

二十五个切花菊品种光合日变化特性研究

余倩花¹, 邝琦¹, 周厚高¹, 何泽明², 王文通¹

(1. 仲恺农业工程学院 园艺园林学院, 广东 广州 510225; 2. 广东升威实业有限公司, 广东 广州 510200)

摘要:以广东地区主栽的 25 个切花菊品种为试材, 采用 LI-6400XT 便携式光合测定系统, 研究了其净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率等的光合日变化特性。结果表明: 主要切花菊品种的光合日变化有 2 种模式, 11 个品种的净光合速率为单峰型, 14 个品种为双峰型。光合“午休”的双峰型主要是由非气孔因素限制造成的。“八月黄”等 10 个切花菊品种的净光合速率与气孔导度和蒸腾速率的日变化曲线存在高度的一致性, 而与胞间 CO₂ 浓度呈负相关关系。季度净光合速率日均值随月份变化有所不同, 其大小排序为: 2009/09 > 2010/03 > 2009/12 > 2009/11 > 2010/01 > 2009/10; “十九少男”、“八月黄”、“百凤池”、“新台红”、“红美人”、“十八小姐”6 个切花菊品种具有高光合能力。

关键词:切花菊; 净光合速率(Pn); 气孔导度(Gs); 蒸腾速率(Tr); 胞间 CO₂ 浓度(Ci)

中图分类号:S 682.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0053-05

光合作用是植物特有的生理功能, 是把太阳能转变为可储存的化学能的过程, 也是从无机物合成有机物并且释放氧气的过程。研究植物的光合作用有助于更好地把握光合规律并为生产实践服务。近年来, 菊花光合作用研究主要集中在光合特性基础研究^[1-4]、外来入侵种竞争机理研究^[5-8]以及逆境胁迫^[9-14]研究等方面, 有关多个切花菊品种之间的光合日变化研究少见报道。现研究了 25 个切花菊品种的光合日变化特性, 旨在结合塑料大棚设施栽培技术及环境因素, 为切花菊日常种植管理、现代设施栽培及商品化生产提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为 25 个切花菊品种“神马”、“三色白”、“四季白”、“世界白”、“黄菊白”、“新大白”、“台白”、“荷兰金”、“绿菊”、“Dellia Cream”、“Kord”、“八月黄”、“百凤池”、“光台红”、“光台黄”、“小台红”、“新台红”、“台红”、“卫星”、“黄秀凤”、“红美人”、“十八小姐”、“十九少男”、“西洋菊”、“花猫菊”, 均由广东升威实业有限公司提供, 剪取切花菊幼嫩枝梢进行软枝扦插, 成活后移栽至塑料大棚, 按 20 cm × 25 cm 规格移栽入地, 由农场工人进行日常肥水管理。

第一作者简介:余倩花(1984-), 女, 广东兴宁人, 硕士, 助教, 研究方向为园林植物遗传育种。E-mail: qianhuayu@126.com.

责任作者:周厚高(1962-), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向为花卉遗传育种。E-mail: zhouhougao@163.com.

基金项目:广东省现代农业产业体系岗位专家专项资助项目(粤财教[2009]356号); 广州市科技计划资助项目(广州科[2011]212号); 广州市农业科技切花菊育种专项资助项目(广州农科[2011]321号)。

收稿日期:2012-09-25

1.2 试验方法

试验在广州市番禺区仲恺农业工程学院钟村农场塑料大棚内进行。

1.2.1 单日光合日变化测定 对 25 个供试切花菊品种长势一致、无病虫害的健壮株进行挂牌。选择晴朗无云天气(2009 年 8 月 19 日), 取挂牌植株上部向阳生长的健康成熟叶片(从枝梢往下第 4 片叶), 从早上 8:00~17:00 每隔 1 h 测定 1 次, 每个品种 1 h 内重复测定 3 次, 测定指标为净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)等。

1.2.2 季度光合日变化测定 供试切花菊品种 2009 年 7 月移栽至塑料大棚, 8 月开始进行每月光合测定。2009 年 9 月 1 日开始照灯处理, 每晚 18:00~22:00 用 100 W 普通照明灯泡进行补光, 抑制切花菊花芽分化。每月中下旬进行光合日变化测定, 重复 2 个晴天, 测定方法同 1.2.1, 为排除晴阴交替天气的不良影响, 取当月更有代表性的一组数值进行数据分析。每月取各切花菊品种 10 个测定时间的净光合速率平均值为日均值, 代表各切花菊品种在该月光合能力的强弱, 25 个切花菊品种日均值的平均值为当月日均值, 反映切花菊品种各月总体光合能力的大小。试验用于数据分析的测定日期为 2009 年 9 月 18 日、10 月 25 日、11 月 25 日、12 月 21 日及 2010 年 1 月 18 日、3 月 20 日。

1.3 项目测定

用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400XT 便携式光合测定系统进行活体叶片测定。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2003 软件处理分析数据。

2 结果与分析

2.1 单日光合日变化

2.1.1 净光合速率的日变化 25 个切花菊品种的光合作用存在明显的差别,总体可分为双峰型和单峰型(图 1)。由表 1 可知,所有品种的最大净光合速率中,最小为“光台红”,最大为“百凤池”;“光台红”净光合速率日均值最小,为 $3.31 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,”新台红”最大,为 $8.10 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而“百凤池”居次高,为 $7.98 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。“十八小姐”、“新大白”和“神马”峰值出现在 9:03,“西洋菊”的峰值出现在 10:08,“八月黄”、“红美人”和“卫星”3 个品种的峰值出现在

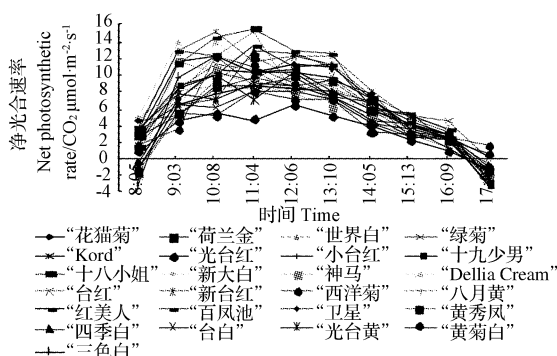


图 1 25 个切花菊品种净光合速率的日变化
Fig. 1 Diurnal change of net photosynthetic rate (Pn) of 25 cut chrysanthemum cultivars

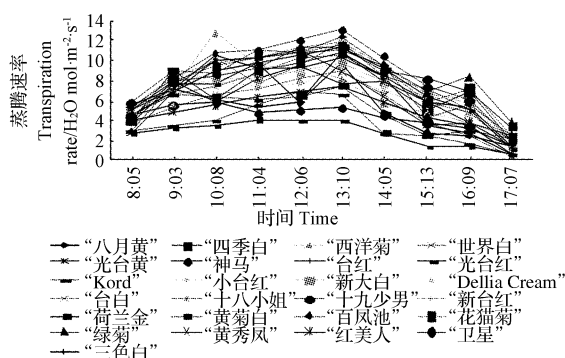


图 3 25 个切花菊品种蒸腾速率的日变化
Fig. 3 Diurnal change of transpiration rate (Tr) of 25 cut chrysanthemum cultivars

2.1.2 气孔导度、蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度的日变化 分析 25 个切花菊品种气孔导度的日变化情况可知(表 1),各品种气孔导度的日均值集中在 $0.07 \sim 0.37 \text{ H}_2\text{O} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,其中“光台红”日均值最小,“十九少男”最大,“新台红”次高,为 $0.34 \text{ H}_2\text{O} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。各品种曲线复杂多变,“西洋菊”、“十八小姐”、“台白”、“黄菊白”、“台红”、“新台红”、“小台红”、“Kord”、“Dellia Cream”、“新大白”和“卫星”均呈单峰型;“十九少男”、“八月黄”、“三色白”、“绿菊”、“花猫菊”、“黄秀凤”和“红美人”为双峰型;其余品种出现三峰或直降现象。由表 1 可知,蒸腾速率的日均值范围为 $2.73 \sim 8.59 \text{ H}_2\text{O} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,其最小最大值分别对应“光台红”和“十九少男”,蒸腾速率与气孔导度的日变化情况基本相似。“西洋菊”、“十八小姐”、

11:04,而“台白”、“黄菊白”、“光台黄”和“三色白”4 个品种曲线呈较规整的抛物线状,在 10:08 时净光合速率稍微下降,11:04 均回升并居全天最大峰值,以上曲线均呈单峰型;此外,“花猫菊”、“世界白”、“Kord”、“小台红”、“荷兰金”、“绿菊”、“光台红”和“十九少男”8 个品种的曲线峰值分别出现在 10:08 和 12:06,“Dellia Cream”、“新台红”、“台红”3 个品种的峰值出现在 10:08 和 13:10,“百凤池”、“黄秀凤”和“四季白”3 个品种的最高峰值出现在 11:04,次高峰值出现在 13:10,以上曲线均为双峰型。综上,25 个切花菊品种净光合速率的日变化曲线中,有 11 个品种呈单峰型和 14 个品种呈双峰型。

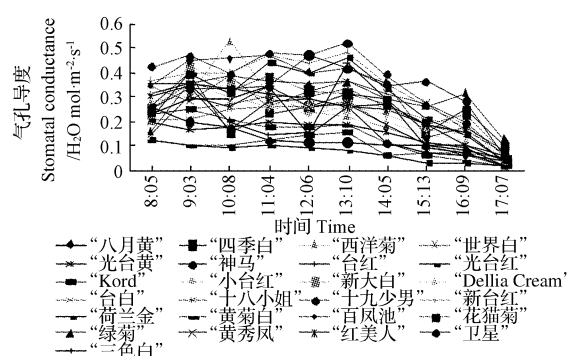


图 2 25 个切花菊品种气孔导度的日变化
Fig. 2 Diurnal change of stomatal conductance (Gs) of 25 cut chrysanthemum cultivars

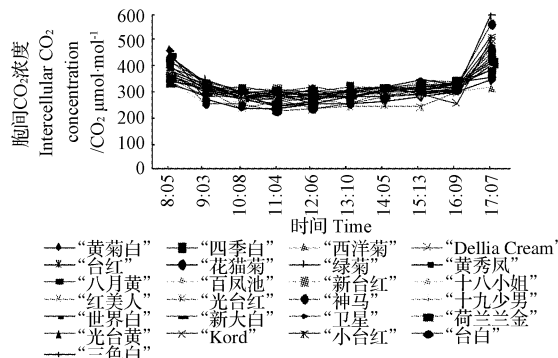


图 4 25 个切花菊品种胞间 CO_2 浓度的日变化
Fig. 4 Diurnal change of intercellular CO_2 concentration (Ci) of 25 cut chrysanthemum cultivars

“台白”、“黄菊白”、“新台红”、“小台红”、“Kord”、“卫星”、“光台黄”、“光台红”、“十九少男”和“荷兰金”的蒸腾速率曲线呈单峰型;“八月黄”、“四季白”、“世界白”、“三色白”、“神马”、“台红”、“新大白”、“Dellia Cream”、“百凤池”、“绿菊”、“花猫菊”、“黄秀凤”和“红美人”的曲线则为双峰型。2 类曲线中,“八月黄”、“绿菊”、“新大白”、“新台红”、“西洋菊”、“Dellia Cream”、“百凤池”、“黄秀凤”、“卫星”和“光台黄”气孔导度、蒸腾速率的日变化曲线与净光合速率的日变化曲线存在高度的一致性,其余品种则不相一致。胞间 CO_2 浓度的日变化基本上呈先下降后平稳再上升的过程,呈左右拉伸的“U”型曲线。所有品种胞间 CO_2 浓度的日均值集中在 $290.60 \sim 339.82 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (表 1),最小、最大值分别对应“黄菊白”和“台白”。“绿

菊”、“花猫菊”、“八月黄”、“黄秀凤”和“百凤池”的日变化曲线最平稳,几近“一”字型,其胞间 CO_2 浓度日均值在 $305\sim 323 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。其余各品种均在 17:07 出现突然升高的情况,“光台黄”、“Kord”、“小台红”、“台白”和“三色白”的升幅最大,最高值达到 $597 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。所有品种的胞间 CO_2 浓度均在早上 8:05 和下午 17:07 有较高值。结合图 1 可知,无论净光合速率的日变化曲线是单峰型还是双峰型,曲线均随光照强度的变化而变化,总体呈早上和傍晚低、中午高的趋势,大部分品种的曲线近似抛物线形状,而胞间 CO_2 浓度的日变化曲线的变化趋势却恰恰相反,故 25 个品种净光合速率与胞间 CO_2 浓度的日变化曲线呈负相关关系。

2.2 季度净光合速率的日变化

选取 2009 年 9 月至 2010 年 3 月中各月的光合数据

表 1 25 个切花菊品种单日光合日变化的最大、最小和日均值

Table 1 The maximum, minimum and average values in a diurnal changes of 25 cut chrysanthemum cultivars

| 品种 | 净光合速率/ $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | | | 气孔导度/ $\text{H}_2\text{O} \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | | | 蒸腾速率/ $\text{H}_2\text{O} \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | | | 胞间 CO_2 浓度/ $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ | | |
|----------------|--|-------|------|---|------|------|--|------|------|--|--------|--------|
| | 最大值 | 最小值 | 日均值 | 最大值 | 最小值 | 日均值 | 最大值 | 最小值 | 日均值 | 最大值 | 最小值 | 日均值 |
| “八月黄” | 15.16 | -1.17 | 6.08 | 0.34 | 0.04 | 0.19 | 9.81 | 1.51 | 5.70 | 418.73 | 253.48 | 305.43 |
| “百凤池” | 15.62 | -1.44 | 7.98 | 0.47 | 0.08 | 0.33 | 12.41 | 2.56 | 8.09 | 403.74 | 274.85 | 316.41 |
| “西洋菊” | 12.30 | 1.50 | 5.58 | 0.53 | 0.05 | 0.23 | 12.89 | 2.22 | 6.76 | 362.24 | 272.28 | 308.90 |
| “Dellia Cream” | 14.06 | -2.20 | 5.95 | 0.36 | 0.07 | 0.23 | 9.33 | 2.40 | 6.52 | 425.97 | 276.09 | 320.11 |
| “黄秀凤” | 12.17 | -1.66 | 5.42 | 0.35 | 0.06 | 0.20 | 11.01 | 2.29 | 6.63 | 443.55 | 272.20 | 320.47 |
| “花猫菊” | 11.23 | -0.46 | 6.33 | 0.39 | 0.06 | 0.27 | 11.65 | 2.40 | 7.90 | 439.17 | 276.56 | 321.70 |
| “卫星” | 9.80 | -2.11 | 5.73 | 0.47 | 0.06 | 0.32 | 11.51 | 1.81 | 7.89 | 422.62 | 294.99 | 331.15 |
| “小台红” | 12.09 | -3.28 | 5.70 | 0.34 | 0.04 | 0.23 | 9.01 | 1.10 | 6.26 | 515.72 | 268.43 | 331.79 |
| “台红” | 11.16 | -2.48 | 6.14 | 0.36 | 0.04 | 0.25 | 10.51 | 1.25 | 7.30 | 486.87 | 272.13 | 327.10 |
| “新台红” | 15.25 | -2.72 | 8.10 | 0.49 | 0.06 | 0.34 | 11.98 | 1.75 | 8.10 | 448.29 | 270.27 | 323.05 |
| “台白” | 8.06 | -1.56 | 4.65 | 0.28 | 0.01 | 0.18 | 9.01 | 0.39 | 5.31 | 564.93 | 297.45 | 339.82 |
| “新大白” | 13.92 | -1.75 | 6.41 | 0.43 | 0.04 | 0.25 | 9.81 | 1.35 | 6.98 | 431.37 | 286.63 | 319.70 |
| “四季白” | 12.75 | -0.66 | 6.38 | 0.40 | 0.10 | 0.24 | 10.91 | 3.34 | 7.19 | 422.26 | 246.99 | 314.94 |
| “世界白” | 10.65 | -1.90 | 5.91 | 0.39 | 0.07 | 0.28 | 11.79 | 2.00 | 7.44 | 413.64 | 290.09 | 325.88 |
| “三色白” | 8.62 | -2.84 | 4.76 | 0.44 | 0.02 | 0.21 | 10.83 | 0.62 | 5.59 | 596.78 | 243.54 | 333.12 |
| “神马” | 11.56 | -2.23 | 5.16 | 0.26 | 0.05 | 0.13 | 5.87 | 1.41 | 4.36 | 442.07 | 225.81 | 296.09 |
| “Kord” | 10.42 | -1.12 | 5.37 | 0.25 | 0.02 | 0.15 | 7.47 | 0.46 | 4.64 | 502.65 | 254.53 | 307.94 |
| “绿菊” | 12.15 | -0.06 | 6.97 | 0.38 | 0.13 | 0.30 | 10.97 | 2.98 | 8.13 | 391.29 | 278.63 | 322.58 |
| “红美人” | 13.37 | -2.73 | 6.99 | 0.35 | 0.04 | 0.22 | 9.53 | 1.40 | 6.31 | 472.43 | 239.16 | 307.80 |
| “十八小姐” | 12.86 | -2.24 | 6.35 | 0.33 | 0.04 | 0.23 | 10.70 | 1.39 | 6.90 | 451.68 | 257.16 | 318.66 |
| “十九少男” | 12.29 | -3.10 | 6.74 | 0.52 | 0.06 | 0.37 | 13.21 | 1.87 | 8.59 | 452.94 | 288.65 | 333.36 |
| “光台红” | 6.27 | -1.11 | 3.31 | 0.13 | 0.02 | 0.07 | 4.01 | 0.60 | 2.73 | 463.56 | 234.61 | 292.20 |
| “光台黄” | 8.96 | -1.09 | 5.37 | 0.20 | 0.02 | 0.15 | 7.47 | 0.47 | 4.89 | 480.50 | 267.86 | 312.65 |
| “黄菊白” | 8.10 | -1.40 | 4.05 | 0.16 | 0.05 | 0.10 | 6.89 | 2.11 | 3.93 | 461.98 | 237.54 | 290.60 |
| “荷兰金” | 9.76 | -1.78 | 5.51 | 0.47 | 0.04 | 0.30 | 11.43 | 1.06 | 7.25 | 451.25 | 306.04 | 335.32 |

表 2 25 个切花菊品种最大净光合速率分类

Table 2 Maximum net photosynthetic rates'(Amax) classification of 25 cut chrysanthemum cultivars

| Amax 范围 / $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | 2009/09 | | 2009/10 | | 2009/11 | | 2009/12 | | 2010/01 | | 2010/03 | |
|--|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | 品种数 | 比例/% | 品种数 | 比例/% | 品种数 | 比例/% | 品种数 | 比例/% | 品种数 | 比例/% | 品种数 | 比例/% |
| 12 及以上 | 7 | 28 | 0 | 0 | 3 | 12 | 2 | 8 | 1 | 4 | 4 | 16 |
| 8~12 | 14 | 56 | 9 | 36 | 18 | 72 | 19 | 76 | 9 | 36 | 15 | 60 |
| 8 及以下 | 4 | 16 | 16 | 64 | 4 | 16 | 4 | 16 | 15 | 60 | 6 | 24 |

由表 3 可知,选用夏菊 4 种,包括 1 个中大菊和 3 个小菊;秋菊 21 种,包括 12 个中大菊和 9 个小菊。除 2010 年 3 月外,4 个夏菊品种在其余 5 月中的总体日均值均大于秋菊品种,而夏、秋菊品种中大菊和小菊之间差异性不大。由表 3 可知,同一月份不同品种、同一品种不同月份的光合作用能力各有不同,不同月份日均值大小排序为:2009/09 > 2010/03 > 2009/12 > 2009/11 > 2010/01 > 2009/10。2009 年 9 月的光合日均值为 $5.03 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,12 个品种的净光合速率日均值超过该值,其中“新台红”日均值最

进行有关分析,其中 2010 年 2 月下旬雨水多而未能作测定。根据 25 个切花菊品种各月的光合日变化情况,将其归为三大类(表 2)。第一类品种各月所占比例的大小为:2009/09 > 2010/03 > 2009/11 > 2009/12 > 2010/01 > 2009/10,其中 2009 年 10 月为 0%,表明各品种在该月的净光合速率均低于 $12 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;第二类品种中 2009 年 9 月、2009 年 11 月、2009 年 12 月和 2010 年 3 月所占比例均超过 50%,最高达 76%;第三类品种以 2009 年 10 月和 2010 年 1 月所占比例较高,分别为 64% 和 60%,表明这 2 个月的净光合速率普遍偏低,品种“光台红”、“光台黄”和“台白”在 10 月的最大净光合速率均低于 $4 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,表现出很低的光合能力。分析可知,不同切花菊品种因实测时受外界环境因子影响,季度最大净光合速率也发生相应的变化。

大,为 $8.62 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,是该月最小日均值的 3 倍,是 6 个月中最小日均值的 18 倍。而 2009 年 10 月的当月光合日均值为 $3.09 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,为 6 个月中最低值,品种中“十九少男”日均值最高,为 $5.33 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而“台白”的日均值最小,仅 $0.47 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,是 6 个月中各品种所测最低值。综合分析各品种季度净光合速率的平均值可知,“八月黄”、“百凤池”、“新台红”、“红美人”、“十九少男”和“十八小姐”这 6 个品种具有较高的光合能力。

表3 25个切花菊品种季度净光合速率日均值

Table 3 Mean values of Season's net photosynthetic rates of 25 cut chrysanthemum cultivars $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

| 品种 | 夏秋 | 大小 | 2009/09 | 2009/10 | 2009/11 | 2009/12 | 2010/01 | 2010/03 | 平均值 |
|----------------|----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| “八月黄” | 夏菊 | 中大菊 | 6.26 | 3.92 | 5.06 | 4.98 | 4.15 | 5.78 | 5.03 |
| “百凤池” | 夏菊 | 小菊 | 6.97 | 3.19 | 4.39 | 5.09 | 5.04 | 5.65 | 5.06 |
| “西洋菊” | 夏菊 | 小菊 | 5.69 | 3.09 | 4.90 | 5.25 | 2.59 | 3.38 | 4.15 |
| “Dellia Cream” | 夏菊 | 小菊 | 5.49 | 3.37 | 3.61 | 4.18 | 4.01 | 3.49 | 4.03 |
| “黄秀凤” | 秋菊 | 中大菊 | 4.69 | 3.69 | 5.58 | 4.59 | 3.00 | 4.91 | 4.41 |
| “花猫菊” | 秋菊 | 中大菊 | 5.95 | 3.06 | 4.98 | 4.79 | 2.68 | 5.08 | 4.42 |
| “卫星” | 秋菊 | 中大菊 | 4.47 | 2.22 | 2.90 | 4.54 | 3.30 | 5.97 | 3.90 |
| “小台红” | 秋菊 | 中大菊 | 4.88 | 1.38 | 2.68 | 4.37 | 5.30 | 2.93 | 3.59 |
| “台红” | 秋菊 | 中大菊 | 6.12 | 3.96 | 3.93 | 3.67 | 4.72 | 5.21 | 4.60 |
| “新台红” | 秋菊 | 中大菊 | 8.62 | 4.23 | 5.56 | 4.62 | 5.22 | 5.12 | 5.56 |
| “台白” | 秋菊 | 中大菊 | 3.22 | 0.47 | 2.95 | 3.76 | 3.31 | 3.47 | 2.86 |
| “新大白” | 秋菊 | 中大菊 | 4.63 | 3.61 | 3.91 | 4.33 | 3.02 | 5.42 | 4.15 |
| “四季白” | 秋菊 | 中大菊 | 5.24 | 2.37 | 4.12 | 3.80 | 3.42 | 2.45 | 3.57 |
| “世界白” | 秋菊 | 中大菊 | 4.94 | 3.94 | 5.14 | 4.33 | 2.70 | 4.61 | 4.28 |
| “三色白” | 秋菊 | 中大菊 | 3.34 | 2.08 | 2.69 | 3.30 | 3.69 | 4.35 | 3.24 |
| “神马” | 秋菊 | 中大菊 | 3.16 | 2.66 | 4.31 | 4.26 | 2.65 | 5.41 | 3.74 |
| “Kord” | 秋菊 | 小菊 | 3.83 | 2.75 | 2.37 | 3.43 | 5.07 | 5.74 | 3.87 |
| “绿菊” | 秋菊 | 小菊 | 4.49 | 4.75 | 4.59 | 3.90 | 4.39 | 4.52 | 4.44 |
| “红美人” | 秋菊 | 小菊 | 6.16 | 4.11 | 5.22 | 4.88 | 3.30 | 6.71 | 5.06 |
| “十八小姐” | 秋菊 | 小菊 | 5.93 | 3.48 | 5.35 | 4.94 | 3.41 | 5.53 | 4.77 |
| “十九少男” | 秋菊 | 小菊 | 5.95 | 5.33 | 5.40 | 5.65 | 3.57 | 4.02 | 4.99 |
| “光台红” | 秋菊 | 小菊 | 2.84 | 1.11 | 2.90 | 2.74 | 4.06 | 3.92 | 2.93 |
| “光台黄” | 秋菊 | 小菊 | 4.10 | 1.53 | 2.76 | 3.53 | 3.65 | 3.89 | 3.24 |
| “黄菊白” | 秋菊 | 小菊 | 5.17 | 3.86 | 5.32 | 3.96 | 2.59 | 4.40 | 4.22 |
| “荷兰金” | 秋菊 | 小菊 | 3.63 | 2.99 | 3.92 | 3.43 | 5.76 | 3.63 | 3.89 |
| 当月日均值 | — | — | 5.03 | 3.09 | 4.18 | 4.25 | 3.78 | 4.62 | 4.16 |

3 讨论与结论

25个切花菊品种净光合速率的日变化曲线呈单峰型和双峰型,分别有11和14个品种,不同切花菊品种双峰型曲线峰值出现的时间各不相同,所以光合“午休”时间也因品种而异。研究表明,“八月黄”、“绿菊”、“新大白”、“新台红”、“西洋菊”、“Dellia Cream”、“百凤池”、“黄秀凤”、“卫星”、“光台黄”净光合速率与气孔导度和蒸腾速率的日变化曲线均存在高度的一致性,呈现正相关关系,而与胞间 CO_2 浓度的日变化曲线呈负相关关系。Farquhar 等^[15]认为,影响净光合速率下降有气孔限制和非气孔限制2个方面因素。气孔限制是气孔导度的下降导致细胞内 CO_2 供应不足;非气孔限制是叶肉细胞光合能力下降致使其利用 CO_2 的能力(羧化能力)降低,从而使胞间 CO_2 含量升高。当净光合速率较高时,叶肉细胞固定的 CO_2 较多,胞间 CO_2 浓度则降低。由此可知,如果叶片净光合速率降低伴随着胞间 CO_2 增高,那么光合作用主要限制因素是非气孔因素^[8]。以上10个切花菊品种净光合速率的降低时,胞间 CO_2 浓度呈上升趋势,可推断其光合作用由非气孔因素限制,净光合速率的变化主要由其它因素控制,如1,5-二磷酸羧化酶(Rubisco)活性与含量等。

综合分析2009年9月至2010年3月25个切花菊品种光合作用的日变化,季度净光合速率9月较高而10月较低,这可能是因为2009年9月下旬至翌年3月下旬为秋分转入春分的冬春季节,广东地区在该半年处于短日照时期,秋分后日照时数逐渐变短且10月测定时有灰霾出现,降低了阳光可见度,使光合作用大大减弱。许大全^[16]认为,只有清楚地了解所测定叶片的生理状态和环境条件,才能对叶片光合速率的变化做出正确的解释。因此,在记录光合速率和有关参数的同时,应该详细地记录天气状况、环境条件和测定条件以及植物、叶片的生理状态。研究分析广州市番禺区各月的气象资料可知,栽植地区及大棚内环境因子的变化是导致切花菊品种光合作用变化的直接因素,每月各品种净光合速率日均值体现了品种间光合能力的高低。该研究认为,“八月黄”、“百凤池”、“新台红”、“红美人”、“十八小姐”和“十九少男”6个切花菊品种具有高光合能力,值得在广东地区推广种植。

参考文献

- [1] 李永华,万国辉,叶庆生. 非洲菊光合特性研究[J]. 亚热带植物科学, 2005,34(1):14-17.
- [2] 祖元刚,张衷华,王文杰,等. 蕹甘菊叶和茎的光合特性[J]. 植物生态学报, 2006,30(6):998-1004.
- [3] 王康才,张媛,陈暄,等. 杭白菊与黄菊光合特性的比较研究[J]. 南京农业大学学报, 2009,32(2):151-155.
- [4] 肖智勇,郭圣茂,赵治国. 三种菊科药用植物光合特性的初步研究[J]. 山东林业科技, 2009,39(6):14-18.
- [5] 叶万辉,冯惠玲. 外来入侵杂草蕹甘菊及其伴生种基本光合特性的比较[J]. 热带亚热带植物学报, 2000,8(2):139-146.
- [6] 吴彦珍,胡玉佳. 外来植物南美蟛蜞菊、裂叶牵牛和五爪金龙的光合特性[J]. 生态学报, 2004,24(10):2334-2339.
- [7] 李建东,孙备,王国骄,等. 菊芋对三裂叶豚草叶片光合特性的竞争机理[J]. 沈阳农业大学学报, 2006,37(4):569-572.
- [8] 皇甫超河,王志勇,杨殿林. 外来入侵种黄顶菊及其伴生植物光合特性初步研究[J]. 西北植物学报, 2009(4):781-788.
- [9] 孙宪芝,郑成淑,王秀峰. 高温胁迫对切花菊“神马”光合作用与叶绿素荧光的影响[J]. 应用生态学报, 2008,19(10):2149-2154.
- [10] 贾思振. 夏菊耐热性综合评价及其机理研究[D]. 南京:南京农业大学, 2009.
- [11] 梁芳. 菊花对低温弱光胁迫的响应机理以及 ASA 和 Ca^{2+} 的缓解效应的研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2009.
- [12] 王艳茹,郭巧生,勒森. 光强对药用白菊花生生长发育及光合特性的影响[J]. 中国重要杂志, 2009,34(13):1632-1635.
- [13] 孙德政,于红芳,李永华,等. 干旱胁迫对不同品种菊花叶片光合生理特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010,38(11):103-108.
- [14] 杨再强,张静,江晓东,等. 不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响[J]. 生态学报, 2012,32(7):2135-2141.
- [15] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982,33:317-345.
- [16] 许大全. 光合作用测定及研究中一些值得注意的问题[J]. 植物生理学通讯, 2006,42(6):1163-1167.

Study on Diurnal Change Characteristics of Photosynthesis of Twenty-five Cut Chrysanthemum Cultivars

YU Qian-hua¹, KUANG Qi¹, ZHOU Hou-gao¹, HE Ze-ming², WANG Wen-tong¹

(1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225;
2. Guangdong Shengwei Industry Company, Guangzhou, Guangdong 510200)

三个五角枫品种光合特性比较

于永畅¹, 张林², 王厚新², 李承秀², 颜婷美¹, 王长宪²

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271000; 2. 泰山林业科学研究院, 山东 泰安 271000)

摘 要:以“泰山天外村1号”、“泰山京福1号”、“泰山京福2号”3个五角枫品种的2 a生扦插苗为试材,采用英国 PP-Systems 公司产 CIRAS-1 型便携式光合系统,研究比较了3个五角枫品种的光合生理参数及其变化规律。结果表明:不同五角枫品种的叶片净光合速率(Pn)日变化都呈单峰型曲线,净光合速率间差异显著。光饱和点(LSP)为“泰山京福1号”(1 291.67 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山天外村1号”(1 257.14 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(1 235.71 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),光补偿点(LCP)为“泰山天外村1号”(105.15 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福1号”(93.46 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(71.50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),表观光合量子效率(AQY)为“泰山天外村1号”(光量子0.0155 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福1号”(光量子0.0127 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(光量子0.0111 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$);CO₂饱和点(CSP)为“泰山京福1号”(1 271.43 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山天外村1号”(1 150 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山京福2号”(1 137.5 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),CO₂补偿点(CCP)为“泰山京福2号”(153.03 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山天外村1号”(149.08 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山京福1号”(129.33 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),羧化效率(CE)为“泰山京福2号”(0.0195)>“泰山天外村1号”(0.0186)>“泰山京福1号”(0.0169);单位质量叶绿素含量为“泰山京福1号”>“泰山天外村1号”>“泰山京福2号”。3个五角枫品种光合作用强弱依次为“泰山京福1号”>“泰山天外村1号”>“泰山京福2号”。

关键词:五角枫;叶绿素;光合特性;净光合速率

中图分类号:S 687.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0057-04

五角枫(*Acer mono Maxim*)属槭树科槭树属植物,又名地锦槭、色木,原产我国东北、华北至长江流域。五角

枫绿荫浓密,叶形秀丽,秋叶红黄,是著名的秋色叶树种。同时五角枫有一定耐旱力,萌蘖力强,耐烟尘和有毒气体,且在药用保健、木材加工等方面也有较高的经济价值,是重要的园林绿化和经济树种^[1-2]。目前对五角枫的研究多数集中在播种育种方面,在生理生态方面报道较少。光合作用是植物体内重要的代谢过程,对植物的生长发育有重要影响。现对自然环境中3个五角枫品种幼苗的光合生理指标进行比较分析,旨在了解不同品种五角枫间光合特性的差异及环境因子对光合特

第一作者简介:于永畅(1987-),男,山东泰安人,硕士,研究方向为园林植物遗传育种。E-mail: yyc6335@163.com

责任作者:王长宪(1959-),男,山东平阴人,硕士,研究员,硕士生导师,研究方向为园林植物遗传育种。E-mail: changxianwang@163.com

基金项目:山东省农业良种资助项目(鲁科农计字(2007)217号)。

收稿日期:2012-10-17

Abstract: Taking 25 cut chrysanthemum major cultivars from Guangdong as test materials, using portable LI-6400XT photosynthetic system, the net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr) and intracellular CO₂ concentration(Ci) of diurnal change characteristics of photosynthesis were studied. The results showed that the diurnal changes of net photosynthetic rate (Pn) of 11 cultivars showed unimodal type while the other 14 cultivars bimodal type which indicated a midday depression phenomenon. The midday depression phenomenon was found to be caused by non-stomatal factors. The Pn of 10 cultivars ('Bayuehuang', et al.) were highly consistent with stomatal conductance (Gs) and transpiration rate (Tr), while negatively related to intracellular CO₂ concentration (Ci). The daily mean Pn values varied among different seasons, and their order were 2009/09>2010/03>2009/12>2009/11>2010/01>2009/10. Six cultivars ('Shijiushaonan', 'Bayuehuang', 'Baifench', 'Xintaihong', 'Hongmeiren', 'Shibaxiaojie') possessed high photosynthetic capacity.

Key words: cut chrysanthemum; net photosynthetic rate (Pn); stomatal conductance (Gs); transpiration rate (Tr); intracellular CO₂ concentration(Ci)