

李新荣 著

荒漠生物土壤结皮生态
与水文学研究

 高等教育出版社

S152.K
20131

阅 览

李
新
荣
著

HUANGMO

SHENGWU TURANG

JIEPI SHENGTAI

YU SHUIWENXUE

YANJIU

荒漠生物土壤结皮生态 与水文学研究

 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS · BEIJING



图书在版编目(CIP)数据

荒漠生物土壤结皮生态与水文学研究/李新荣著. —
北京: 高等教育出版社, 2012.9
ISBN 978-7-04-033912-3

I. ①荒… II. ①李… III. ①荒漠—生态系统—土壤
结皮—水文学—研究 IV. ①P941.73 ②S152.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第008334号

审图号: GS(2011)1714号

策划编辑 李冰祥 陈正雄
责任编辑 关焱 柳丽丽

书籍设计 刘晓翔 王洋
责任校对 陈旭颖

责任印制 朱学忠

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究 物料号 33912-00

出版发行 高等教育出版社
印刷 北京雅昌彩色印刷有限公司
字数 954千字
定价 368.00元

社址 北京市西城区德外大街4号
开本 787mm×1092mm 1/16
版次 2012年9月第1版

邮政编码 100120
印张 37.5
印次 2012年9月第1次印刷

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn> <http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com> <http://www.landaco.com.cn>

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》, 其为人将承担相应的民事责任和行政责任; 构成犯罪的, 将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序, 保护读者的合法权益, 避免读者误用盗版书造成不良后果, 我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为, 希望及时举报, 本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

内 容 简 介

生物土壤结皮是“荒漠生态系统工程师”，广泛分布于寒区和旱区的严酷生境，占这一区域地表活体覆盖的40%以上，在荒漠生态系统中发挥着重要功能。本书在结合国内外研究现状和总结作者十余年研究成果的基础上，全面阐述了生物土壤结皮的生态和水文学功能，包括生物土壤结皮的形成与机理；对区域土壤过程、生态过程（碳和氮循环）、水文过程、生物地球化学循环过程、荒漠景观过程和对高等植物萌发与定居，以及对土壤动物和植物多样性的影响等。书中综述了相关研究的现状，重点介绍了中国科学院沙坡头沙漠研究试验站的研究成果，同时也提出了未来研究的热点和前沿科学问题。

本书对生态学、土壤学、微生物学、水文学和全球变化研究者以及从事防沙治沙、荒漠生态恢复和生态系统管理的人员具有重要的参考价值。

荒漠生物土壤结皮生态
与水文学研究

Eco-hydrology of
Biological Soil Crusts
in Desert Regions of China

谨
以
此
书

献给

创建中国科学院
沙坡头沙漠研究试验站的
前辈科学家们！

序

Preface

序

—

生物土壤结皮是荒漠生态系统的重要组成部分，是荒漠地区地表的一种生物覆盖体。它的存在是荒漠生态系统健康的重要标志。

约占全国土地 1/4、人口近 3 亿的我国北方是世界上风沙频发的地区之一。长期以来不合理的人为活动加之气候变化的影响破坏了地表植被，更加剧了风沙危害，威胁到国家的生态安全和社会经济的可持续发展。有效遏制沙化蔓延与土地退化、加强植被建设、构建北方生态屏障迫在眉睫。生物土壤结皮作为沙区生态恢复的一个重要标志，对其生态与水文功能开展深入研究十分必要。

生物土壤结皮于 20 世纪 50 年代开始引起我国科学家的关注。包兰铁路沙坡头段的风沙治理实践说明了生物土壤结皮对防止风蚀、稳定沙面、促进成土过程的重要性，生物土壤结皮成为人工固沙植被防护体系不可或缺的重要成分。此后，国内学者不断深入对生物土壤结皮的研究。

《荒漠生物土壤结皮生态与水文学研究》一书是李新荣博士和他的中国科学院沙坡头沙漠研究试验站研究团队，从 1999 年至今针对这一课题研究的总结。本书在介绍国外对热带荒漠、寒带荒漠和欧洲草地等区域生物土壤结皮研究的现状和发展趋势的同时，凸显了我国学者对温带荒漠和沙地生物土壤结皮研究的学术贡献和研究特色。本书系统地论述了荒漠生物土壤结皮恢复和流沙固定后结皮的演替特征和规律；揭示了结皮在识别荒漠生态系统退化或恢复中的指示意义；阐明了结皮在改变表层土壤物理化学性质，参与水分和养分分配过程，进而影响生态系统演替方向和进程中的重要作用。

我相信本书的出版将进一步推动我国生物土壤结皮的研究，为荒漠地区沙害防治和生态恢复发挥重要作用。



中国科学院院士

2012 年 3 月 22 日

序

二

生物土壤结皮是寒区旱区荒漠生态系统的重要组成部分，它是由蓝藻、绿藻、硅藻、地衣和苔藓等非维管束植物，以及土壤中的细菌、真菌等微小生物通过与土壤颗粒“胶结”和团聚作用，在土壤表层形成的复杂生物覆盖体，其盖度在荒漠景观中达到地表活体覆盖的40%以上。近年来，随着土地沙漠化、草地退化以及全球变化和人类活动诱发的许多不确定性因素对陆地系统所产生的巨大影响，生物土壤结皮作为荒漠生态系统中联系生物与非生物因素的“生态系统工程师”，已成为荒漠地表过程研究中地学和生物学的交叉研究前沿和热点，尤其是它在土壤生态过程中，如增加降尘捕获、促进成土过程、维持土壤稳定性和抵抗风蚀；在土壤水文过程中，如减缓水蚀、影响降水入渗、产流、土壤水分蒸发、凝结水捕获、土壤水分循环与重新分配等；在土壤生物地球化学循环过程中，如有利于大量生命元素和微量元素的聚集、有利于碳和氮向荒漠系统的输入等；在土壤生物过程中，如对土壤生物多样性的影响和对高等植物土壤种子库、萌发、定居和生存及C3和C4植物生活史的影响等过程中所发挥的重要功能，自20世纪90年代以来，其研究受到了前所未有的重视。

我国的生物土壤结皮研究始于20世纪50年代中国科学院沙坡头沙漠研究试验站的工作。当时为了建设横穿腾格里沙漠高大沙丘总长40余千米的包兰铁路，该站联合相关单位创造性地运用了“以固为主、固阻结合”的流沙固定模式，建立了稳定的铁路无灌溉人工植被固沙防护体系，确保了包兰铁路沙坡头段50余年畅通无阻，成为全球交通干线沙害治理的成功模式。当时，生物土壤结皮作为固沙植被演替过程中所形成的重要地表覆盖，其固沙作用引起了科学家的关注，并先后开展了生物土壤结皮的组成成分、微观结构、土壤理化性质、微生物学特性和抗风蚀的风洞试验等研究。这些研究的重点是生物土壤结皮在流沙固定中的生态作用，而对广泛分布于寒区旱区荒漠系统的生物土壤结皮的系统研究报道很少，以致在2000年以前的国际刊物中很难发现来自我国的报道（Büdel, 2001）。然而，我国荒漠和沙地分布范围广、气候类型多样，从东至西生态梯度变化明显，为生物土壤结皮的大量拓殖和繁衍提供了多样的生态位。因此，对其深入系统的研究不仅对我国寒区旱区生态恢复、沙漠化逆转、减缓沙尘危害，认知结皮在荒漠系统碳循环中的“源-汇”关系和维持健康的荒漠生态系统功能具有重要意义，而且是对国际生物土壤结皮这一科学问题研究的重要补充和贡献。

《荒漠生物土壤结皮生态与水文学研究》一书是李新荣同志和他的研究团队在中国科学院沙坡头

沙漠研究试验站已有的工作基础之上，在国家自然科学基金的连续资助下 10 余年工作的总结。该书不仅概述了国际上生物土壤结皮的研究现状和前沿，也突出了该团队相关研究的进展。通过对我国不同荒漠和沙区的生物土壤结皮进行的系统调查、实验和分析，本书较好地阐述了结皮群落生物体多样性及其维持的机理，认为在区域尺度上气候变异，尤其是降水变化直接决定着结皮群落功能群的演变；在小尺度上，沙区复杂的微地形是形成和维持结皮隐花植物多样性的关键因子，而大气降尘的捕获及在地表的沉积则直接调控着结皮群落生物体多样性的组成、结构和功能；基于沙区植被-土壤系统中生物结皮在水循环中的作用，揭示了结皮的形成和发展改变了降水在土壤中的重新分配，导致土壤水分有效性的“浅层化”，从而引发固沙植被由草本为优势的群落取代原来以灌木为优势的群落，解释了沙区人工植被演变的规律；在长期定位研究的基础上，分析了生物土壤结皮对荒漠土壤生物多样性的贡献，特别是对系统的重要构建者蚂蚁和其他荒漠昆虫的丰富度和多度的影响；证实了结皮的贡献在于提供了重要的食物来源和构建了系统复杂的食物链关系（直接影响），改善了土壤微生境，包括微气候条件和提供了碳和氮来源（间接影响）。这些研究有 100 余篇的论文分别发表在 SCI 收录的国际期刊上，在很大程度上推动了我国生物土壤结皮的研究，丰富了生物土壤结皮研究的内涵，形成了以沙坡头为中心的生物土壤结皮研究国际交流平台，相关成果还在国内获得了 2008 年度甘肃省自然科学一等奖。尽管如此，生物土壤结皮的研究还有许多未知的领域需要进一步探索研究，需要进一步长期生态学研究的科学积累和精细科学实验设计，我相信作者在此基础之上，会在未来的研究中做出更好的理论创新。

我希望本书的出版能够起到抛砖引玉的作用，使相关读者获得有益帮助，激发对生物土壤结皮研究的科学兴趣，推动我国沙漠化治理、荒漠生态水文和生态系统管理的研究。我也希望作者和他的团队能够继续坚持长期野外科学研究，在今后的工作中取得更大的成绩，为寒区旱区退化生态系统的恢复与重建做出应有的贡献。

秦大河

中国科学院院士

2012 年 2 月 28 日

前
言

Foreword

生物土壤结皮是由隐花植物如蓝藻、绿藻、硅藻、地衣、苔藓类和土壤微生物以及相关的其他生物体通过菌丝体、假根和分泌物等与表土层颗粒“胶结”而形成的、在地表具有独特结构和复杂生物体组成的覆盖体，是荒漠系统地表景观的重要组成部分之一。其在荒漠地表的覆盖度达到活体覆盖度的40%以上，在一些特殊的生境甚至超过75%。作为荒漠生态系统的“生态系统工程师”(ecosystem engineer)，生物土壤结皮在联系干旱、半干旱景观地表生物与非生物成分中起着无法替代的作用，相关研究已成为干旱、半干旱区地表过程研究中地学和生物学学科交叉的前沿领域之一。

荒漠生态系统是由非生物因素调控和胁迫的系统，非生物因素在很大程度上主导系统的格局和过程。特别是因受水分的限制，地表不可能支撑大面积、相对均一和连续分布的维管束植物群落的覆盖，植物群落斑块状的分布为生物土壤结皮的拓殖和发展提供了适应的生态位。生物土壤结皮的存在和发展有效地改善了地表微生境，对荒漠系统的土壤生物属性(包括土壤微生物、土壤微小动物的生存和繁衍)、土壤物理属性(包括土壤风蚀和水蚀、土壤表层团聚结构、稳定性和成土作用等)、土壤化学属性(包括对土壤养分元素、有机质，尤其是对碳和氮的固定以及pH、盐分和碳酸钙累积等)和土壤水文过程(包括入渗、产流、凝结水捕获、蒸发、土壤水重新分配和水循环等)，以及维管束植物萌发、定居和繁衍具有重要作用。尽管国外在20世纪30年代就有关于生物土壤结皮的报道，我国在50年代也有来自腾格里沙漠沙坡头地区的报道，但对生物土壤结皮的大量研究开始于2090年代初期，并受到前所未有的重视。特别是以美国的Belnap J.和Bowker M. A.、德国的Lange O. L.和Büdel B.、以色列的Kidron G. J.和澳大利亚的Eldridge D. J.等学者为代表的科学家对生物土壤结皮进行了大量的研究。Belnap J.和Lange O. L.主编、多国学者参与完成的《生物土壤结皮——结构、功能和管理》(*Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*)由Springer于2001年出版，并于2003年修改再版，极大地推动了生物土壤结皮的研究。该书的内容几乎涵盖了不同生物气候区的结皮，特别是对热带荒漠、寒漠、极地与冻原、阿拉伯沙漠和温带草原区的研究进行了详细介绍。然而，针对我国广袤的温带荒漠和中亚荒漠区的研究十分罕见(Büdel, 2001; 李新荣等, 2001)，主要原因之一是早期中国对生物土壤结皮的研究比较分散，缺少对某一方面的系统研究，且这些零星的研究很少发表在国际学术期刊上。语言的障碍也是国际学术界对中国结皮研究现状了解很少的重要原因。

纵观生物土壤结皮的研究，20世纪80—90年代及其以前的研究主要聚焦于结皮组成生物体多样性和生态功能的认知。例如，大量的文献报道了不同荒漠地区组成结皮的蓝藻、绿藻、硅藻、地衣和苔藓种类的多样性；蓝藻对土壤颗粒的胶结作用，结皮的电镜扫描结构，隐花植物菌丝体、假根和地表的依托支撑结构束缚土壤颗粒形成团聚结构，结皮抵抗风蚀和水蚀等地表侵蚀的机理和风洞试验等；结皮的存在与土壤物理、化学属性之间的相关关系；以及培养某些特定蓝藻种类，进行碳和氮固定的实验测定。21世纪初，生物土壤结皮的研究进入了一个全新的和更为系统、综合的阶段，结皮在荒漠生态系统中的功能得到了较好的诠释。尤其是基于全球变化的背景下，关于结皮在土

壤水文过程、土壤生物地球化学循环过程和干旱区景观过程中作用的研究得到了重视。然而,许多结论和假说缺少实验和观测数据的支撑,仅是基于普通生态学知识的推断。2010年8月,在德国的Retzbach-Zellingen小城召开的以“Biological Soil Crusts in Ecosystems—Their Diversity, Ecology, and Management”为主题的国际学术研讨会进一步强调了结皮在生态系统水平上的功能、对长期生态学研究的意义,在生物多样性保育和生态修复与重建中的作用与生产实践中的应用。

在中国,生物土壤结皮的研究源于20世纪50年代包兰铁路沙坡头地区人工固沙防护体系的建立。流动沙丘沙面固定后出现的生物土壤结皮在当时引起了学术界的关注,并被作为沙丘固定和沙漠化逆转的重要标志。有关沙坡头地区结皮的形成原理、结皮层中的微生物群落组成特点、结皮对降水入渗的影响、结皮的演替和对土壤理化性质的改变等逐渐被报道。由于沙漠地区生态环境恶化和大范围沙尘暴频发,生物土壤结皮的生态功能日益得到重视,其相关研究在21世纪初成为我国地学和生物学界研究的热点领域。作为我国建站最早的野外综合生态研究站,中国科学院沙坡头沙漠研究试验站(沙坡头站)的长期定位监测为生物土壤结皮的深入研究提供了得天独厚的研究平台和科学积累。例如,不同年代建立的雨养人工固沙植被区(1956年、1964年、1973年、1982年、1990年和2002年)和围封50余年的天然荒漠植被区完整地记录了结皮的形成和演替过程,以及对生境水、土、气、生的长期定位监测为探索结皮的生态恢复规律提供了理想的样地和实验条件。从2000年至今的10余年间,笔者和所在沙坡头站的研究组在国家自然科学基金面上项目(编号:40471006、40671011、30870425)、重点项目(编号:90202015、40930636)、杰出青年科学基金项目(编号:40825001)和中国科学院知识创新工程重要方向性项目(编号:KZCX2-EW-301)的持续支持下,以腾格里沙漠(沙坡头地区)、阿拉善荒漠、毛乌素沙地为主要研究区,对我国温带荒漠生物土壤结皮进行了系统的研究。针对国内外生物土壤结皮研究的进展和现状,本书突显了我们在以下几个方面的研究:

(1)探讨了温带荒漠/沙漠地区生物土壤结皮的形成和演变规律。明确了粗粉粒和大气降尘是结皮形成的重要物质基础;稳定的物理环境、微生物在表层土壤繁衍与隐花植物的拓殖,以及分泌物和根系统对粉粒物质的胶结作用是结皮形成的重要前提;结皮的演变或恢复包括了蓝藻结皮、绿/硅藻结皮、地衣-藻类混生结皮以及藓类为主结皮等重要的演替阶段,而处在不同演替阶段的结皮,其生态与水文功能各异,在不同的气候条件下,结皮所处的演替稳定阶段不同。

(2)实验验证了生物土壤结皮对降水入渗、地表蒸发、凝结水捕获等水文过程和水循环重要环节的影响和阈值,合理地解释了部分国际学术界的长期争论。

(3)基于长期监测和对照试验,提出了生物土壤结皮发育与演化是沙漠人工植被系统演替过程的重要驱动力的观点;生物土壤结皮通过改变表层土壤的物理化学特征、参与水分和养分分配过程、影响种子萌发机制,进而影响生态系统的演替进程和演替方向。这些理论对干旱区植被建设和已有人工植被的生态系统管理具有一定的借鉴意义。

(4)证实了生物土壤结皮对荒漠昆虫多样性维持的贡献在于改善昆虫的生境。提出生物土壤结皮

直接参与荒漠昆虫食物链和食物网的假说，并用实验生态学的方法验证假说的成立；阐述了生物土壤结皮的“生态系统工程师”作用，以及对维持荒漠系统生物多样性的重要贡献。

(5) 证实了生物土壤结皮水文物理特征的时空异质性，特别是对其拓殖生境的微地形依赖性，是驱动温带荒漠化草原能流、物流“源-汇”过程的重要因素。

(6) 明确了生物土壤结皮对荒漠生态系统碳、氮循环的贡献。实验证明，随着生物土壤结皮发育年限的增加，其净光合速率和固氮能力明显增加，并导致生物土壤结皮分布区的维管束植物氮含量高于无结皮分布区；对碳的固定为客观评估荒漠生态系统对全球碳循环和缓解全球变暖的贡献提供了依据。

在本书撰写中，一方面为了方便读者参考，另一方面鉴于不同生物气候区生物土壤结皮生态与水文特征的差异，在尽可能采用最新文献的前提下，在各个章节介绍和总结了相关问题的国内外和我们研究组的研究成果，以期为国内今后相关研究提供较为全面的参考和借鉴。

本书是我们沙坡头站研究组的集体劳动的结晶，10余年来先后有30多位科研人员和研究生参加了野外和实验室工作，其中有20多人取得了博士学位。在具体撰写过程中，得到了研究组张志山、李小军、贾荣亮、苏延桂、李守中、陈应武、张鹏、何明珠、潘颜霞、刘艳梅、杨昊天、赵洋、高艳红、苏洁琼、冯丽、回嵘、谭会娟、黄磊、鲁艳、贾晓红和龙力群等博士的协助，部分学位论文和研究组尚未发表的成果也为本书增添了丰富的内容，在此一并致谢。

感谢中国科学院原副院长孙鸿烈院士和中国气象局原局长秦大河院士在百忙中为本书作序鼓励。

感谢我的同行中国科学院新疆生态与地理研究所张元明研究员给予的有益建议和帮助。

感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国科学院沙坡头沙漠研究试验站和高等教育出版社自然科学学术著作分社的领导和编辑，没有他们的支持和努力，本书很难在较短的时间里问世。虽然我们对生物土壤结皮的研究已有10余年的积累，但还存在许多未知的前沿科学问题，加上我们学识所限，书中错误和遗漏之处在所难免，恳请读者不吝指正。

李新荣

2011年7月11日

于宁夏沙坡头

Biological soil crust (BSC) is made up of cryptogamic species, such as cyanobacteria, green algae, diatom, lichen, moss, soil microbe and other related microorganisms that cement with the surface soil particles through their hyphae, rhizines/rhizoids and secretions. With the specialized structures and complicated assemblage of its members, BSC constitutes one of the most important landscapes and makes up 40% of the living cover of desert ecosystems, even exceeding 75% in some special habitats. As an ecosystem engineer with unique contributions, BSC plays irreplaceable roles in the interconnection between the surface biotic and abiotic components in arid and semi-arid regions. Thus, studies on BSC have come to the forefront of interdisciplinary research crossing the fields of biology and geography.

Desert ecosystems are generally regulated and stressed by abiotic factors, which, to a large extent, dominate the patterns and processes of these systems. Being especially limited by water availability, the desert soil surface cannot support large area of vascular plants with homogeneous vegetation cover. The resultant patchy distribution of plant communities provides the necessary eco-niches for the colonization and development of BSC. BSC effectively improves the surface micro-habitat and modifies important soil bio-characteristics (including survival and reproduction of soil microorganism), physical properties (including soil wind erosion, water erosion, soil surface aggregate structure, stability and pedogenesis), chemical properties (including fixation of carbon and nitrogen in particular, but also soil nutrients and elements, organic matter, pH, salt, accumulation of calcium carbonate and so on) and soil hydrological processes (infiltration, runoff, dew harvest, evaporation, redistribution of soil water and water cycling, etc.). Additionally BSC influences the germination, colonization and reproduction of vascular plants. In spite of the fact that the pioneering studies from abroad on BSC appeared as early as the 1930s and domestic research has also been reported from the Shapotou area, northeast of the Tengger Desert, since the 1950s, the scientific community did not begin to direct serious attention to BSC until the beginning of the 1990s. Unprecedented attentions had been paid to this issue since then. An extensive collection of studies related to BSC have been published by some excellent scientists, such as Professor Belnap J. and Dr. Bowker M. A. from USA, Professor Lange O. L. and Büdel B. from Germany, Professor Kidron G. J. from Israel, and Professor Eldridge D. J. from Australia. The book, *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*, and its revised edition, edited by Belnap and Lange with contributions by scientists from several countries, were published in 2001 and 2003, respectively, and greatly promoted BSC research. The studies addressed in the symposium cover nearly all of the bio-climate zones, with special detailed introductions to hot desert, cold desert, polar and tundra, the Arabia desert, and temperate grassland. However, little information was available from both the Chinese temperate and central Asia desert. This lack of knowledge is due primarily to a lack of systemic experiments and lack of centralization on a certain concern. Additionally, the international academic community knows little about the research status of BSC in China because, due to language barriers, few Chinese reports are published in international journals.

Based on a survey of the research on BSC, it can be concluded that the main focus during and before the

1990s was to gain understanding of the eco-functions performed by and the biodiversity within BSC. A number of publications have reported on topics like biodiversity of cyanobacteria, green algae, diatom, lichen and moss from different desert regions, the cementation action of cyanobacteria with soil particles, scanning electron microscopy of BSC structures, the aggregate structures that bind soil particles to the hyphae of cryptogamic plants, rhizines/rhizoids and their secretions, wind tunnel tests and the mechanisms of BSC resistance to wind and water erosion, the relationship between the presence of BSC and soil physical and chemical properties, and the efficiency of carbon and nitrogen fixation based on the cultivation of certain cyanobacteria. Since the beginning of this century, studies on BSC have entered a new stage with more systematic and comprehensive advances, allowing improved interpretation of the ecological functions of BSC. Importantly, under the present background of global change, more concerns are being raised about the roles of BSC in the soil hydrological, biogeochemical cycling and landscape processes in drylands. However, the conclusions and hypotheses of many current studies are inferred based on common ecological principles rather than supported by experimental findings. During the international conference “Biological Soil Crusts in Ecosystems—Their Diversity, Ecology, and Management” held in Retzbach-Zellingen, Germany in August, 2010, some issues were further emphasized, including the functions of BSC at the ecosystem levels, long-term ecological research related with BSC, the functions of BSC and its influence on biodiversity conservation, ecological restoration and reconstruction and production activities.

Studies on BSC in China arise from the establishment of the artificial protective sand-binding vegetation system for the Baotou-Lanzhou railway in the 1950s. The appearance of BSC following the stabilization of sand dunes attracted much attention from academic circles and it was treated as an important indicator of desertification reversion and successful stabilization of sand dunes. From then on, experimental results were gradually reported from the Shapotou area, such as the BSC formation principles, micro-bio-community composition characteristics in BSC layers, effects of BSC on precipitation infiltration in soil, the succession of BSC and its modification to the soil physical and chemical properties. The continuous deterioration of eco-environments and frequent, large-scale dust-storms in desertified areas impelled the pursuit of understanding the important ecological functions of BSC, which is increasingly with time, raising BSC to a research forefront in the fields of earth and ecology. As the earliest comprehensive ecological field research station, Shapotou Desert Research and Experiment Station, Chinese Academy of Sciences (CAS), provides an ideal and unique location for in-depth studies on BSC with the advantage of long-term system monitoring. For example, the revegetated sites with different establishment dates (1956, 1964, 1973, 1982, 1990 and 2002) are coupled with natural vegetation sites, which have been maintained for more than 50 years, thus providing ideal experimental sites for exploring the principles of BSC restoration and the integrated processes of BSC formation and succession with long-term monitoring of environmental factors related to water, soil, atmosphere and biology. For more than 10 years, the author and his colleagues from the research division of the Shapotou Station have conducted

systematic research on the BSC distributed through the Chinese temperate deserts including Tengger Desert (Shapotou area), Alxa Plateau and Maowusu sandland under the support of the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 40471006, 40671011, 30870425), State Key Program of National Natural Science of China (Grant Nos. 90202015, 40930636), China National Funds for Distinguished Young Scientists (Grant No.40825001) and Knowledge Innovative Program of The Chinese Academy of Sciences (Grant No.KZCX2-EW-301). According to the current research status in China and abroad, the following aspects involved in our research are the main topics of this book:

(1) We explore the principles behind the formation and evolution of BSC in temperate desert areas. It is made clear that coarse silt and aeolian dust are important for crust formation. Also important to crust formation are: a stable physical environment, microorganism reproduction, colonization of the soil surface with cryptogams and cementation of exudates and root systems with fine material. Cyanobacterial crust, desert algal crust, mixed crust (comprised by lichens and algae) and moss-dominated crust are important successional stages during BSCs evolution process. Ecological and hydrological functions of BSC vary with successional stage, and the stable stages of BSC succession also vary with climatic conditions.

(2) We review the experimental evidence of the influence of BSC in linking hydrological processes and water cycles, and provide reasonable interpretation of the controversial viewpoints that have long existed among international academic circles.

(3) We conclude, based on long-term monitoring and comparative experiments, that the changes in the ecosystem during revegetation due to the evolution and development of BCS areas. BSC influences the allocation of water and nutrients and affects seed germination mechanisms through modification of the physical and chemical properties of the soil surface. Additionally it significantly impacts the processes and direction of ecosystem succession, and therefore provides a good reference for vegetation construction and management of artificial vegetation communities.

(4) We verify that the contribution of BSC to desert insect diversity lies with its beneficial influence on insect habitat. It has been hypothesized and verified through experiments that BSC directly influences desert insect food chains and food networks. The functions of the BSC as an ecological engineer and its important contribution to maintaining the biodiversity in a desert ecosystem are also clarified.

(5) The influences of BSC, especially BSC micro-topography, on the spatial and temporal heterogeneity of hydrophysical characteristics are key drivers of "source-sink" shifting processes of material and energy flows in the temperate steppe.

(6) We verify the contribution of the BSC to carbon and nitrogen cycles. An increase in net photosynthesis rates and nitrogen fixing potentials of BSC, which leads to a higher nitrogen content of vascular plants than those in non-crust areas, is confirmed with experimental evidence. The carbon fixing abilities of BSCs provide