

# 设施杏梅光合特性研究

国荣荣, 杨帆, 孔福苓, 王艳萍, 李玲

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271000)

**摘要:** 试验采用 TPS 便携式光合测定仪, 对塑料大棚中龙亭杏梅的光合特性进行了研究。结果表明: 龙亭杏梅的净光合速率日变化呈典型的双峰曲线。第一次高峰出现在 9:00 时左右,  $P_n$  为  $5.42 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 第二次高峰出现在 14:00 时左右,  $P_n$  为  $3.27 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 最低点出现在 12:00 时左右,  $P_n$  为  $2.14 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , “光合午休”现象明显。光照和  $\text{CO}_2$  浓度是影响大棚内杏梅  $P_n$  的重要环境因子。Gs 日变化与  $P_n$  日变化呈明显正相关关系, 而  $C_i$  和  $P_n$  日变化在 15:00 时以后呈相反趋势, 为非气孔因素所致。PAR 和环境  $\text{CO}_2$  浓度通过改变气孔导度影响  $P_n$  的日变化。

**关键词:** 设施杏梅; 光合特性; 净光合速率

中图分类号: S 662.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2008)08-0073-03

杏梅(*Prunus mume*, Sieb, et, Zucc. var. *bungo* Makino) 蔷薇科李属植物, 果实橙黄色, 果皮厚韧, 兼具杏与李的口味, 营养丰富, 不仅是鲜食佳品, 而且在食品加工方面具有很大的潜力, 适用于做果脯, 杏梅罐头等等。光合作用是植物生长发育的基础, 也是果树产量和品质构成的决定性因素。同时, 果树的光合作用又受树体内外多种因素的影响, 是一个对环境条件变化十分敏感的生理过程<sup>[1]</sup>, 深入研究设施栽培对杏梅光合作用的影响, 探讨设施条件下杏梅光合作用的特点与规律, 找出影响产量和品质形成的限制因子, 将有助于建立优质、高产、高效的栽培模式<sup>[2-5]</sup>。目前, 有关大田杏梅光合特性前人已做了研究<sup>[6]</sup>, 但设施内杏梅光合特性的研究未见报道。试验采用 TPS 便携式光合测定仪, 在设施条件下, 对杏梅的光合作用的生理指标进行了测定, 以期设施杏梅的高产、高效栽培提供科学的理论依据。

## 1 材料方法

### 1.1 供试材料

该试验于 2007 年在山东农业大学原科技学院实验基地春暖式大棚内进行。试材为 6 a 生杏梅树, 生长发育正常且无病虫害。

### 1.2 试验方法

采用英国 PP Systems 科学仪器公司生产的 TPS-1 型便携式光合作用测定系统<sup>[7,8]</sup>, 测定杏梅植株的净光合速率, 每株取 2 个树冠南侧的生长中庸、发育正常、无病虫

害的新梢, 每个新梢均选取顶部第 4~6 片充分展开的成熟叶片。2007 年 5 月 6 日晴天测定, 从 7:00 时到 19:00 时, 每隔 2 h 测 1 次光合速率<sup>[9]</sup>。光合有效辐射(PAR,  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 叶温( $T_L$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), 气温( $T_a$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), 细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ ,  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 气孔导度( $G_s$ ,  $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 蒸腾速率( $T_r$ ,  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )均由光合作用测定系统同时获得。单株小区, 3 次重复。

## 2 结果

### 2.1 净光合速率日变化

图 1 显示, 设施杏梅在晴天下, 净光合速率日变化呈典型的双峰曲线, 有明显的“午休”现象, 第一次高峰出现在 9:00 时,  $P_n$  为  $5.42 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 9:00 时到 12:00 时下降, 并在 12:00 时达到最低点  $P_n$  为  $2.14 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 12:00 时到 14:00 时上升, 在 14:00 时出现第二个高峰,  $P_n$  为  $3.27 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 以后光合速率呈下降趋势, 并明显低于上午。

### 2.2 光合有效辐射、温度、环境 $\text{CO}_2$ 浓度日变化

从图 2 可以看出, 光合有效辐射日变化为单峰曲线, 最高峰出现在 11:00 时, 其值为  $700.67 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 温度日变化曲线也呈单峰曲线, 从 7:00 时开始温度逐渐升高, 最高点出现在 13:00 时, 为  $33.9^{\circ}\text{C}$ , 随后逐渐下降。图 3 显示, 环境  $\text{CO}_2$  浓度日变化不明显, 从 8:00 时到 12:00 时处于下降趋势, 在 12:00 时达到最低值, 为  $399.6 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 以后有所回升。

### 2.3 气孔导度、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度日变化

图 4 为气孔导度日变化曲线, 呈双峰曲线, 与净光合日变化呈明显正相关关系, 8:00 时到 9:00 时,  $G_s$  逐渐增大, 并在 9:00 时达到第一个高峰, 其值为  $75.17 \text{ H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 之后一直处于下降阶段, 在 12:00 时达到最

第一作者简介: 国荣荣(1988-), 女, 现为山东农业大学园艺科学与工程学院园艺系本科在读学生。E-mail: fdcgguorong@163.com。

通讯作者: 李玲。E-mail: lilingsdau@163.com。

收稿日期: 2008-02-22

低值, 为  $27 \text{ H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其后上升, 在 14:00 时达到第二个小高峰, 其值为  $36.2 \text{ H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 之后一直下降。图 5 显示了胞间  $\text{CO}_2$  浓度的日变化情况, 8:00~11:00 时处于下降趋势, 在 11:00 时达到低谷, 之后

上升, 并在 14:00 时达到了较高水平, 为  $253 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 之后有所下降, 在 15:00 时处于第二个小低谷, 此后一直上升。通过图 4.5 可发现,  $G_s$  日变化与胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化基本呈相反关系。

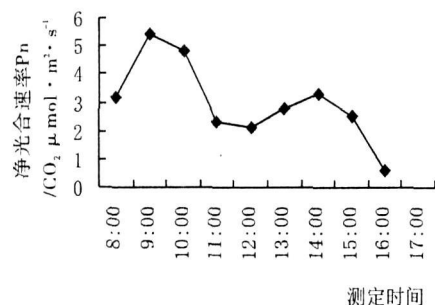


图1 杏梅净光合速率日变化曲线

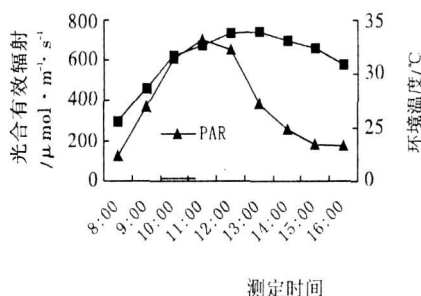


图2 环境温度与光合有效辐射日变化

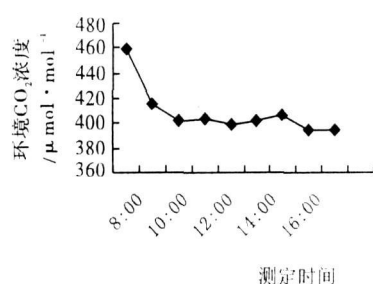
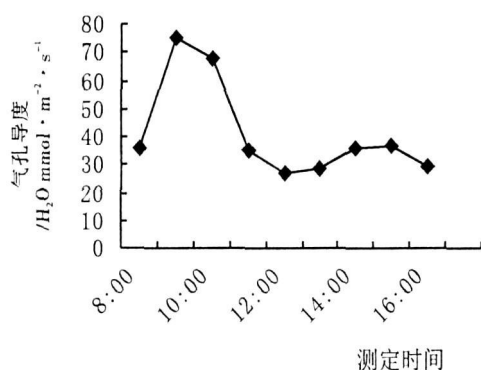
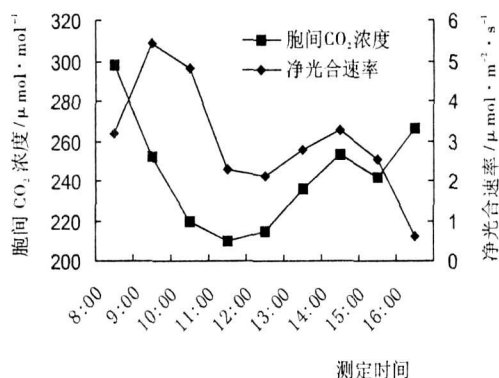
图3 环境  $\text{CO}_2$  浓度日变化

图4 气孔导度日变化

图5 胞间  $\text{CO}_2$  浓度与净光合速率日变化

### 3 讨论

试验结果表明, 设施杏梅的净光合速率日变化呈典型的双峰曲线, 并有明显的“午休”现象。研究认为, “光合午休”现象是光合有效辐射、温度、空气相对湿度、环境  $\text{CO}_2$  浓度等多个因素对气孔导度综合作用的结果。由于中午前后光照强度和温度达一天中的峰值, 高温强光使杏梅的光合作用产生强烈的光抑制, 叶片蒸腾失水加剧, 气孔导度下降甚至关闭, 同时, 12:00 时左右棚内  $\text{CO}_2$  浓度相对较低, 加之高温低湿降低了碳同化过程中一系列酶的活性, 因此光合作用减弱。而 15:00 时以后

$P_n$  剧降主要是棚内光照强度迅速减弱所致。另有研究表明<sup>[6 10-11]</sup>, 随着光强的减弱,  $P_n$  和气孔导度降低, 而胞间  $\text{CO}_2$  浓度却呈“S”型缓慢上升趋势, 说明弱光下  $P_n$  的降低是 Rubisco 羧化活性降低的非气孔因素所致。

试验还表明, 设施杏梅叶片的气孔导度与净光合速率日变化呈同步变化趋势, 同样具有双峰和“午休”现象。这是温度、光照等因素通过改变设施杏梅叶片的气孔导度从而影响其净光合速率的结果, 光照强, 温度高, 空气湿度低, 气孔关闭,  $\text{CO}_2$  难以进入, 光合速率降低; 反之, 光照弱, 温度低, 空气相对湿度大, 气孔张开,  $\text{CO}_2$  进入量增多, 光合速率升高。

在设施条件下, 光照强度和环境  $\text{CO}_2$  浓度是影响杏梅光合作用的重要生态因子。  $\text{CO}_2$  不仅作为光合作用的原料影响作物的光合速率, 同时也是 Rubisco 的活化剂, 影响该酶的活性, 然而植物光合作用的最适  $\text{CO}_2$  体积浓度约为 0.1%, 远远超过大气中的正常含量 0.03%, 因此在光照充足时, 植物经常处于“饥饿”状态。尤其是中午前后, 光合强度较高时, 株间  $\text{CO}_2$  浓度更低, 所以要满足作物对  $\text{CO}_2$  的需要, 空气必须流动。

### 4 结论

有鉴于此, 视天气情况, 适时通风以调节温室内  $\text{CO}_2$  的浓度, 尽量使用透明度高的棚膜, 以增加棚内光照强度; 中午前后适当遮荫并提高空气湿度, 降低叶温, 减少气孔因素对光合作用的限制, 控制非气孔因素的发生, 从而减轻或克服光合“午休”。同时, 在栽培生产中宜采用透光性好的开心型修剪以及宽行密株的栽植方式, 以提高其光合性能, 增加果实品质, 达到优质高产的目的。

### 参考文献

- [1] 晁无疾. 设施栽培条件下葡萄光合作用初探[J]. 葡萄栽培与酿酒 1997(4): 4-7.
- [2] 杨建民, 张国良, 张林平, 等. 李幼树光合特性研究[J]. 园艺学报

1997, 24(4): 381-382.

[ 3 ] 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, 13(3): 157-162.

[ 4 ] 王春清, 祖 容 张贤泽. 葡萄幼树若干光合特性的研究[ J ]. 园艺学报, 1989, 16(4): 279-285.

[ 5 ] 王金政, 张安宁, 单守明 等. 3 个设施或露地栽培常用杏品种光合特性的研究[ J ]. 园艺学报, 2005, 32(6): 9-13.

[ 6 ] 张喜焕, 辛贺明. 阜城杏梅光合特性研究[ J ]. 西北农业学报 2007, 16(4): 198-201.

[ 7 ] 何秀丽. 大田牡丹光合特性的研究[ D ]. 泰安: 山东农业大学博士论文, 2005, 6.

[ 8 ] 杨万铨. 果树光合作用的测定方法(一)[ J ]. 中国果树, 1987(2): 47-49.

[ 9 ] 程来亮, 罗新书, 杨兴洪. 田间苹果叶片光合速率日变化的研究[ J ]. 园艺学报, 1992 19(2): 111-116.

[ 10 ] 赵统利, 朱明波. 郁金香品种人狂诗在日光温室内叶片的光合作用[ J ]. 江苏农业学报 2007, 23(3): 229-232.

[ 11 ] 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.

Studied on Photosynthetic Characteristics of *Mume* Cultivar in Plastic Greenhouse

GUO Rong-rong, YANG Fan, KONG Fu-ling, WANG Yan-ping, LI Ling  
(College of Horticulture, Shandong Agriculture University, Taian, Shandong 271018 China)

**Abstract:** The photosynthesis of the *mume* in plastic greenhouse was investigated with TPS portable photosynthesis system. Photosynthetic characteristics of Longting *mume* cuivar were studied by using live body measurements in plastic greenhouse. Results showed that photosynthetic rate variation of Longting *mume* in a day was two-peaks curve .The first peak was at about A. m. 9: 00 and Pn was  $5.42\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; and the second was at about 14: 00 and Pn was  $3.27\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; The photosynthetic rate at about P. m. 12: 00 was lowest Pn was only  $2.14\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Noon breaking was visible. Illumination and the consistency of CO<sub>2</sub> were important factors to the net photosynthetic rate of Longting *mume* in plastic greenhouse. Gs and Pn was  $5.42\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; and the second was at about 14: 00 and Pn was  $3.27\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; The photosynthetic rate at about P. m. 12: 00 was lowest Pn was only  $2.14\text{CO}_2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Noon breaking was visible. Illumination and the consistency of CO<sub>2</sub> were important factors to the net photosynthetic rate of Longting *mume* in plastic greenhouse. Gs variation curve was similar to Pn variation curve, but after 15:00 Ci variation curve was on the contrary, pore was a non-factor with the result that. PAR and the consistency of CO<sub>2</sub> in surroundings could affect Pn variation by changing Gs.

**Key words:** *Mume* cultivar in plastic greenhouse; Photosynthetic characteristics; Net photosynthetic rate

什么是叶面施肥“五最佳”

**最佳浓度:** 喷施叶面肥把握最佳浓度, 可达到事半功倍的效果。浓度过高, 易发生肥害或毒素症; 浓度过低, 达不到施肥的目的。常用肥料最佳浓度为: 尿素 0.5%~1%, 磷酸二铵 0.2%~1%, 氯化钙 0.3%~0.5%, 硫酸锌 0.05%~0.2%。

**最佳时期:** 一般蔬菜苗期、始花期或中、后期等需肥关键期是喷施叶面肥的最佳时期。选择阴天或晴天的早晨和傍晚喷施, 效果较好, 应避免在烈日高照时喷施, 雨后应及时补喷。

**最佳用量:** 喷施 50~60 kg/667 m<sup>2</sup> 肥液, 施用时应尽量提高喷雾器的雾化程度, 全株喷施, 新生叶片及叶面的背后不能漏喷。一般蔬菜在整个生长期喷施 2~4 次为宜。

**最佳部位:** 叶面追肥效果的好坏与喷施元素在植株体内移动的速度有关, 移动性较强的元素有氮、磷、钾、钠等, 全部能移动但移动性不强的元素有磷、硫等, 部分移动的元素有铁、铜、锰、铝等。不能移动或移动性小的元素肥料溶液喷在新叶上效果较好。

**最佳混喷:** 各种叶面肥之间混合喷施, 或肥料和农药混喷, 能起到一喷多效的作用, 但混喷时应先弄清肥料的性质和农药的性质。如性质相反, 决不可混合喷施。配制混合溶液时, 一定要搅拌均匀, 现配现用, 一般先把一种肥料配制成水溶液, 再把其他肥料按用量直接加入配制好的肥料溶液中, 溶液摇匀后再喷施。