

黑土生态系统

孟 凯 黄雅曦 著

 中国农业出版社

黑土生态系统

孟 凯 黄雅曦 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

黑土生态系统/孟凯, 黄雅曦著. —北京: 中国农业出版社, 2006. 11

ISBN 7-109-11251-9

I. 黑... II. ①孟...②黄... III. 黑土-土壤生态体系 IV. S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 130496 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 100026)

责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 7.125

字数: 200 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 25.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

黑土是大自然赋予人类得天独厚的宝藏，性状好、肥力高，是粮食生产的最佳土壤。东北黑土区是我国重要的重工业基地、农林牧生产基地和能源基地，不仅对我国 50 年来的经济发展做出过巨大贡献，而且在我国未来的现代化建设中仍具有十分重要的战略地位。然而，应清醒地看到，在这些重要贡献的背后，所付出的代价却是极其沉重的：资源急剧消耗，环境日益恶化，土壤质量下降，农业难以可持续发展。东北黑土区资源环境和农业具有明显的二重性特点，一方面，资源类型全、总量大、生态环境相对良好、区域商品粮生产优势明显，东北黑土区多年粮食产量占东北地区粮食总产的 60% 以上，粮食商品率达 55%~60%，在我国粮食生产体系中起着“稳压器”和“调节器”的重要作用，在中国未来粮食安全保障体系建设中具有举足轻重的地位。随着全球经济一体化的进程和中国加入 WTO，我国农业已经面临自身粮食安全和国内外市场的双重挑战。从中长期的战略出发，我国应该在最具生产潜力和生态环境较好的东北地区，建立一个能够适应国内外农产品需求变化的、具有高效稳定生产能力的生产基地，成为我国农产品安全有效的保证，在调节国际农产品市场余缺及其价格波动中占据主动地位做出应有的贡献。另一方面，土壤质量下降、生产能力锐减、局部生态环境严重恶化、农业效益低、市场应变能力差，如不加以有效解决，将有可能演变成第二个“大西北”，国家最大的商品粮

基地将消失殆尽，社会经济发展将难以为继。

黑土退化严重威胁着国家粮食安全基地的建设。黑土的大规模开垦已有近百年历史，开垦初期，黑土土壤肥沃，作物产量较其他土壤高，黑土开垦后，在管理较好的条件下，除少数土壤肥力得到保持和提高外，大部分则由于管理不善，加之土壤侵蚀严重，土壤肥力明显下降，表现在黑土的有机质数量明显下降和质量的退化。黑龙江省资料表明，黑土开垦 20 年后土壤有机物质含量水平下降 30%~40%，开垦 40 年后有机物质下降 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%。黑土有机质含量和质量的下降也明显影响其他土壤肥力指标，如土壤容重增大，总孔隙度降低，黑土腐殖质层正在日趋变薄，土壤保水供水能力下降，农田生产力明显下降。

黑土地是我国重要的土地资源，但是长期以来，黑土资源没有得到应有的重视，重种轻养，采取掠夺式的经营方式，水土流失严重，生态环境受到了严重的破坏，土壤退化的速度惊人。与我国西部地区相比，黑土区和西部的黄土高原区都经历了狩猎→游牧→农耕的转换替代过程以及人口的阶段性倍增过程，都曾有滥牧、滥垦、滥采等破坏自然资源与生态环境的过程，并最终引发水土流失和耕地退化，同时带来气候暖干化和沙尘暴的发生。所不同的是，我国西部是在千年级时间尺度上发生的土壤退化演变，黑土区的土壤退化演变则发生在百年级时间尺度甚至近数十年间。从 1900 年到 2000 年的 100 年，东北黑土区短时限内高强度经济开发等人类活动对区域资源环境影响之强烈、变化之大、速度之快，世所少见。百年前，东北黑土区山环水绕、沃野千里、资源

丰富，呈现一派原始自然景观。现如今，作为我国重要的商品粮基地的东北黑土区正遭遇百年生态危机。水土流失导致了黑土层变薄、退化、土壤污染和土壤肥力下降等现象广泛发生，有10%或者更多的黑土层已丧失了生产能力。黑土资源的生态危机已严重影响了土地生产力的发挥和提高，制约了当地农业和农村经济的持续发展。因此，在东北黑土区建立起适应可持续发展需要的良性土地生态环境，对实现东北的农业和农村经济可持续发展，具有极其重要的现实意义和深远的历史意义。

本书是作者20多年研究工作的积累，从基础研究到应用研究，从微观研究到宏观研究，采用生态学的理论和土壤科学的方法，系统阐述黑土演替过程，黑土物理、化学和生物性状变化特征和规律，黑土退化的进程等。本书以总结黑土研究的主要成果为目的，以论述黑土生态过程为主线，力求使读者对黑土生态过程有一个全面了解。感谢我的课题组和合作伙伴长期以来的帮助与支持，各主管部门的帮助和理解，使我们能在黑土的研究领域遨游，奉献此书。对书中出现的问题与不足，敬请读者批评指正。

作 者

2006年8月

目 录

前言

第一章 黑土生态系统特征 4

第一节 基本概况 4

一、黑土生态系统类型 4

二、黑土生态系统特点 5

第二节 黑土分类 6

一、黑土的发生分类 7

二、全国第一次土壤普查应用的分类 8

三、世界土壤参比基础 (WRB) 的分类 9

四、美国土壤系统分类 10

五、中国土壤系统分类 11

第三节 生态环境条件 14

一、气候条件概况 14

二、地形地貌 21

三、植被条件 21

四、土壤形成条件 23

五、生物种群特征 24

六、生态系统管理技术体系 27

七、系统生产力特征 33

第二章 黑土生态系统演替 35

第一节 演替的主导因素 35

第二节 生态系统结构演替	36
第三节 系统生产力演替	36
第四节 环境演替	38
一、气候条件变化	38
二、土壤环境演替	39
第五节 管理技术演替	41
第三章 黑土养分平衡与调控	42
第一节 黑土区养分利用状况	42
第二节 黑土农田养分自然供给力及 变化	45
第三节 施肥对作物产量的长期影响	47
第四节 农田黑土养分循环	50
一、农田养分循环平衡的概念模型	50
二、黑土农田养分循环平衡的基本参数	51
第四章 黑土有机质变化特征	54
第一节 黑土有机质状况	54
一、农田黑土有机质含量与区域分布	54
二、农田黑土有机质的变化特点	56
三、黑土中有机物质的分解及腐殖质的形成	57
第二节 黑土有机质变化规律	59
一、不同开垦年限黑土有机碳数量变化	59
二、不同开垦年限黑土有机碳组成变化	60
三、不同开垦年限黑土有机碳氧化稳定性变化	62
四、不同开垦年限黑土有机碳结合形态变化	62
五、不同施肥处理土壤有机质动态变化	66

第五章 黑土农田水分平衡与调控	75
第一节 农田黑土水分特征	75
第二节 黑土农业生态系统主要作物耗水规律	86
第三节 黑土生态系统水资源	91
第六章 松嫩平原黑土农田生态系统分析	98
第一节 生产力分析	98
一、土地生产力分析	98
二、劳动生产率分析	99
第二节 资源利用效率分析	101
一、光能利用效率分析	101
二、能量利用效率分析	102
三、养分利用效率分析	104
四、水分利用效率分析	107
第三节 系统稳定性分析	111
第四节 环境效应分析	114
一、气候环境变化分析	114
二、养分去向分析	115
第七章 黑土退化因子分析及调控措施	117
第一节 土壤退化严重	118
一、黑土层日益变薄	118
二、土壤有机质有下降趋势	119
三、土壤物理性状恶化	120
四、黑土化学退化	121
五、黑土生物活性变化特征	122
六、土壤侵蚀加剧	123

第二节 黑土肥力的演化	126
一、黑土物理性质的变化	127
二、黑土区土壤主要养分指标的变化	129
三、黑土剖面肥力性状分析	132
四、黑土肥力评价	135
第三节 黑土质量的空间特性	141
一、土壤有机质含量空间分布分析	141
二、土壤全氮含量空间分布分析	144
三、土壤全磷含量空间分布分析	145
四、土壤全钾含量空间分布分析	145
五、土壤碱解氮含量空间分布分析	146
六、土壤有效磷含量空间分布分析	146
七、土壤有效钾含量空间分布分析	147
第四节 黑土退化阶段与强度分析	148
一、土壤有机质演变特征	148
二、土壤养分的空间变异规律和现状分析	150
三、黑土退化强度与阶段	152
四、黑土脆弱生态区成因分析	158
第八章 侵蚀黑土综合治理与持续发展模式	160
第一节 侵蚀黑土环境因素	160
一、水土流失发生发展规律	160
二、黑土侵蚀的因素	164
第二节 侵蚀黑土农业综合发展规划设计	171
一、总体规划设计原则	171
二、规划设计步骤	172
三、小流域的总体规划设计	174

第三节 侵蚀黑土综合治理措施	176
一、坡耕地水土保持综合治理措施	176
二、坡荒地高效生态综合治理措施	178
第四节 侵蚀黑土农业持续发展模式	181
第九章 黑土农田生态系统的可持续发展	186
第一节 生态系统生产能力的可持续性	186
第二节 资源有效利用的可持续性	187
第三节 生态环境稳定的可持续性	191
第四节 农业可持续性发展战略	191
第五节 黑土区农业经济发展的战略对策	193
一、区域农业存在的问题	193
二、农业结构调整与农业发展对策	195
三、黑土区绿色食品发展的科技支撑体系	198
第十章 国外黑土的利用	204
参考文献	212

黑土地在世界上仅有三大块，除了中国东北黑土地外，还有两块分布在乌克兰大平原和美国密西西比河流域，它们在开发过程中也曾经受到过水土流失的严峻考验。乌克兰大平原的面积约为 190 万 km^2 ，美国密西西比河流域的面积约为 120 万 km^2 ，它们和中国东北黑土地一样，都分布在四季分明的寒温带，由于植被茂盛，冬季寒冷，大量枯枝落叶难以腐化、分解，历经千百年形成了厚厚的腐殖质，也就是肥沃的黑土层。黑土有机质含量大约是黄土的 10 倍，是肥力最高、最适宜农耕的土地，因此世界三大黑土区先后被开发成重要的粮食基地。与中国东北黑土地有所不同，乌克兰大平原和美国密西西比河流域的地势平坦，坡地较少，土壤主要受到风的侵蚀，在 20 世纪二三十年代，由于过度毁草开荒、破坏地表植被，水土流失严重，这两个地区相继发生破坏性极强的“黑风暴”。1928 年，“黑风暴”几乎席卷了乌克兰整个地区，一些地方的土层被毁坏了 5~12cm，最严重的达 20 多 cm。在美国，1934 年的一场“黑风暴”就卷走 3 亿 m^3 黑土，当年小麦减产 51 亿 kg，举国震惊。为保护黑土地免受侵害，国外两大黑土区都投入了大量人力、物力和财力，围绕合理规划土地和建立科学耕作制度等开展研究，大举营造农田防护林，采取保土轮作、套种、少耕、免耕等办法，充分发挥耕作措施与林业措施相结合的群体防护作用，经过 40 年的治理，已见成效（图 0-1）。

我国黑土区的开发比国外两大黑土区晚，大规模开荒垦殖始

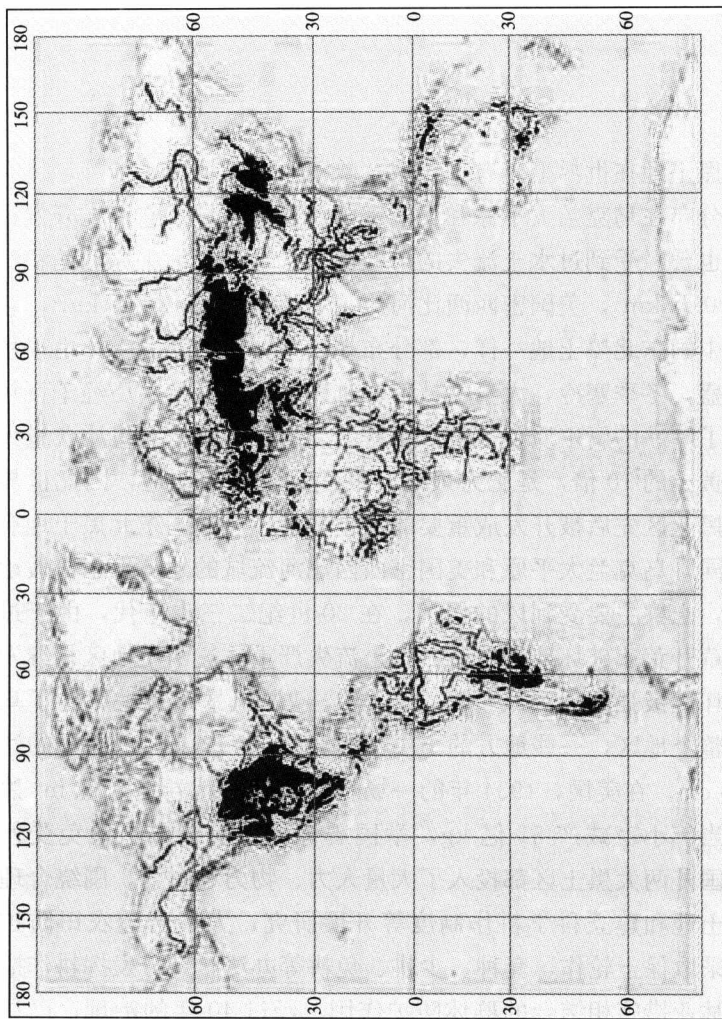


图 0-1 世界黑土分布示意图

于 20 世纪五六十年代,近 20 年来,我国已逐步加大了对黑土地水土流失治理的力度。东北黑土区总土地面积 703.6 万 hm^2 ,黑土主要分布在滨北、京哈铁路沿线的两侧,北界直到黑龙江右岸、南界由吉林的四平市延伸到辽宁的昌图。西界与松嫩平原的黑钙土和盐碱土接壤,东界延伸到小兴安岭和长白山等山间谷地以及三江平原的边缘。黑土除集中在上述地区外,在三江平原和延边盆谷地有零星分布。从行政区看,主要分布在黑龙江省、吉林省中部地区和内蒙古自治区的呼伦贝尔盟,在黑龙江省的 33 个市(县),吉林省的 19 个市(县),内蒙古的 10 个市(县、旗)和辽宁省的昌图县。在黑土集中分布地区,南北的最长距离大约在 900km,东西的宽度大约在 500km。

黑土类

黑土类是东北黑土区的主要土壤类型,主要分布在松嫩平原、三江平原和长白山地等地区。黑土类土壤的主要特征是:土壤剖面具有明显的暗色腐殖质层,土壤肥力高,有机质含量高,土壤结构好,保水保肥能力强。黑土类土壤的分布与地形、气候、母质等因素密切相关。在松嫩平原,黑土类土壤主要分布在冲积平原和洪积扇上;在三江平原,黑土类土壤主要分布在河流阶地上;在长白山地,黑土类土壤主要分布在山地丘陵上。黑土类土壤的利用应以保护土壤肥力、防止水土流失为主,同时应加强农业管理,提高土壤生产力。

第一章 黑土生态系统特征

第一节 基本概况

黑土生态系统位于黑龙江省、吉林省中部地区和内蒙古，是我国重要的农业生产区域和主要的商品粮基地，在我国经济发展中，特别是在满足 21 世纪我国 16 亿人口食物安全方面具有举足轻重的作用。东北黑土由于过度开垦和不合理使用，加上近年来大量非农业占用，农业环境污染不断加剧，黑土资源的生态安全性受到了严重挑战，并影响到东北作为我国重要商品粮基地的地位，我国国家粮食安全面临威胁。

一、黑土生态系统类型

黑土生态系统按地形地貌划分：岗坡地黑土生态系统，地形地貌为波状起伏的漫岗地，主要分布在山前台地的过渡地带；平地黑土生态系统，地形地貌为一阶台地平原区，主要分布在黑土农田生态系统的中部地区；低平地黑土生态系统，地形地貌为低平易涝区，主要分布在黑土向河漫滩过渡的边缘地带。黑土农田生态系统以平地黑土农田生态系统为主，大约占黑土生态系统的 65% 左右，岗坡地黑土农田生态系统大约占 30%。

黑土农田生态系统按有效气温划分为三个积温带，年有效活动积温大于 3 000℃ 为第一积温带，年有效活动积温大于

2 700℃为第二积温带，年有效活动积温大于 2 400℃为第三积温带。

二、黑土生态系统特点

农田黑土属旱作“雨养农业”区，是这个区域的主要耕作土壤，垦种指数在 80%以上，垦种历史在 100~300 年之间，是我国主要粮食、大豆、甜菜和畜产品生产基地。黑土相对其他土壤，开垦历史较短，地势平坦开阔，土壤肥沃，还有一部分土壤向着不断培肥熟化的过程发展，而且保持着部分养分和水分的自我供给能力。黑土排水性能良好，生产潜力较大，目前的农作物产量仅达到最高产量的 50%。黑土区耕地面积大，粮食商品率高；生态环境相对良好，可恢复性较强，具有生产绿色食品的优越条件；地域组合优势突出，可以实现资源间的优势互补，发挥耦合效益。

农田黑土区地处我国农业生态系统的脆弱地带边缘区，对环境的敏感性较强，环境退化趋势比较明显。根据资料分析，20 世纪 90 年代以来自然灾害发生频率比较高，抗逆能力有降低趋势，农业基础设施薄弱，抗御自然灾害能力差；黑土区由于开垦过度，忽视了土壤培肥和环境保护，近年来土地退化问题严重发展，表现为土壤肥力不断下降（如黑土表层有机质已从 7%~10%普遍下降到 2%~5%），水土流失加剧（如松嫩平原黑土带土壤表层年侵蚀率已达到 5~7mm 左右），加上近年来黑土区农作物成灾面积直线上升，大量耕地被占用，土壤污染日趋严重，黑土区的粮食生产受到了很大的影响；资源开采过度，水土资源利用不合理，加剧了资源匮乏的趋势；农业结构不合理，效益低，产品加工能力弱。

第二节 黑土分类

在文献资料中看到关于黑土分类有五个体系，它们是全国第一次土壤普查应用的分类、我国传统的并在第二次土壤普查应用的发生分类、国际土壤学会（ISSS）和联合国粮农组织（FAO）及国际土壤参比中心（ISRIC）所制定的世界土壤参比基础（WRB）的分类、美国土壤系统分类（Soil Taxonomy）和中国土壤系统分类。不同分类体系对黑土定义不同，因而其分布和面积也各不相同。对这个问题，有些农学家，甚至是从事土壤工作的人员也不完全了解，以致产生了不少误解。例如崔海山等（2003）在《资源科学》上发表文章，根据第一次和第二次土壤普查资料统计，认为黑土面积由 $10 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 减少到 $5.82 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，这就是说近 30 年减少了 $4.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，接近一半。陆继龙（2001）、王其存等（2003）也引用了相同的数字。实际上两次土壤普查应用的是不同分类体系，是没有可比性的。又如关于三大片黑土，目前看到两种说法，沈波等（2003）认为全世界三大块黑土区：一是分布在乌克兰大平原，面积约 190 万 hm^2 ；二是分布在北美洲密西西比河流域，面积约 120 万 hm^2 ；三是分布于我国松辽流域的东北黑土区，面积为 101.85 万 hm^2 。世界土壤资源参比基础（WRB）则认为第一大片黑土在美国，约 70 万 hm^2 ，第二大片在阿根廷和乌拉圭，约 50 万 hm^2 ，中国东北是第三大片，约 18 万 hm^2 。两者相差悬殊，也主要是由于分类系统不同造成的。类似的情况还有很多，这在经验交流和对黑土认识与评价诸多方面，造成一些误解。