

不同土壤含水量下 3 种盆栽灌木耗水特性研究

崔香^{1,2}, 陈友媛^{1,2}, 李亚平², 韩亚军², 胡广鑫²

(1. 海洋环境与生态教育部重点实验室 中国海洋大学, 山东 青岛 266100; 2. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 采用盆栽称重法分别对 3 种城市常见绿化灌木单株的耗水规律进行了研究, 并对其在 4 种不同土壤含水量条件下的耗水特性及与环境因子的关系进行了分析。研究结果表明, 4 种不同土壤含水量条件下, 3 种灌木的耗水量日动态呈单峰型变化。在相同环境条件下, 各灌木的单株耗水量大小为: 金叶女贞 > 冬青 > 紫叶小檗。随着土壤含水量的降低, 3 种灌木的耗水量依次减少, 35%~15% 田间持水量的土壤含水量对 3 种灌木耗水量具有显著的影响 ($P < 0.01$), 这说明了该土壤含水量对 3 种灌木的水分消耗产生了胁迫。通过相关分析, 认为影响 3 种灌木耗水量的主导环境因子是大气温度和光照强度。以环境因子作自变量, 以灌木耗水量为因变量, 经过逐步回归, 建立了多元线性模型。所选回归方程拟合效果良好。利用逐步回归分析建立的优化模型可利用气象参数预测植物的耗水量。

关键词: 绿化灌木; 耗水量; 土壤含水量; 盆栽

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)03-0077-04

中图分类号: S731.2

Characteristics of Water Consumption Quantities for Three Potted Shrubs Under Different Soil Moisture Contents

CUI Xiang^{1,2}, CHEN You-yuan^{1,2}, LI Ya-ping², HAN Ya-jun², HU Guang-xin²

(1. Key Laboratory of Marine Environment and Ecology of the Ministry of Education,

Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China; 2. College of

Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China)

Abstract: Characteristics of water consumption quantities for three normal shrubs for urban landscaping, namely *Ligustrum vicaryi*, *Berberis thunbergii* and *Euonymus japonicus* Thunb, were studied by means of pot weighing method. Meanwhile, the relationships between water consumption characteristics and environmental factors were analyzed under the conditions of four different soil moisture contents. Results indicated that the diurnal variation of water consumption of the three landscape shrubs presented a single peak feature. Under the same weather conditions, the three shrubs were in the order of *Ligustrum vicaryi* > *Euonymus japonicus* Thunb > *Berberis thunbergii*, in terms of the single plant water consumption quantity. The water consumption quantities of the three shrubs showed an ordinal decrease with decreased soil moisture content. The soil moisture content of 35%~15% field capacity significantly influenced the water consumption quantities of the three shrubs ($P < 0.01$), which suggested that the soil moisture content resulted in a stress on the water consumption quantities of the three shrubs. By correlation analysis, the main environmental factors for the three shrubs were found to be air temperature and solar intensity. A multiple linear equation was established by stepwise regression, taking environmental factors as independent variables and water consumption quantities as dependent variable, and the regression equation was fitted well. The regression equation can be applied to forecast the water consumption quantities of shrubs by using meteorological parameters.

Keywords: shrubs for urban landscaping; water consumption quantity; soil moisture content; pot culture

灌木是城市景观建设中应用的主要植物类型, 其品种丰富和抗污染能力较强, 具有良好的绿化效果及

生态功能, 而水分问题是城市绿化景观植被生长过程中的关键性限制因子。

收稿日期: 2011-05-25

修回日期: 2011-09-21

资助项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项“典型北方缺水城市湖泊水质水量保障与生境改善技术课题”(2008ZX07106-003)

作者简介: 崔香(1985—), 女(汉族), 山东省青岛市胶州人, 硕士, 主要从事水环境研究。E-mail: cuixiang288@126.com。

通信作者: 陈友媛(1966—), 女(汉族), 江西省永新县人, 博士, 副教授, 主要从事水环境研究。E-mail: youyuan@ouc.edu.cn。

准确测算植物耗水量是环境水分定量研究的急需技术^[1],国内外学者对此进行了大量研究和实践^[2-6]。朱妍等^[1]通过研究北京市 6 个绿化树种盆栽蒸腾耗水规律发现,随着密度的增加,各种苗木的耗水量是递增的,但耗水速率是递减的。郭跃等^[6]利用植物茎流测量系统研究了毛乌素沙地人工灌木树种沙木蓼的茎干液流变化及其与周围的环境因子的关系。虽然这些方法得到了不断发展与完善,但由于技术原理不同,适用性各异,在准确测定上仍没有一个普遍满意的方法^[7]。盆栽称重法可以控制土壤环境和大气环境,试验结果具有可比性,已成为树木耗水性比较研究的常用方法^[8-11]。因此,本试验利用盆栽称重法研究了金叶女贞、紫叶小檗和冬青 3 种常见景观绿化灌木在 4 种不同土壤含水量条件下的耗水特性,目的在于为水资源缺乏条件下的城市节水耐旱型植物选择及园林绿地、住宅小区绿化等的节水灌溉制度的制定提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择城市常用绿化灌木金叶女贞(*Ligustrum vicaryi*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii*)和冬青卫矛(*Euonymus japonicus* Thunb)为试验材料,均为 4 年生苗木,要求同一树种的苗木大小和株形基本相同。移栽前就近选取土壤,均匀搅拌后过 2 mm 筛,土壤自然风干后装入种植盆,种植盆规格为口径 20 cm,底径 16.5 cm,高 25 cm,每盆用土 6 kg。将苗木移栽于花盆中,浇足定根水,进行常规管理,确保苗木成活。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用盆栽的方法,每种灌木设定 4 个处理水平,即土壤含水量分别达到田间持水量的 75%~100%,55%~75%,35%~55%,15%~35%,每个处理水平设置 3 个重复。为了对比分析,选用了 4 个装有原状土壤盆进行空白对照试验,水分处理同上。试验时段为夏季(7—8 月)、秋季(9—10 月)、初冬(11 月)。每月选择典型天气,从 8:00—18:00 每隔 2 h 测定耗水量与其他环境因子的变化。在文中出现的试验水平编号 I, II, III, IV, 分别代表 75%~100%, 55%~75%, 35%~55%, 15%~35% 这 4 种土壤含水量水平。

1.2.2 测定内容与方法

(1) 耗水量:利用盆栽称重法,使用精密电子天平(最大称重 15 kg,精度 0.1 g)定时称重,两次称重之差即耗水量。

(2) 气象因子:空气温度、相对湿度的测定用干湿球温度计,太阳光照强度和风速的测定分别采用照度计和风速仪。

(3) 植物外形:株高、冠幅用直尺测定,每月测定 1 次。

1.3 数据处理

利用 SPSS (version 18.0)对不同树种之间及不同土壤含水量之间的耗水量进行相关、方差和回归分析处理,其中回归分析采用逐步回归的方法。

2 结果与分析

2.1 灌木耗水量日动态变化

灌木耗水量变化不仅能反映植物的日耗水变化规律,而且在土壤缺水时能反映植物对干旱胁迫的响应。图 1 是 8 月典型晴天天气下金叶女贞、紫叶小檗和冬青的日耗水动态。3 种灌木在 4 种土壤含水量条件下的耗水日动态曲线均呈单峰型特征,但耗水高峰出现的时间不同。金叶女贞和冬青在 4 种土壤含水量条件下的耗水高峰均出现在 10:00—12:00,以金叶女贞为例,其耗水量占全天的 30.3%,32.5%,30%和 34.2%。紫叶小檗在 I, II 和 III 级土壤含水量下的耗水高峰也出现在该时间段,此时段太阳辐射最强,温度最高,空气相对湿度最低,非常利于水分的蒸发,导致气孔开度增大,植物蒸腾作用增强,因此耗水量很高。而紫叶小檗在 IV 级土壤含水量时于 8:00—10:00 耗水最多,占全天耗水量 31.5%,随着消耗了土壤的大量水分,即使后续时段灌木要继续蒸腾耗水,但土壤水分供给跟不上消耗,因此耗水量日动态就呈现前高后低的形式。

2.2 灌木耗水量日变化

金叶女贞、紫叶小檗和冬青在 4 种土壤含水量条件下各月的日耗水变化如图 2 所示。从图 2 中可以看出最大日耗水量在各月的分布情况以及实际的波动幅度。从 7 月试验开始到 11 月底试验结束,3 种灌木的耗水量均呈现先上升后下降的整体趋势。试验开始灌木的耗水量还较低,主要是因为植物刚栽植,需要适应环境。8,9 月温度高,太阳辐射强烈,8 月 30 日金叶女贞、紫叶小檗和冬青在 I 级土壤含水量条件下日耗水量分别达 345.6,221.1 和 223.7 g/株。11 月温度降低,太阳辐射也变弱, I 级条件下 3 种灌木耗水量也分别降低到 177.6,45.6 和 73.1 g/株。由图 2 中可见, I, II 和 III 级土壤含水量条件下 3 种灌木的耗水波动趋势一致,其波动幅度较大,而土壤含水量 IV 级的植物耗水量变化相对平缓。

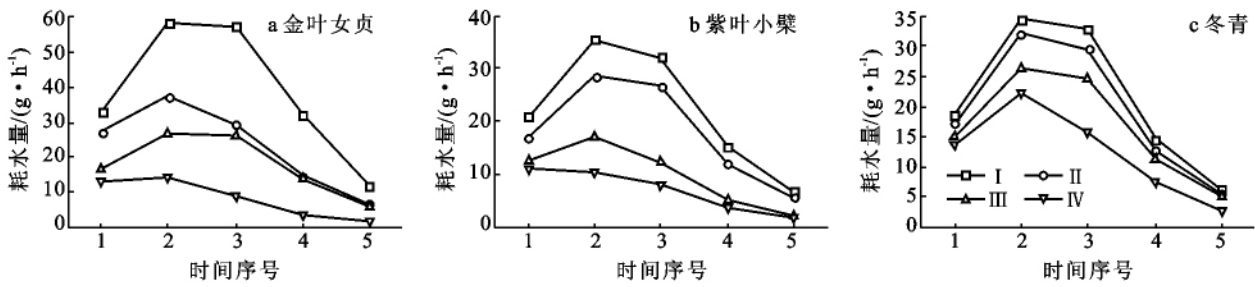


图 1 4 种不同土壤含水量条件下 3 种灌木的日耗水量动态

注:① 时间序号 1 为 8:00—10:00; 2 为 10:00—12:00; 3 为 12:00—14:00; 4 为 14:00—16:00; 5 为 16:00—18:00; ② 试验水平编号 I, II, III, IV, 分别代表 75%~100%, 55%~75%, 35%~55%, 15%~35% 这 4 种土壤含水量水平。下同。

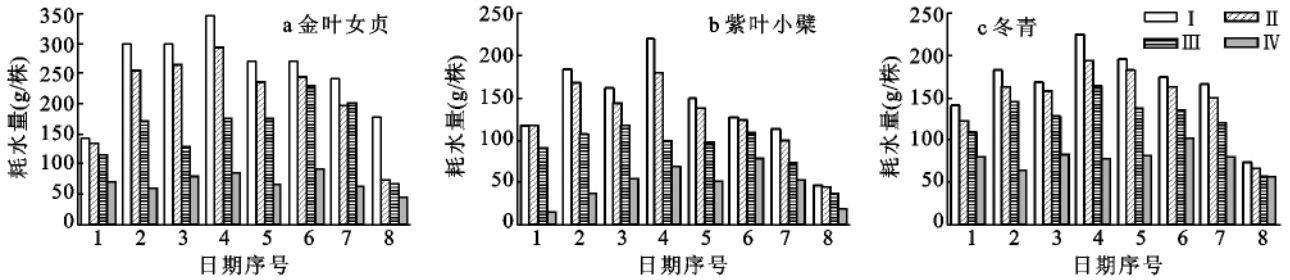


图 2 4 种不同土壤含水量条件下 3 种灌木的日耗水量变化

注:日期序号 1 为 7 月 14 日; 2 为 7 月 29 日; 3 为 8 月 12 日; 4 为 8 月 30 日; 5 为 9 月 14 日; 6 为 9 月 24 日; 7 为 10 月 23 日; 8 为 11 月 15 日。

3 种灌木的耗水规律都呈现出随土壤含水量逐级递减而降低的规律,8 月 30 日金叶女贞在 I 级土壤含水量下耗水量分别是 II, III 和 IV 级土壤含水量的 1.2, 1.9 和 4.1 倍。可见,土壤含水量越高,植物的耗水量越大,土壤含水量越低,植物耗水受控于土壤的含水量,因此耗水量较低,植物需要调控水分代谢平衡以适应缺水的土壤环境。对 3 种灌木于 4 种土壤含水量条件下的耗水量进行方差分析表明,金叶女贞、紫叶小檗和冬青在 IV 级土壤含水量条件下的耗水量与 I, II, III 条件下的耗水量差异显著 ($p < 0.05$),而 I, II, III 条件之间的耗水量差异不显著。这说明了 IV 级土壤含水量对 3 种灌木的水量消耗产生了胁迫。

2.3 灌木耗水量与环境因子的关系

对 8 月份 3 种灌木耗水量与环境因子进行相关分析表明(表 1),太阳辐射的强弱、空气温湿度的高低、风速的大小均影响灌木耗水量的变化^[11-12]。4 种土壤含水量条件下的灌木耗水量与温度和光照强度均表现极显著正相关,与相对湿度为极显著负相关,且相关系数均较大。风速与 3 种灌木的耗水量相关性没有达到显著水平。同时还发现由于土壤含水量不同,环境因素与灌木耗水量的相关性也有差异,金叶女贞与紫叶小檗在土壤含水量 IV 级条件下的相关系数明显低于前 3 种土壤含水条件,而冬青表现不明显。可见当土壤水分充足时,灌木耗水主要由气象因子控制,而当土壤水分降到某一临界水平时,植物耗

水更多地受控于土壤水分。有研究表明当苗木在受到水分胁迫后,耗水量通常会大幅度下降^[13-15]。总结整个试验周期灌木耗水量与环境因子的相关密切程度顺序为:照强度>空气温度>相对湿度(负相关)>风速。可见在土壤环境一致的条件,空气温度和光照强度是影响 3 种灌木耗水的主导因子。

表 1 不同土壤含水量条件下灌木耗水情况与主要环境因素的关系

灌木名称	土壤含水量水平	主要环境因素			
		温度	相对湿度	光照强度	风速
金叶女贞	I	0.905**	-0.939**	0.774**	0.126
	II	0.912**	-0.841**	0.857**	-0.193
	III	0.948**	-0.927**	0.888**	-0.035
	IV	0.747*	-0.535	0.860**	-0.655*
紫叶小檗	I	0.881**	-0.888**	0.772**	0.065
	II	0.895**	-0.896**	0.804**	0.044
	III	0.884**	-0.740*	0.943**	-0.379
	IV	0.785**	-0.615	0.873**	-0.543
冬青	I	0.909**	-0.925**	0.785**	0.071
	II	0.928**	-0.922**	0.821**	0.012
	III	0.940**	-0.927**	0.845**	-0.013
	IV	0.936**	-0.844**	0.897**	-0.224

注:**表示在 0.01 水平上相关关系显著;*表示在 0.05 水平上相关关系显著。

将 3 种灌木树种的耗水量与以上各环境因子进行多元线性回归分析,特别是土壤含水量条件,以期

选择更为精确和相关系数更高的回归模型(表 2)。判定系数 R^2 随着进入回归方程的自变量的个数 n 的增加而增大,因此为了消除自变量的个数以及样本量的大小对判定系数的影响,引入经修正后的判定系数。表 2 中可以看出各灌木的回归效果较好,特别是冬青 R^2 均在 0.85 以上。从入选变量来看,大气温度、空气相对湿度、光照强度是主要影响变量。

表 2 不同土壤含水量条件下灌木的耗水量与环境因素的优化模型

植物名称	处理	回归方程	修正后 R^2
金叶女贞	I	$Y=1.71 \times 10^{-4} X_1 + 0.192 X_2 - 1.97 X_4 + 4.226$	0.796
	II	$Y=5.95 \times 10^{-4} X_1 + 3.507$	0.792
紫叶小檗	III	$Y=5.21 \times 10^{-4} X_1 + 0.547 X_2 - 5.863$	0.884
	IV	$Y=3.31 \times 10^{-4} X_1 + 1.411 X_2 - 0.452 X_3 + 6.097$	0.827
冬青	I	$Y=1.69 \times 10^{-4} X_1 + 1.39$	0.566
	II	$Y=2.28 \times 10^{-4} X_1 + 0.32 X_2 - 3.77$	0.842
冬青	III	$Y=0.912 X_2 - 0.348 X_3 + 7.046$	0.828
	IV	$Y=6.34 \times 10^{-4} X_1 + 1.082 X_2 - 13.529$	0.770
冬青	I	$Y=3.13 \times 10^{-4} X_1 + 0.283 X_2 - 4.137$	0.899
	II	$Y=3.26 \times 10^{-4} X_1 + 0.307 X_2 - 2.633$	0.854
冬青	III	$Y=1.98 \times 10^{-4} X_1 + 0.78 X_2 - 0.309 X_3 + 7.021$	0.919
	IV	$Y=2.24 \times 10^{-4} X_1 + 0.817 X_2 - 0.32 X_3 + 7.64$	0.923

注: Y 为耗水量 [$\text{g}/(\text{h} \cdot \text{株})$]; x_1 为光照强度 (lux); x_2 为气温 ($^{\circ}\text{C}$); x_3 为空气相对湿度 (%); x_4 为风速 (m/s)。

3 结论

试验表明,4 种土壤含水量条件下灌木的日耗水动态均呈现单峰曲线。同时,从 7 月份试验开始到 11 月底试验结束,耗水量亦经历了先升高后下降的趋势。各灌木耗水量大小为:金叶女贞 > 冬青 > 紫叶小檗。灌木的耗水量与土壤含水量呈正相关关系,可见土壤含水量的多少影响了灌木的耗水量,经方差分析土壤含水量为田间持水量的 35%~15% 下的耗水量与其他 3 种耗水量条件呈现显著差异,而其他 3 种条件间差异不显著。

通过对灌木的耗水量与主要环境因子的相关分析与回归拟合,空气温度和光照强度是影响这 3 种灌木耗水的主导因子,因此不同天气状况下灌木耗水也有明显不同。在不影响灌木的景观效果的前提下,保持较低的土壤含水量可以达到节约城市水资源的目

的,本试验 55%~35% 田间持水量的土壤含水量范围是保持灌木生长、景观和节水的最佳条件。

[参 考 文 献]

- [1] 朱妍,李吉跃,史剑波.北京六个绿化树种盆栽蒸腾耗水量的比较研究[J].北京林业大学学报,2006,28(1):65-70.
- [2] 刘奉觉,郑世锴,巨关升,等.树木蒸腾耗水测算技术的比较研究[J].林业科学,1997,33(2):19-125.
- [3] 魏天兴,朱金兆,张学培.水分蒸散耗水量测定方法述评[J].北京林业大学学报,1999,21(3):852-291.
- [4] 张劲松,孟平,尹昌军.植物蒸散耗水量计算方法综述[J].世界林业研究,2001,14(2):23-28.
- [5] 巨关升,刘奉觉,邓世楷,等.稳态气孔计与其它 3 种方法蒸腾测值的比较研究[J].林业科学研究,2002,13(4):360-365.
- [6] 郭跃,丁国栋,吴斌.毛乌素沙地沙木蓼茎干液流规律研究[J].水土保持通报,2010,30(5):22-26
- [7] 李新宇,赖娜娜,郗怡彬,等.北京市园林主要灌木单株耗水量比较研究[J].节水灌溉,2008(4):15-19.
- [8] Janacek J. Stomatal limitation of photo synthesis as affected by water stress and CO_2 concentration[J]. Photosynthetica, 1997,34(3):473-476.
- [9] Miller B J, Clinton P W. Transpiration rates and canopy conductance of *Pinus radiata* growing with different pasture understories in agroforestry systems[J]. Tree Physiology, 1998(18):575-582.
- [10] Loustau D, Granier A. Environmental control of water flux through Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) [M]. Cambridge UK: Cambridge University Press, 1993:205-218.
- [11] 刘春鹏,翟明普,马长明,等.华北石质山区 4 种乡土树种耗水特征[J].东北林业大学学报,2010,38(7):29-63.
- [12] 解婷婷,张希明,梁少民.不同灌溉量对塔克拉玛干沙漠腹地梭梭水分生理特性的影响应用[J].生态学报,2008,19(4):711-716.
- [13] 毛海颖,马履一,贾忠奎,等.气候因素对栓皮栎容器苗耗水规律的影响[J].东北林业大学学报,2010,38(7):25-28.
- [14] 韩蕊莲,梁宗锁,侯庆春,等.黄土高原适生树种苗木的耗水特性[J].应用生态学报,1994,5(2):210-213.
- [15] 李吉跃,Blqk T J.多重干旱循环对苗木气体交换和水分利用效率的影响[J].北京林业大学学报,1999,21(3):1-8.