

博士文库

浑善达克沙地固沙灌木黄柳的 生态特性研究

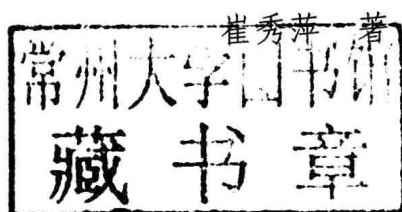
STUDY ON ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF
SALIX GORDEJEVII IN HUNSHADAK SANDLAND

崔秀萍 著

中国环境科学出版社

博士文库系列

浑善达克沙地固沙灌木黄柳的 生态特性研究



中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

浑善达克沙地固沙灌木黄柳的生态特性研究/崔秀萍著.

—北京: 中国环境科学出版社, 2012.11

(博士文库)

ISBN 978-7-5111-1080-0

I. ①浑… II. ①崔… III. ①沙柳—生态特性—研究

—内蒙古 IV. ①Q949.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 174989 号

责任编辑 孟亚莉

文字编辑 安子莹

责任校对 唐丽虹

封面设计 金 喆

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn

联系电话: 010-67112765 (总编室)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2012 年 11 月第 1 版

印 次 2012 年 11 月第 1 次印刷

开 本 880×1230 1/32

印 张 4.5

字 数 120 千字

定 价 25.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

序

荒漠化是当今全球普遍面临的重大生态环境问题，世界各国对于荒漠化成因、机理过程和恢复途径的研究非常重视，是近年来生态学研究的一个重大课题。荒漠化不仅是生态环境问题，也是社会经济问题，它不仅导致土地生产力下降、土地资源丧失、植被退化、生态平衡破坏、生态系统的结构和功能严重失调，而且会严重影响荒漠化区域的经济、社会的可持续发展。

作为中国五大沙地之一的浑善达克沙地，地处北方典型草原区向华北农业区的过渡地带。长期以来，锡林郭勒草原是我国极其重要的草地畜牧业生产基地，也是我国北方地区的一道重要的绿色生态屏障，有效地阻止了草原腹地的土壤侵蚀、沙化以及来自中亚和我国西北部的沙尘侵害，对于维持整个华北地区的生态环境安全起着极其重要的作用。但是由于大部分地区的土壤以风沙土为主，且处于我国三大风区之一，所以其生态环境十分脆弱。采用先进的植物种植措施是目前沙地防治荒漠化的主要措施，但在具体地区如何选择适宜的植物种、采用什么样的栽植技术措施来保证其成功，都是很重要的先导性研究课题。

黄柳 (*Salix gordejewii* Y.L.Chang et Skv.) 是杨柳科柳属的一

种旱中生灌木，广泛分布于浑善达克沙地的流动、半流动裸露沙地上，是一种很好的固沙先锋植物，其具有耐干旱、抗风蚀、耐沙埋的特点，在人工治沙中广泛采用，效果良好。黄柳受流沙淹埋易生不定根和不定芽，形成新的根系和枝条，在一定范围内，植丛的生长速度与沙埋深度呈正相关，只要沙埋不超过树冠，沙层越厚，生长越旺盛，常常形成高大的黄柳沙包，但当后续沙源终断，其他沙生植物渗入，沙区逐渐趋于固定，黄柳的生长日趋衰退，最终干枯死亡。

本书是崔秀萍在其博士论文的基础上修改而成的，本著作有以下特征和创新。

第一，小中见大，立意全局。草原被公认为是地球上最大的绿色屏障，在水土保持、防风固沙、净化空气、调节气候、维持碳氧平衡方面发挥着重要作用。锡林郭勒草原拥有目前我国最大的草原生态系统类型的自然保护区，在草原生物多样性保护方面占有重要的位置和国际影响，然而由于种种原因，生态环境急剧恶化，草原退化、沙化、盐碱化现象比较严重。作者以黄柳的生态特性研究着眼，意在寻求锡林郭勒草原退化生态建设的途径，有益于草原退化的生态治理与恢复。

第二，以点带面，利在整体。20 世纪 70 年代以来，由于气候因素和人为活动加剧，浑善达克沙地退化严重，成为京津地区扬沙和沙尘暴的主要沙源地之一，直接危及华北的生态安全，

2000 年国家启动京津风沙源治理工程, 综合治理旋即开始。崔秀萍博士以浑善达克沙地为靶区, 展开黄柳的生态特性研究, 积极探求沙源的生物治理技术, 有助于固定沙丘, 增加草原植被, 提高植被覆盖率, 改善地表环境, 为沙源治理工程提供智力支撑。

第三, 精研细磨, 推陈出新。本书以浑善达克沙地重要的固沙先锋灌木黄柳作为研究对象, 主要针对黄柳的形态结构适应性、种子天然更新规律以及人工更新复壮、生理适应性等方面进行了一系列的探索研究, 揭示了黄柳在沙地的生理生态适应对策, 做了卓有成效的工作, 取得了一系列研究成果。本书是一部具有创新性的著作, 可为今后浑善达克沙地的防风固沙工作提供合理且经济有效的理论指导和技术支持。

刘果厚

2012 年 6 月 4 日

于内蒙古农业大学

摘 要

黄柳作为浑善达克沙地重要的固沙先锋灌木,对沙地生态环境的改善起着十分重要的作用,本书主要针对黄柳的形态结构适应性、种子天然更新规律以及人工更新复壮、生理适应性等方面进行了一系列的探索研究,提出了黄柳在沙地的生理生态适应对策。主要研究成果如下:

(1) 黄柳叶片叶肉全栅化,为等面叶,上、下表皮细胞外壁加厚且均具角质层,是典型的沙生灌木的形态结构特征;由于小生境的不同,叶片在形态结构上亦表现有差异,抗旱性大小顺序依次是:流动沙丘的黄柳→半固定沙丘的黄柳→固定沙丘的黄柳→丘间低地小红柳。黄柳叶片具有较厚的角质层、叶肉全栅化、没有海绵组织分化等旱生植物的特征,因此,从叶片的形态解剖结构角度来分析,也证实了其是旱中生灌木。

(2) 通过对黄柳从栽植开始到长势旺盛时的根系分布特征和生物量的研究发现:人工栽植黄柳的根系主要由直径小于 2.0 mm 的中根和细根构成,其中又以直径小于 0.5 mm 的细根所占比例最高,其数目占剖面根系总数的 50% 以上。根系主要分布在 10~30 cm 的土层中,以便吸收这一土层内的水分和养分;根系重量在各土层中呈随土层深度加深而降低的趋势;根系呈水平分布,水平根发达,随着植株的不断生长,这一特征愈加明显。

(3) 黄柳种子萌发和幼苗生长受多种环境因子的影响,黄柳种子对水分条件敏感,发芽的适宜土壤含水量为 3%~20%;种子萌发需要沙土覆盖,适宜覆沙厚度为 0.1~0.4 cm,但当沙埋厚度超过

0.6 cm 时, 种子出苗就会受到抑制; 种子发芽的适宜温度为 15~35℃, 当温度高于 45℃ 时种子将不能萌发, 且种子最终死亡; 黄柳种子是光中性种子, 光照和黑暗条件下的发芽率无显著性差异; 幼苗的耐热性较强, 40℃ 处理下幼苗才出现热害症状, 并且热害症状发展缓慢, 60℃ 处理下 90 min 后幼苗才会干枯死亡; 在室内贮藏条件下, 黄柳种子的寿命为 120 d 左右。

(4) 结合野外调查情况和实验室实验可看出, 黄柳的种子萌发和幼苗生长受多种自然因子的影响, 黄柳是采用多种子、高萌发、低存活的繁殖策略以适应沙地环境, 属于 r 型对策者。黄柳有种子更新和萌蘖更新两种更新方式, 但由于种子发芽和幼苗的形成受温度、水分及沙埋情况等多项因子的综合影响, 种子更新困难。

(5) 随着沙丘的逐渐固定, 黄柳地上部分逐渐老化, 开始出现衰退甚至逐渐死亡现象, 这时可利用黄柳具有萌蘖的特性, 采取人工平茬措施, 达到复壮更新的目的, 平茬灌丛新生枝条长度比未平茬灌丛约长 150 cm, 当年生新枝最长达 277 cm; 平茬灌丛新生枝基径也比未平茬的约粗 0.5 cm, 最粗的为 1.32 cm; 平茬黄柳灌丛叶片长平均为 8 cm, 叶宽平均为 0.6 cm, 而未平茬灌丛叶片平均长为 5.3 cm, 叶片宽平均为 0.4 cm。可见, 平茬不但增加了黄柳灌丛的生物量, 亦提高了家畜可食部分(叶+嫩茎)的比例, 同时增大了郁闭度, 增强了防风固沙效果。

(6) 在水分亏缺条件下, 黄柳叶片含水量和相对含水量较多, 束缚水含量高, 持水能力较强; 随着水分亏缺程度的增加, 黄柳叶片的可溶性糖含量和 Pro(脯氨酸)含量均增加, 对黄柳均有渗透调节作用; 黄柳 SOD(超氧化物歧化酶)活性和 POD(过氧化物酶)活性增加, 且与 CAT(过氧化氢酶)有较好的协调作用, 以减缓自由基对细胞膜系统的伤害; 黄柳叶片中 MDA(丙二醛)含量逐渐增加, 说明膜系统的伤害程度也随水分亏缺程度的增加而加剧。因此, 在生理特性上, 黄柳也表现出了对沙地干旱环境的适应特性。

ABSTRACT

Salix gordejevii is a kind of dune-fixing pioneer shrub in Hunshandak Sandland, China. *Salix gordejevii* takes a vital role in improvement of ecological environment. We had conducted a series of explorative research, which included morphological and structural adaptability, physiological adaptability, regular of natural regeneration and artificial regeneration and restoration and so on. Eco-physiological adaptability countermeasures of *Salix gordejevii* were showed, with main conclusions being achieved as follows:

(1) The leaves of *Salix gordejevii*, under all the observed habitats, were thicker with total-palisade type, identical face leaf and thicken epidermis cell wall with cuticle. Its structural characteristics were typical psammophyte. The results also showed that the sequence of drought resistance is in the order of *Salix gordejevii* on the drifting sand dune, *Salix gordejevii* on the semi-fixed sand dune, *Salix gordejevii* on the fixed sand dune and *Salix microstachya* var. *bordensis*. Meanwhile, from a structure of leaves perspective, *Salix gordejevii* were confirmed which it is a xeromesophytes.

(2) The main conclusions being achieved by studied on root system distribution and biomass of *Salix gordejevii*: Artificial forest root system were made up fine root and middle root (diameter < 2.0 mm), and fine root (diameter < 0.5 mm) took high proportion. The fine root took more than 50% of the total amount. Root system of *Salix gordejevii* mostly distributed in 10~30 cm depth of soil, and in order to absorb the moisture content and nutrient in this soil layer; with deepened soil layer,

the weight of root system took on reduced tendency; the root system took on the level distribution, and the horizontal root system was developed. At the same time, with the plant growth, the characteristic would even more obvious.

(3) Seed germination characters and seedling development of *Salix gordejewii* were affected by some environmental factors. In this research the soil moistures, soil thickness, temperature and light that influenced the seed germination and seedling development were studied. The results showed: Seeds were very sensitive to water. The optimal sand water content for seed germination was from 3% to 20%. If sand water content was less than 3% or more over 20%, seed could not germinate; Seed germination needed sand bury. The optimal sand thickness was 0.1 cm to 0.4 cm. However, when the sand that buried seed was thicker than 0.6 cm, seedling emergence would be restrained. When the sand was thicker than 1.2 cm, seed would not germinate; The optimal temperature for seed germination was from 15 to 35°C. When the temperature was higher than 45°C, seed could not germinate, and died finally; Heat tolerance of the seedling was strong. Seedling will be damaged when temperature was 40°C, and died after 90 min when temperature was 60°C; Seed longevity was about 120 d when seed were stored under the indoor condition.

(4) *Salix gordejewii* belongs to r-countermeasure type, which was more seed, high germination rates and lower livability. The regenerate manners of *Salix gordejewii* had seed regeneration and sprouting regeneration, but seed regeneration was hard.

(5) Growth of *Salix gordejewii* would decline when the drifting sand dune was fixed. In order to achieve the purpose of regeneration and restoration, people might adopt cutting measure by making use of its characteristic. Therefore, not only the cutting increased biomass of shrub, but also edible parts, canopy density and effects of sand-fixing

and sind-preventing.

(6) Under the conditions of water deficiency, relative water content, bound water content and water-holding capacity of *Salix gordejevii* were high; With increasing the degree of water deficiency, soluble sugar content and Pro content of leaves increased, and effect of osmoregulation to *Salix gordejevii*; The SOD activity and POD activity raised, and assorted with CAT, in order to mitigate hurt of O_2^- ; The content of MDA raised gradually, and showed that hurtful degree of membrane protective system increased with increasing the degree of water deficiency. Therefore, as viewed from physiological characteristics, *Salix gordejevii* exhibits adaptive characteristics of drought too.

目 录

第一章 绪 论.....	1
1.1 研究背景、目的和意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	11
1.3 研究内容.....	15
第二章 浑善达克沙地概况.....	17
2.1 自然状况.....	17
2.2 土地面积及利用现状.....	23
2.3 社会经济状况.....	23
第三章 生态生物学特性.....	24
第四章 形态结构适应性.....	26
4.1 不同生境下叶片解剖结构的对比观察.....	26
4.2 人工栽植黄柳的根系分布特征及生物量.....	36
4.3 对风蚀沙埋的适应.....	47
第五章 种子更新规律和人工更新复壮.....	52
5.1 种子更新规律调查.....	52
5.2 种子发芽和幼苗生长特性.....	58
5.3 人工更新复壮.....	75

第六章 生理适应性.....	81
6.1 引言.....	81
6.2 材料与方法.....	86
6.3 研究结果.....	91
6.4 分析与讨论.....	104
6.5 小结.....	108
第七章 结 论.....	110
参考文献.....	113
后 记.....	131

第一章 绪 论

1.1 研究背景、目的和意义

沙漠化是在极端干旱、干旱、半干旱（包括部分半湿润）地区的沙质地表条件下，由于自然因素或人为活动的影响，破坏了自然生态系统的平衡，出现了以风沙活动为主要标志，并逐步形成风蚀、风积地貌景观的土地退化过程^[1]。它是荒漠化三种主要类型（水土流失、沙漠化、盐渍化）之一。沙漠化是一种土地退化，其土壤变化包括风蚀导致的土壤物质流失，土壤的物理、化学和生物特性的退化以及自然植被的长期丧失；它与沙漠的区别在于沙漠是自然因素形成的，而沙漠化是在潜在的自然因素基础上以人为因素为主形成和发展的，在人为因素消除后，沙漠化土地可以恢复到原来的状态^[2]。

中国的沙漠化在近 100 年来发展很快，在 100 年的时间尺度下，对于气候变化来说，只是较小的波动，不会造成生态环境大改变，而同期由于人口压力不断增加以及不合理的生产方式，造成了生态

环境恶化以及沙漠化的扩展;在中国北方沙漠化土地中,约有 25.4%的面积是由于过度农垦而导致的,28.3%是由于过度放牧造成的,31.8%是由于过度樵采造成的,由于水资源利用不当以及工矿建设破坏植被造成的沙漠化面积占 9%,而单纯由于自然营力引起沙丘前移所形成的沙漠化土地面积只占总面积的 5.5%^[3]。从以上数据可以看出,人为因素是造成沙漠化发展的最主要的因素,这也是目前全球许多生态环境问题的主要原因。

沙漠化是目前我国北方半干旱、干旱地区主要的土地退化形式,这些地区自然环境本来十分脆弱,属于环境敏感地区,由于经济发展需求以及人口压力的不断增大,再加上普遍采用的滥垦、滥牧、滥樵、过度开采地下水等粗放的掠夺式的生产方式,造成植被退化,地表裸露,在风的作用下,导致了沙漠化的发生。近 50 年来,我国沙漠化发展迅速,沙漠化土地面积不断增加。据 2000 年我国沙漠化土地野外调查及遥感动态监测结果显示,我国沙漠化土地总面积为 38.569 万 km^2 ,与 1988 年的监测结果相比,增加了 4.674 万 km^2 。其中轻度和潜在沙漠化土地面积为 13.930 万 km^2 ,占沙漠化土地总面积的 36.1%;中度沙漠化土地面积为 9.977 万 km^2 ,占沙漠化土地总面积的 25.9%;重度沙漠化土地面积为 7.909 万 km^2 ,占沙漠化土地总面积的 20.5%;严重沙漠化土地面积为 6.756 万 km^2 ,占沙漠化土地总面积的 17.5%。而且沙漠化土地年增长速率也在增大,20 世纪 50 年代后期至 1975 年沙漠化土地年均扩展速度为 1 560 km^2 ,1975 年到 1987 年为 2 100 km^2 ,1988 年到 2000 年为 3 595 km^2 ^[4]。在北方半干旱、干旱地区沙漠化土地分布中,农牧交错区沙漠化土地面积最大,约占总面积的 40.5%,其次为沙质草原区,约占总面积的 36.5%,其余的占总面积 23.0%的面积分布在干旱地带绿洲边缘及内陆河下游地区^[5]。

由于土地沙漠化现象的日益严重,沙尘暴的频繁发生,沙漠化土地面积的迅速扩展,造成环境退化和巨大的经济损失引发局部地区政局稳定和社会安全问题,使之成为全球广泛关注的热点,我国的沙漠化问题研究更是迫在眉睫。沙漠化地区的生态环境原本就很

脆弱,加之人类不合理的土地利用,造成这些地区的生态环境越发严峻。在这一环境中生存的植被,对抵御风沙,稳定其生态平衡起着不容忽视的作用。伴随着土地沙漠化的发生发展,土壤的机械组成、水分、养分、气温、地表辐射等生态要素都会发生变化,在时空上进行分异重组和资源再分配,导致植被分布格局和结构模式的变化,使植被发生退化演替;同时植物也会在形态、结构、生理、繁殖、生长等方面发生变化以适应新的生态环境,维系生态系统的持续性。

浑善达克沙地是中国五大沙地之一^[6],地处北方典型草原区向华北农业区的过渡地带。浑善达克沙地自然条件严酷,气候的波动性、土地利用的多样性以及社会和经济条件的复杂性使这一地区成为对环境变化响应的敏感带,受到了专家学者和社会各界人士的广泛关注^[7-12]。

脆弱生态环境是指脆弱带处于过渡带,其气候、土壤、生物和农业生产活动处于经常的波动之中,容易引起农业生产和生态环境的变化;由于它处于生态系统的边缘,系统内部的反馈调节机制在其边缘的反馈控制能力很弱,不能及时有效地对人为干扰和环境变化作出自身反馈调控,所以系统容易受损。浑善达克沙地是对我国国民经济建设和生态环境保护至关重要和极其敏感的前沿阵地,是实施西部大开发战略攻坚的重点区域。长期以来,锡林郭勒草原作为我国北方地区的一道重要的绿色生态屏障,有效地阻止了草原腹地的土壤侵蚀、沙化以及来自中亚和我国西北部的沙尘侵害,对于维持整个华北地区的生态环境安全起着极其重要的作用。但是由于大部分地区以风沙土为主,且处于我国三大风区之一,所以生态环境十分脆弱。近几十年来,随着区内人口数量的剧增和农牧业生产的强度利用,再加上近年来气候干旱的频繁发生,使这一区域的生态系统平衡严重受损,生态环境脆弱,对外界干扰敏感,成为我国北方农牧交错地区典型的脆弱带。土地沙漠化严重,水土流失、风沙侵蚀、盐碱化、虫鼠害等频繁发生,使得有些地方已无草可用、无牧可放,这不仅极大地削弱了当地农牧业赖以发展的基础,也不

断地影响到整个华北地区的生态环境安全。因此，对浑善达克沙地进行荒漠化防治和生态环境建设具有非常重要的意义。

我国于 1999 年发布的《全国生态环境建设规划》中，已明确将浑善达克沙地沙化草原区列入全国生态环境重点建设的八个类型区之中，2000 年 5 月，为缓解沙尘暴的频繁发生，国家紧急启动了环北京圈风沙源治理工程，浑善达克沙地作为沙源治理重点被列入其中。此外，浑善达克沙地也被列入退耕还林、退牧还草等生态环境建设工程的项目范围，而生态环境建设等工程的重点即是加大植被建设力度，加速沙地植被恢复，增加地表覆盖度，提高沙地土地生产力，防止沙漠化的进一步扩展。

由于沙漠化对人类的威胁日益严重，人类对它的研究也在不断地深入。在生物学领域，从宏观到微观，再深入到某一点，人们从不同角度研究探索沙漠化过程中植被演替及植物自身变化机理和适应机制。通过前期的工作和研究发现，诸多沙生植物有着各式各样的生态适应方式^[13]。比如，在旱季来临之前，迅速完成成株的形态结构；较高的根茎比提供了可大量有效的吸水和供水的途径；不断增长的枝条防止了植株被流沙所掩埋；茎叶具有一定的柔韧性，可耐受强风的吹拂，不易折断；种子在水分适宜的地段迅速萌发，充分利用有限的沙土水分等。

沙漠地区的植物在地球上历尽沧桑，通过自然界选择、优胜劣汰，在长期的进化演替过程中，形成了适应特殊环境条件的能力，表现出对沙漠环境的多种适应方式和适应特性。沙漠植物适应沙漠特殊生境的一般规律表现在：适应能力强（除对气候干旱、高温、日灼等的适应外，许多植物对土壤贫瘠、盐碱，对风蚀、沙打沙割、沙埋等的适应和忍耐性能也很强）；结实量大、易更新繁殖（繁殖材料可大量获得，包括有性繁殖和无性繁殖，或具有根茎相互转化的功能、具有克隆或可平茬复壮的特性）；枝叶特化、根系发育特殊（叶片小或退化以同化枝来进行光合作用，或多浆茎、叶储水保水；根系生长迅速，深根性或水平根发达），生长稳定，长寿或短时间完成生活史（短期生植物，也称短命植物或短生植物）等。关于沙漠植