

俄罗斯杨和银×新杨光合日变化的研究

王 彬¹, 李 宏², 毕 刚³

(1. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆林业科学院, 新疆 乌鲁木齐 830017;

3. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:利用 Li-6400 便携式光合作用测定系统对俄罗斯杨和银×新杨叶片的净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度、蒸腾速率、相对湿度、大气 CO₂ 浓度、光合有效辐射和叶温等生理生态指标的日变化进行了研究。结果表明:俄罗斯杨和银×新杨叶片的 Pn、Cond 和 Tr 的日变化均为典型的“双峰”曲线,最高峰和次高峰分别出现在 11:00 和 16:00,在 14:00 有明显的“午休”现象,气孔限制因素是导致“午休”的主要原因。相关分析表明,俄罗斯杨和银×新杨叶片的 Pn 的主要影响因子为 PAR、Cond、Tr、RH、Ci 和 Tleaf。

关键词:俄罗斯杨;银×新杨;净光合速率;日变化

中图分类号:S 792.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)17-0096-04

光合作用是植物生产力构成的最主要因素,植物光

合作用日变化是在一定天气条件下,各种生理生态因子的综合效应,其结果可作为分析产量限制因素的重要依据^[1]。杨属树种在中国分布广泛,种及品种繁多,具有速生丰产性和广泛的适应性,是工业、民用材的重要原料,也是水土保持、防风防沙和绿化环境的重要树种,同时在速生丰产林工程及退耕还林工程建设中起着重要作用。俄罗斯杨杂交组合的亲本是钻天杨×欧洲黑杨,经过多年引种和区域化栽培试验,1988 年新疆自治区以

第一作者简介:王彬(1984-),男,辽宁本溪人,硕士,主要从事森林培育的研究工作。

通讯作者:李宏(1962-),男,陕西人,研究员,现主要从事森林培育研究工作。

基金项目:国家“十一五”重点基础研究发展计划资助项目(2006CB705809)。

收稿日期:2010-05-18

参考文献

- [1] Zhao Y T, Noltie H J, Mathew B F. Iridaceae [M]. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden press, 2000: 297-313.
- [2] 张巧平, 尹增芳, 何祯祥. 中国鸢尾属植物研究概况[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3609-3611.
- [3] 赵毓棠. 鸢尾科 Iridaceae. 中国植物志第 16 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 171.
- [4] 林萍, 田昆, 汪元超. 云南野生鸢尾属植物种质资源及观赏应用[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(4): 33-35.
- [5] 郭晋燕, 张金政, 孙国峰, 等. 根茎鸢尾园艺学研究进展[J]. 园艺学报, 2006, 33(5): 1149-1156.

- [6] 沈云光, 管开云, 王仲朗, 等. 四种国产鸢尾属植物种子萌发特性研究[J]. 种子, 2005, 24(12): 21-25.
- [7] Indeguchi N. Seed germination of Alaska iris—Iris setosa ssp. [J]. HortScience, 1987, 22(5): 898-899.
- [8] Wees D. Stratification and priming may improve seed germination of purple coneflower, blue-flag iris and evening primrose [C]. Acta Hort. (ISHS) 629: 391-395.
- [9] 卢明艳, 毕晓颖, 郑洋, 等. 野鸢尾种子萌发特性的研究[J]. 种子, 2009, 28(7): 90-93.
- [10] 王俊, 高亦珂. 天山鸢尾、准格尔鸢尾种子的休眠与萌发[C]. 中国观赏园艺研究进展 2007. 北京: 中国林业出版社, 2007: 410-415.

Preliminary Study on Seed Germination Conditions of Wild *Iris decora* Wall.

DENG Min^{1,2}, TANG Xiao-jing¹, YU Qi¹, LI Qian-sheng^{1,2}

(1. School of Ecological Technology and Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418; 2. Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai 201106)

Abstract: The seed germination conditions of wild *Iris decora* Wall. after 4 months cold storage were studied. The results showed that the seeds had good water absorbance; 24 h soaking was enough for germination. Light had negative effects on seed germination, and GA₃ did not significantly improve the seed germination rates; but KNO₃ solution remarkably increased the seed germination rate. To achieve high germination rate, the *Iris decora* seeds could be stratification at 4℃, then germinated in the dark at 25℃ after soaking in 45~65℃ water or 0.3%~0.5% KNO₃ solution.

Key words: *Iris decora*; seed; germination

杨树人工基因库优良品种予以鉴定^[2-3]。俄罗斯杨抗逆性强,抗寒, -43℃低温环境可安全越冬,夏季在 41.1℃(玛纳斯地区 1990 年 8 月)高温条件下正常生长,对土壤要求不严,喜肥沃湿润的沙壤土;其树冠窄,抗风力强,生长较快。银×新杨为银白杨与新疆杨的杂交优良无性系,不仅耐旱、耐寒且速生,是天然杂交种和人工杂种的新类型,在长期的生长和生产过程中,从天然杂交种和人工杂种中筛选出来的新品种形成的优良无性系。俄罗斯杨和银×新杨在新疆地区为主要造林树种,由于抗逆性高,可用于在恶劣环境下的农田防护林造林树种或绿化树种。阐述这 2 种新疆地区常见的造林树种的光合日变化特征,探讨净光合速率与环境因子的相互关系,可对日后造林以及日常苗木管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用新疆克拉玛依地区大农业开发区的俄罗斯杨和银×新杨,大小均匀一致,地径 2~3 cm,高度在 80~120 cm,且生长健壮,茎芽完好的 1 a 生苗木为供试材料。

1.2 试验方法

试验于 2009 年 7 月在新疆自治区克拉玛依地区大农业开发区进行。选择晴天的 8:00~20:00(北京时间),利用 Li-6400 便携式光合作用测定系统,用普通叶室对每株供试植株的当年生第 5~8 片成熟叶片的净光合速率(P_n , $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度(C_i ,

$\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)、气孔导度(Cond , $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr , $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、相对湿度(RH , %)、大气 CO_2 浓度(C_a , $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$)、光合有效辐射(PAR , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、叶温(T_{leaf} , °C)等进行测定,从 8:00~20:00 每隔 1 h 测定 1 次,重复 5 次。

1.3 数据分析

所得试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 软件对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化

同一试验条件下,俄罗斯杨和银×新杨叶片的光合有效辐射和叶片温度的变化呈先升后降的趋势,由图 1 看出,而大气 CO_2 浓度和空气相对湿度呈先降后升的趋势;PAR 由 8:00 的最低值 77.12 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 上升到 14:00 的峰值 1 930.58 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,再下降到 20:00 的 624.24 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; T_{leaf} 与 PAR 的变化规律基本一致,由于 PAR 的升高, T_{leaf} 也随之升高并在 14:00 左右达到全天的峰值 39.01℃,之后 T_{leaf} 又随着 PAR 的降低而下降,到晚 20:00 达到 30.87℃;而 C_a 和空气相对湿度的变化与 PAR 和 T_{leaf} 的呈负相关, C_a 和空气相对湿度均随着 PAR 的升高而降低,从早上的 8:00 PAR 不断的升高, C_a 和 RH 呈下降的趋势,在中午 14:00 达到全天的最低值,而后随着 PAR 的降低, C_a 和 RH 又有不同程度的回升。

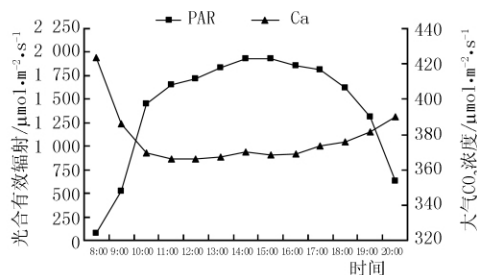


图 1 光合有效辐射、大气 CO_2 浓度、叶片温度和空气相对湿度日变化

2.2 俄罗斯杨和银×新杨净光合速率日变化

由图 2 看出,俄罗斯杨和银×新杨的叶片净光合速率的日变化为典型的“双峰”曲线,表现为“高一低谷一次高”,在 14:00 左右有明显的“午休”现象。上午随着 PAR 的不断增强,2 种杨树的 P_n 在 11:00 点达到全天第 1 个高峰,也是全天 P_n 的最高峰。之后 PAR 的不断升高,在 14:00 左右, P_n 有个明显的下降过程并形成低谷。随着 PAR 的下降, P_n 又呈上升趋势,并在 16:00 左右达到全天第 2 个高峰。在达到全天第 2 个高峰后,随着 PAR 的继续下降, P_n 也随之下降到 20:00 时达到最低值。俄罗斯杨和银×新杨 P_n 的变化规律基本一致,

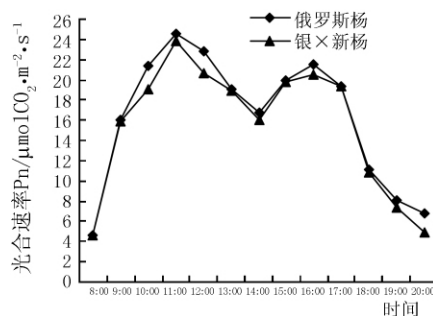


图 2 净光合速率日变化

但是相对银×新杨,俄罗斯杨的 P_n 较高。

2.3 俄罗斯杨和银×新杨叶片气孔导度和蒸腾速率的日变化

由图 3 看出,俄罗斯杨和银×新杨叶片气孔导度的变化规律与净光合速率的变化基本一致,为典型的“双峰”曲线,表现为“高一低谷一次高”,在 14:00 左右有明显的“午休”现象。日出之后,叶片的光合有效辐射和气温的上升使 $Cond$ 也迅速升高,在 11:00 左右达到全天中的最大值。之后,随着 RH 和 T_{air} 的升高,对 $Cond$ 产生抑制,使得 $Cond$ 迅速下降,在 14:00 达到低谷,在 16:00 又达到全天中的第 2 个高峰,随着 RH 的降低 $Cond$ 也随之降低,全天的 $Cond$ 变化过程中,俄罗斯杨的 $Cond$ 较银×新杨的 $Cond$ 略大。

由图 3 还看出,俄罗斯和银×新杨叶片 Tr 与 P_n 、 $Cond$ 的变化规律基本一致,即双峰曲线,2 个峰值分别

出现在 11:00 和 16:00,在 14:00 随着俄罗斯杨叶片的 P_n 的减小,蒸腾速率降低到达“波谷”。俄罗斯杨和银×新杨叶片 Tr 的日变化与 P_n 、 $Cond$ 基本一致为双峰型。

2.4 俄罗斯杨和银×新杨叶片胞间 CO_2 浓度和气孔限制值的日变化

由图 4 看出,俄罗斯杨和银×新杨叶片的胞间 CO_2 浓度的日变化呈先降后升的趋势。其中,在 8:00 俄罗斯杨叶片的 C_i 为最高,随着 RH 的升高,俄罗斯杨叶片进行光合作用, C_i 的浓度也随之降低,并在 14:00 左右降最低,之后随着俄罗斯杨光合有效辐射的降低, C_i 又随之上升,2 种树种的 C_i 的全天变化,相差不大。气孔限制值可以反映植物叶片对大气 CO_2 的相对利用效率^[3],由图 4 还可知,俄罗斯杨和银×新杨叶片的 L_s 呈“单峰”曲线的变化,早上最低并随着植物生理作用的增强到 16:00 最高为全天最高值。

表 1 净光合速率与各生理生态因子之间的相关分析

树种	cond	C_i	Tr_{mmol}	T_{leaf}	Ca	RH	PAR
俄罗斯杨	0.893**	-0.468**	0.927**	0.227	-0.812**	-0.248	0.712**
银×新杨	0.788**	-0.69**	0.905**	0.245	-0.791**	-0.245	0.716**

注: ** , * 分别表示极显著相关和显著相关。

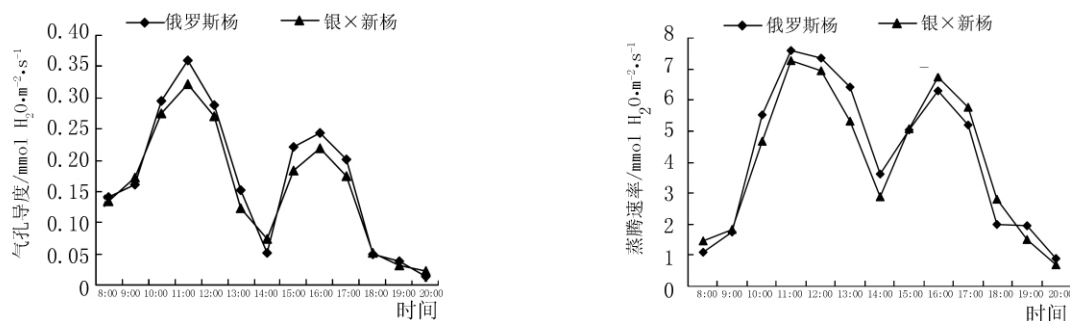


图 3 气孔导度和蒸腾速率的日变化

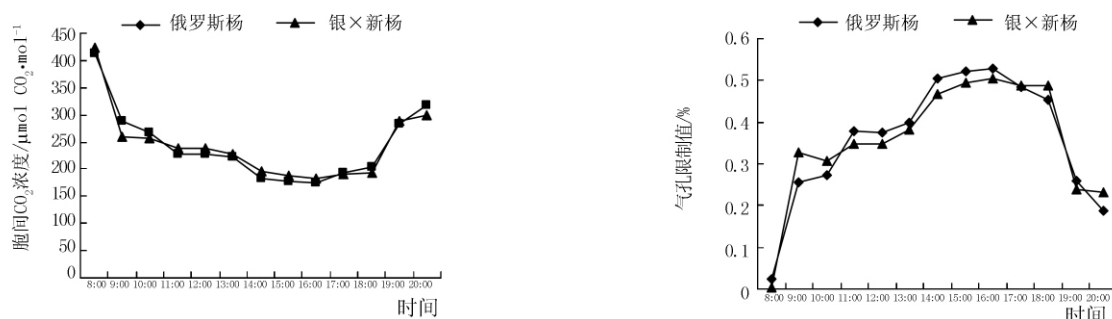


图 4 胞间 CO_2 浓度和气孔限制值的日变化

2.5 俄罗斯杨叶片净光合速率与各生理指标和影响因素之间的相关性分析

植物的光合作用是 1 个对生态因子反应敏感的复杂生理过程,生态因子除了直接影响光合作用,而且还影响植物的生理因子进而影响光合作用,各种因子之间有着

错综复杂的联系^[4-5]。由表 1 看出,俄罗斯杨和银×新杨的净光合速率与气孔导度、蒸腾速率、叶片温度和光合有效辐射呈正相关,其中与 $Cond$ 、 Tr 和 PAR 呈极显著正相关,与 C_i 、 Ca 和 RH 呈负相关,其中与 C_i 和 Ca 呈极显著负相关。

3 结论与讨论

在晴天,植物的光合作用日变化显“单峰”或“双峰”曲线^[4-11]。该试验结果表明,俄罗斯杨和银×新杨叶片净光合速率日显典型的“双峰”曲线的变化趋势,其2个峰值分别出现在11:00和16:00,且11:00的峰值最大,在14:00左右出现“午休”现象。俄罗斯杨和银×新杨叶片的Tr和Cond的变化规律与Pn的基本一致,也均为“双峰”曲线,全天Ci的变化呈先下降后上升的趋势,通过相关分析得出俄罗斯杨和银×新杨的净光合速率与气孔导度、蒸腾速率、叶片温度和光合有效辐射呈正相关,与Ci、Ca和RH呈负相关。

根据Farquhar等的观点^[12],当胞间CO₂浓度降低和气孔限制值增大时,光合速率降低主要是由于气孔导度降低所引起的^[13]。相反,当叶片光合速率的降低而气孔导度升高,那么光合作用的限制性因素就是非气孔因素所引起的,即叶肉细胞光合活性下降^[12]。该试验中,在11:00~14:00俄罗斯杨和银×新杨的Pn和胞间CO₂浓度同时下降,而气孔限制值略有升高的趋势,此时引起光合作用降低的主要因素应是气孔限制因素引起叶肉细胞间CO₂不足造成。而在16:00~20:00期间,俄罗斯杨和银×新杨净光合速率的下降的同时气孔导度升高,这是光合作用的限制性因素就是非气孔因素所引起的。

对于植物的光合作用来说,光合有效辐射的变化能同时改变大气温度和叶温,气温等环境因子的变化,也能够引起水分蒸发速率的改变,而叶温的变化也通过改变气孔开闭和叶内外蒸汽压差来影响蒸腾速率和光合速率。该试验俄罗斯杨叶片和银×新杨的净光合速率与光合有效辐射呈显著正相关与大气CO₂浓度。根据此试

验结果可以在生产实践中注意采用适当的株行距,保证空气流通,提高大气CO₂浓度;在中午前后可以做适当的遮荫,或采取喷雾灌溉等措施提高空气湿度,以增加光合产量,提高苗木质量及产量。

参考文献

- [1] 杜占池,杨宗贵,崔晓勇. 草原植物光合生理生态研究[J]. 中国草地, 1999,21(3):20-27.
- [2] 李丕军,李宏,张洁,等. 新疆杨和俄罗斯杨单、双芽不同切条方式及部位对成活率影响的研究[J]. 新疆农业科学,2003,40(1):46-47.
- [3] 蒙敏,蒋衡,何江成,等. 俄罗斯杨组培快繁技术研究[J]. 新疆农业科学,2003,40(2):101-102.
- [4] 徐炳成,山仑,黄占斌. 黄土丘陵区柳枝稷与白羊草光合生理生态特征的比较[J]. 中国草地,2003,25(1):1-4.
- [5] 张新慧,张恩和. 当归叶片光合参数日变化及其与环境因子的关系[J]. 西北植物学报,2008,28(11):2314-2319.
- [6] 王旭军,康向阳,吴际友,等. 响叶杨光合速率及生理生态因子的日变化研究. 2008,35(5):5-8.
- [7] 邵玺文,韩梅,韩忠明. 不同生境条件下黄芩光合日变化与环境因子的关系[J]. 生态学报,2009,29(3):1470-1477.
- [8] 冯建灿,张玉洁. 喜树光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 林业科学,2002,38(4):34-39.
- [9] 李六林,季兰. 杂种榛子不同方位叶片光合作用的日变化[J]. 林业科学,2006,42(12):47-53.
- [10] 梁开明,曹洪麟,徐志防,等. 树莓光合特性的研究[J]. 园艺学报,2003,30(3):314-316.
- [11] 何文兴,易津,李洪梅. 根茎禾草乳熟期净光合速率日变化的比较研究[J]. 应用生态学报,2004,15(2):205-209.
- [12] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physiol,1982,33:317-345.
- [13] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.

Diurnal Variation of Photosynthetic Characteristics in *Populus. Russkii* and *Populus alba* × *Populus bolleana*

WANG Bin¹, LI Hong², BI Gang-rui³

(1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830000; 2. Xijiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000; 3. Shenyang agricultural University, School of Forestry, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: The diurnal variation of net photosynthetic rate, intercellular CO₂ concentration, stomatal conductance to H₂O, transpiration rate, relative humidity, field, photosynthetically active radiation and leaf temperature of *Populus. Russkii* and *Populus alba* × *Populus bolleana*. Maxim and its eco-physiological factom was investigated using Li-COR 6400 portable photosynthesis system. The results showed that the diurnal variation of Pn, Gond and Tr of *Populus. Russkii*. In sunny day exhibited double-peak pattern, and the peaks occurred at 11:00 and 16:00 respectively. There was a significant midday depression with *A. sinensis*, which was caused principally by stomatal factors such as stomatal conductance. The correlation analysis showed that the dominandy influencing factors of net photosynthetic rate of *Populus. Russkiil* and *Populus alba* × *Populus bolleana*. Maxim were RH, Gond, Tr, Ci and Tleaf.

Key words: *Populus. Russkii*. ; *Populus alba* × *Populus bolleana* ; photosynthetic rat; diurnal variation