

苗木移栽条件下的滨海盐渍土水盐动态变化

葛根巴图^{1,2}, 郝玉光¹, 辛智鸣¹, 艾宁², 赵兴凯²

1. 中国林业科学研究院沙漠林业实验中心, 巴彦淖尔 015200
2. 北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083

摘要 在河北唐山南堡开发区, 结合穴状衬膜改土整地, 移栽了绒毛白蜡、国槐、桧柏、柳树等研究用苗木, 以土钻取土法进行两年土壤水盐动态定期监测, 研究了移栽苗木对滨海盐渍土水盐动态规律的影响, 以为滨海泥质盐碱地造林绿化的树种选择提供理论依据。结果表明, 与未移栽苗木的处理(对照组)相比, 移栽苗木会降低土壤含水量和电导率, 并增大二者的月际变化幅度, 但对土壤含水量和电导率的总体变化趋势影响不大。苗木的生长季、树冠结构和根系吸水是移栽苗木后影响土壤水盐动态变化的主要因素, 其中苗木的生长季影响主要表现为同一时期, 各种苗木所在土壤含水量差异较大; 苗木的冠型结构主要影响表层的土壤含水量; 根系吸水作用则是改变了土壤含水量和盐分的垂直分布。4种苗木间对比, 土壤含水量动态变化无明显差异; 土壤电导率动态变化呈显著差异, 其中以桧柏对土壤电导率动态变化影响较为显著、脱盐降盐效果最好。

关键词 滨海盐渍土; 水盐动态; 盐碱地造林

中图分类号 S156.4

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.18.013

Water and salt dynamics of coastal saline soil after seedling transplantation

GE Genbatu^{1,2}, HAO Yuguang¹, XIN Zhiming¹, AI Ning², ZHAO Xingkai²

1. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Bayannur 015200, China
2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education; College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract Soil preparation with cave padded plastic film was implemented to ameliorate saline soil in Nanpu economic development area in Tangshan, Hebei province. In order to provide a theoretical basis for afforestation tree species selection in the coastal saline soil, the objective seedlings including *Fraxinus chinensis* (*Fraxinus velutina* Torr), *Sophora japonica* (*Sophora japonica* Linn), *sabina chinensis* (*Sabina chinensis*) and willow (*Salix babylonica*) were transplanted and the soil water and salt dynamic changes were continuously monitored for two years to study the effects of seedling transplantation with earth boring auger on the water and salt dynamics of coastal saline soil. It was shown that compared with the control group without transplantation, the soil moisture and electrical conductivity were reduced after seedling transplantation while the range of variation increased and the effect on the trend of soil moisture content and conductivity was not significant; the growing season and crown structure and water uptake by plant roots were the main reasons for changes of water and salt dynamics after seedling transportation, specifically, the effect of the growing season manifested that the differences of soil moisture contents of the seedlings were significant, the crown structure of seedling mainly influenced the soil moisture content of topsoil, and the water uptake by plant roots transformed the vertical distribution of the

收稿日期: 2015-02-09; 修回日期: 2015-06-23

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD16B0103)

作者简介: 葛根巴图, 助理工程师, 研究方向为水土保持与荒漠化防治, 电子信箱: gegbt@qq.com; 郝玉光(通信作者), 研究员, 研究方向为防护林、荒漠化防治, 电子信箱: hyuguang@163.com

引用格式: 葛根巴图, 郝玉光, 辛智鸣, 等. 苗木移栽条件下的滨海盐渍土水盐动态变化[J]. 科技导报, 2015, 33(18): 78-83.

soil moisture and salic horizon. Among the four seedling species, there was no significant difference in terms of dynamics of soil moisture content, while the soil conductivities varied remarkably. The impact on soil electrical dynamics and salt rejection of *sabina chinensis* was the largest in the four species.

Keywords coastal saline soil; dynamic of water and salt; saline-alkali soil forestation

土壤水盐动态是指土壤水分和盐分随空间的分布和时间的变化过程,是了解盐渍土发生演变的核心和防治改良的基础,受气候、地形、地貌、植被、水文地质以及人类活动等多种因素的影响^[1]。当前,随着滨海地区经济的快速发展,生态环境建设要求日益提高,造林绿化成为改良利用滨海盐渍土的最佳途径^[2]。通常认为种植植被可增加地表覆盖度、降低水分蒸发量、减少地表径流、改善耕层土壤结构、加强入渗淋溶作用,作物根系在耕层中又具有吸水聚盐作用,很大程度上改变了土壤中水盐分布状况。因此,基于种植条件下的水盐动态研究较为常见^[3-5],但多侧重于耐盐苗木的选育与配置模式,且多为土柱模拟和室内盆栽实验,单株苗木在野外实际生长过程中对土壤水盐动态的影响和调控改良效果研究并不多见。

滨海地区地下水位高、矿化度大、土体含盐量高、周期性返盐现象较为严重,苗木无法正常生长,这就对滨海地区造林整地提出了较高的要求。近年来,穴状衬膜改土整地造林在滨海地区有着较为广泛的应用,李国华^[6]、岳增壁等^[7]对该整地技术效果进行了研究,发现该技术具有较强的抗盐阻盐作用;随后,景峰等^[8,9]在河北南堡开发区通过对比实验证明,穴状衬膜改土整地有较好的保水降盐作用,土壤电导率较传统模式下下降70%以上。王娟娟^[10,11]通过对穴状衬膜客土整地后土壤水盐动态监测研究认为,该模式有效减少栽植穴内水分蒸发渗透和穴外土壤盐分的渗入,起到了保水阻盐的作用,为苗木生长提供了一个良好的局部土壤环境。

上述研究均是在苗木移栽前进行的,虽很好反映了整地后土壤水盐动态变化和脱盐降盐的效果,但无法预测和说明苗木本身对土壤水盐动态的影响和调控效果,而这对于下一步进行造林树种的选择至关重要。本研究拟在河北唐山南堡开发区,探讨几种适应性较好的乡土树种移栽后对土壤水盐动态变化的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

实验区为唐山市南堡经济开发区付四号路与世纪大道相交错的条状区域,最大年降水量1030 mm,最小年降水量261 mm,年均降水量500~600 mm,降水多集中在6~8月,占全年降水量的65%。年均水面蒸发量1300~1400 mm,陆面蒸发量为520~550 mm。最高气温35.4℃,最低气温-16.3℃,年平均气温11.9℃,最大冻土深度0.7 m。地下水位1.2~2.5 m,地下水矿化度大于15 g/L,土壤类型为盐化土,其盐分含量为0.4%~0.5%,主要盐分是Cl⁻。地表零星分布芦苇

(*Phragmites australis*)、藜(*Chenopodium album*)、苋(*Amaranthus tricolor* L.)等植物。

1.2 实验方法

1.2.1 实验设计

实验区各土层初始水盐含量见表1,其中含盐量用电导率表示。土壤含盐量与电导率间关系见表2。在样地内开挖长、宽、深均为1 m的种植穴,株行距为2 m×2.5 m,然后在种植穴内铺设12#圆柱状塑料薄膜,以隔离周围原状土以防测渗导致的盐分交换;底部留一个出水口便于种植穴内盐分淋洗排出,并铺砾石作为隔盐层来阻断土壤毛管力,以防止下层土体盐分向上运移。薄膜侧面距地面0.3~0.5 m处开挖两排定向生根孔供植物侧根伸出。隔离层上添加以1:2均匀混合的原状土与客土,原状土与客土的理化性质见表3。穴口筑埂,将上端塑料薄膜翻出压在埂上,用客土覆盖,以防止地表径流将穴外的盐分带入种植穴内,具体规格参数见图1。在种植穴内移栽当地适生一年生耐盐苗木绒毛白蜡(*Fraxinus velutina* Torr)、国槐(*Sophora japonica* Linn)、桧柏(*Sabina chinensis*)、柳树(*Salix babylonica*)。在样地内选取未移栽苗木的种植穴作为对照组,以排除降水因素影响,从而可以认为种植穴内的土壤水盐运移变化是由苗木生长引起。

表1 各样地初始水盐含量

Table 1 Initial values of soil water content and soil electrical conductivity of every sample plot

土层厚度/cm	土壤含水量/%	土壤电导率/($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
0~20	10.2	612
20~40	17.7	524
40~60	18.7	548
60~80	20.8	572

表2 土壤电导率与土壤全盐量的关系

Table 2 Relationship of total salt content and soil conductivity

电导率/($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	全盐量/%	盐化程度
0~2	<0.1	非盐化土壤
2~4	0.1~0.3	中度盐化土
4~8	0.3~0.5	盐化土
8~16	0.5~1.0	重盐化土
>16	>1.0	极重盐化土

表3 原状土与客土的土壤理化性质

Table 3 Physical and chemical properties of undisturbed soil and soil replacement

土样	pH值	全盐量/‰	颗粒含量/%					质地	
			0.5~0.25 mm	0.25~0.05 mm	0.05~0.01 mm	0.01~0.005 mm	0.005~0.001 mm		<0.001 mm
原状土	8.0	0.48	0.61	55.09	11.0	8.0	11.0	14.3	中壤土
客土	7.8	0.05	0.21	43.77	13.0	10.0	15.0	18.0	重壤土

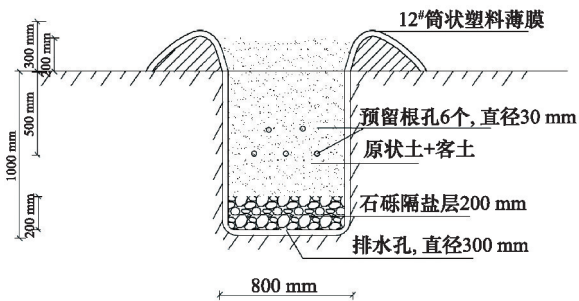


图1 穴状衬膜整地规格

Fig. 1 Specification of soil replacement preparation with cave padded plastic film

1.2.2 样品采集及数据分析

2011年4—10月、2012年4—10月,每月在4个处理组和对照组内进行定点采样,每个点的采样深度为80 cm,分4层

进行,即0~20、20~40、40~60、60~80 cm,每个采样层3次重复,然后将相同层次充分均匀混合。将采集的土样进行系统编号,通过烘干减重法在室内利用DHZ-9070A型烘箱测定土壤质量含水量。然后将烘干土样研磨过0.25 mm土筛,配置水土比5:1的土壤溶液,混合均匀,静置过滤,用DDS-30Q7型电导率仪测其土壤电导率。

2011年4月对刚移栽苗木的胸径、株高进行调查,作为初始值。此后于2011年5月、2012年10月又对苗木的胸径、株高、生长状况进行了调查。

采用Excel 2007和SPSS 18.0数据处理系统进行数据的处理分析。

2 结果与分析

2.1 种植苗木对土壤水分动态影响

土壤水分动态变化如图2所示。

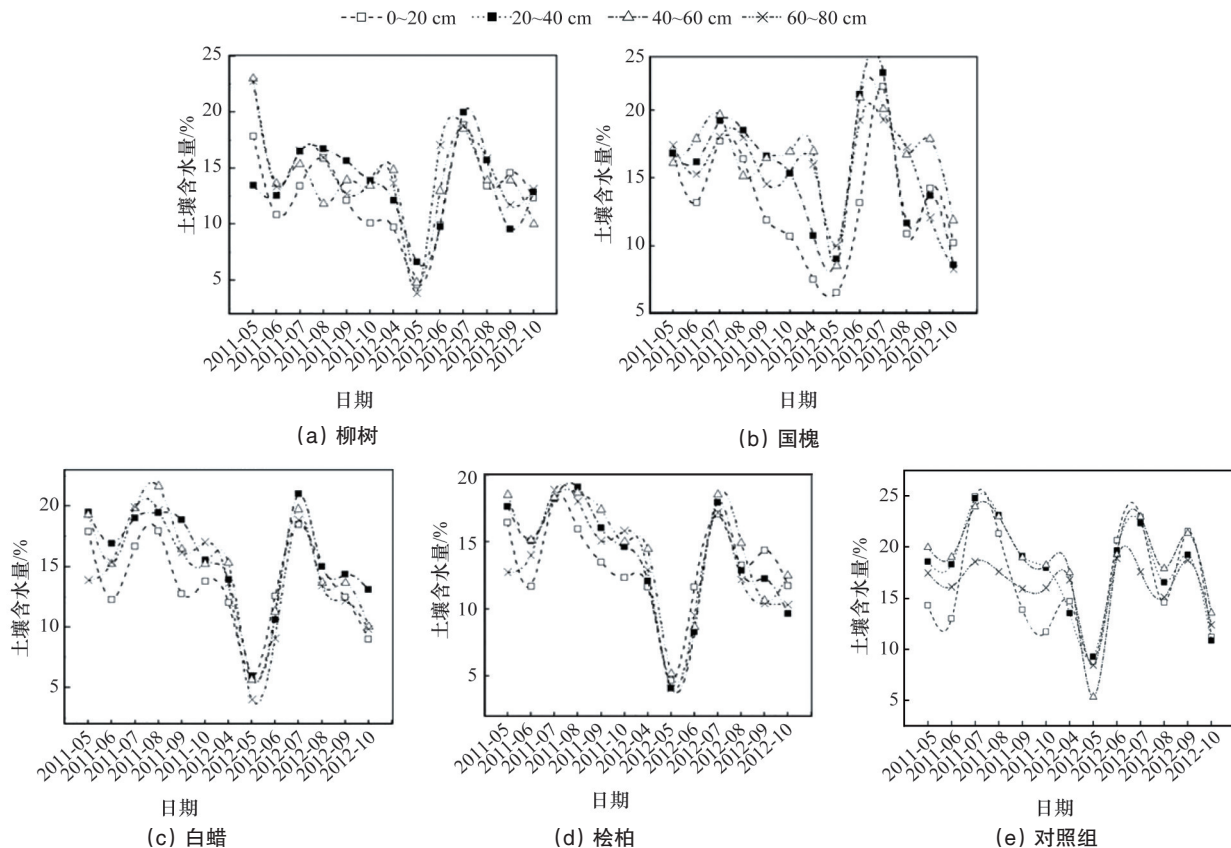


图2 移栽苗木土壤和对照组土壤水分动态变化

Fig. 2 Dynamics of soil water contents of seedling transplantation and control group

由图2可知,移栽苗木和对照组的土壤含水量年际变化的总体趋势较为接近,都与降雨保持同步变化,而差异主要表现为,移栽苗木的土壤含水量均低于对照组,处理组的平均含水量比对照组低10.13%,其中0~20 cm土层平均低3.38%,20~40 cm土层平均低3.80%,40~60 cm土层平均低2.63%,60~80 cm土层平均低0.32%;只有2011年5月与此规律相异,这是由于苗木在移植完后为保证其正常生长立即进行了浇灌,使得该月含水量较高。此外,种植苗木的土壤含水量月际变化幅度较大,尤以2012年4—9月更为明显,极差最大为16.06%,最小为12.98%,而未移栽苗木的土壤含水量极差最大为9.73%,最小为7.21%。

对比移栽了4个树种后土壤含水量的变化可知,2011年4个树种土壤水分含量变化差异并不大,这是由于刚移植的幼苗生理活动还未能对土体内水分产生较大影响。2012年则表现的较为明显,排除降水量因素的影响,柳树4—6月含水量低于其他树种,国槐8月含水量有显著的下降,白蜡则在8月后有明显的升高,桧柏表现出与降水量同步的变化,这主要是4个树种生长季的不同所造成的差异,柳树在清明后生长速度最快,且需水量较大,故表现出4—6月明显下降;国槐一年中除春季生长外,在8月下旬又开始第二次快速生长,所以8月水分变化较为明显;白蜡则在春季到8月间一直处于生长季,8月下旬逐渐停止,所以土壤含水量有个较小幅度的回升,桧柏则在一年间均保持较缓慢的生长,故对水分变化没有显著影响,移栽了桧柏的土壤含水量也就较接近降水量的变化。

2012年,移栽了桧柏的0~20 cm土壤含水量高于未移栽,且高于其他树种,而其他3树种间该层土壤含水量相差不大,这是由于桧柏树冠呈尖塔状,且小枝较多,枝叶离地表较近,可以对地表起到一定的遮阴覆盖作用,减少蒸发。移栽了柳树和桧柏的20~40 cm土层含水量较低,平均含水量分别为13.58%、14.02%,40~60 cm土层含水量则较高,分别平均为15.60%和16.07%;白蜡和国槐恰好相反,20~40 cm土层平均含水量分别为14.49%和14.95%,40~60 cm土层平均含水量分别为13.51%和13.04%。此外,4树种间60~80 cm土层含水量差异不大,这主要是根系吸水所致,桧柏和柳树的根系发达但主根较短,根系活动主要集中在20~40 cm土层,所以对该层土壤水分吸收多于40~60 cm土层,从而含水量较低;而白蜡和国槐根系没有桧柏和柳树发达但主根较长,可以延伸到40~60 cm土层,主要从该层吸收水分。由于4树种生长时间短,根系长度均未达到60~80 cm土层,所以60~80 cm土层含水量没有太大差异,影响该层水分动态变化的仍只有下层砾石隔离层。

对处理组土壤含水量与移栽4种苗木后土壤含水量变化作协方差分析,结果如表4所示。由表4可知,对协变量(对照组)的检验呈极显著($P<0.01$),故可以认为移栽苗木与未移栽苗木的土壤含水量变化具有很显著差异,移栽苗木对土壤含水量动态变化有显著影响。消除协变量影响下的边际均

值估计值分别为:柳树 13.628a、国槐 15.153a、白蜡 13.808a、桧柏 13.654a(a为模型中出现的协变量在未种植=17.2612处进行评估),均值均为0.39,可见土壤含水量呈下降趋势,但因变量(移栽4种苗木)检验效果差异并不显著($P=0.16$),可见对土壤水分变化的影响中,4种苗木之间无显著差异。

表4 移栽苗木土壤与对照组土壤水分变化主体间效应检验
Table 4 Tests of between-subjects effects of soil water content dynamics after seedling transplantation

源	III型平方和	自由度	均方	统计量	显著性水平
校正模型	1723.180a	4	430.795	54.532	0.00
截距	114.083	1	114.083	14.393	0.00
移栽	1639.452	1	1639.452	206.845	0.00
树种	83.728	3	27.909	3.521	0.16

注: a.R方=0.517(调整R方=0.508)。

2.2 移栽苗木对土壤盐分动态的影响

图3为移栽苗木土壤和对照组土壤电导率的动态变化。由图3可知,移栽苗木土壤与对照组土壤电导率变化在月际和年际间均具有较大差别。移栽苗木的土壤电导率月际变化幅度较大,特别是在盐分下降的过程尤为明显,可见移栽苗木有利于土壤中盐分向下淋洗。2012年10月,各树种土壤电导率下降幅度均大于对照组,这可能是由于根系的穿透作用使得土壤中分布大小不同的空隙,利于盐分向下淋洗,说明移栽苗木的脱盐效果较好。

2011年移栽柳树土壤电导率最高的土层在20~40 cm和60~80 cm交替出现,2012年以20~40 cm最高;白蜡在2011年以20~40 cm土层土壤电导率最高,2012年以40~60 cm土层土壤电导率最高,国槐两年均以20~40 cm土层土壤电导率最高,特别是在雨水较为充沛的夏季这些土层盐分下降幅度也不明显,而对照组则以60~80 cm土层土壤电导率最高,这可能是由于这两种树种根系发达但主根长度较短,根系的吸水聚盐就表现在该层。移栽白蜡和国槐的土壤电导率表现不同可能是由于苗木移植初期,这两树种根系刚开始发育,只在20~40 cm作用,经过一年的生长,根系向下延伸,吸水聚盐现象表现在40~60 cm土层。由此可知,移栽苗木后改变了体内的积盐层位置,且不同苗木的积盐土层位置也不相同。此外,这些积盐层电导率虽然总体趋势仍受到降雨的脉冲性抬高或降低,但各树种在个别月份表现出一些自身特点。柳树在2012年4—5月升高幅度大于其他月份,国槐在2012年8月后没有较为明显的下降,白蜡在2012年8月下降幅度要大于之前,这可能是由于这3个树种生长旺盛时期不同,而此期间耗水量大,积盐也就明显。桧柏则全年都在缓慢生长,没有耗水量特别高的月份,所以未出现电导率的大幅变化,总体变化趋势与未种植苗木的对照组差异不大。由此看来,种植苗木利于盐分淋洗,脱盐效果较好,一定程度上改变了盐渍土积盐的规律,根层积盐明显。

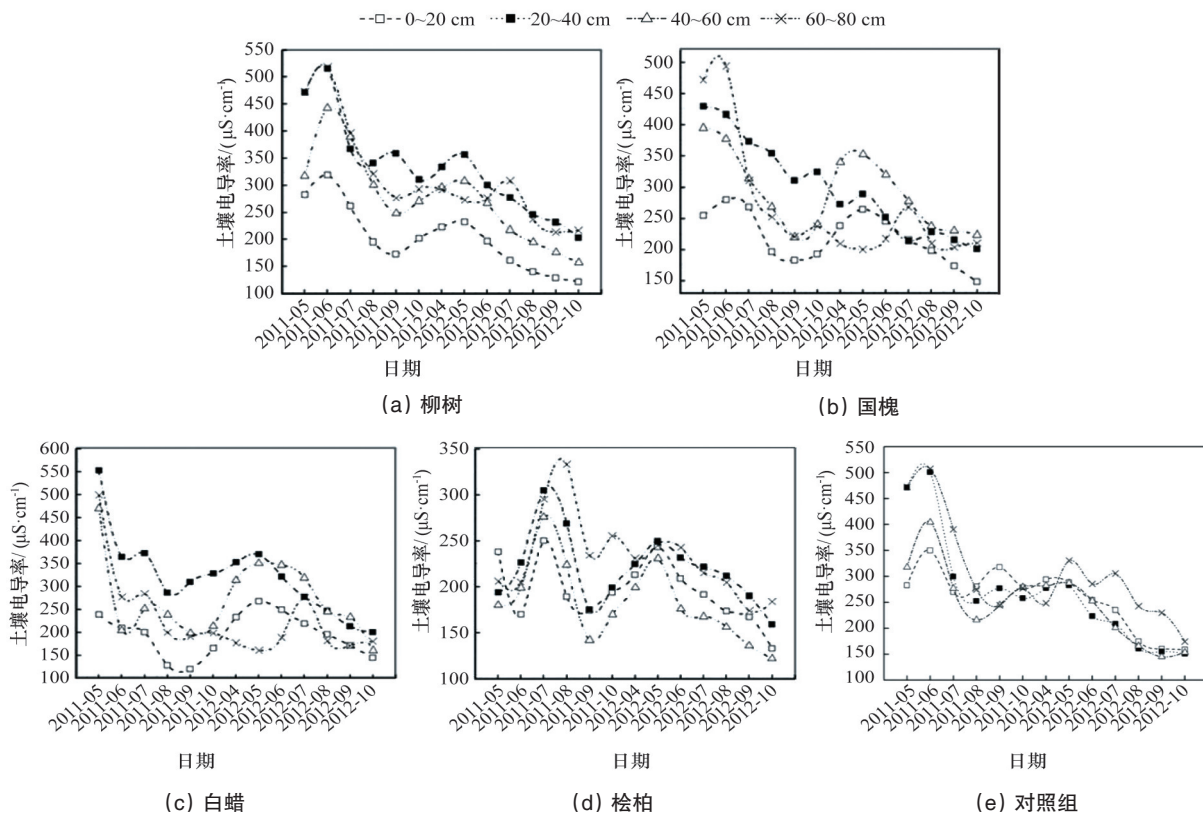


图3 移栽苗木土壤和对照组土壤电导率动态变化

Fig. 3 Dynamics of soil electrical conductivities of seedling transplantation and control group

对移栽4种苗木土壤和未移栽土壤电导率变化作协方差分析,以移栽苗木的土壤电导率为观察变量,4个树种作为因子变量,对照组土壤电导率做为协变量进行分析,结果见表5。由表5可知,对协变量(对照组)的检验呈极显著($P < 0.01$),故可以认为移栽苗木的土壤与未移栽苗木的土壤电导率变化差异很显著,移栽苗木对土壤电导率动态变化有显著影响。消除协变量影响下的边际均值估计值分别为:柳树 281.4a、国槐 270.1a、白蜡 255.2a、桧柏 207.8a(a为模型中出现的协变量在未移栽=297.88处进行评估),标准差均为 8.618,因变量检验效果也呈极显著($P < 0.01$),可见4种苗木对土壤电导率变化的影响是有显著差异的,其中,桧柏的脱盐降盐效果最好。

表5 移栽苗木土壤与对照组土壤电导率变化主体间效应检验
Table 5 Tests of between-subjects effects of soil electrical conductivity dynamics after seedling transplantation

源	III平方和	自由度	均方	统计量	显著性水平
校正模型	658488.809a	4	164622.202	42.622	0.00
截距	228977.890	1	228977.890	59.284	0.00
移栽	494695.535	1	494695.535	128.08	0.00
树种	163793.273	3	54597.758	14.136	0.00

注: a.R方=0.507(调整R方=0.497)。

3 讨论

移栽苗木后,根系的生长和会增加土壤孔隙度,利于土壤水分的下渗,加之植被生长也要消耗大量水分,与对照土壤相比,移栽苗木的土壤含水量明显降低,且月际变化幅度有所增大。本研究中,土壤水分主要来源于降雨补给,实验期间,移栽苗木的土壤与对照土壤的水分动态总体变化趋势均受当地降雨规律影响而表现为周期性的波动,二者间无明显差异。移栽苗木对土壤电导率变化同样有着较显著影响,土壤孔隙和土壤水分下行速度增加,有利于土壤盐分的向下淋洗,与对照土壤相比,移栽苗木的土壤电导率大幅降低,月际变化幅度差异较大,尤其在土壤水分急剧变化的月份更为显著。此外,本实验在种植穴底铺设的砾石隔离层可以有效地阻断毛管水上升通道,从而起到抑制返盐的作用,因此移栽苗木土壤和对照土壤盐分动态年内和年间总体变化趋势相同,均表现为持续下降。

对比移栽4种苗木后的土壤水分动态变化,各种苗木土壤含水量和电导率变化趋势在个别月份差异较大,尤以2012年最为明显。主要表现为,土壤含水量高峰值和低谷值出现时间不相同,相同降水补给条件下土壤含水量和电导率变化幅度差异也较大,究其原因,主要是4种苗木的生长季和需水量不同所致,相应的土壤盐分运移也就受到影响。对比4种苗木各个土层水分和电导率变化可知,移栽桧柏的表层土水

分变化与其余3种苗木差异较为明显,这很可能是由苗木冠型结构差异所致;而不同苗木土壤水分和电导率的垂直分布也不相同,这主要是由根系分布状况不同而导致的根系吸水与积盐区域不同所致。由此可知,移栽苗木后,生长季、冠型结构、根系分布是调控土壤水盐动态变化的主要因素。

移栽4种苗木后土壤含水量和电导率与对照组的协方差分析表明,移栽苗木对土壤含水量和电导率动态变化均有显著影响,且均呈明显下降趋势;但4种苗木间对比,土壤含水量动态变化并无显著差异,而土壤电导率动态变化呈显著性差异,以桧柏的影响最大。根据协方差分析结果,4种苗木中,桧柏的土壤电导率边际估计值最小,故可认为脱盐降盐效果最好。

4 结论

1) 与对照组相比,移栽苗木对土壤含水量和电导率的影响显著,主要表现为移栽苗木的土壤含水量和电导率均有所降低、月际变化幅度增大;但对对照组和移栽苗木土壤的土壤含水量和电导率总体变化趋势相同,且含水量都表现出随降雨量变化的周期性波动,土壤电导率则都持续下降。

2) 生长季、冠型结构、根系吸水作用是移栽苗木后影响土壤水分动态变化的主要因素,其中苗木的生长季影响主要表现为同一时期,各种苗木所在土壤含水量差异较大;苗木的冠型结构主要影响表层土的土壤含水量,以北京桧柏最为显著;根系吸水作用则是改变了土壤含水量的垂直分布。

3) 4种苗木间对比,土壤含水量动态变化无显著差异;土壤电导率动态变化呈显著差异,以桧柏的影响最大,脱盐降盐效果最好。

参考文献(References)

- [1] 徐力刚, 杨劲松, 张妙仙, 等. 作物种植条件下的土壤水盐动态变化研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 170-174.
Xu Ligang, Yang Jinsong, Zhang Miaoxian, et al. Changes in water and salt regime under planting[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2003, 34(3): 170-174.
- [2] 葛根巴图, 魏天兴, 朱金兆. 客土基盘造林法对滨海盐渍土水盐动态的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(16): 99-105.
Ge Genbatu, Wei Tianxing, Zhu Jinzhao. Effect of template with carrying soil for afforesting on the water and salt dynamic of coastal saline soil[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(16): 99-105.
- [3] 林学政, 陈靠山, 何培青, 等. 种植盐地碱蓬改良滨海盐渍土对土壤微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 801-807.
Lin Xuezheng, Chen Kaoshan, He Peiqing, et al. The effects of *Suaeda salsa* L. planting on the soil microflora in coastal saline soil[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 801-807.
- [4] 曹帮华, 吴丽云, 宋爱云, 等. 滨海盐碱地刺槐(*Robinia pseudoacacia*)混交林土壤水盐动态[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 939-945.
Cao Banghua, Wu Liyun, Song Aiyun, et al. The soil water and soil salt distribution in coastal saline-alkali area: A comparison of pure and mixed plantations[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 939-945.
- [5] 徐力刚, 杨劲松, 张妙仙, 等. 微区作物种植条件下不同调控措施对土壤水盐动态的影响特征[J]. 土壤, 2003, 35(3): 227-231.
Xu Ligang, Yang Jinsong, Zhang Miaoxian, et al. Effects of regulation measures on water and salt regime of soil[J]. Soils, 2003, 35(3): 227-231.
- [6] 李国华. 河北滨海盐碱地和北京土石山区基盘法造林技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
Li Guohua. Studies on seed-bases for afforestation in sea shore saline land of Hebei and Rocky Mountain Area of Beijing[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009.
- [7] 岳增璧, 张学培, 朱金兆, 等. 滨海盐碱地基盘法造林试验初报[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 234-238.
Yue Zengbi, Zhang Xuepei, Zhu Jinzhao, et al. Approach of seed-base for afforesting in seashore saline land[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2009, 16(4): 234-238.
- [8] 景峰, 朱金兆, 郑柏青, 等. 穴状衬膜基盘造林模式应用效果研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2011, 19(3): 398-407.
Jing Feng, Zhu Jinzhao, Zheng Boqing, et al. Application effect of hole-based padded film afforestation pattern[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2011, 19(3): 398-407.
- [9] 景峰, 朱金兆, 张学培, 等. 滨海泥质盐碱地基盘造林法研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(2): 87-92.
Jing Feng, Zhu Jinzhao, Zhang Xuepei, et al. Afforestation on the base in coastal argillaceous saline-alkali land[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(2): 87-92.
- [10] 王娟娟, 张学培, 于雷, 等. 穴状衬膜客土基盘水盐动态对比研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 125-128.
Wang Juanjuan, Zhang Xuepei, Yu Lei, et al. Comparative study on water-salt dynamic of hole-based padded film with new soil[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012, 19(3): 125-128.
- [11] 王娟娟. 滨海泥质盐土造林综合技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
Wang Juanjuan. Comprehensive technologies study on the afforestation in coastal argillaceous saline soil[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012.

(责任编辑 王媛媛)

《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿:www.kjdb.org。