

策勒绿洲

——荒漠过渡带环境特征与 优势植物适应性

曾凡江 雷加强 张希明 编著



.450.73



科学出版社
www.sciencep.com

策勒绿洲—荒漠过渡带 环境特征与优势植物适应性

曾凡江 雷加强 张希明 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以生长在塔克拉玛干沙漠南缘的几种优势植物为研究对象,利用多种先进的实验仪器(HOBO 水位观测仪、TDR 时域反射仪、SAP FLOW 径流计、PMS 压力室、Li-6400 便携式光合作用测定仪、Li-1600 稳态气孔计、CAMPELL 气象站),采用野外长期实验观测与室内测定分析的方法,对优势植物的适应特征及其与环境的关系进行了系统的定位实验研究,研究成果将为区域生态环境建设中植被恢复和可持续管理技术方法的制订提供理论依据,同时可以为政府的相关决策提供可靠的科学依据。

本书可供植物生态学、荒漠化防治等领域的科研人员和其他相关专业本科生、研究生,以及关注干旱区、半干旱区生态建设、植被修复的各级生产和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

策勒绿洲:荒漠过渡带环境特征与优势植物适应性/曾凡江,雷加强,张希明编著. —北京:科学出版社

ISBN 978-7-03-027419-9

I. ①策… II. ①曾…②雷…③张… III. ①塔克拉玛干沙漠-过渡带-生态环境-研究②塔克拉玛干沙漠-过渡带-植物-适应性-研究 IV. ①P942.450.73②Q948

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 080177 号

责任编辑:韩学哲 席慧/责任校对:张琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010 年 5 月第一次印刷 印张: 16 插页: 2

印数: 1—1 000 字数: 359 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

绿洲是在干旱区、半干旱区的荒漠背景条件下,具有稳定的水源供给或水源保证的、一种中小尺度的非地带性地理单元或生态景观,是干旱地区人们生产与集中居住的区域。我国的绿洲大多分布在西北的贫困区和少数民族聚居区,绿洲内自然环境恶劣,人们的生产生活非常艰难。保护绿洲对于国家来讲具有重要意义,不仅关系到国家的生态安全,更关系到边疆的稳定。位于新疆塔克拉玛干沙漠南缘的策勒绿洲,由于受到来自吐鲁番—哈密的东北风和来自塔克拉玛干沙漠西缘的西北风的双重影响,降水稀少,风沙灾害严重。策勒县城曾因面临风沙侵袭三次搬迁。策勒绿洲是塔克拉玛干沙漠南缘风沙危害最为严重的地区,也是国内风沙危害最为严重的地区。然而,在绿洲的外围,有一条由乡土植物构成的过渡带植被将策勒绿洲与塔克拉玛干流动沙漠隔离开来,这条植被过渡带保护着绿洲内生产生活的正常进行。

绿洲—荒漠过渡带是绿洲生态系统与荒漠生态系统的连接地带,是绿洲生态系统的重要组成部分,是绿洲生态系统与荒漠生态系统间物质循环、能量交换及信息传递的场所,并且是能量、物质、信息交换最频繁的界面区域,绿洲—荒漠过渡带在干旱区处于重要的地位,它不仅维系着绿洲内部的生态安全,而且对绿洲的经济发展做出了很大的贡献。然而,其生境脆弱、敏感,易受到人类活动的干扰,所以这一区域的研究一直是干旱区与荒漠化有关研究的重点。

过渡带生态环境极为恶劣,植被覆盖度低,植物群落种类组成贫乏,群落结构简单,植物生长缓慢、生产力低而不稳。在这样恶劣的环境下,生长在绿洲—荒漠过渡带的植物是如何与干旱、风沙、土壤盐渍化抗衡的?在抗衡过程中形成了怎样的适应机制?基于这些问题,在大量实验(包括野外调查和人工控制实验)的基础上,本研究对这些问题做了详细探讨。

本研究依托中国科学院新疆生态与地理研究所策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站,由“973”国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421302)、国家自然科学基金面上项目(30670386、30870471)、国家科技支撑计划项目(2009BAC54B01)、新疆科技攻关与重点科技项目(200633130)、新疆科技重大专项项目(200733144-2)和中国科学院资源环境领域野外台站研究基金共同资助完成。

在以上基金的资助下,本课题组围绕策勒绿洲—荒漠过渡带的水分、风沙、盐分等环境因素与植物的适应策略做了详细的探讨。通过对所做工作的总结,我们深刻体会到还有许多科学问题值得更加深入和广泛的探讨,如过渡带植物的水

分和养分来源是什么？有限的养分是如何在植物体内分配的？养分的周转状况如何？植物根系具体分布的土壤深度是多少？植物根系的构型和细根的解剖结构特征如何？要想解释这些问题，必须对植物的地下生态学做详细的研究。由于过渡带地下水位很深，通常在 14m 以下，所以对地下生态学来说，取样是最大的难题。然而，正是这些研究成果和今后研究的困难促使我们对过去的工作进行总结，使我们能够静下心来整理材料，将这本书尽快出版。这不仅是对过去工作的总结和鼓励，更是对今后工作的启迪和指点，同时也为同仁们研究绿洲及绿洲—荒漠过渡带植被的生理特性和生存策略提供参考。

全书共 9 章。编写分工如下：第一章，曾凡江；第二章，雷加强、代述勇、刘波；第三章，雷加强、代述勇；第四章，雷加强、邢文娟；第五章，曾凡江、曾杰；第六章，曾凡江；第七章，曾凡江、张希明；第八章，曾凡江、张希明；第九章，曾凡江、张希明。

本研究得到了中国科学院新疆生态与地理研究所的穆桂金研究员、李向义副研究员、科研处刘文江处长，山东大学资环学院李小明教授，中国科学院华南植物研究所的邓雄博士的热情帮助和指导；刘波参与了研究工作和文字统筹工作，张晓蕾、刘镇、安桂香为本书进行了校对和修改，贺俊霞为本书的图表绘制做出了努力。张立运研究员在研究过程中给予了大力帮助，德国哥廷根大学的 Michael Runge、澳大利亚墨尔本大学的 Stefan K Arndt 博士、德国 Trier 大学的 Frank M Thomas 教授在出版过程中给予指导和鼓励，还有许多单位和同仁对本书的出版给予了支持，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，在写作中难免会出现错误和不足，敬请批评指正。

曾凡江 雷加强 张希明

2009 年 10 月

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 策勒绿洲的水分及其生物响应	1
第二节 策勒绿洲的风沙及其生物响应	2
第三节 策勒绿洲的盐分及其生物响应	2
第四节 植物对环境的综合适应	3
第二章 自然环境	4
第一节 气候	4
一、光资源	4
二、热量资源	4
三、水资源	5
四、风力状况	5
第二节 土壤与地貌特征	6
一、土壤概况	6
二、土地资源	6
三、地貌	7
第三节 水文地质特征	7
一、含水层水文地质特征	8
二、地下水的补给、径流和排泄条件	10
三、策勒绿洲地下水补给源水文特征	11
四、策勒绿洲地下水环境的时空分布特征	18
第四节 生物多样性	33
第五节 自然灾害	33
第三章 策勒绿洲—荒漠过渡带地下水环境及其对植被的影响	35
第一节 绿洲与荒漠的矛盾	35
第二节 水资源研究现状	36
一、地下水资源的开发利用现状	36
二、地下水位模型模拟	36
三、地下水水质模拟	37
四、地下水流速流向	38
五、地下水与地表水相互关系	38
六、水资源评价研究进展	39

第三节	策勒绿洲—荒漠过渡带地下水埋深特点	41
第四节	策勒绿洲—荒漠过渡带地下水化学特征分析	42
第五节	策勒绿洲—荒漠过渡带地下水特征对植被的影响	43
一、	地下水埋深对植被分布的影响	44
二、	地下水水质对植被的影响	44
三、	地下水埋深对植被的影响	44
四、	小结	45
第四章	骆驼刺的生境适应性	47
第一节	绿洲综合生物防沙体系结构研究	47
一、	植物的防护效益研究	47
二、	骆驼刺的生物学特性	50
第二节	自然条件对策勒绿洲风沙环境的影响	51
一、	风动力条件	51
二、	下垫面特征	56
第三节	策勒绿洲—荒漠过渡带风沙观测场设置	58
第四节	输沙势与骆驼刺个体生长的关系	60
一、	输沙势年内变化特征	60
二、	骆驼刺个体的株高、冠幅变化特征	62
三、	风沙活动同植被生长发育在时间上的吻合关系	64
第五节	骆驼刺群落对地表蚀积状况的影响	66
一、	骆驼刺单株生长对地表蚀积的影响	66
二、	地表蚀积状况的基本统计参数与描述性特征	68
三、	骆驼刺整个生长期中各样地地表蚀积情况的差异性分析	70
四、	各样地土壤蚀积面积的月际变化	70
五、	各样地土壤蚀积量的月际变化	75
六、	一次大风天气过程中各试验地蚀积的差异	77
第六节	小结	78
第五章	三种优势植物幼苗对 NaCl 处理的响应	80
第一节	研究意义	80
第二节	盐胁迫机制与植物的抗盐机制的研究现状	81
一、	盐分对植物生长的影响	82
二、	盐分与植物水分关系的研究	83
三、	盐分对植物光合特性的影响	84
第三节	三种优势植物的研究概况	84
一、	胡杨	84
二、	梭梭	85
三、	头状沙拐枣	86
第四节	研究方法	86

一、幼苗的处理方法	86
二、幼苗生长的测定	87
三、幼苗水势的测定	87
四、幼苗光合作用的测定	87
五、土壤样品与幼苗组织样品的测定	87
六、数据分析处理	88
第五节 土壤水分与盐分状况	88
一、桶栽环境土壤水分状况	88
二、桶栽环境土壤盐分状况	88
第六节 NaCl 对三种优势植物幼苗生长的影响	94
第七节 NaCl 对三种优势植物幼苗水分状况的影响	96
第八节 NaCl 对三种优势植物幼苗光合作用的影响	98
第九节 NaCl 对三种优势植物幼苗体内离子及总氮含量的影响	101
第十节 小结	104
一、NaCl 对三种优势植物幼苗生长的影响	104
二、NaCl 对三种优势植物幼苗水分状况的影响	105
三、NaCl 对三种优势植物幼苗光合作用的影响	106
四、NaCl 对三种优势植物幼苗体内盐离子分布及矿质营养平衡的影响	107
五、NaCl 对三种优势植物幼苗外形特征的影响	109
第六章 四种杨树的生理生态学特性的研究	110
第一节 研究意义	110
第二节 研究材料和方法	112
一、四种杨树的自然概况	112
二、试验材料与处理	112
第三节 四种杨树的清晨叶片（带叶小枝）水势的月变化	112
一、测定方法	112
二、测定结果	114
第四节 四种杨树叶绿素含量的月变化	118
一、测定方法	118
二、测定结果	122
第五节 四种杨树的蒸腾速率日变化及其与生态环境因子的关系	127
一、测定方法	127
二、测定结果	129
第六节 四种杨树光合速率日变化和水分利用效率及其与环境因子的 关系	136
一、测定方法	136
二、测定结果	136
第七节 四种杨树 P-V 曲线重要水分参数的确定	151

一、P-V (压力-容积) 曲线的制作	151
二、P-V 曲线中重要水分关系参数的生态学意义	152
三、四种杨树 P-V 曲线重要水分关系参数的确定与分析	153
第八节 三种林分下的土壤含水量	156
一、土壤含水量的测定方法	156
二、测定结果	157
第九节 各林分样树的物候观测及分析	158
一、物候观测方法	158
二、测定结果	159
第十节 四种杨树的持水力	160
一、持水力测定方法	160
二、测定结果	161
第十一节 小结	161
第七章 绿洲—荒漠过渡带四种优势植物生态生理学特性	165
第一节 研究意义	165
一、植被保护的需要	165
二、塔南地区严峻的生态环境形势的需要	166
三、塔南地区荒漠植被更新的需要	167
第二节 国内外研究现状和发展趋势	167
一、国外植物生态生理学的研究历史和发展现状	167
二、国内植物生态生理学的研究概况	170
三、四种优势植物的研究概况	171
第三节 研究材料	176
第四节 四种优势植物清晨水势及水势日变化	177
一、清晨水势	177
二、水势日变化	178
第五节 四种优势植物 P-V 曲线水分关系参数的变化	182
第六节 三种优势植物的茎流量	186
第七节 四种优势植物的蒸腾速率	188
第八节 四种优势植物的光合速率及水分利用效率	192
一、四种优势植物的光合速率变化	192
二、四种优势植物的水分利用效率	194
第九节 四种优势植物样地的土壤含水率	196
第十节 研究区的环境因子	199
第十一节 小结	202
第八章 绿洲—荒漠过渡带两种优势植物对不同水分传输距离的响应	203
第一节 样地的选择	203
第二节 两种优势植物的清晨水势及正午水势	204

第三节	两种优势植物 P-V 曲线水分关系参数的比较·····	207
第四节	两种优势植物蒸腾速率的季节变化·····	208
第五节	小结·····	210
第九章	人工控制条件下两种优势植物幼苗的生理生态学特性·····	212
第一节	样地的选择·····	212
第二节	两种优势植物幼苗的清晨水势及水势日变化·····	212
第三节	两种优势植物幼苗的光合作用比较·····	214
第四节	两种优势植物幼苗的生物量·····	216
第五节	小结·····	217
主要参考文献	·····	222
图版		

第一章 概 论

塔克拉玛干沙漠南缘处于极端干旱区,是我国沙漠化发生和发展最为严重的区域之一。该区域常年干旱,风沙活动强烈,土壤盐渍化,生态环境恶劣,给当地农牧民的生产生活带来了极大的不便。然而,在这样恶劣的环境下,生长在绿洲—荒漠边缘的植物是如何与干旱、风沙、土壤盐渍化抗衡的?在抗衡过程中形成了怎样的适应机制?基于这些问题,在大量实验(包括野外调查和人工控制实验)的基础上,本书对其做了详细探讨。

第一节 策勒绿洲的水分及其生物响应

绿洲是干旱区特有的地理单元,水是绿洲可持续发展的重要保障,是绿洲生态系统最活跃的环境因子,而地下水是控制绿洲植被生长和分布的基本要素,也是促进绿洲社会经济发展的重要因子之一。

地下水是水资源重要的组成部分,是农业、工业及生活用水的主要来源。目前世界上大多数国家及地区利用地下水资源作为饮用水源,尤其在干旱、半干旱地区地下水更是主要的供水水源。

许多研究证实了干旱区地下水环境的变化对脆弱生态环境的影响,并与沙漠化过程、盐渍化过程的关系十分密切(刘亚传,1984;朱震达,1987;侯印伟和王常明,1992;邓伟和何岩,1993;马金珠和高前兆,1997;Ma *et al.*, 2000;钱静,2004;李小玉等,2005;丁文晖等,2006)。地下水埋深和水质的变化直接影响沙生、旱生植物的生长发育,土壤次生盐渍化在分布上与地下水具有趋势性正均衡态的地区相吻合,地下水埋深浅,地面蒸发强,与之相伴的地下水和土壤中盐分得以累积,地表出现盐渍化;河水断流、地下水埋深降低、水质变化等水源条件的变化引起的土地沙化会抑制植物的正常生长(范锡朋,1990;范锡朋,1990),可见,合理的地下水埋深及水质对保持良好的土壤水盐状况和植被生长发育非常重要。前人从不同角度提出了适宜水位、最佳水位、盐渍临界深度、生态警戒水位及最佳水文地质环境等概念(袁长极,1964;张天曾,1981;冯起等,1998)。当地下水埋深处于最佳生态水位时,植被生长最好;当地下水埋深超过生态警戒水位或盐渍临界深度时,植物生长会受到抑制,甚至死亡。研究地下水埋深与植物的生长与分布,对合理开发利用和保护地下水、荒漠化防治和绿洲经济持续发展具有十分重要的意义。本章通过对策勒绿洲—荒漠过渡带剖面的地下水埋深、水质特点及植物生长分布关系进行研究,探讨地下水对绿洲—

荒漠过渡带脆弱生态环境的作用,为水资源的合理开发利用提出科学依据。

第二节 策勒绿洲的风沙及其生物响应

风是沙物质产生危害的能量来源,策勒绿洲风沙危害严重与策勒绿洲风沙气候的基本特征密切相关。风的危害形式除了造成沙割等机械损伤外,还有干热风对农作物生理活动造成的不良影响。一般年份,小麦受干热风危害减产5%左右,严重时可减产10%~15%。当然,危害最为严重的是持续时间较长的强风,其破坏性极强,影响范围大。根据气象观测资料,塔克拉玛干沙漠南缘平均5~7年发生一次强度极大的风灾。

1976~1981年,策勒乡被流沙埋没的农田面积达到400hm²,因沙害所造成的受灾面积超过1000hm²,占策勒乡1976年耕地面积的17.4%。在热瓦克、沙瓦克风口一带,沙丘前移速度达到36~44m·a⁻¹,无植被区域的沙丘前移速度更快。1986年5月18日的大风,使2m高的沙丘前移了约6m,1m高的沙丘前移近8m。热瓦克至卡牙各其一带的沙垄不断深入绿洲腹部,前锋距离策勒县城仅有1.5km。固拉哈玛乡原十四大队北部边缘地带,过去曾是胡杨成林、怪柳丛生的地方,后因地表水难以到达,加之大量樵采,现在从这里向北15km内的沙丘活化,并开始向南蔓延入侵,20多年间沙丘移动了1km,仅十四大队就有40hm²耕地被流沙埋没。

自1949年以来,随着人口的增长,策勒绿洲的沙漠化不断发展,20世纪50年代末到70年代末的20年间最为严重。绿洲边缘植被退化、流沙猖獗,使绿洲耕地肥力下降,进而导致作物产量降低。例如,1958年策勒绿洲平均粮食产量为1800kg·hm⁻²,到1977年下降为1650kg·hm⁻²,而沙害最为严重的策勒乡平均粮食产量则由1958年的1695kg·hm⁻²下降到1976年的1147.5kg·hm⁻²。

第三节 策勒绿洲的盐分及其生物响应

盐渍土集中分布于非洲、亚洲、大洋洲、南美洲等干旱、半干旱地区的绿洲地带。由于不合理的灌溉,土壤次生盐渍化的潜在威胁十分严重,农灌区次生盐渍土面积还在不断增加。

中国是一个盐渍土分布的大国,一般认为全国盐渍土总面积约3.666×10⁵km²,另有次生盐渍土面积约7×10⁴km²(赵可夫等,1999)。按照联合国粮农组织2000年的调查统计,中国的盐渍土面积更大,约75×10⁵km²^①,如果将

① Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 2002. Land Resource Potential and Constraints at Regional Country Levels. In World Soil Resources Reports: 1~112

潜在盐渍土类型计入在内,中国的盐渍土面积可多达 $1 \times 10^6 \text{ km}^2$ (黎立群等, 1993)。可见,尽管不同资料的统计结果差异甚大,但中国有着广袤的盐渍土分布,蕴藏着极为丰富的盐渍土资源却是无可争议的事实。

策勒绿洲土壤存在严重的盐渍化现象,策勒县含盐量大于 2% 的盐土面积约有 1.6 万亩 ($1 \text{ 亩} = 666.7 \text{ m}^2$),主要分布在冲积扇和冲积平原的低洼地带,多是草甸土盐渍化形成的水成型土壤。

第四节 植物对环境的综合适应

在策勒绿洲边缘,降水稀少,风沙灾害频繁,土壤盐渍化严重,在这样一个恶劣的环境中,植物为了生存,形成了一套有效的抵御恶劣环境的机制。本节以当地的优势种为例,介绍它们的适应机制。在植物水分生态生理学研究中,植物水分生理的研究尤为重要,因为在世界范围内有 $1/3$ 的可耕地(包括潜在可耕地)处于供水不足的状态。

荒漠生态系统作为生态系统的一种类型,具有其特殊性。加强对该类生态系统退化规律性的认识和研究,对其恢复重建具有重要的指导作用。从某种意义上讲,荒漠地区退化生态系统恢复重建的主要任务,就是要在生态学原则和可持续发展原则的指导下进行植被建设。我国在植被建设与管理方面曾经做过一些初步的工作,但由于种种原因,缺乏深度、系统性和实用性。而在干旱、半干旱地区涉及植被与荒漠化、植被与生态环境建设等方面的系统研究基本上仍然处于空白,尤其是对塔克拉玛干沙漠南缘主要荒漠植被进行有关生态生理学特性综合的系统研究尚未见报道。

本研究以中国—欧盟国家级科技合作项目为依托,以中国科学院新疆生态与地理研究所策勒沙漠研究站为保障,采用先进的试验仪器、合理的试验设计对塔克拉玛干沙漠南缘主要荒漠植物的生态生理学特性进行系统全面的野外试验研究,这一研究在塔克拉玛干沙漠南缘地区尚属首次,在国内同类研究中也不多见。该研究不仅能进一步加深对四种优势植物水分生理特性的认识,而且其研究成果将为该地区四种优势植物的恢复重建、保护与管理及植物种的选择提供可靠的科学依据,同时,也将为条件类似区域的植被建设提供有价值的参考。这既是对国家“西部大开发”战略决策的具体实践,又符合当地的实际需求。因此,本研究既有重大的理论意义,又有深远的实践意义。

第二章 自然环境

策勒县隶属新疆和田地区，位于塔克拉玛干沙漠南缘，介于 $80^{\circ}03'24''\sim 82^{\circ}10'34''\text{E}$ ， $35^{\circ}17'55''\sim 39^{\circ}30'00''\text{N}$ ，东与于田县相邻，西与洛浦、和田县毗邻，北抵塔里木盆地中心与阿克苏地区相连，最南端与西藏自治区接壤。南北总长度 247.7km，东西宽 35.1~120.9km，总土地面积 $3.1342\times 10^5\text{km}^2$ ，辖七乡一镇。本研究的涉及区域位于策勒绿洲及绿洲—荒漠过渡带，涉及区域为平原区的策勒乡和策勒镇，总面积为 120km^2 。大部分研究在新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站的实验区进行，实验区位于塔克拉玛干沙漠南缘的策勒绿洲—荒漠过渡带（地理位置： $80^{\circ}03'24''\text{E}\sim 82^{\circ}10'34''\text{E}$ ， $35^{\circ}17'55''\text{N}\sim 39^{\circ}30'00''\text{N}$ ），距塔克拉玛干大沙漠 9km，距策勒县城 7.5km。

第一节 气 候

策勒县位于欧亚大陆腹地，远离海洋，属于暖温带大陆性荒漠气候，气候极端干旱，四季分明，降水稀少，日照丰富，气温年、日差大，无霜期长，纬度地带性气候变化明显。春季气温回升快，秋季降温迅速。

风沙灾害频繁，年平均风速 $1.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。春季多大风，年均 3~9 次，平均大于 8 级大风天数为 40 天，起沙风速 $2.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，起沙风年均 90 天。夏季多干热风，年均 21 天。

一、光 资 源

据策勒县气象站资料，本研究区太阳总辐射量 $60.45\times 10^8\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，其中直接辐射量 $26.598\times 10^8\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，散射辐射量 $33.852\times 10^8\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，有效光辐射量 $36.137\times 10^8\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。全年日照率达 61%，年均日照时数为 2697.5h，年太阳辐射能 $144.4\text{kcal}\cdot\text{cm}^{-2}$ ，为全国高值区，但光能利用率仅为 0.3% 左右，远低于全国平均 1% 的水平，有巨大的提高潜力。

二、热 量 资 源

策勒气温年际变化明显，全年以 1 月最冷、7 月最热。年平均气温 11.9°C ，1 月平均气温 -11.7°C ，7 月平均气温 25.1°C ，极端最高气温 41.9°C ，极端最低气温 -23.9°C 。 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温为 4640.4°C ； $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 4340°C ； $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温为

3677.5℃；无霜期 196 天，黑霜是霜冻的主要形式。冬季冻土层较厚，最大深度 78cm。

三、水 资 源

策勒县年降水量在时间和空间分布上极不均匀，年际和年内变化较大，一般 5~7 月降水量较多，占全年的 55.8%，冬季降水量最少，占全年的 6.8%，县城周围年均降水量为 34mm，山区一带平均降水量为 67.8mm，多年降水量为 69.9mm。蒸发量高，为 2595.3mm，干燥度为 20.8。降雨量的多少对农业生产意义不大。绿洲农业生产和绿洲边缘的自然植被主要依赖于来自昆仑山的冰川融雪水和山区降水形成的径流。策勒境内有 9 条季节性河流，均属于降雨、积雪融水和冰川融水综合补给性河流，年径流总量为 $5.85 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，水资源较为丰富，在合理调节使用下，可满足绿洲生产需求。但是地表径流在时间分配上极不均匀，冬季（12 月至翌年 2 月） $0.4494 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占全年的 3.6%；春季（3~5 月） $0.8323 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占全年的 7.5%；夏季（6~8 月） $4.7542 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占全年的 79.6%，秋季（9~11 月） $0.8991 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占全年的 9.3%。由于各河自成体系，难以调节，缺乏必要的水资源调控能力，造成一定阶段的农业用水相对紧张。春季缺水是制约绿洲农业生产和沙漠化治理的制约因子。一般来说，6~8 月，当河水的流量超过水库的库容量时，多余的洪水就被引到绿洲前沿对自然植被进行灌溉。因此，策勒绿洲前沿植被的建立和发展主要依赖于来源于山区融雪水的河流的灌溉。策勒河水的流量受季节的影响很大，而且具有洪枯悬殊的特点，年径流量 $1.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。河流出口后，除策勒河和努尔河河水可以常年流到下游平原灌区以外，其余河流均已被山区灌区引用或渗入地下，其中一部分形成泉水溢出地表，成为平原灌区丰富地下水的补给来源。根据策勒县的水利规划资料，平原泉水溢出量为 $0.907 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地下水总补给量为 $5.48 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，按照开采系数 0.65 计算，可开采量为 $3.56 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前，地表水利用率为 36%，地下水利用率为 14.5%，水资源利用程度低，开采潜力很大。平原区的地下静水位为 31m 左右，动水位平均为 50m。绿洲内部的地下水位为 30m 左右，绿洲近外围的地下水位为 16m 左右，绿洲前沿的地下水位为 6m 左右。地下水盐分含量基本为中等浓度（ $40 \sim 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ）， Na^+ 和 Cl^- 是主要的离子（策勒县地方志编纂委员会，2005）。

四、风 力 状 况

策勒境内风沙活动频繁，年平均风速 $1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。各季风速差异较大，春季多大风，年均 3~9 次，平均大于 8 级大风天数为 40 天，起沙风速 $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，起沙风年均 90 天。夏季多干热风，年均 21 天。秋、冬两季风速较小。沙尘暴频繁，年均 30 天，年出现日数高者 59 天，低者 10 天。

在 1949~1979 年的 30 年间,策勒绿洲外围的策勒乡范围内大约有 1300hm^2 可耕地被流沙埋没,占策勒乡全乡耕地的 $1/4$ 。在绿洲边缘,春季农作物幼苗被流沙埋没的问题也时有发生,常常迫使农民重播,严重时一年甚至要重播数次,这不仅增加了农民的生产成本,而且大大降低了农作物产量,给农民生活 and 经济发展造成很大的危害。20 世纪 70 年代末至 80 年代初,环境持续恶化,一条巨大的沙垄长驱直入,直接逼近策勒县城,沙垄前锋距离策勒绿洲中心仅 1.5km 。绿洲西部边缘农田因流沙侵袭而后退 $100\sim 200\text{m}$,在个别地区甚至往东后退了 2km ,绿洲前沿的胡杨林和柽柳灌木林消失,致使一些农田直接与流动沙丘相接。因流沙侵袭,曾迫使 60 户农民不得不由绿洲边缘向绿洲内部搬迁。20 世纪 50 年代,生长茂盛、延伸长度达 25km 的胡杨林遭受严重破坏。

第二节 土壤与地貌特征

一、土壤概况

平原区土壤以风沙土、灌淤土、棕漠土和盐土为主,成土母质多为第四系洪积-冲积物,质地较轻。土壤肥力较低, $0\sim 20\text{cm}$ 有机质含量仅为 0.8% 左右。全氮平均含量 0.6% ,速效氮平均含量 $24\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷平均含量不到 $3\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾平均含量 $200\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,总盐 $0.7\%\sim 4.5\%$,pH 为 $7\sim 8$ 。在 $0\sim 100\text{cm}$ 土层中的养分平均含量中,有机质含量仅 $0.131\%\sim 0.259\%$,全氮含量 $0.014\%\sim 0.018\%$,全磷含量 $0.054\%\sim 0.062\%$,总盐 $0.032\%\sim 0.045\%$,pH 为 $8.7\sim 9.4$ 。

土壤对农业生产和植物发育的主要阻碍有:土壤质地轻、沙性重、黏粒少、结构差、水肥保持力低、养分消耗快、不利于植物幼苗生长。策勒绿洲土壤存在严重的盐渍化现象,策勒县含盐量大于 2% 的盐土面积约有 1.6×10^5 亩,主要分布在冲积扇和冲积平原的低洼地带,多是草甸土盐渍化而形成的水成型土壤。

二、土地资源

土地总面积为 $3.3\times 10^4\text{km}^2$,其中山地占 40.5% ,沙漠戈壁占 56.6% ,冲积平原为 2.9% ,绿洲面积为 $5.3\times 10^4\text{hm}^2$,仅占 1.6% ,其中耕地面积 $1.94\times 10^4\text{hm}^2$,人均耕地面积 0.1578hm^2 。策勒的土地存在严重的潜在沙漠化威胁。据普查资料,20 世纪 80 年代策勒县土壤沙化面积 4266hm^2 ,在和田地区位居第一,其中耕地沙化为 561hm^2 ;土壤盐渍化面积达 3226hm^2 ,其中耕地盐渍化面积为 1044hm^2 ,占普查耕地面积的 3.83% 。1976~1981 年,策勒县策勒乡被流沙吞没的农田面积达 408hm^2 ,因遭受风沙灾害而减产的农田面积超过 1000hm^2 。据调查,1957~1980 年流沙深入绿洲达 5km ,有 1333hm^2 耕地被流沙吞没,面积占全部耕地面积的 26% 。沙丘的前移已经威胁到城区的安全。

三、地貌

策勒县幅员辽阔,地形变化多端,地势大致为南高北低,南部山区多为河流发源地,中部为山麓倾斜平原,往北为沙漠。南部山区海拔为 2200~5440m,位于 4000m 以上,河谷深切,坡峰陡峭,冰冻机械风化作用强烈;海拔 3000~4000m 属于中山带,中山带是降水量较大的地区,地貌上有明显的侵蚀切割;在昆仑山北坡,水量逐渐增加,植被生长良好,形成了山地草甸与草原,是发展畜牧业的重要草场,但由于总体气候极度干燥,整个山带基本上是一种荒漠景观;在海拔 3000m 以下的低山带,完全受干旱荒漠气象条件控制,年降水量极少,植被稀疏,地表有砂土覆盖(马金珠,2002)。

海拔 1300~2200m 为山麓倾斜平原,扇缘部位向北延展达数百余千米,由于地质构造的差异,山前平原可分为两部分,西部由于铁克里克山隆起的影响,策勒河下切强烈,阶地发育,由于洪积扇被抬升,洪水已不在其上流过,因此,地面极端干旱,植被匮乏;东部区域下切不深,大多数无河流阶地,洪水在戈壁漫流渗漏,洪水所到之处,有红柳灌木丛生,在海拔 1460m 左右有一个潜水溢出带,是河水经过渗漏,通过地下径流在此溢出形成的。

海拔 1300m 以下属于塔克拉玛干沙漠中部,由于来自昆仑山上的数条河流的水量很小、沿途渗漏等原因,到此地已是地表水缺乏,地下水埋深较深,第四纪冲积砂层在风的作用下,被塑造成中地形和微地形的沙丘起伏和巨大综合新月沙丘或一些低矮移动速度较快的新月沙丘链。

第三节 水文地质特征

策勒县城南部的极高山区和高山区及前山带为地表水的汇流形成区,在该范围内 8 条大小不等的河流,由高山雪峰汇流,向山前砾质平原倾泻,并大多消失于山前砾质平原带,成为平原区地下水重要和直接的补给来源。昆仑山山前平原区在构造上为和田坳陷的组成部分,在策勒县东侧的固拉哈玛以东跨入于田坳陷,第四纪以来,来自昆仑山的倾泻性碎屑物质,在坳陷中沉积了巨厚的第四纪松散堆积物,构成了良好的储水地层,具有重要的水文地质意义,随着工农业生产的发展,丰富的地下水日益成为绿洲人们生产、生活的重要资源。

策勒县河流发源于昆仑山北坡,全县共有 9 条河流,其中年径流量超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的河流有两条,即策勒河和努尔河。策勒河是策勒绿洲唯一的一条河流,年径流量 $1.214 \times 10^8 \text{ m}^3$,努尔河流量 $1.723 \times 10^8 \text{ m}^3$,两条河流总量达 $2.937 \times 10^8 \text{ m}^3$,其余各河流总径流量为 $2.926 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。策勒县各河流历年各月平均流量及径流量统计如表 2-1 所示;泉水主要集中在中部,共有 7 条(眼)泉水沟(图 2-1),其年径流量达 $1.209 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。