



中央民族大学青年学者文库
China Minzu University Young Scholars' Series

◎ 石 莎 / 著

半干旱区城镇防沙 治沙植被恢复与重建

——以内蒙古乌审旗嘎鲁图镇为例

BANGANHANQU CHENGZHEN
FANGSHA ZHISHA ZHIBEI
HUIFU YU CHONGJIAN

YI NEIMENGGU WUSHENQI GALUTUZHEN WEILI

中央民族大学出版社
China Minzu University Press



中央民族大学青年学者文库
China Minzu University Young Scholars' Series

◎ 石 莎 / 著

半干旱区城镇防沙 治沙植被恢复与重建

——以内蒙古乌审旗嘎鲁图镇为例

BANGANHANQU CHENGZHEN
FANGSHA ZHISHA ZHIBEI
HUIFU YU CHONGJIAN

YI NEIMENGGU WUSHENQI GALUTUZHEN WEILI

中央民族大学出版社
China Minzu University Press

图书在版编目(CIP)数据

半干旱区城镇防沙治沙植被恢复与重建:以内蒙古乌审旗嘎鲁图镇为例/石莎著. —北京:中央民族大学出版社,2013.3

ISBN 978-7-5660-0398-0

I. ①半… II. ①石… III. ①干旱区—防沙—研究—乌审旗
②干旱区—沙漠治理—研究—乌审旗③干旱区—植被—恢复—研究—乌审旗 IV. ①P942.265.73②Q948.15

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第053321号

半干旱区城镇防沙治沙植被恢复与重建

——以内蒙古乌审旗嘎鲁图镇为例

著 者 石 莎

责任编辑 满福奎

封面设计 布拉格

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街27号 邮编:100081

电话:68472815(发行部) 传真:68932751(发行部)

68932218(总编室) 68932447(办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 厂 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 880×1230(毫米) 1/32 印张:8

字 数 200千字

版 次 2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5660-0398-0

定 价 26.00元

版权所有 翻印必究

总 序

中央民族大学是我们党为解决民族问题、培养少数民族干部和高级专门人才而创办的高等学府。建校六十多年来，中央民族大学认真贯彻党的教育方针和民族政策，坚持社会主义办学方向，坚持为少数民族和民族地区发展服务的办学宗旨，培养了成千上万的优秀人才，取得了许多具有开创性意义的科研成果，创建和发展了一批民族类的重点学科，走出了一条民族高等教育又好又快发展的成功之路。

今天，荟萃了 56 个民族英才的中央民族大学，学科门类齐全、民族学科特色突出，跻身于国家“211 工程”和“985 工程”重点建设大学的行列。中央民族大学已经成为我国民族工作的人才摇篮，民族问题研究的学术重镇，民族理论政策的创新基地，民族文化保护和传承的重要阵地。

教师是学校的核心和灵魂。办好中央民族大学，关键是要有一支高素质的教师队伍。为建设一支能够实现几代民大人孜孜以求的建成国际知名的、高水平的研究型大学提供坚实支撑的教师队伍，2012 年 4 月，学校做出决定，从“985 工程”队伍建设专项经费中拨出专款，设立“中央民族大学青年学者文库”基金，持续、择优支持新近来校工作的博士、博士后出站人员以及新近取得博士学位或博士后出站资格的在职教职工出版高水平的博士学位论文和博士后出站报告。希望通过实施这一学术成果出版支持计划，不断打造学术精品，促进学术探究，助推中央民

族大学年轻教师成长，形成长江后浪推前浪、一代更比一代强的教师队伍蓬勃壮大的良好局面。

青年教师正值学术的少年期。诚如梁启超先生脍炙人口的名言所祈愿：少年智则国智，少年富则国富，少年强则国强，少年独立则国独立，少年自由则国自由，少年进步则国进步，少年胜于欧洲，则国胜于欧洲，少年雄于地球，则国雄于地球。希望在各方面的共同努力下，在广大青年教师的积极参与下，《中央民族大学青年学者文库》能够展示出我校年青教师的学术实力，坚定青年教师的学术自信，激发青年教师的学术热忱，激励广大青年教师向更高远的学术目标攀登。唯有青年教师自强不息，中央民族大学的事业才能蒸蒸日上！

中央民族大学青年教师学术著作出版

编审委员会

2013年6月19日

前 言

我国半干旱地区城镇众多、人口相对密集，是风沙灾害防治的重点区域，该区域具备植被恢复与重建的自然条件与经济基础，但近期实施的植被恢复工程多以道路防沙为主，针对城镇防沙治沙进行植被恢复与重建成为新的研究领域。内蒙古自治区乌审旗位于毛乌素沙地腹部，旗政府所在地嘎鲁图镇是半干旱区小城镇的典型代表。本书以嘎鲁图镇为中心，周边半径 10km 的范围为研究区，通过野外试验和观测，采用治沙工程学、生态学、植物生理生态学等基本理论和方法，从植物生理生态学和土壤水分平衡角度，结合城镇防沙高经济效益、高土地利用效率、景观美化等原则，对半干旱区城镇植被恢复与重建的物种筛选与合理密度配置模式进行了研究，旨在为半干旱区城镇植被恢复与重建提供理论支持。

1. 研究区沙生灌木植被为该区最有代表性和分布最广的植被类型，其中沙柳群落与油蒿群落是沙生灌木植被的主要植物群落，油蒿和沙柳可作为当前沙区生态建设与植被恢复所需要的主要乡土植物种。沙生灌木植被覆盖度随季节和地形不同而变化，并且直接影响固定沙丘和半固定沙丘的土壤水分时空分布。随沙丘植被覆盖度的上升，沙丘土壤含水量呈下降趋势。研究区植被防护体系是由公路两侧人工植被和自然植被构成，区域植被较为单一，植物的经济产出低，丘间低地没有得到充分利用，造成城镇周边土地资源的浪费。因此，作为城镇周边的防沙治沙植被体

系,研究区防沙治沙体系仍有进一步改善的必要。

2. 研究区沙丘土壤含水量的时间变化分为春季积累期、水分消耗期、秋季积累期、稳定期四个阶段,有利于沙柳和油蒿植物群落的恢复和重建。沙丘土壤含水量空间分布趋势表现为流动沙丘 > 半固定沙丘 > 固定沙丘(纯蒿) > 固定沙丘(柳蒿混生),意味着在流动沙丘上适合进行沙柳和油蒿植物群落的重建。从沙丘地貌部位条件看,背风坡土壤含水量接近植物凋萎系数,不宜进行植被重建;丘间低地由于地下水位高,植被恢复和重建的密度设计不受土壤水分的影响。嘎鲁图镇周边的沙丘土壤水分条件适于沙柳和油蒿的生长,与油蒿相比,沙柳植株平均高度较高,更能发挥阻截城镇周边 20—30km 范围以外沙尘来源的功能,对降低城镇内部风沙灾害程度效果较好;其次沙柳也是柳编、造纸、发电等产业的原材料,具有较高的经济价值;再次,在城镇周边治沙植被中配置沙柳既能够满足防沙治沙工程中植物高低搭配的原则,又能美化城镇周边景观。因此,防沙治沙植被中应尽量多配置沙柳。

3. 研究区近 50 年的年平均降水量为 345mm,年降水量小于 150mm 的情况只出现过一次,50% 的年份降水量大于 350mm。人工控制水分实验结果证明:油蒿和沙柳植株幼苗在施水量 150mm 时,虽有生命指征,但受到严重干旱胁迫;250mm 施水量时,植株幼苗有一定生长;350mm 及以上施水量时,植株幼苗生长旺盛。说明在年平均降水量情况下,能满足这两种灌木植物的生长需求,因此这两种优势灌木植物适应当地降水量条件,可以用作当地防沙治沙的植物种。在施水量相同的情况下,沙柳的日平均 P_n 大于油蒿,能产生更高的地面生物量;施水量的上升能有效提高沙柳的株高,产生更远的沙尘防护距离;同时沙柳具有较高的经济价值,因此是一种更适合用于嘎鲁图镇周边防风固沙的植物种。野外自然条件观测结果证明,降水量 348mm 和

485.3mm 时,这两种灌木植物在迎风坡、丘顶、丘间低地均表现出良好的生理生态生长指标,尤其是土壤水分条件好的丘间低地。

4. 利用 Penman - Monteith 公式和水分平衡原理,计算出不同地形条件下土壤有效含水量顺序为丘间低地 > 迎风坡 > 丘顶 > 背风坡,丘间低地可配置耗水量较大、经济价值较高的沙棘(株行距 $1 \times 1\text{m}$)、枸杞(株行距 $1 \times 1.5\text{m}$)、苜蓿(行距 0.3m)等植物;背风坡土壤有效水含量为负值,不具备植被种植的水分条件。因此,流动沙丘植被的重建应针对迎风坡和丘顶两种地形条件来展开,在水分条件较差的丘顶宜采用单一油蒿(株行距 $1.6 \times 2\text{m}$)或籽蒿(株行距 $1.2 \times 2\text{m}$)配置,保证植被覆盖度;在水分条件较好的迎风坡,宜采用沙柳(株行距 $1.5 \times 10\text{m}$) + 油蒿(株行距 $1 \times 2\text{m}$)或沙柳(株行距 $1.5 \times 10\text{m}$) + 籽蒿(株行距 $1 \times 1.6\text{m}$)混合配置,这样可以在保证一定沙柳密度的同时适当增加植被的覆盖度,既能达到风沙防治目的,又能满足治沙工程中高低搭配的要求,并且兼顾了城镇防沙植被经济价值较高与城镇景观美化的原则,是一种较为理想的城镇防风固沙植被恢复重建模式。

PREFACE

The semiarid region is the key area for engineering of sand – control with a dense population and numerous towns. This area has natural conditions and economic base for the vegetation restoration and reconstruction. Most of vegetation restoration projects work for protecting railways and roads, so vegetation restoration for protection a town becomes a new field. Galutu, a representative townlet in semiarid region situated in hinterland of Maowusu sandy land, is taken as the object studied in this paper. According to located observation and experiments, combing the principles of sand – control around a town with landscape beautification and high yield in economy and land utilization, based on the theories of sand – control engineering, ecology and plant physiological ecology, the paper analyzes the selection of plant species and appropriate density of planting design for the vegetation restoration and reestablishment in semiarid regions. All the results as following may give the theoretical foundation on vegetation restoration and reestablishment in semiarid towns.

1. Among the psammophilous shrubby vegetation which is the typical and most widely distributed one in research area, the dominant shrubby species are *Artemisia ordosica* and *Salix psammophila* which are considered as the native plants for ecological construction and vegetation restoration. The coverage of psammophilous shrubby vegetation

is different accompanying with changing of space and time. Meanwhile it affects the spatial and temporal distribution of soil water content directly. Unity vegetation in research area leads to low economic outputs and inadequate land utilization, therefore it is necessary for restoration and reestablishment the vegetation around the town.

2. The seasonal dynamic change of sand water content can be divided into four stages: the accumulating period in spring, the water – consuming period, the accumulating period in fall and stabilization period. The sand water content is in a sequence of moving dune > semi – fixed dune > dune fixed by *Artemisia ordosica* > dune fixed by *Salix psammophila* and *A. ordosica*. The sand water content of leeward slope is lower than wilting coefficient, which is not fit for planting, but the soil water content in other landform of dune are fit for the growth of *S. psammophila* and *A. ordosica*. Compared with *A. ordosica*, *S. psammophila* is more likely to be considered to plant around Galutu because it can meet the principles of sand – control around a town.

3. Analyzing average precipitation of research area in last 50 years and the experiments results of water – controlling, *A. ordosica* and *S. psammophila* adapt to the native precipitation. Under the same watering condition, the diurnal average of net photosynthesis on *S. psammophila* is more than *A. ordosica*. Meanwhile, *S. psammophila* produces more biomass and plant height. And observation results in the field show that windward slope, slope crest and lowland of the dune are the places to be suitable for the vegetation restoration. However, the leeward slope can't be taken as the key landform for planting with bad condition of water content. Therefore, *S. psammophila* is a better species for vegetation restoration in a town.

4. With the Penman – Monteith formula and the water balance

principle, it shows the sequence of the effective soil water content with different terrains: inter - dune lowland > windward slope > slope crest > leeward slope. Vegetation density can't be limited by the water conditions in inter - dune lowland where some species with a large water consumption and high economic value such as *Hippophae rhamnoides* Linn (spacing $1 \times 1\text{m}$), *Lycium barbarum* (spacing $1 \times 1.5\text{m}$) and *Medicago sativa* Linn (spacing 0.3m) can be planted. *S. psammophila* (spacing $1.5 \times 10\text{m}$) and *A. ordosica* (spacing $1 \times 2\text{m}$) or *S. psammophila* (spacing $1.5 \times 10\text{m}$) and *A. sphaerocephala* (spacing $1 \times 1.6\text{m}$) should be planted on windward slope. Unity planting of *A. ordosica* (spacing $1 \times 2\text{m}$) or *A. sphaerocephala* (spacing $1.2 \times 2\text{m}$) should be planted on slope crest. But the leeward slope hasn't such condition for vegetation growth. Those all above constitute a better model of vegetation restoration for protection a town in semiarid region from blowsand disaster.

目 录

第一章 引 言	(1)
1 选题依据	(1)
1.1 选题范围	(1)
1.2 选择技术	(2)
1.3 选择地点	(3)
2 研究目的及意义	(4)
2.1 研究目的	(4)
2.2 研究意义	(5)
第二章 研究现状	(6)
1 植被恢复与重建研究的形成与发展	(6)
1.1 国外植被恢复与重建研究概况及特点	(8)
1.2 国内植被恢复与重建研究进展及特点	(9)
1.3 植被恢复与重建研究存在的主要问题	(11)
2 防风治沙植被恢复与重建工程实践	(13)
2.1 国外植被恢复与重建工程实践	(13)
2.2 国内植被恢复与重建工程实践	(15)
3 防风治沙植被恢复与重建技术原理	(18)
3.1 防风治沙植物种选择	(19)
3.2 防风治沙植被密度	(22)
3.3 防风治沙植被配置	(24)
4 防风治沙植被恢复与重建理论基础	(26)

4.1	生态限制因子机理	(27)
4.2	沙地植物水分的研究	(28)
4.3	沙地植物蒸腾作用	(29)
4.4	植物适应机理	(31)
第三章 研究区概况		(34)
1	自然地理概况	(34)
1.1	地理位置	(34)
1.2	地形、地貌特征	(35)
1.3	土壤类型	(36)
1.4	水文条件	(36)
1.5	气候条件概况	(37)
1.6	研究区植被概况	(40)
2	社会经济概况	(43)
2.1	人口	(43)
2.2	经济	(44)
2.3	土地	(44)
2.4	牲畜	(45)
2.5	矿产资源	(45)
2.6	森林资源	(45)
3	土地沙漠化与风沙灾害现状	(46)
3.1	土地沙漠化现状及变化	(46)
3.2	风沙灾害现状	(47)
3.3	土地沙漠化与风沙灾害成因	(50)
3.4	土地沙漠化与风沙灾害趋势	(54)
第四章 研究思路与研究方法		(57)
1	研究思路	(57)
2	研究方法	(58)
2.1	观测样地选择	(58)

2.2 野外观测方法	(60)
2.3 水分控制实验方法	(62)
2.4 沙丘土壤水分平衡计算方法	(63)
2.5 Penman - Monteith 方程计算地表蒸散量	(67)
2.6 植被蒸腾水分(E_1)	(69)
2.7 植被萎蔫含水量(R)	(71)
3 技术路线图	(72)
第五章 植被群落结构特征	(73)
1 区域植被类型	(73)
1.1 落叶阔叶植被	(73)
1.2 沙生植被	(74)
1.3 低湿地植被	(75)
2 沙生植被特征	(76)
2.1 沙生植被的形态适应特征	(77)
2.2 沙生植被常见植物种	(86)
2.3 沙生植被优势植物种	(86)
2.4 沙生植被覆盖度动态变化	(88)
2.5 小结	(92)
第六章 沙丘土壤水分	(93)
1 土壤水分的季节变化规律	(94)
1.1 流动沙丘土壤水分季节变化规律	(94)
1.2 固定、半固定沙丘土壤水分季节变化规律	(97)
1.3 不同固定程度沙丘土壤水分季节变化规律	(99)
2 土壤水分的空间分布规律	(100)
2.1 沙丘土壤水分总体特征	(100)
2.2 沙丘土壤水分的垂直分布	(101)
2.3 沙丘不同地貌部位土壤水分动态	(102)
3 沙丘土壤水分与治沙植被恢复可行性分析	(109)

第七章 自然环境中优势植物气体交换生理特征	(111)
1 五种灌木植物净光合速率、蒸腾速率日变化	(112)
1.1 沙柳净光合速率、蒸腾速率日变化	(112)
1.2 油蒿净光合速率、蒸腾速率日变化	(114)
1.3 籽蒿净光合速率、蒸腾速率日变化	(115)
1.4 杨柴净光合速率、蒸腾速率日变化	(117)
1.5 小叶锦鸡净光合速率、蒸腾速率日变化	(119)
1.6 自然条件下五种灌木净光合速率与蒸腾速率	(120)
2 五种灌木植物对光合有效辐射升高的响应	(122)
2.1 沙柳对光合有效辐射升高的响应	(122)
2.2 油蒿对光合有效辐射升高的响应	(124)
2.3 籽蒿对光合有效辐射升高的响应	(125)
2.4 杨柴对光合有效辐射升高的响应	(127)
2.5 小叶锦鸡对光合有效辐射升高的响应	(129)
3 五种灌木植物对 CO_2 浓度升高的响应	(131)
3.1 沙柳对 CO_2 浓度升高的响应	(131)
3.2 油蒿对 CO_2 浓度升高的响应	(133)
3.3 籽蒿对 CO_2 浓度升高的响应	(134)
3.4 杨柴对 CO_2 浓度升高的响应	(136)
3.5 小叶锦鸡对 CO_2 浓度升高的响应	(137)
4 小结	(139)
第八章 优势植物种生长与降水关系	(141)
1 人工控制降水量与优势植物种的关系	(142)
1.1 人工控制降水量与植物生长状况	(142)
1.2 人工控制降水量与植物生理生态特征	(145)
2 自然环境中优势植物生理生态特征	(151)
2.1 净光合速率 (P_n)	(151)

2.2 蒸腾速率(E)	(154)
3 优势植物种对降水的适应性分析	(157)
第九章 基于水分平衡的植被配置	(160)
1 水分平衡计算	(160)
1.1 地表蒸散量	(160)
1.2 植被蒸腾量	(163)
1.3 土壤蒸发量	(167)
1.4 植被可利用土壤有效水含量	(168)
2 沙丘固沙植被理论配置密度	(169)
2.1 单一植物种的理论配置密度	(169)
2.2 混合植被的理论配置密度及覆盖度	(172)
2.3 植被配置行间距	(177)
3 丘间低地植被建设与利用	(178)
4 沙丘植被密度配置分析	(178)
第十章 主要结果与讨论	(181)
1 主要结论	(182)
1.1 植被群落结构特征	(182)
1.2 沙丘土壤水分	(183)
1.3 优势植物种生长与降水的关系	(184)
1.4 基于土壤水分平衡的植被配置	(185)
2 讨论	(186)
参考文献	(188)
附录 四种常用防沙治沙植物种的生态学特性 及种植技术	(217)

第一章 引言

1 选题依据

1.1 选题范围

风沙灾害一直是我国北方干旱、半干旱地区主要的自然灾害之一，严重影响人们的居住环境、生活条件和身体健康状况。该区域面积超过全国总面积的三分之一，包括新疆、青海、甘肃、宁夏全境和陕西秦岭以北、内蒙古西部以及山西西部地区的 742 个县，3303 个城镇，居住人口达 19326.88 万。这些城镇无一例外遭受风沙灾害的侵扰。以毛乌素沙地为例，榆林市年风沙日数约为 60d^[1]；定边、横山、神木年均沙尘暴日数（任一站有算 1 天）为 6—23d，其中，定边处于平坦的风沙草滩区，年沙尘暴日数最多，达 22.7d（44 年平均）。南部丘陵沟壑区年均沙尘暴日数为 1.6—4.4d^[2]；乌审旗春冬两季多年平均风沙天气日数为 49d，其中扬沙、沙尘暴、浮尘平均日数分别为 26d、9d 和 14d。有些城镇甚至面临风沙掩埋的尴尬局面。

城镇是人口和社会经济活动高度集中的场所^[3]，作为人类文明、社会进步的象征和生产力的空间载体，城镇聚集了一定地