

Study on the Optimum Breeding Technology of *Salix oritrepha* in Maqu Alpine Degraded Grassland

Hongli Yue, Yi Li*

College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu
Email: 752217446@qq.com, *liyi@gsau.edu.cn

Received: Dec. 23rd, 2018; accepted: Jan. 2nd, 2019; published: Jan. 9th, 2019

Abstract

Salix oritrepha is one of the dominant and constructive shrub species which plays an important role in ecological restoration of Maqu alpine degraded grassland. In this study, the different types of cutting reproduction experiments were carried out to screen out the optimum reproduction technology for *Salix oritrepha*. The results showed that the different cutting positions, cutting length, cutting diameter and cultivation environments have significant effects on rooting rate and growth of *Salix oritrepha*. The hardwood cuttings with length of 20 cm and diameter of 1.0 - 1.5 cm have better rooting and growth characteristics in greenhouse potted cuttings, greenhouse cuttings by ridging and covered with plastic membrane in field by ridging which are the optimal breeding methods for *Salix oritrepha*. This cutting method has good application prospects and can be widely applied in the ecological management of Maqu Alpine degraded grassland.

Keywords

Maqu, Degraded Grassland, *Salix oritrepha*, Breeding Technology

玛曲退化草地高山柳扦插优化繁育技术研究

岳红丽, 李毅*

甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州
Email: 752217446@qq.com, *liyi@gsau.edu.cn

收稿日期: 2018年12月23日; 录用日期: 2019年1月2日; 发布日期: 2019年1月9日

*通讯作者。

摘要

高山柳(*Salix oritrepha*)是高寒灌丛优势种和建群种的主要类型之一,在高寒区退化草地的生态恢复中起着重要作用。本研究通过开展不同类型的扦插育苗试验,筛选出适宜于高山柳的最优化繁殖技术。结果显示:不同扦插部位、扦插长度、扦插直径和培育环境对高山柳扦插生根率及生长发育产生显著的影响,其中长度为20 cm、直径为1.0 cm~1.5 cm的硬枝插条在温室盆栽扦插、温室作坵扦插和大田作坵覆膜扦插表现出较好的生根和生长特性,是高山柳最优化的繁育方法,能够广泛应用于玛曲高寒退化草地的生态治理中,具有良好的推广应用前景。

关键词

玛曲, 退化草地, 高山柳, 繁殖技术

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

玛曲作为黄河源区涵养水源的重要区域和黄河上游重要的生态屏障,在维护黄河流域水资源和生态安全方面起着重要作用[1]。然而,由于全球气候变化加之人为因素的不断影响,玛曲高寒草地生态环境已呈严重恶化态势,以沙漠化为主的环境恶化严重威胁着整个黄河中下游地区的生态安全和社会经济可持续发展[2]。近年来,国家科技部和甘肃省多次立项治理玛曲的沙化问题,但对高寒湿地草原环境的特殊性了解不够,治理措施是以沙生植物引种驯化、灌草固沙结合工程措施为主的常规治沙方法,其治沙成本高、适应性差、治沙效果不理想以及牧区放牧利用等问题,迫切需要寻求新的治沙途径[3][4]。

高山柳(*Salix oritrepha*)是目前玛曲退化草地发现的固沙能力超强的灌木种,以高山柳为优势种或建群种组成的灌木林,不仅是高寒区良好的涵养水源、水土保持和河岸防护林树种,而且是防沙治沙的先锋树种,对维护玛曲高寒草地生物多样性和生态系统稳定性有重要作用。同时,由于高山柳适口性好、营养价值高,在当地还将其作为饲料作物,其叶、茎、根具有较高的药用价值[5]。目前,有关高山柳的研究主要集中在其化学组成成分、分布格局以及种群动态变化等[5][6][7][8],很少有研究关注高山柳在改善高寒区生态环境中所起的积极作用。蔡海霞等[9]证实高山柳和沙棘具有较高的叶面积、净光合速率、气孔导度和水分利用效率,表明两种植物对于干旱环境具有很好的适应性。陈文业等[10]研究表明,在玛曲高寒退化草地布设草方格后建植高山柳可以恢复和重建退化植被,是高寒区生态恢复十分有效和成功的方法之一。然而,尽管玛曲退化草地建植高山柳实现了较好的固沙潜能,但由于高寒气候和种子活力低,使高山柳的有性繁殖受到极大限制,种群主要依靠无性繁殖来维持其稳定性,加之挖掘植株对原有植被造成破坏,难以满足高寒区固沙技术的需求,极大地限制了高山柳阻固沙作用的发挥。因此,筛选高山柳最优的无性繁殖技术,加快其快速繁殖和成苗是玛曲退化草地治沙、生态恢复的前提和关键。目前,关于高山柳无性繁殖的研究主要集中在生态习性、育苗方法、容器嫩枝扦插、无性繁殖灰色系统理论分析等[10][11][12][13],尚未有最优的无性繁殖技术的相关报道。

本研究首先通过研究不同扦插部位、长度和直径对高山柳扦插生根的影响,确定适合高山柳扦插快速生根的最佳扦插部位、长度和直径;在此基础上,开展最佳的扦插部位(直径、长度等)和不同培育方法

对高山柳扦插生根的影响, 筛选出高寒区适合于高山柳场圃扦插的最佳方案 and 最优的繁殖的技术。研究成果对玛曲沙化草地固沙植被新材料的筛选和高寒草地生态修复具有重要意义。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

试验地点位于甘肃省甘南州玛曲县草原站(100°45'45"E~102°29'00"E, 33°06'30"N~34°30'15"N; 海拔: 3467 m)。年均气温 1.1℃, 年均降水量 615.5 mm, 年均蒸发量 13,534 mm。土壤为亚高山草甸土, 质地为轻砂壤土。

2.2. 实验材料

简易塑料大棚建立在避风向阳、地势平坦之处, 坐北朝南。选用竹皮(长: 8 m, 宽: 5 cm)制作高度为 1.6 m 的拱形温室大棚(宽: 5 m, 长: 20 m), 竹皮支架间距离为 1 m, 用高压聚乙烯加厚棚膜覆盖。

插穗采集: 1) 硬枝插穗(直径: 0.5 cm~1.5 cm, 穗长 15 cm 和 20 cm), 选择 2~3 年生枝条, 插穗至少有 3 个以上饱满芽; 2) 嫩枝插穗(直径: 0.3 cm~0.5 cm, 穗长 15 cm 和 20 cm)尽量采集树龄小带顶芽的半木质化绿(嫩)枝为最佳, 上部留 1~2 叶, 下部叶片除去, 需小心不伤腋芽。3) 根插条(直径: 0.5 cm~1.0 cm, 穗长 15 cm 和 20 cm)选择发育健壮未受病虫害的成年植株主侧根。剪切时要快切, 切平, 减小根段创伤度, 还应注意剪口极性, 极性上端平口, 切面比芽高 0.3 cm~0.4 cm, 下端马蹄形斜口, 切面则要低 0.4 cm~0.5 cm。每 50 穗一捆, 上下口要一致, 下口要对齐。

2.3. 试验设计

1) 大田育苗选择 3 种扦插部位(硬枝: 0.5 cm~1.0 cm, 嫩枝: 0.3 cm~0.5 cm, 根插穗: 0.5 cm~1.0 cm,) 和 2 种扦插长度(15 cm 和 20 cm), 筛选最佳的扦插部位和长度(2015 年 5 月~9 月)。2) 为了减少对成年植株造成伤害, 提高扦插成活率, 在大田育苗环境下选择 3 种直径的硬枝插穗和 2 种扦插直径(15 cm 和 20 cm), 确定硬枝插穗扦插的最佳直径和长度(2015 年 5 月~9 月)。3) 确定硬枝插穗扦插的最佳直径和长度后, 在以下 5 种培养方式下: 温室中作垅扦插(C + V)、大田覆膜扦插(C + P + F)、大田不覆膜扦插(C + F)、大田环境下盆栽育苗扦插(P + F)和温室中盆栽扦插(P + V)育苗, 筛选出最优的高山柳无性繁殖技术(2016 年 5 月~9 月)。

大田育苗在 5 月初布设试验, 喷洒多菌灵和硫酸亚铁进行土壤灭菌后, 深翻耕(25 cm~30 cm)细耙后做成育苗垅(基宽:台高:面宽 = 60 cm:30 cm:30 cm), 灌 1 次透水后土壤下沉, 再及时用干土填补, 然后覆上塑料薄膜。插穗要求边采、边侵、边插, 扦插前, 插穗均采用 GGR 溶液浸蘸 2 h 后再扦插。设置 2 种处理: 覆膜扦插和不覆膜前插。扦插时为防止插穗基部包覆薄膜而不利于生根, 应先挑开膜, 然后直插入土, 覆土压实孔口。扦插深度为插穗上部比土层高 1 cm 左右。每个处理扦插 150 株, 4 次重复, 随机排列。插后及时浇足水, 然后封死插穗与土壤之间的缝隙, 保持土壤湿润, 进行科学的田间管理。盆栽扦插育苗时间与大田育苗一致。育苗选用黑色育苗盆(高 30 cm、直径 20 cm), 土壤选用灭菌后的大田土壤。扦插前, 育苗盆内灌 1 次透水, 插穗均采用 GGR 溶液浸蘸后垂直插入育苗盆中心位置, 插穗外露 1 cm~2 cm, 然后封死插穗与营养土之间的缝隙。设置 3 种处理: 温室大棚内盆栽扦插, 温室大棚内做垅扦插和大田环境下盆栽不覆膜扦插。每个处理扦插 150 株, 4 次重复, 随机排列, 插后定期浇水, 做到适时、适量灌水, 进行科学的田间管理。

2.4. 观测指标

在扦插当年扦插苗落叶后(9 月下旬)和次年苗木发芽展叶后(5 月中旬)观测扦插当年一个生长季内插

穗的成活率、新萌发枝条的茎粗、分枝数、生物量(干重量)、侧根长度、数量和次年保存率。用直尺测量植株的株高和侧根长度;观测法判断植株分枝数和侧根数;采用称重法(烘干法)测定植株生物量干重(85℃下烘至恒重),用计数法统计插穗当年的扦插生根率和次年保存率。

2.5. 数据分析

实验数据用 SPSS15.0 (SPSS Inc., USA)软件进行统计分析,用 Excel 作图。

3. 结果与分析

3.1. 不同扦插部位和长度对高山柳扦插生根的影响

不同扦插部位和扦插长度对高山柳生根及生长发育产生显著的影响(表 1 和表 2)。与嫩枝插条(直径: 0.3 cm~0.5 cm; 长度 15 cm)和根插条(直径: 0.5 cm~1.0 cm; 长度 15 cm)相比,直径为 0.5 cm~1.0 cm, 长度为 15 cm 的硬枝插条显著促进了高山柳的扦插生根率并促进其生长,使植株株高、主茎直径、侧根长及分枝数分别增加了 88.2%和 40.0%, 83.3%和 18.9%, 72.6% 和 29.8%, 100%和 60% (表 1);同时使植株侧根数、干重、扦插成活率和保存率分别增加了 166.7%和 60%, 114.9% 和 70.4%, 21.0%和 14.4%, 29.2%和 20.3% (表 2)。与直径为 0.5 cm~1.0 cm, 长度为 15 cm 的硬枝插条相比,长度为 20 cm 的硬枝插条(直径: 0.5 cm~1.0 cm)对提高高山柳扦插生根以及促进其生长的效果更有效(表 1 和表 2)。

Table 1. Effects of different cutting positions and length on plant height, main stem length, lateral root length and branch number of *Salix oritrepha*

表 1. 不同扦插部位和长度对高山柳株高、主茎长、侧根长及分枝数的影响

处理		株高	主茎直径	侧根长度	分枝数
		(cm)			(numbers plant ⁻¹)
长度 × 部位(L × P)					
1	15 × H	23.9 ± 2.3 b	0.44 ± 0.02 b	49.7 ± 2.2 b	8
2	15 × S	12.7 ± 1.6 f	0.24 ± 0.01 de	28.8 ± 1.8 f	4
3	15 × R	17.2 ± 1.9 d	0.37 ± 0.02 c	38.3 ± 2.1 d	5
4	20 × H	28.4 ± 1.7 a	0.52 ± 0.03 a	57.9 ± 3.0 a	9
5	20 × S	15.7 ± 2.0 de	0.27 ± 0.01 d	37.6 ± 2.9 de	4
6	20 × R	19.5 ± 1.3 c	0.41 ± 0.01 b	47.3 ± 3.4 bc	6
	L (%)	4.8E-09	9.29E-08	3.86E-19	6.12E-05
P value	P (%)	5.61E-15	2.06E-13	7.32E-22	1.062E-13
	L × P (%)	3.32E-05	0.003346	0.000591	0.883631

注: H: 硬枝; S: 嫩枝; R: 根系; L: 插条长度(cm); P: 插条部位; 注: 数据为平均值 ± 标准差。同列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$), 下同。

Table 2. Effects of different cutting positions and length on lateral root number and dry weight, cutting survival rate and preservation rate of *Salix oritrepha***表 2.** 不同扦插部位和长度对高山柳侧根数、干重、扦插成活率及保存率的影响

处理	侧根数 (numbers)	干重 (g plant ⁻¹)	扦插成活率 (%)	保存率	
长度 × 部位(L × P)					
1	15 × H	8	18.4 ± 1.1 b	86.6 ± 4.2 ab	84.6 ± 3.3 ab
2	15 × S	3	8.7 ± 0.6 f	65.6 ± 2.7 f	55.4 ± 4.0 f
3	15 × R	5	10.8 ± 0.7 de	72.2 ± 3.1 d	64.3 ± 3.1 cd
4	20 × H	10	23.8 ± 1.5 a	88.5 ± 3.7 a	87.1 ± 3.2 a
5	20 × S	4	11.4 ± 0.7 d	71.3 ± 3.5 de	63.4 ± 3.0 d
6	20 × R	6	15.2 ± 1.0 c	79.1 ± 2.8 c	69.7 ± 2.9 c
	L (%)	1.28E-06	1.98E-14	1.99E-15	6.2E-16
P value	P (%)	1.83E-11	5.65E-18	6.3E-21	1.01E-22
	L × P (%)	0.184801	3.61E-07	1.46E-10	7.86E-11

3.2. 不同硬枝扦插长度和直径对高山柳扦插生根的影响

不同硬枝扦插长度和扦插直径对高山柳生根及生长发育产生显著的影响(表 3)。与长度为 15 cm, 直径为 0.3 cm~0.5 cm 的硬枝插条和长度为 15 cm, 直径为 0.5 cm~1.0 cm 的硬枝插条相比, 直径为 1.0 cm~1.5 cm, 长度为 15 cm 的硬枝插条显著促进了高山柳的扦插生根率并促进其生长发育, 使植株株高、主茎直径、侧根长、干重及扦插生根率分别增加了 129.8%和 40.3%, 126.1%和 13.0%, 143.9%和 28.4%, 114.6%和 40.0%, 24.2%和 5.1% (表 3)。与直径为 1.0 cm~1.5 cm, 长度为 15 cm 的硬枝插条相比, 长度为 20 cm 的硬枝插条(直径: 1.0 cm~1.5 cm)对提高高山柳扦插生根以及促进其生长的效果更有效(表 3)。由此可知, 直径为 1.0 cm~1.5 cm, 长度为 20 cm 的硬枝插穗可很好的用来进行扦插繁殖(表 3)。

Table 3. Effects of different cutting length and diameter on plant height, lateral root length, dry weight and cutting survival rate of *Salix oritrepha***表 3.** 不同扦插长度和直径对高山柳株高、侧根长、干重、及扦插成活率的影响

处理	株高	主茎直径 (cm)	侧根长度	干重 (g plant ⁻¹)	扦插成活率 (%)	
长度 × 插条直径(L × CD)						
1	15 × (0.3~0.5)	14.1 ± 1.3 de	0.23	22.8 ± 2.9 ef	10.3 ± 1.1 ef	66.1 ± 2.7 de
2	15 × (0.5~1.0)	23.1 ± 1.6 c	0.46	43.3 ± 3.6 cd	15.9 ± 1.7 cd	85.2 ± 3.7 bc
3	15 × (1.0~1.5)	32.4 ± 2.0 a	0.52	55.6 ± 2.9 b	22.1 ± 1.4 ab	90.3 ± 4.1 ab
4	20 × (0.3~0.5)	16.9 ± 1.6 d	0.29	27.9 ± 2.7 e	12.2 ± 0.9 e	69.7 ± 3.0 d
5	20 × (0.5~1.0)	28.7 ± 1.5 b	0.49	48.2 ± 3.3 c	19.2 ± 1.1 c	88.7 ± 3.3 ab
6	20 × (1.0~1.5)	33.6 ± 2.1 a	0.56	63.3 ± 4.0 a	24.6 ± 1.6 a	95.1 ± 4.6 a
	L (%)	5.21E-10	0.000615	6.64E-17	3.72E-12	112E-14
P value	CD (%)	1.98E-17	3.74E-11	2.91E-24	1.69E-18	8.86E-23
	L × CD (%)	1.57E-06	0.441846	4.04E-08	0.000216	7.15E-05

3.3. 不同硬枝扦插长度和培育方法对高山柳扦插生根的影响

不同硬枝扦插长度和培育方法对高山柳扦插生根及生长发育产生重要的影响(表 4)。与大田扦插(C + F)和野外盆栽扦插(P + F)环境下长度为 15 cm, 直径为 1.0 cm~1.5 cm 硬枝插条相比, 温室扦插(C + V)、大田覆膜扦插(C + P + F)和温室盆栽扦插(P + V)环境下, 长度为 15cm, 直径为 1.0 cm~1.5 cm 硬枝插条表现出较好的生根和生长特性, 显著提高了扦插生根率并促进其生长发育。与 C + F 和 P + F 相比较, C + V、C + P + F 和 P + V 处理植株株高分别增加了 42.6%, 33.8%和 38.7%, 和 56.5%, 47.3% 和 52.2%; 干重分别增加了 43.6%, 35.6%和 40.5%, 和 76.1%, 60.1%和 65.9%; 扦插生根率分别增加了 11.6%, 13.3%和 10%, 和 13.6%, 15.4%和 12% (表 4)。直径为 1.0 cm~1.5 cm、长度为 20 cm 的硬枝插条在温室中盆栽扦插、温室中扦插和大田中覆膜扦插是高山柳最佳的繁育方法。

Table 4. Effects of different hardwood cutting length and cultivation methods on plant height, lateral root length, dry weight and cutting survival rate of *Salix oritrepha*

表 4. 不同硬枝扦插长度和培育方式对高山柳株高、侧根长、干重及扦插成活率的影响

处理		株高	主茎直径 (cm)	侧根长度	干重 (g plant ⁻¹)	扦插成活率 (%)
长度 × 插培育方式(L × CM)						
1	15 × (C + V)	29.1 ± 2.6 ab	0.49	52.3 ± 4.1 ab	23.4 ± 1.1 b	91.7 ± 3.7 a
2	15 × (C + P + F)	27.3 ± 1.9 bc	0.53	54.9 ± 3.3 ab	22.1 ± 1.5 b	93.1 ± 3.3 a
3	15 × (C + F)	20.4 ± 1.1 e	0.41	34.2 ± 2.3 cd	16.3 ± 1.4 cd	82.2 ± 2.1 b
4	15 × (P + F)	18.6 ± 1.3 ef	0.38	31.1 ± 1.8 de	13.8 ± 1.6 d	80.7 ± 2.5 bc
5	15 × (P + V)	28.3 ± 2.1 bc	0.48	38.7 ± 2.7 c	22.9 ± 1.3 b	90.4 ± 3.0 ab
6	20 × (C + V)	31.6 ± 2.0 ab	0.53	56.2 ± 3.9 a	27.7 ± 1.8 a	92.7 ± 4.3 a
7	20 × (C + P + F)	34.7 ± 2.1 a	0.57	57.1 ± 3.7 a	27.1 ± 1.6 a	94.5 ± 4.8 a
8	20 × (C + F)	26.2 ± 1.4 cd	0.44	37.2 ± 2.2 c	18.3 ± 1.3 c	86.2 ± 2.6 ab
9	20 × (P + F)	23.7 ± 1.6 d	0.41	35.1 ± 2.2 cd	16.9 ± 1.7 cd	83.8 ± 2.2 b
10	20 × (P + V)	32.9 ± 2.0 a	0.53	39.6 ± 2.9 c	26.4 ± 1.6 a	92.1 ± 3.0 a
	L (%)	2.47E-25	4.31E-05	1.13E-16	2.6E-22	2.72E-18
P value	CM (%)	7.14E-28	5.21E-11	1.97E-31	4.73E-28	1.02E-28
	L × CM (%)	1.12E-13	0.898517	3.16E-08	4.35E-10	7.73E-11

注: CM: 培育方式; C + V: 温室中扦插; C + P + F: 大田覆膜扦插; C + F: 大田扦插; P + F: 野外盆栽扦插; P + V: 温室中盆栽扦插。

4. 讨论

植物的生长规律受自身生物学特性和生境条件的制约[2]。植物的生长及变化动态以及环境条件的影响作用, 是认识其环境适应方式与能力的重要途径。从植物的生长特征来看, 植物对环境的适应性特性, 就是植物适应逆境环境的生长策略和重要特征。Bradshaw 和 Hardwick [14]指出: “进化是对环境压力的一个几乎不可避免的结果”, 每一种植物都有其复杂的生存机制, 以确保其能够在特定的环境中生存和发展[15]。在严酷的高寒环境中, 作为我国特有落叶直立灌木种, 高山柳有性繁殖受到极大限制, 疏松的沙土和逆境环境使得其生长相当复杂, 形成了其对高寒生境的特殊适应方式。从植物适应环境的对策来看, 在较大的环境压力下, 无性繁殖在选择上占优势[4]。本研究结果表明, 不同扦插部位(硬枝、嫩枝和根系)、扦插长度(15 cm 和 20 cm)和扦插直径(0.3 cm~0.5 cm, 0.5 cm~1.0 cm 和 1.0 cm~1.5 cm)对高山柳生

根及生长发育产生显著的影响(表 1~3)其中硬枝扦插对高山柳生根及生长发育的促进最好, 插条直径为 1.0 cm~1.5 cm, 长度为 20 cm 左右时为宜, 插条过长或过粗虽然对扦插生根有好处, 但是对成年植株造成一定损伤而且还浪费插穗。研究发现, 植物的扦插生根率并不是由单一的内源激素和内含物(营养物质)决定的, 而是由 IAA/ABA 和全碳 / 全氮的比值所决定的, IAA/ABA 和全碳/全氮的比值越小, 枝条的扦插生根率也就越低[16]。内源生长素含量高的枝条比冬季休眠枝容易生根, 带有芽和叶的插穗比去掉芽和叶的插穗生根率高。这是因为芽和叶中产生的生长素, 通过极性运输并积累在插穗基部的缘故[16]。这或许说明高山柳硬枝插穗内较高的 IAA/ABA (高浓度的 IAA 和低浓度的 ABA)和全碳 / 全氮比值, 可能导致高山柳硬枝插穗扦插成活率高的主要因素之一。但是高山柳扦插枝中内源激素和内含物(营养物质)与其扦插生根的关系以及高山柳的扦插生根机制, 还需进一步深入研究。此外, 不同培育方法对高山柳硬枝扦插生根及生长发育也产生重要的影响(表 4)。其中, 直径为 1.0 cm~1.5 cm、长度为 20 cm 的硬枝插条在温室中盆栽扦插、温室中作垅扦插和大田作垅覆膜扦插是高山柳最优的繁育技术方法, 这三种培养方法扦插繁育的苗木成活率高, 生长健壮, 根系发达, 能够实现快速繁育的目的, 其方法可在高寒区大规模繁育和值得推广应用。恢复与重建植被是土地沙漠化综合防治中最主要和最基本的措施[4]。对于高寒风沙化地区来说, 自然条件都比较恶劣, 适生的植物种类较少, 造林种草成活率低, 治理难度大。高山柳在高寒区表现出很强的生态适应性, 能够在西北高寒牧区生长良好, 表现出抗干旱、耐严寒、耐瘠薄等优良特性, 是进行退化、沙化草地生态治理的优良草种, 具有良好的推广应用前景。然而, 到目前为止, 有关高山柳在高寒退化草地中的生理生态适应性特征及其机制等的研究国内外还较少有人涉及, 有待进一步深入研究。

5. 结论

在温室盆栽扦插、温室作垅扦插和大田作垅覆膜环境下, 采用长度为 20 cm、直径为 1.0 cm~1.5 cm 的硬枝插条进行扦插繁殖是高山柳最佳的繁育技术, 值得在玛曲高寒退化草地的生态治理中广泛应用。

基金项目

甘肃省科技厅创新基地与人才计划项目“干旱植物育苗及栽培技术国际科技特派员”(17JR7WA018)。

参考文献

- [1] 梁芸, 王大为. 2000 年以来甘南植被变化趋势及原因分析[J]. 草业科学, 2016, 33(6): 1102-1111.
- [2] 马和, 康建军, 赵明, 谈嫣蓉, 朱丽, 祁丹琿, 张洋东. 黄河源区褐鳞苔草固沙生物学特性研究[J]. 草业科学, 2017, 34(4): 714-723.
- [3] 金红喜, 韩生慧, 何芳兰, 李昌龙, 徐先英, 唐进年, 康才周, 宋德伟, 杜娟. 玛曲高寒草甸沙化研究进展——生物诱因、影响及治理[J]. 中国农学通报, 2016, 32(11): 64-72.
- [4] Kang, J.J., Zhao, M., Tan, Y.R., Zhu, L., Bing, D.H. and Zhang, Y.D. (2017) Sand-Fixing Characteristics of *Carex brunnescens* and Its Application, with Straw Checkerboard Technique on Restoration of Desertified Grassland. *Journal of Arid Land*, 9, 651-665. <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0066-7>
- [5] 封士兰, 苏策, 段生玉, 陈立仁. 藏药山生柳的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(9): 607-608.
- [6] 封士兰, 孟彦, 胡芳弟, 陈立仁. 高效液相色谱法测定山生柳中酚苷类成分的含量[J]. 分析测试技术与仪器, 2002, 8(4): 236-239.
- [7] 李毅, 王志泰. 东祁连山高寒地区山生柳种群年龄结构及其动态分析[J]. 草业科学, 2002, 19(3): 12-16.
- [8] 吴海艳, 马玉寿, 王彦龙, 张金旭. 黄河源区山生柳灌丛草甸植物群落多样性及植物量组成[J]. 草业科学, 2008, 25(5): 55-59.
- [9] 蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤. 干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响[J]. 生态学报, 2010, 31(9): 2430-2436.

- [10] 陈文业, 陈永霞, 郑华平, 马建云, 戚登臣, 李广宇. 山生柳的生态习性及育苗技术[J]. 防护林科技, 2008(3): 135-137.
- [11] 孟少童, 陈文业, 戚登臣, 等. 高寒区山生柳温棚容器嫩枝扦插育苗技术[J]. 防护林科技, 2009(5): 113-120.
- [12] 陈文业, 戚登臣, 赵明, 李广宇, 魏强, 王芳, 朱丽, 张继强, 刘振恒, 孙飞达. 高寒区山生柳无性繁殖技术的灰色系统理论分析[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(12): 19-21.
- [13] 王芳, 陈文业, 才让卓玛, 戚登臣, 赵明, 李广宇, 魏强, 朱丽, 孙飞达, 张继强, 刘振恒. 高寒区山生柳硬枝扦插灰色系统理论分析研究[J]. 草业科学, 2010, 27(9): 86-90.
- [14] Bradshaw, A.D. and Hardwick, K. (1989) Evolution and Stress-Genotypic and Phenotypic Components. *Biological Journal of Linnean Society*, **37**, 137-155. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1989.tb02099.x>
- [15] Gutterman, Y. (1993) Seed Germination in Desert Plant: Adaptions of Desert Organisms. Springer-Verlag, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-75698-6>
- [16] 康建军, 朱丽, 张志胜, 郝丹琿, 刘东浩, 罗文丽. 祁连山青海云杉扦插繁殖技术及其生根机理研究[J]. 防护林科技, 2014(5): 8-12.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: br@hanspub.org