

“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国东北黑土

ZHONGGUO DONGBEI HEITU

魏 丹 孟 凯 著



中国农业出版社

“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国东北黑土

ZHONGGUO DONGBEI HEITU

魏 丹 孟 凯 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国东北黑土 / 魏丹, 孟凯著. —北京: 中国农业出版社, 2017. 7

ISBN 978-7-109-22262-5

I. ①中… II. ①魏… ②孟… III. ①黑土—土壤生态学研究—东北地区 IV. ①S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 255101 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘 伟 杨桂华

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 18.5 插页: 12

字数: 500 千字

定价: 158.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

ISBN 978-7-109-22262-5



9 787109 222625 >

资助项目：

国家自然科学基金“东北黑土长期定位试验联网研究腐殖质组成对施肥和水热条件的响应”（项目编号：41171245）

农业部行业专项“东北黑土地地区保育及有机质提升关键技术与示范”（项目编号：201303126）

农业部行业专项“生物炭改良北方障碍性土壤关键技术研究”（项目编号：201303095-13）

黑龙江省自然科学基金“不同水肥管理模式大豆农田水氮动态吸收规律研究”（项目编号：E201202）

农业部产业体系（项目编号：CARS-04-01A）

黑土是最宝贵的土壤资源。中国东北黑土作为世界三大片黑土之一，在保障区域生态环境安全、国家粮食安全和农业可持续发展中发挥着不可替代的作用。正是因为东北地区黑土资源丰富、土壤肥沃，每年的粮食产量占我国粮食总产量的 1/5，仅商品粮产量就占 1/3，成为我国重要的商品粮基地和绿色食品生产基地。然而，在粮食连年丰收的背后也蕴藏着巨大的潜在危机。多年来对黑土资源的高强度利用，导致土壤肥力严重退化，使东北由“生态功能区”逐步变成了“生态脆弱区”。针对东北黑土退化、恢复、利用与保护所面临的紧迫形势与严峻挑战，加强黑土保护和治理已经刻不容缓。

黑土恢复与保护是一个长期过程，更是一个社会系统工程，全社会对黑土保护负有共同责任。黑土资源的利用应以保障国家粮食安全和农业生态环境安全为前提，树立绿色发展、永续利用的理念，坚持生态为先、发展为重，推进种地与养地措施相结合、农机与农艺措施相结合、工程措施与生物措施相结合，在粮食生产得到保证的同时，走出黑土资源保育、农业生产效率持续提升的现代农业发展之路。黑土保护要遵循科学规律，正确处理利用和保护的关系，利用好大自然恩赐给我们的这片神奇的黑土地，保护好我们的黑土家园。

《中国东北黑土》是作者 30 多年研究历程的积淀，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，系统阐述了黑土形成过程，黑土物理性质、化学性质以及生物学性状的变化特征和规律，黑土退化的进程及保护利用途径，提出适合不同区域、不同类型的土壤在增加有机质含量、控制黑土流失、保水保肥、黑土养育的“可推广、可复制、能落地、接地气”的黑土地保护利用方面的综合技术模式和运行机制。本书解决“土变瘦了”“土变硬了”“土变少了”“土变薄了”等问题，对保护中国黑土具有重要的理论意义和实际意义，对世界黑土保护领域也具有重要的借鉴作用。

当前，世界各国对土壤资源保护高度重视。联合国将2014年12月5日确定为首个“世界土壤日”，2015年为“国际土壤年”，并提出“健康土壤带来健康生活”的口号，旨在提高人们对土壤在粮食安全和基本生态系统功能方面重要作用的认识和了解。中共中央、国务院高度重视东北黑土地保护，明确提出要采取有效措施，保护好这块珍贵的黑土地。国家目前正在开展“黑土保护工程”，实施“种养结合、沃土培肥、蓄水于土、实施双减”的战略，全面提升黑土区耕地质量，推行黑土地保护利用综合技术模式和运行机制，引领现代农业可持续生产。本书的出版将对黑土保护与利用、养分控制流失、耕地地力提升等方面提供技术支撑。

中国科学院院士 

2016年10月

黑土是大自然赋予人类得天独厚的宝藏，其性状好、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，不仅对新中国成立 60 多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，我们应该清醒地看到，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。黑土区面临如何实现农业可持续发展的挑战。东北黑土区资源环境和农业具有明显的双重性特点，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量的 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，在中国未来食物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进程的加快和中国加入 WTO，我国农业已经面临自身粮食安全和国内外市场竞争的双重挑战。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、具有高效稳定生产能力的生产基地，为保障我国的农产品安全、调节国际农产品市场余缺及使我国农产品在价格波动中占主导地位等方面做出应有贡献。

黑土退化严重威胁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，只有管理较好的少数土壤肥力得到保持和提高，其余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。有资料表明，黑土开垦 20 年后，土壤有机物质含量下降 30%~40%；开垦 40 年后，有机物质含量下降 50%~60%。与此同时，植物所需营养元素氮和磷的储量也分别下降 30%~60% 和 16%~24%。土壤有机质质量下降表现在腐殖质组成中的胡敏酸与富里酸比值显著降低，松组的相对数量和有机质的绝对数量下降。黑土有机质含量和质量的下降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、黑土腐殖质层变薄、土壤保水供水能力下降、

农田生产力明显下降。

黑土是我国重要的土地资源。由于自然气候环境因素和土壤类型特点以及人为高强度利用因素，土壤退化的速度惊人。与我国西部地区相比，黑土区和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台阶性倍增过程，并伴有滥牧、滥垦、滥采等破坏自然资源与生态环境的过程，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土壤退化演变的，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年至2000年的100年间，东北黑土区短时间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30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，系统阐述黑土形成过程，黑土物理性质、化学性质以及生物学性状的变化特征和规律，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全面了解，旨在推动人们对黑土保护的重视和可持续利用。迟凤琴、张久明、金梁、马星竹、魏自民、王伟、张喜林、隋跃宇、焦晓光、王英、王爽、刘艳军、蔡姗姗、李伟群、陈雪丽等在本书的编写过程中提供了帮助，李艳进行了书稿的审核，在此表示衷心的感谢。同时，感谢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，能在国际土壤年之际奉献此书。

书中难免存在疏漏与不足，敬请读者批评指正。

魏丹 孟凯

2016年10月

序
前言

第一章 黑土分类与分布	1
第一节 黑土分类	1
一、黑土发生分类	2
二、全国第一次土壤普查应用分类	2
三、世界土壤参比基础分类	3
四、美国土壤系统分类	3
五、中国土壤系统分类	4
第二节 黑土分布	5
第三节 国外黑土利用及保护	6
一、国外黑土利用概况	6
二、国外黑土利用及保护模式	7
三、国外黑土利用及保护启示	7
第二章 黑土形成条件	8
第一节 气候	8
一、基本概况	8
二、灾害性气候	10
三、黑土区农业气候的优势与问题	10
第二节 地形地貌	12
一、地形地貌基本特征	12
二、地貌与地层的演变	12
第三节 植被	15
一、五花草塘	15
二、灌丛	16
第四节 成土母质	17
第五节 水文	19
第六节 人为因素	19

• 2 •

一、黑土耕作方式的演变	47
二、不同耕作方式的比较	48
三、保护性耕作黑土物理性质的变化	50
第五节 黑土水分物理性质	51
第六章 黑土养分状况	54
第一节 黑土氮素	54
一、不同施肥对黑土全氮量的影响	54
二、长期施肥对黑土中硝态氮含量的影响	56
三、长期不同施肥对黑土中铵态氮含量的影响	56
四、长期不同施肥对黑土中无机态氮素的影响	57
五、土壤碱解氮含量的变化	58
第二节 黑土磷素	59
一、不同开垦年限黑土全磷的变化	59
二、不同开垦年限黑土磷组成的变化	59
三、开垦后黑土无机磷的变化	60
四、开垦后黑土有机磷的变化	60
五、开垦后黑土无机磷组成的变化	61
六、长期施肥黑土全磷的变化	63
七、不同开垦年限黑土磷素的变化	64
第三节 黑土钾素	66
一、黑土钾的变化特征	66
二、长期施肥对黑土钾的影响	68
三、黑土钾库的演变规律	69
第四节 黑土中量元素	72
一、黑土全硫含量的变化	72
二、黑土有效硫含量的变化	72
三、黑土有机硫的矿化特征	73
第五节 黑土微量元素	74
一、不同地区黑土中全量微量元素的含量分布状况	74
二、不同地区黑土中有效态微量元素的含量分布状况	75
三、微量元素的垂直分布	76
四、微量元素有效态含量的垂直分布	76
第七章 黑土养分平衡与调控	78
第一节 黑土区养分的利用状况	78
一、氮素利用状况	78
二、磷素利用状况	79
三、钾素利用状况	79

• 4 •

三、不同培肥措施对产量的影响	118
四、综合调控措施效果	118
第四节 长期定位施肥黑土腐殖酸组分分异规律	120
一、富里酸与胡敏酸荧光特性分异规律	120
二、富里酸与亲水组分荧光特性分异规律	122
三、不同施肥方式黑土富里酸荧光光谱特性	124
四、不同施肥方式黑土亲水组分 (HyI) 荧光光谱特性	128
五、不同施肥方式黑土胡敏酸荧光光谱特性	132
六、长期定位施肥黑土水溶性有机物 (DOM) 组分荧光特性研究	135
第十章 黑土生物学特性	149
第一节 微生物	149
一、长期定位施肥对黑土微生物的影响	149
二、土壤固氮微生物的分子多样性研究	158
三、反硝化细菌的分子多样性研究	162
四、不同水热条件土壤固氮微生物的分子多样性研究	168
五、黑土微生物的变化特征	171
六、长期不同施肥对土壤微生物量碳、氮的影响	175
七、土壤微生物量的常用测定方法	179
第二节 酶活性	181
一、长期施肥对不同农田黑土酶活性的影响	181
二、土壤酶活性与土壤肥力相关关系	188
三、黑土酶变化特点	192
第三节 长期施肥条件下土壤线虫群落动态变化	193
一、苗期土壤线虫群落分布	194
二、始花期土壤线虫群落分布	195
三、鼓粒期土壤线虫群落分布	196
四、成熟期土壤线虫群落分布	197
五、不同施肥处理土壤线虫群落变化特征	198
六、小结	201
第十一章 黑土侵蚀与综合治理	202
第一节 黑土侵蚀概况	202
一、黑土侵蚀的种类	202
二、土壤侵蚀的危害	203
第二节 黑土侵蚀的成因	203
一、黑土侵蚀因素	203
二、黑土侵蚀因素与侵蚀特征	205
第三节 黑土侵蚀的综合治理规划设计	209



一、总体规划设计原则	209
二、规划设计步骤	210
三、小流域的总体规划设计	211
第四节 侵蚀黑土综合治理措施	211
一、坡耕地水土保持综合治理措施	212
二、坡荒地高效生态综合治理措施	213
第五节 侵蚀黑土农业持续发展模式	214
第十二章 黑土定向培肥技术	217
第一节 岗平地黑土综合培肥技术	217
一、玉米秸秆过腹还田培肥对玉米产量和土壤肥力的影响	217
二、玉米秸秆堆沤造肥还田的培肥技术与效益	219
三、米草间种轮作的培肥技术与效益	220
四、不同培肥模式对土壤有机质平衡的概算	222
第二节 坡耕地薄层黑土培肥技术	223
第十三章 黑土生态系统与区域农业可持续发展	225
第一节 黑土气候环境演变特点	225
第二节 黑土生物资源利用状况	226
一、作物种类与品种	226
二、种植方式	226
三、黑土区畜牧种群特征	227
四、生物种群与环境适应性	227
第三节 黑土肥力质量评价	227
一、黑土区土壤肥力评价指标	228
二、黑土区土壤肥力质量的空间分布特征	230
第四节 黑土主要生态类型及其结构功能特征	233
第五节 区域农业可持续性发展战略	234
一、生态系统生产能力的可持续性	234
二、资源有效利用的可持续性	235
三、黑土养分和水分资源利用的措施	235
四、生态环境稳定的可持续性	236
五、农业可持续发展战略	237
六、黑土区农业经济发展的战略对策	238
第十四章 东北黑土资源的利用与保护	243
第一节 东北黑土资源的战略地位	243
一、东北黑土资源是实现我国粮食安全的重要保障	243
二、保护黑土资源有利于提高农产品的国际市场竞争力	245

三、保护黑土资源是实现农业可持续发展的战略选择	246
四、保护黑土资源对振兴东北、维护国家安全与经济发展具有重要作用	246
第二节 黑土区合理利用与保护的成功模式系统	247
一、黑土地力恢复的培肥保水模式系统	247
二、黑土生产力可持续性的农业耕作模式系统	255
三、黑土农田系统的生态保护模式系统	257
第三节 黑土区合理利用与保护的建议	262
一、提高水土流失的忧患意识,增强责任感和迫切性	263
二、健全法规政策,依法整治黑土,保护黑土肥力资源	264
三、开展黑土肥力调查,为宏观决策和规划打下基础	265
四、开展科技攻关研究,建立预警机制,为全面开展综合 治理提供科技支撑	265
五、建设综合性群体防护体系和水土保持型农业系统,是坚持 可持续发展的基础	266
第四节 中国黑土地保护规划	268
一、保护东北黑土地的必要性和紧迫性	268
二、黑土地保护策略	269
三、东北黑土保护规划的思路、原则、目标和任务	271
四、东北黑土区保护的重点区域及建设内容	272
五、保护东北黑土地的政策措施	276
主要参考文献	278

第一章 黑土分类与分布

黑土是在温带半湿润季风气候、森林草甸或草原化草甸植被条件下，具有暗色松软表层、黏化淀积层及风化淀积层的土壤。自然土壤腐殖质含量为 50~80g/kg，耕种后土壤腐殖质含量为 20~40 g/kg，向下呈舌状过渡，pH 为 6.5~7.0，全剖面无石灰反应，盐基饱和度>70%。

第一节 黑土分类

黑土曾有各种不同的名称，如北方黑土、灰化黑土、淋溶黑土、退化黑钙土、变质黑钙土、湿草原土等。新中国成立以来，我国土壤工作者对黑土进行了比较系统的研究，认为其应该成为一个独立的土类，与黑钙土加以区别，并以我国农民习用名称“黑土”命名，确定为半淋溶土纲下的一个土类。它类似于美国土壤分类中的湿润软土（Udoll）和冷凉软土（Boroll），相当于联合国分类中的湿草原土（Phaiozems）。

张之一等人研究表明，在文献资料中看到关于黑土分类有 5 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）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。对于这个问题，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》上发表的文章，根据第一次和第二次土壤普查资料统计，认为黑土面积由 $1.00 \times 10^5 \text{ km}^2$ 减少到 $5.82 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。这就是说，近 30 年黑土面积减少了 $4.18 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，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的分类体系，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，全世界有三大块黑土区：一是分布在乌克兰大平原，面积约 $1.90 \times 10^6 \text{ km}^2$ ；二是分布在美国密西西比河流域，面积约 $1.20 \times 10^6 \text{ km}^2$ ；三是分布在我国的东北黑土区，面积为 $1.0185 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。世界土壤资源参比基础（WRB）则认为，第一大片黑土在美国，约 $7.0 \times 10^5 \text{ km}^2$ ；第二大片在阿根廷和乌拉圭，约 $5.0 \times 10^5 \text{ km}^2$ ；中国东北是第三大片，约 $1.8 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。两者相差悬殊，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了一些误解。因此，有必要把这些问题说清楚，对不太熟悉黑土、特别是对年轻的科学工作者会有一定的帮助。

我国 20 世纪 50 年代以后的土壤分类属于土壤地理发生分类体系，现在许多土壤学工作者仍在应用。但它有其历史局限性，以定性描述为主，缺乏系统的定量指标。探索土壤本质必须着眼

一、黑土发生分类

二、全国第一次土壤普查应用分类

• 2 •