

两种基质对樟子松引种栽培的影响

张 娅^{1,2}, 韩 炜^{1,2*}, 窦晓静^{1,2}, 武胜利^{1,2,3}, 崔凯强^{1,2}, 房 靓^{1,2}

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830054;
3. 新疆师范大学 新校区建设办公室, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要:通过测定比较 2 种基质下引种樟子松(*Pinus sylvesiris* var. *mongolica*)的光合特性,研究移栽 1 a 后的樟子松对本地土壤的适应性,为樟子松的引种培育以及在本区的推广提供依据。结果表明,灌水后 2 d 内 2 种基质的土壤体积含水量有显著差异,土壤温度和电导率无显著差异;施肥沙土组的净光合速率(P_n)和水分利用效率(WUE)极显著高于配制基质组,按照 P_n 对光合有效辐射(PAR)的定积分,施肥沙土组高于配制基质组($22.32>14.74$),按照 WUE 对 PAR 的定积分,施肥沙土组亦高于配制基质组($10.18>7.09$);生物量方面,施肥沙土组也极显著高于配制基质组。
关键词:引种樟子松;光合特性;培育基质;干旱区
中图分类号:S791.253 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)06-0116-05

Effects of Two Cultivating Matrixes on Introduced *Pinus sylvesiris* var. *mongolica*
ZHANG Ya^{1,2}, HAN Wei^{1,2*}, DOU Xiao-jing^{1,2}, WU Sheng-li^{1,2,3}, CUI Kai-qiang^{1,2}, FANG Liang^{1,2}
(1. The School of Geographic Sciences and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China;
2. Key Laboratory of Arid Area of Lake Environment and Natural Resources of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830054, China;
3. New Campus Construction Office of Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: In order to provide scientific basis for the introduction and cultivation, as well as extension of *P. sylvesiris* to Karamay, Xinjiang, adaptabilities of *P. sylvesiris* seedlings one year after transplantation were studied by measuring and comparing photosynthetic characteristics in two matrixes (fertilized sandy soil, FSS, and formulated soil, FS). Significant differences were observed in soil volumetric moisture content between two matrixes. No significant differences were found in soil temperature and electric conductivity. The rate of net photosynthesis (P_n) and water use efficiency (WUE) in FSS group were significantly higher than those of FS group. The integral value of P_n to photosynthetically active radiation (PAR) in FSS group was higher (22.32) than FS group (14.74), while the integral value of WUE to PAR in FSS group was higher (10.18) than FS group (7.09). The biomass of FSS group was also significantly higher than that of FS group.
Key words: introduced *Pinus sylvesiris* var. *mongolica*; photosynthetic parameter; cultivating matrix; arid area

克拉玛依市乡土绿化树种较少,故在城市绿化过程中引进优良树种樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)是优化新疆绿化树种体系的重要举措。樟子松是欧州赤松(*Pinus sylvestris*)的一个地理变种,具有耐寒、抗旱、耐瘠薄、耐盐碱等优点^[1],天然分布于我国呼伦贝尔沙地及大兴安岭西侧山地。不

收稿日期:2016-03-17 修回日期:2016-05-20
基金项目:教育部人文社会科学研究项目青年基金(14XJJCZH003);国家自然科学基金—新疆联合基金重点项目子课题(U1138302-2);新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室开放基金(XJDX0909-2012-07);校地(乌尔禾地区)合作项目(KJJ20140007);新疆农业大学博士科研启动基金(XJNUBS1214);新疆师范大学地理学博士点支撑学科研究生开放基金(XJNU-DL-201508)。
作者简介:张 娅,女,在读硕士,研究方向:干旱区植物生理生态学。E-mail:1492407890@qq.com
* 通信作者:韩 炜,男,博士后,研究方向:干旱区植物生理生态学。E-mail:hanweiaaa@163.com

同环境因子对林木生长会产生影响。本地乡土树种方面,新疆天山北坡天山云杉的叶片功能性状对海拔有较强的适应能力^[2];从新疆北部克拉玛依地区57种树种的优缺点归纳出抗逆性较强的11种树种^[3];新疆北部阿勒泰县托鲁盖提地区CO₂浓度升高会影响自然条件下红松树木的同化能力^[4]。在甘肃荒漠区通过研究樟子松对当地环境的响应研究表明,不同树龄的樟子松生长状态具有一定差异,经抗逆性锻炼会对当地环境具有一定的适应性^[5]。华北地区樟子松苗木的耐盐性随着苗龄增长而增强^[1];内蒙古地区沙埋不会造成樟子松水分胁迫,但过度的沙埋会造成幼苗死亡^[7];东北地区不同树龄沙地樟子松幼苗对水分胁迫的响应研究表明,樟子松只有在极度水分胁迫时才会出现死亡^[8]。可见,相关干旱或半干旱区林木的环境抗逆性研究较多,但在新疆引种树种对培育基质的适应性方面,尤其是在生产实践中对本地土壤的适应问题涉及较少。因此,本研究在克拉玛依市乌尔禾区设定对比基质试验,对引种移栽1a后的樟子松对本地土壤的适应性进行评价,为樟子松在新疆北部地区的引种抚育以及推广种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

克拉玛依市乌尔禾区(85°12′—86°02′E, 45°42′—46°15′N)地处准噶尔盆地西部,位于克拉玛依市的最北部。本区属温带大陆性干旱荒漠气候,年平均气温8.7℃,全年≥10℃积温为3 968.1℃。干旱少雨,年平均降水量为102 mm,年蒸发量为3 545.2 mm,蒸降比高达27.6,多年平均空气相对湿度为48%^[9]。无霜期约160 d;年平均风速为2.2 m·s⁻¹;土壤以灰棕漠土和盐土为主,盐渍化程度较为严重;地下水矿化度大约1~10 g·L⁻¹。受所处地理位置和气候因素影响,森林覆盖率低,生态环境较脆弱。试验地为乌尔禾区郊外苗圃,光照充足,土壤质地是砂质壤土,中度盐渍化。苗圃每2 d滴灌1次,每株苗木大约滴灌15 L水,滴灌水为当地地下水,矿化度约为3 g·L⁻¹。为保证试验准确性,仅在试验前一日滴灌一次,试验日中不灌水。

试验材料为移栽1a的樟子松健康引种苗,于2014年4月30日从我国东北引进至当地种植,移栽时分别做本地施肥(牛粪)沙土和配制基质处理,每组3株。配制基质由塑料颗粒加工制成,规格:底面直径100 cm、高60 cm。

1.2 土壤参数日变化测定

土壤电导率代表土壤的总盐含量^[10],能在一定

程度上反映土壤肥力。通过土壤电导率与含盐量换算关系^[11]计算比较不同基质的盐渍化程度^[12]。使用HH2型土壤湿度计(soil moisture probe type SMS2 and meter type HH2,以色列),8:00—20:00在所选样株根部土壤深度5 cm处测定土壤参数,每隔2 h测定1次,每样株测定3次,分析数据取算数平均值。直接输出参数为土壤体积含水量(%),土壤电导率(ms·m⁻¹)、土壤温度(℃)。

1.3 气体交换参数日变化测定

2015年7月13日—19日,自然光照下,使用Li-6400XT便携式气体交换系统(Li-COR,美国),配2 cm×3 cm标准透明叶室,对2种基质下樟子松中部外围的成熟功能叶进行测定,8:00—20:00每隔2 h测定1次,每片叶片测定3次,分析数据取算数平均值。

直接输出参数:净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)和蒸腾速率(T_r , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)等光合生理参数。光合有效辐射(PAR , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气温(T_a , °C)、大气CO₂浓度(C_a , $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)和空气相对湿度(RH , %)等环境因子参数。

$$\text{水分利用效率}(WUE, \%) = P_n / T_r \quad (1)$$

1.4 数据处理

数据使用Excel 2007进行预处理,使用Excel 2007和Origin 8.0制图,通过SPSS 17.0进行单因素方差分析,使用Mathematica 5.2进行数值积分。

2 结果与分析

2.1 2种基质的表层土壤参数

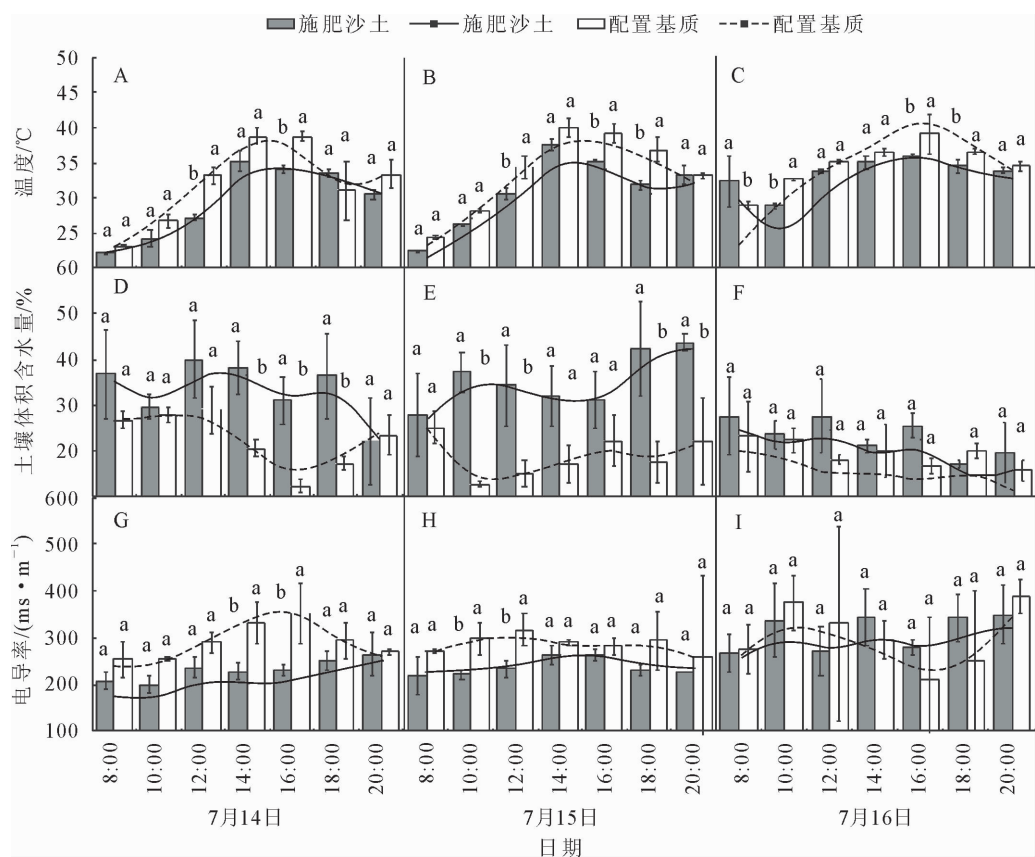
2组基质的表层土壤温度变化趋势一致,无显著差异($P=0.22$,图1 A、B、C),表明2种基质的表层土壤温度无明显差别。

测量前已滴灌1次,土壤表层初始体积含水量为37%。施肥沙土组的土壤表层体积含水量显著高于配制基质组($P=0.00$,图1 D、E、F)。2种基质的土壤体积含水量天际变化明显,灌水后2 d内(7月14日—15日)2种基质的土壤体积含水量差异显著($P<0.05$),灌水后第3天(7月16日)起,2种基质无显著差异($P>0.05$),表明在灌水后2 d内两种基质的土壤表层体积含水量存在明显差别,灌水后第3天起差异逐渐消失。

盐含量越高土壤营养越丰富,两种基质的电导率总体上无显著差异($F=3.83$, $P=0.31>0.05$,图1 G、H、I),说明2种基质的土壤肥力不存在明显差别。

2.2 2种基质下樟子松的气体交换参数

2.2.1 环境因子 光合有效辐射和气温均先增加再逐渐降低, PAR 在14:00—16:00达最大值



注:不同字母表示差异显著($P=0.05$)。

图 1 土壤温度、表层土壤体积含水量及电导率日变化

Fig. 1 Diurnal variations of soil temperature, water content and electrical conductivity

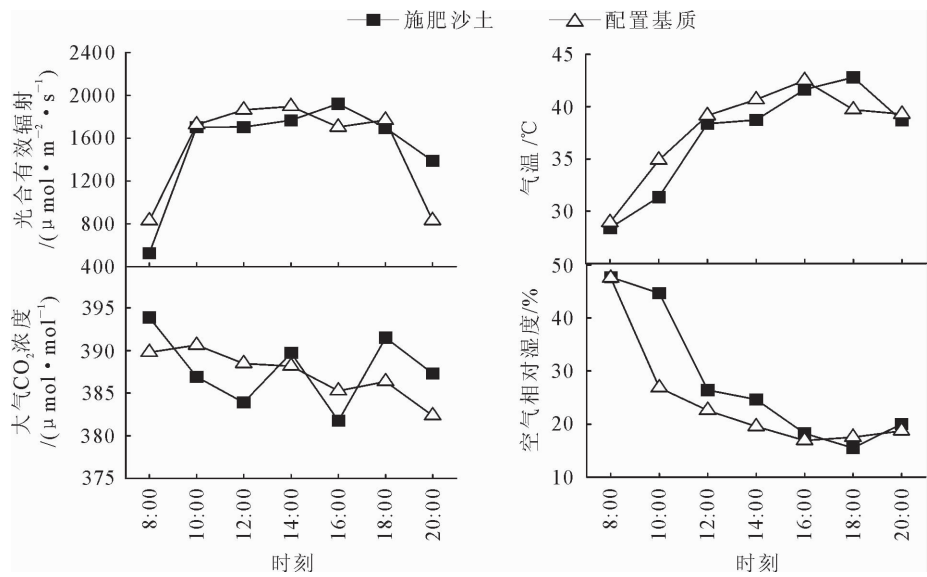


图 2 环境因子日变化

Fig. 2 Diurnal variations of environmental factors

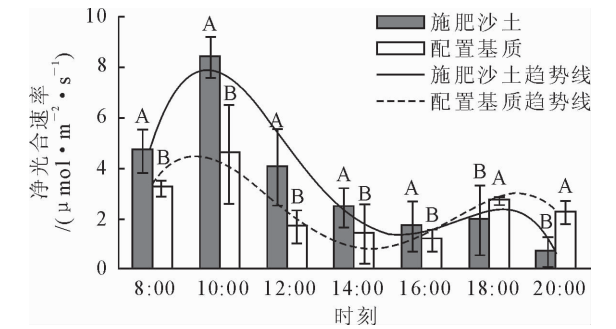
($1\,812.84 \pm 60\,\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), T_a 在 16:00—18:00 达到最大值($42.5 \sim 42.8^\circ\text{C}$)。大气 CO_2 浓度均在清晨较高,白天的波动较小,到 20:00 时有所下降。空气相对湿度大致呈下降趋势,在 20:00 有所回升(图 2)。表明 2 个处理在测定时环境条件基本一致。

2.2.2.2 净光合速率 2 种基质下樟子松的 P_n 值总体差异极显著($P=0.004$)。通过 P_n 和 PAR 的成对值进行回归,按照 P_n 值对 PAR 数值拟合形成的回归方程(表 1),并计算从 1 至 7 定积分可得 1 日内生物累积量,施肥沙土组定积分值高于配制基质组,说明施肥沙土组的生物累积量高于配制基质组。

2.2.3 水分利用效率 2种基质下樟子松的 WUE 值总体差异极显著 ($P=0.006$)。通过 WUE 和 PAR 的成对值进行回归,按照 WUE 值对 PAR 数值拟合形成的回归方程(表 2),并计算从 1 至 7 定积分可得 1 d 内累积的干物质质量,施肥沙土组定积分值高于配制基质组,说明施肥沙土组 1 d 内累积的干物质质量高于配制基质组。

2.3 2种基质下樟子松的生物量

通过分析两种基质下樟子松的株高和胸径数据表明(表 2),施肥沙土组株高极显著高于配制基质组;施肥沙土组胸径极显著粗于配制基质组。说明在苗木生长形态方面,施肥沙土组的樟子松明显优于配制基质组。



注:不同字母表示差异极显著($P=0.01$)。

图 3 不同基质下樟子松净光合速率日变化的动态比较

Fig. 3 Dynamic comparison on diurnal variations of net photosynthetic rate of *P. sylvestris* in different matrixes

表 1 2种基质下樟子松净光合速率(P_n)日变化的回归方程
Table 1 Diurnal variations regression equations of net photosynthetic rate (P_n) of *P. sylvestris* in two kinds of matrixes

培育基质	回归方程	相关系数 R^2	定积分值
施肥沙土	$y = -0.136\ 2x^4 + 2.311\ 9x^3 - 13.367x^2 + 28.931x - 12.921$	0.96	22.32
配制基质	$y = -0.088\ 4x^4 + 1.453\ 6x^3 - 7.953\ 1x^2 + 15.945x - 6.053$	0.91	14.74

注:变量 y 代表 P_n , x 代表 PAR 。

表 2 2种基质下樟子松水分利用效率(WUE)日变化的回归方程

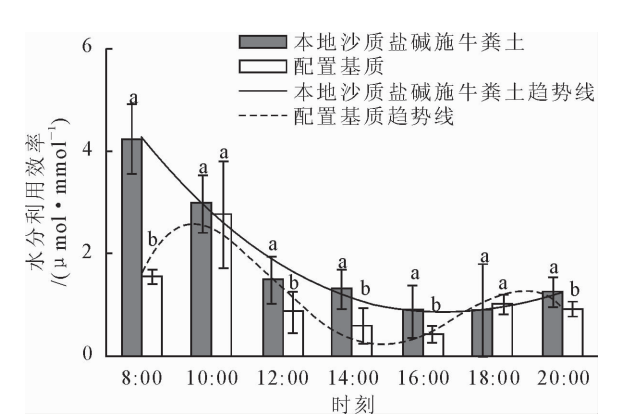
Table 2 Diurnal variations regression equations of water use efficiency (WUE) of *P. sylvestris* in two matrixes

培育基质	回归方程	相关系数 R^2	定积分值
施肥沙土	$y = -0.001\ 1x^4 + 0.010\ 5x^3 + 0.173\ 9x^2 - 2.041\ 9x + 6.125\ 9$	0.98	10.18
配制基质	$y = -0.053\ 4x^4 + 0.897\ 2x^3 - 5.061\ 5x^2 + 10.571x - 4.738\ 4$	0.90	7.09

注:变量 y 代表 WUE , x 代表 PAR 。

3 结论与讨论

合理的培育基质能促进苗木生长。甘肃干旱荒



注:不同字母表示差异性显著($P=0.05$)。

图 4 不同基质下樟子松利用效率日变化的动态比较

Fig. 4 Dynamic comparison on diurnal variations of water use efficiency of *P. sylvestris* in different matrixes

表 3 两种基质下樟子松生物量
Table 3 The biomass of *P. sylvestris* in two matrixes

培育基质	株高/m	胸径/mm
施肥沙土	$4.88 \pm 0.20A$	$93.24 \pm 1.91A$
配制基质	$3.89 \pm 0.60B$	$58.03 \pm 3.71B$

注:不同字母表示差异极显著($P=0.01$)。

漠区樟子松移植换床育苗技术研究发现,使用原种源地苗圃土对其生长有较好的促进作用^[13];在大兴安岭通过对比不同培育基质下兴安落叶松苗高、地径、干重、侧根数等生长指标研究发现,松针:苗圃土(2:1)对其光合作用能产生正效应^[14];不同基质对樟子松生长的影响研究表明,最适宜的基质为田园土:污水污明泥(2:1)^[15]。本研究同样从培育基质的角度出发,发现施肥沙土组的樟子松净光合速率、水分利用效率以及生物量等参数极显著高于配制基质组,说明施肥的本地沙土是引种樟子松较为理想的抚育基质。以施肥的本地沙土代替配制基质,可以利用乌尔禾区广泛分布的沙质盐碱土^[9],为实际生产降低了成本。

干旱区典型的生态环境特征是干旱和盐碱。在干旱盐碱条件下,植物的自我适应和调节通常表现为水分利用效率的变化。窦晓静^[16]等在新疆克拉玛依地区以 2 年生引种竹柳幼株为材料,探究适宜其灌溉的咸水矿化度,发现在 $5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时竹柳的水分利用效率达到最高,本研究所处的土壤含盐率约为 $4.8\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,亦得出水分利用效率高于配制基质组,说明施肥的本地沙土能使樟子松更好的维持光合过程并积累更多的干物质。高丽^[17]等在内蒙古地区探究了不同土壤水分条件下中国沙棘的水分利用效率,结果表明,水分利用率较高的植株拥有较强的生活力,本试验中施肥沙土组的水分利用效率高于配制基质组,说明生长于施肥沙土的樟子松拥有

更强的生活力。

通过对比本地土壤和配制基质下引种樟子松的生长状态,阐明了施肥沙土对移栽 1 a 的樟子松生长存在正效应。由于不同树龄的苗木对于培育基质的响应可能会存在一定程度上的差异,如周至庄^[18]等的研究表明,不同竹龄的青皮竹光合特性有较大的差异,为今后的研究提供了思路,即通过研究不同树龄的引种樟子松对本地土壤的响应,以此确定不同树龄的引种樟子松对本地土壤的适应性。

参考文献：

[1] 满多清,刘世增,严子柱,等. 樟子松苗木的耐盐性及其对造林林木生长的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(2):136-140.
MAN D Q,LIU S Z,YAN Z Z,*et al.* A research on seedling salt resistance of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and its growth influence for the forest-trees[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(2):136-140. (in Chinese)

[2] 张慧文,马剑英,孙伟,等. 不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系[J]. 生态学报,2010,30(21):5747-5758.
ZHANG H W,MA J Y,SUN W,*et al.* Altitudinal variation in functional traits of *Picea schrenkiana* var. *tianschanica* and their relationship to soil factors in Tianshan Mountains,North-west China[J]. Acta Ecologica Sinica,2010,30(21):5747-5758. (in Chinese)

[3] 陈小光. 库尔勒地区困难立地条件下园林树种的选择试验[J]. 塔里木大学学报,2008,20(2):14-18.
CHEN X G. Experiment of garden tree species selection under-hard living condition in Korla [J]. Journal of Tarim University,2008,20(2):14-18. (in Chinese)

[4] 陈拓,秦大河,李江风,等. 自然生长树木气孔导度对 CO₂ 浓度升高的响应[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2000,36(4):112-116.
CHEN T,QIN D H,LI J F,*et al.* Responses of stomatal conductance of a natural tree for the past 240 years to changes of a tmospheric CO₂ concentration[J]. Journal of Lanzhou University:Natural Sciences,2000,36(4):112-116. (in Chinese)

[5] 吴春荣,金红喜,严子柱,等. 樟子松在西北干旱沙区的光合日变化特征[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(6):144-146.

[6] 赵哈林,李瑾,周瑞莲,等. 沙埋对樟子松幼树生长及光合水分代谢的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(11):2973-2979.

[7] 朱教君,康宏樟,李智辉,等. 水分胁迫对不同年龄沙地樟子松幼苗存活与光合特性影响[J]. 生态学报,2005,25(10):2527-2533.
ZHU J J,KANG H Z,LI Z H,*et al.* Impact of water stress on survival and photosynthesis of Mongolian pine seedlings on sandy land[J]. Acta Ecologica Sinica,2005,25(10):2527-2533. (in Chinese)

[8] 潘峰,田长彦,邵峰,等. 新疆克拉玛依市生态敏感性研究[J].

地理学报,2011,66(11):1497-1507.

PAN F,TIAN C Y,SHAO F,*et al.* Evaluation of ecological sensitivity in Karamay,Xinjiang,northwest China[J]. Acta Geographica Sinica,2011,66(11):1497-1507. (in Chinese)

[9] 李建国,濮励杰,朱明,等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报,2012,67(9):1233-1245.
LI J G,PU L J,ZHU M,*et al.* The present situation and hot issues in the salt-affected soil research[J]. Acta Geographica Sinica,2012,67(9):1233-1245. (in Chinese)

[10] 蔡阿兴,陈章英,蒋正琦,等. 我国不同盐渍地区盐分含量与电导率的关系[J]. 土壤,1997,1(1):54-57.
CAI A X,CHEN Z Y,JIANG Z Q,*et al.* Salt content and e-lectric conductivity in different saline [J]. Soil ,1997,1(1):54-57. (in Chinese)

[11] 刘广明,杨劲松. 土壤含盐量与土壤电导率及水分含量关系的试验研究[J]. 土壤通报,2001,32(Supp.1):85-87.
LIU G M,YANG J S. Study on correlation of soil salt content with electric conductivity and soil water content[J]. Chinese Journal of Soil Science. 2001,32(Supp.1):85-87. (in Chinese)

[12] 洪涛. 甘肃干旱荒漠区樟子松育苗技术及林木的适应性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学. 2005

[13] 冷平生,马世超,李树蓉,等. 兴安落叶松容器苗培育基质研究[J]. 北京林业大学学报,1998,20(4):44-50.
LENG P S,MA S C,LI S R,*et al.* Study on culture media for *Larix gmelini* container seedling[J]. Journal of Beijing Forestry University,1998,20(4):44-50. (in Chinese)

[14] 杨静宇,王春荣,毕君. 不同基质对樟子松幼苗生长的影响[J]. 河北林业科技,2015,2(4):31-32.

[15] 窦晓静,韩炜,武胜利,等. 干旱区引种竹柳(*Salix fragilis*)适宜的灌溉咸水矿化度研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(2):154-159.
DOU X J,HAN W,WU S L,*et al.* Suitable saline water irrigated on introduced *Salix fragilis* in the arid area of North-west China[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(2):154-159. (in Chinese)

[16] 高丽,杨劼,刘瑞香. 不同土壤水分条件下中国沙棘雌雄株光合作用、蒸腾作用及水分利用效率特征[J]. 生态学报,2009,29(11):6025-6034.
GAO L,YANG J,LIU R X. Effects of soil moisture levels sonphotosynthesis,transpiration,and moisture efficiency of female and male plants of *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinesis* [J]. Acta Ecologies Sinica ,2009,29(11):6025-6034. (in Chinese)

[17] 吴志庄,李伟成,熊德礼,等. 不同竹龄青皮竹光合作用与荧光特性的比较[J]. 西北林学院学报,2013,28(6):33-36.
WU Z Z,LI W C,XIONG D L,*et al.* A comparative study on photosynthetic and fluorescence characteristics among different aged *bambusa textilis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(6):33-36. (in Chinese)