土壤水分胁迫对大叶黄杨和月季光合生理特性的影响

谭雪红[1,2], 郭小平[1], 王 亮[1]
(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 徐州工程学院, 徐州 江苏 221008)

摘 要: 采用盆栽试验, 研究了不同水分条件下月季和大叶黄杨的光合生理特性。结果表明: (1) 随着水分胁迫的加重($W_1 \rightarrow W_2 \rightarrow W_3$), 月季和大叶黄杨的主要光合参数净光合速率($P_n$)、蒸腾速率($T_r$) 日均值均呈逐渐降低趋势; 大叶黄杨的 WUE 逐渐降低, 月季先升高后降低; 月季的气孔导度(G_s) 逐渐降低, 大叶黄杨在中度控水处理(W_2) 时的 G_s 高于轻度控水处理(W_1); 月季的胞间 CO_2 浓度(C_i) 先降后升, 而大叶黄杨有逐渐增加的趋势。(2) 水分胁迫下, 两植物叶绿素荧光参数 F_o 升高, 最大荧光(F_m), 可变荧光(F_v), F_v/F_m, F_v/F_o 降低, 但大叶黄杨的参数变幅均大于月季。(3) 两植物主要光合参数的日变化曲线有明显不同, CK 和 W_1 时, 月季的 P_n 和 T_r 为"双峰"型, 大叶黄杨为"单峰"型。(4) 水分胁迫下, 各荧光参数和光合作用参数变化均表明, 大叶黄杨对土壤水分胁迫更为敏感。

关键词: 水分胁迫; 月季; 大叶黄杨; 光合作用; 叶绿素荧光
文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2010)04-0073-05 中图分类号: Q945, S718

Soil Water Stress on Photosynthetic Physiological Characteristics in *Rosa Chinensis* Jacq and *Euonymus Japonicus* L

TAN Xue-Hong[1,2], GUO Xiao-Ping[1], WANG Liang[1]
(1. *School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*;
2. *Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou, Jiangsu* 221008, *China*)

Abstract: *Rosa chinensis Jacq* and *Euonymus japonicus L* were grown in pots with different levels of water stress to evaluate the effects of soil water stress on photosynthetic physiological characteristics. Results are showed as follows: (1) According to the daily average of photosynthetic parameters, the P_n and T_r of the two plants gradually decreased with the increase in water stress. The WUE of *Euonymus japonicus* gradually decreased, but *Rosa chinensis* Jacq, increased first and then decreased. The G_s of *Rosa chinensis* Jacq gradually decreased, while *Euonymus japonicus L* had higher value in moderate water stress (W_2) than in mild water stress (W_1). The C_i of *Rosa chinensis Jacq* first decreased and then increased, while *Euonymus japonicus* L gradually increased. (2) The chlorophyll fluorescent parameter, F_o, increased, while F_m, F_v, F_v/F_m, and F_v/F_o decreased due to water stress, but *Euonymus japonicus* L had greater change than *Rosa chinensis* Jacq. (3) The diurnal variation curves of photosynthetic parameters of the two plants were significantly different. The diurnal variation curves of the P_n and T_r of *Rosa chinensis* Jacq were the double-peak type and *Euonymus japonicus* L, the single-peak type in normal water supply (CK) and mild water stress (W_1). (4) The changes of fluorescent parameters and photosynthetic parameters of the two plants under water stress revealed that *Euonymus japonicus* L was more sensitive to soil water stress than *Rosa chinensis* Jacq.

Keywords: water stress; *Rosa chinensis* Jacq; *Euonymus japonicus* L; photosynthesis; chlorophyll fluorescence

土壤水分是保证植物正常生长发育的主要因素, 是干旱区植物生长的最主要限制因子。在目前水资源日益短缺的情况下, 如何选择耐旱的城市园林绿化植物、合理有效地利用有限水资源, 是国内外学者广泛关注的问题[1-2]。土壤干旱对植物生长和代谢的影响是多方面的, 其中对光合生理特性影响尤为突出和重要。近年来, 有关植物光合生理过程及其环境影响因子的研究比较活跃, 对多级水分胁迫下植物光合生理研

收稿日期: 2010-01-12 修回日期: 2010-01-27
资助项目: 河北省廊涿高速公路管理处项目"廊涿高速中央分隔带绿化植物选择与栽培技术咨询"
作者简介: 谭雪红(1972—), 女(汉族), 江苏省铜山县人, 博士研究生, 讲师, 主要从事景观生态学, 工程绿化等方面的研究。E-mail: snowman100@126.com。
通信作者: 郭小平(1965—), 男(汉族), 河南省项城市人, 博士, 副教授, 主要从事复合农林及工程绿化等方面的研究。E-mail: guoxp@bjfu.edu.cn。

究也已有报道[3-6]。土壤水分胁迫下植物光合生理特性研究为抗旱植物的选择、节水灌溉、管理等提供了依据,对于解决植物生长水分供需矛盾有重要的指导意义。

月季(*Rosa chinensis*)和大叶黄杨(*Euonymus japonicus L*)为我国园林绿化常用植物。月季具有观赏效果好 形状独特、花香浓、花期长、花色多样等优点,具有很高的审美价值,在环城行道、公园、风景区等一切有绿地的地方,月季都能起到画龙点睛的美化功效;大叶黄杨是常绿灌木,具有叶色光亮,嫩叶鲜绿,极耐修剪等优点,是良好的绿篱植物,在我国各省,特别是中部和北部城市普遍栽植。目前关于月季和大叶黄杨光合生理特性及与环境关系方面的研究已见报道[7-9],但不同土壤水分胁迫下光合生理特性变化规律的研究尚未有报道。因此,本研究通过对月季和大叶黄杨在不同土壤水分胁迫下光合生理特性变化规律的分析,为干旱地区这两种植物的种植、管理提供一定的参考依据。

1 材料及方法

1.1 材料及处理

试验苗木大叶黄杨、月季来自北京附近苗圃基地,均为一年生苗木。试验地点设在北京林业大学校园内。采用盆栽的方法进行,花盆规格为 30 cm × 40 cm(直径 × 高),盆栽所用土壤来源于北京附近公路的中央隔离带,沙质壤土,容重为 1.067 g/cm^3,pH 为 7.74,速效磷含量为 5.45 mg/kg,速效钾含量为 186.65 mg/kg,土壤有机质为 6.425‰,土壤田间持水量为 28.9%。

于 2009 年 5 月下旬将长势一致的苗木移植至花盆中,每个树种各植 15 盆,每盆一株,共 30 盆。定期浇水,精心养护,使苗木适应盆栽环境,植株恢复生长 2 个月后一次性浇足水,选择长势较好的植株进行水分胁迫试验。采用自然干燥法控水,土壤相对含水量(土壤含水量占田间持水量的百分率)设为:90%~95%,60%~65%,40%~45%和 20%~25%共 4 个梯度,其中土壤相对含水量 90%~95%为植物的正常供水水平,用 CK 表示;60%~65%,40%~45%和 20%~25%分别代表轻度、中度和重度干旱胁迫处理,用 W_1,W_2 和 W_3 表示。每个处理设置 3 个重复。采用秤重法监控土壤含水量,每天 20:00 时用灵敏度为 1/1 000 的电子天平称盆重,补充蒸发的水分。

1.2 测定指标

干旱胁迫后第 10 d 进行 4 种水分处理下叶绿素荧光和光合作用参数的测定。利用 Hansatech 公司生产的 FMS-2 型调制式叶绿素荧光分析仪测定暗适应后的最小荧光(F_o)、最大荧光(F_m)、可变荧光 F_v($F_v = F_m - F_o$)、PSII 原初光能转换效率(F_v/F_m)、PSII 潜在活性(F_v/F_o),参考许大全的方法[10],在测定前一天晚上将花盆搬入暗室,植物经过一夜充分暗适应后,于次日凌晨 7:00 左右测定。利用 Li-6400 便携式光合作用测定仪测定两植物不同水分胁迫下的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)等光合作用参数,根据测定的光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的比值(P_n/T_r),计算出水分利用效率(WUE)。测定时间从 8:00—18:00,每 2 h 测定一次。所有测定在同一天进行,测定选用植株中部生长健壮的成熟叶片,每次测定 3 次重复,取平均值。

1.3 数据处理

利用 Excel 进行试验数据处理和图表的绘制,利用 SPSS 13.0 软件进行方差分析(ANOVA)和 t 检验。

2 结果分析

2.1 土壤水分条件对光合作用的影响

2.1.1 主要光合参数的日变化 自然条件下,植物光合作用随着内外因子的变化而时刻发生变化。月季 P_n 日变化对不同程度水分胁迫的响应表现出一定差异,W_3 时,P_n 明显降低,且日变化不明显;CK,W_1 和 W_2 处理时,P_n 有“午休”现象,即在 12:00—14:00 降到最低,但两峰值出现的时间不同,水分胁迫下,有上午峰值提前,下午峰值滞后的现象。T_r,G_s 和 P_n 有相似的变化趋势,但 G_s 在 CK,W_1 和 W_2 时,10:00—12:00 出现第一峰值之后,具有明显的下降趋势,第二峰值不明显。C_i 在 CK,W_1 和 W_2 时,16:00—18:00 有明显的峰值。WUE 的变化较为复杂,W_2 处理时,16:00—18:00 呈现明显峰值,其它处理日变化不明显。

大叶黄杨在 CK 和 W_1 处理时,P_n 表现为“单峰”型,峰值都出现在 10:00—12:00,W_2 时表现出“双峰”型,W_3 时没有明显的日变化。T_r 除 W_3 处理时变化不明显外,其余 3 种处理都表现为“单峰”型,只是峰值出现的时间略有不同。G_s 日变化规律和 T_r 相似。C_i 有明显的峰值,但 CK 时峰值明显滞后。CK 时的 WUE 一直大于 3 种水分胁迫,4 种处理都表现出“双峰”型的特点,其日变化有一定的差异,总的来看,W_3 处理的 WUE 最低。

试验结果表明,月季和大叶黄杨主要光合参数的日变化表现出较大的不同。首先,CK 和 W_1 处理时,月季的 P_n,T_r 和 G_s 日变化曲线表现为“双峰”型,而大叶黄杨表现为“单峰”型;其次,月季 CK,W_1 和 W_2 时的 P_n,T_r 和 G_s 日变化曲线排列紧密,和 W_3 处理

时的曲线之间距离较大, 而大叶黄杨 CK 时的日变化曲线和 3 种胁迫的日变化曲线距离较大; 第三, 月季的 WUE 日变化曲线表现为不同处理的交替变化, 而大叶黄杨 CK 时的日变化曲线始终处于最上部(WUE 值始终最大)。

2.1.2　*主要光合参数日均值*　由图 1 可以看出, 4 种水分处理下, P_n, T_r 和 G_s 都表现为: 月季> 大叶黄杨; WUE 表现为: CK 处理时, 大叶黄杨> 月季, 其它 3 种水分胁迫下, 月季> 大叶黄杨; C_i 表现为: CK 处理时, 月季> 大叶黄杨, 其它 3 种水分胁迫下, 大叶黄杨> 月季。随着水分胁迫的加重, 月季和大叶黄杨的 P_n 和 T_r 都逐渐降低, 和 CK 处理相比, 从 W_1 到 W_3, 月季 P_n 降低幅度为 13.1%, 22.9%, 87.6%; 大叶黄杨为 51.1%; 62%; 81%; 月季 T_r 降低幅度为 21.4%, 28.3%, 83.1%; 大叶黄杨为 40.8%, 49%, 68.9%; 可以看出无论是 P_n 还是 T_r, 月季在 W_3 处理时开始大幅度降低, 而大叶黄杨在 W_1 处理时就开始大幅度降低; 大叶黄杨的 WUE 逐渐降低, 而月季在 W_2 处理时 WUE 达到最高, 这说明适度的水分胁迫可以增加月季的 WUE; 月季的 G_s 逐渐降低, 大叶黄杨在 W_2 时出现了略高于 W_1 的情况; 月季的 C_i 先降低, W_3 处理时开始升高, 而大叶黄杨有逐渐增加的趋势。方差分析表明, 月季和大叶黄杨 4 种水分处理间各光合参数都差异显著($P < 0.05$); t 检验也表明月季和大叶黄杨之间净光和速率、蒸腾速率、水分利用效率和气孔导度差异显著($P < 0.05$), 而胞间 CO_2 浓度差异不显著($P = 0.376 > 0.05$)。

2.2　土壤水分条件对叶绿素荧光的影响

叶绿素荧光反应是植物光化学反应的指示物, 与物种、季节、环境、样品情况和其它影响植物生理作用的因素有关。因此, 可测量叶绿素荧光的变化来反映植物对环境胁迫的反应[11]。

F_o 和 F_m 分别指光系统 Ⅱ(PS Ⅱ) 反应中心处于完全开放和完全关闭时的荧光产量, F_v 为可变荧光, 反映原初电子受体(QA) 的还原情况[12]。由图 2 可以看出, 随着土壤水分胁迫的加强, F_o 逐渐上升, F_m 和 F_v 逐渐下降, 但两种植物变化的幅度不同。与 CK 相比, 从 W_1 控水处理到 W_3 处理, 月季 F_o 增加幅度分别为 5.59%, 11.2% 和 45.4%; 大叶黄杨为 23.6%, 29.9%, 46.6%; 月季 F_m 降幅为 1.5%, 1.9% 和 2.3%; 大叶黄杨为 10.1%, 12.3%, 38.4%; 月季 F_v 降幅为 2.9%, 4.4% 和 11.9%; 大叶黄杨为 18%, 22.1%, 58.2%。可以看出, 大叶黄杨的变化幅度要大于月季。方差分析表明, 月季的 F_o 在 W_1 和 CK, W_2 处理间的差异不显著($P = 0.087, 0.2 > 0.05$), 而大叶黄杨 F_o 在 W_1 和 W_2 处理间差异不显著($P = 0.06 > 0.05$), 其余各处理间差异显著。F_m 和 F_v 具有相同的规律, 月季的 F_m 和 F_v 在 W_3 和 CK 差异显著($P = 0.009, 0.007 < 0.05$), 其余各处理间差异不显著, 大叶黄杨的 F_m 和 F_v 在 W_1 和 W_2 处理间差异不显著($P = 0.59, 0.71 > 0.05$), 其余各处理间差异显著。

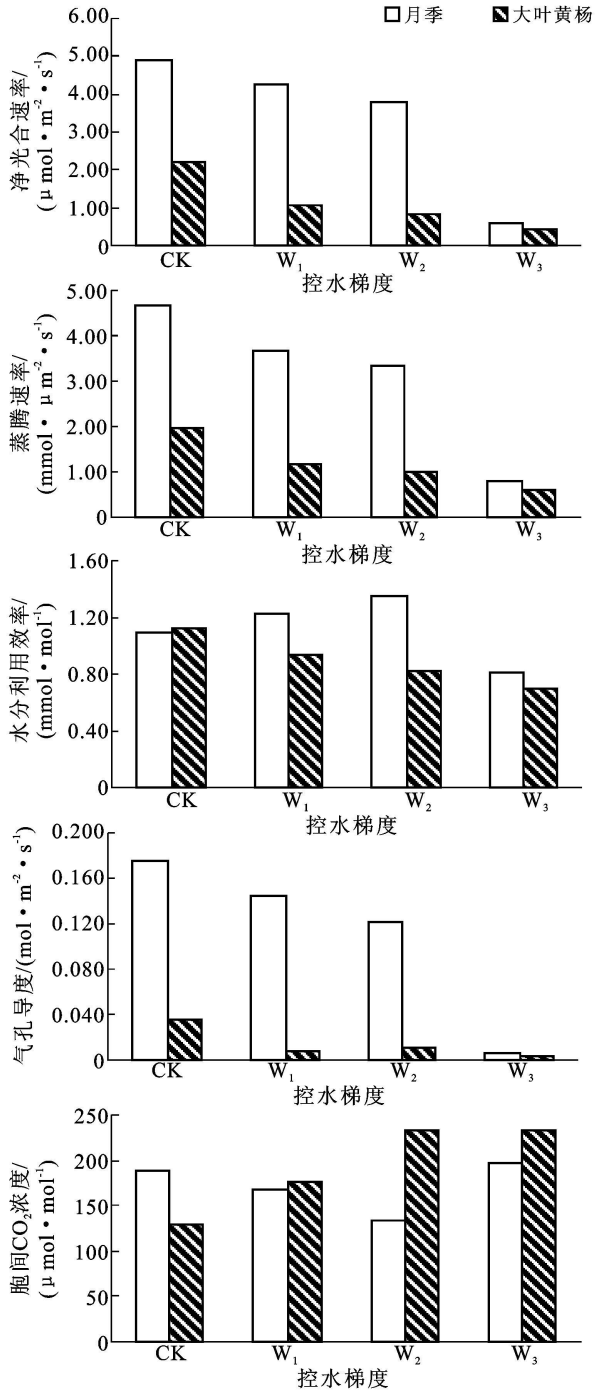


图 1　水分胁迫对月季、大叶黄杨主要光合参数日均值的影响

注: CK, W_1, W_2, W_3 分别为正常供水, 轻度干旱胁迫, 中度干旱胁迫, 重度干旱胁迫处理。下同。

荧光参数 F_v/F_m 是反映 PS Ⅱ的光化学转化效

率的一个常用参数, 称为 PS Ⅱ原初光能转化效率, F_v/F_o 表示光反应中心 PS Ⅱ的潜在活性, 非环境胁迫条件下这两参数极少变化, 不受物种和生长条件的影响, 胁迫条件下会有下降趋势[12]。CK 时, 月季和大叶黄杨的 F_v/F_m 值差别不大,

但随着土壤水分胁迫的加重, 两植物都有逐渐下降的趋势, 而且 F_v/F_m 的差异越来越明显, 这说明大叶黄杨 PS Ⅱ活性中心受损程度可能要远远大于月季。和 CK 相比, 月季从 W_1 到 W_3 降幅为 1.2%, 2.4% 和 9.6%, 大叶黄杨为 8.6%, 11.1%, 32.2%, 大叶黄杨的降幅较大(图 2)。方差分析表明, 月季 W_1 和 CK, W_2(P= 0.086, 0.161> 0.05) 差异不显著, 其余各处理间差异显著, 而大叶黄杨各处理间均达到显著差异。F_v/F_o 和 F_v/F_m 有类似的规律, 但下降幅度有一定的差异, 由图 2 可以看出, 随着水分胁迫的增加, 其下降趋势更加明显, 大叶黄杨的下降幅度更大, 方差分析表明无论月季还是大叶黄杨, 各处理间都达到显著差异的水平。

3 结论与讨论

P_n, T_r, G_s 和 C_i 是植物光合作用状况的最重要指标, 植物遭受土壤水分胁迫, 其光合作用必然受到影响, 最终影响植物生长。土壤水分胁迫下, 引起植物叶片 P_n 降低的植物自身因素主要有气孔部分关闭导致的气孔限制和叶肉细胞光合活性下降导致的非气孔限制两类, 前者使 C_i 降低, 而后者使 C_i 升高[4,13-14]。

在 W_2 及以下程度水分胁迫处理下, 月季 G_s 和 C_i 随着胁迫的加重而降低, 表明其光合能力的下降主要由于气孔因素限制; W_3 处理时 G_s 降低而 C_i 升高(图 1), 表明月季 P_n 降低的原因已经不只是可逆的气孔收缩, 而是光合器官受到损伤。随着水分胁迫的加重, 大叶黄杨 G_s 降低而 C_i 升高, 表明 W_1 处理时, P_n 的降低主要由非气孔因素所导致, 其叶片光合器官已经受到损伤。从月季和大叶黄杨光合参数的日变化可以看出月季 P_n 和 T_r 出现了“午休”现象, 大叶黄杨没有, 而“午休”有利于保持叶片水分, 提高植物的抗旱性。W_3 处理是土壤水分对月季伤害的转折点, 而 W_1 处理是土壤水分对大叶黄杨伤害的转折点。当植物遭受水分胁迫时, 其 WUE 必定会发生相应的变化, 以保持植物生长与水分消耗的平衡, 由于土壤水分胁迫同时对 P_n 和 T_r 产生了影响, 所以 WUE 的高低就取决于两者被影响的程度。月季 W_3 时水分利用效率最高, 而大叶黄杨在 CK 时最高, 这充分说明了 W_1 已经对大叶黄杨叶片造成了伤害。

水分胁迫对植物光合作用的影响是多方面的, 不仅直接引发光合机构结构和功能的异常, 同时也影响光合电子的传递[15]。水分胁迫下, 月季和大叶黄杨叶绿素荧光参数 F_o 升高, F_m, F_v, F_v/F_m, F_v/F_o 降低, 说明水分胁迫影响了两植物 PSII的活性、光合电子的传递过程及 CO_2 同化的正常进行。但月季和大叶黄杨各参数的变化有很大差异, 随着水分胁迫的加重, 大叶黄杨各参数的变化幅度均大于月季。各荧光参数不同水分处理下的方差分析表明, 与 CK 相比, 月季在 W_3 处理时才达到极显著差异的水平(P< 0.01), 而大叶黄杨在 W_1 处理时就达到极显著差异(P< 0.01)。

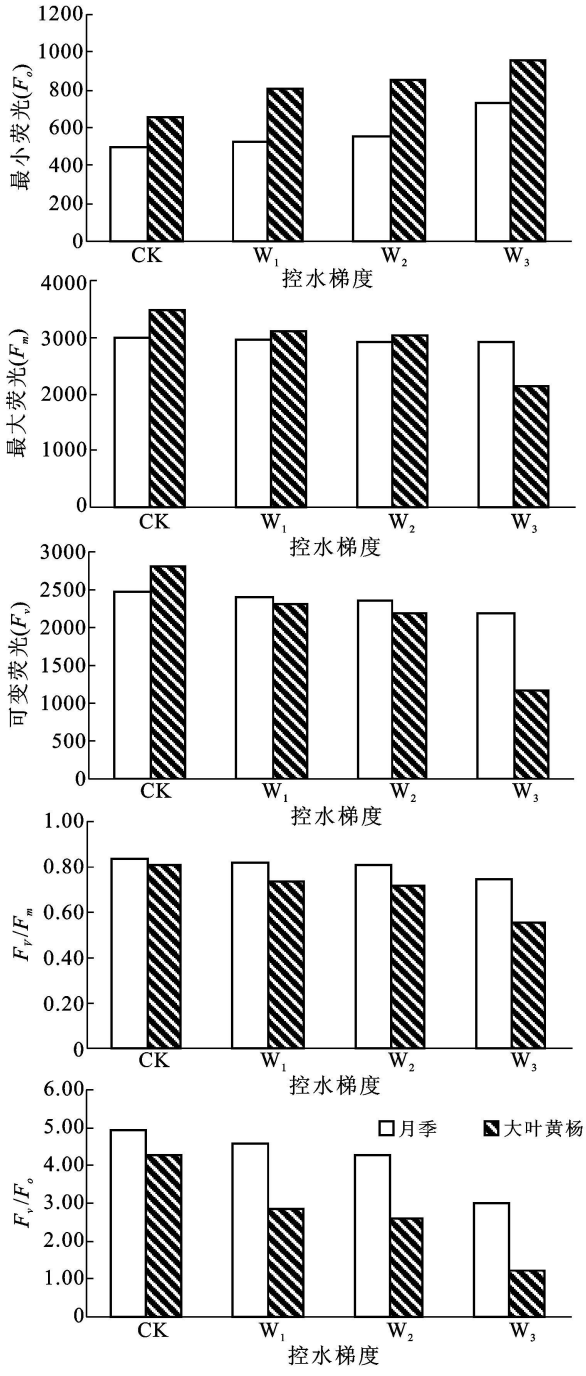


图 2 水分胁迫对月季、大叶黄杨主要叶绿素荧光参数的影响

月季和大叶黄杨在水分胁迫下各荧光参数和光合作用参数变化取得了较为一致的结论。即水分胁迫对月季和大叶黄杨的光合生理产生较大影响,但二者变化幅度有所差异,大叶黄杨对土壤水分胁迫更为敏感。

[参 考 文 献]

[1] 李志军, 罗青红, 伍维模, 等. 干旱胁迫对胡杨和灰叶胡杨光合作用及叶绿素荧光特性的影响[J]. 干旱区研究, 2009, 26(1) : 45-52.

[2] 王颖, 魏国印, 张志强, 等. 7 种园林树种光合参数及水分利用效率的研究[J] . 河北农业大学学报, 2006, 29 (6) : 44-48.

[3] 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.

[4] 柯世省. 干旱胁迫对夏蜡梅光合特性的影响[J] . 西北植物学报, 2007, 27(6) : 1209-1215.

[5] 柯世省, 杨敏文. 水分胁迫对云锦杜鹃光合生理和光温响应的影响[J] . 园艺学报, 2007, 34(4) : 959-964.

[6] 王强, 陈存根, 钱红格, 等. 水分胁迫对 6 种苗木光合生理特性的影响[J] . 水土保持通报, 2009, 29(2) : 144-149.

[7] 张利萍, 张志平, 傅松玲, 等. 蝴蝶兰、月季新品种生理特性的初步研究[J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(4) : 523-528.

[8] 王勇, 杨培岭, 任树梅, 等. 两种抗旱剂对大叶黄杨光合特性的耦合效应[J] . 应用生态学报, 2007, 18(3) : 514-518.

[9] 冯强, 胡聃, 李娜, 等. 典型城区与郊区环境大叶黄杨气体交换及叶绿素荧光特性比较[J] . 生态学报, 2009, 29 (7) : 3477-3484.

[10] 许大全. 光合作用效率[M] . 上海: 上海科学技术出版社, 2002.

[11] 喻方圆, 徐锡增. 植物逆境生理研究进展[J] . 世界林业研究, 2003, 16(5) : 6-11.

[12] 黄华宏, 陈奋学, 童再康, 等. 矮生杉木光合特性及叶绿素荧光参数研究[J] . 北京林业大学学报, 2009, 31(2) : 69-73.

[13] Monneveux P, Rekika D, Acevedo E, et al. Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes[J] . Plant Science, 2006, 170: 867-872.

[14] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J] . Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.

[15] 胡学华, 蒲光兰, 肖千文, 等. 水分胁迫下李树叶绿素荧光动力学特性研究[J] . 中国生态农业学报, 2007, 15 (1) : 75-77.

(上接第 72 页)

[3] 中国科学院兰州沙漠研究所河西考察队. 甘肃省河西地区水土资源的合理开发利用[M] . 北京: 科学出版社, 1998: 2-8.

[4] 王燕, 王兵, 赵广东, 等. 江西大岗山 3 种林型土壤水分物理性质研究[J] . 水土保持学报, 2008, 22(1) : 151-153.

[5] 田大伦, 陈书军. 樟树人工林土壤水文物理性质特征分析[J] . 中南林学院学报, 2005, 25(2) : 1-6.

[6] 高人, 周广柱. 辽宁东部山区几种主要森林植被类型凋落物层持水性能研究[J] . 沈阳农业大学学报, 2002, 33 (2) : 115-118.

[7] 刘贤德, 王清忠. 祁连圆柏[M] . 北京: 中国科学技术出版社, 2006: 50-86.

[8] 巍强, 张秋良, 代海燕, 等. 大青山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J] . 水土保持学报, 2008, 22(2) : 111-115.

[9] 牛赟, 敬文茂. 祁连山北坡主要植被下土壤异质性研究[J] . 水土保持研究, 2008, 15(4) : 258-261.

[10] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J] . 土壤侵蚀与水土流失学报, 1998, 4(2) : 23-28.

[11] 金博文, 康尔四, 宋克超, 等. 黑河流域山区植被生态水文功能的研究[J] . 冰川冻土, 2003, 25(5) : 580-584.

[12] 郑郁善, 陈礼光, 洪长福, 等. 沿海丘陵巨尾桉人工林水源涵养功能研究[J] . 江西农业大学学报, 2000, 22(2) : 220-224.

[13] 吴钦孝, 韩冰, 李秧秧. 黄土丘陵区小流域土壤水分入渗特征研究[J] . 中国水土保持科学, 2004, 2(6) : 1-5.

[14] 金博文, 康尔四, 宋克超, 等. 黑河流域山区植被生态水文功能的研究[J] . 冰川冻土, 2003, 25(5) : 580-584.

[15] 王棣, 吕皎. 油松混交林的水土保持及水源涵养功能研究[J] . 水土保持学报, 2001, 15(4) : 44-46.

[16] 周择福. 北京九龙山低山区不同立地土壤水分生态及综合评价的研究[J] . 北京水利, 1996(4) : 28-31.