

主编 庄丽 向本春 李卫红

新疆

干旱、半干旱区植被的 生理生态响应和适应策略

X INJIANG GANHAN BANGANHANQU ZHIBEIDE
SHENGLISHENGTAIXIANGYING HE
SHIYINGCELUE

西北农林科技大学出版社

新疆干旱、半干旱区植被的生理 生态响应和适应策略

主 编 庄 丽 向本春 李卫红

副主编 李鲁华 楚光明

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新疆干旱、半干旱区植被的生理生态响应和适应策略/庄丽, 向本春, 李卫红主编.
—杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2010
ISBN 978-7-81092-597-6

I. ①新… II. ①庄…②向…③李… III. ①干旱区—植被—植物生理学—研究—新疆②干旱区—植被—植物生态学—研究—新疆 IV. ①Q948.524.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 087360 号

新疆干旱、半干旱区植被的生理生态响应和适应策略

庄丽 向本春 李卫红 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	陕西龙源印务有限公司		
版 次	2010 年 6 月第 1 版		
印 次	2010 年 6 月第 1 次		
开 本	787 mm×1092 mm	1/16	
印 张	24.25		
字 数	560 千字		

ISBN 978-7-81092-597-6

定价: 43.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

编委会

主 编 庄 丽 （石河子大学/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室）

向本春 （石河子大学）

李卫红 （中国科学院新疆生态与地理研究所）

副 主 编 李鲁华 （石河子大学/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室）

楚光明 （石河子大学）

参编人员 张元明 （中国科学院新疆生态与地理研究所）

潘存德 （新疆农业大学）

王小平 （新疆农业职业技术学院）

刘加珍 （聊城大学）

公维昌 （石河子大学）

前 言

国内外许多植物学、生态学专家在植物生理生态领域已经进行了广泛的研究，并对植物生理生态机制有了清晰的认识。但是，随着经济不断发展、人口不断增多，自然环境受到严重的破坏，例如全球气候变化、臭氧层破坏和损耗、酸雨侵蚀、土地荒漠化、森林植被破坏、生物多样性锐减、海洋资源破坏和污染、有机物的污染等等，值得庆幸的是人类已经认识到了这些，并且想方设法开始弥补。因此，目前对极端环境下植物的生理生态特征及机制进行研究和成果转化显得尤为重要。

极端环境 (extreme environment) 至今未见确切的定义，但是，我们的理解是非常态环境，例如极端干旱、炎热、盐碱、低温、高温、强辐射等环境。新疆有着研究极端环境下植物生理生态的地理以及气候优势。新疆位于中国西部边陲，地处亚欧大陆腹地，有着“三山夹两盆”的特殊地形，远离海洋，又受到高山的环抱，且有着大面积的干旱、盐碱土地；极稀少的降雨，全疆年平均降水量只有 150 mm，而且时空分布不均匀；新疆全年日照时数达 2550~3500 h，年总辐射量达 5000~6490 MJ·m⁻²；温差大是新疆气候的一个重要特征，“早穿棉袄午穿纱，围着火炉吃西瓜”就形象地描述了新疆气温的变化。另外，新疆广泛分布着怪柳科、藜科（尤其是梭梭属和猪毛菜属）、蓼科（尤其是沙拐枣属）、杨柳科（尤其是胡杨）等抗旱耐盐碱植物，是进行极端环境下植物生理生态研究难得的种质资源。

本书作者汇集了近几年塔里木盆地以及准噶尔盆地植物抗逆生理生态的研究成果，内容丰富、系统，以科研者的眼光编辑成册，以期为极端环境下植物的抗逆生理生态机制研究尽一份薄力。本书共分三篇，从极端环境的自然地理概况、极端环境下荒漠植被生理生态研究、极端环境下荒漠植被形态解剖结构的环境适应性、极端环境下荒漠植被生态特征研究等方面进行了系统而全面的描述。另外，本书的编者均是我国年轻一代的科研工作者，对该领域有着独特的认识和见解，相信本书可以成为从事极端环境植物生理生态研究人员的一本优秀的参考书。

编 者

2010 年 2 月

目 录

第一篇 极端环境的自然地理概况

第一章 极端环境的地形、地貌及气候特征

第二章 极端环境下荒漠植被土壤碳通量特征

一、干旱区荒漠生态系统的土壤呼吸

- 1 研究区概况
- 2 研究方法与数据采集
- 3 结果与分析
- 4 讨论

二、准噶尔盆地盐穗木群落土壤 CO₂ 释放规律及其影响因子

- 1 研究区概况
- 2 研究方法
- 3 结果与分析
- 4 讨 论
- 5 结 论

三、准噶尔盆地梭梭群落土壤 CO₂ 释放规律及其影响因子的研究

- 1 研究区概况
- 2 测定方法与实验设计
- 3 结果与分析
- 4 讨 论

四、塔里木河中下游怪柳群落土壤碳通量及其影响因子分析

- 1 研究区域自然状况
- 2 实验设计与资料采集
- 3 结果与分析
- 4 讨 论
- 5 结 论

五、塔里木河下游荒漠河岸林群落土壤呼吸及其影响因子

- 1 研究区概况
- 2 资料采集与分析方法
- 3 结果与分析
- 4 问题与讨论

5 结 论

六、干旱荒漠区不同土地利用/覆盖类型土壤呼吸速率的季节变化

- 1 研究区概况
- 2 研究方法与数据采集
- 3 结果与分析
- 4 结 论

七、塔里木河中下游胡杨群落土壤碳通量日变化研究

- 1 研究区域自然状况
- 2 实验设计与测定方法
- 3 结果与分析
- 4 讨 论
- 5 结 论

第三章 极端环境的地下水特征

- 一、塔里木河下游地下水位状况
- 二、基于生态水文过程的塔里木河下游植被生态需水量研究
 - 1 研究区、资料来源与方法
 - 2 结果与分析
 - 3 结论与讨论

第四章 极端环境下天然植被特征

- 1 塔里木河下游“绿色走廊”
- 2 塔里木河下游植被概况

第五章 塔里木河流域近 50 年来生态环境变化的驱动力分析

- 1 研究区域与资料
- 2 流域水文过程与生态变化分析
- 3 结论与讨论

第二篇 极端环境下荒漠植被生理生态研究

第一章 模糊隶属法在塔里木河荒漠植被抗旱性评价中的应用

- 1 资料与方法
- 2 结果与分析
- 3 小 结

第二章 极端环境下荒漠植被的抗旱生理机理

- 一、塔里木河中游地区 3 种植物的抗旱机理研究
 - 1 研究区概况
 - 2 材料和方法

3	结果与分析
4	讨 论
二、塔里木河下游干旱胁迫下的胡杨生理特点分析	
1	材料与方法
2	结果与分析
3	结 论
三、塔里木河下游干旱胁迫条件下怪柳生理代谢的响应	
1	研究区梗概与试验方法
2	结果与分析
3	讨论与结论
第三章 极端环境下荒漠植物 MDA 及保护酶活性	
一、新疆荒漠植被保护酶活性与地下水位变化的关系	
1	材料与方法
2	结果与分析
3	讨 论
二、干旱区荒漠植被丙二醛及保护酶活性对地下水位的响应	
1	研究区概况
2	研究方法
3	结果分析
4	结论与讨论
三、干旱胁迫下的胡杨脯氨酸累积特点分析	
1	资料采集与样品分析
2	结果与分析
3	结 语
第四章 极端环境下荒漠植物激素(ABA)特征	
一、塔里木河下游怪柳 ABA 累积对地下水位和土壤盐分的响应	
1	材料与方法
2	结果与分析
3	结论与讨论
第五章 极端环境下荒漠植物的水势特征	
一、渗透胁迫条件下植物茎叶水势的变化	
1	材料与方法
2	结果与分析
3	讨 论
二、干旱、盐胁迫下的植物水势研究与进展	
1	植物水势概念的提出
2	植物水势研究进展

- 3 植物水势研究展望
- 三、新疆塔里木河下游胡杨水势变化及其意义探讨
 - 1 研究区概况和研究方法
 - 2 结果与分析
 - 3 结论与讨论
- 四、新疆塔里木河下游胡杨不同叶形水势变化研究
 - 1 研究区概况与研究方法
 - 2 结果与分析
 - 3 讨 论
- 五、新疆塔里木河下游怪柳茎水势变化与影响因子研究
 - 1 材料与方法
 - 2 结果与分析
 - 3 讨 论
- 第六章 极端环境下荒漠植被的茎流特征
 - 一、干旱胁迫下胡杨茎流日变化分析
 - 1 研究区概况
 - 2 材料和方法
 - 3 结果与分析
 - 4 讨 论
 - 二、干旱胁迫条件下胡杨茎流与茎直径变化分析
 - 1 研究区概况与数据采集
 - 2 结果与分析
 - 3 结果与讨论
 - 三、塔里木河下游胡杨树干液流特征研究
 - 1 研究区概况与研究方法
 - 2 结果与分析
 - 3 蒸腾量与环境因子的关系分析
 - 4 结论与讨论

第三篇 极端环境下荒漠植被生态特征研究

- 第一章 极端环境下荒漠植被的形态解剖结构的环境适应性
 - 1 植物叶表面、表皮结构及气孔变化情况
 - 2 维管束结构及其腔内结晶体形状、成分分析
 - 3 细胞亚显微结构观察
 - 4 小 结

第二章 极端环境下荒漠植被现状研究

一、克拉玛依农业开发区外围荒漠植物区系研究

- 1 研究区自然概况
- 2 材料与方法
- 3 科属种的组成分析
- 4 荒漠植物区系分析
- 5 结 论

二、荒漠河岸植被的受损过程与受损机理分析

- 1 数据采集与方法
- 2 结果与分析
- 3 结 论

三、人工绿洲外围荒漠植物组成与生活型研究

- 1 研究区概况
- 2 荒漠植物组成及其生活型
- 3 结 论

四、克拉玛依农业开发区外围荒漠植被现状及其恢复可行性分析

- 1 材料与方法
- 2 荒漠植被现状及其恢复可行性分析

第三章 极端环境下荒漠植被群落格局研究

一、人工绿洲外围荒漠植被及其群落外貌特征

- 1 研究地区概况
- 2 植被调查方法
- 3 植被类型的划分
- 4 植物群落面积及盖度
- 5 群落外貌及其土壤剖面特征

二、塔里木河中游天然植物群落结构与数量特征分析

- 1 研究地区与研究方法
- 2 结果与分析
- 3 结果和讨论

三、塔里木河中游植物群落与环境因子的关系

- 1 研究区概况及研究方法
- 2 样地植物种类调查
- 3 讨论和结语

四、塔里木河下游植物群落分布格局及其环境解释

- 1 研究区概况及研究方法
- 2 结果与分析
- 3 小 结

五、梭梭—白梭梭群落优势种种群分布格局及其种间关系分析

1 数据与方法

2 结果与分析

3 讨 论

六、克拉玛依农业综合开发区外围主要荒漠植物种间联结测定分析

1 研究地区与研究方法

2 结果与分析

3 结 论

七、塔里木河下游植物群落分布与衰退演替趋势分析

1 研究区自然概况与研究方法

2 结果与分析

3 结论与讨论

第四章 极端环境下荒漠植被种群生态特征研究

一、塔里木河中游主要植物种群的生态特征分析

1 研究区自然概况与研究方法

2 结果与分析

3 讨论与结论

第五章 极端环境下荒漠植被物种多样性研究

一、叶尔羌河下游公益林植物群落分类及其物种多样性特征研究

1 研究区概况

2 研究方法

3 结果与分析

4 讨 论

二、塔里木河中游不同水文条件下维管束植物物种多样性研究

1 试验方法

2 结果与讨论

3 结 论

三、克拉玛依农业综合开发区外围荒漠植物群落物种多样性分析

1 研究地区与研究方法

2 结果与分析

3 结 论

四、新疆塔里木河下游物种多样性与地下水位的关系

1 研究区概况

2 研究方法

3 结果分析

4 结论与讨论

五、塔里木河下游植物群落的物种数量变化与生态系统动态研究

1	研究地区与研究方法
2	结果与分析
3	讨 论
六、	荒漠植物群落物种多样性及其测度指标比较
1	研究区概况与研究方法
2	结果与分析
3	讨 论
4	结 论
第六章	极端环境下荒漠植被生物量研究
一、	新疆塔里木河下游灌丛地上生物量及其空间分布
1	研究区概况
2	材料与方法
3	结果与分析
4	结论与讨论
二、	准噶尔盆地梭梭群落地上生物量及季节变化研究
1	研究区概况
2	资料采集与分析方法
3	结果与分析
4	讨 论
第七章	极端环境下荒漠植被生态位研究
一、	克拉玛依农业综合开发区外围荒漠植被主要植物种的生态位分析
1	研究地区与研究方法
2	结果与分析
3	讨 论
二、	塔里木河中游植物种群在 4 种环境梯度上的生态位特征
1	研究地区与研究方法
2	结果与分析
3	讨 论
参考文献	

第一篇

极端环境的自然地理概况

第一章 极端环境的地形、地貌及气候特征

——以塔里木河流域为例

由于人类对环境的影响与日俱增，全球的生态状况不断恶化，尤其是非洲和亚洲的一些发展中国家正在遭受严重的荒漠化危害。荒漠化是由于气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化。是人类不合理经济活动和脆弱生态环境相互作用造成的土地生产力下降，土地资源丧失，地表呈现类似荒漠景观的土地退化过程。1977年联合国召开了世界荒漠化会议，讨论了荒漠化过程及其严重性。20世纪80年代初，UNEP及FAO等国际组织在《荒漠化评价和制图方案》中，提出了荒漠化现状、评价、危险性的具体定量标准及荒漠化发展程度等级。1992年联合国环境与发展大会上明确了荒漠化的概念，并被1994年签署的《荒漠化防治国际公约》所采纳。

塔里木河流域位于塔里木盆地北部，其干流从阿克苏河、叶尔羌河及和田河三河汇合处至台特玛湖长约1321 km，流域总面积92.06万km²，地理位置约在北纬40°40′~41°12′之间，属中纬度暖温带区。由于盆地远离海洋的内陆性和四面环山的封闭性，造成了流域异常强烈的大陆性荒漠气候，干旱、风沙、盐碱为其基本特征。年降水量30~60 mm，蒸发量2000~3000 mm，蒸发量为降水量的40~100倍。年平均气温10.5~11.4℃，≥10℃年积温4000~4300℃，极端最高气温39.8~42.6℃，极端最低气温-24.6~-30.9℃，无霜期212~240 d。塔里木河流域是我国LUCC研究的关键区域之一，受人类活动的影响，特别是对水资源利用的不合理，使河流下游水量大为减少，地下水位下降，水质变差，植被衰败，土地沙漠化急剧发展，“绿色走廊”的范围日益缩小。历史上下游地区水草丰富，生态环境稳定，而今水量短缺，植被残败，生态环境严重恶化，这种状况的不断发展，影响着生态系统的稳定性，制约着下游资源的开发及经济的可持续发展（王让会等,2000）。

塔里木河地处中国西部干旱地区，是中国最长的内陆河，干流全长1321 km，具有自然资源丰富和生态环境脆弱的双重特点。近50年来，塔里木河流域在以水资源开发利用为核心的大强度人类经济、社会活动的作用下，流域自然生态过程发生了显著变化。特别是塔里木河中、下游以天然植被为主体的生态系统和生态过程因人为对自然水资源时空格局的改变而受到严重影响，致使水资源环境恶化，荒漠化加剧，生物多样性降低和天然草地退化严重。塔里木河下游主要位于罗布泊微弱拗陷区，构造稳定，第四纪沉积物厚约350 m，沉积物以黏土质的河湖相沉积物为主；地形平坦，坡度为3‰左右；该地区属暖温带荒漠干旱气候，降水稀少，区内年平均降水量为17.4~42.0 mm，而年蒸发量(潜

势)平均值却达2500~3000 mm;地带性植被属温性灌木和半灌木,但由于有河水和地下水补给,河漫滩及两岸的低阶地发育着大面积非地带性的草甸植被,形成由胡杨、灌木和草本植物组成的面积广阔的乔木、灌木、草带和天然草地。

塔里木河下游生态系统变化是自然与人为作用的结果。20世纪50年代初,塔里木河下游恰拉以南,阿拉干以北的塔里木河沿岸胡杨林茂盛,林带宽达7~10 km,林带随河流的改道而繁衍或衰败。1958年以后,新疆生产建设兵团农二师垦荒至今,已有50余年的开发历史,建场以来开垦荒地、大兴水利,建成了恰拉和大西海子两座水库,形成了大面积的人工绿洲。而1962年修建的大西海子水库实际上已经变成塔里木河的尾闾,其下320 km的河道也从20世纪70年代开始干枯断流,“绿色走廊”危在旦夕,塔里木河下游成了风沙活动的场所,沙漠化面积迅速扩大,1996年比1959年增加了123.1 km²,沙漠化土地面积由86.98%增加到94.34%,沙漠化的年增长率平均为0.24%。现在大西海子除洪水期外也常年无水,下游区地下水位由2~4 m降到6~16 m不等,断绝了大量天然林草植被的水分补给源,胡杨林面积从20世纪50年代的 5.4×10^4 hm²减少到同世纪90年代仅 0.73×10^4 hm²,减少了86.4%,并呈星点状分布,下层草被枯死,已不再为“绿色走廊”。由于荒漠植被盖度下降,生物量很低,多种野生动物的栖息地丧失,生物多样性急剧降低,以天然植被为主体的塔里木河下游生态系统受到严重损害。“绿色走廊”在库姆塔格沙漠和塔克拉玛干沙漠的夹击下,其宽度由20~30 km减至7~8 km,局部地段仅1~2 km,致使从库尔勒到若羌的218国道阿拉干以南的道路遭受严重危害。1982年阿拉干到罗布庄段流沙危害公路95处,1996年增至145处,其中极严重沙害18处(许英勤等,2003)。

大西海子水库至台特玛湖的断流河段处于塔里木河下游冲积平原,构造上是一个长时期的缓慢沉积带,接受了较厚的第四纪松散堆积层。在漫长的地质时期,河水携带的大量泥沙在河道频繁改道的过程中沉积、淤积,形成了以细沙和粉沙为主的带状冲积湖积层,为地下水的贮存和运动提供了良好的场所。该区含水层岩性单一,主要为河湖相细沙和粉细沙,局部为风积沙,按岩性属于典型的孔隙含水层。本地区水文地质结构简单,含水层具有多层结构,按其埋藏条件可分为潜水含水层和承压含水层。其中上部潜层地下水与河水联系密切,是河道两侧野生植被维持生命活动的主要来源。上部潜水含水层主要岩性为细沙和粉细沙,渗透性和富水性相对较差,渗透系数在 $1.2 \sim 4.8 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间,单孔单位涌水量小于 $150 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ 。潜水含水层厚度大约在30~40 m之间,与下部承压含水层几乎无任何水力联系,隔水底板岩性为黏土和亚黏土,连续性比较好,基本呈水平状态(阿里木·吐尔逊等,2003)。

塔里木河下游段系指从尉犁县的恰拉至若羌县的台特玛湖,地处塔克拉玛干沙漠与库鲁克塔格沙漠之间,呈东南向的狭长条状,总调查面积约13308.6 km²。区内地形呈西北高、东南低的态势,海拔高度798~982 m。流动沙丘和半固定沙丘星罗棋布,地面高低不平,沟道纵横。受塔克拉玛干沙漠的影响,形成典型的大陆性气候,干燥多风,蒸发强烈,降雨稀少,温差大,光照资源十分丰富(潘晓玲等,2001)。本区属暖温带极气候区。太阳年总辐射5692~6360 MJ·m⁻²,日照时数2780~2980 h。≥10℃的年积温为4040~4300℃,平均日较差13~17℃。植物区系包括亚洲中部成分、中亚成分、古

地中海成分和少量泛热带成分，组成了灌丛、草甸、荒漠、灌草丛、隐域性森林等植被类型。地带性植被类型为荒漠（刘加珍等，2004）。近 30 年来，由于河水断流，缺乏地表径流补给，地下水位大幅度下降，英苏以下水位大都下降到 8~12 m，由地下水过程维系的天然植被严重衰败，胡杨林大面积衰败，林间沙地活化，夹持在塔克拉玛干沙漠与库姆塔格两大沙漠之间的“绿色走廊”日益萎缩，濒临毁灭（张宏锋等，2004）。

第二章 极端环境下荒漠植被土壤碳通量特征

一、干旱区荒漠生态系统的土壤呼吸

工业革命以来,由于人类活动的影响,大气中 CO_2 等温室气体的浓度持续上升,全球气候将因此而发生巨大的变化。土壤呼吸是大气 CO_2 的重要排放源,其排放量是陆地生态系统向大气排放碳的最大通量之一。据估计,全球陆地生态系统由土壤呼吸每年释放到大气碳通量达到 $(68 \pm 4) \sim 100 \text{ PgC}$, 约为化石燃料碳排放量的 11 倍,仅次于全球陆地总初级生产力(GPP)的估算值 $100 \sim 120 \text{ PgC}$ 。干旱、半干旱区占据了地球表面的五分之一多,土壤呼吸也是干旱、半干旱土壤碳损失的主要过程之一,并且因为相对较少的土壤有机碳含量,土壤呼吸就成为对气候变化最敏感的一个生态系统特征。然而,与其他生态系统相比,在干旱、半干旱区开展的这方面研究相对较少,使得土壤 CO_2 释放具有很大空间变异而难以估算。土壤温度和土壤湿度能解释土壤呼吸的大部分变异,但植被类型、土壤肥力和土壤质地等因素也能对土壤呼吸空间变异起到重要作用 (Borken *et al.*, 2002)。尤其在干旱、半干旱生态系统,植被、土壤特性的斑块状分布增加了土壤 CO_2 释放的空间变异性。同时,植被覆盖通过改变辐射特征、植物的蒸腾作用等影响土壤温度和湿度 (Palmroth *S et al.*, 2005)。Conant 等研究得出植被冠幅盖度强烈影响沿温度和降水梯度分布的灌木草原、林地等半干旱生态系统的碳库大小和通量。Maestre 等发现地中海半干旱草原植被和土壤表面特征的小尺度空间变异对土壤呼吸速率的影响显著。然而,在干旱区不同覆盖度的荒漠植物群落对土壤呼吸速率的影响鲜见报道。本文以准噶尔盆地梭梭、盐穗木和假木贼 3 个典型荒漠植物群落为对象,通过对生长季(2005 年 5~10 月)土壤呼吸速率、土壤温度、湿度的监测和土壤理化性质的调查,分析不同植物群落及群落盖度间土壤呼吸速率的差异,探讨土壤温度、湿度对土壤呼吸速率时间、空间格局的影响,探寻土壤养分、盐分对群落间土壤呼吸速率差异的作用,通过认识荒漠生态系统土壤呼吸的基本特征,为其碳循环研究提供科学依据。

1 研究区概况

研究区地处准噶尔盆地西北缘克拉玛依市农业开发区,北靠扎依尔山区,南接玛纳斯河下游冲积、湖积平原,地势西南高东北低,西南部海拔高程在 273~280 m 之间,东