

Utilization and Conservation of Black Soil



黑土利用与保护

张兴义 刘晓冰 赵 军/著



科学出版社

非外借

黑土利用与保护

张兴义 刘晓冰 赵 军 著

谨以此书献给中国科学院东北地理与农业生态研究所建所 60 周年

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书简要介绍了世界四大片黑土的分布,展示了中国黑土资源及其相关环境因子、成土母质、地势地貌、土地利用和黑土主要理化性状的区域分布,详细比较了不同年代几个典型黑土市(区)土地利用和有机质等变化;黑土侵蚀现状、防治分区以及黑土保护工程实施和措施应用前后的景观效果图件,便于黑土科研教育工作者、管理者一目了然地认知黑土资源的现状以及保护利用需要重视的问题。

本书可作为高等院校及科研院所水土保持专业、资源科学、环境科学等学科的教学或参考书目,可供从事土壤侵蚀、环境保护、资源管理、全球变化与可持续发展等的研究人员、技术人员和政府部门管理人员借鉴和使用。

审图号:GS(2018)5146号

图书在版编目(CIP)数据

黑土利用与保护 / 张兴义, 刘晓冰, 赵军著. —北京: 科学出版社, 2018. 10

ISBN 978-7-03-058957-6

I. ①黑… II. ①张…②刘…③赵… III. ①黑土-土地利用-研究-东北地区②黑土-土地保护-研究-东北地区 IV. ①S157.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 222011 号

责任编辑: 周 杰 王勤勤 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 无极书装

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 10 月第一次印刷 印张: 12 1/4

字数: 500 000

定价: 380.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

黑土是人类最宝贵的自然资源，是呈地带性分布的土壤类型。全世界有四大片连续分布的黑土区，总面积为 9.16 亿 hm^2 ，占世界无冰地表面积的 7%，主要分布在北半球 $40^\circ\text{N} \sim 54^\circ\text{N}$ 的中国东北、美国中部平原、加拿大草原、墨西哥东部半干旱草原、俄罗斯高地草原、乌克兰台地和南半球 $27^\circ\text{S} \sim 40^\circ\text{S}$ 的南美洲阿根廷查科潘帕斯草原以及巴塔哥尼亚、美索不达米亚区域和乌拉圭内格罗河流域。黑土，因其腐殖质层厚，有机质含量和阳离子交换量高，是世界上土壤肥力最高、最适于耕种的土壤，黑土分布区成为世界粮食、饲料和纤维生产的重要基地，对保障世界粮食安全和生态安全起着举足轻重的作用。

我国连片的黑土地分布在东北，其相对世界其他三个区域开发较晚，只有百余年的历史。连片的黑土地，为国内粮食供应、农业机械化及相关产业的发展做出了贡献。但是，由于高强度开发、掠夺式经营和不合理的管理利用方式以及自然因素变化的影响，我国最具生产力的东北黑土呈现出不断退化的问题，水土流失严重，作物产量更多地依赖于化学物质的投入，造成生产成本剧增，威胁黑土区农业的可持续发展、东北大粮仓的地位以及国家粮食与生态安全。

为简明直观快速地理解和认识我国黑土耕地数量、质量的现状和存在的问题，了解黑土保护工程与利用措施的做法、成效以及气候变化背景下的土地利用格局，进一步高效科学地利用黑土生产力的自然禀赋，基于中国科学院东北地理与农业生态研究所长期有关黑土区的野外实验、调查（包括国外黑土区的实地考察）、采样和科学研究数据，综合集成国家地球系统科学数据共享服务平台“东北黑土科学数据中心”等的数据库资源，同时参照国内外权威著作和相关研究论文，综合我国黑土科学多年研究成果，我们尝试以图件化表达方式，编撰了本书。本书简要介绍了世界四大片黑土的分布，展示了中国黑土资源和相关环境因子的分布，成土母质、地势地貌、土地利用和黑土主要理化性状的区域分布，详细比较了不同年代几个典型黑土市（区）土地利用和有机质等变化；黑土侵蚀现状、防治分区以及黑土保护工程实施和措施应用前后的景观效果图件，期待本书能成为热衷于从事黑土科研、教育工作者和管理者的一个很有价值的参考工具，为黑土资源保护和永续利用起到支撑作用。

国家地球系统科学数据共享服务平台“东北黑土科学数据中心”、中国科学院

“十三五”信息化专项科学大数据工程项目“大数据驱动学科创新示范平台”(XXH13505-07)为本书制作提供了大量的矢量化图件,国家重点研发计划“典型脆弱生态修复与保护研究”重点专项项目(2017YFC0504200)和国家外国专家局黑土引智基地给予了科技和资金支持。本书在撰写过程中,我国著名土壤学家黑龙江八一农垦大学张之一教授提供了他毕生的研究资料,并在本书的理论论述上给予了很多重要指导,阿根廷土地研究所所长 Miguel A. Taboada 教授和乌拉圭共和国大学 J. Mario 博士提供了南美洲阿根廷和乌拉圭黑土部分图件,美国艾奥瓦州立大学黑土管理学家 R. M. Cruse 教授和加拿大农业及农业食品部 Ted Huffman 教授提供了北美洲美国和加拿大黑土图件,乌克兰生命与环境科学国立大学 Kravchenko Yurry 博士提供了乌克兰黑土图件,水利部松辽水利委员会孟令钦博士提供了东北黑土区水土流失及水土保持图件,杜书立、李浩、宋春雨、徐金忠、付微、赵晓春、张晟旻、胡伟承担了本书的部分写作。在此,对本书出版给予帮助的同仁表示诚挚的谢意。

由于作者的知识深度和积累有限,书中难免存在不妥之处,敬请各位读者批评指正。

作 者

2018 年 7 月 31 日于哈尔滨

目 录

第一章 世界黑土	1
第一节 世界黑土区的定义与分布	1
第二节 南美黑土	3
第三节 北美黑土	16
第四节 俄罗斯和乌克兰黑土	21
第五节 世界土壤参比	27
第二章 中国黑土	32
第一节 中国黑土定义及剖面特征	32
第二节 中国黑土分布	38
第三节 中国黑土成土因子	41
第四节 中国黑土理化性状	48
第三章 典型市(县)黑土	81
第一节 黑土核心区海伦市黑土	81
第二节 三江平原富锦市黑土	96
第三节 城乡结合区哈尔滨双城区黑土	100
第四章 黑土热点问题	104
第一节 东北黑土面积	104
第二节 东北黑土退化	105
第三节 东北黑土层厚度及其变化	110
第四节 东北黑土退化对粮食生产的影响	115
第五章 黑土水土保持	119
第一节 区域水土流失现状	119
第二节 典型区域水土流失现状	135
第三节 水土保持生态建设	155
第六章 黑土地保护	172
第一节 黑土地保护利用试点工程	172
第二节 黑土地保护利用措施	172
参考文献	186

第一章

世界黑土

第一节 世界黑土区的定义与分布

一、总体概念

世界黑土按照美国土壤系统分类称为软土 (mollisols), 软土通常是富含盐基矿质的暗色草原土壤, 所有这类土壤都有一个松软表层, 很多还有黏化层、碱化层或钙积层, 有少部分有漂白层, 有一些还有硬盘或石化钙积层。软土广泛分布在北美洲、欧洲、亚洲和南美洲的半湿润至半干旱的平原区域。按照早期俄国的土壤系统分类称为黑钙土 (chernozem), 以此分类, 世界上应该有四大片。而按照联合国粮食及农业组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 和我国第二次土壤普查的土壤发生分类的黑土, 则为三大片, 但这三大片黑土中没有乌克兰和俄罗斯, 而有阿根廷和乌拉圭 (张之一, 2005)。因此, 按照美国土壤系统分类的软土定义, 世界上应该有四大连片黑土, 主要分布在中国东北、美国中部平原、加拿大草原和墨西哥东部半干旱草原、俄罗斯高地草原 ($50^{\circ}\text{N} \sim 54^{\circ}\text{N}$)、乌克兰台地 ($44^{\circ}\text{N} \sim 51^{\circ}\text{N}$)、南美洲阿根廷查科的潘帕斯草原以及巴塔哥尼亚、美索不达米亚区域和乌拉圭内格罗河流域。黑土总面积为 9.16 亿 hm^2 , 占世界无冰地表面面积的 7%。其中, 美国、加拿大和墨西哥连片黑土分布面积分别为 2 亿 hm^2 、4000 万 hm^2 和 5000 万 hm^2 , 俄罗斯连片黑土分布面积为 1.48 亿 hm^2 , 乌克兰连片黑土分布面积为 3400 万 hm^2 , 中国东北连片黑土分布面积为 3500 万 hm^2 , 阿根廷连片黑土分布面积为 8900 万 hm^2 , 乌拉圭连片黑土分布面积为 1300 万 hm^2 。巴西南部也分布有一小片黑土, 面积为 426 万 hm^2 (Liu et al., 2012) (图 1.1)。

二、论述

关于世界上几大片黑土的论述有两种不同的说法。在我国一直宣传和被引用的是三大片黑土的论述, 这三大片黑土是指北美洲的密西西比河流域、乌克兰和俄罗斯大平原以及中国的东北地区 (龚子同, 2003)。国际土壤学会 (International Union

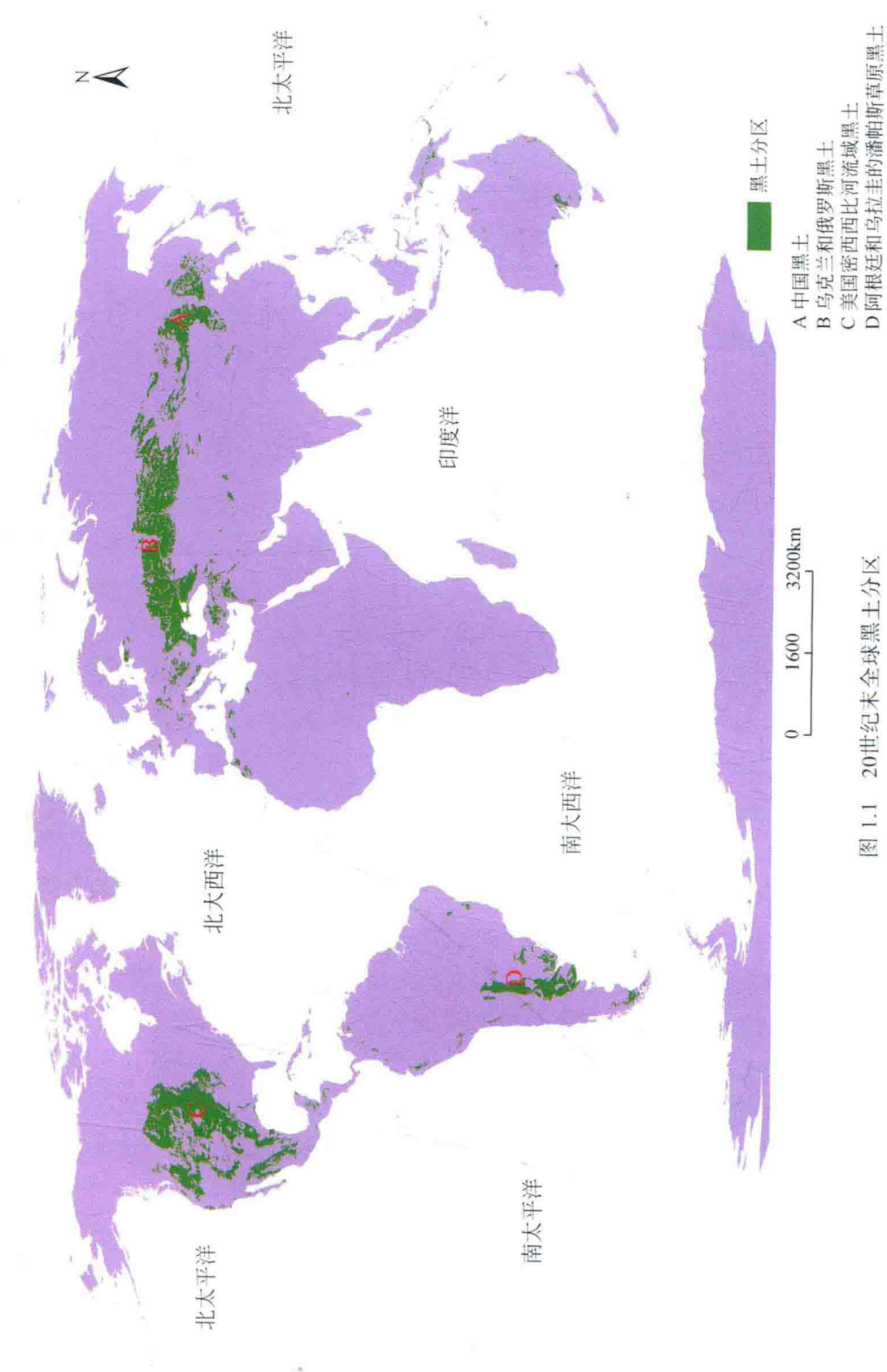


图 1.1 20 世纪末全球黑土分区

引自联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO) 联合国教育、科学及文化组织 (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, UNESCO) 世界土壤分类图, 参考美国土壤系统学和 1999 年土壤调查的标准, 黑土面积约为 916.1 万 km^2

of Soil Sciences, IUSS)、联合国粮食及农业组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO) 和国际土壤参比与信息中心 (International Soil Reference and Information Centre, ISRIC) 所编著的《世界土壤资源参比基础》 (World Reference Base for Soil Resources, WRB) 一书中所说的三大片黑土是指, 美国, 面积约为 7000 万 hm^2 ; 阿根廷和乌拉圭的潘帕斯草原, 面积约为 5000 万 hm^2 ; 中国的长春和哈尔滨及以北地区, 面积约为 1800 万 hm^2 。比较这两种不同的说法可以发现: 我国传统认为的三大片黑土分布, 没有阿根廷和乌拉圭的潘帕斯草原, 可能是只看到北半球的黑土而忽略了南半球也有黑土 (张之一, 2005)。1954 年苏联土壤学家威林斯基 (1957) 所著《土壤学》一书中的世界土壤图就表明阿根廷和乌拉圭有大片的黑土。《世界土壤资源参比基础》的黑土没有乌克兰和俄罗斯, 那是对黑土分类和概念界定不同而致, 其所指的黑土, 不包括黑钙土, 而乌克兰和俄罗斯是大面积的黑钙土而不是黑土 (Spaargaren, 1994; 张之一, 2010a)。黑土和黑钙土不同, 黑土因气候湿润, 土壤明显潮湿, 草甸植被繁茂, 因而草甸过程比较普遍, 腐殖质积累与淋溶作用强烈 (龚子同, 2003; 张之一, 2005; Liu et al., 2012)。

第二节 南美黑土

一、阿根廷黑土

阿根廷黑土主要分布在阿根廷查科的潘帕斯草原以及巴塔哥尼亚、美索不达米亚区域, 但典型的阿根廷黑土主要分布在湿润和半湿-半干旱的潘帕斯区域 (图 1.2 和图 1.3)。这就是为什么尽管潘帕斯草原面积约为 7600 万 hm^2 , 但阿根廷实际黑土面积为 8900 万 hm^2 的原因 (Liu et al., 2012)。

潘帕斯草原位于南美洲的南部, 是阿根廷中、东部的亚热带型大草原。北连格连查科草原, 南接巴塔哥尼亚高原, 西抵安第斯山麓, 东达大西洋岸。

潘帕斯源于印第安丘克亚语, 意为“没有树木的大草原”, 是南美洲比较独特的一种植被类型, 表现为一望无际的肥沃田野。就地带性和气候条件而论, 本区适宜树木生长, 实际上除沿河两岸有“走廊式”林木外, 基本为无林草原, 一般称潘帕斯群落。气候条件有亚热带也有温带, 冬季温和, 最冷月平均气温高于 0°C ; 夏季温暖, 最热月平均气温为 $26 \sim 28^{\circ}\text{C}$, 气候半湿润至半干旱 (图 1.4, 图 1.5)。年降水量为 1000 ~ 2500mm, 由东北向西南递减, 以 500mm 降水量为界, 西部为“干潘帕斯” (图 1.6)。除禾本科草类外, 西南边缘还生长着稀疏的旱生灌丛, 发育有栗钙土、棕钙土, 多盐沼泽和咸水河。东部为“湿润潘帕斯”, 发育有肥沃



图 1.2 阿根廷软土分布

引自 1975 年美国土壤分类编辑 (Soil Survey Staff, 1994),
参考网址: <http://www.geointa.inta.gob.ar/>

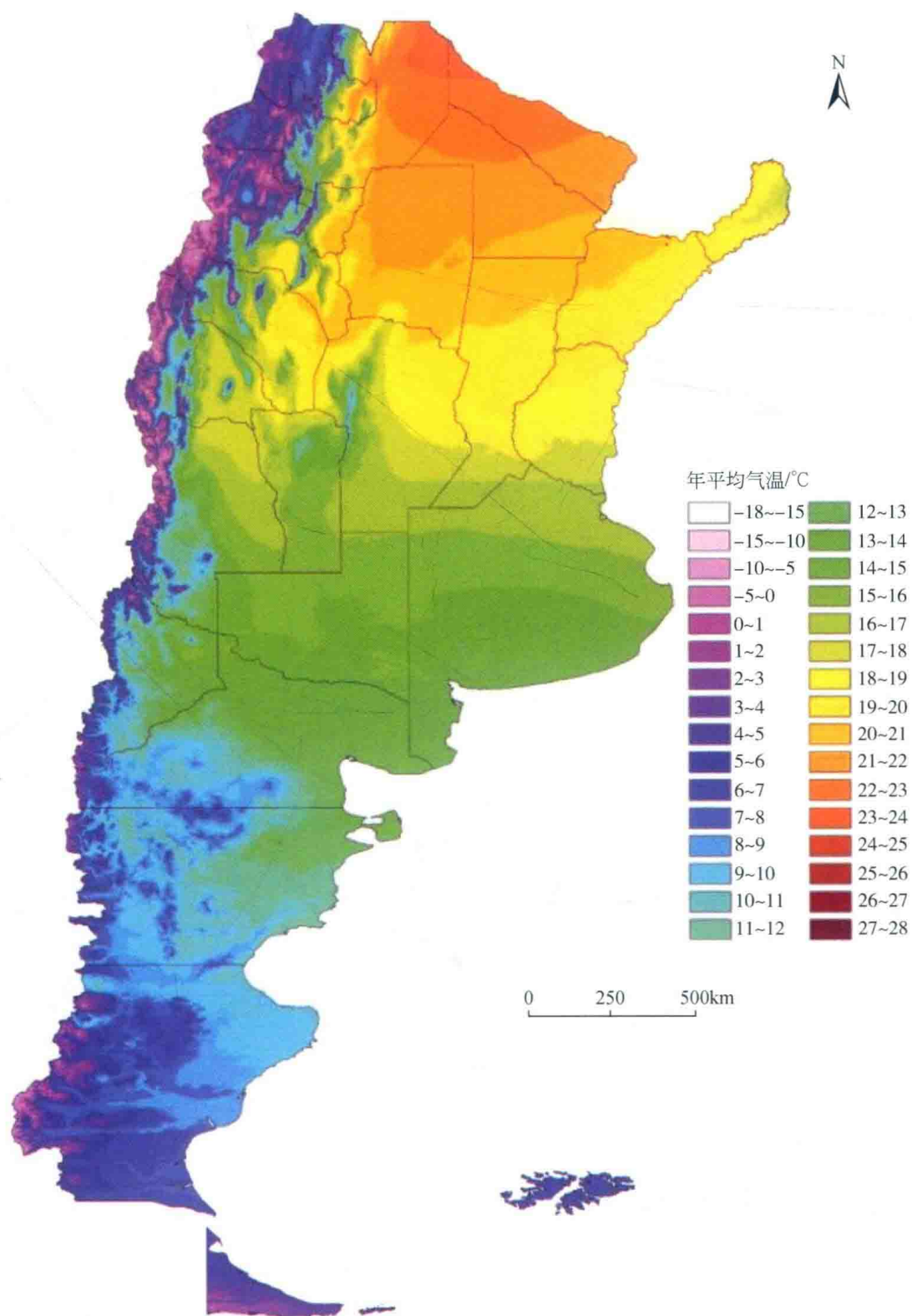


图 1.3 阿根廷年平均气温分布

引自阿根廷国家农业技术研究所 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA) 2015 年 12 月提供的
 阿根廷年平均气温分布图, 参考网址: <https://inta.gob.ar/>

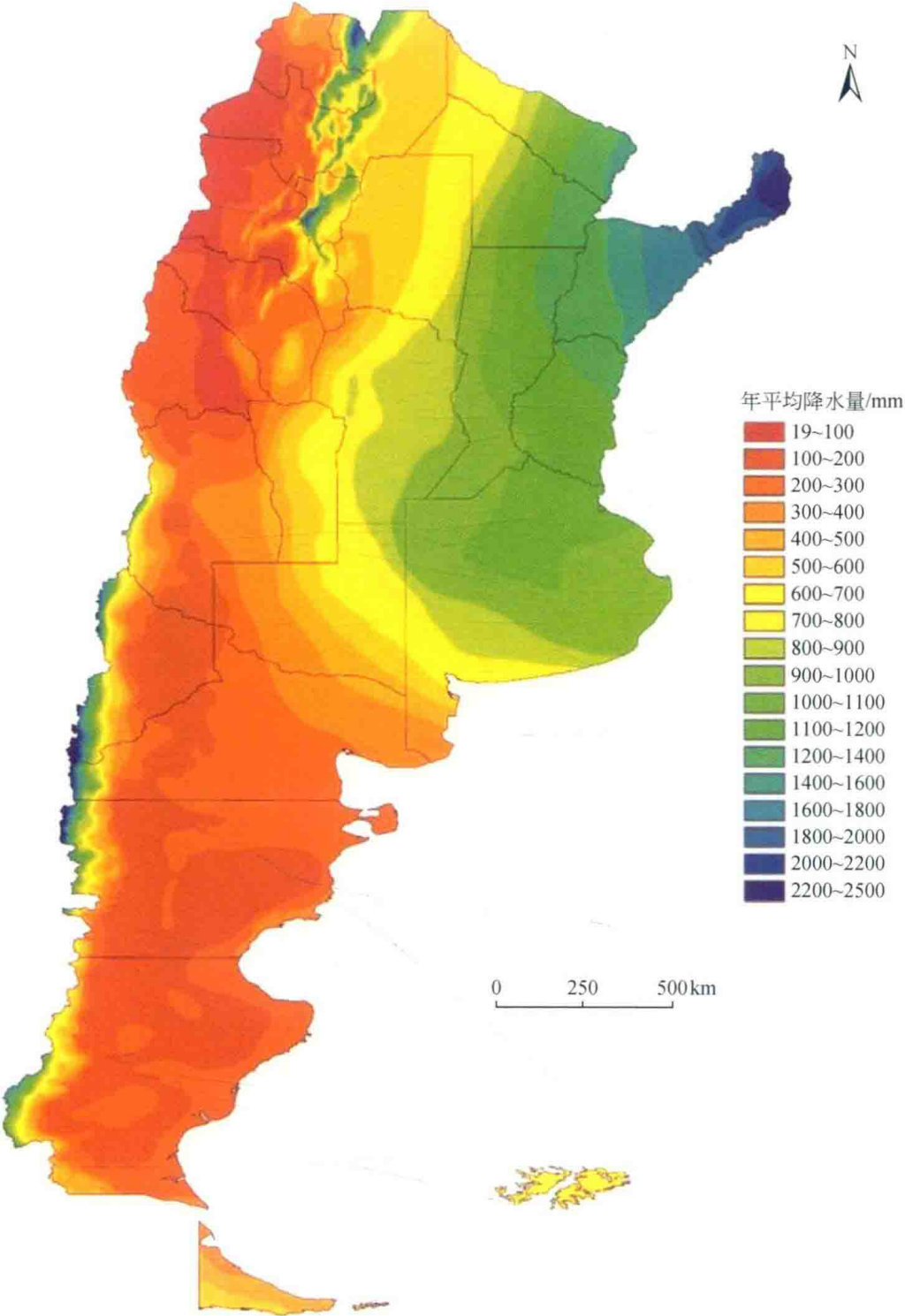


图 1.4 阿根廷年平均降水量分布

引自 INTA 2015 年 12 月提供的阿根廷年平均降水量分布图



图 1.5 阿根廷潘帕斯草原景观

2015 年 12 月，张兴义拍摄

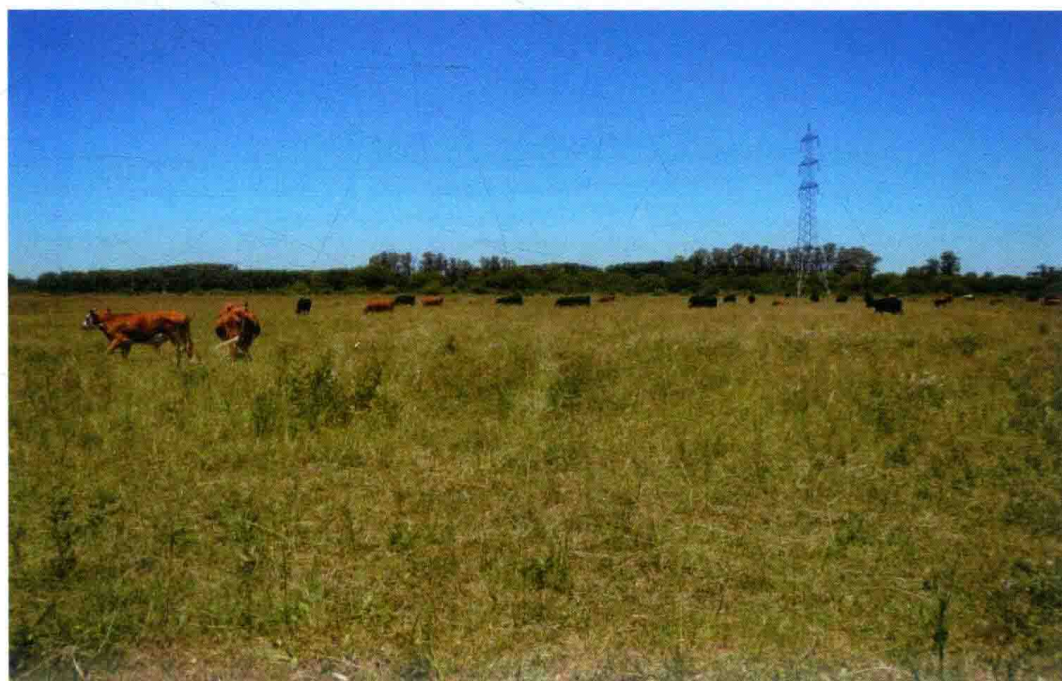


图 1.6 阿根廷潘帕斯草原西部景观

2015 年 12 月，赵军拍摄

的黑土。

潘帕斯草原地区，以阿根廷首都布宜诺斯艾利斯为中心，铁路、公路呈辐射状伸向全国各地，集中了阿根廷全国 2/3 的人口、4/5 的工业生产和 2/3 以上的农业

生产。主要以农田和牧场为主，盛产小麦、大豆、玉米、饲料、蔬菜、水果和牛羊，肉牛产量高，是阿根廷最重要的农牧业区，成为世界的粮仓和肉库，并成为阿根廷政治、经济、交通和文化的核心地区（图 1.7 和图 1.8）。潘帕斯草原气候适宜、土壤肥沃、植被茂盛，已成为世界仅剩的最大的后备耕地。



图 1.7 阿根廷潘帕斯草原啃食放牧后的草场
2015 年 12 月，由 INTA 提供



图 1.8 阿根廷黑土大豆农田景观
2015 年 12 月，张兴义拍摄

南美黑土区，由于地处亚热带和温带，明显不同于北半球温带的三大片黑土，但半湿润至半干旱气候相近，南美部分黑土呈现棕色，有“红黑土”之称（图 1.9 ~ 图 1.13）。



图 1.9 阿根廷黑土农田小麦景观及小麦根系

2015 年 12 月，赵军拍摄



图 1.10 阿根廷潘帕斯黑土土壤剖面

2015 年 12 月，张兴义拍摄



图 1.11 阿根廷潘帕斯草原植被下的黑土
2015 年 12 月，张兴义拍摄



图 1.12 阿根廷潘帕斯草原植被下的黑土实物
2015 年 12 月，张兴义拍摄



图 1.13 阿根廷红黑土典型剖面

2015 年 12 月，由 INTA 提供

二、乌拉圭黑土

乌拉圭地处南美洲 $30^{\circ}\text{S} \sim 35^{\circ}\text{S}$ ，属于温带亚湿润气候带，全国年平均降水量为 1200mm，南方地区年平均降水量为 1000mm，东北地区年平均降水量为 1500mm，冬季日平均气温为 13°C ，夏季日平均气温为 25°C ，即冬季较寒冷，但无降雪、土壤无冻融；夏季较炎热，平均每月降水量分布相当均匀，但热季的潜在蒸腾蒸发量较大。由此，秋季、冬季土壤水分相当充足（7 月，60mm），而春季、夏季土壤水分相当亏缺（1 月，100mm）。

乌拉圭总土地面积约为 1600 万 hm^2 ，其中黑土面积为 1300 万 hm^2 ，约占总土地面积的 81%，因此，黑土是该国农牧业发展的基石，对促进国民经济和农牧业产品出口起着决定性的作用。2016 年人均国内生产总值为 1.52 万美元，在南美洲独占鳌头。与一般拉丁美洲国家不同的是，乌拉圭基尼系数较小（0.424）。

乌拉圭的自然景观由自然与再生的多年生和一年生顶级 C_3 、 C_4 草原植被组成。由于气候因素，乌拉圭的多数土地处于永久的自然草原植被状态，并用于草食动物生产，剩余的部分以不同轮作方式种植作物和牧草，作物生产与牧草轮作体系占 20%（图 1.14）。图 1.14 数据由乌拉圭共和国大学提供（2015 年 12 月）。