

# 北沙柳种质资源的初步调查与分析

张 玮<sup>1</sup>, 张国盛<sup>1</sup>, 宁明世<sup>2</sup>, 邵文亮<sup>2</sup>, 薛凤英<sup>3</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;

2. 内蒙古林木种苗站, 内蒙古 呼和浩特 010070; 3. 鄂尔多斯市造林总场, 内蒙古 鄂尔多斯 010043)

**摘 要:** 为了解我国毛乌素沙地北沙柳种质资源的生长状况以及北沙柳部分性状的分类和分布规律, 对北沙柳种质资源进行科学的管理以及有效的利用, 采用样线法与随机抽样相结合的调查方法, 对我国毛乌素沙地北沙柳的生长发育状况进行現地调查, 确定了我国北沙柳的主要分布区。采用数理统计的分析方法分析了北沙柳部分性状的变异情况及其生长现状。(1) 北沙柳灌丛高度和冠幅均符合正态分布, 冠幅变异幅度大于灌丛高度变异幅度。(2) 不同种源区北沙柳灌丛高度差异显著, 冠幅差异不显著。(3) 不同种源区北沙柳的扦插成活率差别较大。

**关键词:** 毛乌素沙地; 北沙柳; 种质资源

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)03-0148-05

中图分类号: S793.9

## Preliminary Investigation and Analysis on Germplasm Resources of *Salix Psammophila*

ZHANG Wei<sup>1</sup>, ZHANG Guo-sheng<sup>1</sup>, NING Ming-shi<sup>2</sup>, SHAO Wen-liang<sup>2</sup>, XUE Feng-Ying<sup>3</sup>

(1. College of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot,

Inner Mongolia 010019, China; 2. Forest Seedling Station of Inner Mongolia, Hohhot,

Inner Mongolia 010070, China; 3. Afforestation Farm of Erdos, Erdos, Inner Mongolia 010043, China)

**Abstract:** The main purposes of the study are to understand the growth situation of *Salix psammophila* germplasm resources and the classification and distribution of traits in the Mu Us sandy land in China and manage and use the *Salix psammophila* germplasm resources, scientifically and effectively. In order to determine the main distribution area of *Salix psammophila*, line transect method combined with random sampling survey method is used. Mathematical statistics is applied to analyze the variation of *Salix psammophila* and its growth status. Survey results are as follows: (1) The height and crown range of *Salix psammophila* are in line with normal distribution and the variation range of crown range is greater than height. (2) *Salix psammophila* in different origin areas has significant difference in height, but no significant difference in crown range. (3) *Salix psammophila* in different origin areas differs in survival rate of cutting.

**Keywords:** Mu Us sandy land; *Salix psammophila*; germplasm resource

北沙柳(*Salix psammophila* C. Wang et Ch Y. Yang)为杨柳科柳属落叶丛生灌木, 别名沙柳, 蒙名为额尔存一巴日嘎。北沙柳的自然分布区主要在鄂尔多斯市的毛乌素沙地、库布齐沙漠、巴彦淖尔盟以及陕西省的榆林地区、宁夏的河东地区。面积高达  $3.2 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。

在天然状态下, 北沙柳主要生长在丘间低地。由于北沙柳萌蘖力强, 插条极易成活<sup>[1]</sup>, 生长迅速, 枝叶茂密, 根系庞大, 固沙保土力强, 常可成丛生长于沙丘

顶部, 有效地阻止流沙的迁移<sup>[2-3]</sup>。在半农半牧及旱作农业区, 用北沙柳营造的防护林带有效地阻止了风沙对农田的侵袭。目前, 毛乌素沙地约有 80% 的旱作农田有北沙柳防护林带的庇护, 粮食增产量在 10% 以上<sup>[4-5]</sup>。北沙柳喜湿、耐旱, 喜湿润疏松的土壤, 耐低湿盐碱的能力较强, 不仅起防风固沙、保持水土的作用<sup>[6-8]</sup>, 而且随着林产品工业的开发, 北沙柳已由原来的一般灌木提高到工业原料的地位上。首先, 北沙柳是纤维板、刨花板、纺织、造纸的重要原料。它具有

收稿日期: 2009-12-18

修回日期: 2010-01-12

资助项目: 国家林业局“国家北沙柳种质资源保存库建设”(2008440)

作者简介: 张玮(1982—), 女(汉族), 内蒙古呼和浩特市人, 在读博士研究生, 主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: zhangwei831@126.com。

通信作者: 张国盛(1960—), 男(汉族), 内蒙古丰镇市人, 教授, 硕士生导师, 主要从事林木遗传改良研究。E-mail: zgsemail@163.com。

平茬复壮的特性,通常3~5 a内生长迅速,以后逐渐缓慢,甚至停止,平茬后又能迅速恢复生长,具有轮伐期短的特点<sup>[9-10]</sup>。

因此,利用好平茬后的北沙柳枝条,将会为北沙柳造纸和纤维板产业提供一个新兴产业链。其次北沙柳枝条绵、软、细长,去皮后洁白并具有光泽,为编制和出口柳编的优良原料,其幼树的鲜叶营养价值高,是牲畜的好饲料,叶可供压绿肥,它的枝杆易燃,生长迅速,是干旱地区的良好薪材。同时,北沙柳的树皮还可提取鞣料制革,皮根则都可入药<sup>[11]</sup>。

2007年,由我国国家林业局批准并拨款修建北沙柳种质资源保存库项目正式启动,该项目的前期选址及采集样株工作现已基本完成,后期将着重进行北沙柳保存库的规范化种植、管理及利用。由此,对北

沙柳资源的生长发育、经营措施等项因子进行调查研究,就显得很有必要。所以,笔者于2007年11月至2008年11月依据已确定的北沙柳种源区,采用样线与随机抽样相结合的调查方法,对我国毛乌素沙地北沙柳的生长发育状况进行了现地调查,并取回枝条扦插繁殖,建立北沙柳种质资源保存库,进行田间扦插试验,培育无性系繁殖苗。

## 1 调查地区与方法

### 1.1 种源分布区及试验区

选定的种源分布区均位于北沙柳的主要自然分布区,即毛乌素沙地,具体地理位置如表1所示。

试验区,即北沙柳种质资源保存库选址于内蒙古鄂尔多斯市造林总场沟心召分场。

表1 种源分布区地理位置

种源区所属省市	种源区名称	编号	纬度	经度	高程
内蒙古自治区 鄂尔多斯市	达拉特旗马场壕乡乌兰壕	1	40° 04' N	110° 35' E	1 224
	达拉特旗马场壕乡保绍圪堵	2	40° 06' N	110° 36' E	1 128
	准格尔旗十二连城乡巨合滩	3	40° 11' N	111° 00' E	1 059
	伊金霍洛旗扎萨克镇门克庆嘎查	4	39° 01' N	109° 36' E	1 125
	乌审旗乌审召镇巴音陶勒盖嘎查查汗淖尔社	5	39° 11' N	109° 04' E	1 081
	乌审旗乌审召镇巴音陶勒盖嘎查巴音陶勒盖社	6	39° 12' N	109° 05' E	1 120
	乌审旗乌审召镇巴音陶勒盖嘎查巴特社	7	39° 10' N	109° 09' E	1 116
	乌审旗图克镇巴音淖尔嘎查阿如柴当社	8	39° 05' N	109° 16' E	1 084
	乌审旗图克镇图古勒代嘎查胡日呼社	9	39° 03' N	109° 22' E	1 156
	乌审旗乌兰陶勒盖镇巴音高勒嘎查呼拉胡社	10	38° 53' N	109° 12' E	1 112
	乌审旗乌兰陶勒盖镇巴音敖包嘎查二队	11	38° 39' N	108° 58' E	1 155
	鄂托克前旗城川镇城川治沙站	12	37° 39' N	108° 18' E	1 194
	鄂托克前旗城川镇哈日色嘎查	13	37° 57' N	107° 52' E	1 187
	鄂托克旗木凯淖尔镇木凯淖尔村九社	14	39° 16' N	108° 47' E	1 326
	杭锦旗杭锦旗乡巴音生布尔嘎查乌日图沟	15	40° 00' N	108° 49' E	1 436
陕西省榆林市	神木县尔林兔袁家圪堵	16	38° 56' N	109° 49' E	1 276
	榆阳区巴拉素元大滩村乔家峁东沙	17	38° 11' N	109° 24' E	1 158
	靖边黄蒿界马季沟	18	37° 52' N	109° 01' E	1 191
	定边蔡马场	19	37° 38' N	107° 41' E	1 362
宁夏回族自治区 盐池县	骆驼井林场	20	37° 53' N	107° 33' E	1 336
	哈巴湖林场	21	37° 43' N	107° 03' E	1 460

### 1.2 调查时间

调查及采条工作均在北沙柳的非生长季节进行,具体时间为:2007年11月1日至12月15日(内蒙古自治区);2008年11月1—30日(陕西省和宁夏回族自治区)。当年采集的枝条用沙埋的方法进行贮存,在第2 a的4,5月份进行扦插试验,待成苗后进行后续调查。

### 1.3 调查方法及指标

采用样线法与随机抽样结合的调查方法,在每个

种源区样地中选取北沙柳分布比较均匀的地点进行样线法与随机抽样相结合的抽样方法,选取50个样株,实测每个母树的树龄、灌丛高度、冠幅、枝干颜色、芽鳞颜色等生长指标<sup>[12-13]</sup>。采样群体基本覆盖了北沙柳自然分布区(表1)。同时,采集选定的北沙柳单株枝条,带回试验地进行扦插繁殖,并对其后期的生长状况进行跟进调查。最后,将观测数据输入计算机,运用Excel, SPSS和SAS等软件进行处理分析。

## 1.4 调查地区自然概况

鄂尔多斯地处干旱与半干旱过渡地带,自然条件恶劣,极端大陆性气候明显。其特点是干旱少雨,风大沙多,寒暑剧变,日照丰富。年平均气温  $6^{\circ}\text{C}$  左右,年降水量从东向西由 440 mm 递减到 150 mm,且降雨量集中在 7—9 月份,年平均风速  $2.1\sim 3.8\text{ m/s}$ ,最大风速可达  $28.7\text{ m/s}$ ,冬季严寒漫长,无霜期 120 d 左右。

陕西省榆林地区气候属暖温带和温带半干旱大陆性季风气候,四季分明,日较差大,无霜期短,年平均气温  $10^{\circ}\text{C}$  左右,平均降水 400 mm 左右,无霜期 150 d 左右。气象灾害较多,几乎每年都有不同程度的干旱、霜冻、暴雨、大风、冰雹等灾害发生,尤以干旱、冰雹和霜冻危害最为严重。

宁夏回族自治区盐池县地处毛乌素沙地与黄土丘陵沟壑区过渡地带,深居内陆,属典型中温带大陆性季风气候,四季明显,干旱少雨,风多沙大,光热资源丰富。年日照时数 2 867.9 h,年平均气温为  $7^{\circ}\text{C}$  左右,无霜期 145 d,年降水量 250~300 mm,且主要集中在 7—9 月,约占全年降水量的 60% 以上,年变动率大于 30%,蒸发潜量是降水量的 7.2 倍,沙暴日数 22 d。

## 1.5 试验区自然概况

内蒙古鄂尔多斯市造林总场地处库布齐沙漠腹地的达拉特旗境内,地理位置北纬  $40^{\circ}00'44''\sim 40^{\circ}20'40''$ ,东经  $109^{\circ}00'139''\sim 111^{\circ}30'194''$ ,东西长约 148 km,南北宽约 14 km,总土地面积  $8.4\times 10^4\text{ hm}^2$ 。总的地势是南高北低,西高东低,北缘为黄河漫滩地,南与鄂尔多斯高原丘陵区交接。地貌类型为流动沙地、半固定沙地和固定沙地所组成。其气候特点是典型的大陆性气候,干燥、少雨、多风、寒暑多变,平均日照时数为 3 000 h 以上,年平均气温  $6.1^{\circ}\text{C}\sim 7.1^{\circ}\text{C}$ ,年平均降水量 240~360 mm,降水集中于 7—9 月份,8 级大风日数为 27 d,最多达 48 d,扬沙日数 58 d。年平均无霜期 130~140 d,初霜期一般出现在 9 月下旬,晚霜期结束于次年的 5 月 9—14 日。从地带性看,属于干草原向半荒漠草原的过渡地带。

## 2 调查结果与分析

### 2.1 北沙柳的自然分布区

北沙柳的自然分布区为毛乌素沙地。毛乌素沙地是中国 4 大沙地之一,位于北纬  $37^{\circ}27.5'\sim 39^{\circ}22.5'$ ,东经  $107^{\circ}20'\sim 111^{\circ}30'$ ,属中温带大陆性季风气候。包括内蒙古自治区的南部、陕西榆林地区的北部风沙区和宁夏回族自治区盐池县东北部,总面积为  $3.98\times$

$10^4\text{ hm}^2$ 。毛乌素沙地海拔多为 1 100~1 300 m,西北部稍高,达 1 400~1 500 m,个别地区可达 1 600 m 左右,东南部河谷低至 950 m。毛乌素沙地主要位于鄂尔多斯高原与黄土高原之间的湖积冲积平原凹地上,出露于沙地外围和伸入沙地境内的梁地主要是白垩纪红色和灰色砂岩,岩层基本水平,梁地大部分顶面平坦。各种第四系沉积物均具明显沙性,松散沙层经风力搬运,形成易动流沙。平原高滩地(包括平原分水地和梁旁的高滩地)主要分布于湖积冲积层。沙区年均温  $6.0^{\circ}\text{C}\sim 8.5^{\circ}\text{C}$ ,1 月均温  $-9.5^{\circ}\text{C}\sim 12^{\circ}\text{C}$ ,7 月均温  $22^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 250~440 mm,集中于 7—9 月,占全年降水 60%~75%,尤以 8 月为多。降水年际变率大,多雨年为少雨年的 2~4 倍,常发生旱灾和涝灾,且旱多于涝。夏季常降暴雨,又多雹灾,最大日降水量可达 100~200 mm。沙地东部年降水量达 400~440 mm,属淡栗钙土干草原地带,流沙和巴拉(半固定和固定沙丘)广泛分布,西北部降水量为 250~300 mm,属棕钙土半荒漠地带<sup>[14-15]</sup>。

作者研究调查发现,现存自然分布区的北沙柳大多数均为人工扦插繁殖,野生北沙柳的分布范围较小,只在沙地深处的无人居住区还有分布,而且现存的野生北沙柳资源树龄较老,缺乏平茬复壮,导致野生资源无法快速更新。

### 2.2 北沙柳表型多样性分析

2.2.1 北沙柳灌丛高度与冠幅的变异情况 形态变异在某种程度上反映了遗传变异的大小,从变异系数大小可以间接看出表型多样性丰富程度,变异系数大的表明该性状变异幅度大,表型多样性丰富;变异系数小的表明该性状变异幅度小,表型多样性低。为了了解每个种源区内北沙柳性状的变异情况,对 21 个种源区内北沙柳的主要生长性状的最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数分别进行了分析。从分析结果可以看出,不同种源区内的北沙柳生长性状变异系数是不同的。

分析结果表明,北沙柳冠幅的变异幅度要大于灌丛高度的变异幅度。所调查地区的北沙柳总体灌丛高度平均值为 297.28 cm,平均变异系数为 0.11,变异幅度最大的种源区是乌日图沟(15),变异系数达 0.16,变异幅度最小的种源区是呼拉胡(10),变异系数仅为 0.06,结果见表 2。所调查地区的北沙柳总体冠幅平均值为  $7.46\text{ m}^2$ ,平均变异系数为 0.55,冠幅变异幅度最大的种源区是查汗淖尔(5),变异系数达 0.83,变异幅度最小的种源区是乌兰壕(1),变异系数仅为 0.22(见表 3)。

表2 各种源区北沙柳灌丛高度变异情况统计

种源区	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
乌兰壕(1)	200	360	303.0	31.257	0.103
保绍圪堵(2)	230	390	295.2	31.192	0.106
巨合滩(3)	250	400	305.2	28.999	0.095
门克庆(4)	220	400	280.8	30.122	0.107
查汗淖尔(5)	260	400	313.0	24.759	0.079
巴音陶勒盖(6)	260	400	311.2	25.740	0.083
巴特社(7)	240	350	309.4	25.955	0.084
阿如柴当(8)	210	350	285.2	32.999	0.116
胡日呼(9)	220	410	300.0	34.986	0.117
呼拉胡(10)	260	360	350.4	19.633	0.056
巴音敖包(11)	200	390	297.0	32.450	0.109
城川治沙站(12)	210	320	278.0	28.914	0.104
哈日色(13)	230	350	296.0	28.425	0.096
木凯淖尔(14)	260	400	326.8	34.782	0.106
乌日图沟(15)	230	450	336.8	53.075	0.158
袁家圪堵(16)	210	350	274.0	36.077	0.132
乔家卯东沙(17)	220	370	287.8	35.343	0.123
马季沟(18)	220	340	281.0	29.000	0.103
蔡马场(19)	180	310	249.6	28.423	0.114
骆驼井(20)	210	360	270.4	32.958	0.122
哈巴湖(21)	210	360	292.0	38.105	0.130
总体	180	450	297.28	31.581	0.106

表3 各种源区北沙柳冠幅变异情况统计

种源区	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
乌兰壕(1)	2.72	10.88	7.34	1.591	0.217
保绍圪堵(2)	2.88	14.40	6.72	2.085	0.311
巨合滩(3)	4.40	18.06	8.41	2.507	0.298
门克庆(4)	2.10	29.00	9.34	6.493	0.695
查汗淖尔(5)	1.00	30.00	6.12	5.048	0.825
巴音陶勒盖(6)	1.95	30.00	7.57	5.392	0.712
巴特社(7)	1.95	20.00	7.65	4.391	0.574
阿如柴当(8)	1.82	30.00	10.69	6.842	0.640
胡日呼(9)	1.10	27.50	7.46	5.379	0.721
呼拉胡(10)	2.72	30.00	6.27	4.381	0.699
巴音敖包(11)	1.32	30.00	8.32	6.620	0.795
城川治沙站(12)	1.10	18.00	7.17	3.241	0.452
哈日色(13)	1.80	20.00	7.46	4.813	0.645
木凯淖尔(14)	0.90	30.00	7.73	6.008	0.778
乌日图沟(15)	0.90	14.00	4.57	3.424	0.750
袁家圪堵(16)	3.80	14.00	7.19	3.080	0.428
乔家卯东沙(17)	2.72	11.90	6.63	1.857	0.280
马季沟(18)	0.90	18.00	7.32	2.568	0.351
蔡马场(19)	2.72	9.30	5.60	1.490	0.266
骆驼井(20)	2.72	11.90	6.10	1.747	0.286
哈巴湖(21)	2.72	30.00	8.99	5.045	0.561
总体	0.90	36.00	7.46	4.095	0.549

2.2.2 北沙柳灌丛高度与冠幅的正态性检验及方差分析 利用 SPSS 统计软件对北沙柳灌丛高度与冠幅的调查数据进行 Kolmogorov—Smirnov 检验(K-S 检验), 计算 Kolmogorov—Smirnov 统计量  $Z$  值。根据统计原理, 大样本时  $\alpha=0.05$  和  $\alpha=0.01$  的统计量  $Z$  值的临界值分别是 1.36 和 1.63。统计结果表明: 北沙柳灌丛高度的  $Z$  值为 1.467, 介于 2 个临界值之间, 其次数分布属于正态分布范围之内, 北沙柳冠幅的  $Z$  值为 0.659, 小于 1.36, 其次数分布与正态分布拟合。

从方差分析(表 4)可知, 各种源区北沙柳灌丛高度间的差异是显著的,  $F$  值为 11.05, 而冠幅的差异不显著,  $F$  值为 0.92。其中呼拉胡(10)种源区的北沙柳灌丛最高, 平均值达 350.4 cm, 最小值为蔡马场(19)种源区, 平均值仅为 249.6 cm。

表4 各种源区间北沙柳灌丛高度与冠幅的方差分析

性状	自由度	均方	$F$ 值
灌丛高度	20	12 852.91	11.05*
冠幅	20	23.76	0.92

注: \* 为 0.001 显著水平。

### 2.3 北沙柳苗期性状的调查与分析

苗高和地径是判断苗木质量好坏的重要指标。前 15 个种源区苗期试验结果见表 5。表 5 表明, 北沙柳苗高平均值为 87.174 cm, 平均变异系数为 0.235, 变异幅度最大的种源区是门克庆(4), 变异系数达 0.333, 变异幅度最小的种源区是阿如柴当(8), 变异系数仅为 0.158。北沙柳地径平均值为 4.343, 平均变异系数为 0.194, 变异幅度最大的种源区是木凯淖尔(14), 变异系数达 0.467, 变异幅度最小的种源区是阿如柴当(8), 变异系数仅为 0.101。苗木成活率最高的种源区是城川治沙站(12), 最低的是查汗淖尔(5)。北沙柳扦插的平均成活率为 61.5%, 成活率最高的种源区是城川治沙站(12), 成活率为 71.8%, 最低的是查汗淖尔(5), 成活率仅为 43.2%。

## 3 结论

所有调查种源区内北沙柳的灌丛高度和冠幅符合正态分布, 北沙柳冠幅的变异幅度大于灌丛高度的变异幅度。

不同种源区间北沙柳灌丛高度的差异是显著的, 冠幅的差异不显著。由此可见, 北沙柳冠幅生长的影响因素较少, 在不同的地理位置大小差异不是很明显。

表 5 各种源区间北沙柳苗期生长性状分析调查

种源区	平均值		标准差		变异系数		成活率/ %
	苗高/cm	地径/mm	苗高/cm	地径/mm	苗高/cm	地径/mm	
乌兰壕(1)	83.41	4.361	23.695	0.700	0.284	0.161	71.1
保绍圪堵(2)	69.58	3.910	17.432	0.516	0.251	0.132	64.6
巨合滩(3)	62.52	3.457	13.676	0.521	0.219	0.151	58.8
门克庆(4)	65.29	3.505	21.745	0.687	0.333	0.196	57.8
查汗淖尔(5)	69.16	3.620	18.392	0.507	0.266	0.140	43.2
巴音陶勒盖(6)	94.40	4.456	18.082	0.647	0.192	0.145	57.4
巴特社(7)	94.45	4.429	17.292	0.538	0.183	0.122	65.0
阿如柴当(8)	92.57	4.542	14.658	0.460	0.158	0.101	58.1
胡日呼(9)	91.57	4.663	19.586	1.963	0.214	0.421	59.5
呼拉胡(10)	89.12	4.381	25.142	0.761	0.282	0.174	51.9
巴音敖包(11)	94.73	4.458	23.230	0.762	0.245	0.171	62.9
城川治沙站(12)	103.42	4.827	22.921	0.716	0.222	0.148	71.8
哈日色(13)	109.86	5.058	27.217	0.859	0.248	0.170	70.0
木凯淖尔(14)	93.93	4.860	18.822	2.271	0.200	0.467	59.7
乌日图沟(15)	93.59	4.612	24.936	0.706	0.266	0.153	70.6
平均	87.17	4.343	20.455	0.841	0.235	0.194	61.5

对不同种源区北沙柳进行的扦插试验表明,北沙柳的苗高和地径变异幅度不大,不同种源区北沙柳的扦插成活率差别较大。

在调查过程中发现,北沙柳野生资源的分布区域越来越少。近些年,北沙柳种质资源的保护与利用虽然得到了很大的重视,但是绝大多数均为人工扦插繁殖后代,虽然,从绝对数量上看,北沙柳的群体数量是增加了,其实并不能保持北沙柳野生资源的遗传变异。因此,今后应严格保护和利用现存的野生北沙柳,并且,对其它地区引种栽培的北沙柳和已经建成的北沙柳异地保存圃加大人工选择的力度,在保持原有变异的基础上繁育新的种质,使北沙柳种质资源得到真正有效的保护和利用。

了解北沙柳的生长现状及习性,对于北沙柳的规范化种植及管理有着指导性的作用,是保证北沙柳种质资源优质、稳定的重要措施。

#### [ 参 考 文 献 ]

- 王治国,辛在柱.流动沙丘沙柳分区造林技术研究[J].内蒙古林业科技,2005,31(3):18-20.
- 杨树林.沙柳集束沙障固沙技术探讨[J].内蒙古林业科技,2004,30(3):27-28.
- 高永,邱国玉,丁国栋,等.沙柳沙障的防风固沙效益研究[J].中国沙漠,2004,5(24):365-370.
- 曹波,孙保平,高永,等.高立式沙柳沙障防风效益研究[J].中国水土保持科学,2007,5(2):40-45.
- 高菲,高永,高强,等.沙柳沙障对土壤理化性质的影响[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2006,27(2):79-87.
- 安守芹.北沙柳及几种柳树过氧化物酶同功酶遗传变异研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,1998,20(3):79-87.
- 许凤, JONES-Gwynn LL, 孙润仓.速生灌木沙柳的纤维形态及解剖结构研究[J].林产化学与工业,2006,26(1):91-94.
- 肖春旺,周广胜.不同浇水量对毛乌素沙地沙柳幼苗气体交换过程及其光化学效率的影响[J].植物生态学报,2001,25(4):444-450.
- 肖春旺,董鸣,周广胜,等.鄂尔多斯高原沙柳幼苗对模拟降水量变化的响应[J].生态学报,2001,21(1):171-176.
- 姚月锋,满秀玲.毛乌素沙地不同林龄沙柳表层土壤水分空间异质性[J].水土保持学报,2007,21(1):111-115.
- 王文才,吴兆军,白银河,等.沙柳与鄂尔多斯沙区经济发展的关系[J].内蒙古林业科技,2005,2:37-39.
- 李长涛,宋丽丽,孔伟丽,等.植物遗传资源核心种质的构建及应用[J].植物学通报,2005,22(2):139-145.
- 李自超,张洪亮,曹永生,等.中国地方稻种资源初级核心种质取样策略研究[J].作物学报,2003,29(1):20-24.
- 张新时.毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式[J].植物生态学报,1994,18(1):1-16.
- 陈仲新,谢海生.内蒙古毛乌素沙地主要景观生态类型灌丛生物多样性初步研究[J].生态学报,1994,14:345-354.
- 陆景伟,王赞,张全新,等.小叶锦鸡儿天然居群形态学性状遗传多样性分析[J].湖北农业科学,2008,47(3):328-331.