沙地云杉在河西地区的适应性及发展潜力

李银科[1], 刘世增[1], 康才周[1], 李得禄[1], 满多清[1], 严子柱[1], 敖 尤[2]
(1. 甘肃省荒漠化与风沙灾害防治国家重点实验室培育基地, 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站 甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 克什克腾旗林业局, 内蒙古 赤峰 025350)

摘 要: [目的] 探讨沙地云杉在河西沙区的适应性及其影响因子,为该区生态建设中树种的选择提供依据。[方法] 通过对河西地区沙地云杉生长情况的观测研究,以及搜集沙地云杉原产地和其他引种地相关资料,从气候、种子育苗、苗木移栽成活率及生长速度等方面比较分析沙地云杉在河西地区的适应性。[结果] 河西地区温度条件适宜沙地云杉生长发育,但降水不足造成的土壤水分亏缺问题必须要通过人工灌水措施加以解决;7 a 后的沙地云杉生长速度超过原产地白音敖包,适应性强,在农田防护林建设中发展潜力大。[结论] 沙地云杉在河西地区具有较大的发展潜力。

关键词: 河西地区; 沙地云杉; 适应性; 发展潜力
文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2017)01-0325-04 **中图分类号**: S722.7

文献参数: 李银科,刘世增,康才周,等. 沙地云杉在河西地区的适应性及发展潜力[J]. 水土保持通报, 2017,37(1):325-328. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.057; Li Yinke, Liu Shizeng, Kang Caizhou, et al. Adaptability and development potential of *Picea mongolica* in Hexi area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017,37(1):325-328. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.057

Adaptability and Development Potential of *Picea Mongolica* in Hexi Area

LI Yinke[1], LIU Shizeng[1], KANG Caizhou[1], LI Delu[1], MAN Duoqing[1], YAN Zizhu[1], AO You[2]
(1. *State Key Laboratory Breeding Base of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Gansu Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*; 2. *Forestry Bureau of Keshiketeng County, Chifeng, Inner Mongolia* 025350, *China*)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to investigate the adaptability of *Picea mongolica* and its impact factor, and provide support for tree species selection in ecological construction in Hexi area. [Methods] According to the observation and research on the growth of *P. mongolica* in Hexi area and the related data of the provenance and introducing area of *P. mongolica*, we analyzed the adaptability of *P. mongolica* in Hexi area in terms of climate, seed seedling, seedling transplanting survival rate and growth rate. [Results] The temperature condition of Hexi area was suitable for the growth of *P. mongolica*, but soil water deficit caused by the lack of precipitation had to be solved by artificial irrigation. The growth rate of 7-year old *P. mongolica* was faster than that from the source area(Baiyinaobao), and the adaptability was strong, therefore, it showed a great potential in construction of farmland shelterbelt. [Conclusion] *Picea mongolica* has a great development potential in Hexi area.

Keywords: **Hexi area**; ***Picea mongolica***; **adaptability**; **development potential**

沙地云杉(*Picea mongolica*)是云杉属(*Picea*)的一种,天然分布在生态环境非常脆弱的内蒙古浑善达克沙地的东部边缘,在白音敖包自然保护区分布最为集中,形成十分罕见的沙地森林[1]。沙地云杉具有耐寒、耐干旱、耐贫瘠的特性和极强的适应能力,是自然分布在干旱条件下沙地的云杉属的唯一树种,对中国防风固沙、改造风沙区的生态环境具有重要的作用,因而其研究、开发意义重大[2]。继辽宁省固沙造林研

收稿日期:2016-05-11 **修回日期**:2016-07-23
资助项目:国家林业公益性行业科研专项经费项目"河西荒漠区沙地云杉引种繁育及造林技术研究"(201104036); 国家自然科学基金项目"河西绿洲灌区保护性耕作的防风蚀效应"(41361059); 甘肃省省属科研院所科技创新团队项目(1207TTCA002)
第一作者:李银科(1982—),男(汉族),甘肃省徽县人,硕士,副研究员,主要从事荒漠化防治方面的研究工作。E-mail:lyk819@163.com。

究所1965年首次引种到辽宁省章古台获得成功之后，沙地云杉先后被引种到北京、呼和浩特等地[3]。2007年，沙地云杉被引种到甘肃河西地区，本文拟将沙地云杉在河西的生长表现与原产地及其他引种地进行对比研究，探讨沙地云杉在河西沙区的适应性及发展潜力，为西北干旱荒漠区生态建设中树种的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

沙地云杉幼苗移栽培育试验在甘肃省民勤治沙综合试验站(103°51′E，38°38′N，海拔1 378 m)、临泽县小泉子治沙试验站(99°57′E，39°14′N，海拔1 389 m)和金塔县治沙研究试验站(98°53′E，40°01′N，海拔1 254 m)进行，3个试验站分别位于河西走廊的东北部、中部和中部北端，均处在巴丹吉林沙漠南缘延伸带；试验区冬季寒冷，夏季酷热，昼夜温差大，降雨量小，蒸发量大，气候干燥，属于典型的温带大陆性荒漠气候；干旱缺水，光热充足，风大沙多，主风向为西北风，风沙活动集中在3—5月；地带性土壤为灰棕漠土，试验地土壤为灌漠土。各试验站沙地云杉苗木均进行人工灌溉，每年灌溉5～6次，漫灌。

1.2 研究方法

2012年4月，从原产地克什克腾旗引进3年生沙地云杉苗木，在上述试验区进行幼苗移栽培育试验。2012年11月，调查成活率、苗高和当年生长量，同时取土样；2013年11月，再次调查成活率、苗高和当年生长量。民勤治沙站于2007年从沙地云杉原产地引进一批4年生小苗和一批13年生大苗，春天栽植，当年秋天调查成活率、苗高和当年生长量。

调查取样时随机选取3块苗地作为3个重复样地，每个样地大小约为5 m×20 m。苗木成活率＝(样地内成活苗木数/样地内总栽种苗木数)×100%。在每块样地内随机选取10株正常生长苗木，测量苗高和当年生长量，其平均值代表这块样地苗木的苗高和当年生长量。

土壤取样深度为20 cm，每块样地按“S”形线路取5个样点，5点土样混合作为1个混合样。有机质测定用重铬酸钾氧化—外加热法，全氮用半微量凯氏法，速效磷测定用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法，电导率用电导仪法，pH值的测定用电极法。

查阅沙地云杉原产地及各引种地气象数据、苗木成活率及生长情况等相关文献资料，与河西地区沙地云杉引种试验区的气候条件、种子育苗方法、幼苗移栽培育、造林成活率和生长状况对比。同时应用多年研究积累，从生物、生态学方面对沙地云杉的耐旱性及其在河西干旱荒漠区的适应性进行分析。

2 结果与分析

2.1 沙地云杉原产地与各引种地气候条件对比

沙地云杉原产地白音敖包地处内蒙古高原向大兴安岭的过渡地带，属寒温带半干旱大陆性季风气候，其特点是：冬季严寒漫长，春季风频干燥，夏季温和短促，秋季气温骤降。

如表1所示，与原产地相比，引种区辽宁章古台、黑龙江沙区、呼和浩特等地降水量接近，气温高，积温大，无霜期长。这些引种区气候条件与原产地接近，引种易于成功。

表1 沙地云杉原产地与各引种地气候条件

地区	降水量/mm	蒸发量/mm	年平均气温/℃	年最低气温/℃	年最高气温/℃	≥10 ℃积温/℃	无霜期/d	日照时数/h	年平均风速/(m·s^{-1})	干湿区划
白音敖包[4]	448.9	1 526.8	−1.4	−42.7	30.8	1 505.8	78	2 837.3	3.7	半干旱
呼和浩特[4]	417.5	1 784.6	5.8	−32.8	37.3	2 750.0	130	2 932.9	3.0	半干旱
黑龙江沙区[5]	403.0～641.8	1 483.0～−2 387.5	2.5～4.2	−39.5～−34.0	36.9～40.1	2 600.0～2 914.0	130～150	2 750.0～2 916.5	3.4～4.5	半湿润
章古台[6]	480.0	1 890.0	6.1	−34.1	43.2	2 890.0	154	2 766.5	3.9	半湿润
民勤县[7]	113.2	2 604.3	7.6	−30.8	40.0	3 036.4	175	2 799.4	2.5	干旱
临泽县[8]	116.8	2 390.0	7.6	−27.0	39.1	3 088.0	165	3 045.0	3.2	干旱
金塔县[9]	59.5	2 583.6	8.0	−31.0	38.7	3 053.0	157	3 193.2	2.5	干旱

地处干旱荒漠区的河西地区，气候极端干燥，日照强烈，蒸发量远超过降水量，昼夜温差大，多大风沙，年降水量36～180 mm。该区最关键的限制性因子是降水量远低于原产地，因此，河西地区沙地云杉引种必须在灌溉条件下才能实现。

2.2 幼苗移栽培育

苗木引种是树木引种中应用最为广泛的引种方式。几地沙地云杉幼苗移栽成活率见表2，沙地云杉

在原产地的移栽成活率很高,当年和次年成活率均在92%以上,且成活率的年降幅很小,只有 0.3%;引种地呼和浩特成活率较低,且年降幅很大(40%以上),这与栽植后没有灌水有关[4]。在河西地区,沙地云杉幼苗移栽成活率金塔县最高、临泽县最低,成活率年降幅金塔县最小,临泽县最大。这可能与苗地的土壤条件有关,临泽县苗地电导率远大于其他 2 地(表 3),说明盐渍化程度高的土壤沙地云杉幼苗的成活率较低。

表 2　各引种区苗木移栽成活率

地 区	苗木规格/a	当年成活率/%	第二年成活率/%	第二年成活率较第一年的降幅/%
白音敖包[10]	2	92.4	92.1	−0.3
呼和浩特[4]	3	48.0	27.0	−43.8
	2	75.0	44.0	−41.3
	3	70.2	53.8	−23.4
民勤县	4	78.6	—	—
	13	98.0	—	—
临泽县	3	65.8	43.7	−33.6
金塔县	3	75.9	62.2	−18.1

表 3　河西沙地云杉引种地土壤条件

地区	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	pH 值	电导率/(dS·m^{-1})
民勤县	7.06	0.24	15.48	8.43	0.16
临泽县	5.47	0.21	14.43	7.69	1.11
金塔县	10.71	0.39	8.32	8.39	0.15

2.3　苗木生长及其影响因素

影响沙地云杉幼苗地径和高生长的主要环境因子为地面温度、地面最高温度、最低气温和 10—20 cm 土层的土壤温度[11-12]。表 4 为沙地云杉各引种区苗木生长情况,从表中可以看出,2 年生幼苗苗高伊金霍洛旗和民勤县均小于原产地白音敖包,地径与苗高正好相反;不同苗龄苗木生长科尔沁地区的开鲁县和章古台比其他地区都快;民勤县 6 年生苗木高生长量略小于白音敖包,而 11,20 年生苗木苗木生长高度远大于白音敖包。由此看出,民勤县沙地云杉的生长速度在 7 年生前慢于原产地,之后快于原产地(图 1)。河西地区沙地云杉苗木生长速度从大到小排序为:金塔县>民勤县>临泽县,这与金塔苗地土壤有机质和全氮含量较高、临泽苗地土壤含盐量较高有关(表 3)。

表 4　各引种区苗木生长情况　　cm

地 区	苗木规格	地 径	苗 高	当年生长量
白音敖包[13-14]	2 年生播种苗	0.075	4.5	2.0
	6 年生天然苗	—	29.5±14.1	7.3±1.4
	11 年生天然苗	—	85.7±38.0	11.3±4.9
	20 年生天然苗	—	206.6±101.8	24.0±16.1
伊金霍洛旗[13]	2 年生播种苗	0.124	2.4	—
通辽市开鲁县[13]	2 年生移栽苗	0.262	9.7	3.0
	6 年生移栽苗	1.138	40.2	7.3
章古台[15]	6 年生移栽苗	—	45.3	10.5
	11 年生移栽苗	—	199.4	36.5
民勤县	2 年生播种苗	0.092±0.039	3.1±0.6	1.4±0.3
	5 年生移栽苗	0.650±0.053	21.7±0.6	3.4±0.6
	6 年生移栽苗	0.892±0.314	28.8±5.9	7.9±2.0
	11 年生移栽苗	3.750±0.860	108.8±24.8	26.5±7.9
	20 年生移栽苗	8.600±1.047	241.8±50.7	39.8±15.7
临泽县	5 年生移栽苗	0.487±0.021	20.6±0.6	3.0±0.6
金塔县	5 年生移栽苗	0.680±0.035	24.3±1.6	4.4±0.4

3　讨 论

河西春季冷空气侵袭频繁、气温忽高忽低、风沙大、气候干燥;夏季干旱少雨,地表温度较高;秋季降温迅速,霜冻出现较早;冬季天气寒冷。人工灌溉条件下,温度是影响沙地云杉育苗及其生长最主要的因子。

沙地云杉被引种到河西地区后,通过苗床选择、种子处理、适时播种、覆沙、遮阴、埋土越冬等一系列试验表明[7,16-19],遮阴、埋土越冬是种子育苗成功的关键。由于幼苗组织幼嫩,抵抗力弱,易受日灼、干旱等危害,因此幼苗期处在高温、日照强烈的环境中,要采取降温、保湿措施加以保苗。从出苗到越冬,遮阴处理和不遮阴处理苗木保存率平均为 69.04%,17.35%[18];初春随着气温回升,幼苗上部茎叶开始

蒸腾，而土壤仍在冻结，根系不能吸收水分，幼苗体内水分失调，极易发生生理干旱而死亡。覆土 10 cm，保苗率可达 93.2%，而未覆土保苗率为 0[7]，所以苗龄 1～2 a 的幼苗需要埋土越冬。因此，可以说不采取遮阴和埋土越冬措施，河西地区沙地云杉种子育苗就不能实现。

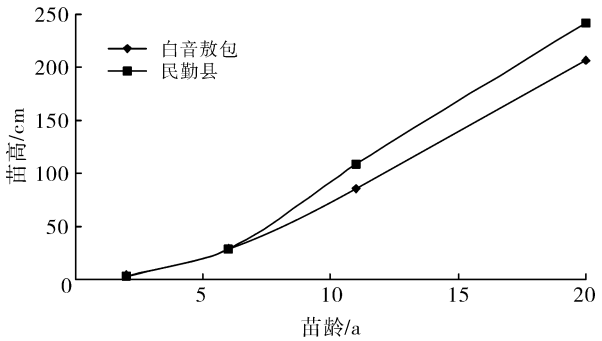


图 1 沙地云杉在白音敖包和民勤的生长速率

从影响沙地云杉生长发育最重要的气候因素温度和降水来看，原产地白音敖包和生长良好的引种地章古台地区气温在 －42.7～43.2 ℃，河西气温在 －35.6～41.7 ℃，适宜沙地云杉生长发育，降水不足造成的土壤水分亏缺问题可通过人工灌水措施加以解决。沙地云杉成活率与生长状况也与土壤环境有关，含盐量低、养分状况好的土壤沙地云杉成活率高，生长速度快。

沙地云杉是河西地区继樟子松引种成功后的又一常绿树种，虽然幼苗期生长速度较慢，但大苗生长速度较快，对水分胁迫下沙地云杉和青海云杉荧光参数特征的研究表明，沙地云杉具有更强的抗旱性[19]，因此，沙地云杉在河西地区具有良好的适应性，将其应用到农田防护林更新改造中，会增加树种多样性、增强冬春季农防林防护效益、增加农防林体系的稳定性，而且，云杉属树种根系比杨树小很多[20-21]，杨树林带具有较严重的胁地作用[22]，用沙地云杉改造杨树防护林将减小农防林对农田的胁地作用，同时，农田灌溉侧渗水的存在也为沙地云杉生长提供了良好的水分需求保障。

4 结 论

沙地云杉自 2007 年从原产地白音敖包被引种到河西地区以来，生长表现良好，种子引种和苗木引种都得以实现。由于河西地区属干旱区，降水稀少，沙地云杉需要人工浇水。和原产地白音敖包相比，沙地云杉幼苗移栽成活率较低，但随着苗龄的增大，成活率迅速增大，可达到 98%。河西地区幼苗生长速度低于半湿润的科尔沁地区，但高于半干旱的伊金霍洛旗，7 年生前生长慢于原产地，之后则超过原产地。沙地云杉在河西地区农田防护林更新改造中应用潜力大，另外，沙地云杉在城市绿化中也可以得到一定的应用。综上所述，沙地云杉在河西地区具有较大的发展潜力。

[参 考 文 献]

[1] 李银科，刘世增，康才周，等. 温度对樟子松和沙地云杉种子萌发特征的影响[J]. 水土保持通报，2011，31(4)：73-77.

[2] 罗菊春，黄三祥. 沙地云杉林生态系统研究进展[J]. 福建林学院学报，2003，23(4)：375-379.

[3] 邹春静，韩士杰，徐文铎，等. 沙地云杉幼苗根表土体中 NPK 的梯度分布[J]. 应用生态学报，2003，14(12)：2145-2148.

[4] 刘瑞芬. 沙地云杉引种试验[J]. 内蒙古林业调查设计，2008，31(6)：75-77，80.

[5] 郭承亮，解文娟，朱洪坤，等. 沙地云杉引入黑龙江省沙区的可行性分析[J]. 防护林科技，2004(4)：89-90.

[6] 尤国春，孟鹏，杨树军. 章古台地区沙地樟子松径向生长与气候因子的相关分析[J]. 辽宁林业科技，2015(5)：19-22，46.

[7] 王飞，刘世增，李得禄，等. 干旱荒漠区沙地云杉幼苗越冬措施效果分析[J]. 甘肃林业科技，2014，39(2)：12-14.

[8] 苏培玺，解婷婷，丁松爽. 荒漠绿洲区临泽小枣及枣农复合系统需水规律研究[J]. 中国生态农业学报，2010，18(2)：334-341.

[9] 马亚兰，刘普幸，王枫叶. 金塔绿洲近 20 a 来农业生态安全动态评价与对策研究[J]. 土壤，2010，42(2)：184-189.

[10] 刘向民. 张国华，周效明，等. 沙地云杉造林技术研究初报[J]. 内蒙古林业科技，2001(3)：27-28，36.

[11] 黄三祥，李新彬，林田苗，等. 沙地云杉育苗技术及苗木年生长规律研究[J]. 北京林业大学学报，2003，25(6)：11-14.

[12] 康才周，刘世增，李得禄，等. 干旱荒漠区沙地云杉育苗技术及幼苗生长规律研究[J]. 安徽农业科学，2010，38(25)：13713-13716.

[13] 黄三祥. 地云杉生态学特性及引种研究[D]. 北京：北京林业大学，2004.

[14] 徐文铎，郑元润，刘广田. 内蒙古沙地云杉生长与生态条件关系的研究[J]. 应用生态学报，1993，4(4)：368-373.

（下转第 334 页）

可以发现研究区生态环境脆弱性状况整体变化速度随时间的退役呈加快的发展速度，就整个阶段而言地区综合动态度总体处于中偏下水平；生态环境脆弱性综合指数及其变化率，表明该地区2005年生态环境脆弱性状况最严重，10 a间整个凉山地区生态环境状况整体发展不容乐观，生态治理仍需坚持。

[参 考 文 献]

[1] 刘正佳，于兴修，李蕾，等. 基SRP概念模型的沂蒙山区生态环境[J]. 应用生态学报，2011，22(8)：2084-2091.

[2] 于伯华，吕昌河. 青藏高原高寒区生态脆弱性评[J]. 地理研究，2011，30(12)：2289-2295.

[3] 张笑楠，王克林，张伟，等. 桂西北喀斯特区域生态环境脆弱性[J]. 生态学报，2009，29(2)：749-757.

[4] 秦旭芝，黎宁，温中海，等. 基于广西河池市胁迫风险的土壤环境脆弱性评价[J]. 中国环境监测，2015，31(6)：71-76.

[5] 樊哲文，刘木生，沈文清，等. 江西省生态脆弱性现状GIS模型评价[J]. 地球信息科学学报，2009，11(2)：202-208.

[6] 邵秋芳，彭培好，黄洁，等. 长江上游安宁河流域生态环境脆弱性遥感监测[J]. 国土资源遥，2016，28(2)：175-181.

[7] 宋豫秦，曹明兰. 基于RS和GIS的北京市景观生态安全评价[J]. 应用生态学报，2010，21(11)：2879-2895.

[8] 王钊齐，李建龙，杨悦，等. 基于遥感的城市生态环境质量动态变化定量评价：以江苏宜兴市为例[J]. 宁夏大学学报：自然科学版，2015，36(3)：1-8.

[9] 韦晶，郭亚敏，孙林，等. 区域生态环境脆弱性评价：以西三江源地区生态环境脆弱性评价[J]. 生态学杂志，2015，34(7)：1-7.

[10] 马骏，李昌晓，魏虹，等. 三峡库区生态脆弱性评价[J]. 生态学报，2015，35(21)：7117-7124.

[11] 廖炜，李璐，吴宜进，等. 丹江口库区土地利用变化与生态环境脆弱性评价[J]. 自然资源学报，2011，26(11)：1879-1889.

[12] 杨斌，詹金凤，李茂娇. 岷江上游流域环境脆弱性评价[J]. 国体资源遥感，2014，26(4)：138-144.

[13] 赵乾坤，王治国，张光灿，等. 山西省水土保持功能区生态脆弱性评价[J]. 中国水土保持科学，2014，12(6)：16-22.

[14] 杨存建，陈静安，白忠，等. 利用遥感和GIS进行四川省生态安全评价研究[J]. 电子科技大学学报，2009，38(5)：700-706.

[15] 谢余初，巩杰，张玲玲. 基于PSR模型的白龙江流域景观生态安全时空变化[J]. 地理科学，2015，35(6)：790-797.

[16] 李永化，范强，王雪，等. 基于SRP模型的自然灾害多发区生态：以辽宁省朝阳县为例[J]. 地理学，2015，35(11)：1452-1459.

[17] 蔡海生，刘木生，陈美球，等. 基于GIS的江西省生态环境脆弱性动态评价[J]. 水土保持通报，2009，29(5)：190-196.

[18] 郑新奇，付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京：科学出版社，2010.

[19] 穆少杰，李建龙，陈奕兆，等. 2001—2010年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. 地理学报，2012，67(9)：1255-1268.

(上接第328页)

[15] 徐文铎. 内蒙古白音敖包自然保护区沙地云杉林的基本特征、存在问题与解决途径[J]. 生态学杂志，1993，12(5)：39-44.

[16] 李得禄，刘世增，康才周，等. 沙地云杉种子育苗试验[J]. 防护林科技，2011(2)：19-21.

[17] 朱国庆，刘世增，李得禄，等. 沙地云杉种子萌发及育苗试验[J]. 中国农学通报，2011，27(16)：22-26.

[18] 康才周，刘世增，严子柱，等. 干旱沙区沙地云杉育苗技术及幼苗生长节律[J]. 防护林科技，2010(5)：10-13，25.

[19] 李得禄，刘世增，康才周，等. 水分胁迫下云杉属两种植物荧光参数特征研究[J]. 干旱区资源与环境，2015，29(6)：117-121.

[20] 马良清. 甘肃武威地区几个树种根系的调查报告[J]. 生态学杂志，1987，6(2)：13-17.

[21] 张海忠. 人工云杉幼龄林根系发育和环境关系的研究[J]. 园艺与种苗，2015(5)：73-75.

[22] 于柱英. 武威灌区农田防护林体系可持续经营研究[D]. 兰州：甘肃农业大学，2004.