

东北农业水土资源 优化调控理论与实践

宋凤斌 赵兰坡 等著



科学出版社

www.sciencep.com

东北农业水土资源 优化调控理论与实践

宋凤斌 赵兰坡 等著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系中国科学院知识创新工程重大项目“东北地区农业水土资源优化调控机制与技术体系研究”和知识创新工程重要方向项目“盐碱化、荒漠化为重点的退化土地质量恢复技术的集成与示范”的重要研究内容。全书深入系统地分析了东北地区粮食主产区农业水土资源状况和演变趋势,构建了东北粮食主产区典型县农业土地资源数据库系统,提出了东北地区农业土地资源潜力综合评价应用模型和农业水资源可持续利用评价指标体系,形成了东北地区商品粮基地建设布局和农业水土资源优化配置的初步方案;全书全面地介绍了在典型土壤退化过程及修复理论与技术、典型农田系统环境安全与管理及无公害生产关键技术、农业水土资源高效利用关键技术集成与示范等方面取得的创新性成果,为东北地区水资源保护型农业生产体系和水土资源可持续利用的粮食安全保障体系的建立提供了较系统的理论指导和技术体系支撑。

本书对各级政府决策具有重要的参考价值,亦可为相关科研人员和大专院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

东北农业水土资源优化调控理论与实践 / 宋凤斌等著.
—北京:科学出版社, 2010. 8
ISBN 978 - 7 - 03 - 028238 - 5

I. ①东… II. ①宋… III. ①水资源管理 - 研究 - 东北地区 ②土地资源 - 资源管理 - 研究 - 东北地区 IV.
①TV213.4②F327.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 129481 号

责任编辑:孟宪奎 封面设计:宋凤斌

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>

长春市东文印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版

开本: 787 × 1 092 1/16

2010 年 8 月第一次印刷

印张: 31 1/2

印数: 1 ~ 1 000

字数: 620 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

著 者

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|----------------------|
| 王志春 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 王金达 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 邓 伟 | 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 |
| 刘兴土 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 刘彦随 | 中国科学院地理科学与资源研究所 |
| 刘晓冰 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 朱永官 | 中国科学院城市环境研究所 |
| 许艳丽 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 齐晓宁 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 宋凤斌 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 宋长春 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 张 柏 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 张平宇 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 武志杰 | 中国科学院沈阳应用生态研究所 |
| 赵兰坡 | 吉林农业大学 |
| 崔 毅 | 中国科学院长春应用化学研究所 |
| 梁正伟 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 章光新 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 韩晓增 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |

参著者

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|-------------------|
| 于君宝 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 马延吉 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 马彦昆 | 白城市农业科学院 |
| 王 洋 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 王其存 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 王建国 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 王晓波 | 吉林农业大学 |
| 乔云发 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 刘作新 | 中国科学院沈阳应用生态研究所 |
| 刘志强 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 刘胜群 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 许翠华 | 白城市农业科学院 |
| 闫百兴 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 闫敏华 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 宋春雨 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 张 磊 | 青岛农业大学 |
| 张兴义 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 张旭东 | 中国科学院沈阳应用生态研究所 |
| 张树清 | 中国科学院东北地理与农业生态研究所 |
| 张洪勋 | 中国科学院遗传与发育生物学研究所 |
| 张海军 | 中国科学院沈阳应用生态研究所 |
| 李井云 | 白城市农业科学院 |

李长胜 中国科学院东北地理与农业生态研究所
李秀军 中国科学院东北地理与农业生态研究所
李取生 暨南大学
李春杰 中国科学院东北地理与农业生态研究所
李艳华 中国科学院东北地理与农业生态研究所
杨 福 中国科学院东北地理与农业生态研究所
杨建锋 中国科学院东北地理与农业生态研究所
陈 凡 中国科学院遗传与发育生物学研究所
陈 渊 中国科学院东北地理与农业生态研究所
陈利军 中国科学院沈阳应用生态研究所
孟 凯 黑龙江大学
侯彦林 中国科学院生态环境研究中心
胡 莹 中国科学院生态环境研究中心
赵 军 中国科学院东北地理与农业生态研究所
赵志春 中国科学院东北地理与农业生态研究所
姬兰柱 中国科学院沈阳应用生态研究所
隋跃宇 中国科学院东北地理与农业生态研究所
黄益宗 中国科学院生态环境研究中心
童依平 中国科学院生态环境研究中心
董丽松 中国科学院长春应用化学研究所
韩秉进 中国科学院东北地理与农业生态研究所

前 言

中国科学院长期从事东北区域农业发展研究。几十年来,东北地理与农业生态研究所联合中国科学院的相关研究所运用多学科的优势,针对可再生资源的保护与合理利用、区域农业综合发展、环境保护与生态建设等重大问题和国际科学前沿问题进行了多层次全方位的研究和探索,取得了一批创新成果。

从五十年代开始,对黑土、盐渍土、棕壤、褐土地区的农业开发中的重大问题开展了系统研究。其中盐渍土改良、污水资源化利用、工农业活动对农业生产的环境影响及其评价、重金属和硝酸盐等污染物在土壤—植物系统中的迁移转化、归宿与积累、农田土壤水分循环与养分循环等研究起步较早,历史悠久,硕果累累。从“六五”开始,陆续开展了东北农业资源、环境等方面的研究与试验示范,积极地承担国家组织的区域农业攻关与开发任务。连续 20 年主持松嫩——三江平原区域农业科技攻关课题,取得了大量的研究成果。与此同时承担了有关松嫩、松辽、三江平原中低产田改造、旱地农业等项目,“七五”、“八五”、“九五”期间在农业综合开发、农业生态和水土环境方面做了大量的工作,取得了一批研究成果。“九五”期间,在中国科学院的高度重视和大力支持下,东北地理与农业生态研究所组织力量,针对东北农业发展中的重大问题展开攻关,在生态脆弱区综合治理与生态建设模式、地下水运动三维模拟与优化管理模型、玉米大面积高产综合配套技术、优质大豆高产综合配套技术等方面取得了许多具有创新意义的研究进展。此外,在农业水资源优化管理与盐渍化治理,松嫩平原黑土区农业持续发展研究、松嫩平原地下水—土—植被系统水盐过程与调控等方面取得了显著的成果,为我国东北农业做出了积极贡献。

多年的区域农业科技攻关和农业综合开发虽然在研究思路和有关技术上向前迈出了一大步,把任务与学科建设有机地结合起来了,但受掌握资料和研究水平的限制,得出的结论多是宏观思路和一般想法,没有形成系统的理论,理论与实践的结合更显欠缺,东北区域农业相关研究工作向前推进显得异常艰难。基于东北农业在国家农业总体布局中的重要与特殊的地位和作用以及中国科学院布置在东北地区相关研究所的区位优势,中国科学院审时度势,适时启动了知识创新工程重大项目“东北地区农业水土资源优化调控机制与技术体系研究”(KZCX1-SW-19)和知识创新工程重要方向项目“盐碱化、荒漠化为重点的退化土地质量恢复技术的集成与示范”(KSCX2-YW-N-41-02),使我们有组织与联合院内相关研究所和院外相关大专院校与科研单位针对限制东北农业发展的水土资源合理配置问题展开联合攻关,更有机会对以往的研究工作进行深入的总结,形成系统的理论体系进一步指导实践。经过 100 多位科研人员历时 8 年多时间的“兵团作战式”深入

研究、试验与示范，特别是有效地组织了多次规模较大的理论结合实际的学术研讨活动，使我们对农业水土资源优化调控理论与实践有了深刻的认识，同时通过实践，验证和发展了我们的有关学术思想，更为可喜的是提出了大量可行的关于东北地区农业水土资源优化调控机制与技术体系并得到卓有成效的示范与推广，取得了巨大的生态、经济和社会效益。本书以概论的形式全面系统地整理了我们的学术思想和关键技术要点，希望能对大家有参考价值。

本书的著者均为中国科学院知识创新工程重大项目“东北地区农业水土资源优化调控机制与技术体系研究”(KZCX1-SW-19)和知识创新工程重要方向项目“盐碱化、荒漠化为重点的退化土地质量恢复技术的集成与示范”(KSCX2-YW-N-41-02)的主要参加者。宋凤斌负责本书整体框架的构建，宋凤斌与赵兰坡负责本书最后的定稿。本书各章的著者和参著者为(以姓氏笔画为序)：马延吉、邓伟、刘志强、刘彦随、闫百兴、闫敏华、张平宇、张柏、张树清、侯彦林、赵军(第一章)；伊光华、刘作新、宋凤斌、杨建峰、章光新、韩晓增(第二章)；王其存、刘晓冰、闫百兴、宋长春、张兴义、张旭东、杨福、陈凡、陈渊、赵兰坡、赵志春、梁正伟、隋跃宇(第三章)；于君宝、王金达、王晓波、左秀锦、朱永官、许艳丽、宋凤斌、张洪勋、张海军、张磊、李春杰、陈利军、武志杰、胡莹、姬兰柱、黄益宗、童依平(第四章)；马彦昆、王志春、王洋、许翠华、齐晓宁、宋春雨、张守平、李井云、李长胜、李艳华、杨宇明、崔毅、董丽松、韩晓增、潘振远(第五章)；王建国、邓伟、刘兴土、宋凤斌、李秀军(第六章)。感谢参加中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-19)和知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-N-41-02)的院内相关研究所与院外大专院校和科研单位的密切配合与鼎力协作，感谢参加“重大项目”和“重要方向项目”的所有人员，感谢项目监理黄鼎成研究员和中国科学院农业项目办王大生主任，感谢支持、关心与帮助“重大项目”和“重要方向项目”的所有领导、专家和朋友，感谢“重大项目”和“重要方向项目”的经费支持。

本书就东北地区农业水土资源优化调控机制与技术体系作了详尽的介绍，为了推动东北地区农业水土资源优化调控理论与实践的更臻完善，敬请读者多加指正。

著 者

2010年3月

目 录

前 言

第一章 东北地区农业水土资源优化调控机制研究的意义、国内外研究动态

与研究方案·····	1
------------	---

第一节 研究的意义·····	1
----------------	---

第二节 国内外研究动态·····	4
------------------	---

第三节 研究方案·····	7
---------------	---

第二章 东北农业水土资源态势与持续利用对策 ····· 20

第一节 研究的科学意义 ·····	20
-------------------	----

第二节 研究的战略意义 ·····	22
-------------------	----

第三节 国内外研究动态 ·····	23
-------------------	----

第四节 东北地区农业水土资源态势与可持续利用对策 ·····	25
--------------------------------	----

第三章 典型农田系统水分高效利用机制研究 ····· 94

第一节 研究的科学意义 ·····	94
-------------------	----

第二节 研究的战略意义 ·····	95
-------------------	----

第三节 国内外研究动态 ·····	96
-------------------	----

第四节 典型农田系统水分高效利用机制研究的理论与实践 ·····	99
----------------------------------	----

第四章 典型土壤退化过程及修复理论与技术····· 137

第一节 研究的意义·····	137
----------------	-----

第二节 研究的战略意义·····	139
------------------	-----

第三节 国内外研究动态·····	140
------------------	-----

第四节 典型土壤退化过程及修复理论与实践·····	144
---------------------------	-----

第五章 典型农田系统环境质量预警体系与无公害生产及关键技术····· 248

第一节 研究的科学意义·····	248
------------------	-----

第二节 研究的战略意义·····	249
------------------	-----

第三节 国内外研究动态·····	250
------------------	-----

第四节 典型农田系统环境质量预警体系与无公害生产理论与实践·····	251
------------------------------------	-----

第五节 所取得的成果的水平 and 作用·····	361
---------------------------	-----

第六章 东北地区农业水土资源高效利用关键技术集成与示范	366
第一节 研究的科学意义	366
第二节 研究的战略意义	366
第三节 国内外研究动态	368
第四节 退化黑土农田生态系统修复与无公害粮豆生产关键技术	369
第七章 东北农业发展潜力	447
第一节 东北区农业发展战略	447
第二节 东北商品粮基地建设	464
第三节 东北地区粮食增产潜力挖掘	471
第四节 东北地区土地安全管理	480
第五节 东北现代农业发展	486

第一章 东北地区农业水土资源优化 调控机制研究的意义、国内外 研究动态与研究方案

第一节 研究的意义

一、研究的科学意义

我国是一个拥有 13 亿人口的农业大国和发展中国家,确保国家粮食安全始终是经济发展、社会稳定和国家自立的基础,是直接关系到国计民生的大事。预计到 2030 年,中国人口将达到 14.85 亿,农业将面临提高农产品质量和增加农产品产量的双重压力。改革开放以来,我国的农业有了巨大的发展,我国仅用占全球 9% 的耕地和 8% 的淡水资源支撑全球 22% 的人口,基本实现了粮食生产供需平衡、丰年有余。但是,从农业资源角度看,我国是世界人均占有资源较贫乏的国家之一,人均耕地不到世界平均水平的一半,人均水资源仅为世界平均水平的四分之一,水土资源短缺将是现代农业建设进程中长期的、根本性的制约因素。特别是进入 20 世纪 80 年代后,水土资源对农业发展的约束不断加剧,人与水土资源之间的矛盾日益突出。1980~1996 年全国农业供水及耕地面积分别减少 3% 和 4%,而同期人口增长 22%。预计到 2010 年全国缺水量将由现在的 400 亿 m^3 扩大到 1 000 亿 m^3 。不仅如此,我国的水资源利用效率低,农田灌溉水利用效率仅 0.85 kg/m^3 ,不及发达国家一半;在过去 10 年中平均每年农业灌溉缺水 300 亿 m^3 ,年受旱面积达 0.2 亿~0.27 亿 hm^2 ,即便是在高产区每年也有近 0.07 亿 hm^2 耕地因得不到充分灌溉而减产 250 亿 kg 。2010 年前耕地被占用总规模将达到 670 万 hm^2 左右。与此同时,随着工业化和城市化发展,挤占水土资源的势头难以逆转,农业将面临日趋严峻的水土资源短缺形势,水土资源制约因素已成为我国农业生产的瓶颈。实施农业水土资源的高效配置战略、改变农业增长方式、最大限度地降低农业生产过程中资源消耗量 and 环境代价、提高农业水土资源的产出效率和对社会经济的支撑能力,形成较强的市场竞争能力,是农业可持续发展的必由之路。中国加入 WTO 之后,大部分农产品质量与价格面临更加严峻的挑战,提高水土资源利用效率,优化结构,

增加产量,改善品质和保护生态环境,将是 21 世纪农业科技与农业发展的主攻方向。

就东北地区而言,水资源短缺是制约东北农业可持续发展的主要问题。东北地区水资源总量为 1 929.9 亿 m^3 , 占全国水资源总量的 6.1%, 人均占有水量为 1 680 m^3 , 约为全国平均量的 2/3, 耕地占有水量 7 580 m^3/hm^2 , 仅为全国平均量的 1/3。而且受季风气候影响, 区内大气降水的时空分布极不均匀, 年降水量由东部长白山区的 800 ~ 1 000 mm 递减到西部的 350 mm 以下, 且年际变化大, 季节分配不均, 70% ~ 80% 的降水集中在 6 ~ 9 月, 春旱十分严重, 夏秋旱也时有发生。东北地区农业用水量占总用水量的 80% 左右, 水资源浪费严重, 利用率低, 平均利用率仅为 40%, 远低于发达国家水平 (70% ~ 90%)。为保障粮食安全、水安全和生态安全, 必须加强区域水资源优化配置与高效利用机制研究。

东北地区土壤质量退化在一定程度上制约着粮食安全基地的建设, 黑土退化和土壤盐渍化是区域农业生产面临的严重问题。黑土耕地面积 443 万 hm^2 , 是本区粮食生产的主要土壤资源。开垦初期, 土壤肥沃。开垦后, 由于用养失调, 加之土壤侵蚀严重, 土壤肥力明显下降。研究表明, 开垦 40 年后有机物质含量下降 50% ~ 60%。与此同时, 植物营养元素氮和磷的储量也同时下降 30% ~ 60% 和 16% ~ 24%。水土流失是黑土肥力退化的另一主要因素。东北黑土多分布于起伏的台地之上, 夏秋降水量较大且集中, 水土流失严重, 坡耕地年侵蚀强度达 4 000 ~ 7 000 t/km^2 。严重的水土流失导致黑土层厚度由开垦初期的 60 ~ 100 cm 下降到目前的 20 ~ 40 cm, 且沟壑增加、土壤物理性状恶化、养分平衡失调。亟待研究解决黑土退化过程及修复理论与技术, 以保持和提高黑土肥力。

松嫩平原是中国内陆苏打盐渍化土壤的主要分布区, 全区盐渍土面积约为 327 万 hm^2 , 约占松嫩平原总面积的 21%。据吉林省调查, 盐渍化土壤面积由 50 年代的 108 万 hm^2 , 增加至 90 年代的 161 万 hm^2 , 其中重度盐渍化土地的比例已达 39%, 部分地区土壤含盐量由 1.3 g/kg 增至 2.1 g/kg, ESP 由 10.1% 增至 15.6%。目前亟待研究解决的问题有: 苏打盐渍土水盐运移规律, 环境演变对土壤盐渍化的影响, 盐渍土资源合理利用与优化管理, 盐渍土区生态重建与可持续发展等。

由于东北地区人口不断增加, 水资源日益短缺, 耕地面积日益减少, 水土流失与土地荒漠化的趋势未能得到有效遏制, 环境污染日趋严重, 自然灾害日益频繁等等, 导致了許多资源利用与环境保护不相协调的现实问题。虽然经过人们多年的努力, 东北地区在区域综合治理开发, 保护水土资源, 改善生态环境, 增加粮食生产, 保障粮食安全, 振兴农村经济等方面取得了显著的成绩和进展, 特别是在农业水土资源可持续利用问题上采取了有利措施, 取得了显著成就。但从总体来看, 仍然存在着不少的问题, 部分成功的经验还带有一定的局限性, 生态环境的改观, 农

业水土资源的可持续利用，一个与人口增长相适应的水土资源保护型农业生产体系和一个水土资源可持续利用的粮食安全保障体系的实现还缺乏更系统的理论指导和技术体系支撑，这正是东北地区未来农业发展中将全力解决的重大课题。

针对上述科学问题，我们重点研究了区域农业水土资源态势，东北农业水资源时空分异规律及高效利用途径，典型土壤退化过程及修复理论与技术，典型农田系统环境安全与管理及无公害生产关键技术，农业水土资源高效利用关键技术集成与示范等，在东北区域农业水土资源高效持续配置理论与技术体系研究方面，取得了重大创新性成果。

二、研究的战略意义

东北地区是我国发展粮食生产的优势地区，发展潜力巨大，是国家粮食安全保障的重要基地。全区耕地调查面积 2 546 万 hm^2 ，占全国耕地面积的 19.6%。辽、吉、黑三省主要作物玉米、大豆的产量分别占全国的 32.7% 和 39.1%，全国粮食生产大县前 10 名中的 9 个县分布在本区。吉林、黑龙江两省的人均粮食占有量分别居全国的前两位，区际粮食商品率高达 55% 以上，区际商品粮占全国的 1/3 左右。但目前主要粮食作物平均单产玉米仅为 6 000 kg/hm^2 ，水稻 6 500 kg/hm^2 ，大豆 2 250 kg/hm^2 ，粮食增产仍有较大的潜力。

20 世纪以来，由于大规模的经济开发和资源过度消耗，东北地区资源环境发生了巨大的变化，特别是水土资源粗放利用，致使区域生态环境恶化。东北西部地区土地“三化”（盐碱化、沙化、草原退化）面积达到 19 万 km^2 ，占西部平原土地总面积的 63%；中部平原地区黑土肥力逐年减退；全区水土流失面积达 1 976 万 hm^2 ，占土地总面积的 15.9%。生态环境恶化，自然灾害频发，导致粮食产量波动较大。

农业生产必须依靠水土资源。但必须认识到耕地数量和淡水资源的有限性。由于水土资源在数量上的减少和质量上的退化，持续生产的成本将大幅度增加。而且，增施肥料和农药、过度开发水土资源，均导致水土资源加速退化。以致水土资源退化区重建的投资费用可能超过其退化过程中所得到的生产利益。因此，实施东北农业水土资源优化调控机制与技术体系研究是解决区域农业可持续发展的根本出路。

此外，加入 WTO 给东北农业发展带来严峻挑战。一方面东北地区作为国家粮食安全“稳压器”的地位和作用需要得到加强；另一方面亟待提高东北地区农产品的国际竞争力，解决“新东北现象”问题。因此，系统地优化配置和调控区域农业水土资源，协调农业生态系统中水、土、肥等要素，发展优质高效农业，加强国家粮食安全基地建设，对区域农业可持续发展具有战略意义。

第二节 国内外研究动态

农业水土资源研究历来是国内外学术界研究的热点。进入 20 世纪 90 年代,定量分析和预测水土资源态势、建立不同尺度水土资源调控模型,成为学术界普遍瞩目的方向。

农业水资源时空分异规律及其可持续利用评价是东北地区农业发展研究的基础性工作。为了摸清东北地区的水资源时空分布特征,有关部门和学者已陆续做了一些工作。水利部松辽水利委员会对松辽流域水资源特征和开发潜力进行了大量分析,并提出了水资源保护利用的模式。由中国工程院组织进行的国家咨询项目《中国可持续发展水资源战略研究》对全国包括东北地区的水资源分布特征进行了宏观的研究,并提出了水资源开发利用与农业发展的若干对策。这些成果对深入研究东北地区水资源持续高效利用具有重要的参考价值。

农田生态系统中水分运移研究也是当今国内外学术界的热点之一。1966 年澳大利亚著名学者 Philip 提出了土壤—植物—大气连续体的概念,这一概念为农田水分管理提供了重要研究方向。80 年代和 90 年代开展的国际地圈生物圈计划,其重要问题之一是水分在土壤—植被—大气中的传输。近年来我国在农田生态系统水分运移机理和土壤水分研究方面取得了较大的进展。在总结了大量的田间试验的基础上,刘昌明等提出了控制 SPAC 系统中界面水分过程、降低水分消耗的可能性,并对土壤水在“四水”转化中的作用进行了系统研究。李宝庆在禹城农田水分转化研究的基础上,提出了地下含水层—土壤—植物—大气连续体(GSPAC)的概念。但从界面水分过程来讲,人们更多地侧重于土—气界面和植—气界面过程的研究,而对地下水—土壤水界面过程,特别是地下水对土壤、作物的直接作用和对土—气界面和植—气界面过程间接作用研究较少。

土壤退化对人类生存、全球环境及农业生产已产生巨大影响。退化土壤的治理成为当前的一项紧迫任务。提高土壤活性有机物质含量是退化土壤调控的重要途径。理论研究和生产实践表明,保护性耕作是恢复耕地土壤有机物质的有效措施之一。在北美,经过长期实施以保护性耕作为主的农田管理措施,农田土壤有机物已经开始回升。北美的经验证明,由常规耕作改为保护性耕作 10 年以上,可以使农田土壤耕层有机碳含量增加 7%~30%。此外,保护性耕作技术的推广和应用,对美国水土资源的保护起到了无可比拟的贡献。从 1985~1995 年的 10 年间,由于采用保护性耕作等措施,美国轻度和中度侵蚀的农田比重分别由 1985 年的 15.8% 和 19.4% 增加到 1995 年的 49.9% 和 33.7%,而重度侵蚀农田的比例由 1985 年的 64.8% 降低到 1995 年的 16.4%。

人类影响下环境变化造成的土壤盐渍化和生态环境恶化已成为人们关注的焦点，国内外有众多学者从事这方面的研究工作。美国国家盐土实验室专门从事盐碱土及其改良利用研究。该实验室在水土化学方面重点研究土壤耕层盐分化学组成，GIS 在土壤盐性评价和管理中应用以及改良模式等；在土壤物理学方面主要研究盐渍土耕层水盐运动的评价、预测和管理。但该实验室的研究多集中于盐性土壤，特别是不合理灌溉导致的次生盐渍化土壤，而对苏打盐碱土研究很少。澳大利亚于 1993 年成立了“全国干旱地区盐渍化项目（NDSP）”，该项目的第一个五年计划主要研究干旱地区盐渍化成因并建立全国的研发协作网，并于 1998 年完成。目前正在实施该项目的第二个五年计划，研究方向是盐渍化影响、盐渍化土地资源管理和利用以及景观过程。巴基斯坦在印度河平原实施了以防治土壤次生盐渍化和沼泽化为主要内容的大型治理计划（SCAP 计划）。此外，以色列和俄罗斯的科学家也进行了这方面的研究。在国内，从 20 世纪 50 年代起，许多单位和学者在黄淮海平原一直致力于盐碱地治理与开发研究，尤其是在中低产田治理和农业发展的科技攻关期间，探讨了该区盐碱地水盐运动规律并成功地建立了多种盐碱地综合治理模式。而有关松嫩平原土壤盐渍化的研究，尤其是苏打盐碱土（土壤的理化性质恶劣，对植物的毒害大，改造利用难度大）研究则比较薄弱，与国内其他几大主要盐碱地分布区相比，苏打盐碱土具有十分明显的独特性。20 世纪 50 年代陈恩凤、王汝庸等人曾在松嫩平原前郭灌区进行苏打盐渍土的改良利用研究。60 年代有关学者对松嫩平原盐渍土的形成进行了探讨。但到目前为止，对该区土壤盐渍化的机理尚无系统研究。此外，从退化土壤恢复的角度，进行盐渍土的生态重建研究也是近期活跃的领域。

东北平原的农业开发历史，在一定程度上是湿地开发历史。研究已垦湿地土壤与大气、水、生物之间物质、能量交换过程，土壤维护与改良以及土壤退化引起的环境问题，已成为未来的研究趋势。我国的湿地研究工作开始于 50 年代后期，对湿地的形成、分类，生态系统的结构、功能及其资源的合理开发利用，湿地生物多样性保护等方面开展了大量的研究工作。中国科学院三江平原沼泽生态试验站对已垦湿地农田（旱田、稻田）土壤水分、温度、有机质、矿质营养、质地变化也进行了长期定位监测。但对湿地开垦前后结构、功能变化，湿地及农田生态系统中能量流、物质流、信息流等的变化、湿地开垦后土壤演化过程和主控因子及其内在联系尚缺乏系统深入的研究。

认识作物对逆境的反应机制，提高作物的抗逆性，是农业进一步增产增收的重要基础研究，倍受世界各国政府和科学家的关注，也是当前农业科学研究的热点。美国国家盐土实验室（USSL）在这方面走在世界前列，于 20 世纪 90 年代建立了多种作物的相对耐盐性数据库。菲律宾国际水稻所（IRRI）Pomnamperma 在“耐

盐性品种在提高盐渍土水稻生产上的作用”一文中报道了 IRRI 关于水稻品种耐盐性评价研究取得的成果。我国也正在从实践和理论两方面加强作物抗逆性的研究，国家自然科学基金委、国家“十五”攻关和高技术发展计划中都把作物或细胞的抗逆性研究列入资助的重点领域。山东省东营市农科所在 1996 年建立了“中国东营盐性作物园”，开展了 32 个科、126 种耐盐作物的引种、栽培和开发利用研究，初步筛选出了一些适应滨海盐渍化地区发展的作物种类（品种）。李建东等对牧草作物进行了耐盐碱性初步研究。

作物对逆境的抗性，因其种类或品种不同而有很大的遗传差异。通过栽培、生物和化保等手段可以提高抗逆性。由于作物的抗逆性是复杂的数量性状，它不仅与作物的种类、品种基因型、形态性状及生理生化反应等有关，而且受逆境发生的时期、强度及持续时间的影响。不同作物和品种适应逆境的方式是多种多样的，一些作物和品种具有综合的几种机制共同作用的抗逆性。增强作物的抗逆性是一个应用前景广阔但研究比较薄弱的领域。当前研究存在的主要问题是重视基因工程方面的研究，而对基因功能表达调控机理的研究重视不够；重视作物地上部的研究，而对作物根系及根—冠间相互关系的研究重视不够；重视单一生理过程的研究，而对相关生理过程的整合研究重视不够。还没有形成从分子、细胞到个体的理论体系。

美国、加拿大、荷兰和英国等发达国家都非常重视农田系统质量研究。自 20 世纪 90 年代初美国、加拿大、瑞士和荷兰政府以及德国联邦科学部、瑞典皇家科学院等先后开展了农田污染诊断生态毒理学指标体系研究项目。此后，欧洲共同体国家又开展了联合行动，进行了农田污染生态毒理学诊断系列指标研究，目的是建立欧洲统一的农田污染生态毒理学诊断指标体系，对农田污染进行有效的诊断和安全预警，从而最大限度地消除土壤中的污染物进入农产品而避免影响人体健康的风险。我国在这方面研究起步比较晚，但我国食品安全已引起全社会的广泛关注。1991 年我国实行绿色食品发展战略，至今全国已开发出的绿色食品 2 000 多个，其中的 30% 产自东北地区。但是在加入 WTO 之后，我国绿色食品面临着与国际有机食品接轨的严峻挑战。

综上所述，目前东北地区水土资源优化调控机制研究还不够深入，许多重大的理论和技术问题缺少系统性和综合性研究，因此迫切需要进行深入探索。

第三节 研究方案

一、总体研究方案、学术思路、技术途径

(一) 总体研究方案和学术思路

本研究总体上分为三大部分,即以分析与评估为前提,以持续利用为目标,以获取基础数据为主要内容的东北地区农业水土资源态势与持续利用对策研究;以科学问题研究为主的典型农田水分高效利用机制、退化土壤生态修复理论与技术、典型农田系统环境预警系统及无公害生产关键技术体系研究;以及以集中显示中国科学院科研成果和满足国家与地方需求为目的的东北地区农业水土资源高效利用关键技术集成与示范。

1. 东北地区农业水土资源态势与持续利用对策研究

以区域经济学、资源学、生态学等理论、方法为支撑,形成一套综合研究体系,分析区域水土资源利用、农村经济发展、粮食生产等发展态势及存在的问题,提出相应的对策与措施;采用地理信息系统技术和空间分析方法,建立东北地区粮食主产区典型县(农场)农业水土资源数据库和农业水土资源潜力综合评价应用模型,在此基础上进行东北地区水土资源结构与动态研究,水资源的时空分异规律,评估区域水土资源的支持能力,预测未来30年东北地区水土资源动态趋势;通过建立决策支持模型等定量研究,揭示区域农业水土资源的本质特征和内在规律,制定水土资源高效可持续利用对策;采用系统分析方法,在多要素相互作用的层面上探索区域农业水土资源规律性特征。

2. 典型农田系统水分高效利用机制研究

充分利用农业试验基地与台站的数据平台,采用田间监测试验与室内分析模拟相结合,基地试验与示范相结合,理论研究与技术研究相结合,从微观技术上研究农田生态系统界面水分过程和作物需水规律,揭示土壤水分可再生维持机理和生物性节水机制,提出农田水分优化管理与调控技术,建立生物性节水技术与节水耕作技术体系,重点研究水肥交互作用及其对作物生长的影响,不同水分处理和不同施肥处理条件对不同生育期主要作物生理生态的影响,建立水—肥—作物耦合系统的动力学模型。

3. 典型土壤退化过程及修复理论与技术研究

在收集、整理前人相关研究资料的基础上,以野外台站和试验基地为研究平台,采用野外系统观测、田间定位实验、盆栽试验、生理生化与分子生物学技术和计算机建模技术等相结合的研究方法,揭示松嫩平原苏打盐渍土主要成土过程和机