



西部大农业发展战略

主编/吴发启 李生宝

# 黄土高原北部风沙区 土地退化与治理研究



雷金银  
吴发启◎著

Huangtu Gaoyuan Beibu  
Fengshaqu Tudi Tuihua  
Yu Zhili Yanjiu



黄河出版传媒集团  
宁夏人民教育出版社



西部大农业发展战略

主编 / 吴发启 李生宝

# 黄土高原北部风沙区 土地退化与治理研究

Huangtu Gaoyuan Beibu Fengshaqu  
Tudi Tuihua Yu Zhili Yanjiu

雷金银 吴发启◎著



黄河出版传媒集团  
宁夏人民教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原北部风沙区土地退化与治理研究 / 雷金银,  
吴发启著. —银川: 宁夏人民教育出版社, 2012.11  
(西部大农业发展战略 / 吴发启, 李生宝主编)  
ISBN 978-7-5544-0050-0

I. ①黄… II. ①雷… ②吴… III. ①黄土高原—沙  
漠带—土地退化—研究②黄土高原—沙漠治理—研究  
IV. ①F323.2②S156.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第297182号

西部大农业发展战略

吴发启 李生宝 主编

黄土高原北部风沙区土地退化与治理研究

雷金银 吴发启 著

责任编辑 谭立群 田 燕  
装帧设计 万明华  
责任印制 刘 丽

黄河出版传媒集团  
宁夏人民教育出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路139号出版大厦(750001)  
网 址 www.yrpubm.com  
网上书店 www.hh-book.com  
电子信箱 jiaoyushe@yrpubm.com  
邮购电话 0951-5014284  
经 销 全国新华书店  
印刷装订 宁夏雅昌彩色印务有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 200千  
印刷委托书号(宁)0012900 印数 5000册  
版次 2012年11月第1版 印次 2012年11月第1次印刷  
书号 ISBN 978-7-5544-0050-0/G·1920

定 价 37.00元

版权所有 翻印必究



# 总 序

---

我国黄河上中游悠久的丝路文明、农业文明和独具特色的地域文化,是中华民族历史长卷中十分灿烂辉煌的一页。但是,由于人口压力以及长期不合理的资源开发与不科学的农业活动,西北广大地区生态环境日益恶化,贫困落后面貌长期存在,土地广阔的优势无法得以充分发挥。特别是严重的水土流失、荒漠化和干旱缺水已经成为制约当地可持续发展和实现现代化的主要瓶颈之一。

西北地区的不发达、贫穷落后与环境破坏尤以其农村为甚。新中国成立以来,中国共产党和人民政府以及当地广大民众为改变其落后面貌进行了长期不懈的努力,无数科技工作者从科学和技术方面进行了孜孜不倦的追求与探索。日前,西北农林科技大学的一批年轻博士对其近年来的研究成果进行了总结和完善,从理论与技术、原理与规划等方面探讨了西部地区、特别是西北地区农业发展与生态环境建设的战略问题。在国家出版基金的资助和支持下,黄河出版传媒集团宁夏人民教育出版社主持了2012年度国家出版基金“西部大农业发展战略”项目,并出版了该项目的配套丛书。丛书

立足“三农”问题,突出“战略”特色,对限制西部干旱半干旱地区农业发展的瓶颈问题加以剖析,并辅以在该地区取得的一系列新的技术成果,着力为该地区的农业开发及生态建设提出可行的发展方向和科学的发展途径。

丛书内容丰富、分析透彻、论证有力,其中不乏真知灼见,体现了青年科技工作者勇于探索的精神和追求科学的情怀。在归纳、总结和完善生态系统服务功能评价研究成果的基础上,针对制约西北地区农业发展的主要问题——水土流失、干旱和荒漠化,丛书开展了以下研究:丛书作者尝试通过生态系统服务价值、生态承载力、能值与虚拟水量等四个方面的指标分析人类农业活动对生态环境的影响,进而建立了基于生态系统服务理论的水土保持综合效益评价方法与模型,并以黄土高原中部丘陵区为例进行了实证研究。研究表明,水土保持生态农业能有效改善和提高水土流失区的生态系统服务功能。丛书中探讨了影响西北水土流失区水土保持综合效益和农业可持续发展的主要问题,提出了以土壤水分植被承载力为基础规划生态建设与农业发展规划及布局的建议,即将流域土地资源与水资源相结合,根据流域土壤水分的微地形分异规律,以“适地、适水、适物(植物、作物)”为原则安排土地利用与植被恢复布局,并利用水土保持工程措施调节流域水文过程,改良生境或立地条件。同时,按照水量平衡原则,根据植物健康需水要求与土壤水分供应情况,调整群落结构;合理利用草地,发展梯田种草、草田轮作,实现农牧结合,以提高土壤有机质含量,充分发挥水土流失区生态系统服务功能。丛书通过定位观测与实验模拟相结合,分析了黄土高原北部风沙区土地退化的过程与机理,提出了采用

保护性耕作、调整种植结构等农田防沙举措,可为半干旱地区的土地荒漠化防治提供参考和借鉴。

“逐水草而居”是西北地区的文化特色,水利是农业的命脉,西北地区的发展最终还是要依靠高效利用有限的水资源,农业高效用水也将是今后科学研究和生产实践中的重要问题。黄河流域几座战略性水利枢纽的陆续建成、水资源利用效率的不断提高,将为西北地区现代农业的开发提供更为有利的条件,并推动生态、社会、经济的全面和可持续发展。年轻的农业科技工作者,在践行科学发展观、再现西北秀美山川的征程中,书写着青春、贡献着才智、挥洒着汗水。相信经过几代人的不懈努力,一个山川秀美、文明富足的西北地区一定会在当代青年手中成为现实。

山名

2012年9月

# 序 言

---

20世纪以来,土地退化成为全球重要的生态环境问题,引起了国际社会的广泛关注。黄土高原位于中国内地的腹部,是中华民族的发祥地,炎黄子孙在这块土地上创造了光辉灿烂的农耕文化和华夏文明。但是,由于人们对水土资源的不合理利用和掠夺性开发,水土流失和风蚀沙化不断加剧,导致土地退化,对人类经济发展与生存环境的改善构成严重威胁,也给这些地区经济持续发展造成了障碍。黄土高原防沙治沙及退化土地综合治理和生态环境建设一直受到党和国家的关切与重视。党中央吹响了“西部大开发”的号角,以全面建成小康社会为目标,协调沙漠化地区自然资源环境与人类活动的关系,投入大量的人力和财力,在土地退化类型及其过程、土地退化评价及其防治对策等方面取得了举世瞩目的成就,初步建立既防治土地退化又促进生产发展的资源节约型、适度开发型、环境保护型的防治模式。但是土地退化“局部改善、整体恶化”的趋势在近期难以得到根本性的转变。

近年来,由于沙尘暴的频繁发生,以防治北方农田土壤风蚀为重

点的风蚀荒漠化研究日益被重视起来。最新的研究表明,耕作过程使风蚀量增加5.74~8.80倍,我国北方农牧交错带的农田土壤风蚀是沙尘暴发生的重要策源地之一。我国北方大部分风沙区农田地处农牧交错过渡区,生态环境脆弱,加之传统的农业耕作技术措施,导致冬春季节农田土壤裸露,农田土壤干燥,很容易发生土壤风蚀,成为我国防沙治沙的薄弱环节。保护性耕作是应对美国西部平原“黑风暴”而产生的一种新型耕作技术,它的形成和发展已有六七十年的历史了,该技术的核心是增加农田地表覆盖,避免地表裸露,有效防治土壤风蚀。因此,寻求合理的保护性耕作技术,来改变传统的耕作方式,以达到高产和防治土壤风蚀“双赢”的目的,是黄土高原北部风沙区发展生态农业治理土地沙漠化、实现区域农业生产持续发展和改善当地生态环境的有效途径。

我十分欣慰地看到,继老一辈奋斗在黄土高原的科学家之后,我们培养了一批致力于黄土高原土地退化防治研究与技术开发、富于创新能力的年轻科研工作者。《黄土高原北部风沙区土地退化与治理研究》一书,以防治北方农田土壤侵蚀为重点的土地荒漠化为研究对象,通过对高投入、高产出的传统翻耕对土壤进行剧烈扰动和翻转、破坏土壤结构,使土壤很容易受到风蚀影响的反思,认为黄土高原北部风沙区农田土地沙漠化防治的核心就是提高冬春季农田覆盖,减少风蚀。从而开展了保护性耕作的野外田间定位观测试验研究,同时在全球气候变暖、冬小麦种植北移的背景下,开展了冬小麦保护性耕作的田间试验研究,并利用风洞模拟试验研究了不同耕作措施的防风效益。研究采用野外试验、室内风洞模拟分析的方法及室内统计分析的方法,



对保护性耕作措施下土壤特性、水肥利用率、经济效益及防风效益进行了系统的观测分析,为黄土高原北部风沙区防治土地退化提供了理论依据和技术支撑。

当然,我们应该清楚地认识到,黄土高原是一个特殊的地理区域,深厚的黄土层和备受剥蚀的陆地表面蕴藏着环境演变和人类活动等重要信息是我们研究其退化和演变过程的重要载体。强烈的土地退化过程影响到我国乃至全球的生态环境建设,黄土高原土地退化防治的研究是一个长期复杂的过程,还有许多新的科研问题有待进一步深入研究,需要我们几代人的不懈努力和奋斗。本书的研究能够进一步引起人们对黄土高原退化耕地现状、危害及治理等问题的关注。只要我们遵循自然规律,坚持不懈地研究治理,一定能够实现黄土高原草长莺飞、土肥水美的梦想。

戴孝章

2012年9月

# 前 言

---

近年来,由于沙尘暴的频繁发生,以防治北方农田土壤风蚀为重点的风蚀荒漠化研究日益被重视起来。研究表明,干旱区农田是风蚀和沙尘暴形成的主要策源地之一,也是我国防沙治沙的薄弱环节。因此,它已成为现今风蚀防治的主要研究对象和前沿领域。我国北方大部分风沙区农田地处农牧交错过渡区,生态环境脆弱,加之传统的农业耕作技术措施,导致冬春季节农田土壤裸露、干燥,很容易发生土壤风蚀。因此,寻求合理的保护性耕作技术,来改变传统的耕作方式,以达到高产和防治土壤风蚀“双赢”的目的,是发展生态农业、治理土地沙漠化、实现区域农业生产可持续发展和改善当地生态环境的有效途径。

本研究在对靖边县北部风沙区 20 年气候因子及土壤养分变化特征调研分析的基础上,以靖边县农业局杨桥畔乡示范农场为依托,选用了玉米免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕 4 种耕作措施,开展了保护性耕作的野外田间定位观测试验研究;在冬小麦引种成功的基础上,开展了冬小麦免耕、覆膜和翻耕的田间试验

研究,并利用风洞模拟实验研究了不同耕作措施的防风效益。采用野外试验、室内风洞模拟分析及统计分析的方法,对保护性耕作措施下土壤特性、水肥利用率、经济效益及防风效益进行了系统的分析。得出以下主要结论:

1. 研究区大风与干旱、寒冷同步,加之冬春季节地表裸露,很容易发生土壤风蚀。多年平均气候侵蚀力因子值为 92.8,土壤风蚀的潜在危险性极高。通过 1983 年和 2003 年两期土壤采样分析的结果证实,农田土壤肥力分级中的 1 级、2 级所占比例下降了 1%~2%,5 级和 6 级所占比例增加了 5%~7%。因此,风蚀仍然相当严重。

2. 玉米保护性耕作能改善土壤性质、提高水肥利用率及经济效益。覆膜、免耕、秸秆覆盖表现为对气温的变化反应不敏感,在整个生长期覆膜、免耕、秸秆覆盖措施下的土壤温度变化相对平稳,而翻耕对气温的变化相当敏感。相对于翻耕,免耕和秸秆覆盖措施降低了表层 0~20cm 的土壤容重,覆膜增加了表层 0~20cm 土壤容重。但是,免耕和秸秆覆盖增加了底层 20~40cm 的土壤容重。覆膜、秸秆覆盖和免耕措施下 0~60cm 土壤贮水量分别比翻耕提高了 10.88mm、6.26mm 和 5.08mm。免耕增加土壤养分分层率,土壤有机质、全氮和速效氮在各措施下随着耕作年限的增加而增加,免耕增加速率高于其他措施,而碱解氮、全磷随着耕作年限增加而下降,免耕延缓下降速率。免耕、秸秆覆盖和覆膜分别比翻耕提高水分利用率 13.3%、8.0%和 22.0%,分别

提高氮、磷肥料的利用率 61%、23%和 60%。免耕、秸秆覆盖和覆膜分别比翻耕增加作物产量 4.44%、13.14%和 19.26%。经济收益由高到低为免耕>秸秆覆盖>翻耕>覆膜。

3. 引种试验证实了该区能够种植冬小麦。用覆膜和免耕措施种植的冬小麦在出苗期和越冬期土壤温度高于翻耕。与翻耕相比,免耕降低了表层 0~20cm 土壤容重,但是增加了 20~40cm 土壤容重,覆膜增加了表层土壤容重。二者的土壤含水量都高于翻耕;土壤有机质、全氮和速效钾随耕作时间的增加呈增加趋势,且增加速率远远高于翻耕;碱解氮和全磷呈下降趋势,但是减缓了下降速率。覆膜水分利用率和氮、磷肥料利用率最高,免耕居中,翻耕最低。冬小麦产量表现为覆膜>免耕>翻耕,产投比则为免耕>覆膜>翻耕。

4. 风洞模拟实验证明,保护性耕作明显增加地表粗糙度,提高土壤颗粒起动风速。冬小麦下垫面粗糙度最大,其次分别为免耕和覆膜,翻耕最小。相应的,起动风速则表现为冬小麦>覆膜>免耕>翻耕。保护性耕作能减少农田土壤风蚀速率。同一风速下,翻耕措施下的风蚀速率明显高于其他 3 种保护性耕作措施,风蚀速率由高到低的排列顺序为翻耕>覆膜>免耕>冬小麦。

5. 通过选择不同措施下土壤水肥指标、经济效益指标和防风效益指标,建立了保护性耕作综合评价的指标体系,应用 TOPSIS 法对保护性耕作进行了综合评价,结果表明,秸秆覆盖措施综合效益最优,翻耕措施最差。不同耕作措施的综合效益由高到低的

顺序为秸秆覆盖>免耕>覆膜=冬小麦>翻耕。

综上所述,鉴于试验区土壤风蚀严重的现状,保护性耕作(秸秆覆盖、免耕、覆膜)相对于翻耕能够有效地使农田蓄水保墒、防治土壤风蚀、提高作物产量和增加经济收入,是风沙区农业生产过程中防治土壤风蚀、改善生态环境的有效途径。冬小麦种植虽然经济收益相对较低,但是由于其能增加冬春季节风沙区农田地表覆盖度,有效防治土壤风蚀,不失为一种很好的防治农田风蚀的农业措施。建议采用政府补偿的方式鼓励农户扩大冬小麦的种植。

雷金银

2012年9月

# 目 录

总 序 山 仑 / I

序 言 戴秀章 / I

前 言 雷金银 / I

## 第一章 绪 论

1.1 研究目的和意义 / 003

1.2 研究现状概述 / 005

1.2.1 我国北方农牧交错区的研究现状 / 005

1.2.2 风蚀荒漠化的研究现状 / 011

1.2.3 保护性耕作研究现状 / 019

1.2.4 冬小麦种植北界北移及保护性耕作研究现状 / 037

1.2.5 我国保护性耕作技术存在的问题及研究方向 / 039

1.3 研究内容与方法 / 040

1.3.1 区域概况 / 040

1.3.2 研究内容 / 041

1.3.3 研究方法 / 042

1.3.4 技术路线 / 043

# 目 录

## 第二章 土壤风蚀因子的动态变化特征及现状评价

- 2.1 研究内容与方法 / 047
  - 2.1.1 查阅收集资料 / 047
  - 2.1.2 野外调查及土壤样品采集 / 048
  - 2.1.3 土壤样品分析方法 / 050
- 2.2 影响土壤风蚀的气候因素 / 050
  - 2.2.1 降水量变化特征 / 050
  - 2.2.2 风速的变化特征 / 054
  - 2.2.3 气温变化特征 / 058
  - 2.2.4 风蚀气候侵蚀力变化特征 / 059
- 2.3 土壤 / 063
- 2.4 人为因素 / 063
- 2.5 农田土壤风蚀特点 / 064
- 2.6 土壤风蚀对土壤养分变化的影响 / 066
  - 2.6.1 土壤养分的含量特征 / 066
  - 2.6.2 土壤养分空间变化特征 / 069
  - 2.6.3 土壤养分时间变化特征 / 074
- 2.7 小结 / 076

# 目 录

## 第三章 风沙区保护性耕作对土壤肥力 及作物产量的影响

### 3.1 试验方法 / 082

#### 3.1.1 玉米保护性耕作试验设计 / 082

#### 3.1.2 冬小麦引种及保护性耕作试验设计 / 086

### 3.2 玉米保护性耕作 / 088

#### 3.2.1 保护性耕作对土壤温度的影响 / 088

#### 3.2.2 保护性耕作对土壤容重的影响 / 089

#### 3.2.3 保护性耕作对土壤水分的影响 / 091

#### 3.2.4 保护性耕作对土壤养分的影响 / 097

#### 3.2.5 保护性耕作对作物产量及水、肥利用率的影响 / 103

#### 3.2.6 经济效益分析 / 107

### 3.3 冬小麦引种试验研究 / 108

#### 3.3.1 引种试验环境适宜性评价 / 108

#### 3.3.2 引种试验结果验证 / 109

#### 3.3.3 保护性耕作种植冬小麦对土壤环境的影响 / 110

#### 3.3.4 保护性耕作对冬小麦产量及水肥利用率的影响 / 121

#### 3.3.5 经济效益分析 / 123



# 目 录

## 3.4 小结 / 123

### 3.4.1 玉米保护性耕作试验 / 123

### 3.4.2 冬小麦引种试验研究 / 125

## 第四章 基于风洞模拟的保护性耕作

### 防风蚀效益研究

## 4.1 研究方法 / 130

### 4.1.1 实验方案设计 / 130

### 4.1.2 野外采样 / 130

### 4.1.3 风洞模拟实验 / 130

### 4.1.4 实验模型尺度 / 135

### 4.1.5 观测项目与方法 / 136

### 4.1.6 数据处理与分析 / 139

## 4.2 风洞模拟实验结果 / 140

### 4.2.1 耕作措施对下垫面粗糙度及风速廓线的影响 / 140

### 4.2.2 不同耕作措施下起动风速的对比分析 / 144

### 4.2.3 耕作措施对农田土壤风蚀速率的影响 / 146

## 4.3 小结 / 148