

北五味子光合日变化特性的研究

姚渝丽¹, 刘实², 李爱民³, 李大勇¹, 徐克章¹

(1 吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118; 2 吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062;

3 中国农业科学院特产研究所, 吉林 长春 132109)

摘要:用 LI-6400 型光合测定系统, 测定了北五味子 *Schisandra chinensis* Baill 叶片光合作用的日变化, 结果表明, 北五味子叶片净光合速率(Pn)呈双峰型变化. 清晨随着日出, Pn 随光照强度和温度的增加而增加, 在 11:00 达到高峰, 随后下降, 到 15:00 时出现第 2 个高峰, 但峰值比第 1 个的低. 5:00—11:00 及 15:00—19:00 的光合变化与光照强度和温度的变化趋势基本一致, 11:00—14:00 光合作用随光照强度和温度的增加而下降, 出现了明显的光合“午休”现象. 相关性分析表明, 光合午休与中午高光强、高温和低湿有关. 气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)也为双峰型曲线, Pn 与 Gs、Tr 呈显著正相关, 通过对胞间二氧化碳浓度的分析表明, 气孔限制在北五味子叶片的“光合午休”中起了一定作用.

关键词:北五味子; 净光合速率; 日变化; 表观叶肉导度

中图分类号: S567

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)02-0054-05

Study on the Characteristics of Diurnal Changes of Photosynthesis in *Schisandra chinensis* Baill

YAO Yu-li¹, LIU Shi², LI Ai-min³, LI Da-yong¹, XU Ke-zhang¹

(1 College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2 Institute

of Meteorological Sciences of Jilin Province, Changchun 130062, China; 3 Institute of Special Wild

Economical Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Changchun 132109, China)

Abstract: Diurnal changes of net photosynthetic rate and relative factors in leaves of *Schisandra chinensis* Baill were measured by using LI-6400 portable photosynthesis system. Diurnal changes of net photosynthetic rate showed double-peak styles. The first maximum peak was measured at 11:00, the second-peak was measured at 15:00. Diurnal changes of net photosynthetic rate were consistent to the variation of light intensity at 5:00 – 11:00 and 11:00 – 19:00, respectively, and the photosynthesis had a “midday rest” for the dropping at 11:00 – 14:00. Stomatal conductance and transpiration rate were showed double-peak styles and the net photosynthetic rate were significantly positively correlated with stomatal conductance and transpiration rate. Based on the tendency of changes in net photosynthetic rate, stomatal conductance and intercellular CO₂ concentration, the midday depression in the *S. chinensis* Baill was speculated to be controlled by stomatal factors.

Key words: *Schisandra chinensis* Baill; net photosynthetic rate; diurnal variation; apparent leaf mesophyll conductance

北五味子 *Schisandra chinensis* Baill 是天然分布 辛、苦、咸五味俱全, 故称五味子, 又名五梅子、玄及、于我国东北的野生木质藤本植物, 因其果实甘、酸、 会及、山花椒等, 北五味子是著名的滋补性中药^[1],

收稿日期: 2009-04-28

作者简介: 姚渝丽(1956—), 女, 教授; 通信作者: 徐克章(1954—), 男, 教授, E-mail: kzx0708@yahoo.com.cn

基金项目: 吉林省教育厅科技项目[(2006)第45号]

具有敛肺、涩精、止汗、止泻、生津、益智、安神之功效. 北五味子以果实肉厚、粒大、有油性、光泽好、药用成分含量高、疗效显著而著称^[2]. 但是, 目前五味子的野生资源正在不断减少, 而国内外的中药材市场、制药企业和酿酒加工企业对其需求量却在不断增加, 远远超过五味子的野生产量. 进行大面积的人工栽培, 是解决不断增加的市场需求等问题的有效途径^[3]. 在人工栽培条件下, 北五味子生态环境发生明显变化, 研究其生长特性对提高北五味子产量和品质具有现实意义. 李爱民等^[4]和王大山等^[5]曾对北五味子栽培技术和方法进行了研究, 但有关北五味子生理特性方面的研究甚少, 特别是关于光合特性方面的基础研究尚不多见. 光合日变化是光合生产能力和产量形成的基础, 研究光合特性日变化对了解北五味子的光合生产能力和产量具有重要的理论和实践意义^[6]. 本文对北五味子叶片的净光合速率及相关因子进行了系统的分析, 根据1 d中北五味子叶片净光合速率的变化, 研究并探索光合生产能力和产量的限制因子, 为北五味子的高产栽培技术提供理论依据.

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料北五味子为4~5年生的无性系结果树, 株行距1 m×2 m, 篱架栽培.

1.2 方 法

试验于2006—2008年7月中下旬在吉林农业大学北五味子栽培基地进行. 选择晴朗无风的天气, 用LI-6400型光合作用测定系统, 在生长健康的植株上测定植株的功能叶片. 从5:00—19:00每隔1 h测定1次, 读取叶片瞬时净光合速率(Pn)、光照强度(PFD)、气温(*t*)、相对湿度(RH)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、胞间CO₂浓度(Ci)等值, 重复3次取平均值. 水分利用效率(WUE)由公式计算, 即 $WUE = Pn/Tr$ ^[7], 表观叶肉导度(ALMC)是按照Fischer^[8]的方法通过 Pn/Ci 计算求出. 文中数据均用Excel工作表绘图并通过DPS3.01数据处理系统进行相关性分析, 得出最终结果. 北五味子光饱和点和光补偿点值采用固定光源测得.

2 结果与分析

2.1 光强对北五味子叶片光合速率的影响

对26份北五味子功能叶片测定结果表明, 北五味子叶片净光合速率最大值为23.44 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,

最小值为17.37 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 平均值为20.41 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 标准差为2.06 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. 北五味子叶片光合作用对光响应曲线见图1. 光补偿点为(32±1) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光饱和点为(850±34) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. 人工栽培条件下, 北五味子的光合作用表现为阳生植物的特征.

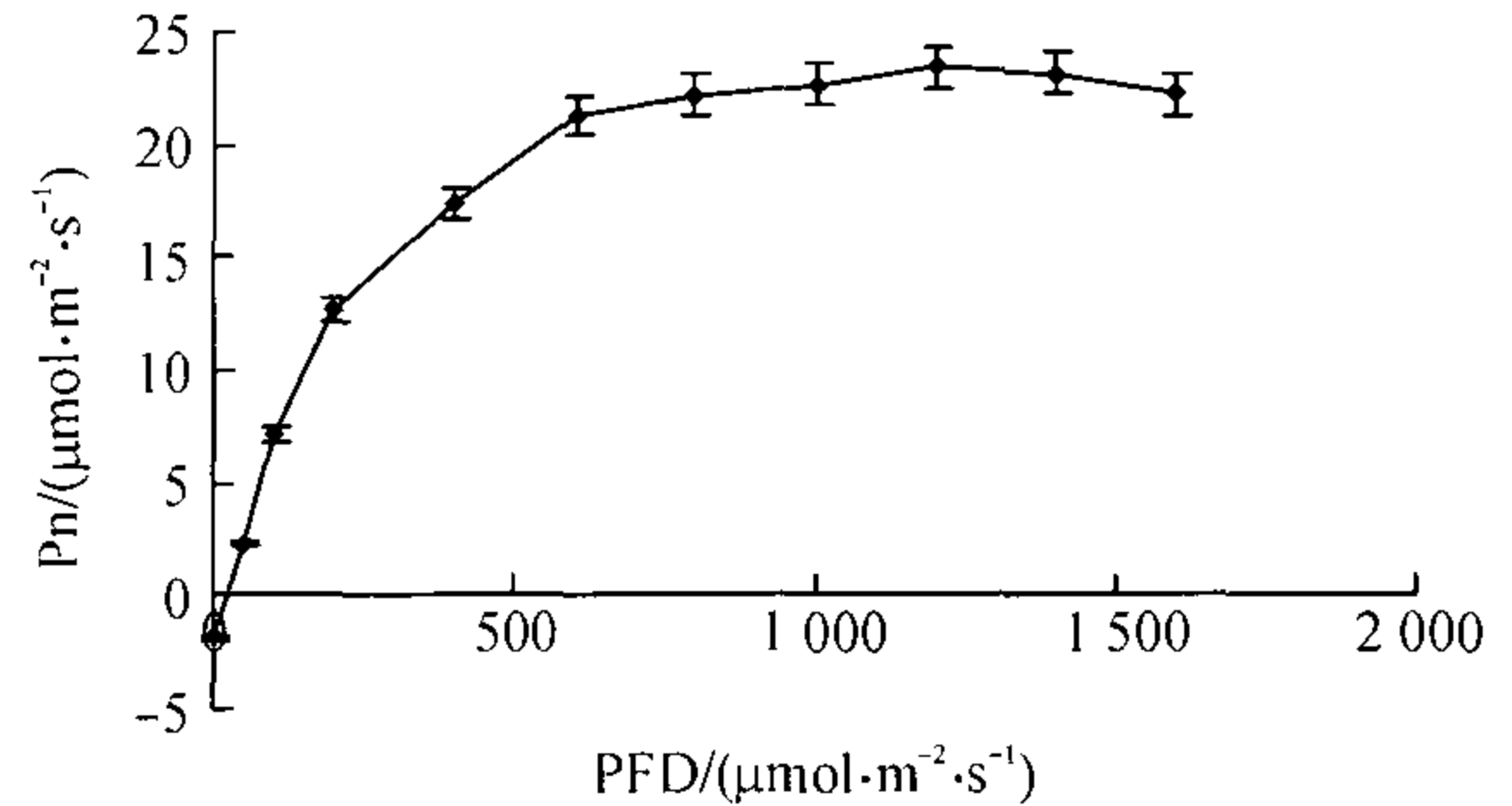


图1 北五味子叶片净光合速率(Pn)对光照强度(PFD)的响应曲线(2008-07-25)

Fig. 1 Response curves of net photosynthesis rate (Pn) to photo flux density (PFD) in leaves of *Schisandga chinensis* Baill

2.2 北五味子净光合速率、光照强度、环境温度和相对湿度的日变化

图2是1 d中北五味子光合作用和光照、温度、湿度等环境条件变化的测定结果. 由图2可以看出, 1 d中北五味子光合作用呈双峰曲线型变化. 5:00—11:00期间叶片净光合速率(Pn)随日出后日照强度增加, 温度(*t*)升高呈明显上升趋势, 在11:00达到最大值; 11:00—14:00随着强光、高温、低湿的影响逐渐下降, 存在光合“午休”现象, 这与许大全等^[9-12]的研究结果一致. 14:00—15:00后略有回升, 到15:00又出现第2个高峰, 但比第1个高峰低. 以后随着日落后光照强度下降, 温度降低, 光合速率呈下降趋势.

相关分析(图3)表明, 5:00—11:00时, 随光照强度(PFD)的增加净光合速率也随之增大, 净光合速率的变化与光照强度的变化规律相一致; 11:00—15:00时, 两者之间呈负向关系($r = -0.89^*$); 15:00—19:00时, 两者之间再次呈现显著正相关.

从图2、3得出, 1 d中光照强度和温度的变化均为单峰型曲线, 最大值出现在14:00左右, 下午的气温要高于上午. 1 d中, 温度变化主要受光照强度的影响, 两者变化一致; 湿度与光照强度的变化相反. 结果表明, 光照强度是影响温度和湿度的主要因子, 同时三者的相互作用又对叶片的光合作用产生影响. 分析表明, 光合午休与中午高光强、高温和低湿有关.

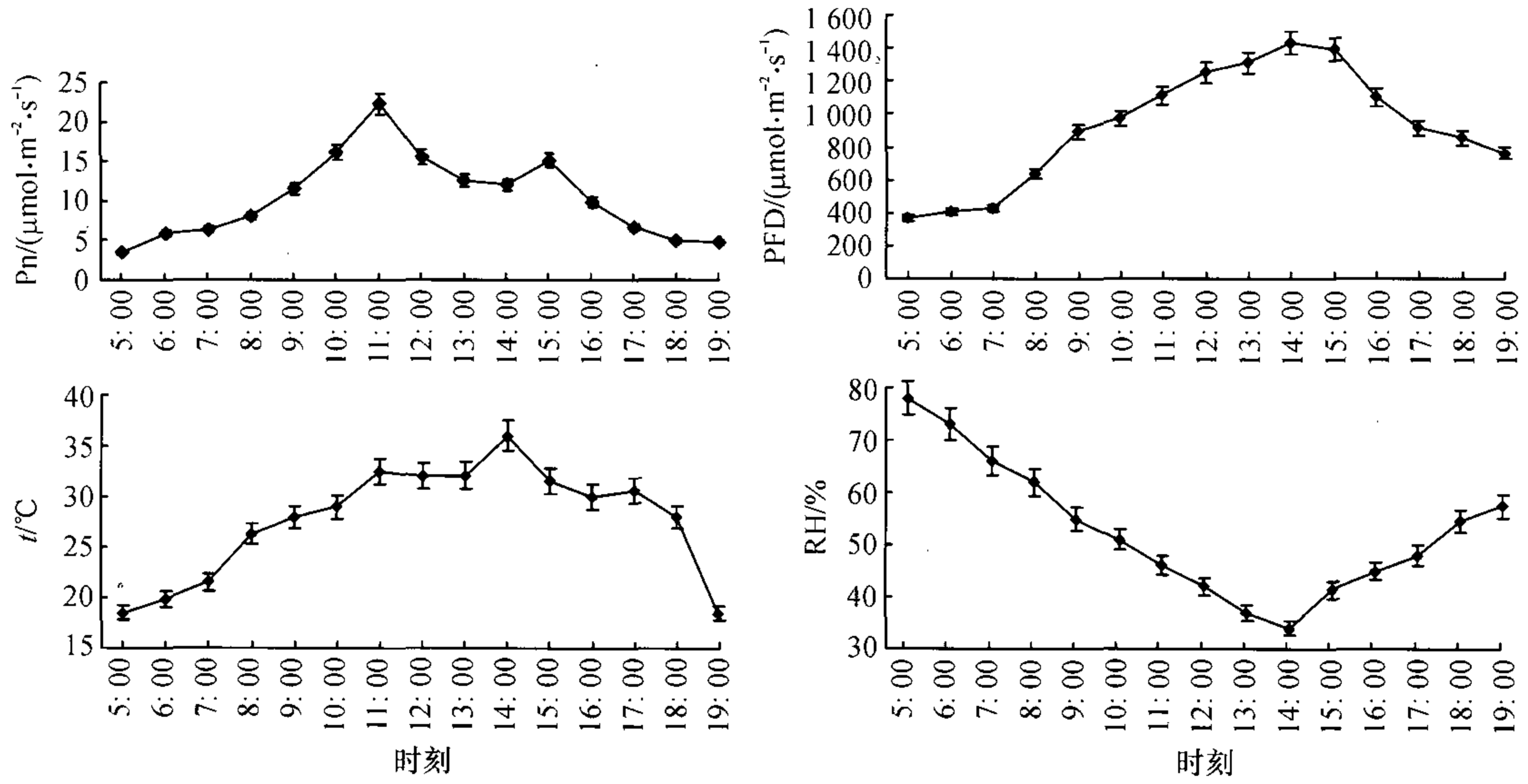


图2 北五味子叶片净光合速率(Pn)和光照强度(PFD)、温度(t)和相对湿度(RH)的日变化

Fig. 2 Daily change of net photosynthetic rate(Pn), photo flux density(PFD), temperature(t) and relative humidity (RH) in leaves of *Schisandra chinensis* Baill

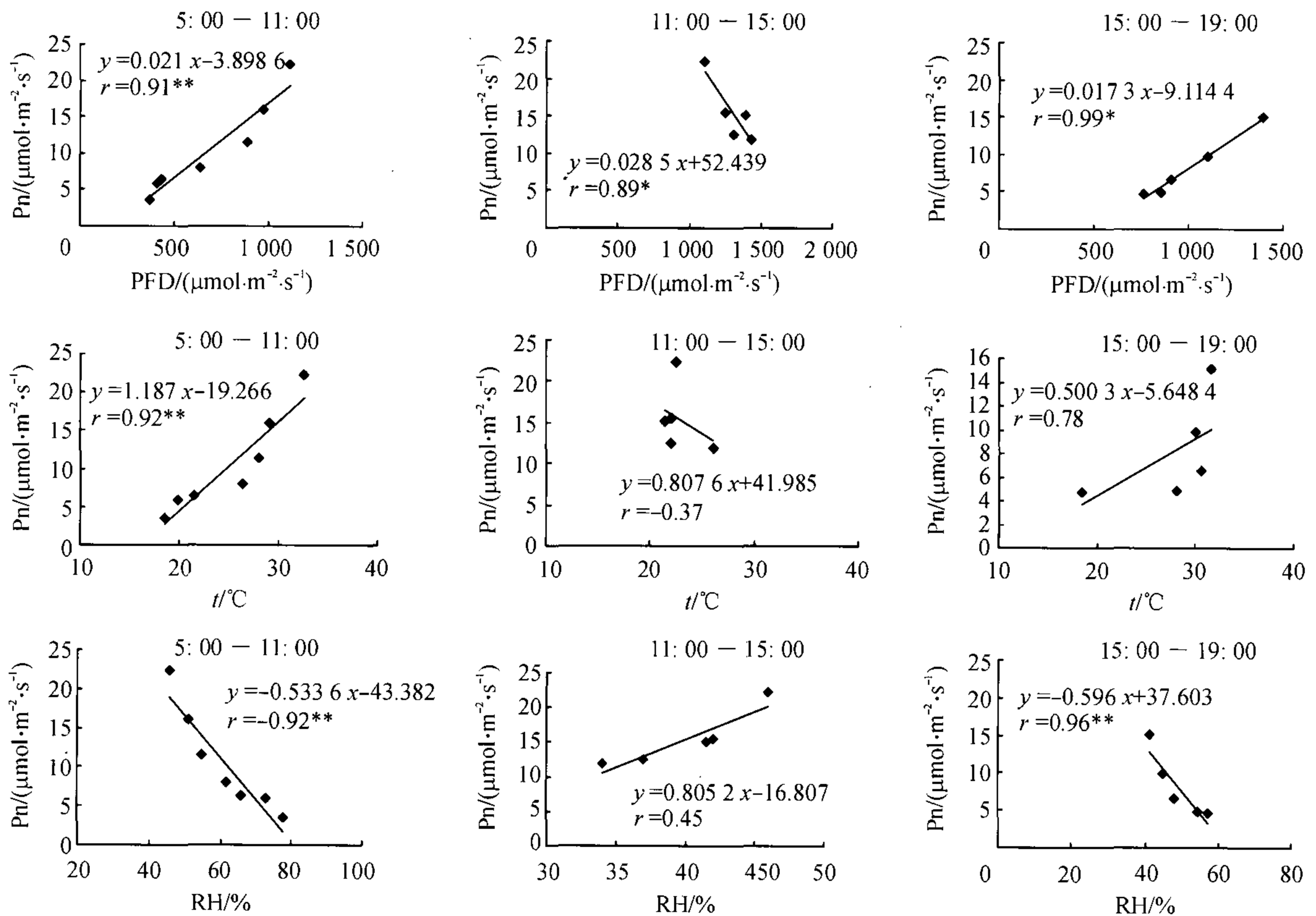


图3 1 d 中北五味子净光合速率(Pn)与光照强度(PFD)、气温(t)、相对湿度(RH)的关系

Fig. 3 Relationship between the net photosynthetic rate(Pn) and photo flux density(PFD), air temperature (t), relative humidity (RH) in leaves of *Schisandra chinensis* Baill

2.3 北五味子光合速率变化与气孔限制的关系

图4是1 d 中北五味子光合作用和气孔导度、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度变化的测定结果. 图4的结果表明,气孔导度与蒸腾速率的日变化曲线皆为双峰型曲线且两者之间呈正相关($r = 0.83^{**}$). 叶

片的气孔导度、蒸腾速率与光合速率日变化有很强的正相关关系($r = 0.86^{**}$, $r = 0.96^{**}$),呈平行变化趋势,而且其峰值出现的时间和峰宽也相似,表明光合速率对气孔导度和蒸腾速率具有指示调节作用,在有利于光合作用时光合速率可以促进气孔导度增

大,不利时会导致气孔导度减小,这与前人研究结果^[13-14]一致。

5:00—11:00 时光合速率与气孔导度明显正相

关($r = 0.93^{**}$);11:00—15:00 气孔导度降低,此时净光合速率也随之降低;15:00—19:00,气孔导度与净光合速率呈明显正相关($r = 0.96^{**}$)。

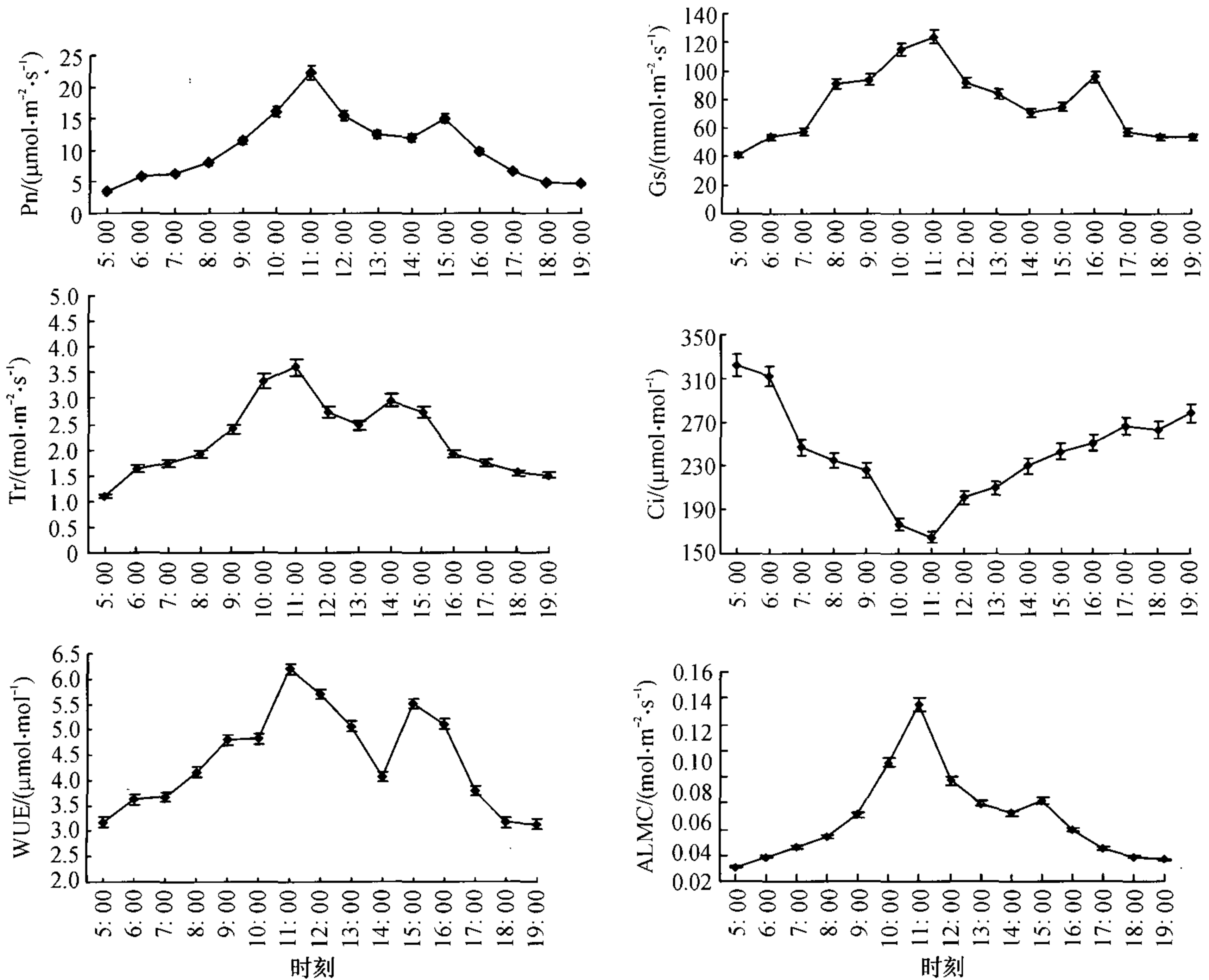


图4 北五味子净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、胞间二氧化碳浓度(Ci)及水分利用效率(WUE)、表观叶肉导度(ALMC)1 d中的变化曲线

Fig. 4 Variation curve of net photosynthetic rate(Pn), stomatal conductance(Gs), transpiration rate(Tr), intercellular CO₂ concentration(Ci), water use efficiency(WUE) and apparent leaf mesophyll conductance(ALMC) of *Schisandga chinensis* Baill

蒸腾速率对净光合速率的影响在1 d之中不同时段表现明显差异.5:00—11:00时,五味子叶片净光合速率与蒸腾速率之间呈显著的正相关($r = 0.88^{**}$);11:00—15:00,蒸腾速率下降,净光合速率也随之降低;15:00—19:00,两者呈显著的正相关($r = 0.90^{*}$).

胞间二氧化碳浓度表现为早上最高,傍晚次之,中午较低的特点(图4).通过对净光速率与气孔导度和胞间二氧化碳浓度关系的分析表明,气孔限制在五味子叶片“光合午休”中起到一定作用,但下午叶片净光速率的降低却受其他非气孔限制的因素的影响。

相关分析表明(表1),净光合速率与蒸腾速率、气孔导度、表观叶肉导度、水分利用效率均呈正相关,与胞间二氧化碳浓度呈负相关。

表1 北五味子主要光合特性间的相关系数¹⁾

Tab.1 Correlation coefficients among the main photosynthetic characteristics of *Schisandga chinensis* Baill

项目	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
X ₂	0.96 ^{**}				
X ₃	0.86 ^{**}	0.83 ^{**}			
X ₄	-0.88 ^{**}	-0.90 ^{**}	-0.89 ^{**}		
X ₅	0.98 ^{**}	0.94 ^{**}	0.87 ^{**}	-0.89 ^{**}	
X ₆	0.92 ^{**}	0.81 ^{**}	0.84 ^{**}	-0.78 ^{**}	0.87 ^{**}

1) X₁:净光合速率;X₂:蒸腾速率;X₃:气孔导度;X₄:胞间二氧化碳浓度;X₅:表观叶肉导度;X₆:水分利用效率.**表示在0.01水平上差异显著。

3 讨论与结论

对北五味子光合作用的测定得出结果为,北五

味子净光合速率平均值为 $20.41 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光补偿点为 $(32 \pm 1) \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光饱和点为 $(850 \pm 34) \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 该数值与阳生 C_3 植物的光合能力基本一致^[15], 表明北五味子为耐阴喜光的阳生植物。

许多研究表明植物的光合作用与光照强度、气温、空气相对湿度等因素有关^[16-18]。光合“午休”与光照、气温、湿度等环境恶化有关^[19]。在晴天条件下, 北五味子的光合作用呈双峰曲线型变化, 最高峰值出现在 11:00, 第 2 个高峰出现在 15:00, 11:00—14:00 出现光合“午休”现象。在人工栽培条件下, 北五味子的生长环境发生了很大变化, 中午的强光、高温和低湿, 可能是造成光合速率下降和光合生产能力较低的原因, 这是在生产实践中应该注意的问题。

对 1 d 中光合作用和其他因素的研究分析表明, 光合速率与蒸腾速率、气孔导度的变化规律基本一致, 表观叶肉导度也表现为类似的变化。对胞间二氧化碳浓度的分析表明, 当光合速率最高时, 胞间二氧化碳浓度达到最低值, 这说明北五味子叶片在光合速率最高时仍存在一定的气孔限制作用。但下午胞间二氧化碳浓度并没有随着气孔导度的下降而下降, 反而呈上升趋势, 这说明下午叶片净光合速率下降并不是由于气孔导度下降而引起的。

晴天时, 北五味子的光合作用呈双峰曲线型变化。从生态环境分析表明, “光合午休”与中午高光强、高温和低湿有关; 从叶片本身分析表明, 此时叶片存在一定的气孔限制作用。午后净光合速率与气孔导度都呈下降趋势, 而胞间二氧化碳浓度呈上升趋势, 此时光合速率的下降并非完全由于气孔限制因素导致, 可能有其他非气孔限制因素的作用存在。有研究认为, 气孔的变化只是与光合作用相匹配的生理现象^[20], 本研究也表明, 北五味子光合作用与表观叶肉导度的变化基本一致, 相关程度最为密切, 是影响光合速率的直接因素, 说明表观叶肉导度是衡量叶片光合能力变化的一个很有用的参数。

参考文献:

- [1] 靳杰. 中药五味子的研究进展[J]. 黑龙江医药, 2005, 18(5):335.
- [2] 陈业高, 张燕. 五味子科植物木脂素成分的波谱特征[J]. 云南师范大学学报, 2000, 20(5):46-50.
- [3] 李恒, 赵亚丽. 北五味子的现代研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2008, 17(22):3562.
- [4] 李爱民, 王玉兰. 北五味子丰产栽培技术[J]. 特种经济作物, 1998, 1(5):31.
- [5] 王大山. 北五味子栽培技术[J]. 吉林蔬菜, 2008, 2:35.
- [6] 李爱民, 郝屹, 李志宝, 等. 北五味子光合特性的研究[J]. 特产研究, 2003, 3:11-13.
- [7] FISCHER R A, TURNER N C. Plant productivity in the arid and semiarid zones [J]. Ann Rev Plant Physiol, 1978, 29:27-317.
- [8] FISCHER R A D, REES K D, SAYRE Z M, et al. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies [J]. Crop Sci, 1998, 38:1467-1475.
- [9] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomata conductance and photosynthesis [J]. Ann Rev Plant Physiol, 1982, 33:317-345.
- [10] 杜占池, 杨宗贵. 羊草光合作用日进程类型的研究[J]. 自然资源, 1992(6):32-37.
- [11] 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(6):5-10.
- [12] 牟云官, 李宪利. 几种落叶果树光合特性的探索[J]. 园艺学报, 1986, 20(4):319-323.
- [13] 徐克章, 曹正菊, 陈星. 人参叶片光合作用和气孔开闭日变化的研究[J]. 植物生理学通讯, 1987, 23(3):35-36.
- [14] 陈平平. 大气二氧化碳浓度升高对植物的影响[J]. 生物学通讯, 2002, 37(3):20-21.
- [15] LARCHER W. Physiological Plant Ecology [M]. 3rd ed. New York: Springer Verlag, 1995.
- [16] BERRY J A, BJOKMAN O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants [J]. Ann Rev Plant Physiol, 1980, 51:491-543.
- [17] 高英芬, 陈艳丽. 影响植物新陈代谢的因素[J]. 高师理科学刊, 2003, 2(23):92.
- [18] 陈展宇, 吴磊, 凌凤楼, 等. 旱稻叶片净光合速率日变化及其与影响因子关系的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(3):237-240.
- [19] 陈贤田, 柯世省. 茶树光合“午休”的原因分析[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(3):80-83.
- [20] 郑国琦, 许兴, 徐兆楨, 等. 盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 西北农业学报, 2002, 11(3):87-90.

【责任编辑 周志红】