



HUANGMOLANZAOHUANJINGSHENGWUXUE  
YUSHENGWUTURANGJIEPIGUSHA

# 荒漠蓝藻环境生物学 与生物土壤结皮固沙

刘永定 胡春香 张文军 等 著



科学出版社

# 荒漠蓝藻环境生物学 与生物土壤结皮固沙

刘永定 胡春香 张文军 等 著



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书内容均出自作者的研究成果。一部分偏重于对理论依据的阐释,属于环境生物学范畴,包括土壤藻、特殊的荒漠藻概略介绍,这些藻类适应干旱、风蚀、盐碱、紫外辐射、沙埋等特殊生境的机制,荒漠藻结皮的形成、结构、发育及胶结机制,荒漠藻结皮的固沙效应及其影响因素,人工藻结皮的抗压强度,土壤藻与拓殖成土及土壤肥力,藻结皮对土壤酶活性的影响;另一部分偏重于环境生态工程,包括荒漠藻藻种的大量培养、人工接种技术、荒漠藻综合固沙的技术及人工生物结皮的形成与发育、荒漠地区的水资源及其在荒漠藻人工结皮技术中的应用、生物结皮层肥岛有机质的形成特征和肥岛形成机制、生物结皮层对维管植物养分吸收和种子拦截作用、生物结皮层对沙土水分变化特征的影响、荒漠藻综合利用的各个方面和途径等。

本书可供荒漠化治理的工程技术人员、高等院校师生参考,也可供生态学、环境生物学研究机构的研究人员参考。

### 图书在版编目 CIP 数据

荒漠蓝藻环境生物学与生物土壤结皮固沙/刘永定等著. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-030232-8

I. ①荒… II. ①刘… III. ①荒漠-蓝藻纲-环境生物学-固沙-研究  
IV. ①Q949.22 ②S288

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 020849 号

责任编辑:杨震 刘冉 贺密青 / 责任校对:赵桂芬  
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:东方人华

**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>

**双青印刷厂印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013年7月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013年7月第一次印刷 印张: 30 3/4

字数: 600 000

**定价: 138.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《荒漠蓝藻环境生物学与生物土壤结皮固沙》

### 撰写人员名单 (按姓名汉语拼音排序):

陈兰洲	胡春香	兰书斌	李敦海	刘新前
刘永定	饶本强	沈银武	唐东山	王伟波
吴沛沛	谢作明	闫德仁	杨俊平	张文军

### 主要研究任务参加人员名单(按姓名汉语拼音排序):

安晓亮	陈炳胜	陈兰洲	陈祖芬	胡春香
黄文敏	兰书斌	李 昊	李 华	李敦海
李丽娜	刘新前	刘永定	饶本强	沈银武
苏振宏	唐东山	王高鸿	王伟波	吴沛沛
吴易雯	谢作明	徐爱华	徐娟娟	闫德仁
杨俊平	姚建成	张文军	张晓玲	

## 序

人口、资源和环境的矛盾已成为当今社会发展的首要问题。随着人口的增长,对粮食的需求也不断地增加,土地资源毫无疑问地成为维护人类社会发展的最重要的资源。在气候变化和人类活动的双重影响下,全球土地荒漠化日趋严重,已引起广泛的关注。1977年,联合国防治荒漠化大会通过了“防治荒漠化行动计划”,1994年又发布和签署了“联合国防治荒漠化公约”,有效地推进了全球的荒漠化防治进程。中国是受荒漠化影响最为严重的国家之一,特别是在西部干旱和半干旱区问题尤为突出。近二十年来,在国家重视及各界共同努力下,在荒漠化过程的研究和防治实践上都取得了明显的成绩。其中应用生态工程的防治效果得到国际上的关注和肯定。

20世纪80年代以来,中国科学院水生生物研究所在研究土壤藻类的基础上开展了对荒漠藻类的研究,并逐步进入与荒漠化防治相关的研究领域。经过较长时间的积累,本书作者刘永定研究员及其团队和合作伙伴深入研究了荒漠藻类的生物学,探讨以荒漠藻人工生物结皮为基础的综合固沙技术研究,取得了一系列具有创新意义的成果。他们阐释了典型荒漠藻在干旱条件下生存适应的能力与机制,揭示了藻类生物结皮的生物学过程及其在固沙、成土、拓殖方面的潜能,丰富了藻类环境生物学理论;分离筛选了主要的固沙藻种,经工程化培养后接种到流沙表面形成人工生物结皮;并将规模化人工生物结皮的培植用于防沙治沙,实现沙化土地的生态修复。他们结合我国实际,完成了荒漠藻制种工厂化生产和荒漠藻人工结皮及工程化应用,探索了藻-草-灌综合固沙技术,在流沙固定与生态修复方面开辟了新的途径,丰富了防沙治沙的手段和技术。这项技术已经在多个不同沙地实施、示范和推广,取得了较好的生态、经济和社会效益,具有良好的推广和应用前景。

作为作者的同事和朋友,我曾对开展土壤藻类提出过建议和支持,也曾到现场考察其在固定流沙中的成效,深深为他们在荒漠中孜孜不倦地艰辛努力所感动。本书及其姊妹篇《藻-草-灌(-乔)综合治理荒漠化与区域可持续发展》的出版是科学家责任和良心的体现,在对成果表示祝贺的同时也祝愿他们在此方向继续探究,为国家的生态文明建设作出更大的贡献。

刘永定

中国科学院院士

2013年3月

# 前 言

土地荒漠化是全球主要的环境生态问题之一,我国是世界上荒漠化危害严重的国家,在过去几十年里我国政府和广大人民在荒漠化治理中经过艰苦卓绝的努力,取得了显著的成绩。但是土地荒漠化仍然是严重制约我国经济建设和社会发展的环境生态难题,对其进行科学有效的综合治理仍是我们必须面对的挑战,在防沙治沙的漫漫道路上,加强科学技术研究,特别是根据我国实际情况进行创新性的荒漠化治理研究,是当代防沙治沙的必由之路。

运用生物措施是荒漠化土地治理的重要途径。遵从荒漠环境的自然生态规律,按照植物建群与演替规律恢复天然植被和建立人工植被,合理促进荒漠化土地发生一系列自组织的系统转换,使“土变沙”逆转为“沙变土”,是标本兼治的理想方法。为此,我们在数十年土壤藻类研究的基础上,通过 15 年来研究荒漠藻类及其应用的实践,通过分离筛选干旱半干旱荒漠地区天然生物结皮中特有的先锋拓殖生物陆生藻类,以荒漠蓝藻为主,借助藻类生物学技术使之大量扩增,研发兼具“治沙-抑尘-成土-生态修复”功能,组合“藻-草-灌”综合措施并实现工程化操作的应用技术,开展荒漠化边沿地区的流沙固定和加速“锁边”,在沙化土地实施藻类环境生态工程治理荒漠化土地的工艺技术方面,形成我国荒漠化治理的创新性技术体系,并阐释其理论依据,实现藻类人工生物结皮综合技术固沙、抑尘、培土、增肥、育草的效果。本书内容包括作者研究荒漠藻类(特别强调“全自养”的蓝藻或称蓝细菌)环境生物学和环境生态工程技术两个方面的结果,其中阐释了荒漠藻适应干旱、风蚀、盐碱、紫外辐射、沙埋等特殊生境的机制,荒漠藻结皮的形成、结构、发育和胶结机制,荒漠藻藻种的大量培养、人工接种及人工生物结皮的形成与发育;阐述了荒漠藻结皮的固沙效应及其影响因素、人工藻结皮的抗压强度、土壤藻与拓殖成土及土壤肥力、藻结皮对土壤酶活性的影响、生物结皮层肥岛有机质的形成特征和肥岛形成机制、生物结皮层对维管植物养分吸收和种子拦截作用,生物结皮层对沙土水分变化特征的影响;分析了荒漠地区的水资源及其在荒漠藻人工结皮技术中的应用和荒漠藻综合利用的途径。

本书及其所依据的研究工作能顺利实施,特别感谢武汉市科学技术局及内蒙古自治区发展和改革委员会的资助与大力支持,同时感谢中国科学院和国家自然科学基金项目的资助。

本书难免存在缺点和不妥之处,恳请读者指正和赐教。

作 者

2013 年 2 月

# 目 录

序  
前言

## 第一篇 荒漠藻类生物学与荒漠藻结皮

第 1 章 土壤藻	3
1.1 土壤藻的定义及沿革	3
1.2 土壤藻的系统分类	3
1.3 土壤藻的分布	5
1.3.1 土生藻	5
1.3.2 石生藻	8
1.3.3 穴居藻	10
1.3.4 冰雪藻	11
1.3.5 附植物生藻	12
1.3.6 附动物生藻	12
参考文献	12
第 2 章 荒漠藻	16
2.1 荒漠藻类的研究进展	16
2.1.1 荒漠藻类的系统分类学	17
2.1.2 荒漠藻类的适应机制研究	17
2.1.3 生物结皮的形成、发育和胶结机制	18
2.1.4 环境生物学功能	19
2.1.5 相关应用技术	19
2.2 种类组成和分布	19
2.3 垂直分布	21
2.3.1 种类组成	21
2.3.2 种类数的季节性变化	24
2.3.3 生物量的垂直分布	25
2.3.4 群落结构垂直变化	25
2.4 影响荒漠藻生物量及其分布的环境因素	27
2.4.1 影响荒漠藻生物量的环境因素	27

2.4.2	影响荒漠藻分布的环境因素	33
	参考文献	33
<b>第3章</b>	<b>荒漠藻类对盐胁迫的适应</b>	<b>39</b>
3.1	概述	39
3.1.1	盐胁迫下细胞膨压或体积的控制	39
3.1.2	盐胁迫下的渗透调节物质	40
3.1.3	盐胁迫下离子动态平衡的维持	40
3.1.4	盐胁迫下的能量供应	40
3.2	外源糖类提高具鞘微鞘藻的盐耐受性	41
3.2.1	盐胁迫下光合作用和叶绿素荧光变化	41
3.2.2	盐胁迫对细胞离子浓度的影响	43
3.2.3	酶活性变化	44
3.2.4	胞内糖含量变化	44
3.3	盐胁迫对具鞘微鞘藻碳代谢、脯氨酸和 MDA 含量的影响	49
3.3.1	盐胁迫下的生长和胞外糖含量	49
3.3.2	盐胁迫下胞内糖、脯氨酸和 MDA 含量的变化	52
3.3.3	SS 和 SPS 活性的变化	55
3.4	盐胁迫对爪哇伪枝藻生理生化特性的影响	57
3.4.1	光合特性	57
3.4.2	盐胁迫对生长和胞内物质含量的影响	59
3.4.3	盐胁迫对爪哇伪枝藻生长的影响	61
3.4.4	盐胁迫对光合作用效率的影响	62
3.4.5	盐胁迫下藻细胞内 ROS 和 MDA 的变化	62
3.4.6	盐胁迫下藻细胞内抗氧化酶超氧化物歧化酶和过氧化氢酶的变化	63
3.5	外源性脯氨酸对爪哇伪枝藻抗盐性的影响	67
3.5.1	外源性脯氨酸对盐胁迫下藻细胞生长和光合效率的影响	67
3.5.2	外源性脯氨酸与盐胁迫下藻细胞的氧化伤害	69
3.5.3	外源性脯氨酸对盐胁迫下藻细胞内抗氧化酶的影响	70
3.5.4	外源性脯氨酸对盐胁迫下藻细胞内硝酸还原酶的影响	70
	参考文献	73
<b>第4章</b>	<b>藻类对荒漠干旱环境的适应</b>	<b>76</b>
4.1	蓝藻对干旱的适应机制	76
4.1.1	蓝藻对干旱的耐受性	76
4.1.2	干旱耐受性和渗透适应	77
4.1.3	蓝藻 DNA 对干燥的适应性	78



4.1.4	蓝藻蛋白质对干旱的适应性	80
4.1.5	蓝藻膜系统的适应性及水分置换假说	82
4.1.6	基因的表达	83
4.2	相对空气湿度对微鞘藻糖代谢及抗氧化系统的影响	84
4.2.1	空气湿度的控制	85
4.2.2	干旱胁迫下细胞总糖的变化	86
4.2.3	干旱胁迫下胞内水溶性糖的响应	86
4.2.4	干旱胁迫下细胞蔗糖含量的响应	87
4.2.5	干旱胁迫下蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶活性的变化	87
4.2.6	干旱处理条件下胞外水溶性总糖含量变化	88
4.2.7	干旱胁迫处理下 MDA 含量的变化	89
4.2.8	干旱胁迫下 SOD 活性的变化	90
4.2.9	干旱胁迫下光合活性的变化	90
4.3	失水-吸水过程中微鞘藻光合活性的特性	92
4.3.1	光合活性对失水的响应	93
4.3.2	野外流沙接种试验	93
4.3.3	光合恢复对离子缺失的响应	94
4.3.4	外源糖对光合活性恢复的影响	94
	参考文献	96
<b>第 5 章</b>	<b>荒漠藻类对强紫外线辐射的适应</b>	<b>99</b>
5.1	荒漠藻对 UV 辐射的适应	99
5.1.1	UV 辐射对藻类的影响	99
5.1.2	UV 辐射对藻类的损伤机制	100
5.1.3	藻类对 UV 辐射的适应机制	106
5.2	UV 辐射对爪哇伪枝藻生理生化特性和超微结构的影响	109
5.2.1	UV 辐射对爪哇伪枝藻生长的影响	110
5.2.2	UV 辐射对爪哇伪枝藻光合活性的影响	110
5.2.3	UV 辐射对爪哇伪枝藻色素的影响	112
5.2.4	UV 辐射对爪哇伪枝藻生化组分的影响	116
5.3	UV 辐射对具鞘微鞘藻生理生化特性的影响	119
5.3.1	UV 辐射对具鞘微鞘藻光合色素及光合活性的影响	120
5.3.2	UV 辐射对具鞘微鞘藻可溶性蛋白含量的影响	122
5.3.3	UV 辐射对具鞘微鞘藻 EPS 产量和胞内总糖含量的影响	123
5.4	荒漠藻类在结皮中的垂直分布对 UV 辐射的响应	124
5.4.1	抗紫外色素、光合特性和 DNA 损伤修复能力对 UV 辐射的响应	124

5.4.2	UV 辐射诱导的不同藻类在结皮中的垂直生态位研究	129
5.4.3	UV 辐射引起的糖代谢变化研究	132
5.4.4	抗性藻种抗 UV-B 辐射机制研究	136
	参考文献	142
<b>第 6 章</b>	<b>荒漠藻结皮的结构、发育与胶结机制</b>	<b>146</b>
6.1	荒漠藻结皮的精细结构与发育	146
6.1.1	藻结皮的一般结构	147
6.1.2	藻结皮结构的精巧性	149
6.1.3	藻结皮的特征	150
6.2	荒漠藻群落结构的时空分布与演替	150
6.2.1	结皮中荒漠藻的群落结构和空间分布特征	150
6.2.2	原生演替	151
6.3	荒漠藻结皮的发育过程	157
6.3.1	地形对藻结皮形成和发育的影响	157
6.3.2	藻体在藻结皮形成和维持方面的作用	157
6.3.3	藻结皮结构中微层理、硅藻层形成与环境的关系	158
6.3.4	藻类与成土过程	159
6.4	荒漠藻结皮的胶结机制	159
6.4.1	藻体与基质结合方式	160
6.4.2	藻体与基质吸附特性	161
6.4.3	藻体生态位	161
6.4.4	胶结物含量	161
6.4.5	胶结物定性定位观察	162
6.4.6	结皮强度的异质性	162
6.4.7	胞外聚合物电荷分布	163
6.4.8	胞外聚合物的定性分析	164
6.5	藻结皮的发育	166
6.5.1	人工藻结皮的发育过程	167
6.5.2	人工藻结皮的生态修复功能	167
6.5.3	人工藻结皮的野外生长发育	168
	参考文献	169
<b>第 7 章</b>	<b>荒漠藻结皮的生物学</b>	<b>172</b>
7.1	荒漠土壤生物结皮的形成及其生态学意义	172
7.2	人工接种荒漠藻在自然条件下的生长	173
7.2.1	具鞘微鞘藻在草方格中的增殖速率	173

7.2.2	具鞘微鞘藻在大块流沙中的增殖速率	174
7.2.3	施肥条件下具鞘微鞘藻的生长速率	174
7.2.4	具鞘微鞘藻在各种条件下生长的比较	177
7.3	荒漠藻类在土壤结皮的形成和发育上的作用	178
7.3.1	荒漠结皮对水分分布状况的影响	178
7.3.2	荒漠生物结皮对土壤稳定性的影响	178
7.3.3	生物结皮对荒漠生物群落演替的影响	179
7.3.4	荒漠藻类同其他生物的关系	179
7.3.5	结皮对干扰的适应能力	180
7.4	土壤丝状蓝藻在荒漠治理中的作用研究	180
7.4.1	丝状蓝藻的拓殖作用	180
7.4.2	丝状蓝藻的固氮作用	181
7.4.3	丝状蓝藻的重要产物	182
7.4.4	荒漠土壤中藻类的特殊适应性	183
7.4.5	土壤丝状蓝藻增加藻结皮的抗压强度和抗风蚀能力	184
	参考文献	184
<b>第 8 章</b>	<b>风力胁迫对具鞘微鞘藻结皮光合活性的影响</b>	<b>188</b>
8.1	风力胁迫对含水量的影响	188
8.2	风力胁迫对生物量的影响	189
8.3	风力胁迫对细胞活力的影响	190
8.4	风力胁迫对光合色素的影响	191
8.5	风力胁迫对电子传递速率的影响	192
8.6	风力胁迫对叶绿素荧光的影响	192
8.7	风力胁迫对净光合速率的影响	193
	参考文献	195

## 第二篇 荒漠藻结皮技术及其工程化

<b>第 9 章</b>	<b>荒漠藻类综合固沙技术</b>	<b>199</b>
9.1	荒漠藻类与荒漠化治理概述	199
9.2	荒漠藻类的工程化培养方法	200
9.2.1	主要微藻培养系统	200
9.2.2	荒漠藻培养系统工艺流程	202
9.2.3	场地布局	203
9.2.4	荒漠藻接种物(藻种)规模化培育	203
9.2.5	荒漠藻接种物工厂化生产	204

9.3	荒漠藻接种技术 .....	205
9.3.1	机械接种条件 .....	205
9.3.2	机械及其使用 .....	206
9.3.3	机械接种方法 .....	207
9.4	人工生物结皮的养护技术 .....	208
9.5	荒漠藻综合固沙的藻-草-灌-(乔)方案与总体技术路线 .....	208
9.6	不同立地条件下的荒漠治理途径选择 .....	209
9.6.1	沙地植被恢复技术 .....	209
9.6.2	项目区造林分区配置 .....	210
	参考文献 .....	212
<b>第 10 章</b>	<b>荒漠藻生物结皮原种及其性状 .....</b>	<b>213</b>
10.1	荒漠藻的分离 .....	213
10.1.1	样品采集 .....	213
10.1.2	用液体培养基分离荒漠藻的方法 .....	213
10.1.3	固体培养基分离方法(平板分离法) .....	215
10.1.4	本学科组分离纯化荒漠藻的方法 .....	216
10.2	荒漠藻的生长曲线和培养 .....	217
10.2.1	三种荒漠藻优势种的介绍 .....	218
10.2.2	三种荒漠藻优势种在室内液体培养基中的生长曲线 .....	218
10.2.3	三种荒漠藻优势种在温室大棚中的生长曲线 .....	219
10.3	荒漠藻的光合条件研究 .....	221
10.3.1	爪哇伪枝藻的光合特性 .....	221
10.3.2	微鞘藻的光合作用特性 .....	222
10.4	荒漠藻培养条件对荒漠藻的影响 .....	225
10.4.1	在循环培养池和光生物反应器中的生长曲线 .....	225
10.4.2	生物密度对具鞘微鞘藻生物量增长的影响 .....	225
10.4.3	更新率对具鞘微鞘藻生物量增长和胞外多糖产量的影响 .....	226
10.4.4	光照强度对具鞘微鞘藻生物量增长和胞外多糖产量的影响 .....	227
10.4.5	温度对具鞘微鞘藻生物量增长和胞外多糖产量的影响 .....	229
	参考文献 .....	230
<b>第 11 章</b>	<b>荒漠藻的藻种规模化生产 .....</b>	<b>231</b>
11.1	具鞘微鞘藻规模化培养条件的优化 .....	231
11.1.1	在循环培养池和光生物反应器中的生长曲线 .....	231
11.1.2	光生物反应器培养系统与培养条件 .....	231
11.2	荒漠藻的工程化培养 .....	233
11.2.1	工程化培养藻种的筛选 .....	233

11.2.2	工程化培养常用的藻种纯化方法	234
11.2.3	工程化培养的培养基	235
11.2.4	工程化培养的步骤	235
11.2.5	工程化培养中的注意事项	239
11.2.6	工程化培养池中藻类的生长	240
	参考文献	240
<b>第 12 章</b>	<b>荒漠藻人工结皮的接种和藻结皮的形成与发育</b>	<b>242</b>
12.1	荒漠藻人工接种技术	243
12.1.1	接种条件	243
12.1.2	接种方法	243
12.1.3	水分补给	243
12.2	工程化机械接种技术	243
12.2.1	机械接种条件	244
12.2.2	机械设备	244
12.2.3	接种方法	245
12.3	野外人工藻结皮的培植与生长发育	248
12.3.1	野外试验地部分气候条件	248
12.3.2	野外人工藻结皮的培植及生物量变化	249
12.3.3	三种荒漠藻各自的生长曲线及其混合藻形成结皮的生长曲线	250
12.3.4	野外沙地人工藻结皮的生长和发育	251
12.3.5	流动沙丘向半固定沙丘的转变	252
12.4	结皮的形成与发育	254
12.4.1	接种物在沙表面的生长	254
12.4.2	藻结皮的形成及环境条件对结皮形成的影响	256
12.4.3	藻结皮的发育	256
12.5	沙漠地区生物结皮层人工促进技术研究	256
12.5.1	人工促进生物结皮层养分含量的变化特征	256
12.5.2	人工促进生物结皮层颗粒组成的变化	259
12.5.3	人工促进生物结皮层对植被变化的影响	260
	参考文献	266

### 第三篇 荒漠藻人工结皮固沙与藻-草-灌 生态修复的环境生态效益

<b>第 13 章</b>	<b>荒漠地区的水资源及其在荒漠藻人工结皮技术中的应用</b>	<b>271</b>
---------------	---------------------------------	------------

13.1	干旱区的水资源	271
13.1.1	干旱区的水资源概况	271
13.1.2	干旱区水资源的开发利用与生态建设	273
13.2	干旱地区土地荒漠化及其防治	279
13.3	荒漠藻人工藻结皮技术概况	280
13.3.1	荒漠藻人工藻结皮技术的概念	280
13.3.2	荒漠藻人工藻结皮技术的产生过程	281
13.4	干旱区水资源合理开发利用与人工藻结皮技术的应用	282
13.4.1	开展人工藻结皮水分利用状况的研究	282
13.4.2	干旱区水资源利用在人工藻结皮技术中的应用	282
13.4.3	充分利用天然降水(雾、露)资源	283
13.5	雨露在藻结皮形成中的作用	283
13.5.1	雨露对人工藻结皮早期生长发育的影响	284
13.5.2	降雨对人工藻结皮生长发育的影响	285
13.5.3	人工藻结皮对露水的沉降作用	285
	参考文献	287
<b>第 14 章</b>	<b>荒漠化及其防治</b>	<b>289</b>
14.1	防沙治沙基本概念	289
14.2	防沙治沙基本理论	289
14.2.1	风沙运动理论	289
14.2.2	恢复生态学理论	291
14.2.3	可持续发展理论	296
14.3	防沙治沙基本技术	299
14.3.1	流沙固定技术	299
14.3.2	沙地植被的保护与恢复技术	303
14.3.3	沙地人工植被的重建技术	304
14.4	防沙治沙基本模式	313
14.5	微型生物结皮对传统防沙治沙模式的补充	314
	参考文献	315
<b>第 15 章</b>	<b>荒漠藻结皮固沙的研究</b>	<b>324</b>
15.1	荒漠藻类的固沙潜力	324
15.1.1	结皮实验材料及方法	324
15.1.2	生物量与藻结皮强度的关系	325
15.1.3	藻结皮厚度与强度的关系	327
15.1.4	不同藻种和藻种组合的抗风蚀能力	327

15.1.5	尘埃与藻结皮强度 .....	329
15.1.6	死藻的抗风蚀性 .....	330
15.1.7	胁迫锻炼对藻结皮强度的影响 .....	331
15.1.8	其他隐花植物对藻结皮强度的影响 .....	331
15.1.9	小结 .....	332
15.2	利用荒漠藻进行荒漠化治理——荒漠藻类在环境工程及工农业生产中的应用前景 .....	333
15.3	胞外多糖在荒漠成土中的作用——从微鞘藻说起 .....	334
15.4	荒漠藻类进行固沙的初步研究——野外流沙结皮的形成及微藻群落的动态变化 .....	338
15.4.1	荒漠藻类形成人工结皮的初步研究(内蒙古呼和浩特树木园) .....	338
15.4.2	野外 3000m <sup>2</sup> 范围内荒漠藻人工结皮试验(内蒙古达拉特旗实验站) .....	342
	参考文献 .....	345
<b>第 16 章</b>	<b>人工藻结皮的抗压强度 .....</b>	<b>349</b>
16.1	试验区自然概况 .....	350
16.2	人工藻结皮的培植及生物量和抗压强度的测定 .....	350
16.2.1	野外试验组及其藻种配比设计 .....	350
16.2.2	人工藻结皮的培植 .....	351
16.2.3	生物量和抗压强度的测定 .....	352
16.3	藻结皮的生长 .....	352
16.4	野外人工藻结皮的生物量和抗压强度 .....	353
16.5	室内人工藻结皮的生物量和抗压强度 .....	355
16.6	讨论 .....	356
	参考文献 .....	357
<b>第 17 章</b>	<b>土壤藻与拓殖成土及土壤肥力 .....</b>	<b>360</b>
17.1	概述 .....	360
17.2	土壤微生物 .....	360
17.2.1	土壤微生物概况 .....	360
17.2.2	细菌 .....	362
17.2.3	放线菌 .....	362
17.2.4	真菌 .....	362
17.2.5	藻类 .....	363
17.2.6	原生动物 .....	364
17.3	土壤肥力 .....	364
17.3.1	土壤肥力的概念 .....	365

17.3.2	土壤肥力的综合指标 .....	365
17.3.3	土壤肥力的评价方法 .....	366
17.4	土壤藻类与土壤肥力 .....	366
17.4.1	概述 .....	366
17.4.2	藻类的固氮作用 .....	367
17.4.3	藻类对磷化合物的转化作用 .....	369
17.4.4	土壤微藻对贫瘠土壤的改良 .....	370
17.5	人工藻结皮对土壤化学性质的影响 .....	371
17.5.1	人工藻结皮对不同沙丘含水量和 pH 的影响 .....	372
17.5.2	人工藻结皮对不同沙丘营养的影响 .....	373
17.6	荒漠藻在沙漠中的拓殖成土作用 .....	376
17.6.1	荒漠藻类的拓殖作用 .....	376
17.6.2	微鞘藻胞外多糖在荒漠成土中的作用 .....	376
	参考文献 .....	381
<b>第 18 章</b>	<b>藻结皮对土壤酶活性的影响 .....</b>	<b>384</b>
18.1	土壤酶概述 .....	384
18.1.1	土壤酶的来源 .....	384
18.1.2	土壤酶的分布状态 .....	385
18.1.3	土壤酶的种类 .....	385
18.1.4	影响土壤酶的因素 .....	386
18.1.5	土壤微生物与土壤酶的关系 .....	386
18.1.6	土壤酶学的发展趋势 .....	387
18.1.7	土壤酶研究中存在的主要问题 .....	388
18.2	藻结皮与土壤酶活性 .....	389
18.2.1	库布齐沙漠流动沙丘和固定沙丘中土壤酶活性的比较 .....	389
18.2.2	人工藻结皮形成过程中的生物量变化 .....	390
18.2.3	人工工具鞘微鞘藻结皮对土壤酶活性的影响 .....	391
18.2.4	人工纤细席藻结皮对土壤酶活性的影响 .....	392
18.2.5	讨论与小结 .....	393
	参考文献 .....	395
<b>第 19 章</b>	<b>生物结皮层的“肥岛效应” .....</b>	<b>398</b>
19.1	生物结皮层“肥岛”特征 .....	398
19.1.1	生物结皮层“肥岛”的养分特征 .....	398
19.1.2	生物结皮层“肥岛”的物理特征 .....	401
19.1.3	生物结皮层“肥岛”生物酶活性变化 .....	403
19.1.4	生物结皮层微生物含量的变化 .....	404



19.1.5	沙地植被建立时间对生物结皮层“肥岛”特征的影响 .....	408
19.2	生物结皮层“肥岛”有机质的形成特征研究 .....	411
19.2.1	不同地区生物结皮层腐殖质组成的变化 .....	411
19.2.2	植被建立时间对生物结皮层腐殖质组成变化的影响 .....	413
19.2.3	不同取样位置生物结皮层腐殖质组成含量变化 .....	414
19.2.4	生物结皮层腐殖质组成的地带性变化探讨 .....	415
19.3	生物结皮层“肥岛”形成的机制研究 .....	416
19.3.1	生物结皮层颗粒物来源探讨 .....	417
19.3.2	生物结皮层生长代谢对形成“肥岛”的影响 .....	418
19.3.3	生物结皮层“肥岛”的养分输入途径探讨 .....	421
19.4	生物结皮层对维管植物养分吸收和种子拦截作用 .....	424
19.4.1	生物结皮层土壤养分含量的变化 .....	424
19.4.2	生物结皮层对下层风沙土肥力的影响 .....	425
19.4.3	生物结皮层对当年生植物养分吸收的影响 .....	426
19.4.4	生物结皮层对多年生植物养分吸收的影响 .....	428
19.4.5	生物结皮层对维管植物种子拦截的影响 .....	430
19.5	生物结皮层对沙土水分变化特征的影响 .....	432
19.5.1	生物结皮层覆盖对自然含水量的影响 .....	433
19.5.2	生物结皮层覆盖对沙土蒸发特性的影响 .....	434
	参考文献 .....	437

## 第四篇 荒漠藻及其人工结皮在环境生态工程及工农业生产中的应用前景

第 20 章	荒漠藻的综合利用途径 .....	441
20.1	荒漠藻类和荒漠藻类的特殊应用物质 .....	441
20.1.1	荒漠藻类的重要产物 .....	442
20.1.2	蓝藻胞外多糖及其潜在应用 .....	443
20.1.3	荒漠藻类色素的应用研究 .....	454
20.1.4	荒漠藻胞外多糖的抗肿瘤活性研究 .....	455
20.1.5	生物工程(有效提取 DNA 的方法) .....	460
20.2	荒漠藻类作为环境指示生物 .....	463
20.2.1	荒漠藻类作为环境指示物和先锋拓殖生物 .....	463
20.2.2	荒漠藻类在固沙上的应用研究 .....	463
20.2.3	荒漠藻类和荒漠藻类的特殊应用物质 .....	463
	参考文献 .....	464