

沙漠化的生物过程及 退化植被的恢复机理



赵哈林 赵学勇
张铜会 周瑞莲 主编



科学出版社
www.sciencep.com

沙漠化的生物过程 及退化植被的恢复机理

赵哈林 赵学勇 张铜会 周瑞莲 主编



新疆维吾尔自治区图书馆X10-0898251

科学出版社

北京

内 容 简 介

本专著是国家重点基础研究发展计划(973计划)“沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理”课题(编号TG2000048704)的一项最新研究成果。全书共10章,主要从我国沙区自然概况及其主要生态问题、沙漠化过程中土壤环境的变化、沙漠化的生物过程、沙漠化过程中植物的生殖对策、植物的萌发与生长策略、植物的生理受损过程及其适应对策、沙地土壤水分变化与植物耗水、退化植被的恢复机理、退化植被的恢复过程、植被恢复过程中的稳定性等10个方面系统介绍了沙漠化过程中土壤理化特性、动物、微生物和植被的演变规律,植物对风沙、干旱环境的适应策略,沙区退化植被恢复机理及其稳定性。

本专著资料丰富,内容详实,理论和实践结合紧密,具有较高的理论和应用价值,对从事沙漠学、植物学、生态学、环境科学研究的科技工作者及有关高等学校的师生具有重要的参考价值,对各级业务部门的管理人员也有一定的指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理 / 赵哈林等主编. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-019959-1

I. 沙… II. 赵… III. ①沙漠化-影响-生物-过程-研究②退化-植被-恢复-研究 IV. Q948.11 P941.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第141111号

责任编辑:韩 鹏 卜 新/责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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

*

2007年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年10月第一次印刷 印张:24 1/2

印数:1—1 500 字数:559 000

定价:78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

《沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理》

编辑委员会

主 编：赵哈林 赵学勇 张铜会 周瑞莲

副 主 编：李玉霖 崔建垣 张继义 王新平

编写人员（按姓名汉语拼音排序）：

崔建垣 李玉霖 刘新平 马风云 苏永中

王海鸥 王 静 王先之 王新平 王迎春

文海燕 杨 持 余 玲 云建英 曾彦军

张继义 张铜会 赵哈林 赵丽娅 赵学勇

周海燕 周瑞莲 朱志梅

前 言

20 世纪后期,沙漠化在全球范围内迅速蔓延,给许多国家的国计民生带来日益严重的威胁,沙漠化问题日益受到国际社会的普遍关注。在 1992 年联合国环境与发展大会后,为了履行在沙漠化防治中的国际义务,中国政府不仅很快签署了《联合国防治沙漠化公约》,将沙漠化防治列入了《中国 21 世纪议程》,而且将沙漠化防治写入了党的“十五大”工作报告,并启动了西部大开发生态环境建设先行战略。但是,由于我国沙漠和沙漠化科学研究历史较短,其理论基础和技术积累明显不足,难以满足国家在防治沙漠和西部生态建设中的需求。因此,为了满足国家经济发展和生态安全的需要,“十五”期间,国家在启动“首都圈防沙治沙工程”等一批工程项目和“防沙治沙模式与技术试验研究”等一批科技攻关项目的同时,还紧急启动了国家重点基础研究发展计划(973 计划)“中国北方沙漠化过程及其防治研究”。这一项目的设立旨在为国家解决沙漠化防治中的一些重大基础理论和应用技术问题。在这一项目中,“沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理”课题作为其中一项重要研究内容,通过大量的野外调查和实验研究,掌握沙漠化过程中的生物退化过程和规律,阐明植物对环境恶化的适应对策,揭示退化植被的恢复机理和人工植被的稳定性机制,提出沙漠化防治对策,为我国西北地区退化植被的恢复重建提供理论指导。

这一课题的基本思路是在“沙漠化的生物过程”和“植被恢复、重建机理”这两个既相互区别又相互联系的方面开展工作。前者阐明沙漠化过程中植被退化规律及其动力学机制,后者揭示退化、沙化植被的恢复过程、演替规律及稳定性机理。整个研究工作按 5 个序列进行:一是以 C、N 为主线研究沙漠化过程中土壤机械组成、水热和养分状况变化,分析土壤环境的沙漠化演变对地上、地下生物群落的影响,探讨植被退化与环境演变的动力学机制;二是研究沙漠化过程中植物群落演替过程,分析植物群落和种群空间分布格局、生产力变化与环境变化的关系,揭示沙漠化过程中植被退化机理;三是从不同层面深入研究气候干旱、沙丘活化、过度放牧、农田风蚀等对植物(作物)繁殖、发育、生长、解剖结构和生理代谢过程的影响及其适应对策,揭示沙漠化过程中植物的受损机理及其适应机理;四是研究沙地土壤种子库特征、种源格局、灌丛的肥岛效应和植被的生态功能,分析人类干扰活动消除或环境改善后植被的恢复过程与规律,探讨沙地退化植被的恢复机理及其动力学机制;五是研究植物的耗水规律及植被区的水分平衡,测定不同植物种的临界水肥面积及其制约因素,分析群落的多样性组成、年龄结构、耗水规律、演替阶段对其稳定性的影响。通过综合几个方面的研究结果,阐明沙漠化的生物学过程和植被恢复重建机理,并根据这些研究结果和多年实践的总结,提出区域沙漠化防治的对策和措施,引进、集成和推广一些适用优良品种和新技术,促进研究区沙漠化防治和经济发展。

5年来,这一课题已经出版了《科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理》、《沙漠化过程中植物的适应对策及植被稳定性机理》、《沙漠化控制与治理技术》等5部专著和译著,发表论文180余篇。本专著是对这些成果的进一步总结。本专著共10章。第一章为我国沙区自然概况,主要介绍了我国沙区气候、土壤、水文、植被的特点及存在的主要生态问题;第二章从土壤理化性状和生物性状的演变规律介绍了土壤环境的沙漠化演变过程;第三章从土壤微生物和动物种群的退化规律、沙质草地和农田的退化过程,分析了沙漠化的生物过程及其规律;第四—六章分别从植物的物质和能量分配、萌发与生长节律、生理过程和解剖结构方面分析了沙漠化过程中植物种群和个体的受损过程及其适应策略;第七章从沙地降水的再分配和沙地土壤水分的变化、植物的蒸散特征和耗水规律等方面介绍了沙地植物耗水特征与环境变化的关系;第八章从气候的驱动作用、植被的自我修复能力、植物与土壤的互动作用和景观格局的驱动作用等四个方面探讨了沙地退化植被的恢复机理;第九章介绍了沙地植被、天然放牧草地植被的恢复过程与人工植被的演替规律;第十章分析了植被恢复过程中的生物多样性和土壤环境的变化及其对植被稳定性的影响,探讨了植被的抵抗力和恢复力,提出了沙地植被稳定性的评价方法。本专著从生态学、沙漠学和水文学的角度对沙漠化的生物过程及其退化植被的恢复机制进行了又一次较为系统的阐述,资料丰富,内容翔实,理论与实际结合紧密,具有较高的理论和应用价值。

本书的编写分工:第一章,赵哈林、赵学勇;第二章,赵哈林、苏永中、张继义、文海燕;第三章,赵哈林、张铜会;第四章,赵学勇、李玉霖、杨持、王先之、王迎春、曾彦军、赵丽娅;第五章,赵哈林、崔建垣、李玉霖、马风云、曾彦军、余玲;第六章,周瑞莲、周海燕、王海鸥、王静;第七章,张铜会、王新平、刘新平、赵哈林;第八章,赵哈林、赵学勇、周瑞莲;第九章,赵哈林、马风云、苏永中;第十章,张继义、赵哈林;植物名录,云建英;统稿,赵哈林。

本专著的出版得到了国家973计划“沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理”课题(编号TG2000048704)和内蒙古自治区“十五”攻关课题“荒漠化土地生态治理模式与推广”、“科尔沁沙地水资源容量、植被建设规模和农业可持续发展”的资助。

由于编者水平有限,专著中错讹、疏漏之处定有不少,竭诚希望读者予以批评指正。

编 者

2005年4月于兰州

目 录

前言	
第一章 我国沙区自然概况及其主要生态问题	1
第一节 我国沙区自然概况	1
第二节 我国沙区植被分布规律及其主要特征	9
第三节 我国沙区存在的主要生态问题	15
第二章 沙漠化过程中土壤环境的变化	24
第一节 土壤理化性状的沙漠化演变	24
第二节 土壤物理、化学性质间的相互作用	32
第三节 土壤性状的空间变异规律和分形特征	39
第三章 沙漠化的生物过程	54
第一节 土壤微生物和动物种群的退化过程	54
第二节 沙质放牧草地植被的退化、沙化过程	62
第三节 固定沙地植被的退化过程	73
第四节 农田生态系统的退化过程	82
第四章 沙漠化过程中植物的生殖对策	91
第一节 物质和能量的生殖分配策略	91
第二节 植物的有性繁殖策略	101
第三节 植物的无性繁殖策略	110
第五章 植物的萌发与生长策略	119
第一节 种子萌发对环境的响应	119
第二节 幼苗的生长与存活策略	131
第三节 植物的生长策略	141
第六章 植物的生理受损过程及其适应对策	152
第一节 渗透调节物质与生长调节物质含量变化	152
第二节 膜的受损过程及其保护酶作用	161
第三节 逆境下植物的水分与光合代谢	169
第四节 植物解剖结构对环境胁迫的响应	175
第五节 逆境条件下植物遗传多样性变化	181
第七章 沙地土壤水分变化与植物耗水	188
第一节 沙地降水的入渗与水分再分配过程	188
第二节 沙地土壤水分变化	193
第三节 沙地植物的蒸腾特征与植被耗水量	210

第八章 退化植被的恢复机理	223
第一节 气候驱动机制.....	223
第二节 植被的自我修复机制.....	231
第三节 生存条件的变化及其作用.....	237
第四节 景观格局的驱动机制.....	248
第九章 退化植被的恢复过程	253
第一节 沙地退化植被的恢复过程.....	253
第二节 草地退化植被的恢复过程.....	263
第三节 人工固沙植被的演替规律.....	270
第十章 植被恢复过程中的稳定性	283
第一节 多样性的恢复与植被的稳定性.....	283
第二节 土壤环境的恢复及其对植被稳定性影响.....	294
第三节 植被的抵抗力与恢复力.....	307
第四节 植被稳定性的评价指标和维持机制.....	317
主要参考文献	323
植物名录 (汉拉对照)	363

Contents

Foreword

Chapter 1	Natural condition and main eco-problems in desert areas of China	1
Section 1	Natural conditions in desert areas	1
Section 2	Vegetation Distribution and its properties	9
Section 3	Main eco-problems in desert areas	15
Chapter 2	Changes of soil properties in desertification processes	24
Section 1	Changes of soil physical, chemical properties	24
Section 2	Interaction of soil physical, chemical properties	32
Section 3	Spatial changes of soil properties and fractal properties	39
Chapter 3	Bio-processes of desertification	54
Section 1	Degraded processes of soil microbe and animal populations	54
Section 2	Degraded processes of sandy grazed grassland	62
Section 3	Degraded processes of vegetation in fixed sandy land	73
Section 4	Degraded processes of cropland ecosystems	82
Chapter 4	Reproductive strategies of plants to desertification	91
Section 1	Distributed strategies of matter and energy to procreation	91
Section 2	Sexual reproduction strategies of plants	101
Section 3	Clone reproduction strategies of plants	110
Chapter 5	Budding and growth strategies of plants	119
Section 1	Responses of seed germination to environments	119
Section 2	Survival and growth strategies of plant seedlings	131
Section 3	Growth strategies of plants	141
Chapter 6	Plant physiological damaged processes and adaptive strategies	152
Section 1	Changes of osmotic and growth regulation matter	152
Section 2	Processes of cell membrane Damage and protective enzymes	161
Section 3	Water metabolism and photosynthesis in adversity	169
Section 4	Changes of plant anatomical structures	175
Section 5	Variations of the genetic diversity under stress	181
Chapter 7	Changes of soil moisture and plant water consumption	188
Section 1	Rainfall infiltration and water redistribution in sand soil	188
Section 2	Changes of soil moisture	193
Section 3	Plant evapotranspiration and water consumption	210

Chapter 8 Restoration mechanisms of degraded vegetation	223
Section 1 Climate driving forces of vegetation restoration	223
Section 2 Natural restoration mechanisms of vegetation	231
Section 3 Changes of habitats and its effects	237
Section 4 Effects of landscape pattern on vegetation restoration	248
Chapter 9 Restoration processes of degraded vegetation	253
Section 1 Restoration processes of degraded sandy land	253
Section 2 Restoration processes of degraded grassland	263
Section 3 Succession patterns of artificially sand—fixed vegetation	270
Chapter 10 Stability in vegetation recovering processes	283
Section 1 Recovery of diversity and vegetation stability	283
Section 2 Recovery of soil environment and vegetation stability	294
Section 3 Resistance and restoring forces of vegetation	307
Section 4 Evaluation systems for the stability and mechanism	317
Principal references	323
Name list of plant species	363

BIOPROCESS OF DESERTIFICATION AND RESTORATION MECHANISM OF DEGRADED VEGETATION

Chief Editors

ZHAO Ha-Lin

ZHAO Xue-Yong

ZHANG Tong-Hui

ZHOU Rui-Lian



SCIENCE PRESS

Beijing, China

第一章 我国沙区自然概况及其主要生态问题

沙质荒漠化简称沙漠化，是荒漠化的主要类型之一。沙漠化土地在我国主要分布于北方干旱、半干旱地区。沙漠化之所以能在这些地区发生和发展，除了人为因素外，自然条件恶劣、生态背景脆弱也是重要原因。因此，了解我国沙区特别是沙漠化地区的自然概况及其主要生态问题，有助于加深对我国沙漠化的发生、发展过程和机制的了解。

第一节 我国沙区自然概况

一、我国沙区的分布范围

我国沙区包括广义的沙漠、戈壁及沙漠化土地发展地区。我国沙区主要位于北方地区，包括“三北”地区的 11 个省、自治区 217 个旗、县、市。其中，东部地区涉及东北三省的 22 个县、市，中部及东中部地区涉及内蒙古、河北、山西、陕北、宁夏中北部、甘肃省河西走廊、青海省柴达木的 139 个旗、县、市，西部为新疆沙区共 55 个县、市（表 1-1）。从气候带划分，属于半湿润区的有 18 个旗、县、市（东北沙区），属于半干旱区的有 90 个旗、县、市，属于干旱区的有 98 个旗、县、市，属于高寒干旱区的有 11 个县（市、镇）。

表 1-1 我国沙区涉及的行政区域

地区	沙区涉及的旗、县、市
黑龙江	杜尔伯特县、富裕县、肇东县、泰来县、齐齐哈尔市郊、安达县
吉林	公主岭县、梨树县、扶余县、白城、桃南县、双辽市、长岭县、乾安县、镇赉县、通榆县、大安县、前郭尔罗斯蒙古族自治县
辽宁	彰武县、法库县、昌图县、康平县
内蒙古	东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、阿巴旗、鄂温克旗、新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗、陈巴尔虎旗、海拉尔市、满洲里市、科尔沁右翼中旗、奈曼旗、科尔沁左翼中旗、科尔沁左翼后旗、开鲁县、扎鲁特旗、霍林郭勒市、库伦旗、通辽市科尔沁区、阿鲁科尔沁旗、翁牛特旗、巴林左旗、巴林右旗、林西县、苏尼特左旗、苏尼特右旗、阿巴嘎旗、正蓝旗、多伦县、正镶白旗、镶黄旗、太仆寺旗、赤峰市郊、克什克腾旗、敖汉旗、达拉特旗、东胜市、准格尔旗、伊金霍洛旗、武川县、化德县、商都县、察哈尔右翼前旗、察哈尔右翼中旗、四子王旗、达尔罕茂明安联合旗、乌拉特后旗、乌拉特中旗、乌拉特前旗、兴和县、丰镇县、凉城县、和林格尔县、察哈尔右翼前旗、清水河县、托克托县、五原县、临河县、杭锦后旗、固阳县、包头市郊、磴口县、乌海市（含海勃湾区）、鄂托克旗、鄂托克前旗、乌审旗、杭锦旗、阿拉善左旗、阿拉善右旗、额济纳旗
陕西	定边县、靖边县、横山县、神木县、府谷县、佳县、米脂县、吴旗县、榆林

续表

地区	沙区涉及的旗、县、市
山西	左云县、左玉县、平鲁县、五寨县、河曲县、保德县、偏关县、神池县
河北	沽源县、张北县、康保县、尚义县、丰宁县、围场县
甘肃	肃北县、肃南县、阿克塞县、酒泉县、玉门市、嘉峪关市、金塔县、敦煌县、安西县、张掖县、临泽县、高台县、民乐县、武威县、民勤县、古浪县、景泰县、金昌市、永昌县、山丹县、环县
青海	格尔木市、都兰县、乌兰县、共和县、贵南县、海晏县、天峻县、德令哈市、茫崖、大柴旦镇、冷湖镇
宁夏	盐池县、吴忠市、中宁县、中卫县、灵武县、陶乐县、平罗县、石嘴山市郊、永宁县、贺兰县、银川市郊、青铜峡县、同心县、海原县
新疆	福海县、吉木乃县、布尔津县、哈巴河县、木垒哈萨克自治县、依吾县、民丰县、沙湾县、呼图壁县、吉木萨尔县、阜康市、玛纳斯县、昌吉市、米泉市、托克逊县、鄯善县、吐鲁番市、若羌县、轮台县、库尔勒市、阿克苏市、阿瓦提县、柯坪县、新和县、阿图什县、叶城县、巴楚县、莎车县、麦盖提县、岳普湖县、疏勒县、喀什市、伽师县、疏附县、英吉沙县、泽普县、皮山县、和田县、和田市、于田县、策勒县、墨玉县、洛浦县、乌鲁木齐市、克拉玛依市、奎屯市、霍城县、精河县、奇台县、哈密市、巴里坤哈萨克自治县、且末县、尉犁县、温宿县、沙雅县

我国沙区幅员辽阔，东从大兴安岭两侧呼伦贝尔沙区、嫩江沙地开始，向西直至新疆与俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦等国交界的边陲地区，东经 $73^{\circ}40' \sim 120^{\circ}00'$ ，东西横贯 $46^{\circ}20'$ ，长达 3 970 km，基本上呈东北—西偏南的蜿蜒曲折带。南从中国新疆昆仑山南端、西藏与克什米尔交界处 $N34^{\circ}30'$ 向北至 $N50^{\circ}$ ，南北纵贯 $15^{\circ}30'$ ，最宽处达 1 600 多千米。我国沙区总面积 308.13 万 km^2 ，占国土总面积的 32.1%，占相应 11 个省、自治区土地总面积 532.36 万 km^2 的 57.88%。在我国沙区总土地中，天然草地为 1.34 亿 hm^2 ，耕地为 1 167.61 万 hm^2 ，分别占沙区总面积的 43.49% 和 3.79%，其余 52.72% 的沙区土地为林业、副业、工矿、交通、城镇、乡村等各业用地及裸地，流动、半流动沙地，盐斑，湖泊，河流，冰雪覆盖等。

二、我国沙区的气候特征

我国沙区位于大陆深处，大陆性气候明显。冬春季节受蒙古高压控制，气候十分寒冷，冷空气南下可横扫至华南，常常形成寒潮天气；夏秋季海洋性的东南、东北季风侵入本区，其势力虽不强盛，也为沙区东、中部带来明显降水，因而雨量集中。但降水自东向西逐步减少，形成我国沙区自东向西十分明显的径向水分分布梯度。

1. 热量资源较为丰富

我国沙区全年日照数一般为 2 500~3 000 h。无霜期较长，除东部几个沙地无霜期在 100 d 左右外，大部分沙区无霜期为 120~300 d，适合 1 年 1 季或 2 季农作物生长。就大于或等于 10°C 的年积温而言，除内蒙古东部的呼伦贝尔、乌珠穆沁、河北坝上等东部几个沙区为 $1\,700 \sim 2\,500^{\circ}\text{C}$ 外，大部分沙区为 $2\,800 \sim 4\,500^{\circ}\text{C}$ 。新疆的东疆、南疆

沙区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温,可高于 $4\,500^{\circ}\text{C}$,最高达 $5\,000^{\circ}\text{C}$ 。

2. 气候干燥

我国荒漠区气候干燥的主要表现为降水量稀少,蒸发巨大。据经验理论计算,活动温度(日温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$)持续期间的最大可能蒸发量(蒸发能力),在本区为 $300\sim 900\text{mm}$,远远超过同期的雨量。东部沙区的干燥度大部分为 $1.5\sim 2.0$ (东部半干旱向半湿润过渡区为 $0.7\sim 1.4$),中部为 $2\sim 4$,西部可达 $4\sim 30$ 。降水主要集中于夏季多雨月,并常以暴雨形式降落,导致多数沙区连旱日数为 $30\sim 160\text{d}$ 。降水相对变率大多数在 60% 以上,其极端年变率常有数倍之差。例如,内蒙古自治区鄂托克旗为 4.88 倍(多雨年1976年为 611.6mm ,干旱年1965年为 125.3mm),甘肃河西走廊西部的安敦盆地及新疆的东疆、南疆降水极端年份相差 $5\sim 6$ 倍。

年平均降水规律表现为自东向西递减,东部沙区年平均降水量为 $450\sim 300\text{mm}$,中部年平均降水量为 $300\sim 150\text{mm}$,西部年平均降水量为 $150\sim 30\text{mm}$ (表1-2),而东疆及南疆的若羌、民丰成为我国干旱的核心带(区)。在托克逊,年平均降水量仅 3.9mm ,还出现过年降水量仅 0.5mm 的年份(1968年)。年降水量东西差异显著,使东、中、西部分别发育有草甸草原、典型草原、荒漠草原、草原化荒漠、荒漠植被及耐极端干旱的超旱生植被。

3. 冷热变化剧烈

本区除东部少数草原区年平均气温为 $-1\sim 4.4^{\circ}\text{C}$ 外,东、中部大部分地区年平均气温为 $4.5\sim 8.7^{\circ}\text{C}$,其中河西走廊西部戈壁年平均气温为 $9\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间,东疆、南疆在 10°C 以上。我国沙区温度变化规律表现为年、日温度变化巨大,年温度较差大都为 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$,且随纬度的增加而增大。最大在东北部沙区,极端气温年较差为 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$,这种年较差的发生是由于冬天的严寒起主要作用。由于冬季严寒,本区发育了不少半灌木、小半灌木生活型的植物,冬春地上部分绝大部分死亡,仅有地表的一小部分茎节能在枯枝落叶覆盖下及地表逆温层作用下越冬。沙区日温度较差大,这点尤为突出。全区平均日温度较差为 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$,大部分地区都在 14°C 以上,中、西部为 16°C 或 16°C 以上。夏季平均日温度较差常 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 。中国科学院治沙队于20世纪50年代末考察巴丹吉林沙漠时,在沙面上曾测得 80°C 高温,可以“蒸”熟鸡蛋(把鸡蛋埋入沙中),夜间气温可降至 10°C 以下,日温度较差 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 。

冬、夏气温变化较大也是沙区温度变化特征之一。7月气温,除东部少数几个草原区及柴达木荒漠区为 18°C 或 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$ 外,大部分沙区可在 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$;1月份平均气温,除少部分地区为 $-8\sim -6^{\circ}\text{C}$ 外,大部分地区可在 $-20\sim -10^{\circ}\text{C}$,极少数地区如甘肃、新疆交界区可达 -25°C 。在这种年际、季际、日际温差很大的状况下,植物除在夏季能耐干旱、抗高温外,秋、冬之际还必须具有抗气温骤然降低的能力,需很强的抗寒性。在夏季,植物除具有在高温、缺水状态下进行光合、呼吸、蒸腾等能力外,还必须具有适应夜晚急速降温的生理、生态能力。此外,冷热变化剧烈,还可促进沙区岩石的物理风化,为沙漠的形成准备了充足的物质基础。

表 1-2 我国沙区一些地方主要气候条件综合表

区域	干燥度	年降水量 mm	全年降水 比例/%	最长连续干旱 日数/d	1月平均 气温/℃	7月平均 气温/℃	年均温/℃	冬季日 数/d	夏季日 数/d	风沙日 数/d	主要风向	备注
锡林郭勒南部	0.7~1.1	310~405	65~82	40~95	19~-15	17~19	1.2~3.0	165~180	105~130	0~25	94~134	WNW WSW
大兴安岭南段	0.8~1.0	325~365	77~88	50~80	-21~-17	19~20	-0.2~2.4	170~180	110~130	10~20		风力强大,无沙害
集宁-张北	0.9~2.2	365~435	71~83	70~120	-17~-14	18~21	0.5~5.0	150~160	105~145	4~30	45~65	WNW N
贺兰山地	0.2	420	22	58	-15	12	0.9	204	42	0		有风,无沙害
大兴安岭北段	0.5左右	425~435	62~76	25~30	-26~-25	16~17	-3.2~-3.3	196以上	90~95	1~2		有风,无沙害
科尔沁沙地	1.2~1.7	320~460	84~87	60~90	-14~-13	22~34	3.4~6.8	130~150	140~170	40~80	56~122	WNW WSW
赤峰 围场	0.9~1.5	370~460	84~88	60~90	-12~-1	21~23	4.7~7.0	130~140	145~170	45~60	37~109	WNW WSW
鄂尔多斯东部	1.2~2.0	310~470	75~93	45~155	-15~-8	21~25	5.2~8.6	110~160	145~175	40~80	26~68	WNW
兰州	0.9~1.9	330~420	86以下	86左右	-8~-7	19~22	6.7~8.9	100~125	140~185	55以下		有风,沙源少,外来沙暴
呼伦贝尔沙地	1.1~1.7	230~320	76~88	40~80	-27~-22	20~21	-2.1~0.3	170~190	110~125	9~25	65~123	WNW WSW
锡林郭勒西北部	0.9~1.7	210~250	73~87	50~110	-23~-15	18~22	-1.0~4.4	150~180	115~130	8~32	66~165	WNW WSW
大青山	1.6	230	81	68	-17	19	2.4	170	130	13		风力强大,无沙源,无沙害
鄂尔多斯西北部	2.3~2.6	210~280	83~86	95~140	-13~-12	22~24	5.6~6.7	130~140	150~170	45~75	76~107	WNW WSW
乌兰察布后山	2.2~3.7	130~220	81~85	75~115	-21~-16	21~23	1.4~4.5	150~170	130~150	25~67	85~170	WNW WSW
宁夏河东	2.0~3.4	190~280	79~86	130~150	-11~-8	22~24	6.3~8.9	110~135	155~180	45~85	32~60	WNW N
后套灌区	2.5~3.0	165~221	82~86	85~145	-16~-13	22~23	4.4~6.8	130~150	145~160	50~70	29~77	NWN, NE, SE
银川平原	2.4~3.2	185~230	84~88	115~155	-10~-8	23左右	8.1~9.0	105~115	170~180	60~80	27~61	WSW W
甘宁边境	1.9~3.8	155~305	72~87	80~130	-10~-8	23~24	7.7~8.7	105~125	160~180	35~85	20~70	NE, NW, SW
嫩江沙地	0.9~1.4	370~480	90左右	50~90	-20~-16	21~23	2.5~4.6	150~180	140~160	40~90	68~104	WNW WSW
张掖东部	0.8~2.6	185~310	60~73	50~100	-13~-10	16~20	2.4~5.7	140~160	110~150	1~22	31~51	ESE, NNE, WNW
阴山西段	2.2~2.6	185左右	83~89	63~80	-16~-12	20~21	3.6~3.8	150~160	130以上	23左右		风力强大,无沙源,无沙害
额济纳	10.8~20.7	40~60	86~92	132~145	-14~-13	26~25	7.3~8.3	130左右	165~170	90~110	78~115	WNW W
巴丹吉林沙漠	10.0~14.5	50~70	88左右	76~206	-13~-10	27左右	8.3~8.8	130左右	170~180	100~105	92~106	WNW
敦煌	18.7~27.0	30~40	77~80	160~170	-10~-9	25左右	8.7~9.3	110~120	175~180	95左右	24~81	NNE E
甘新边境	4.6~16.3	35~110	60~75	85~120	-13~-12	21~22	5.4~6.0	150~155	150~155	20~55	63~128	WNW NE
亚玛雷克等沙漠	5.6~10.8	80~100	83~88	80~150	14~-12	23~24	6.5~6.7	140~145	155~160	75~85	85~155	WNW SW
乌兰布和-腾格里	4.2~6.4	100~190	78~90	75~180	-14~-10	22~26	6.0~8.8	115~140	150~180	50~100	38~102	NNW SW
酒泉	5.5~11.8	55~100	78~90	90~150	-11~-10	21~24	6.7~7.9	120~140	155~170	50~85	19~92	NW W

续表

区域	干燥度	年降水量/mm	暖季降水占全年降水比例/%	最长连续干旱日数/d	1月平均气温/℃	7月平均气温/℃	年平均气温/℃	冬季日数/d	暖季日数/d	夏季日数/d	风沙日数/d	主要风向	备注
张掖西北部	4.2~5.4	110左右	81~85	75~95	-11~-10	22~24	6.8~8.3	115~130	160~170	50~90	25~92	NW E	
马宗山	4.9	77	77	109	-12	19	3.9	164	123	9	111	W	
西宁	1.2左右	370~430	55~60	95~100	-11~-9	14~17	3.0~5.5	130~150	90~130	0			有风,无沙源,无沙害
青海湖	1.2左右	210~430	15~59	70~145	-16~-11	11~15	-0.8~3.1	145~190	20~100	0	26~86	NNW-W	
诺木洪—德令哈	1.8~2.4	130~160	60~80	80~185	-11~-10	16~17	2.8~3.7	155~150	105~110	2~3	31~63	NW,SW,SSE	
格尔木	9.5~27.5	27~42	58~71	210~250	-12~-10	17~19	3.6~5.1	140~150	120~140	0~8	44~90	NNW-W	
柴达木西部	2.6~28.1	15~86	40~79	95~225	-15~-13	15~17	0.8~2.6	165~175	80~115	0~5	26~94	N-WNW	
共和 贵南	0.3~1.3	175~410	28~46	70~130	-13~-11	12~15	0.6~2.6	150~170	50~90	0~2	23~40	NW-WNW	有风,无沙源,无沙害
祁连山	0.0~0.3	265~535		50~60	-18~-12	11~13	-3.2~1.5	160~210	15~60	0			
吐鲁番	33.7~383.8	4~25	77~94	245~300	-10~-8	29~33	11.4~14.1	90~105	190~220	125~155	14~49	NW-ENE	
哈密盆地	20.4~27.0	30~40	83~92	190~230	-11~-10	26~27	9.1~9.9	110~130	170~180	110~115	30~150	NNW-ENE	
南疆东部	23.5~38.5	20~30	77~81	160~225	-9~-8	25~27	9.3~11.4	100~110	180~200	95~130	25~55	NE-ENE	
塔克拉玛干沙漠东部	33.7~67.7	15~25	82~91	240~285	-10~-9	24~26	9.9~10.5	100~105	180~195	85~115	24~34	NEE-ENE	
塔克拉玛干沙漠西部	32.0以上	15~30	80~90	250~300	-6以上	26以上	12以上	80~100	180~200	85以上	7~24	NE-WNW	
和田	15.2~27.0	30~55	70~86	160~300	-7~-6	25~26	10.9~12.1	80~95	200~210	85~125	7~17	NW-W	
塔里木河中游	11.7~27.7	30~70	70~90	125~255	-10~-6	24~27	9.8~12.9	80~120	190~210	80~125	8~63	NE-WNW	
博斯腾湖	10.0~15.0	45~80	83~93	55~230	-13~-12	23~26	8.0~9.1	110~120	180左右	55~100	15~26	NNW-WNW	
乌鲁木齐—石河子	3.1~3.9	140~195	47~58	37~57	-19~-15	25~26	5.8~7.3	125~135	160~170	75~105	15~26	NNW-W	
阿拉山—克拉玛依	7.0~7.1	90~100	70左右	62~78	-17~-16	28左右	8.1~8.4	125~130	175~180	115左右	80~148	NW	
精河 乌苏	4.5~7.2	90~145	52~64	60~70	-16左右	25~26	7.5左右	125~130	170左右	85~110	30~32	SW-NNW	
古尔班通古特沙漠西部	4.9左右	120~160	52~63	40~61	-20~-18	25~26	5.8~7.0	125~140	165~180	80~110	7~26	NNW-NNW	
伊犁盆地	1.2~3.0	205~255	47~55	35~60	-12~-9	19~23	5.8~9.2	110~130	140~180	25~70	25~39	NNW-WSW	
准噶尔东部	4.1~4.9	100~215	51~73	40~50	-20~-16	22~26	3.5~6.8	135~155	150~165	40~75	17~134	NW-ENE	
博尔塔拉	2.3~3.1	170~190	56~68	40~55	-17~-16	20~23	3.6~5.5	130~155	140~160	15~50	约25	WSW	
额尔齐斯河下游	1.9~3.0	160~210	43~45	30~40	-16~-14	20~22	3.2~4.0	160~170	130~140	15~40	95~110	ENE-W	
阿尔泰山	2.1~3.0	160以上	40左右	40左右	-23左右	18~21	-0.2~1.7	160~175	120~140	0~30			有风无沙
天山	0.0~1.5	200~510	40~55	35~80	-26~-11	5~17	5.4~2.9	150~270	17~110	0~2			有风无沙
东帕米尔高原	0.0~4.3	70~250	0~38	55~125	-16~-11	7~16	-3.8~3.3	150~240	2~102	0			有风无沙
昆仑山	0.7~4.2	35~40	2~50	140~270	-16~-12	4~16	-0.8~1.5	170以上	18~72	0	100以上	NNW(大部分)	

4. 风大沙多是沙区气候又一显著特征

我国沙区年平均风速一般为 $3\sim 4\text{m/s}$ 。分布趋势是向北增强,以中蒙、中俄、中哈等国界附近风速为最强,年风沙日为 $75\sim 150\text{d}$,新疆还有三个著名的大风口——阿拉山口、达坂和七角井。就全国多数沙区而言,年风沙日一般为 $20\sim 100\text{d}$, ≥ 8 级大风日数一般全年为 30d 左右,多的可达到 50d 。在腾格里沙漠西南边缘的民勤县,1959 年风沙日达 148d ,占全年的 41% ,其中 $3\sim 6$ 月风沙日占全月的 $1/2$ 以上,持续时间最长可达 $17\sim 48\text{h}$,一般也在 10h 以上。如按一天四次观测,以 2m 高处风速达 5m/s 时为起沙风计,大部分沙区一年起沙风 $250\sim 300$ 次。在植被稀疏的流沙区,乃至在新垦草原区无流沙堆积的广域农田表层,风大时往往形成沙暴与沙尘,沙尘暴满天飞扬,以致“对面闻声不见人,白天屋内要点灯”。在长期风大沙多的条件下,沙区植物形成了特有的抗风蚀、耐沙埋的生态、生理适应能力。此外,强劲风力所导致的剧烈风蚀、风积作用,为沙漠、戈壁、风蚀沙地的形成提供了丰富动能。

三、我国沙区的土壤特征

我国沙区地带性土壤由于南北具有三个不同热量带,形成了温带土壤系列、暖温带土壤系列及青海高寒的柴达木区含盐多的土壤系列。在内蒙古高原及鄂尔多斯高原中北部相邻地区分布有黑钙土带(科尔沁沙区及呼伦贝尔、河北坝上东部等沙区)——栗钙土带——棕钙土带——灰棕荒漠土带。在沙区南部温度较高的内蒙古南部、晋北、陕北及南疆等暖温带区形成了暖温型的土壤带,即褐土带(包括灰褐土带——黑垆土带——灰钙土带);在南疆极端干旱少水气候条件下形成了棕色荒漠土、龟裂性土和残余盐土等。柴达木盆地虽然地带性土壤东部为棕钙土、中西部为灰棕荒漠土,但由于高盆地独特的干旱、寒冷、雨量稀少等自然条件,土壤剖面中缺乏淋溶过程,盐分、黏粒下移微弱,盐分上升却很明显,各类土壤中盐分的含量很高,且有大面积盐土出现,是一类在干旱、寒冷气候条件下形成的含盐量很高的土壤系列。现就各类土壤分布范围做一概述。

黑钙土带主要位于呼伦贝尔高原、大兴安岭西麓山前丘陵地区,向南延伸至多伦、冀北围场及其坝上沙区,在大兴安岭东麓,及在中段山麓和西辽河平原东部(即科尔沁沙区东部)与东北平原西部的黑钙土相连。

栗钙土带面积广阔。广布于内蒙古高原中部、鄂尔多斯高原东半部及大兴安岭南侧西辽河流域中西部一带,并由其顺延到河北坝上中西部 5 县及晋西北沙区中西部、陕西北部、宁夏南部草原区、甘肃河西走廊东部祁连山山前平原及环县等,是地带性土类中分布广泛的土类,黑钙土与栗钙土上分别发育有草甸草原及典型草原植被组成的草地。

在沙区的中西部由于气候进一步干旱,为干旱的棕钙土和更加干旱的灰棕荒漠土带所占据。棕钙土带位于栗钙土带西侧,北与蒙古人民共和国的棕钙土带相接,南与灰钙土带相连,这类土壤上发育有荒漠草原植被。漠钙土带和灰棕钙土带,占据沙区西部荒漠区,它与蒙古人民共和国南部及新疆地区的荒漠土构成了亚洲中部荒漠带。综上所述,我国沙区土壤自嫩江沙地至甘肃地区,同纬度地区因受季风影响不同而土壤分布呈