林木超深栽在沙地造林中的应用效果分析

李向军[1,2], 刘春鹏[1,2], 安 萍[3], 支恩波[1,2], 王学勇[1,2], 刘泽勇[1,2], 李新利[1,2]

(1. 河北省林业科学研究院, 河北 石家庄 050061; 2. 河北省林木良种工程技术研究中心, 河北 石家庄 050061; 3. 日本鸟取大学 干旱地研究中心, 日本 鸟取 680-0001)

摘 要: [目的] 探讨林木超深栽在沙地造林中的可行性,为提高干旱半干旱沙地造林效果提供依据。[方法] 在对永定河下游沙地不同深度土壤水分含量进行监测的基础上,以白榆为造林树种,开展了深根苗与普通苗的不同栽植深度〔1 m(超深栽),0.6 m(深栽),0.3 m(常规)〕的造林试验。[结果] (1) 沙地下层土壤的水分含量较高并相对保持稳定; (2) 沙地林木超深栽显著提高了造林成活率 40%以上($p<0.01$)。特别是使用林木深根苗进行超深栽时,即使在无灌水的条件下亦取得了很好的造林效果(成活率 94%); (3) 林木超深栽显著提高了苗木的高生长,但对胸径生长的促进作用仅在使用深根苗时观察到。[结论] 超深栽技术适用于干旱半干旱沙地造林,建议予以推广应用。

关键词: 超深栽; 沙地造林; 白榆; 深根苗

文献标识码: B **文章编号**: 1000-288X(2015)04-0148-04 **中图分类号**: S725.71

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.029

Effects of Extra-deep Planting on Survival and Growth of Seedlings in Sandy Soil

LI Xiangjun[1,2], LIU Chunpeng[1,2], AN Ping[3], ZHI Enbo[1,2], WANG Xueyong[1,2], LIU Zeyong[1,2], LI Xinli[1,2]

(1. *Hebei Academy of Forestry Sciences*, *Shijiazhuang*, *Hebei* 050061, *China*; 2. *Hebei Engineering Research Center for Trees Varieties*, *Shijiazhuang*, *Hebei* 050061, *China*; 3. *Arid Land Rereach Center*, *Tottori University*, *Tottori* 680-0001, *Japan*)

Abstract: [Objective] The feasibility of plantation establishment with extra-deep planting in a sandy soil was studied in order to provide support on increase of the survival rate of seedlings in arid and semi-arid sandy soil. [Methods] The experiments were conducted in the lower reaches of Yongding River characterized by large areas of sandy soils. The seedlings were 2-year old *Ulmus pumila* L., some of which were cultivated with long roots(long-root seedlings). Others were raised with normal roots. The depths of planting were 1 m (extra-deep), 0.6 m(deep) and 0.3 m(usual). Soil water contents of different layers were measured monthly. [Results] (1) Water content in deeper soil layers was higher and remained constant compared with that in shallower layers; (2) Extra-deep planting significantly increased the survival rate of seedlings by more than 40%. With extra-deep planting, the long-root seedlings showed reasonable survival rate and growth after transplanting(the survival rate was 94%), even without watering; (3) Extra-deep planting significantly increased seedling height, but significant increases in diameter at breast height were observed only for long-root seedlings. Extra-deep planting, especially with long-root seedlings, significantly increased seedling survival and growth. [Conclusion] Extra-deep planting is suitable for plantation establishment in the sandy soils in arid and semi-arid areas, and should be applied.

Keywords: extra-deep planting; afforestation in sandy land; *Ulmus pumila* L.; long-root seeding

河北省 2.72×10^6 hm^2 的沙化土地直接威胁到京津冀地区生态环境的安全,是该地区沙尘天气的沙源之一。各级政府曾大量投入人财物进行治理,但由于环境、土壤、水资源以及造林技术等方面的限制,该地区的绿化效果并不令人满意[1]。如何进一步提高沙地造林成活率和造林效果已成为沙地治理中亟待解决的问题[2]。土壤水分是影响造林苗木能否成活和保存的最关键因素之一。每年进入雨季前,沙化地

收稿日期:2014-06-06 修回日期:2014-06-16

资助项目:国家 948 计划项目"沙地节水造林综合配套技术引进"(2011-4-56)

第一作者:李向军(1968—),男(汉族),河北省沧州市人,博士研究生,正高级工程师,主要从事植物生理方面的研究。E-mail:centerli680615@aliyun.com。

通信作者:刘春鹏(1984—),男(汉族),河北省廊坊市人,硕士研究生,助理工程师,主要从事植物生理方面的研究。E-mail:lcp-1984@163.com。

区风沙大、降水少,沙地土壤特别是上层土壤的水分含量往往处于较低的水平[3]。采用常规技术造林的苗木因栽植较浅(一般约 20—30 cm),加之造林后又得不到有效的水分补给或补给不及时,苗木根系因吸收不到维持自身生理机能的水分而经常大面积枯死[4],这是目前沙地造林成活率或保存率较低的最主要原因之一。在干旱半干旱沙地,随着土壤深度的增加,土壤所受外界环境的影响也逐渐降低,土壤水分逐渐增加[5-6]。因此,研究者提出了沙地深栽造林的方法,即栽植深度为 40～50 cm(通常为 20～30 cm),实践证明此方法在提高沙地造林成活率和保存率方面起到了一定的效果[1,7-8]。不过,在长期得不到水分补给的干旱年份,土壤中的水分缺乏依然会波及到这一深度,也将影响造林效果。如果能够将苗木栽植到更深的土层中(超深栽),使苗木根系能够安定地吸收到其成活和生长所需要的水分,进而避免干旱的影响,理论上就能够提高其成活率和保存率。但目前相关报道较少[8],尚有待于进一步探讨与验证。因此,为了进一步提高干旱半干旱沙地的造林效果,本研究以白榆(*Ulmus pumila*)为试验材料,以河北省廊坊市安次区永定河下游河成沙地为试验点,定期调查沙地不同深度土壤水分含量,对深根苗和普通苗的沙地超深栽造林效果进行分析。

1　材料与方法

1.1　试验区概况

试验地位于廊坊市安次区杨税务乡大北尹村永定河下游河成沙地,地理坐标为 116°40′E,39°23′N,属暖温带半干旱半湿润大陆性季风气候。年平均气温 11.4 ℃,极端最高和最低气温分别为 40.2 和 −25.8 ℃,无霜期为 181 d;春季多风少雨,年降雨量为 591 mm,其中 75%以上集中在 7—9 月;年均蒸发量约为年均降雨量的 3 倍左右。试验区表土为细沙层,之后为中砂层,土质瘠薄,有机质含量低,保水、保肥性差。

1.2　试验材料

以白榆为材料,在河北省林科院院内苗圃进行了深根苗及普通苗的培育。深根苗的培育采用直径 10 cm,长度 1 m 的 PVC 管作为育苗容器,容器内填充混配好的育苗基质[9],播种后采用自下而上吸水的方法进行水分补给。普通苗的培育采用大田常规育苗方法进行。试验用苗选择地上部生长基本一致的深根苗和普通苗。苗木均为 2 年生,树高 2.0 m、基径粗度 1.8 cm 左右。深根苗的根系长度达到了 1 m。

1.3　试验方法

1.3.1　不同深度土壤的水分含量调查　在造林沙地选取 3 处固定土壤取样点,在试验期间(2012 年 6 月至 2013 年 11 月)每月取 1 次土样。每次用土钻获取 0—20 cm,20—40 cm,40—60 cm,60—80 cm 和 80—100 cm 土层土样,采用称重法测定土壤水分含量。

1.3.2　造林方法　试验采用二因素(栽植深度和浇水量)随机试验设计。其中栽植深度设 1 m(超深栽),0.6 m(深栽),0.3 m(常规)3 个深度。灌水处理设无灌水、2 L/株、4 L/株 3 个水平(均为造林时一次性灌水)。在苗木栽植时,将一根灌水管同时埋入土中 0.5 m(0.6 m 深栽时)或 0.8 m(1 m 超深栽时)。栽植后通过灌水管将水直接灌到土壤深处。6 株为1 小区,每处理设 3 个重复小区。栽植密度为 2 m×3 m。

1.3.3　苗木成活率及生长情况调查　2013 年 5 月进行了造林成活率调查。对于树干干枯而有新梢萌发的植株视为成活进行统计分析。为了避免栽植深度对胸径测量的影响,苗木栽植时预先对胸径位置进行了标记。各处理苗木的树高和胸径在试验前后进行了测量,对树高和胸径的年均生长量进行了计算。生长调查只针对完全成活植株进行,树干部分或全部干枯但有新梢萌发的植株不在生长调查之列。

1.4　统计分析

对造林成活率、苗木年胸径、树高生长量数据进行方差分析,当方差分析差异显著时,采用 LSD 法进行多重比较分析各处理间的差异显著性。

2　结果与分析

2.1　不同土层的水分变动

表 1 为试验沙地各深度土壤从 2012 年 6 月至 2013 年 11 月的含水量变化。从表 1 中可以看出,0—100 cm 土体含水量的年变化从冬、春至夏秋大体呈现高—低—高的趋势。即春季 5—6 月的土壤含水量显著地低于其前(3 月)后(8 月以后)的土壤含水量。与其他土层相比,0—20 cm,20—40 cm 土层的土壤含水量随季节变化呈现出较大的变化。特别是表层的 0—20 cm,在 2 a 的 5—6 月的取样调查中,其土壤含水量均低于 3%。40 cm 以下土层的土壤含水量随季节变化的幅度较小,且土层越深变动幅度也越小。60—80 cm 以及 80—100 cm 土层的土壤含水量在不同季节均保持较高水平。

2.2　造林成活率

表 2 为不同栽植深度及不同灌水量对白榆沙地造林成活率的影响。从表 2 可以看出,栽植深度以及灌水量对白榆的成活率均有极显著的影响,但二者的

交互作用则不显著。不同栽植深度处理时，白榆成活率由高到底顺次为：深根苗超深栽(1 m)＞普通苗超深栽(1 m)＞普通苗深栽(0.6 m)＞普通苗常规(0.3 m)。灌水量处理对白榆成活率的影响，总体表现出随着灌水量的增加成活率提高的趋势。但是，深根苗超深栽1 m处理则不受灌水与否以及灌水量的影响。此处理在不同灌水条件下，成活率均达到了90%以上。

表1 不同时间试验沙地各土层的土壤含水量

调查日期	不同土层土壤含水量/%				
	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	60—80 cm	80—100 cm
20120620	2.50±0.59	4.86±0.72	7.22±1.40	6.65±1.70	5.79±1.87
20120828	9.85±0.19	9.82±0.08	10.76±1.90	7.54±0.27	6.47±0.20
20121018	9.15±0.47	7.57±1.04	6.91±1.45	6.26±0.31	6.60±1.20
20121123	10.79±1.03	11.44±0.69	11.34±0.68	12.70±1.10	9.39±0.71
20130318	8.77±0.21	10.92±1.20	8.69±0.20	7.91±0.85	8.25±1.50
20130510	2.98±0.20	5.14±0.39	6.84±0.32	6.78±0.25	8.03±1.70
20130607	2.11±0.62	4.08±1.23	5.17±0.92	5.62±0.11	5.73±0.54
20130817	9.28±0.49	9.10±1.41	9.31±0.92	10.21±0.38	9.61±0.64
20131018	9.47±1.65	8.82±1.45	7.67±1.18	7.82±0.29	8.23±0.46
20131105	6.69±1.37	6.86±1.49	5.83±0.33	6.63±0.38	8.92±2.56

注：平均值±标准偏差(n=3)。

表2 不同栽植深度及灌水条件下白榆造林成活率

栽植深度	不同处理造林成活率/%			
	灌水0 L/株(CK)	灌水2 L/株	灌水4 L/株	平均
深根苗超深栽1 m	94^{ab}	94^{ab}	94^{ab}	94^{a}
普通苗超深栽1 m	72^{bc}	83^{ab}	100^{a}	85^{ab}
普通苗深栽0.6 m	44^{de}	94^{ab}	78^{ab}	72^{b}
普通苗常规0.3 m	22^{e}	44^{de}	50^{cd}	39^{c}
平均	58^{b}	79^{a}	81^{a}	73

注：各因子造林成活率差异性表现为：栽植深度**；灌水量*；栽植深度×灌水量^{ns}。$**$指在p=0.01水平具有显著影响；$*$指在p=0.05水平具有显著影响；ns为无显著影响。下同。

2.3 苗木生长情况

表3为不同栽植深度及不同灌水量条件下白榆的生长情况。从表3可以看出，不同栽植深度对树高年生长量和胸径年生长量均有显著影响。灌水处理及与栽植深度的交互作用则不显著。与普通苗常规(0.3 m)处理相比，深根苗和普通苗的超深栽处理(1 m)显著提高了苗木的年树高生长量。同时，深根苗超深栽(1 m)处理条件下的苗木胸径生长量也显著高于其他3个处理。使用普通苗时，栽植深度对苗木年胸径生长量没有显著影响。

表3 不同栽植深度及不同灌水量条件下白榆生长情况

栽植深度	各处理树高年生长量/m				各处理胸径年生长量/cm			
	灌水0 L/株	灌水2 L/株	灌水4 L/株	平均	灌水0 L/株	灌水2 L/株	灌水4 L/株	平均
深根苗超深栽1 m	0.38	0.44	0.34	0.39	0.49^{a}	0.52^{a}	0.52^{a}	0.51^{a}
普通苗超深栽1m	0.43	0.37	0.20	0.34	0.24^{bcd}	0.18^{efg}	0.21^{cde}	0.21^{b}
普通苗深栽0.6m	0.16	0.41	0.28	0.28	0.17^{fg}	0.19^{df}	0.27^{b}	0.21^{b}
普通苗常规0.3m	0.12	0.12	0.13	0.12	0.25^{bc}	0.20^{def}	0.15^{g}	0.20^{b}
平均	0.27	0.34	0.24	0.28	0.29^{a}	0.27^{a}	0.29^{a}	0.28

注：各因子年生长量差异性表现为：造林方法：树高*，胸径**；灌水量：树高^{ns}，胸径^{ns}；造林方法×灌水量：树高^{ns}，胸径^{ns}。

3 讨论与结论

(1) 采用深根苗或普通苗在沙地进行超深栽造林，总体成活率及成活后苗木的生长量均显著高于普通苗常规造林。特别是采用深根苗进行超深栽造林，即使移栽后不进行灌水也能取得较好的造林效果。

(2) 本试验结果与苗木根部土壤水分条件有十分密切的关系，因为土壤水分是苗木成活及生长的重要条件之一[4,10]。在干旱半干旱沙地，土壤，特别是上层土壤的水分含量很容易受到外界环境条件的影响[3]。在河北省，春末夏初一般多风少雨，此时土壤水分出多进少，导致沙地上层的土壤水分含量处于较低水平(表1)。不过，沙地的下层土壤在一年中基本保持较高且相对稳定的水分含量。

(3) 采用林木深根苗或普通苗在沙地超深栽时,苗木根系直接接触到水分含量较高的下层土壤,因此根系能够从土壤中吸收水分运输到地上部的需水部位,从而保证了植株的成活和生长。而常规造林时,因栽植较浅,在春末夏初时栽植层土壤水分一般无法满足苗木成活和生长需要,从而苗木死亡。因此,沙地土壤水分的时空分布特点有利于深栽苗木的成长而不利于浅栽苗木的生长。

(4) 与普通苗沙地超深栽相比,深根苗在无灌溉条件下也表现了很好的造林效果(表 2—3)。其原因主要是因为深根苗在培育过程中生长发育出了强大发达的根系,有利于从土壤中摄取水分,而普通苗的根系则相对较弱。因此,在没有浇水条件的偏远沙地造林时,宜选用林木深根苗进行超深栽造林。

(5) 在无灌溉条件下,普通苗沙地超深栽的效果虽然劣于深根苗超深栽,但苗木的培育、运输成本较低,而且栽植后进行少量灌水其成活率就能达到或接近深根苗超深栽的水平。因此,在有浇水条件时,采用普通苗木进行超深栽也可以取得一定的造林效果。不过,普通苗超深栽在实际应用中存在一些局限性。适用于超深栽的树种仅限于具有较长主茎或在深栽后有发根能力的树种,如白榆、杨树等。

(6) 作为干旱半干旱沙地造林的一种新方法,采用林木深根苗或普通苗进行超深栽可极大提高造林成效,具有较为广阔的推广应用前景。今后,在进一步对苗木培育、运输、降低造林成本以及可操作性等相关技术进行研究、开发和集成配套的基础上,该造林方法必将对加快沙地植被的建成速度、改善沙区生态环境发挥积极推动作用。

[参 考 文 献]

[1] 王怀彪,潘鹏,高保山. 毛乌素沙地樟子松抗旱造林关键技术研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(6):70-73.

[2] 冯长红,贺康宁,任宝俊,等. 河北省京津风沙源区困难立地植被恢复主要模式与技术[J]. 辽宁林业科技,2009(1):52-56.

[3] 李衍青,张铜会,刘新平,等. 科尔沁地区不同类型沙地土壤水分变化分析[J]. 水土保持通报,2010,30(3):31-35.

[4] 许浩,蒋齐,潘占兵,等. 黄土丘陵区降雨、土壤水分和苗木成活率的关系[J]. 水土保持研究,2012,19(5):202-204.

[5] 阿拉木萨,周丽芳. 科尔沁沙地流动沙丘土壤水分空间变化特征分析[J]. 土壤,2011,43(3):392-397.

[6] 王志,王蕾,刘连友,等. 毛乌素沙地沙丘干沙层水分特征初步研究[J]. 干旱区研究,2006,23(1):89-92.

[7] 稲永忍, 森田茂紀, 安萍, 等. サウジアラビアの沙漠地域に持続可能な緑化システムを構築するプロジェクト: 凍結濃縮法排水処理技術と深根苗移植栽培技術の開発と利用[J]. 根の研究(Root Research), 2007, 16(1): 13-16.

[8] 牛增,魏喜霞,俞国胜. 科尔沁沙地机械化杨树深栽造林试验[J]. 林业机械与木工设备,2013,41(5):51-53.

[9] 支恩波,李新利,李向军,等. 不同育苗基质对白榆长根苗生长的影响[J]. 林业实用技术,2012(11):69-71.

[10] 阿拉木萨,蒋德明,李雪华,等. 科尔沁沙地典型人工植被区土壤水分动态研究[J]. 干旱区研究,2007,24(5):604-609.

(上接第 147 页)

[19] 王文焰,张建丰. 砂层在黄土中的阻水性及减渗性的研究[J]. 农业工程学报,1995,11(1):104-109.

[20] Panayotova M. Use of zeolite for Cd^{2+} removal from wastewater[J]. Environment Science Health, 2000, 35(9): 1591-1601.

[21] Shuai Ban, Vlugt T J H. Zeolite microporosity studied by molecular simulation[J]. Molecular Simulation, 2009, 35(12): 1105-1115.

[22] Oo A N, Iwai C B, Saenjan P. Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava-industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms[J]. Land Degradation and Development, 2013, 205(2): 1015-1026.