

文章编号: 1000-5692(2001)04-0366-05

仙客来叶片光合特性及其与环境因子的关系

郑炳松¹, 郑勇平², 余有祥², 程晓建¹, 吴家森¹, 詹伟君², 潘惠群³

(1. 浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 311300; 2. 浙江森禾种业股份有限公司, 浙江 杭州 310006; 3. 嘉兴学院 农学系, 浙江 嘉兴 314000)

摘要: 为了探讨仙客来光合特性及环境因子对仙客来光合速率的影响, 对仙客来叶片光合速率及主要环境因子的周年变化进行了研究。结果表明: 仙客来在晴天光合速率周年的日变化呈双峰曲线。强光、高温和低湿引起仙客来叶片光合“午睡”。中位叶光合速率、光饱和点和光补偿点等较下位叶高, 具有较高的光合生理特性。同时进行遮荫和喷雾处理可以明显改善植株生长发育的小气候条件, 降低高温的抑制, 从而提高光能利用效率, 降低夏季休眠, 促进球茎形成, 有利于翌年春季开花。图 2 表 2 参 13

关键词: 仙客来; 光合作用; 环境因素; 日变化; 年变化

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A

仙客来 *Cyclamen persicum* 又名兔耳花, 原产希腊至叙利亚地中海沿岸的山地, 是世界花卉市场十大畅销盆花之一。花期长, 花色品种繁多, 市场前景十分诱人。仙客来属半耐寒性的球根花卉, 喜温和气候, 不耐高温, 喜日照良好, 不耐强日照。仙客来要求疏松、肥沃、排水良好而富含腐殖质的土壤, pH 值 6.0~6.5。仙客来属中日性植物, 日照长度的变化对花芽分化和开花没有决定性作用^[1]。仙客来盆花生产的影响因素较复杂, 目前尚未有适宜的量化指标。关于仙客来栽培生理和光合作用的研究, 国内外有一些报道。Suda 等^[2] 研究了氮浓度和灌溉时间对仙客来生长和开花的影响; Nam 等^[3] 研究了不同遮荫条件对仙客来生长的影响, 表明 7~9 月 30% 的遮荫最适合; 傅新生等^[4] 对光合作用强度进行了初步研究; 王云山等^[5] 通过不同光强对仙客来生长状况的研究认为在遮光度 66% 黑网下, 日平均照度 1.5 万 lx 栽培的仙客来生长最好, 过强的光照对仙客来苗期生长会造成抑制, 使成苗比例减少, 邓秋才等^[6] 报道 18~20 ℃ 及 65%~85% 的温、湿度范围最适合仙客来生长发育全过程。以上研究只是对仙客来的生理生态进行了单因子的分析, 本试验测定仙客来光合作用的周年变化及其影响因子, 以期揭示仙客来叶片的光合特性, 提出合理的生理生态指标, 为进一步指导仙客来现代化温室栽培提供科学的理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在浙江森禾种业股份有限公司杭州分公司盆花生产基地进行。时间为 2000 年 3 月至 2001 年 3 月, 从移栽后 1 周 (3 月 20 日) 起测定。在晴到少云的天气选取完全展开的中位叶与下位叶进行测

收稿日期: 2001-06-09; 修回日期: 2001-09-10

作者简介: 郑炳松(1972—), 男, 浙江龙游人, 讲师, 博士生, 从事植物分子生理研究。

定。上午 6: 00 左右开始测定, 全天测 9 次。以后每隔 1~2 月测 1 次, 测定时间为上午 9: 00 左右。

1.2 光合速率的测定

光合速率采用美国 Li-cor 公司生产的 LI-6000 便携式光合作用系统测定。

1.3 环境因子的测定

光照强度、气温等环境因子采用美国 Li-cor 公司生产的 LI-1600 恒态气孔计测定。

2 结果与分析

2.1 光合作用与环境因子的日变化

由图 1 可以看出, 6 月份仙客来中位叶和下位叶的光合速率日变化呈不对称双峰曲线, 其变化规律一致, 其中中位叶光合速率 9: 45 之前低于下位叶, 而后始终高于下位叶, 并且峰值后移 (图 1a), 这与傅新生等^[4] 报道一致。中位叶是植株生长发育的中坚力量, 光合速率高于上下位叶之和^[4]。上午 9: 45 下位叶先达到高峰, 而后 10: 22 时中位叶达到第 1 个高峰, 然后下降, 12: 20 下位叶光合速率降到最低, 13: 20 时中位叶光合速率才降到最低, 下午下位叶的峰值在 13: 20 左右, 而中位叶的峰值在 14: 20 左右 (图 1a)。变化曲线与王春清、刘旭锋等在葡萄和猕猴桃上的研究结果一致^[7, 8]。说明仙客来叶片光合作用存在“午睡”现象, 可能是光抑制的结果。从光量子通量的变化可见, 夏季晴好天气光量子通量呈一单峰曲线, 中午 11: 30~13: 20 达最高, 为 $960 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 测定当天气温以中午最高 (图 1b)。气孔导度在 10: 22 达到最大, 随后下降, 在 12: 20 左右维持低水平 (图 1c)。相对湿度的变化基本呈倒山峰型, 由早晨 44.2% 降至中午 20.3%, 下午略有回升 (图 1b)。气温 (图 1b)、蒸腾速率 (图 1d) 和光强在 11: 30~12: 20 之间保持较高水平, 而相对湿度和内部二氧化碳浓度处于较低水平, 与光合速率午休同期发生, 表明光合速率下降与这些因素有直接关系, 持续的强光, 使温度和蒸腾强度上升, 造成水分代谢失调, 相对湿度和气孔导度下降, 抑制了参与光合过程的 Rubisco 酶的活性, 导致光合速率下降^[9~13], 出现明显的光合“午睡”现象。

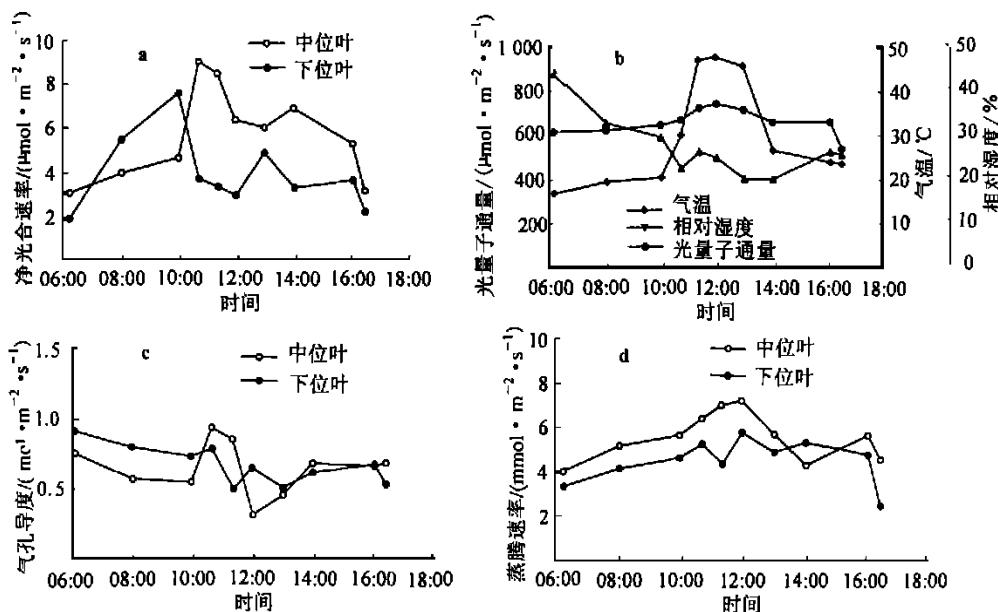


图 1 仙客来叶片光合速率及环境因子的日变化

Figure 1 Diurnal changes of environmental factors and photosynthetic rate of *Cyclamen persicum* leaves

2.2 光合作用的年变化

仙客来叶片一年中光合速率的年变化表现为双峰曲线型 (图 2a)。3 月初光强较弱, 气温刚回升, 植株呼吸旺盛, 净光合速率较低。随着叶片发育, 光合速率迅速上升, 至 5 月底达到峰值, 以后逐渐

下降。这与傅新生、邓秋才等^[4,6]的报道一致。因此，在仙客来现代化温室栽培过程中，尤其是在苗期，应加强保苗，增加叶片数量和叶面积的管理，适时施肥（包括叶面肥），促进有机物的积累并向花芽分化的转化（另文待发表）。7月初至9月初光合速率显著降低，表现出“夏季休眠”现象，这可能与强光、高温和干燥有关。之后，天气转凉，净光合速率有少量回升，10月初出现一小的高峰，但只有6月最高峰的34%~57%，表明生长后期光合速率与叶片衰老、环境因子不适及本身内部生理活性较低有关。从光合作用光量子通量的年变化可见（图2b），7月左右达到高峰，随后下降，在1月处于最低水平。蒸腾速率和气孔导度的变化规律与气温较一致（图2c, d）。相对湿度的变化规律与光合作用光量子通量正好相反，3~4月达到最高，之后逐渐下降，10月初略有回升（图2b）。通过光合速率与环境因子的相关性分析（表1），表明相对湿度是仙客来光合作用最大的影响因子，其次为光照强度、叶温、蒸腾强度和气孔导度。影响气孔导度最大的因子是蒸腾强度，影响蒸腾强度最大的因子是相对湿度，影响相对湿度最大的因子是叶温，相关系数分别为0.88, 0.80, -0.85。因此，通过降低叶温，增加相对湿度，使室温保持在15~25℃之间，从而使仙客来度过休眠期，维持正常的生理活动，缩短生育期，实现四季开花。从不同叶龄叶片来看，中位叶光合速率等都较下位叶高（图2），表明新生叶片具有较高的生理生化机能和旺盛的光合能力。

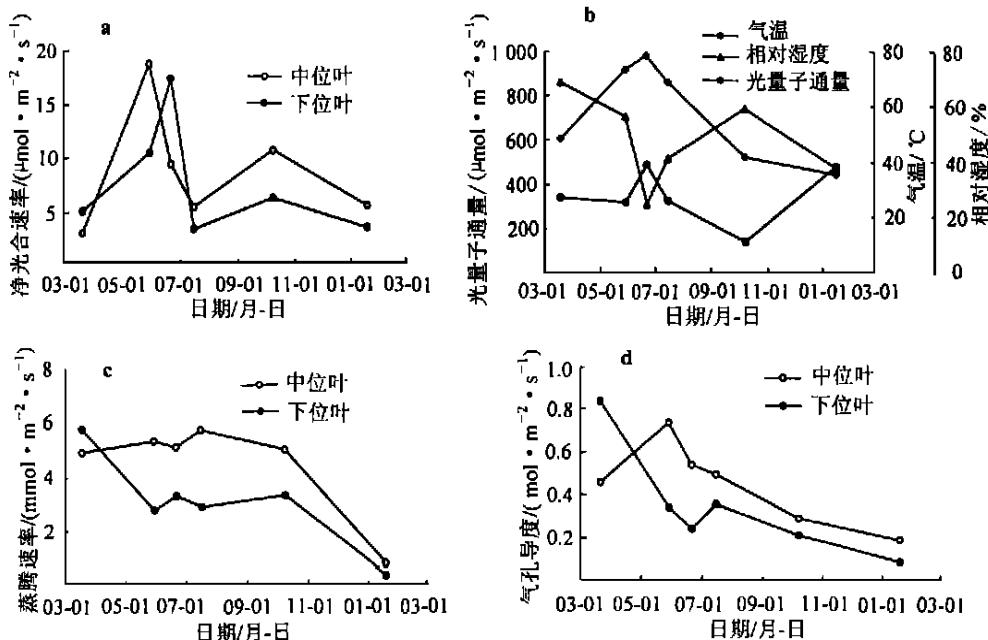


图2 仙客来叶片净光合速率及其影响因子的年变化

Figure 2 Seasonal fluctuations of environmental factors and net photosynthetic rate of *Cyclamen persicum* leaves

表1 光合速率及其环境因子的相关性分析

Table 1 Relationship of net photosynthetic rate and environment factors

光合速率	气孔导度	蒸腾速率	光量子通量	相对湿度
气孔导度	-0.15			
蒸腾速率	0.68 **	0.88 **		
光量子通量	0.94 **	-0.43	-0.10	
相对湿度	0.97 **	-0.50	-0.48	-0.32
叶温	-0.87 **	0.76 **	0.80 **	0.23
说明：**表示相关极显著				-0.86 **

2.3 光饱和点和光补偿点

在不同的光照条件下，仙客来植株光合速率不同。王云山等^[5]通过不同光强对仙客来生长状况的研究认为日平均照度1.5万lx栽培的仙客来生长最好。过强的光照对仙客来苗期生长会造成抑制。随

着光照强度的增加,光合速率逐渐增加,当光照强度达到一定强度时,光合速率不再增大。傅新生^[4]认为仙客来最佳照度区间为 $650\sim720\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。本试验在人工光强条件下,对仙客来叶片光合-光响应特性进行测定。结果表明,仙客来中位叶和下位叶的光合-光响应曲线方程分别为 $y=-0.00003x^2+0.0334x-4.3343$, $y=-0.00003x^2+0.0404x-5.8114$ (y 代表光合速率, x 代表光量子通量)。由此求得仙客来中位叶的光补偿点为 $121\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,低于下位叶的光补偿点 $131\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光饱和点为 $1791\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,高于下位叶为 $1477\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,相当于全光照的 $151\%\sim183\%$,表现出喜光耐荫特性。因此,在仙客来的温室栽培中,必须采取一定的遮荫措施,把光照强度控制在光饱和点以下,这是通过调节光照强度,增加光合速率,进行仙客来现代化温室栽培的关键措施之一。

2.4 不同处理条件对仙客来叶片光合速率的影响

由表2可以看出,仙客来在不同处理条件下光合特性发生很大的变化。夏季遮荫明显降低光量子通量,平均下降了31%,而光合速率只是下降了11%。蒸腾速率、气孔导度、相对湿度、叶温、气温和二氧化碳质量分数分别下降11%,9%,3%,3%,8%和4%。表明遮荫有助于提高仙客来的栽培环境条件,从而提高净光合速率。这与Nam等^[2]研究一致。夏季喷雾明显提高光合速率,平均上升了82%,相对湿度、气温和二氧化碳质量分数分别提高了23%,3%和36%,而光量子通量、蒸腾速率、气孔导度和气温分别下降6%,48%,37%和1%,表明喷雾同样有助于提高仙客来的栽培环境条件,从而提高光能利用效率。从表2还可以看出,同时进行遮荫和喷雾处理的效果比单个处理的效果好,这主要是由于遮荫和喷雾可以同时降低光照强度和温度,增加相对湿度,从而改善仙客来生长发育的小气候环境条件,促进仙客来的营养生长,增加叶片数量,降低对高温的抑制,植株不休眠或半休眠,维持其高光效状态,促进有机物向地下茎积累,有利于翌年春季开花。

表2 不同处理条件下仙客来光合特性的变化

Table 2 Changes of photosynthetic characteristics of *Cyclamen persicum* under different treatments

处理	净光合速率/ ($\mu\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光量子通量/ ($\mu\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	相对湿度/ %	二氧化碳质量 分数/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	叶温/ ℃	气温/ ℃
未遮荫未喷雾	5.56	756	948	0.620	37.28	356.8	33.87	36.52
未遮荫喷雾	9.89	749	5.05	0.421	47.24	428.5	33.22	36.07
遮荫未喷雾	4.78	553	8.63	0.600	38.81	346.7	32.73	36.73
遮荫喷雾	8.90	485	4.30	0.352	48.52	499.1	32.35	36.17

3 结论

仙客来叶片在晴天的光合速率日变化呈双峰曲线,中午前后光合速率下降,出现“午睡”现象。强光、高温和低湿都会降低光合速率。因此加强水分管理,适时灌溉,对于降温,增湿,减少蒸腾,改善小气候,提高光合速率极为重要。仙客来叶片光合速率年变化受环境因子和内部生理因子的变化而呈现双峰曲线型。试验表明,气温、光照强度、水分含量、气孔阻力等环境因子对光合作用均有显著影响。仙客来不同龄叶片具有不同的光合速率。中位叶的光合速率较下位叶高,表明新生叶片具有较高的生理生化机能和旺盛的光合能力。仙客来中位叶的光补偿点为 $121\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,低于下位叶的光补偿点 $131\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光饱和点为 $1791\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,下位叶为 $1477\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,表现出喜光耐荫特性。同时进行遮荫和喷雾处理的效果较好,降低光照强度和温度,增加相对湿度,改善仙客来生长发育的小气候环境条件,促进仙客来生长,提高光能利用效率。

参考文献:

- [1] 蔡顺清,龚夏霞.家庭养花技术[M].上海:上海科学技术出版社,1999.266—271.
[2] Suda A, Nishio J, Fukuda M. The effects of nitrogen concentration and irrigation frequency on the growth and flowering of cyclamen grown with an

- ebb and flow system [J]. *Research bulletin of the aidi ken agricultural research center*, 1996, 28: 219–225.
- [3] Nam C W, Kim W B, Yoo D L, et al. Growth and flowering of *Cyclamen persicum* as affected by the different sowing dates using highland raised seedlings during summer season [J]. *J Agric Sci Hortic*, 1996, 38(2): 491–495.
- [4] 傅新生, 俞质慧, 卢李红. 仙客来光合特性的研究[J]. 上海园艺学报, 1988, 14(1): 9—11.
- [5] 王云山, 康黎芳. 不同光照强度对仙客来生长及叶解剖的影响[J]. 山西农业科学, 1999, 27(1): 53—56.
- [6] 邓秋才, 白恒勤, 祁广勇. 仙客来生长发育与环境因子关系[J]. 内蒙古林学院学报, 1989, 5(2): 76—81.
- [7] 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—284.
- [8] 刘旭锋, 樊秀芳. 猕猴桃幼树光合特性的研究[J]. 园艺学报, 1993, 20(4): 329—333.
- [9] Salvucci M E. Regulation of Rubisco activity in vivo [J]. *Physiol Plant*, 1989, 77: 164—171.
- [10] 翁晓燕, 蒋德安, 陆庆, 等. 影响水稻叶片光合日变化因素的分析[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(2): 105—108.
- [11] 翁晓燕, 蒋德安, 陆庆. 影响水稻光合日变化的酶和相关因素的分析[J]. 生物数学学报, 1999, 14(4): 495—500.
- [12] Jiang D, Xu N F. Diurnal changes of net photosynthetic rate, stomatal conductance and Rubisco in rice [J]. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 1996, 22(1): 94—100.
- [13] 许大全, 李德耀, 沈允纲, 等. 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象研究[J]. 植物生理学报, 1984, 10(3): 269—276.

Relationship between photosynthetic characteristics of *Cyclamen persicum* and environmental factors

ZHENG Bing-song¹, ZHENG Yong-ping², YU You-xiang², CHENG Xiao-jian¹,
WU Jia-sen¹, ZHAN Wei-jun², PAN Hui-qun³

(1. Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;
2. Zhejiang Senhe Seed Company Ltd., Hangzhou 310004, Zhejiang, China; 3. Department of Agronomy,
Jiaxing College, Jiaxing 314000, Zhejiang, China)

Abstract: In order to discuss photosynthetic characteristics of *Cyclamen persicum* leaves and effects of environmental factors on photosynthetic rate, the experiments were conducted to study diurnal changes and seasonal fluctuation of the net photosynthetic rate and major environmental factors. The net photosynthetic rate reaches peaks at 10: 22 and 13: 42 respectively in dry-heat conditions. And it reaches also peaks on June and October in one year respectively. Hard photosynthetic photon flux, high air temperature and low relative humidity result in “sleeping at noon” for *Cyclamen persicum* leaves. The diurnal changes and seasonal fluctuation of net photosynthetic rate are affected by major factors, i. e. photosynthetic photon flux, air temperature, stomatal conductance, transpiration and relative humidity as well. The net photosynthetic rate, the light-saturating photosynthetic rate and the light compensation photosynthetic rate of middle-part leaf are higher than those of lower-part leaf. Shading and spraying are contributed to improving the microclimate condition of *Cyclamen persicum* growth, increasing anti-high-temperature and efficiency for solar energy utilization, decreasing “sleeping in summer”.

Key words: *Cyclamen persicum*; photosynthesis; environmental factors; diurnal changes; annual changes