

文章编号: 1000-5692(2005)02-0176-04

仙客来夏季休眠期叶片光合速率和植株 氮磷钾质量分数的变化

詹伟君¹, 余有祥², 程晓建³, 吴家森³, 郑炳松³

(1. 浙江发展园林实业有限公司, 浙江 杭州 310020; 2. 浙江森禾种业股份有限公司, 浙江 杭州 310006

3. 浙江林学院 生命科学学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 仙客来 *Cyclamen persicum* 在夏季高温强光的休眠期间蒸腾速率上升, 造成水分代谢失调, 气孔阻力上升, 光照强度和温度上升, 光合速率下降。同时整个植株的全氮质量分数缓慢增加, 全磷质量分数逐渐下降, 全钾质量分数先增加后下降, 源叶和根系中氮磷钾质量分数基本呈下降趋势, 而球茎中的氮和钾有所积累, 磷质量分数基本不变。这些变化趋势与仙客来遇高温强光停止生长而进入休眠的表现相一致。表4参17

关键词: 植物生理学; 仙客来; 光合速率; 休眠; 氮; 磷; 钾

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A

仙客来 *Cyclamen persicum* 原产地中海沿岸的山地, 是世界花卉市场十大畅销盆花之一。仙客来属半耐寒性的球根花卉, 喜温和气候, 不耐酷暑和严寒, 喜日照良好, 不耐强日照。因此, 夏季的高温 and 强光对仙客来的生长发育有着非常重要的影响。高温和强光可以造成仙客来植株停止生长, 叶片失绿脱落, 光合速率下降, 进入强迫性的夏季休眠^[1], 直接影响着植株的质量。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; 吴永华等^[3]研究了仙客来无土栽培营养液中氮磷钾和铁的最佳组合和适宜的剂量范围; Nam等^[4]研究了不同遮荫条件对仙客来生长的影响, 表明7~9月的高温季节30%的遮荫最适合; 王云山等^[5]通过不同光照强度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, 过强的光照强度对仙客来苗期生长会造成抑制, 使成苗比例减少; 郑炳松等^[6]对仙客来叶片光合速率及其主要环境因子的周年变化进行了研究, 结果表明强光、高温和低湿引起仙客来叶片光合“午睡”; 曲复宁等^[6]报道高温胁迫下仙客来根系活力下降, SOD活性先升高, 后下降, 游离脯氨酸上升, 丙二醛升高, 进入休眠; 邓秋才等^[7]报道18~20℃及65%~85%的温湿条件最适合仙客来的生长发育。但以上研究只是部分涉及休眠问题, 未能就此展开全面的探讨, 因此, 研究仙客来休眠期间营养生理特性和叶片光合生理特性对于了解影响仙客来夏眠的关键因素, 进而采取相应的技术措施, 提高植株的抗高温强光能力, 进一步指导仙客来现代化温室栽培有着重要的意义。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验材料为美国产仙客来, 品种为Sierra(绯红色)。试验在浙江森禾种业股份有限公司杭州分公

收稿日期: 2004-11-18; 修回日期: 2005-02-20

作者简介: 詹伟君, 从事植物生理学等研究。E-mail: zhanweijun@sohu.com

司盆花生产基地进行。播种 10 个月后选取生长均匀一致的植株进行处理, 时间为 2001 年 8 月至 2001 年 9 月, 每隔 15 d 测定光合速率等光合生理因子, 同时采集样品烘干, 称量, 进行营养因子的测定。在晴到少云的天气选取完全展开的叶片进行测定, 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。

1.4 营养因子的测定

氮磷钾质量分数测定采用原子吸收分光光度法。

2 结果与分析

表 1 仙客来休眠期间的生长发育状况

Table 1 Phenotypes of *Cyclamen persicum* leaves during dormancy in summer

时间/ (月-日)	叶片/张	冠幅/ cm	球茎/ cm
08-01	26±4	22.25±4.11	2.40±0.24
08-15	27±3	23.00±1.41	2.33±0.10
09-01	30±4	24.50±2.38	2.35±0.51

从表 1 可以看出, 仙客来叶片数从 8 月 1 日的 26 张增加到 9 月 1 日的 30 张, 只增加了 11.3%。冠幅从 8 月 1 日到 9 月 1 日只增加了 5.6%。球茎是先下降后增加。

2.2 光合速率的变化

由表 2 可以看出, 仙客来夏季叶片的光合速率总体较低, 8 月 1 日光合速率为 $2.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 8 月 15 日为 $2.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 9 月 1 日为 $3.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这与我们 2000 年的研究报道一致。表明 8 月初至 9 月初强光、高温和干燥导致仙客来叶片光合速率显著降低, 表现出“夏季休眠”现象。

2.3 环境因子的变化

从光照强度的变化 (表 2) 可见, 夏季晴好天气在上午 9:00 左右光照强度很高, 平均为 $714 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 其中以 8 月 1 日为最高, 9 月 1 日最低。叶温以 8 月 1 日为最高, 气孔阻力以 8 月 15 日为最高, 蒸腾速率以 8 月 1 日为最高, 然后下降。相对湿度以 8 月 15 日为最低。温度、蒸腾速率和光照强度在 8 月至 9 月保持较高水平, 而相对湿度和内部二氧化碳质量分数处于较低水平^[17], 与光合速率夏眠同期发生, 表明光合速率下降与这些因素有直接关系。持续的强光, 使温度和蒸腾速率上升, 造成水分代谢失调, 相对湿度和气孔阻力上升, 抑制了参与光合过程的 Rubisco 酶的活性, 导致光合速率下降^[8~16], 出现明显的光合“夏眠”现象, 而春秋季节光合速率可达到 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上^[17]。

表 2 仙客来休眠期间的光合速率及其环境因子的变化

Table 2 Changes of photosynthetic rate and its environmental factors of *Cyclamen persicum* leaves during dormancy in summer

时间/ (月-日)	光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光照强度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔阻力/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	相对湿度/ %	叶片温度/ °C	气温/ °C	CO ₂ / (mg·kg ⁻¹)
08-01	2.4±0.6	782.2±34.4	0.94±0.10	8.47±1.44	35.0±0.2	34.2±0.2	33.1±0.1	335.2±1.5
08-15	2.2±0.7	710.7±26.7	1.57±0.04	6.75±0.93	32.7±1.0	33.5±1.0	38.5±3.0	335.5±1.3
09-01	3.9±1.1	650.7±48.3	0.62±0.05	6.63±0.83	33.7±2.3	33.7±0.5	34.2±1.1	336.0±0.8

2.4 营养因子的变化

从整个植株的全氮质量分数来看, 随着时间的推移, 8 月 1 日到 9 月 1 日是逐渐增加的, 表明尽管仙客来是处于休眠状态, 但还是

表 3 仙客来休眠期间氮磷钾总质量分数的变化

Table 3 Changes of the contents of N, P, K of *Cyclamen persicum* during dormancy in summer

时间/ (月-日)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)
08-01	16.3±0.5	15.2±0.7	120.1±4.2
08-15	17.7±0.4	13.1±0.6	158.8±2.9
09-01	18.3±0.6	13.3±0.9	139.3±4.7

进行着较弱的营养生长(表3)。从全磷来看,整个过程是逐渐下降的,表明仙客来在生长过程中对磷的吸收受到一定的影响。从全钾来看,是先增加后下降,表明仙客来对夏季高温干旱季节的一个适应过程。

从各个器官组织来看,叶片含氮量略有增加,仙客来球茎含氮量增加最快也最多,而根系的含氮量逐渐下降,这与夏季休眠期仙客来叶片光合基本停止,源叶中光合产物逐渐向库(球茎)转移和积累有关。而根系的生长也基本停止,光合产物同样向球茎中转移,以适应高温干旱的逆境(表4)。磷在叶片中是逐渐下降的,而在球茎中基本不变,根系

表4 仙客来各种组织在休眠期间氮磷钾质量分数

Table 4 Changes of the contents of N, P, K in *Cyclamen persicum* tissues during dormancy in summer

组织	时间/ (月·日)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)
叶	08-01	5.8±0.4	5.8±0.4	63.1±3.0
	08-15	6.4±0.1	4.9±0.4	56.4±2.5
	09-01	6.7±0.1	4.2±0.5	52.5±3.0
球茎	08-01	3.4±0.2	6.4±0.1	23.8±2.0
	08-15	5.1±0.4	6.1±0.2	31.7±3.8
	09-01	6.7±0.2	6.6±0.2	45.9±3.0
根	08-01	7.1±0.2	3.0±0.3	33.2±3.5
	08-15	6.2±0.8	2.1±0.2	70.7±4.6
	09-01	4.9±0.4	2.5±0.2	40.9±2.1

中磷逐渐下降(表4)。钾与氮呈现有所不同的趋势。源叶中含钾量逐渐下降,保卫细胞关闭,减少水分蒸发,以抵抗不利的环境和气候条件。球茎中含钾量逐渐增加,而根系中含钾量则是先增加后下降(表4)。

3 讨论

仙客来原产地中海沿岸国家,形成了秋天开始长叶生长,早春开花的习性。当不适宜的夏季高温来临时开始落叶强迫进入夏眠。近来有关仙客来夏季休眠的栽培管理措施研究较多,但有关仙客来夏季休眠的综合原因及相关的研究较少。本文通过对仙客来休眠期间的光合生理特性,结合营养生理和环境因子变化的研究,探索仙客来夏季休眠的内外因子,并提出相关的克服夏季休眠的栽培措施。

我们在较早的研究中^[17]发现仙客来叶片在晴天光合速率日变化呈双峰曲线,中午前后光合速率下降,出现“午休”现象。强光、高温和低湿都会降低光合速率。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,7~9月呈现低谷状态(夏眠)。试验表明,温度、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(表2),这与曲复宁等^[9]报道的结果一致。

仙客来休眠期间的营养水平有明显的变化,源叶和根系中氮磷钾营养水平逐渐下降,而球茎中氮磷钾营养水平逐渐上升,表明仙客来为了适应外界高温干旱的环境条件而进行的一种自我调节的过程。氮被称为生命元素。氮是植物体内许多重要化合物的组成成分。核酸、蛋白质和酶、磷脂、叶绿素、光敏素、植物激素、维生素、生物碱等都含有氮。其次,氮参与物质和能量的代谢,组成高能三磷酸化合物、辅酶和铁卟啉等。上述物质有的构成生物膜、原生质和细胞核等结构物质,有的参与和调节植物体内的代谢活动,控制植物的生命活动过程。源叶中氮含量的下降导致光合速率下降(表2),超氧化物歧化酶活性下降^[9],植物吸收光能的能力下降,细胞结构被破坏降解,最终生长停止,进入休眠状态。同样,根系中氮质量分数的下降导致硝酸还原酶活性下降^[9],根系对矿质元素和水分的吸收能力下降,根系活力明显下降,从而影响了整个植物的生长发育过程。叶片和根系中磷的质量分数下降导致细胞膜结构受到破坏,能量代谢受到抑制,糖的运输受到阻碍,从而影响蛋白质、脂肪和淀粉的代谢和植物的生长发育,抗高温干旱能力下降。钾质量分数的水平影响植物的水分代谢,钾在细胞中是构成渗透势的主要成分。钾能影响气孔运动,从而调节蒸腾作用。仙客来在休眠期间叶片中钾质量分数下降,表明细胞原生质的水合度下降,细胞失去保水能力,游离氨基酸和可溶性糖增加,导致能量的消耗过大,植物进入生长停止状态。

仙客来有夏季休眠特性, 因此要使仙客来安全度夏, 必须采取有效的养护措施。在仙客来夏季休眠期间, 加强管理, 控制温度, 采取遮荫喷雾等有效措施, 促进光合速率的稳定, 从而有足够的能量来源, 适当施肥, 提高氮磷钾的营养水平, 全面提高仙客来植株的综合抗高温干旱能力, 促进仙客来稳定生长发育。

参考文献:

- [1] 曾广文, 蒋德安. 植物生理学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998.
- [2] Suda A, Nishio J, Fukuada M. The effects of nitrogen concentration and irrigation frequency on the growth and flowering of cyclamen grown with an ebb and flow system [J]. *Res Bull Aichi Ken Agric Res Cent*, 1996, **28**: 219-225.
- [3] 吴永华, 冯国琦, 李正平. 仙客来无土栽培培养液中氮、磷、钾、铁浓度先优试验研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, **35** (2): 197-201.
- [4] Nam C W, Kim W, Yoo D, et al. Growth and flowering of *Cyclamen persicum* as affected by the different sowing dates using highland raised seedling during summer season [J]. *J Agric Sci Hort*, 1996, **38** (2): 491-495.
- [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] 曲复宁, 王云山, 张敏, 等. 高温胁迫对仙客来根系活力和叶片生化指标的影响[J]. 华北农学报, 2002, **17** (1): 127-131.
- [7] 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.
- [8] 傅新生, 俞质慧, 卢季红. 仙客来光合特性的研究[J]. 上海园艺学报, 1988, **14** (1): 9-11.
- [9] 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.
- [10] 刘旭峰, 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.
- [11] Salvucci M E. Regulation of Rubisco activity in vivo [J]. *Physiol Plant*, 1989, **77**: 164-171.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Jiang D A, Xu N F. Diurnal changes of net photosynthetic rate, stomatal conductance and Rubisco in rice [J]. *Acta Phytophy Sin*, 1996, **22** (1): 94-100.
- [15] 许大全, 李德耀, 沈允钢, 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.
- [16] 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): 158-162.
- [17] 郑炳松, 余有祥, 程晓建, 等. 仙客来光合特性及其与环境因子的关系[J]. 浙江林学院学报, 2001, **18** (4): 366-370.

Photosynthetic characteristics and N, P, K contents of *Cyclamen persicum* during the summer dormancy stage

ZHAN Wei-jun¹, YU You-xiang², CHENG Xiao-jian³, WU Jia-sheng³, ZHENG Bing-song³

(1. Zhejiang Development Landscaping Co. Ltd., Hangzhou 310020 Zhejiang, China; 2. Zhejiang Senhe Seed Company Ltd., Hangzhou 310020 Zhejiang, China; 3. The School of Life Science, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: During the dormancy stage with high temperature and strong light in summer, the transpiration rate of *Cyclamen persicum* increased, which led to moisture decomposition, rise in stoma resistance, rise in illumination intensity and temperature, and fall in photosynthesis rate. At the same time, the mass fraction of nitrogen increased slowly, that of phosphor decreased gradually, that of potassium first increased then decreased in the plant. The mass fractions of nitrogen, phosphor and potassium in the source leaves and roots decreased; while in the corn, those of nitrogen and phosphor accumulated and that of phosphor unchanged. These changes were consistent with the behaviors of *Cyclamen persicum* in the dormancy caused by high temperature and strong light. [Ch, 4 tab. 17 ref.]

Key words: photophysiology; *Cyclamen persicum*; photosynthetic rate; dormancy; nitrogen; phosphate; potassium