

国家林业局 “948” 项目 (2006-4-10)

毛乌素沙区的自然生态环境

毛乌素沙地土壤水分的空间分异及其动态特征研究

毛乌素沙地主要植物根系生长规律研究

毛乌素沙地长根苗培育技术和造林技术

新型植物生长调节剂ALA育苗及造林技术

毛乌素沙地草炭造林技术

毛乌素沙地的植被恢复

保水技术及保水剂生产技术

毛乌素沙区

无灌溉植被恢复技术

MAOWUSUSHAQU

WUGUANGAIZHIBEI

HUIFUJISHU

季志平 康永祥
康博文 刘建军

编著

西北农林科技大学出版社



“三沙” 2014.1.1

三沙市

海南省三沙市

海南省三沙市

海南省三沙市

海南省三沙市

海南省三沙市



内容简介

本书以“毛乌素沙区”为研究对象，系统阐述了该区域荒漠化治理的理论与实践。全书共分10章，主要内容包括：毛乌素沙区自然地理概况、荒漠化成因与危害、治理原则与目标、治理技术体系、治理工程实施、治理效果评价、治理政策与法规、治理经验与教训、治理展望等。本书可作为从事荒漠化治理的科技人员、管理人员、教学人员及广大干部群众的参考。

毛乌素沙区 无灌溉植被恢复技术

主编 季志平 康永祥
康博文 刘建军

西北农林科技大学出版社

季志平 康永祥 康博文 刘建军 主编

西北农林科技大学出版社

地址：陕西省杨凌示范区
邮编：712100
电话：0911-3211000
发行部：0911-3211001

电子邮箱：nwafu@163.com

网址：http://www.nwafu.com

2010年8月第1版

2010年8月第1次印刷

西北农林科技大学出版社

地址：陕西省杨凌示范区
邮编：712100
电话：0911-3211000
发行部：0911-3211001

西北农林科技大学出版社

季志平 康永祥 康博文 刘建军 主编

西北农林科技大学出版社

地址：陕西省杨凌示范区
邮编：712100
电话：0911-3211000
发行部：0911-3211001

电子邮箱：nwafu@163.com

网址：http://www.nwafu.com

2010年8月第1版

2010年8月第1次印刷

西北农林科技大学出版社

2948.52
134

内 容 简 介

本书以毛乌素沙地为研究对象,以植被重建、恢复为目的,是国家林业局 948 项目“沙质困难立地无灌溉植被恢复技术体系引进(2006—4—10)”的成果汇总,同时吸收和参考了有关毛乌素沙地植被恢复方面的著作。全书共分为八章,在充分论述毛乌素沙地的自然生态状况的基础上,就本地区植被恢复面临的重大科技问题和社会问题进行了讨论,重点介绍了项目研究成果和植被恢复技术,涉及毛乌素沙地土壤水分的空间分异及其动态,主要植物根系生长规律,合理充分利用土壤水分的沙地长根苗培育技术和造林技术,新型植物生长调节剂 ALA 育苗及造林技术,草炭与草炭造林技术,保水技术及其新型保水剂生产技术等。

图书在版编目(CIP)数据

毛乌素沙区无灌溉植被恢复技术/季志平,康博文,刘建军主编. —杨凌:西北农林科技大学出版社, 2010

ISBN 978-7-81092-616-4

I. ①毛… II. ①季… ②康… ③刘… III. ①毛乌素沙地—植被—恢复—研究
IV. ①Q948.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 152469 号

毛乌素沙区无灌溉植被恢复技术

季志平 康博文 刘建军 主 编

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编:712100
电 话	总编室:029—87093105	发行部:87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	西安华新彩印有限责任公司	
版 次	2010 年 9 月第 1 版	
印 次	2010 年 9 月第 1 次	
开 本	787 mm×960 mm 1/16	
印 张	15.5	
字 数	249 千字	

ISBN 978-7-81092-616-4

定价:58.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系



毛乌素沙地场景



新技术栽植的樟子松



沙地育苗场景



育苗试验



▲ 造林试验1

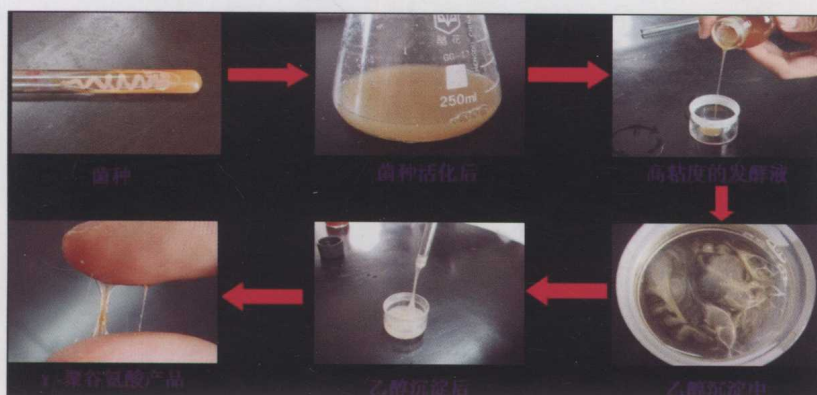
► 造林试验2



观测试验



沙地造林成效



1	
2	3
4	
5	6



1. γ-聚谷氨酸的合成
2. 合成的纳豆树脂
3. 长根苗造林1
4. 长根苗造林2
5. 长根苗造林3
6. 长根苗造林4





超长根育苗1



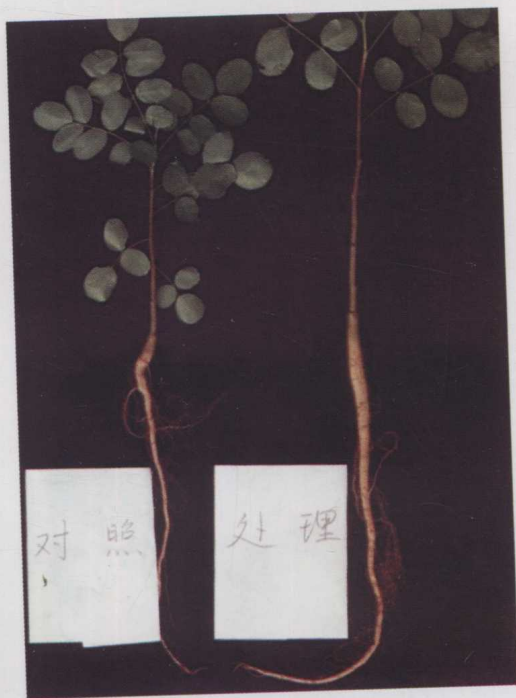
超长根育苗2



超长根育苗3



超长根育苗4



根系对照

编 著 人 名 单

季志平	西北农林科技大学
康永祥	西北农林科技大学
康博文	西北农林科技大学
刘建军	西北农林科技大学
李文华	西北农林科技大学
王乃江	西北农林科技大学
张治来	榆林市林业技术推广站
拓 飞	榆林市林业技术推广站
白玉明	榆林市林业技术推广站

吴汝孝

序

“毛乌素”原来只是陕北一个普通村庄的名字,后来因为风沙带把鄂尔多斯高原和陕北长城沿线的沙地连成了一片而逐渐成为这个区域的代名词,一直沿用至今。在相当长的一个历史时期内,毛乌素地区由于严酷的自然环境和多种人为因素的作用,植被受到严重破坏,导致沙漠化土地面积不断扩大,严重影响了该地区和周边区域的生态环境和人民生活。新中国成立以来,我国政府对沙漠化土地的治理给予了很大的重视,几十年来,国家投入了大量的人力和物力开展大规模的整治工作,取得了举世瞩目的成就。但在治理的同时,由于组织管理和技术能力都还存在一定的差距,从而制约了这类生态环境脆弱地区的环境改善和植被恢复的进程。

《毛乌素沙区无灌溉植被恢复技术》一书正是在这一背景下,较全面地总结了近年来该地区在植被建设上取得的最新研究进展,它是西北农林科技大学与当地有关部门的科技人员在国家林业局“948”项目支持下,通过辛勤劳动取得的科技成果的总结和汇编。其中,特别是超长根育苗和造林技术、新型保水剂的研制等创新成果,对防治沙漠化、促进植被恢复、保护和改善生态环境、发展区域经济都具有积极意义。

毛乌素沙地植被恢复是一个长期而艰巨的任务,需要几代人坚持不懈的工作和坚韧不拔的努力。希望一切致力于毛乌素生态环境建设的有志之士,通力合作,不断创新,把毛乌素沙地的植被恢复研究工作继续深入下去,并尽快将取得的科技成果示范推广,使其发挥出应有的价值和实际的效果。

当前,人类面临着严峻的环境挑战,我国作为一个发展中的世界大国,在沙漠化治理和植被建设理论和技术上取得的每一项成就和经验,都是对全球生态环境建设的贡献,也是对低碳社会建设的促进。诚然,毛乌素沙地的植被恢复不仅是一个单纯的技术问题,它还涉及政策、法规、民众意愿和行为等诸多方面。希望该书的出版能在沙区治理和植被恢复及持续发展方面、在构建生态文明和建设和谐社会中发挥积极的作用。

吴钦孝

前 言

毛乌素沙地位于我国沙漠地区的东南端,通常把鄂尔多斯高原东南部和陕北长城沿线的整片沙漠统称为“毛乌素沙地”,其地理位置处于 $37^{\circ}27.5' \sim 39^{\circ}22.5' \text{N}$, $107^{\circ}20' \sim 111^{\circ}30' \text{E}$,总面积约 $39\,835 \text{ km}^2$,处于干旱半干旱气候区。在过去很长一个时期,毛乌素地区的沙化面积就像毛乌素这个名字一样不断扩大。在这片广袤的土地上,干旱和沙漠化已经成为该地区最严重的生态环境问题,并很大程度上限制了该地区的经济发展。

我国政府一直都十分重视毛乌素地区的生态环境建设,曾先后把毛乌素的生态建设纳入天然林保护、退耕还林、三北防护林体系建设等国家级重点工程中,投入了大量人力、财力和物力,经过半个多世纪的不懈努力,防沙治沙取得了巨大成就,但脆弱的生态系统和严酷的自然条件以及过度的人类经济活动,使防治沙化和植被恢复工作更加困难,一些亟需的技术问题也还没有解决,影响着植被恢复进程,土地沙化“局部好转,整体扩大”的趋势仍未从根本上改变。在这种情况下,研究毛乌素沙地无灌溉植被恢复技术就显得尤为重要。

十几年来,我们课题组在毛乌素沙地无灌溉植被恢复技术方面做了大量的试验研究,并于2006年开始承担国家林业局“948”项目“沙质困难立地无灌溉植被恢复技术体系引进(2006-4-10)”,使得我们的研究工作更加深入、系统,并取得一些创新性成果。为了总结该项目成果及以往的研究结果,和广大同行交流,项目组有关研究人员编著了该书。

“948”项目实施过程中,分别在西北农林科技大学林学院教学实验苗圃、陕西省榆林市榆阳区建立了试验示范基地,得到了林学院教学实验苗圃郭军战副教授、榆林市林业技术推广站相关人员的大力支持,同时,西北农林科技大学林学院2008届硕士生孙建华,2007届本科生屈远、白峰峰等参加了部分研究工作,在此一并感谢。

本书是对课题研究工作的总结,其中一些研究还在进行中,收集的数据还不够全面,有待于更新和补充。作者水平有限,加之时间仓促,书中存在一些分析不足和欠缺之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2101年7月

(129)	毛乌素沙地主要植物根系生长规律研究	第一章
(130)	第一节 黑沙蒿根系分布规律研究	第一节
(131)	第二节 白沙蒿根系形态与分布特征	第二节
(132)	第三节 沙柳根系分布规律研究	第三节
(133)	第四节 樟子松苗木地上地下部关系	第四节

目 录

第一章 毛乌素沙区的自然生态环境	(1)
第一节 毛乌素沙区的地理位置与分布范围	(1)
第二节 毛乌素沙地的地质、地形、地貌特征	(3)
第三节 毛乌素沙地的风沙起因、演化与发展	(4)
第四节 毛乌素沙地的土壤资源	(6)
第五节 毛乌素沙地的植被及植物资源	(8)
第六节 毛乌素沙地的气候状况	(16)
第七节 毛乌素沙区的水资源状况	(23)
第八节 毛乌素沙地的土地及其利用情况	(28)
第二章 毛乌素沙地土壤水分的空间分异及其动态特征研究	(35)
第一节 毛乌素沙地土壤水分的基本特征研究	(36)
第二节 毛乌素沙地土壤水分特征曲线和入渗性能研究	(59)
第三节 毛乌素沙地土壤水分影响因素分析	(64)
第三章 毛乌素沙地主要植物根系生长规律研究	(69)
第一节 黑沙蒿根系分布规律研究	(73)
第二节 白沙蒿根系形态与分布特征	(92)
第三节 沙柳根系分布规律研究	(94)
第四节 樟子松苗木地上地下部关系	(98)
第四章 毛乌素沙地长根苗培育技术和造林技术	(107)
第一节 苗木培育基质材料的吸水保水特性研究	(109)
第二节 经济实用型育苗基质的选择研究	(110)
第三节 超长根系苗木培育技术规范	(116)
第四节 毛乌素沙地长根苗造林技术规范	(123)
第五节 长根苗造林效果	(126)

第五章 新型植物生长调节剂 ALA 育苗及造林技术	(129)
第一节 ALA 的基本特性和应用前景	(130)
第二节 ALA 在盐碱地育苗和造林中的使用效果	(131)
第三节 ALA 对树生长的影响	(135)
第四节 ALA 对植物光合速率和蒸腾速率的影响	(138)
第五节 ALA 对几种造林苗木根系形态的影响	(143)
第六章 毛乌素沙地草炭造林技术	(151)
第一节 草炭的组成与分类	(152)
第二节 草炭的资源储量与分布	(155)
第三节 草炭的基本特性与功能	(157)
第四节 草炭产品开发与应用	(170)
第五节 草炭造林技术	(172)
第七章 毛乌素沙地的植被恢复	(179)
第一节 毛乌素沙地的生态环境与植被恢复	(179)
第二节 毛乌素沙地的植被恢复措施及其效果分析	(185)
第三节 控水节水型沙地植被恢复技术研究进展	(191)
第四节 人工措施对沙地植被恢复的效应	(195)
第五节 毛乌素沙地植被恢复的支撑体系	(202)
第八章 保水技术及保水剂生产技术	(209)
第一节 保水剂与保水技术概述	(209)
第二节 新型保水材料纳豆树脂的生产技术	(216)
第三节 保水剂在沙地育苗、造林上的应用	(227)
编 后 记	(235)

第一章 毛乌素沙区的自然生态环境

毛乌素沙地起名源于陕北靖边县的毛乌素村。最初的毛乌素范围并不大,系指陕北定边孟家沙窝至靖边高家沟乡的沙带(小毛乌素沙带),而后人们把从神木到定边长城沿线的沙带称之为毛乌素沙带,最后,由于陕北长城沿线的风沙带与内蒙古伊盟南部的沙地连成了一片,所以,现在把鄂尔多斯高原东南部和陕北长城沿线的整片沙漠统称为“毛乌素沙漠”。由于毛乌素沙漠基本上位于干草原地带,自然条件与我国西北部的沙质荒漠完全不同,所以,通常采用“毛乌素沙区”,而不采用“毛乌素沙漠”的名称。正因为如此,毛乌素沙区具有其独特的自然生态环境。

毛乌素沙化一直是国家关注的重大问题。尽管经过半个多世纪的不懈努力,防治治沙取得了成绩,但是由于治理速度赶不上破坏速度,局部仍出现沙漠化逆转现象,土地沙化“局部好转,整体扩大”的趋势仍未改变。植被恢复是防止和治理毛乌素沙化的根本途径,了解毛乌素沙区的自然生态环境有助于毛乌素地区的植被恢复。

第一节 毛乌素沙区的地理位置与分布范围

毛乌素沙区是我国的十二大沙区(有的人称四大沙区)之一。位于我国沙漠地区的东南端,毛乌素沙区及其周边地区位于鄂尔多斯高原的南部和黄土高原的北部区域,地处北纬 $37^{\circ}27.5' \sim 39^{\circ}22.5'$,东经 $107^{\circ}20' \sim 111^{\circ}30'$ 。包括内蒙古自治区鄂尔多斯市的南部(伊金霍洛旗南部、乌审旗全部、鄂托克旗东南部),陕西榆林地区北部(神木、榆林、横山、靖边、定边五个县的一部分和佳县西北一小部分)以及宁夏回族自治区盐池县的东北部。全沙区的总面积为 $39\,835\text{ km}^2$,约占我国沙漠总面积的 3.6% (表 1-1)。

表 1-1 毛乌素沙区面积分布(平方公里)

省、区	沙区面积	旗、县	沙区面积	总面积
陕西 (北部)	14 431	神木	3 402	39 835
		榆林	5 874	
		横山	1 283	
		靖边	1 955	
		定边	1 843	
		佳县	74	
内蒙古 (鄂尔多斯市南部)	25 016	伊金霍洛旗	954	
		乌审旗	11 085	
		鄂托克旗	12 257	
宁夏	388	盐池县	388	

毛乌素沙区四周的界线大致如下:北界是敖伦淖—毫庆召—木肯淖—苏贝淖—巴汉淖一线;东北界是巴汉淖—通岗浪沟—红碱淖一线;东南和南面大致以长城为界,即从神木到榆林,然后沿榆溪河南下,直至鱼河堡,再向西沿无定河到芦河口,折向西南沿芦河至高家沟,再沿小毛乌素沙带南缘向西至定边孟家沙窝;西界为孟家沙窝—北大池—三段地东部再向东北。

郭坚等人(2008)和王玉华等人(2008)在研究毛乌素沙地荒漠化和覆被变化时也都认为毛乌素沙地的地理范围为 $37^{\circ}30' \sim 39^{\circ}20' \text{N}$, $107^{\circ}20' \sim 111^{\circ}30' \text{E}$, 平均海拔 $1\,300 \sim 1\,600 \text{ m}$, 涉及内蒙古、陕西、宁夏 3 省(区)的 16 个县域, 面积约为 $4.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。(图 1-1)



图 1-1 毛乌素沙地的地理分布

第二节 毛乌素沙地的地质、地形、地貌特征

毛乌素沙地及周边地区从西北到东南呈现出明显的地域分异特征。毛乌素沙区大部分属鄂尔多斯高平原向陕北黄土高原过渡区。自西北向东南倾斜,海拔1 200~1 600 m。本区西北部包括从鄂尔多斯中西部高地向东南延伸出来的梁地,海拔多为1 100~1 300 m,西北部稍高,达1 400~1 500 m,东南部河谷低至950 m。西北部最高的梁地为大尔各图和小尔各图梁地,其高处海拔都在1 600 m上下。向东南延伸较远的有乌审旗的桃图梁、达不察克镇西面的西高粱和沙尔利格乡的大吴公梁,海拔多在1 300~1 500 m,这些梁地梁面平坦,由于遭受割切,梁间形成若干谷地,而呈自西向东南倾斜的平行湖积冲积平原,当地称之为滩地。形成“梁”、“滩”平行排列的相间地貌。

毛乌素沙区主要位于鄂尔多斯高原与黄土高原之间的湖积冲积平原凹地上。出露于沙区外围和伸入沙地境内的梁地主要由白垩纪紫红色和侏罗纪灰绿砂岩的水平岩层构成。岩层基本水平,梁地大部分顶面平坦。这些砂岩固结程度很差,极易风化,风化物再经搬运,各种第四纪沉积物以及残积物都具明显沙性,松散沙层经风力搬运形成易动流沙。流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘广泛分布在本区各处。

沙区东南部基岩构成的梁地前段常常分布着有第四纪沉积物构成的梁地。这种梁地高度远低于基岩构成的梁地,多由细沙和粉砂夹有大量碳酸钙固结物质和结核构成,称为软梁。沙区西南部黄土高原属内流区,切割程度较轻。

沙区向东南逐渐过渡为黄土高原,自洼地上升到黄土高原有100~200 m的相对高差,实际上毛乌素东南端处于黄土高原的北缘,主要分布着马兰期的沙黄土。地形切割的相对破碎,具有“梁”、“峁”丘陵外貌。

滩地广泛分布于全区。无论从发生上和形态上都是比较复杂的。梁间滩地多呈西北、东南向延伸分布,实际上是过去间歇河割切的谷底平原,属内流滩地。这种滩地中的沉积物大多为中细砂或夹杂粉砂,但是局部地段出现古牛轭湖、沼泽等沉积物。流灌本区东南部而排入黄河的几条大河,如无定河、榆溪河、秃尾河等的河滩地及其支流滩地面积都较大,其沉积物大多为细砂和粉砂,但是也有古

牛轭湖和沼泽沉积物,表层十几厘米下即为油黑色富含腐殖质的细沙和粉砂层,其下为白色粉泥层,层内富含硅钙结核,结核直径约为 3~5 cm。

第三节 毛乌素沙地的风沙起因、演化与发展

1. 风沙的起因

关于毛乌素沙地的起源与变迁问题的研究始于 20 世纪 50 年代,迄今大体上存在 3 种不尽一致的认识,一是地质时期成沙说;二是人类历史时期形成说;三是地质时期沉积的沙质地层,经历史时期人类活动的作用导致的沙质土壤裸露,受强烈西北风吹蚀而活化成沙漠。

吴薇(2001)对 50 年来毛乌素沙地的沙漠化过程研究后认为,毛乌素沙地的形成条件就是有着丰富的沙源以及当地特有的气候条件。广泛分布的砂岩,在干旱的气候条件下,经大风吹蚀,风化成沙砾物质,这是毛乌素沙地形成的决定性因素。邱国庆、徐道明提出了“就地起沙”学说,他们认为毛乌素沙区内部风成沙的来源有三处:(1)来自于紫红色白垩纪砂岩和灰绿色侏罗纪砂岩风化物;(2)来自于本区东南部萨拉乌素系;(3)来自于黄土和滩地河湖沉积物。就地起沙在本区有自然因素,也有人为破坏的因素。气候干旱、降水变率大和冬春季的起沙风是起沙的自然条件;人类活动,如不合理的连年开垦、过度放牧和采樵,破坏了植被,更加快了起沙的速度。

2. 沙丘的类型、演化与移动

可以把毛乌素沙区的沙丘划分为四个类型:(1)流动沙丘;(2)半流动沙丘;(3)半固定沙丘;(4)固定沙丘。

流动沙丘几乎没有植被覆盖,或者只有稀疏的沙米和沙竹等,处于流动状态;当先锋植物进入,植被覆盖度增加,沙丘的流动速度就会减缓,处于半流动状态;当半流动沙丘上的植被覆盖度逐渐增大,但尚未达到 40%,土壤开始发育(栗钙土型沙土,棕钙土型沙土或草甸土型沙土),沙丘向前移动的速度进一步减缓,籽蒿、牛心朴子、油蒿、柠条等植物相继生根,在多雨的夏季迅速繁衍,使沙丘暂时趋