

白屈菜和八宝景天的光合蒸腾特性研究

岳莉然, 吴珊, 程贝贝 (东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 对哈尔滨宿根花卉白屈菜(*Chelidonium majus*)、八宝景天[*Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba]的光合及蒸腾特性进行研究, 并计算植物在蒸腾释水和固碳释氧方面的生态效益, 为植物应用设计提供理论基础。

关键词 白屈菜; 八宝景天; 光合特性; 蒸腾特性; 生态效益

中图分类号 S-3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)08-0010-02

Study on Photosynthetic and Transpiratic Characteristics of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus* YUE Li-ran, WU Shan, CHENG Bei-bei (The Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract Photosynthetic and transpiratic characteristics of Harbin outdoor perennial herb flowers *Chelidonium majus* and *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba were studied. Ecological benefits in the transpiration of plants release water and carbon sequestration and oxygen release aspects were calculated to provide a theoretical basis for plant applications.

Key words *Chelidonium majus*; *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba; Photosynthetic; Transpiration; Ecological benefits

园林植物具有固碳释氧、调节小气候、保持水土、消除噪音、滞尘净化空气等能力, 可有效改善环境, 清新空气, 因此常被看做是城市持续发展的必要条件之一^[1-3]。正是植物的光合作用, 改善并缓解了城市氧气缺少、空气质量差、气候不稳定等问题。植物的光合速率日变化曲线随着遮阴度的增加, 由双峰曲线转变成单峰曲线, 而植物的光补偿点、光饱和点也由原来所处的光强区转向光强较弱区, 光响应试验得出的曲线的局部坡度也开始增大^[4-7]。植物在进行光合作用时, 叶片上的气孔始终开放(夏季中午高温时也会关闭一段时间, 以减少蒸发), 随着 CO₂ 被叶片吸收, 植物体内的水分也通过气孔释放到空气中, 所以植物的蒸腾作用同时发生^[8-10]。植物蒸腾降温对周围的降温不是无限的, 要求在一定的空间环境, 而且若植物所处地域气温上升, 植物的蒸腾也受影响, 从而降温亦受到影响^[11-12]。

白屈菜为哈尔滨乡土植物, 在林下及全光生境中均有分布, 花期长, 观赏效果好, 抗逆性强, 但是园林应用并不多见。八宝景天在哈尔滨引种栽培, 园林应用广泛, 但常因不适应栽培生境而出现徒长及开花减少的现象, 因此选取这2种宿根花卉为试验材料, 研究其光合及蒸腾特性, 为园林应用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 试验在东北林业大学校园内进行, 125°42' ~ 130°10'E, 44°04' ~ 46°40'N, 平均海拔 151 m。

1.2 试验材料 选择2种哈尔滨宿根花卉为试验材料, 分别是白屈菜(*Chelidonium majus*)、罂粟科白屈菜属; 八宝景天[*Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba], 景天科八宝属。各3株, 生境相同且为全光。

1.3 试验方法

1.3.1 光合速率与蒸腾速率日变化曲线测定。 采用 licor 6400 便携式光合系统测定仪 2×3 透明叶室, 选择晴朗天气,

6:00—18:00 每隔 2 h 测 1 次。分别选取 3 个植株的向阳、生长健壮的功能叶片, 每株重复 3 次。

1.3.2 光-光响应曲线测定。 采用 licor 6400 便携式光合系统测定仪的红蓝光源叶室, 选择晴朗天气的 9:00—11:00 进行试验。分别选取 3 个植株的向阳、生长健壮的功能叶片, 每株重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 白屈菜与八宝景天的光合特性研究

2.1.1 白屈菜与八宝景天光合速率日变化。 白屈菜与八宝景天的光合速率日变化曲线均为单峰曲线, 未出现“午睡现象”。白屈菜在一天中的光合速率均大于八宝景天(图1), 白屈菜与八宝景天的光合速率最高的时间分别是 14:00 和 16:00, 一天中的最大光合速率分别是 8.57 和 7.18 μmol/(m²·s)。

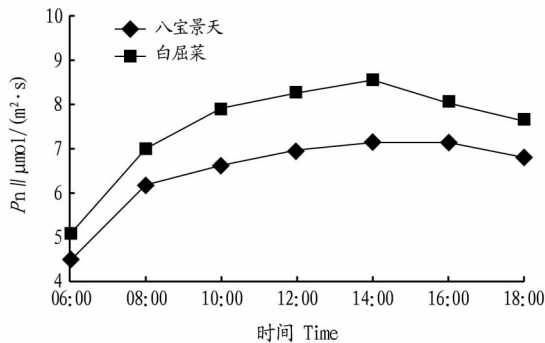


图1 白屈菜与八宝景天光合速率日变化

Fig. 1 Photosynthesis diurnal variation of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

2.1.2 2种植物的光响应曲线。 如图2所示, 在 PARi 值为 0 时, 白屈菜与八宝景天的 Pn 值均为负 [- 0.39 和 - 2.38 μmol/(m²·s)]。白屈菜的光合速率在 PARi 值为 0 ~ 600 μmol/(m²·s) 时, 由 - 0.39 μmol/(m²·s) 逐渐增大到 4.56 μmol/(m²·s), PARi 值在 800 ~ 2 000 μmol/(m²·s) 时, 白屈菜的光合速率几乎维持在 4.70 μmol/(m²·s)。八宝景天的光合速率在 PARi 值为 0 ~ 400 μmol/(m²·s) 时, 光合速率由 - 2.38 μmol/(m²·s) 逐渐增加到 6.54 μmol/(m²·s), 在 PARi

值由 $600\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 持续增加到 $2\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 的过程中,八宝景天的 P_n 值也从 $9.90\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 逐渐增加,当 PARi 值 $2\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时,八宝景天 P_n 也达最大 $14.36\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。由计算可得出八宝景天具有较高的光饱和点 $1\ 501.22\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,而白屈菜具有较低的光饱和点 $[(590.25\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))]$ 和光补偿点 $[9.11\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})]$,说明白屈菜的耐阴性更强。

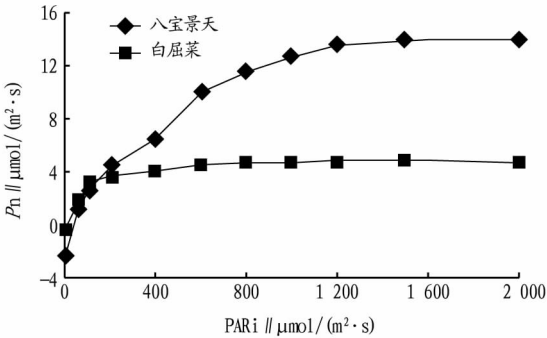


图2 白屈菜与八宝景天的光-光响应曲线

Fig.2 Light-light response curve of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

2.2 白屈菜与八宝景天蒸腾特性研究

2.2.1 白屈菜与八宝景天蒸腾日变化。由图3可知,白屈菜的蒸腾速率明显高于八宝景天,且白屈菜的蒸腾速率在一天当中变化较大;在6:00—8:00,白屈菜蒸腾速率先降低后上升,在12:00—14:00平缓上升,14:00时蒸腾速率最大 $[1.34\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})]$ 。接着又逐渐下降,但最终还是高于八宝景天的蒸腾速率。八宝景天的蒸腾速率变化较小,由6:00的 $0.56\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 下降到10:00的 $0.42\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,然后从10:00开始上升,12:00时蒸腾速率为 $0.53\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,12:00—14:00几乎持平,14:00以后蒸腾速率开始下降,而后,16:00—18:00蒸腾速率几乎持平。

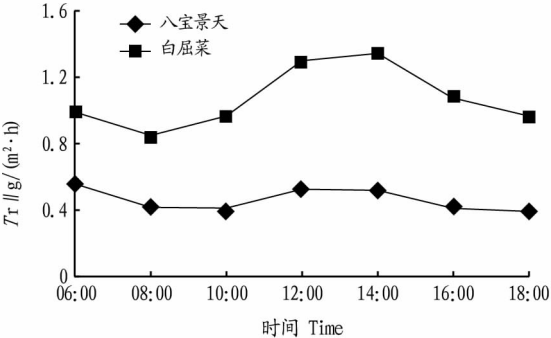


图3 白屈菜与八宝景天蒸腾速率日变化

Fig.3 Transpiration rate diurnal variation of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

2.2.2 白屈菜与八宝景天气孔导度日变化。由图4可知,一天当中白屈菜的气孔导度变化较大,而八宝景天变化不明显,且白屈菜的气孔导度值均高于八宝景天。白屈菜的气孔导度变化先下降,然后上升,变化明显。只是在正午12:00时,稍微升高到 $0.26\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,到14:00时又比12:00稍高,而后持续下降。八宝景天的气孔导度几乎呈逐渐减少趋势,6:00时

八宝景天的气孔导度为 $0.12\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,到8:00减少到 $0.08\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,而后气孔导度升高,在正午12:00时达到 $0.08\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。在12:00—14:00,八宝景天的气孔导度几乎持平,14:00时为 $0.08\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,而后逐渐下降。

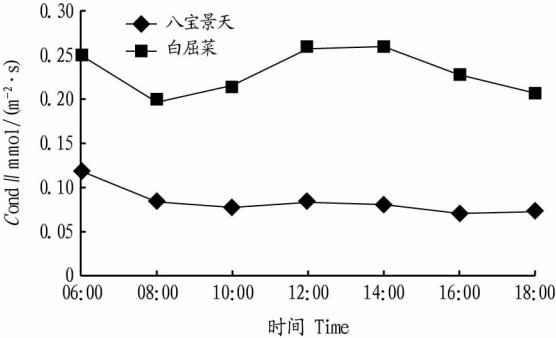


图4 白屈菜与八宝景天气孔导度日变化

Fig.4 Stomatal conductance diurnal variation of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

2.3 白屈菜与八宝景天的固碳释氧量和蒸腾释水量

2.3.1 白屈菜与八宝景天的固碳释氧量。由表1可知,白屈菜的固碳及释氧能力较八宝景天强,其日固碳量为 $14.66\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,比八宝景天高 $2.02\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

表1 白屈菜与八宝景天的固碳释氧量比较

Table 1 Amount of fixed carbon and oxygen release of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

植物名称 Plant name	日同化量 Daily assimilation quantity mmol/(m ² ·s)	日固碳量 Daily amount of fixed carbon g/(m ² ·d)	日释氧量 Daily amount of oxygen release g/(m ² ·d)
八宝景天 <i>Hylotelephium erythrostictum</i> (Miq.) H. Ohba	287.19	12.64	9.19
白屈菜 <i>Chelidonium majus</i>	333.23	14.66	10.66

2.3.2 白屈菜与八宝景天的蒸腾释水量。从表2可知,白屈菜在一天中的蒸腾量和释水量是八宝景天的2倍多,说明白屈菜的蒸腾能力远大于八宝景天。表明具有肥厚叶片的八宝景天自身的蒸腾量少,可以满足其在较干旱地区很好的生长。而白屈菜的蒸腾较强,可以更有效地增加小环境中的空气湿度。

表2 白屈菜与八宝景天的蒸腾释水量比较

Table 2 Amount of transpiration and water release of *Hylotelephium erythrostictum* (Miq.) H. Ohba and *Chelidonium majus*

植物名称 Plant name	蒸腾速率 Transpiration rate//g/(m ² ·h)	日蒸腾量 Daily transpiration amount mol/(s·m ²)	日释水量 Daily amount of water release g/m ²
八宝景天 <i>Hylotelephium erythrostictum</i> (Miq.) H. Ohba	4.67	19.99	359.80
白屈菜 <i>Chelidonium majus</i>	1.07	46.93	844.74

3 结论与讨论

在日变化试验中,2种宿根花卉的光合日变化走势呈相
(下转第22页)

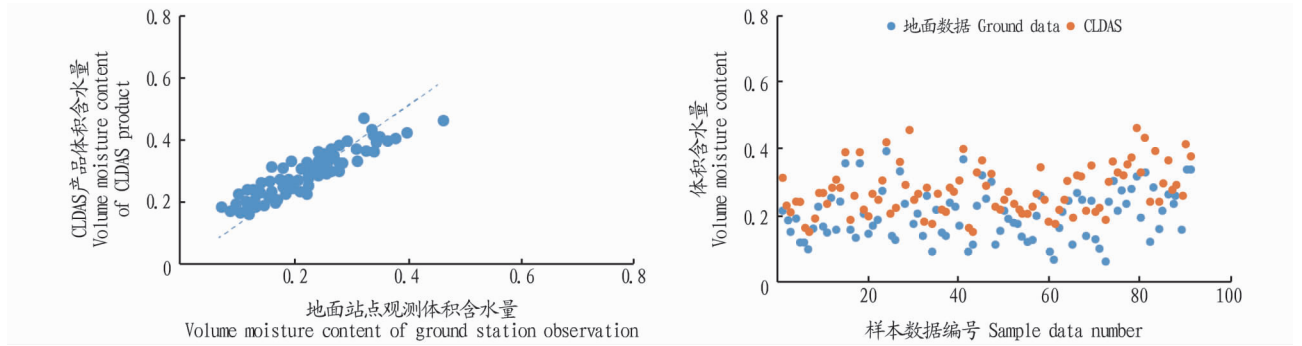


图4 融合结果检验结果对比

Fig.4 Comparison of check result of fusion result

由表2和图4可知,融合后的土壤水分数据与地面实测数据更一致,相关系数高。融合结果数据整体性更加合理,偏差小,数据离散度低,相对集中。融合提高了数据的精度,可为内蒙古干旱监测提供有力的支持。

3 结论与讨论

通过综合利用内蒙古地区多源土壤水分数据,结合 CLDAS 土壤水分数据和地面站点实测数据,采用 En-KF 方法对研究区内的 10 cm 土壤水分进行融合,使融合结果数据集分辨率达到 0.01° ,并进行精度验证和误差分析。融合结果表明,基于 CLDAS 数据和地面实测土壤水分数据的融合提高了数据的精度,可为内蒙古地区干旱监测提供理论依据。

后续研究中,应引入更多的土壤水分数据源以及对融合方法进行集成改进,进一步提高土壤水分数据的空间分辨率和数据精度。

参考文献

- [1] 韩帅,师春香,林泓锦,等. CLDAS 土壤湿度业务产品的干旱监测应用[J]. 冰川冻土,2015,37(2):446-453.
- [2] 朱晨,师春香,席琳,等. 中国区域不同深度土壤湿度模拟和评估[J]. 气象科技,2013,41(3):529-536.
- [3] 朱智,师春香. 中国气象局陆面同化系统和全球陆面同化系统对中国

区域土壤湿度的模拟与评估[J]. 科学技术与工程,2014,14(32):138-144.

- [4] 韩帅. 基于 CLDAS 驱动数据的 CLM3.5 和 SSIB2 陆面模式模拟评估及干旱监测应用[D]. 南京:南京信息工程大学,2015.
- [5] 蔡鹤皋,金明河,金峰. 卡尔曼滤波与多传感器数据融合技术[J]. 模式识别与人工智能,2000,13(3):248-253.
- [6] 李海艳,李维嘉,黄运保. 基于卡尔曼滤波的多传感器测量数据融合[J]. 武汉大学学报(工学版),2011,44(4):521-525,529.
- [7] DAI Y J, WEI S G, DUAN Q Y, et al. Development of a China dataset of soil hydraulic parameters using pedotransfer functions for land surface modeling[J]. Journal of hydrometeorology, 2013, 14(3):869-887.
- [8] LI X, KOIKE T, PATHMATHEVAN M. A very fast simulated re-annealing (VFSA) approach for land data assimilation[J]. Computers & geosciences, 2004, 30(3):239-248.
- [9] 张开禾,富立,范耀祖. 基于卡尔曼滤波的信息融合算法优化研究[J]. 中国惯性技术学报,2006,14(5):32-35.
- [10] 马丽丽,张曼,陈金广. 多传感器集中式增量卡尔曼滤波融合算法[J]. 计算机工程与应用,2014,50(11):229-232,255.
- [11] ZHU L, CHEN J M, QIN Q M, et al. Optimization of ecosystem model parameters using spatio-temporal soil moisture information[J]. Ecological modelling, 2009, 220(18):2121-2136.
- [12] FEDDES R A, KOWALIK P J, ZARADNY H. Simulation of field water use and crop yield[J]. Soil science, 1982, 129(3):193.
- [13] 王文,刘永伟,寇小华,等. 基于集合卡尔曼滤波和 HYDRUS-1D 模型的土壤剖面含水量同化试验[J]. 水利学报,2012,43(11):1302-1311.
- [14] 王璐. 基于 En-KF 的土壤水分多源遥感数据同化[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2015.

(上接第11页)

似状,但其大小数值不同,说明同一环境下不同物种,其光合作用的强弱也不同;从气孔导度的曲线来看,两者随时间变化先呈下降趋势,而后升高的幅度却明显不同,白屈菜升高的较快,八宝景天却只是微弱上升,达到一定数值,二者气孔导度均下降,仍是白屈菜的下降趋势显著,八宝景天则较平缓的下降;蒸腾速率日变化的总趋势同光合速率日变化。八宝景天的蒸腾速率值及光合速率值均低于白屈菜。白屈菜具有较低的光饱和点和光补偿点,适于配置于全光及半阴或全阴环境。而具有较高的光饱和点和较低的蒸腾速率的八宝景天则更适合配置于全光或稍有庇荫的环境中。

参考文献

- [1] 张浩,王祥荣,包静晖,等. 上海与伦敦城市绿地的生态功能及管理对策比较研究[J]. 城市环境与城市生态,2000,13(2):29-32.
- [2] 李海梅,何兴元,陈玮. 沈阳城市森林主要绿化树种——丁香的光合特性研究[J]. 应用生态学报,2004,15(12):2245-2249.

- [3] DWYER J F, MCPHERSON E G, SCHROEDER H W, et al. Assessing the benefits and costs of the urban forest[J]. Journal of arboriculture, 1992, 18(5):227-233.
- [4] 韩焕金. 哈尔滨市主要植物生理生态功能研究[J]. 江苏林业科技, 2005, 32(4):5-10.
- [5] 韩焕金. 城市绿化植物的固碳释氧效应[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(5):68-70.
- [6] 张群. 12 种居室园艺植物对不同光强适应能力研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2012.
- [7] BRADLEY G A. Urban forest landscapes: Integrating multidisciplinary perspectives[M]. Washington: University of Washington Press, 1995:25-50.
- [8] 王英伟,李欣平. 关于森林生态环境效益核算的探讨[J]. 内蒙古科技与经济, 2012(4):46-47, 54.
- [9] 陈少鹏. 长春市 30 种主要园林树木物候相及生态功能研究[D]. 长春:吉林农业大学,2011.
- [10] P. J. 克累默尔, T. T. 考兹洛夫斯基. 木本植物生理学[M]. 汪振儒,译. 北京:中国林业出版社, 1983:226-241.
- [11] 张彪,高吉喜,谢高地,等. 北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估[J]. 生态学报, 2012, 32(24):7698-7705.
- [12] 王忠君. 福州国家森林公园生态效益与自然环境旅游适宜性评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.