

确保粮食安全的 耕地资源保控技术体系研究

许 皞 门明新 陈亚恒 等 著

中国农业出版社

确保粮食安全的耕地资源 保控技术体系研究

许皞 门明新 陈亚恒 等 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

确保粮食安全的耕地资源保控技术体系研究/许晔等
著. —北京: 中国农业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-109-13782-0

I. 确… II. 许… III. 耕地—资源保护—研究—中国
IV. F323.211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 048285 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)

责任编辑 张 欣

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 19 插页: 6
字数: 556 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 58.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编写组成员名单

组 长：许 峰

副 组 长：门明新 陈亚恒

主要成员：王树涛 李新旺 张俊梅 霍习良

张 利 陈 影 朱永明 常金华

彭正萍 刘会玲 周亚鹏

序

粮食安全始终是关系我国国民经济发展、社会稳定和国家自立的全局性重大战略问题。本世纪头 20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期，也是资源环境约束加剧的矛盾凸显期，因此保障我国粮食安全，对实现全面建设小康社会的目标、构建社会主义和谐社会和推进社会主义新农村建设具有十分重要的意义。

目前我国耕地总面积为 18.27 亿亩^注，人均耕地面积 1.39 亩，不及世界平均水平的 40%，并且近 20 年来我国耕地总量呈明显的下降趋势，我国每年因耕地减少，年均损失粮食量达 4.61×10^6 吨。为此，我国目前实行世界上最严格的耕地保护制度，不但把“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”作为一项基本国策载入《土地管理法》，而且，在党十七届三中全会通过的《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》中进一步强调坚决守住十八亿亩耕地红线和建立保护补偿机制，确保基本农田总量不减少、用途不改变、质量有提高的决议。因此 2008 年 10 月 23 日国务院颁布并实施《全国土地利用总体规划纲要》，强调了守住 18 亿亩耕地红线，将耕地质量保育和各类数量补充措施并重来确保耕地保护目标实现；明确提出在保护和改善生态环境的前提下，依据土地利用条件，有计划、有步骤地推进后备土地资源开发利用，组织实施土地开发重大工程。

本书是作者在长达十几年科学研究与工作实践基础上，运用资源可持续利用的思想与系统研究方法，理论结合实际，以河北省为研究区域，建立了河北省全省统一可比、定量化、综合化的耕地资源质量评价指标体系，为避免目前耕地占优补劣、流转无序、补偿标准不一等问题，提供了量化标尺。其次通过不同层次耕地综合生产能力的核算明确了耕地生产能力的空间分布规律与格局；与耕地质量评价相结合确定了耕地后备资源开发的目标等别并准确核算了耕地后备资源的目标生产能力；建立了集保护耕地数量、质量与生产能力三位一体的耕地保控技术体系；最后应用地理信息系统与数据库管理技术建立了省级、市级、县级三个不同尺度的河北省耕地资源时空一体化、空间属性无缝集成的综合数据库，采用 COM 组件式技术在 MAPGIS 平台上开发了河北省耕地资源保控智能化决策管理信息系统。

注：15 亩 = 1hm²。

前 言

随着社会的发展和技术的进步人类对自然环境的影响范围和强度都在不断加大,造成全球性资源、环境、能源和粮食等出现重大危机。中国人口众多,耕地较少,经济不发达,十几亿人口的吃饭问题是头等大事,用极为有限的耕地养活极为众多的人口是非常艰难的,因此无论从国计民生还是从社会安定的角度说,粮食问题历来都是中国极端重要的问题。20世纪90年代美国世界观察研究所所长莱斯特·布朗向全世界提出了“谁来养活中国?”这一尖锐问题。尽管布朗在具体计算中国粮食产量、增产潜力、人畜粮食消耗量、耕地增减等方面不够准确、确切,但是他提出的粮食安全问题,确实是一个世界性难题,足以引起我国以及其他相关国家警惕。

粮食安全问题是我国经济发展、社会稳定和国家自立的全局性重大战略问题,保障我国粮食安全,对实现全面建设小康社会的目标、构建社会主义和谐社会和推进社会主义新农村建设具有十分重要的意义。从今后发展趋势看,随着工业化、城镇化的发展以及人口增加和人民生活水平提高,粮食消费需求将呈刚性增长,而耕地减少、水资源短缺、气候变化等对粮食生产的约束日益突出的形势仍然持续并严重威胁粮食安全。并且我国粮食安全的基础比较脆弱,加上粮食增产的难度越来越大,致使我国粮食的供需将长期处于紧平衡状态,保持粮食长期供求平衡的任务十分艰巨,保障粮食安全面临严峻挑战。

耕地是粮食生产的基石、农业生产的重要基础。作为人类社会赖以生存和发展不可或缺的耕地资源是关系到一个国家经济命脉的重要战略资源和社会发展的根本。我国耕地数量减少和人口刚性增长的不可逆转的趋势,决定了要满足未来中国16亿人口、6.4亿吨粮食的需求,必须依靠我国有限的耕地资源支撑农业和农村经济的快速发展,保障众多人口的基本物质需求。但随着社会经济的迅速发展,耕地资源需求的刚性增长与耕地资源短缺及约束压力强化并存已成为当前社会经济发展面临的突出问题之一,而解决这一问题的根本途径是加强保护、控制对农业与社会经济具有战略意义的耕地资源,保障一定数量、质量的耕地是实现可持续发展的根本举措。尽管我国采用世界上最严格的耕地保护制度,实行耕地占补平衡政策,从一定程度上减缓了耕地的流失速度,但未形成统一的、定量化、综合性和具有可比性的耕地质量评价参比标准,在耕地占补平衡与耕地流转过程中,由于耕地及其后备资源综合生产能力不清,对于补充耕地的生产能力是否能达到原来的水平没有定量的评价标准,从而出现了“占优补劣”的情况,造成劣质耕地面积的增加掩盖了优质农田的减少,引起耕地质量的亏损与耕地资源生产能力的下降,致使耕地减少的势头并未得到根本遏制。鉴于耕地资源的稀缺性、社会经济的快速发展与人类对耕地资源功能的认识程度不断深入,传统的耕地资源调查评价的技术方法已经不能满足日新月异的耕地管理的需要,迫切需要提出一套科学化、定量化、精准化的耕地数量—质量—生产能力全方位动态管理、保护和控制技术体系。

作者和课题组成员针对上述问题,根据河北省耕地利用实际情况,对耕地及其后备资源的质量与综合生产能力进行了系统的研究,明确了耕地质量及其生产能力时空变化规律与发展趋势,提出保护耕地数量、提高耕地质量与生产能力的控制技术体系,以协调、缓解当前日益尖锐的人地矛盾,实现既保障经济发展又能对耕地进行有效保护的双赢战略目标。本书旨在总结

和提炼课题组十几年来在耕地质量评价及保护技术方面的研究成果，为课题组明确新的研究方向、为进一步研究耕地保护中存在的技术问题奠定基础，也为土地资源相关方向的科研、推广、教学、管理工作提供参考。希望本书的出版有助于耕地质量、生产能力评价和保护研究的发展和深化，推动耕地资源保控技术的改进和推广，促进我国耕地可持续利用的发展。

全书共计九章，第一章在概述选题背景和当前国内外耕地资源领域研究现状的基础上，简述了本研究的研究思路和内容；第二章介绍了有关耕地资源研究的相关基础理论和河北省自然、经济、社会概况；第三章至第五章分别总结了耕地质量评价、耕地生产能力、耕地后备资源三方面的基础研究成果；第六章和第七章介绍了耕地数量、质量、生产能力保控技术体系，是对整个研究成果的集成与提炼；第八章分析了河北省耕地数量和生产能力变化态势，并以此预测耕地生产能力动态平衡状况；第九章提出了耕地资源可持续利用和保护的对策和建议。

本书是在课题组十几年来研究成果的基础上凝炼而成。但是，随着研究工作的逐渐深入，我们深刻认识到，耕地资源的安全保障体系是一个极其复杂的系统工程，涉及面非常广泛，本书仅能算是这方面研究的起步阶段，尚有许多内容需要深入研究，且限于研究者的水平和其他客观条件，书中一定会存在许多不足甚至纰漏，在此恳请诸位专家批评指正。

作者

2009年1月

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 研究的背景及意义	1
第二节 国内外研究进展	4
第三节 研究内容	9
第四节 研究方法与技术方	10
第二章 耕地资源保控理论基础与研究区概况	13
第一节 耕地资源评价理论基础	13
第二节 耕地生产力理论	14
第三节 耕地利用保护的理	16
第四节 研究区概况	18
第五节 河北省耕地利用的基础及其影响	23
第三章 河北省耕地质量评价与类比体系的建立	29
第一节 资料收集	30
第二节 外业调查与内业整理	32
第三节 河北省耕地质量评价区域可比技术参数体系	34
第四节 河北省不同层次耕地质量综合评价结果	49
第五节 河北省耕地质量分布规律及景观格局	70
第六节 耕地质量因素组合类比体系的构建	79
第四章 河北省耕地生产能力核算研究	83
第一节 耕地生产能力核算的前期准备工作	85
第二节 耕地实际生产能力核算	90
第三节 耕地可实现生产能力核算	94
第四节 耕地理论生产能力核算	101
第五节 河北省耕地利用强度与增产潜力分析	107
第六节 河北省耕地生产能力影响因素分析	110
第五章 河北省耕地后备资源目标生产能力研究	122
第一节 河北省耕地后备资源状况分析	123
第二节 河北省耕地后备资源适宜性评价	126
第三节 河北省耕地后备资源目标生产能力核算	136

第六章 河北省耕地资源保控技术体系的建立	143
第一节 以等别为基础的耕地生产能力当量折算技术.....	143
第二节 补充耕地质量控制技术	152
第三节 基于压力—状态—响应模式的耕地重点保护技术	179
第四节 以标准样地为基础的耕地质量动态监测技术.....	186
第五节 利用遥感进行耕地及其生产能力动态监测技术	199
第七章 耕地资源保控智能化空间管理决策支持系统	232
第一节 智能空间决策咨询信息系统建立的数据准备.....	233
第二节 智能空间决策咨询信息系统的总体分析与设计	236
第三节 智能空间决策咨询信息系统的数据库设计与建立	242
第四节 智能空间决策咨询信息系统的建立及功能的实现	249
第八章 河北省耕地生产能力供需平衡预测	257
第一节 河北省耕地数量时空动态变化.....	257
第二节 河北省耕地变化流向态势	261
第三节 粮食需求预测	266
第四节 河北省耕地生产能力预测	269
第五节 河北省耕地生产能力供需平衡的总体判断及对策建议	275
第九章 耕地综合生产能力保障的政策和措施	278
参考文献	287

第一章 绪 论

第一节 研究的背景及意义

粮食安全问题是关系人类生存与发展的重要问题。国际上对粮食安全概念的通用解释是：粮食安全的最终目标应该是确保所有的人在任何时候既能买得到又能买得起他们所需要的基本食品。可见，实现粮食安全的关键是保证粮食生产稳定发展，即保证粮食生产能力稳定。而耕地资源是粮食生产的物质基础，耕地数量和质量是影响和制约粮食综合生产能力的最基本的约束因子。中国正处于工业化、城市化进程时期，耕地资源非农化、耕地质量下降制约着我国粮食生产的发展。随着经济发展与人口增长，耕地数量减少、耕地质量下降与粮食需求量迅速扩张已经成为一对不可避免的矛盾。因此，耕地质量及生产能力的管控对维护我国粮食安全和稳定国民经济发展有着非常重要的意义。

一、世界粮食问题形势不容乐观，我国粮食安全面临严峻挑战

20 世纪 90 年代后，世界粮食总产量增加不快，甚至下降。到 2002 年，世界谷物总产量仅为 18.10 亿吨，比 1996 年的 20.69 亿吨减少了 2.59 亿吨；而且世界谷物库存量也在下降，2000 年比 1997 年减少了 5 180 万吨，占消费量的 14%。另外，2000 年以来世界粮食总产量一直处于下降的趋势，2002 年世界粮食产量为 20.09 亿吨，比 1996 年的 22.11 亿吨减少了 2.02 亿吨。在这种粮食不安全状态的情况下，极有可能会因某个主要产粮国收成变动，而引起世界性粮食危机。2003 年全球面临严重粮食短缺而需要援助的国家有 38 个，8.42 亿人营养不良，其中 7.98 亿在发展中国家，且今后的几十年中世界人口增长的 90% 以上将在发展中国家。因此，要尽量做到各个发展中国家的粮食自给，否则，消除世界的饥饿和贫困这一理想目标将难以实现。早在 1996 年举行的首次世界粮食首脑会议上，与会各国首脑曾经提出“人人享有获得安全而富有营养的粮食权利”的口号，并确立了 2015 年将世界饥饿人口减少一半的目标。为实现目标，饥饿人口每年必须减少 2 200 万。然而，事态的发展却不尽如人意。在 2002 年 6 月 10 日举行的第二次世界粮食首脑会议开幕前夕，FAO 的统计数据表明，过去的 5 年里全球饥饿人口每年平均只减少 600 万，还不及规定目标的 28%。目前世界仍有 7.77 亿饥饿人口，平均每天有两万多人死于饥饿。

我国粮食安全的基本态势可以简单地用“四低”来概括，即人均粮食占有量低、总产量与单产增长幅度低、粮食种植比较效益低、粮食总体质量偏低。特别是 1999 年以来我国粮食产量连续 5 年持续降低，2003 年更是出现了水稻、小麦、玉米三大谷物同时减产的局面，粮食总产量下降到 1990 年以来的最低水平，仅有 4.3 亿吨，同年我国粮食总消费量接近 4.9 亿吨，当年粮食缺口 0.6 亿吨。据统计，2007 年，全国粮食虽比上年有所增产，但从人均占有粮食的情况来看，我国人均年粮食占有量在 400kg 上下，已接近世界粮食危机线人均占有量 370kg，情况绝对不容乐观。按照《中国粮食问题白皮书》预测，2030 年我国人口将达到 16 亿，按照人均 400kg 的较低标准计算，我国粮食总需求量为 6.4 亿吨。因此，如何在未来的 20 几年内实现我国粮食增产近 50%，对我国而言，这不能不说是一个严峻的考验。

二、我国耕地资源背景条件不佳，数量减少、质量退化现象加剧

耕地作为农业最重要的基础资源，无疑成为粮食安全问题的重点。全国耕地中，分布在山地、丘陵、高原地区的占 66%，分布在平原和盆地中的仅占 34%。长江流域及其以南地区，水资源占全国总量的 80% 以上，但耕地仅占全国的 38%，淮河流域及其以北地区，水资源不足全国的 20%，而耕地却占全国的 62%，耕地中以旱地居多，占全国总面积的 70% 以上，且水热条件差，大部分依赖灌溉，目前全国 1.22 亿 hm^2 耕地中，有灌溉条件的只有 0.55 亿 hm^2 多，其他 55% 的耕地还完全靠天吃饭，而水浇地中大部分灌溉标准不高，老化失修严重，真正旱涝保收的只有 0.13 亿 hm^2 多。耕地资源分布的不均衡性和水土资源的严重错位，进一步加剧了我国粮食安全的紧张局势。为了满足日益增长的耕地需求，开垦宜农耕地后备资源是扩大耕地面积的主要途径，我国现有耕地后备资源仅 734.3 万 hm^2 ，人均 $0.72 \times 10^{-2} \text{hm}^2$ ，然而由于后备资源所在区域水资源短缺，生态环境较脆弱，限制因素较多，加上耕地后备资源自身质量差，开发后极易引起生态问题，并受耕地资源绝对供给局限性及开垦利用条件与开垦成本高的影响，以及建国以来几次大开荒，后备耕地资源数量锐减，耕地后备资源的开垦潜力已很有限。

耕地是粮食生产的载体，耕地资源的数量和质量上的变化必将影响到耕地的有效供给与粮食生产的持续增长及粮食安全水平。近 20 年来我国耕地总量呈明显的下降趋势，伴随着耕地总量的持续减少的是人口的刚性增长，其直接的结果是人均耕地数量的持续下降。1996 年我国耕地总面积为 1.3 亿 hm^2 ，到 2006 年底，已降为 1.22 亿 hm^2 ，10 年间净减少 0.08 亿 hm^2 ，人均耕地面积已降到 1.39 亩，不及世界平均水平的 40%，全国已有 666 个县（区）人均耕地低于联合国确定的人均 0.8 亩的警戒线。耕地数量的减少明显影响了耕地的总产出量，我国近几年粮食单产无增加趋势，粮食产量随着耕地减少将逐年下降，1996—1997 年平均粮食单产 $4.86 \times 10^3 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，每年因耕地减少，年均损失粮食量达 4.61×10^6 吨。1997 年以来我国实行耕地占补平衡政策，从一定程度上减缓了耕地的流失速度，但由于劣质耕地面积的增加掩盖了优质农田的减少，耕地的生产能力在不断地被侵蚀。优质耕地的损失，造成优质高产田减少、劣质低产田增加，引起耕地资源生产能力的下降。

另外，由于耕地退化和耕地环境污染引起的耕地质量下降，也是近年耕地资源生产能力下降的重要因素。耕地质量的核心是耕地的生产能力，耕地质量的演化同时受到自然和人为因素的影响。长期以来，我国在改良和利用耕地资源方面取得了举世瞩目的成就。但目前仍有约 79% 的耕地属于中低产土壤，水肥资源利用效率低，但改良利用潜力巨大，是我国未来粮食持续高产的重要基础。即使在水肥条件良好的高产区，粮食增产在很大程度上也依赖于大量的水肥投入，这不仅使生产成本提高，资源消耗骤增，而且还会导致严重的环境问题。新中国成立以来，我国开展了大规模的农业基础设施建设，2002 年有效灌溉面积达 $5.43 \times 10^7 \text{hm}^2$ ，较 1952 年扩大 1.72 倍，占耕地面积的比重由 18.15% 提高到 44.39%，除涝面积达 $2.11 \times 10^7 \text{hm}^2$ ，治理盐碱地 $5.28 \times 10^6 \text{hm}^2$ ，占盐碱耕地面积的 7.14%。这些农业基础设施的建设，对改善耕地环境发挥了重要作用。但是我国耕地质量退化的形势不容乐观，我国土壤侵蚀、土地沙化严重，同时耕作对化肥、农药的依赖性越来越强，氮磷钾比例失调，污染面积扩大，土体本身调节水、肥、气、热的能力衰退等这些都引起了耕地质量的下降。因此，通过加强高标准基本农田建设和土地开发整理，提高耕地质量、单位面积的产量与生产能力，增加有效耕地面积，确保补充耕地达到一定的标准，减少耕地的隐性流失，确保足够数量和质量的耕地，减少耕地紧缺的压力，不仅是经济发展和社会进步的需要，而且是社会安定和国家安全的重要保障。

三、耕地质量及其综合生产能力是维护国家耕地资源与粮食安全的基础

“民以食为天”，“无农不稳，无粮则乱”。粮食是一种具有战略意义的特殊商品，是国家安全战略的重要组成部分，是国家经济发展的基础。农业是我国国民经济的基础产业之一，耕地综合生产能力是国家综合国力的重要组成部分。近年来，随着经济的发展，我国所处的国内外环境不断发生变化，资源整体约束日益加强，特别是加入 WTO 以后，我国与世界的联系更加紧密，国际化的粮食市场在给我们带来机遇的同时，也使我们面临巨大的进口压力，因此耕地质量及生产能力的保控显得更加重要，它直接关系到我国的食物安全和国民经济的安全。

新中国成立以来，我国一直把粮食视为操纵国家经济命脉和关系国计民生的重要战略物资，粮食生产取得了巨大成就。在 1949—1996 年的 47 年间，我国粮食总产量增长了 346 倍。人均粮食占有量由 209kg 增加到 400kg，提高了近 1 倍。超过当时的世界平均水平。以 1998 年中国粮食总产量突破 5 亿吨为标志，粮食市场供求情况出现了新的变化，即由长期以来的供应偏紧转向供大于求。在市场过剩状态下，如何认识和对待粮食生产便成为新的问题。部分人根据供过于求这一表面现象认为我国粮食生产已经过剩，但 1998 年以后我国粮食连续 5 年大幅减产，部分地区出现粮食供不应求的局面。国外某些学者甚至断言中国在不久的将来将面临粮食危机。笔者认为，中国粮食供求问题的实质在于无法及时根据市场需求变化及时调整生产所造成的结构性、阶段性生产过剩或者不足。也就是缺乏粮食的市场供给能力，而市场供给能力的提高必须以粮食综合生产能力为保障。

农业部副部长尹成杰撰文指出：粮食综合生产能力的高低是综合国力的表现之一。保护和提高粮食综合生产能力是提高我国综合国力和经济竞争力的需要。我国不仅是世界的粮食生产大国，也是世界的粮食消费大国。提高我国的粮食综合生产能力是我国应对国际化竞争和挑战的重要物质基础。面对经济全球化的加快推进和国际竞争加剧，从我国人多地少水缺、粮食需求日益增多的国情出发，必须立足国内解决粮食问题，扭住提高粮食综合生产能力不放，大力恢复和发展粮食生产。

“十五”计划建议指出，要高度重视保护和提高粮食生产能力，建设稳定的商品粮基地，建立符合我国国情和社会主义市场经济要求的粮食安全体系，确保粮食供求基本平衡。十六大报告在此基础上进一步明确表示要加强农业的基础地位，推进农业和农村经济结构调整，保护和提高粮食综合生产能力，健全农产品质量安全体系，增强农业的市场竞争力。如何实现上述目标，切实保护和提高粮食综合生产能力，无疑就成为目前理论界一项责无旁贷的重要课题。

从国际市场来看，近二三十年来，世界粮食产量增长趋缓，这种趋势可能会持续下去，特别是 1999 年以来，世界粮食需求量大于生产量，我国从世界市场大量进口粮食的可能性不大，同时面临着各种风险。因此，对我国耕地质量及其生产能力进行评价，并建立一套完整的保控技术体系对我国的国家安全具有十分重要的意义。

四、有效保护、控制耕地资源是实现可持续发展的根本举措

耕地资源需求的刚性增长与耕地资源短缺及约束压力强化并存目前已成为河北省面临的突出问题，而解决这一问题的根本途径是加强保护、控制对农业与社会经济具有战略意义的耕地资源，保障一定数量、质量的耕地是实现可持续发展的根本举措。

近年来，党和国家领导人对耕地保护十分重视，并将其放在民族生存与发展的角度来考虑，指出：“保护耕地是事关社会主义建设全局的大事”，“保护耕地就是保护我们的生命线”。为此，我国始终坚持实行最严格的耕地保护制度，先后制定了一系列重大政策、法律，一再强调要切实保护耕

地。不但把“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”作为一项基本国策载入《土地管理法》，而且，在党的十七届三中全会通过的《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》中进一步强调坚决守住十八亿亩耕地红线和建立保护补偿机制，确保基本农田总量不减少、用途不改变、质量有提高的决议。

同时，我国有关部门和科研单位开展了一系列关于耕地保护的研究。新一轮国土资源大调查是于1999年立项，由中央财政直接支持，国土资源部具体组织实施的公益性、基础性、战略性的跨世纪宏伟工程，它将用12年左右完成。新一轮国土资源大调查是为适应我国改革开放和现代化建设特别是西部大开发战略的新形势要求而进行的一项重要工程，将以高质量成果为国家宏观调控提供基础资料和科学依据，为政府履行调查、规划、管理、保护和合理利用国土资源管理服务，亦为公众提供公益性国土资源信息；2001年，农业部安排确定了第一批12个“沃土工程”综合示范项目。“十五”期间，继续组织开展全国耕地地力调查与质量评价工作。要突出保护性耕作节水技术集成，兼顾经济作物和灌溉区的高效节水技术应用；为切实加强耕地质量保护和建设、推进粮食综合生产能力建设、推广科学施肥技术、提高农产品品质和确保农业的可持续发展，农业部于2002年启动了全国耕地地力调查与质量评价项目。2003年项目以区域性调查为重点，组织了环太湖、珠江三角洲、华北地区等高效种植区和农产品出口基地及东北黑土退化严重的地区的耕地地力、土壤环境及农户施肥情况的调查与质量评价。组织了对2002年调查成果的应用和完善，结合“沃土工程”的实施，探索了测土、配方、施肥体系及地力建设模式，为恢复和发展粮食综合生产能力，进行了耕地承载能力分析，提出了建设重点。针对部分区域土壤退化的问题，开展了耕地质量修复建设。组织有关科研、教学部门研究并初步建立了国家、省级耕地地力调查与质量评价数据中心。

因此，一方面我国的粮食问题、耕地压力问题日益加重、耕地保护形势日趋严峻；另一方面是党中央和政府对于耕地保护的十分重视，本项目正是在这样一个严峻的耕地形势和政府迫切要求加强耕地保护的社会政策背景下展开的。

第二节 国内外研究进展

一、耕地质量评价研究动态

科学的土地评价起源于美国的土地潜力评价，早在30年代初期，在美国，尤其是中西部，由于严重的土壤侵蚀和大量的水土流失，很有必要根据自然环境特征，提出合理的土地利用和土地管理。于是，基于土地利用不导致环境退化的原则，提出了土地利用潜力分类。最初是以土壤分类为基础，按土壤、坡度、侵蚀类型和侵蚀强度划分了八个土地利用潜力级，目的是为水土保持服务。1961年，美国农业部土壤保持局正式颁布了土地潜力分类系统。这是世界上第一个较为全面的土地评价系统。

继土地潜力评价之后，土地评价朝着综合化方向发展。前苏联在1955年以来在大规模的土地资源研究的基础上，农业部于1976年正式颁布了应用于地籍工作的土地评价方法。该方法以区划单位为背景，根据土壤特征确定土地评价单元——农业土壤组，然后按照经济指标评价土地质量，将土地的自然特征和土地的利用特征（产量和生产费用）相结合，是一较为综合的土地评价方法。1985年，特纳（Turner）从土地的生态条件评价、财政与经济分析、社会条件评价等方面论述了土地评价综合分析过程。1984年，斯密特（Smit）等人把土地评价看作是一种综合的方法，主要是为土地利用规划或政策制订者服务，其目的是提供把土地清查与土地利用规划衔接起来的分析手段。通过分析自然、经济和社会条件，建立综合土地评价模型，包括数据处理、建模、求解、评价

预测和制图,并应用于安大略省的农业土地评价。这一方法的优点是能进行土地利用和产量预测。预测中考虑了人口结构、农产品需求量、城市用地需求和能源供给条件的变化。

我国土地评价工作开始于1951—1955年财政部组织的查田定产工作。系统的土地评价研究工作始于50年代的荒地普查。20世纪70年代后期开始,以合理利用土地为目的的土地评价研究蓬勃发展起来。在中国科学院、国家计委自然资源综考会的主持下,参照FAO的《土地评价纲要》并结合我国实际拟定的1:100万土地资源图分类体系,采用五级分类制,即土地潜力区、土地适宜类、土地质量等、土地限制型和土地资源单位,拟订了富有特色的编图制图规范,出版了覆盖全国的63幅图件。

1981年原农牧渔业部仿照美国农业部土地利用潜力分类系统拟定的《中国第二次土壤普查暂行技术规程》中的土地生产力标准分级,采用单层次分级系统,根据土地的适宜性和限制性,将全国土地分为八级。“七五”期间,农科院和原农牧渔业部共同完成了《我国中低产田分布及粮食增产潜力研究》,报告中按土壤肥力、土壤理化性状、土壤障碍因素与耕地生产水平等条件综合比较,把全国耕地划分为5个等级。1995年中国农科院农业自然资源和农业区划所,以县级为单位对耕地进行了分区评价。1996年农业部颁布了行业标准《全国耕作类型区、耕地地力等级划分》,把全国划分为7个耕地类型区、10个耕地地力等级。

1986年,原农牧渔业部土地管理局和中国农业工程研究设计院等研究制定了《县级土地评价技术规程(试行草案)》,主要以水、热、土等自然条件为评价因素,划分农用地自然生产潜力的级别。经过10多年的研究,集国内外系统土地评价之大成,于2003年颁布实施了《农用地分等规程》、《农用地定级规程》和《农用地估价规程》三个行业标准,基本构建起了我国农用地的等、级、价技术体系框架。

耕地后备资源适宜性评价是土地评价的一个重要组成部分。美国于1961年正式颁布了土地潜力分类系统。土地潜力分类系统以农业生产为目的,主要从土壤的特征出发来进行土地潜力评价,采用三级分类制,即潜力级、潜力亚级和潜力单位。潜力级是根据土地对大田作物或牧草的限制性强度来划分的,共划分了八个潜力级,从Ⅰ级到Ⅷ级限制性逐渐增强;在潜力级内,根据限制性因素的种类划分为四个亚级,即侵蚀、水分、表层土壤和气候条件,潜力亚级既是潜力级的续分,又是潜力单位的组合;潜力单位是根据土地适宜于作物种类、土地保护和管理措施以及生产潜力的相似性来划分或归并的。继美国之后,参照美国的系统与方法,加拿大土地清查中的土地潜力分类系统(1963)和英国土壤调查局的土地利用潜力分类系统(1969)相继推出。这一时期土地评价研究以美国的土地潜力分类系统为代表,其特点表现为从解译土壤调查资料和土壤图以及调查地区的地理位置和气候条件入手,进行一般目的的土地评价,主要考虑土地自然属性的变化和广泛的、标准化的土地利用,而未涉及社会经济条件和技术条件的变化。

对于耕地后备资源研究,我国在20世纪50~60年代,为了开垦荒地资源、振兴农业,从大农业的角度,开展了对荒地资源的综合性评价,产生了两个较为系统的土地评价体系,一是农垦部荒地勘测设计院提出的四级分类评价体系;另一个是中国科学院自然资源综合考察委员会提出的以土地生产力高低为依据的三级分类评价体系。80~90年代,后备土地资源调查评价工作得到广泛开展。80年代初,石玉林以宜农荒地的自然生产力高低及其生产性能、对农业生产的适宜程度及其生产方向、对农业生产的限制程度及其改造措施为原则提出了全国宜农荒地分类系统。主要以土地开发为目的,按荒地对农业生产的质量进行系统科学分类,采用区、等、组和类型四级划分。1988—1990年间,国家计划委员会和国家土地管理局组织了全国待开发土地资源调查评价。1990—1993年,全国农业区划委员会组织了“四荒”资源的调查评价。1997年各省(自治区、直辖市)为编制1997—2010年土地利用总体规划而进行了农用地后备资源调查评价。随着后备资源调查评价工作的开展,后备土地资源评价作为土地评价的一方面,也开始了诸多理论研究。如黄土

残源沟壑区土地开发适宜性评价方法研究, 四川省涪陵市未利用地适宜性评价和开发利用研究, 山西省耕地后备资源评价方法及其应用。20 世纪 90 年代以来, 一些学者提出了耕地资源可持续利用的评价指标, 通过建立指标体系, 从生产性、稳定性、保护性、经济可行性和社会可接受性方面对耕地利用的可持续性进行评价。张凤荣等根据土地的自然属性进行了后备土地资源调查, 2004 年张迪、张凤荣等对后备资源供给能力从经济适宜性角度进行了分析。

二、耕地生产能力研究动态

对于耕地综合生产能力, 国外没有这种提法, 许多文献是有关农业生产力方面的研究, 研究方向偏重于土地生产潜力。德国化学家李比希 1840 年发表的“有机分子在农业和生理学中的应用”是土地生产潜力研究的开端, 现今为止已有 160 多年的历史。20 世纪 20 年代初, 一些学者利用量子效率理论研究光合作用过程, 认为作物生产潜力的大小最终取决于光照的多少及光能利用效率的高低。20 世纪 60 年代到 80 年代, 生产力数值模型得到迅速发展, 进入 90 年代, 欧美等国已经普遍采用数值方法研究生产力分布状况, 国外对作物生产潜力的研究主要服务于对土地生产力的评价, 利用作物生长模拟模型如 CERES 模型 (美国, Jones, 1987)、WOFOST (荷兰, Van Keulen 和 Wolf, 1986) 对作物产量潜力进行预测。

国外学者主要从农业投入或要素投入的角度探讨提高农业综合生产力水平。从农业投入方面来说, 需要加强对农业资源贫乏地区 (如干旱地区、山区等) 的高产粮食品种培育、交通和水利设施建设等方面的投入 (John Pender, 2004)。特别是对探索如何对发展中国家的传统农业进行有效投入, 实现农业现代化, 促使农业增长, 以满足工业化对农业剩余劳动力需求等问题。还有的学者从农作物高产高效耕作栽培、利用光能的角度探讨提高作物产量, 提高农业生产力。20 世纪 80 年代以来, 作物高产研究受到许多国家的重视, 如最早由美国钾、磷研究所倡导并开展的“作物最高产量研究 (MYR)”已由美国扩展到其他 10 多个国家, 并取得丰硕成果。

国外对于要素投入方面的研究主要是农业生产率, 特别是全要素的文献较多。各国在测算农业生产率方法上不尽相同, 其中最具有代表性的国家是美国与印度。美国农业部 (USDA) 采用指数方法测算全要素生产率, 测算全要素生产率首先要计算总投入和总产出指数, 总产出指数与总投入指数之比即为全要素生产率。国际食品政策研究所 (IFPRI) 曾经使用全要素生产率对印度的农业生产率进行了系统的研究, 其方法和结论具有一定的创新性, 认为 TFP 不能由投入增长解释产出增长。TFP 应该是总产出指数与总投入指数的比率。近年来我国对于农业综合生产能力的研究比较多, 许多专家学者在农业综合生产能力的概念及其方法上进行了探讨。

作物生产潜力研究是粮食综合生产能力研究的一个分支, 也是粮食综合生产能力测算的基础。随着人们对太阳辐射是绿色植物进行光合作用的能源的认识, 以及冠层截光理论和计算模型的应用, 从作物获取辐射的角度出发进行作物生产潜力估算的理论开始出现。国内外作物生产潜力研究经历了从光合生产潜力到光温生产潜力, 再到气候生产潜力和土地生产潜力的发展历史, 内容日趋完善, 范围愈加广泛。

作物生产潜力研究始于作物产量和光合生产力的关系、光合作用机制以及光合作用与环境条件关系研究, 明确了从辐射、反射、漏射、呼吸消耗等方式来计算作物的光合生产潜力。日本的村田吉男、美国的 Loomis R. S 和 Williams W. A 等从作物的光合效率及干物质生产潜力的角度作了大量研究工作, 从理论上推算出作物最大光能利用率为 5%~6%。但由于仅考虑了光合作用, 计算结果偏高, 与实际产量相差甚远。目前作物光温生产潜力的研究思路已经基本成熟, 其中 Wahengen、联合国粮农组织 (FAO) 等对光温生产潜力的研究较为深入。此后, 作物生产力研究逐步转向气候生产潜力, 即把光照、温度、降水等因素综合考虑探讨作物生产潜力。如 Hanks 等从作物

生产与水分有效利用的关系,提出各种计算模型,归纳起来大致有两类:一类是采用降水量与作物需水量比较,其结果为光温水气候生产潜力;另一类是从农田实际蒸散量与作物需水量比较,反映水与产量关系的实际状况,分析光温水生产潜力。但由于水分因素与作物生产力关系的复杂性,以及相关参数获得的难度与精确性等问题,气候生产潜力的研究在总体思路虽已成型,但研究成果的差异性以及可靠性程度存在较多问题。

我国对耕地生产潜力研究的历史较短,但发展较快。1938年,国际地理学会把农业生产力列入议题。受其影响,任美镛首先注意到我国生产力研究的重要性,并以农业生产潜力为基础估算土地承载力。从20世纪50年代开始先后对作物的光合、光温、气候生产潜力等概念和估算方法进行了研究。20世纪80年代,中科院等科研机构开展土地生产潜力研究,并将土地生产潜力和土地利用方式等结合起来推算粮食产量,对我国粮食安全状况进行分析。原农牧渔业部、土地管理局和中国农业工程研究设计院等单位依据国内外土地评价理论,结合我国实际,以水、热、土等自然条件为评价因素,进行耕地生产潜力评价,划分耕地自然生产潜力级别。

比较而言,我国作物生产潜力评估方法存在明显问题:①偏重数值计算,实证性较差。所提出的各类模型方法基本上以理论推导及模型分析为主,所需参数及订正系数很少作系统的试验测定,与生产实际有一定差距;②各种方法及模型测算的潜力值统一性差,可比性差;③多数研究试验局限于田间小区定位观测。这种以点代面容易造成潜力分析结果的失真,指导生产决策依据不足;④潜力研究仍局限于气候、土壤等自然影响因素,对于社会经济影响因子考虑甚少。多数研究缺乏从区域整体角度综合考虑自然潜力和经济技术的协调、潜力开发与资源环境保护等。

在粮食生产潜力研究方面,一些学者做了有益尝试,取得了一定成就。姜世忠在阐述作物光合、光温、气候、土地生产力、生产潜力、产值潜力的概念及计算公式的基础上,提出了用生产潜力和潜力指数定量测度区域农业生产潜力的方法,对评价一个地区的生产潜力,指导农牧生产发展具有重要意义。张洪业等通过对黄淮海平原339个县(市)土地资源的调查分析,把该地区分为4个区和15个亚区,估算出不同类型区中低产田和荒地的面积,且对黄淮海平原中低产田与荒地资源开发条件和潜力进行了初步分析。高志强、刘纪远借助GIS工具,利用层次分析法,对中国土地潜力资源进行了综合分析和评价,在评价的基础上,对中国土地资源的耕地潜力、生产潜力、生产潜力总量、人口容量潜力及综合潜力的大小和空间分布特征进行分析。王宗明、梁银丽通过对黄土塬区主要粮食作物的增产潜力进行分析,得出温度、降水是造成该区作物产量低而不稳的重要原因,通过分析温度满足率TCR和水分满足率WCR来揭示黄土塬区温度和水分对生产潜力的影响程度。曾希柏、陈同斌等根据我国各地区1990—1998年化肥施用量和作物产量,以粮食作物为主要研究对象,从不同年份单位播种面积的粮食产量和肥料施用量变化,求出相应的单位播种面积可能达到的粮食生产潜力,并以此为基础计算出该地区单位播种面积的粮食的增产潜力。李茂,张洪业根据50年来耕地面积、复种指数、粮食产量等统计资料,分析我国省际耕地面积和粮食生产力变化的差异,提出耕地粮食生产力相对指数的概念,定量分析各省耕地在全国粮食生产中的相对重要性,为耕地保护政策提供科学依据。李三爱用作物生长模型CERES-Wheat和CERES-Maize研究北方旱农区小麦、玉米田间水平及区域水平的水分生产潜力,用Arc View展示小麦、玉米的潜力值,揭示潜力值的大小及空间分布规律,分析潜力值大小、可开发性和开发度,客观而科学地评价旱农区农业开发的潜力及前景,为生产实践中确定适宜的开发对策提供可靠的理论依据。毕红杰结合我国粮食供需状况及发展趋势和吉林省粮食生产现状,借鉴国内外研究成果,分析影响吉林省粮食增产潜力的障碍性因素及影响程度,寻求粮食增产潜力的发挥空间。周永娟以地理信息系统(GIS)及河南省农业空间数据库和属性数据库为基础,采用机制法,通过对光、温、水、土和社会因子逐级衰减,以县为单位计算了河南省棉花生产潜力。将计算结果与现实棉花单产比较分析,确定了河南省棉花生产潜力开发优势区。最后在综合分析单产潜力、潜力系数、总产潜力和开发优

势的基础上提出了河南省不同棉区的棉花发展对策。周治国等引入知识模型概念,通过光、温、水、土、施肥、灌溉、社会等因子的逐步衰减,建立作物生产潜力估算的知识模型。以江苏省作物生产系统为案例,应用该系统对江苏地区作物生产潜力区域优势进行实例评价,并与实际单产相比较,进行单产潜力、潜力系数和总产潜力的对比分析,确定作物生产地域优势。

三、耕地保护研究动态

从国外农地保护的发展历程来说,起初的农地保护主要源于人们不合理利用土地和自然灾害所引起的对自然生态环境保护的关注。如美国针对开发西部所引起的严重的生态问题,于20世纪30年代就制定了水土保持和国内生产配给法,对农业实行了限制型保护规划。到20世纪60年代便着手制定了一系列公有土地管理法规,规范公有土地分类、评价利用和转化。1976年正式提出基本农田的概念,并对其内涵进行了严格界定。到20世纪80年代,美国农地保护更加深入,1981年美国联邦政府提出“农地保护政策法”,作为农地保护的法律依据。为相应联邦政府保护农地的行动,原美国农业部土壤保持局与州、县政府合作,提出“土地评价与立地分析”系统(LESA),用以确定农地保护的类型和范围,并被广泛地应用到农地保护的实践中。

日本是一个国土面积狭小、耕地资源稀缺的国家。其保护目标确定为保护其生产能力和足够的生态空间。在人均国土资源极为有限的条件下,日本在较短时间内达到了与美国差不多的城市化水平,同时付出比较小的用地代价。首先,通过规划保护农地。日本将农地划分为市街化(即城市化)调整区域以外的农地和市街化调整区域内的农地两大类。第二,通过法律手段保护农地。根据《城市规划法》确定城市内部不同地域土地利用方向;根据《农业振兴地域法》、《农业法》的要求,限定农业地域的土地利用,规定农业用地不能被任意侵占,不同农业用地也不许任意转用。第三,通过发展大都市保护农地。综观日本耕地保持与城市化发展历程可以发现,选择适合国土资源条件的城市发展道路和结构,发挥大城市集聚效能,可以较大限度地节约耕地,对耕地的合理利用与保护产生积极影响。

我国耕地保护可追溯到解放初期。自20世纪50年代到60年代,中央政府公布了一系列国家建设和农村宅基地的管理办法,强调非农用地尽量不占用耕地。20世纪60年代,出于对农业的重视,全国范围内开展了以改造中低产田、建设高产稳产田为目标的耕地改造运动。进入20世纪70年代中期,在水土流失严重的地区,开展了卓有成效的土地治理工作,改善了山区农业生态环境,提高了农田生产能力。自进入20世纪80年代,随着改革开放和社会经济的迅猛发展,我国耕地保护进入了一个新的时期。它起始于政府对非农用地占用耕地和农业结构调整挤占大量耕地而对国家整个粮食供应体系影响的关注,使我国的耕地保护具有了世界农地保护的特点,即注重耕地总量动态平衡和实现土地利用优化配置。

国内对于耕地保护的研究起步较晚。20世纪90年代,耕地保护问题逐渐引起学术界的重视,主要著作有:张凤荣主编的《持续土地利用管理的理论与实践》,朱德举主编的《中国耕地保护》,李元主编的《生存与发展——中国保护耕地问题研究与思考》等。随着相关专著和论文的问世,以数量保护为重点,逐步形成了有中国特色的耕地保护学说。

如上所述,目前我国有关耕地质量与生产能力保护的研究正在逐渐的深入,并取得了丰硕的成果,对国家耕地保护政策制定,耕地保护研究理论完善和技术创新,起到了很大的促进作用。尽管我国采用世界上最严格的耕地保护制度,实行耕地占补平衡政策,通过开展土地利用调查评价摸清了耕地资源的数量情况,从一定程度上减缓了耕地的流失速度。但未形成统一的、量化、综合性和具有可比性的耕地质量评价参比标准,在耕地占补平衡与耕地流转过程中,由于耕地及其后备资源综合生产能力不清,对于补充耕地的生产能力是否能达到原来的水平没有量化的评价标准,从而