)基于 GIS 技术和 CLUE 模型,开发了 CLUE—CH 模型,并利用该模型进行了我国耕地变化及其空间分布特征探讨,在此基础上进一步研究了耕地变化对我国粮食生产可能带来的影响。在耕地质量对粮食生产能力影响评价方面,有些研究因数据资料不足等原因而局限于定性描述,有些研究仅采用粮食单产作为衡量耕地质量高低的重要指标。傅泽强(2001)在分析中国耕地数量变化及质量状况与粮食生产的相关关系时,首先分析了耕地面积年变化率与粮食产量年变化率的关系,并通过采用粮食单产数据划分高、中、低产田,然后计算高、中、低产田面积减少对粮食产量的影响;黄广宇(2002)对福建省耕地面积、粮食播种面积、单产与粮食产量的关系进行了分析,在研究耕地质量变化对粮食生产的影响时,采用粮食单产数据划分高、中、低产田,然后计算高、中、低产田面积减少对粮食产量的影响。

欧美地区由于人均耕地资源较多,其研究更多侧重耕地质量变化对粮食生产的影响。例如,美国的 Dregne(1993)从耕地土壤退化和耕地数量变化两个方面研究了美国耕地面积和耕地单产潜力变化对于粮食总产数量的影响。Costanza(1997)应用土地利用/土地覆盖变化的细胞单元模型对于耕地变化造成的生态系统及粮食安全的影响以及引发的一系列问题进行了论述,阐述了土地利用/土地覆盖变化中的耕地变化与全球生态系统及全球粮食安全问题的关系。Oldeman 对于由全球土壤退化引起的耕地数量变化状况所带来的粮食安全问题进行了研究,他应用 LDESS(土地评价与决策系统)对于粮食安全问题进行了论述。但是,从总体而言,国际上特别是发达国家一直都十分重视对耕地资源的保护、监测与利用管理等,再加上这些国家与地区在人口—资源—环境等方面并没有出现十分严重的问题,因此耕地变化对粮食生产能力的影响在这些国家与地区并没有引起人们太多的重视。

3. 基于“3S”技术的耕地资源监测(21 世纪初至今)

“3S”技术作为一种高新技术,因成本低、迅速和准确的优点正被广泛应用于对地观测活动中,在不同时空尺度下的耕地资源动态变化监测中发挥了重要作用。目前,多传感器、多时间分辨率、多空间分辨率的遥感数据在与耕地利用相关的农作物空间分布变化研究中得到广泛应用。基于遥感数据的耕地与作物识别和变化监测的方法也从最初

的目视解译法发展到基于统计学的分类法（如结合地面样点的监督分类方法、多时相分类方法、多元数据结合分类法等），以及其他遥感分类法（如神经网络方法、模糊数学分类法、专家系统分类法、混合像元分解法等）（杨鹏等，2000）。徐新刚等（2008）利用高空间分辨率的 QuickBird 数据提取了作物种植面积分布，张国平（2003）和 Liu et al.（2005）等利用 Landsat TM 数据监测了农业耕地和作物空间分布及其动态变化。Jakubauskas et al.（2002）和李景刚等（2004）则分别探索了利用低空间分辨率 NOAA/AVHRR 数据进行大区域耕地或作物空间格局动态变化的研究。近几年来，中低空间分辨率的 MODIS 数据更是在大区域的作物空间分布监测中发挥了重要作用（Wardlow and Egbert, 2008）。

二、耕地数量变化驱动力分析

耕地资源空间格局的形成和变化是自然因素和人类活动共同作用的产物。不少国内外学者围绕自然驱动力与农作物的空间格局变化开展了一系列研究。Rounsevell et al.（2003）在英国的西北部分析研究了土壤和气候因素变化，对小麦、玉米、大豆和甜菜等作物空间分布动态变化的影响；刘纪远等（2005）的研究显示我国水田与旱地分布与 900mm 等降水线的空间分布吻合，水田主要分布在降水量为 1 000 ~ 1 600mm 的地区，水田分布的最北界又与年均温大于 1°C 的地区相对一致，全球气候变化所带来的温度与降水变化显然将影响我国农业耕作空间分布的变化，也将直接导致相应农作物空间格局的变化。同样，人文驱动力作为一个子系统，可以分为人口、技术、贫富状况、政治经济状况和文化等（谢花林和李波，2008）。每一部分也可以继续往下分，如人口可以分为农业人口数量、密度、增长速度、年龄结构等（Matthias et al., 2004；唐华俊等，2004）。与自然驱动力的作用机制相比，人类活动所产生的驱动机制更加复杂（陈佑启和杨鹏，2001）。Xie et al.（2005）应用多元回归分析方法在江苏吴县研究 1990—2000 年基本农田保护政策对水稻空间格局影响机制时，发现该政策因素能够显著减缓水稻空间分布缩减趋势，但这种正面效应在很大程度上又受到区域经济发展和城市扩展等诸多经济社会因子的综合影响。Long et al.（2007）在江苏昆山的研究则表明，工业化趋势、城镇化进程、人口增长和中国经济改革政策是共同影响该区域 1987—2000 年水稻空间格局演变的 4 个主要人文驱动力。Mottet et al.（2006）分析各种自然—社会经济驱动因子后，认为海拔高度和坡度，以及社会经济因素中的交通通达度和土地使用期限等，是综合影响欧洲西南部比利牛斯山脉地区玉米等饲料作物空间格局变化的关键驱动力。

三、耕地资源数量研究现状

虽然在耕地资源空间格局变化研究中发挥了十分重要的作用，但“3S”技术、尤其是遥感技术还存在诸如混合像元、大气校正、尺度转换等许多亟待解决的问题，同物异谱和同谱异物使得单纯基于遥感影像的分类方法难以应用于大尺度空间地物的识别，也就难以更加准确地获取耕地空间格局动态变化的特征。

国内外在耕地资源动态监测领域做了广泛深入的研究，这些已有的研究成果均为耕

地变化对粮食生产能力影响评价提供了理论和技术基础。从总体而言,目前关于耕地资源变化对粮食生产能力影响的研究主要集中在以统计数据 and 定位观测数据为基础的数理分析上,而如何将耕地变化对区域范围内的粮食生产能力的影响在空间分布上开展更深入的探讨,目前应该说还相对较少。研究方法上,国内利用统计数据进行耕地面积、粮食播种面积与粮食总产和粮食单产之间相关分析的居多,在耕地质量对粮食生产能力的影响研究方面因数据资料不足等原因而局限于定性描述,或仅对耕地中的土壤肥力变化进行定量研究,还缺乏耕地变化空间分布与粮食生产能力关系方面的深入分析。

通过全面分析耕地资源空间格局变化响应机理,可以提炼土地利用/覆盖变化研究(LUCC)在农业领域的关键科学问题,促进相关交叉学科理论、技术和方法的发展和完善。目前,耕地资源变化驱动力机制研究多时空尺度与多因素的综合分析、影响因子尤其是社会经济影响因子的空间化研究尤其薄弱,有待加强。

第二节 耕地质量及变化研究

近年来,随着人口增长和经济发展,生态环境的不断恶化,全世界耕地资源日益减少,耕地退化正在削弱全球很多农业地区的可持续生产能力,由此所导致的粮食供给压力也越来越严峻地摆在了人们的面前,尤其是发展中国家形势更不容乐观。这些地区在高强度开发背景和耕地资源持续减少的情况下,耕地质量的变化所带来的耕地存量以及耕地生产力的隐性损失具有更为重要的现实意义。关注耕地变化特别是耕地质量的变化,开展耕地质量评价等方面的研究一直是国内外学术界的热点。

一、耕地质量评价的内涵

耕地质量指的是构成耕地的各种自然因素和环境条件状况的总和,表现为耕地生产能力的高低、耕地环境状况的优劣以及耕地产品质量的高低(刘友兆,2003)。耕地质量可分为耕地本底质量、健康质量和经济质量3个方面(黄征学等,2001;李丹,2004)。其中,本底质量构成耕地质量的基础,具体指耕地质量的自然属性;健康质量是衡量耕地质量系统是否符合可持续发展的要求,是否可以满足人类健康发展的需要,是否能够维持系统生态发展的需要,具体是指耕地质量的环境属性;经济质量是用来衡量经济发展对于耕地质量所带来的影响,具体是指耕地质量的区位属性。因此,耕地质量不仅受气候、地形、土壤等自然因素影响,还受农田灌排基础设施、水土保持设施等众多社会经济因素的影响(张凤荣,2002),耕地质量的形成是在自然和社会经济规律共同作用下的结果,具有自然和社会经济相结合的综合特征。

基于对耕地质量内涵的不同理解,目前学术界对耕地质量评价的思路、方法以及侧重点均有不同。其中,较为流行的观点包括耕地基础地力(王蓉芳,1996)、土壤肥力(王蓉芳,2000、2002)、耕地生产力(吴群,2002)、土壤健康(章家恩,2004)等。刘彦随(2000)认为:从系统学观点分析,耕地系统可以看做是一个自然生态与社会经济复合系统,其中,自然生态系统是基础支撑系统,社会经济系统属于实施能动系

统,两者共同作用的直接效用决定着耕地系统的发展方向;葛向东(2001)认为:耕地质量评价实质上就是评价耕地系统各因子对耕地产出能力的影响;吴群(2002)认为:耕地适宜性、耕地生产潜力和耕地现实生产力是衡量耕地质量的3个主要因素。对于耕地质量内涵的探讨是进行耕地质量评价的基础,不同学者对于耕地质量评价的研究就是从其对于耕地质量的理解开始的。

二、耕地质量及其变化研究方法

耕地质量评价基本流程是:在某一层面上根据具体的目标选择耕地质量评价指标,对评价指标量化与标准化,确定权重建立耕地质量评价指标体系,最后选择某种技术或方法对耕地质量进行评价。其中,耕地质量评价指标体系的建立是耕地质量评价是否合理的关键,也是耕地质量评价的难点之一。国内外关于土地质量评价指标(Land Quality Indicators, LQI)的研究比较多,这些研究成果所依据的原则和基本理论可以为耕地质量指标的选择和确定提供重要参考。

1. FAO的《持续土地利用评价纲要》(《FESLM》)

FAO是国际上土地质量评价指标体系确立的最初倡议者之一,于1993年正式发表了《持续土地利用评价纲要》,确定了持续土地利用管理的基本原则、程序和5项评价标准。《持续土地利用评价纲要》指出:持续土地利用评价应遵循生产性(productivity)、稳定性(security)、保护性(protection)、经济可行性(viability)和社会接受性(acceptability)等原则,并初步建议在开展持续土地利用管理评价过程中应采用的自然、经济和社会等方面的评价指标因素(FAO, 1993)。其中,自然方面的指标包括气候、地貌、地质、土壤、水资源等;经济方面的指标按功能分为资源类、经济环境类、复杂的质量属性类等;社会方面的指标主要从社会公正、政策、法律、财政、管理、需求、人口压力、成本与效益等方面考察。

但是,《持续土地利用评价纲要》提供的仅是一个具有高度概括性的框架,在土地评价基本原则与思想一致的情况下,由于各国、各地区环境与条件的差异,评价的目标与所面临的问题不可能一致,因此具体的评价指标肯定不同。各个国家与地区可以根据这一框架探讨并确定适合本国与本地地区的土地评价指标体系与方法。

2. “压力—状态—响应”方法(Press-State-Response, PSR)

1996年10月21~22日,由世界银行发起,在华盛顿召开的土地质量评价会议上,明确了以“压力—状态—响应”(Press-State-Response, PSR)为基础的土地质量评价框架,并形成了正式的研究计划(Dumanski, 2000)。从此,基于“压力—状态—响应”模式的土地质量指标体系逐渐成为国际土地科学研究的热点问题。

如前所述,耕地的形成与耕地的质量是受自然、经济与社会因素综合作用的结果。其中,自然因子如地形、气候、土壤和生物等,往往受制于自然规律,其变化需要一个漫长的过程与长期的积累;而在人类的发展历史上,人类活动对耕地质量的影响是越来越显著,因此在开展耕地质量评价过程中必须充分考虑社会经济条件的影响与作用,特别是随着全球人口、资源、环境问题的日益突出,社会经济因素对耕地质量的影响往往比自然因素更直接、更显著。把自然、经济和社会因子结合起来,通过过程分析,推导