

# 科尔沁沙地三种常见乔木根-土界面水分再分配初探

刘新平<sup>1,2</sup>, 张铜会<sup>1,2</sup>, 何玉惠<sup>1,2</sup>, 赵学勇<sup>1,2</sup>, 赵哈林<sup>1,2</sup>, 李玉霖<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所奈曼沙漠化研究站, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所极端环境生物抗逆特性与生物技术实验室, 甘肃 兰州 730000

**摘要:** 根-土界面水分再分配研究对于干旱、半干旱地区退化植被的恢复与重建具有重要意义, 同时也是国际植物生理生态学和生态水文学界十分关注的研究领域之一。为了探明科尔沁沙地优势乔木树种樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、小叶杨 (*Populus simonii* Carr.)、榆树 (*Ulmus pumila*) 是否具有根-土界面水分再分配的现象, 我们利用时域反射仪 (TDR) 每隔 2 h 连续测定植株根际土壤水分, 同时应用干沙瓶分根法对 3 种乔木根-土界面水分再分配作了测定, 结果表明: 三种常见乔木树种樟子松、小叶杨、榆树均具有根-土界面水分再分配的潜力; 并且榆树的水分再分配能力较樟子松和小叶杨强; 三种常见乔木根-土界面水分再分配现象一般发生在 14:00 之后, 而分配水量最大的时间多是出现在次日凌晨 4:00 左右, 即 4:00—14:00 为植物的蒸腾耗水时段, 而 14:00 至次日 4:00 为植物的水分再分配时段。

**关键词:** 水分再分配; 土壤含水量; 根系; 分根法

中图分类号: S154.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 06-2360-06

根-土界面水分再分配是植物根系对土壤中水分在垂直和水平方向的传输过程<sup>[1,2]</sup>, 通常是发生在蒸腾作用减小到使根系水势超过干燥土壤层水势的夜间<sup>[3]</sup>, 或者是通过抑制植物蒸腾作用而产生的水分运移现象。20 世纪 80 年代后期, Richards 和 Caldwell<sup>[4]</sup>通过野外观测证实了三齿蒿 (*Artemisia tridentata*) 水分再分配现象的存在<sup>[5]</sup>。到目前为止已发现近 60 种植物具有水分再分配现象<sup>[6,7]</sup>。它们的共同特点是分布在干旱、半干旱地区<sup>[8,9]</sup>或有阶段性土壤干旱的湿润地区<sup>[10]</sup>。

根-土界面水分再分配能促进植物个体及其相邻植物的水分平衡<sup>[11]</sup>; 促进细根对土壤中养分的吸收<sup>[12]</sup>; 保持干燥土壤中菌根以及固氮菌的活性<sup>[10]</sup>; 提升地下水等功能和作用。这不仅对干旱、半干旱地区的退化植被的恢复与重建具有重要意义, 而且能将其理论应用于营养学、育种学和农学等方面<sup>[13]</sup>。因此, 其研究也成为国际植物生理生态学和生态水文学界十分关注的研究领域之一<sup>[5,14]</sup>。

从研究方法来看, 水分再分配的测定从实验室发展到现在的野外直接测定, 方法已基本成熟, 其中测量根系周围土壤水分和水势变化<sup>[15]</sup>或直接测定土壤水分的昼夜变化<sup>[16]</sup>和分根法<sup>[17]</sup>是较为常用的方法。

尽管如此, 是否干旱、半干旱区的所有植物都具有水分再分配作用尚无定论。针对这一问题, 我们用 TDR 测定植株根际土壤水分法和干沙瓶分根法对科尔沁沙地 3 种主要乔木树种 (樟子松、小叶

杨、榆树) 根-土界面水分再分配作了测定, 以期能初步探明其水分再分配的现象并估算其数量。从而为深入研究水分再分配对植物蒸腾、养分吸收、水分共用等方面的影响, 探索水分再分配对植被群落的动态以及稳定性的影响机制提供基础资料。

## 1 研究区概况

研究区位于科尔沁沙地东南部奈曼旗境内 (42°41'~45°15' N, 118°35'~123°30' E), 该区属温带半干旱大陆性气候, 春季干旱多风; 夏季炎热、雨量集中; 秋季凉爽短促; 冬季寒冷而漫长。年平均气温为 5.8~6.4 °C, 多年平均降水量 355.8 mm, 而且分布不均匀, 年降水量的 70%~80% 集中在 6~8 月。年蒸发量 1 500~2 500 mm, 近 70% 的蒸发发生在 4~7 月。土壤类型为风沙土, 地貌类型以流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘和面积不等的平缓沙地和低洼地交错分布为特征。沙地地下水平均埋深 8.5 m, 近年来由于农区抽灌的影响, 水位呈现出持续下降的态势。沙地主要乔木树种有樟子松、小叶杨、榆树等。

## 2 试验设计

### 2.1 试验材料

在中国科学院奈曼沙漠化研究站西面沙地中地势一致的区域中, 选择冠幅大小一致的乔木树种樟子松 (23 年生, 平均株高 5.4 m, 平均胸径 8.6 cm)、小叶杨 (23 年生, 平均株高 6.3 m, 平均胸径 27.5 cm) 和榆树 (6 年生, 平均株高 3.2 m, 平均胸径 5.7 cm) 各 9 株作为试验材料。

**基金项目:** 中国科学院西部之光西部博士项目(O928641001); 国家自然科学基金项目(40801036); 中国科学院重点方向性项目(KZCX2-YW-431)

**作者简介:** 刘新平(1978 年生), 男, 助理研究员, 博士, 主要从事生态水文学研究。E-mail: xpliuhyh@126.co

**收稿日期:** 2009-09-16

## 2.2 研究方法

为准确的探明3种主要乔木树种的水分再分配现象,我们采用TDR测定根际土壤水分法和干沙瓶分根法开展试验。

### 2.2.1 TDR测定根际土壤水分法

于2007年5月15日在乔木根际埋设TDR(时域反射仪,TRIME-FM-T3)水分管,每种2株,水分管埋深180 cm,每间隔20 cm测定土壤水分。监测时间从早8:00至次日8:00,每次历时24 h,每间隔2 h测定。分别于6月2日、6月12日、6月30日、8月1日、8月10日、8月27日共观测6次。

### 2.2.2 干沙瓶分根法

首先在样地中采集充足的土壤样品,用1 mm土壤筛去除土中的枝叶和杂物,自然风干备用。试验所用为啤酒瓶,瓶高30 cm,口径为1.5 cm。使用之前清洗干净后晾干。在埋瓶前,将风干土样混合均匀采用烘干法测定土壤水分(105 °C, 24 h),设18个重复。2007年5月10-11日,采用挖掘法小心挖出供试植株根系,选择在挖掘过程中没有损伤,直径约为3~6 mm之间的有较多的侧根( $D < 2$  mm)的根系各3根,小心的将根系装入瓶中,根系末端离瓶底留出5~10 cm空间,以便根系的正常生长。然后将风干土样装入瓶中,瓶口先用粘蜡密封,然后用胶带裹缠,以免根系生长过程中粘蜡脱出。然后将瓶按照根系的自然生长方向放好,用土回填,做好标记,以备日后取样。每种乔木埋瓶4株,每株3瓶。对照处理为无根,即将装满土密封好但不装入根系的瓶子埋入每种乔木根系附近,深度分为10 cm和20 cm,每个处理12瓶,共24瓶。采样时间6月18日、7月11日、8月14日和9月1日凌晨4:00,采样时按照标记挖出瓶子,用剪刀剪断根系,每次取样每种植物收获一株,共3瓶,并收获对照处理各3瓶,快速带回实验室,打碎瓶

口,将根系抽出,检查根系是否为活根,如果根系已死,则视为无效数据。只对根系存活的进行土壤水分的测定,具体是取出活根,迅速用小刷子将根上粘附的土壤全部刷入土盘中,并将瓶中所有土壤倒入土盘,迅速称重后,放入烘箱在105 °C下烘48~72 h,每隔24 h称重一次,直至恒重。瓶中含水率的增量计算是实际测出的土壤含水率减去埋瓶前风干土的含水率。

## 3 结果与分析

### 3.1 樟子松根-土界面水分再分配

剖面调查结果显示,樟子松的根系主要分布在100 cm以上土层中,这和苏芳莉等人<sup>[18]</sup>在该区域的研究结果一致。因此本实验选择60~80 cm土层含水率变化进行分析。从图1中樟子松根际土壤含水率的变化中我们可以看到,该深度土壤水分从早上8:00开始迅速降低,至14:00—16:00时达到一天之中的最低值,在14:00—16:00之后土壤水分逐渐增加,在凌晨4:00左右达到最大值,高出前一日早上8:00的土壤水分体积分数近1.0%。而且我们注意到,土壤水分在20:00至次日2:00之间会有一个波动。从其它几日的观测结果中也反映出同样的趋势,即60~80 cm深度土壤水分在14:00-16:00之间降至最低点,而在次日4:00左右升至最高点。尽管不同植株之间的土壤水分存在差异,但变化趋势是基本一致的,而且次日8:00的土壤水分基本与前一日8:00持平或略低一些。

从图2中樟子松水分再分配的数量我们可以看出,不同时段的水分再分配数量与对照和风干土之间存在显著差异,而对照和风干土之间差异不显著,不同时间分配水量之间的差异不显著。瓶中土壤水分的增加量表现为9月1日的最多,7月11日的最少,从同期土壤水分质量分数来看,前者比后者高出近0.3%。整体来看,樟子松4次的测定结果中根-土界面水分再分配水量的质量分数变化在

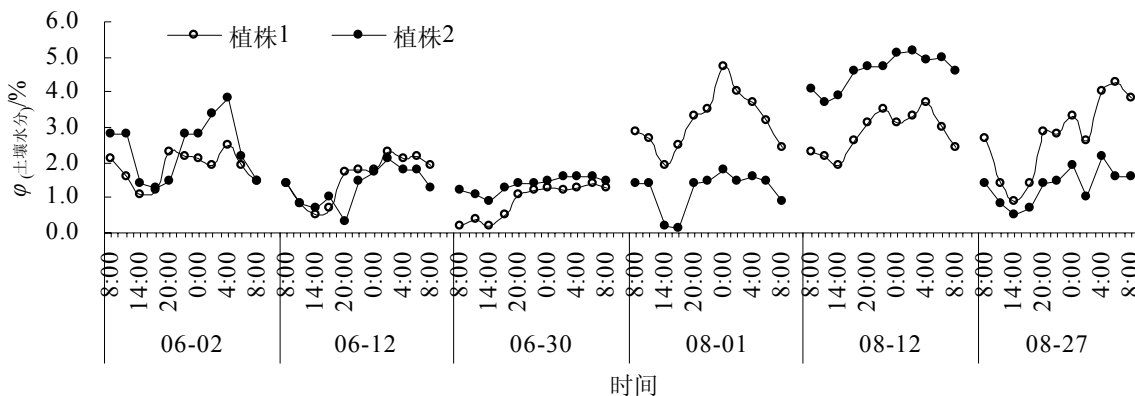


图1 樟子松根际土壤含水量的昼夜变化

Fig.1 Diurnal variation of rhizosphere soil water content of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*

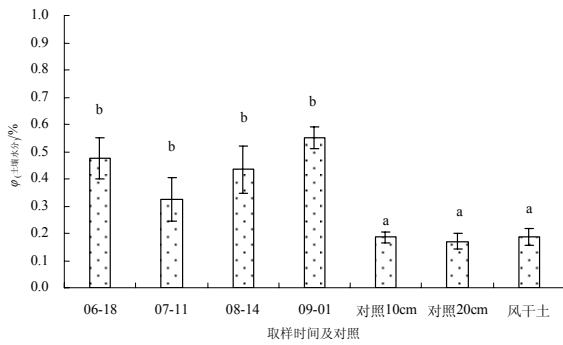


图2 樟子松水分再分配量

Fig.2 The amount of hydraulic redistribution of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*

0.32%~0.55%之间。

### 3.2 小叶杨根-土界面水分再分配

我们采用剖面法的调查结果显示,小叶杨大部分根系分布在20~120 cm土层之间,而40~60 cm土层中达到峰值。因此,在土壤水分变化分析中选取40~60 cm作为分析数据。结果如图3所示,从图中可以看出,小叶杨40~60 cm土壤层水分的变化比较特殊,其中有部分结果显示,在早上10:00左右有一次水分变化的峰值,而在14:00~16:00土壤水分体积分数降到最低点,之后在波动中回升,在20:00又出现一个峰值,在2:00~4:00之间达到最大值。从水分的增值来看,从谷值到峰值之间的差距6月份的3次观测结果要大一些,约在1.0%左右,但是在8月的观测中,其差距小于1.0%。即水分消耗和水分回升之间的差距很小,同时单个植株和不同观测日间土壤水分体积分数也存在较大差异。

从图4我们可以看到小叶杨水分再分配的数量与对照和风干土之间存在显著差异 ( $P < 0.01$ ),而对照和风干土之间差异不显著,4次收获时间得到的结果差异也不显著。小叶杨水分再分配的数量变

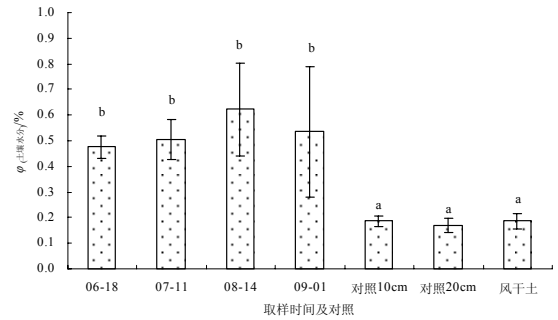


图4 小叶杨水分再分配量

Fig.4 The amount of hydraulic redistribution of *Populus simonii*

化在 0.48%~0.62%之间,变化幅度要小一些。其中8月14日水分再分配数量最多,6月18日最少。

### 3.3 榆树根-土界面水分再分配

榆树是科尔沁沙地主要的乔木树种,采用剖面挖掘法调查显示,其根系主要分布在20 cm以下,而在100~120 cm范围内根系分布最多。这和李红丽等人<sup>[9]</sup>的研究结果一致。因此,我们主要对100~120 cm深度的土壤水分变化作了分析,从图5中可以看到,榆树100~120 cm深度根系周围的土壤水分体积分数从8:00至14:00在逐渐降低,而在10:00左右有一个波动,14:00左右达到最低点,这和当地气温的最高值是对应的,即14:00前后为一天中气温最高,日照强度最大的时段。14:00之后土壤水分开始在波动中逐渐回升,至4:00左右达到最高点,然后逐渐回落,也就是说在14:00到次日4:00之间是土壤水分的升高阶段,土壤水分体积分数的增加幅度均大于1.0%,其它时段为蒸散消耗阶段。

从图6中我们可以看到,榆树水分再分配数量与对照和风干土的差异显著 ( $P < 0.01$ ),而对照和风干土之间的差异不显著,不同收获时间之间的差

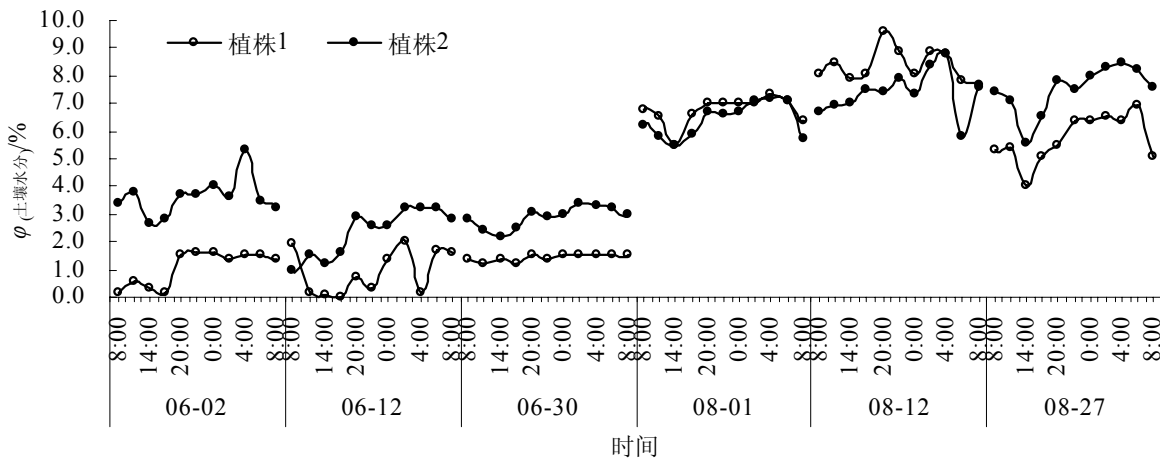


图3 小叶杨根际土壤含水量昼夜变化

Fig.3 Diurnal variation of rhizosphere soil water content of *Populus simonii*

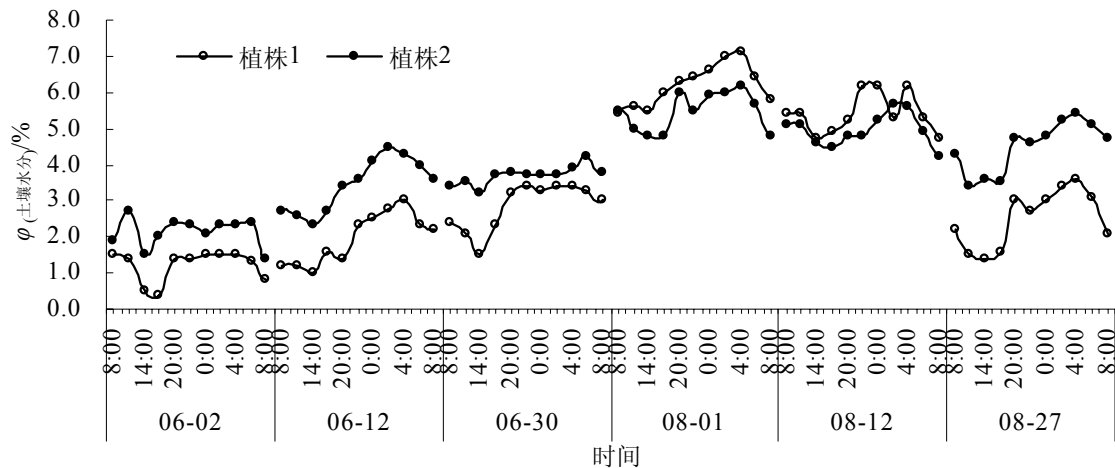


图5 榆树根际土壤含水量昼夜变化

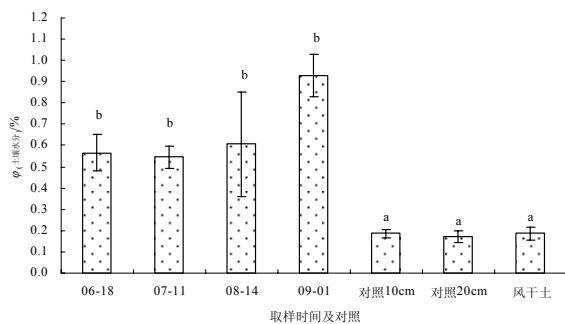
Fig.5 Diurnal variation of rhizosphere soil water content of *Ulmus pumila*

图6 榆树水分再分配量

Fig.6 The amount of hydraulic redistribution of *Ulmus pumila*

异也不显著。同时, 6-9 月的水分再分配数量是逐渐增大的, 分配水量从 6-9 月变化在 0.54~0.93% 之间。

#### 4 结论与讨论

对于处于半干旱地区的科尔沁沙地而言, 土壤水分状况是制约植物群落结构与功能的最主要因素之一, 而根-土界面的水分再分配作用是植物的一种生存和适应环境的有效机制<sup>[20,21]</sup>, 在降水减少, 土壤水分亏缺的干旱季节, 具有水分再分配能力的植物可以通过这一现象来缓解根系层水分的亏缺, 同时也可以为其它浅根系植物提供赖以生存的水分, 实现水分共享<sup>[22,23]</sup>。本研究中樟子松根际土壤水分的动态变化与其蒸腾特性相对应, 其蒸腾峰值一般出现在 10:00 和 14:00 左右<sup>[24]</sup>, 即随着土壤中水分的消耗, 在没有水分可供蒸腾消耗时, 蒸腾速率降低。但是在没有降水或其它来源的水分补给的情况下, 其根际土壤水分体积分数上升达到 1%~3%, 一般来说, 是不可能实现的, 这可能表明樟子松具有水分再分配的潜力。但是也存在由于 TDR 水管太靠近植物根系, 测定的水分可能为植物根系水分, 并非释出水分的可能性<sup>[25]</sup>。而在干沙瓶

分根法的试验中, 在没有外界水分进入干沙瓶的情况下, 瓶中土壤水分会显著的增加, 同时, 取样时也发现瓶中须根上粘附有很多湿土, 而且根系为活根且有新的根系生成, 这进一步表明樟子松具有水分再分配的潜力, 但是对比一天的土壤水分发现前日 8:00 的观测值和次日 8:00 的值持平甚至要低, 这说明虽然樟子松具有水分再分配的潜力, 可以在一定程度上缓解根系层水分的亏缺, 但是随着土壤其它层水分的蒸腾和蒸发消耗, 可利用的水分在逐步减少, 即便水分再分配的作用能缓解根系分布层土壤水分的亏缺, 但是在没有降水补给的情况之下, 土壤水分条件也是在逐渐恶化的。

小叶杨具有耐旱、耐瘠薄、可抗盐碱等多种优良特性, 具有发达的根系, 而且具有旱生植物的独特性状。我们的调查结果显示, 大部分根系分布在 20~120 cm 土层之间, 而在 40~60 cm 土层中达到峰值。这和一些研究者得出的结论存在一定差异<sup>[26,27]</sup>, 这主要是因为研究区域气候、土壤和水分条件的差异所致。从根际土壤水分的变化来看, 相对樟子松而言, 其土壤水分的昼夜变化要小一些, 而且从干沙瓶分根法测定的结果来看, 不同收获时间的差异不显著, 这说明水分再分配的发生与取样的时间有关系, 一般水分再分配都是发生在蒸腾作用减弱的夜间<sup>[28]</sup>, 从小叶杨水分再分配量的变化来看, 我们初步认为小叶杨具有水分再分配的潜力。

榆树是科尔沁沙地原始景观榆树疏林草地的建群种<sup>[29]</sup>, 但是, 关于榆树根-土界面水分再分配的研究未见报道。本研究显示(图 7), 榆树根-土界面水分再分配的能力要高于小叶杨和樟子松, 方差分析结果显示榆树水分再分配能力与樟子松达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 但与小叶杨差异不显著。从树种的生长特性来看, 榆树具有耐贫瘠, 抗干旱

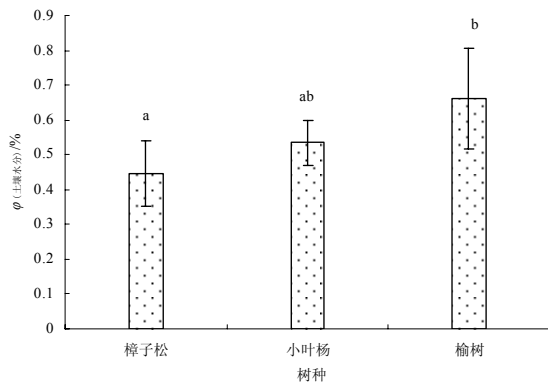


图7 三树种根-土界面水分再分配能力比较

Fig.7 Comparison of hydraulic redistribution ability between the interface of root and soil of three tree species

的优良特性,特别是对防风固沙起到了很重要的作用<sup>[30]</sup>,同时也是耐旱沙生植物的重要物种基因库和草原野生动物的重要避难所和栖息地<sup>[29]</sup>。本研究认为榆树具有较强的根-土界面水分再分配的潜力,可能正是这种能力使得榆树成为科尔沁沙地主要的乔木树种。

#### 参考文献:

- SCHULZE E D, CALDWELL M M, CANADELL J, et al. Downward flux of water through roots (i.e. inverse hydraulic lift) in dry Kalahari sands[J]. *Oecologia*, 1998, 115: 460-462.
- SMITH D M, JACKSON N A, ROBERTS J M, et al. Reverse flow of sap in tree roots and downward siphoning of water by *Grevillae robusta*[J]. *Functional Ecology*, 1999, 13: 256-264.
- BROOKS J R, MEINZER F C, COULOMBE R, et al. Hydraulic redistribution of soil water during summer drought in two contrasting Pacific Northwest coniferous forests[J]. *Tree Physiol*, 2002, 22: 1107-1117.
- RICHARDS J H, CALDWELL M M. Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentate* roots[J]. *Oecologia*, 1987, 73: 486-489.
- CALDWELL M M, RICHARDS J H. Hydraulic lift water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots[J]. *Oecologia*, 1989, 79: 1-5.
- HULTINE K R, CABLE W L, BURGESS S S O, et al. Hydraulic redistribution by deep roots of a Chihuahuan Desert phreatophyte[J]. *Tree Physiology*, 2003, 23: 353-360.
- RYEL R J, LEFFLER A J, PEEK M S, et al. Water conservation in *Artemisia tridentate* through redistribution of precipitation[J]. *Oecologia*, 2004, 141: 335-345.
- ISHIKAWA C M, BLEDSOE C S. Seasonal and diurnal patterns of soil water potential in the rhizosphere of blue oaks: evidence for hydraulic lift[J]. *Oecologia*, 2000, 125: 459-465.
- ESPELETA J F, WEST J B, DONOVAN L A. Species-specific patterns of hydraulic lift in co-occurring adult trees and grasses in a sandhill community[J]. *Oecologia*, 2004, 138: 341-349.
- SCHOLZ F G, BUCCI S J, GOLDSTEIN G, et al. Hydraulic redistribution of soil water by Neotropical savanna trees[J]. *Tree Physiology*, 2002, 22: 603-612.
- DAWSON T E. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions[J]. *Oecologia*, 1993, 95: 565-574.
- CALDWELL M M, DAWSON T E, RICHARDS J H. Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants[J]. *Oecologia*, 1988, 113: 151-161.
- 陈亚明, 傅华, 张荣, 等. 根-土界面水分再分配研究现状与展望[J]. *生态学报*, 2004, 24(5): 1040-1046.  
CHEN Yaming, FU Hua, ZHANG Rong, et al. The present situation and prospect of researches on hydraulic redistribution between the interface of root and soil[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1040-1046.
- GEBAUER R L E, SCHWINNING S, EHLERINGER J R. Interspecific competition and resource pulse utilization in a cold desert community[J]. *Ecology*, 2002, 83(9): 2602-2616.
- MILLIKIN I C, BLEDSOE C S. Seasonal and diurnal patterns of soil water potential in the rhizosphere of blue oaks: evidence for hydraulic lift[J]. *Oecologia*, 2000, 125: 459-465.
- TOPP G G, WATT M, HAYHOE H N. Point specific measurement and monitoring of soil water content with an emphasis on TDR[J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 1996, 76: 307-316.
- CALLAWAY R M, DELUCIA E H, MOORE D, et al. Competition and facilitation: contrasting effects of *Artemisia tridentate* on desert vs. montane pines[J]. *Ecology*, 1996, 77: 2130-2141.
- 苏芳莉, 刘明国, 郭成久, 等. 沙地樟子松根系垂直分布特征及对土壤的影响[J]. *中国水土保持*, 2006, 1: 20-22.  
SU Fangli, LIU Mingguo, GUO Chengjiu, et al. Characteristics of vertical distribution of root system of Mongolian Scotch Pine growing in sandy area and influence to the soil[J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2006, 1: 20-22.
- 李红丽, 董智, 王林和, 等. 浑善达克沙地榆树根系分布特征及生物量研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(4): 99-105.  
LI Hongli, DONG Zhi, WANG Linhe, et al. Study on the root distribution characteristic and biomass of *Ulmus pumila* in Hunshandake Sands[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2002, 16(4): 99-105.
- JACKSON P C, CAVELIER J, GOLDSTEIN G, et al. Partitioning of water resources among plants of a lowland tropical forest[J]. *Oecologia*, 1995, 101: 197-203.
- YODER C K, NOWAK R S. Hydraulic lift among native plant species in the Mojave Desert[J]. *Plant and Soil*, 1999, 215: 93-100.
- EHLERINGER J R, PHILLIPS S L, SCHUSTER W S F, et al. Differential utilization of summer rains by desert plants[J]. *Oecologia*, 1991, 88: 430-434.
- 何维明, 张新时. 水分共享在毛乌素沙地4种灌木根系中的存在状况[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(5): 630-633.  
ZHANG Weiming, ZHANG Xinshi. Water sharing in the roots of four shrubs of the Mu Us Sandy Desert[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(5): 630-633.
- 康宏樟, 朱教君, 许美玲. 科尔沁沙地樟子松人工林幼树水分生理生态特性[J]. *干旱区研究*, 2007, 24(1): 15-22.  
KANG Hongzhang, ZHU Jiaojun, XU Meiling. Study on water physiological properties of the artificially-planned saplings of *Pinus*

- sylvestris* var. *mongolica* in the Horqin Sandland[J]. Arid Zone Research, 2007, 24(1): 15-22.
- [25] DAWSON T E, PATE J S. Seasonal water uptake and movement in root system of Australian phreatophytic plants of dimorphic root morphology: a stable isotope investigation[J]. Oecologia, 1996, 107: 13-20.
- [26] 刘鑫, 满秀玲. 毛乌素沙地梁地上小叶杨根系分布特征[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(4): 48-53.
- LIU Xin, MAN Xiuling. Distribution patterns of root systems of *Populus simonii* Carr. in highland of M u Us Sandland[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(4): 48-53.
- [27] 成向荣, 黄明斌, 邵明安. 沙地小叶杨和柠条细根分布与土壤水分消耗的关系[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(5): 77-83.
- CHENG Xiangrong, HUANG Mingbin, SHAO Mingan. Relationship between fine roots distribution and soil water consumption of *Populus simonii* and *Caragana korshinskii* plantation on sandy land[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(5): 77-83.
- [28] SCHULZE E D, CALDWELL M M, CALDWELL M M, et al. Downward flux of water through root (i.e. inverses hydraulic lift) in dry Kalahari sands[J]. Oecologia, 1998, 115: 460-462.
- [29] 李钢铁, 姚云峰, 邹受益, 等. 科尔沁沙地榆树疏林草原植被研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(6): 132-138.
- LI Gangtie, YAO Yunfeng, ZUO Shouyi, et al. Studies on Elm woodland steppe in Horqin Sandy Land[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 18(6): 132-138.
- [30] 马龙, 刘廷玺, 寇志强, 等. 科尔沁沙地榆树生长与水文气象因子的关系及气候重建[J]. 冰川冻土, 2007, 29(5): 802-807.
- MA Long, LIU Tingxi, Kou Zhiqiang, et al. Relationship of Elm growth and hydrometeorological factors of Horqin Sandy Land and climatic series reconstruction[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2007, 29(5): 802-807.

## Hydraulic redistribution between the interface of root and soil on three tree species in Horqin Sandy Land

LIU Xinping<sup>1,2</sup>, ZHANG Tonghui<sup>1,2</sup>, HE Yuhui<sup>1,2</sup>, ZHAO Halin<sup>1,2</sup>, ZHAO Xueyong<sup>1,2</sup>, LI Yulin<sup>1,2</sup>

1. Naiman Desertification Research Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2. Stress Ecophysiology and Biotechnology Laboratory, CAREERI, CAS, Lanzhou 730000, China

**Abstract:** The study of hydraulic redistribution between the interface of root and soil has been known to play an important role in restoring and reconstructing degraded vegetation in arid and semi-arid areas, and it has become one of the research focuses of the international plant physiological ecology and eco-hydrology. In order to explore whether the phenomenon of hydraulic redistribution existed in the three dominant tree species (*Pinus sylvestris* var. *Mongolica*, *Populus simonii* Carr., *Ulmus pumila*) in Horqin Sandy Land. Time-domain Reflectometer (TDR) was used to measure soil moisture of plant rhizosphere continuously every 2 hours, meanwhile the hydraulic redistribution of three tree species was measured by using split-root method. The results showed that *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, *Populus simonii* Carr. and *Ulmus pumila* all possessed potentials of hydraulic redistribution between the interface of root and soil, and the ability of *Ulmus pumila* was higher than that of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and *Populus simonii* Carr.. The phenomenon of hydraulic redistribution between the interface of root and soil of three tree species generally appeared after 14:00, and reached maximal amount at about 4:00 of next day. These indicated that soil water transpiration occurred from 4:00 to 14:00, and from 14:00 to 4:00 of next day was the time of hydraulic redistribution.

**Key words:** hydraulic redistribution; soil water content; roots; root-splitting method