

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第7期 Vol.32 No.7 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 7 期 2012 年 4 月 (半月刊)

目 次

城市生态景观研究的基础理论框架与技术构架	孙然好, 许忠良, 陈利顶, 等 (1979)
拟南芥芥子酸酯对 UV-B 辐射的响应	李 敏, 王 垠, 牟晓飞, 等 (1987)
蛋白核小球藻对 Pb(II) 和 Cd(II) 的生物吸附及其影响因素	姜 晶, 李 亮, 李海鹏, 等 (1995)
梨枣在果实生长期对土壤水势的响应	韩立新, 汪有科, 张琳琳 (2004)
产业生态系统资源代谢分析方法	施晓清, 杨建新, 王如松, 等 (2012)
基于物质流和生态足迹的可持续发展指标体系构建——以安徽省铜陵市为例	
.....	赵卉卉, 王 远, 谷学明, 等 (2025)
河北省县域农田生态系统供给功能的健康评价	白琳红, 王 卫, 张 玉 (2033)
温郁金内生真菌 <i>Chaetomium globosum</i> L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理	
.....	王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 等 (2040)
基于稳定碳同位素技术的华北低丘山区核桃-小麦复合系统种间水分利用研究	
.....	何春霞, 孟 平, 张劲松, 等 (2047)
云贵高原喀斯特坡耕地土壤微生物量 C、N、P 空间分布	张利青, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2056)
水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系	李奕林 (2066)
苹果绵蚜对不同苹果品种春梢生长期生理指标的影响	王西存, 于 毅, 周洪旭, 等 (2075)
磷高效转基因大豆对根际微生物群落的影响	金凌波, 周 峰, 姚 涓, 等 (2082)
基于 MODIS-EVI 数据和 Symlet11 小波识别东北地区水稻主要物候期	
.....	徐岩岩, 张佳华, YANG Limin (2091)
基于降水利用比较分析的四川省种植制度优化	王明田, 曲辉辉, 杨晓光, 等 (2099)
气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响	高晓容, 王春乙, 张继权 (2110)
施肥对巢湖流域稻季氨挥发损失的影响	朱小红, 马中文, 马友华, 等 (2119)
丛枝菌根真菌对枳根净离子流及锌污染下枳苗矿质营养的影响	肖家欣, 杨 慧, 张绍铃 (2127)
不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响	杨再强, 张 静, 江晓东, 等 (2135)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态	刘 蕾, 申国珍, 陈芳清, 等 (2142)
黄土高原刺槐人工林地表凋落物对土壤呼吸的贡献	周小刚, 郭胜利, 车升国, 等 (2150)
贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局	陈志阳, 杨 宁, 姚先铭, 等 (2158)
LAS 测算森林冠层上方温度结构参数的可行性	郑 宁, 张劲松, 孟 平, 等 (2166)
基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究	
.....	徐少君, 曾 波, 苏晓磊, 等 (2174)

模拟氮沉降增加对寒温带针叶林土壤 CO₂ 排放的初期影响 温都如娜,方华军,于贵瑞,等 (2185)

桂江流域附生硅藻群落特征及影响因素..... 邓培雁,雷远达,刘 威,等 (2196)

小浪底水库排沙对黄河鲤鱼的急性胁迫..... 孙麓垠,白音包力皋,牛翠娟,等 (2204)

上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究 唐克勇,杨正勇,杨怀宇,等 (2212)

稻纵卷叶螟绒茧蜂对寄主的搜索行为 周 慧,张 扬,吴伟坚 (2223)

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响..... 严 飞,周在豹,王 朔,等 (2230)

苹果脱乙酰几丁质发酵液诱导苹果叶片对斑点落叶病的早期抗性反应.....
..... 王荣娟,姚允聪,戚亚平,等 (2239)

专论与综述

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展..... 王 宁,张利权,袁 琳,等 (2248)

外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响 彭友贵,徐正春,刘敏超 (2259)

问题讨论

城市污泥生物好氧发酵对有机污染物的降解及其影响因素..... 余 杰,郑国砥,高 定,等 (2271)

4 种绿化树种盆栽土壤微生物对柴油污染响应及对 PAHs 的修复 闫文德,梁小翠,郑 威,等 (2279)

研究简报

云南会泽铅锌矿废弃矿渣堆常见植物内生真菌多样性..... 李东伟,徐红梅,梅 涛,等 (2288)

南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响 梁 朋,陈振德,罗庆熙 (2294)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-04



封面图说: 站立的仓鼠——仓鼠为小型啮齿类动物,栖息于荒漠、荒漠草原等地带的洞穴之中。白天他们往往会躲在洞穴中睡觉和休息,以避开天敌的攻击,偶尔也会出来走动,站立起来警惕地四处张望。喜欢把食物藏在腮的两边,然后再走到安全的地方吐出来,由此得仓鼠之名。它们的门齿会不停的生长,所以它们的上下门齿必须不断啃食硬东西来磨牙,一方面避免门齿长得太长,妨碍咀嚼,一方面保持门牙的锐利。仓鼠以杂草种子、昆虫等为食。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201106240942

杨再强, 张静, 江晓东, 张继波, 朱静, 顾礼力, 张波. 不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响. 生态学报, 2012, 32(7): 2135-2141.

Yang Z Q, Zhang J, Jiang X D, Zhang J B, Zhu J, Gu L L, Zhang B. The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of *Chrysanthemum* leaves. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2135-2141.

不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响

杨再强^{1,2,*}, 张 静¹, 江晓东¹, 张继波¹, 朱 静¹, 顾礼力¹, 张 波¹

(1. 南京信息工程大学江苏省农业气象重点实验室, 南京 210044; 2. 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

摘要:以切花菊品种“神马(Jinba)”为试材, 2010 年 10 月至 2011 年 2 月间在南京信息工程大学试验温室采用不同 Red (660 ± 10) nm; Far-red (730 ± 10) nm 值的 LED 光源短日处理, 研究了温室切花菊叶片气孔特征和气孔导度对不同 R:FR 值的响应。结果表明:不同 R:FR 值短日处理 35d 菊花叶片的上表皮和下表皮的气孔直径分别以 R:FR 值 4.5 和 6.5 处理最大, 均以 R:FR 值 2.5 处理最小, 气孔密度和气孔开度均以 R:FR=2.5 处理最高, 以 R:FR 值 6.5 处理最低, 下表皮的气孔密度、气孔开度明显高于上表皮;不同 R:FR 值处理叶片的气孔开张比和气孔指数差异不显著;在相同光强下, 菊花叶片气孔导度和光合速率由大到小的 R:FR 值顺序依次为 2.5、4.5、0.5、6.5。叶片气孔导度与气孔指数、气孔密度、气孔开张比和气孔开度成正相关, 与气孔长度和气孔宽度呈负相关;R:FR 值在 2.5—6.5 范围内, 随光质中红光成分增加, 叶片气孔密度、气孔指数、气孔开度、气孔开张比和气孔导度显著降低。

关键词:切花菊; R:FR; 气孔特性; 气孔导度

The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of *Chrysanthemum* leaves

YANG Zaiqiang^{1,2,*}, ZHANG Jing¹, JIANG Xiaodong¹, ZHANG Jibo¹, ZHU Jing¹, GU Lili¹, ZHANG Bo¹

1 Jiangsu Key laboratory of Agricultural Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

2 College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: *Chrysanthemum* is among the four most important cut flowers in the world and is also China's main export flower. To study the dynamic effects of different red (660 ± 10) nm to far-red (730 ± 10) nm radiation ratios on stomatal characteristics of greenhouse *Chrysanthemum* leaves, an experiment was carried out in the experimental greenhouse of Nanjing University of Information Science and Technology from October 2010 to February 2011. The greenhouse was 9.6 m wide and 30.0 m long, with top height and shoulder height being 5.0 m and 4.5 m, respectively. The experimental material was *Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. 'Jingba'. Seedlings were transplanted on 6 October when they were about 20 cm in height and the number of leaves was 6—10. In the short-day trial stage, plants were irradiated for a total time of 10 hours (08:00–17:00) per day with one of four ratios of red light to far-red light (R:FR). Those ratios were achieved using LED light sources and were 0.5, 2.5, 4.5, and 6.5, with a total light intensity of $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. A mixture of vermiculite and perlite with a volume ratio of 2:1 was used as the culture substrate and the planting arrangement was 20 cm $\times$ 20 cm. All plants were irrigated with nutrient solution that had a conductivity of 1.5 ms/cm ($200 \mu\text{g/g}$ N; $80 \mu\text{g/g}$ P; $170 \mu\text{g/g}$ K). During the vegetative growth phase, fluorescent lamps ($\text{PAR} = 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) were used to supplement light for five hours (18:00–23:00) per day to extend the illumination time. The colorless nail polish imprint

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41075087);公益(气象)行业科研专项(GYHY200906023);公益(气象)行业科研专项(GYHY201006028);江苏省科技支撑计划(社会发展)项目(BE2010734)

收稿日期:2011-06-24; 修订日期:2012-02-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yzq@nuist.edu.cn

method was used to observe leaf epidermis stomatal characters under an optical microscope (Olympus CX-31), and a portable photosynthesis system (Li-6400) was used to measure leaf photosynthesis rate and stomatal conductance. The responses of the stomatal characters, stomatal conductance, and net photosynthesis rate of cut *Chrysanthemum* leaves subjected to different R:FR ratios were studied. After 35 days of the short-day treatment, the maximum stomatal diameter of the upper epidermis and lower epidermis occurred at R:FR ratios of 4.5 and 6.5, respectively, while the minimum diameters both occurred at R:FR ratio of 2.5; the stomatal density and aperture reached maxima at R:FR ratio of 2.5, while the minima occurred at R:FR ratio of 6.5. Stomatal density and aperture on the lower epidermis were significantly higher than those on the upper epidermis. No significant differences in stomatal opening ratio and stomatal index were observed among different R:FR treatments. With the same light intensity, stomatal conductance and photosynthesis rate were correlated to R:FR ratio in the following descending order: 2.5, 4.5, 0.5, and 6.5. Leaf stomatal conductance was positively correlated with stomatal index, density, opening ratio, and aperture, while it was negatively correlated with stomatal length and breadth. Between 2.5 to 6.5 R:FR ratio, leaf stomatal index, stomatal density, stomatal aperture, and stomatal conductance decreased significantly with an increase in the red light component. The results are expected to provide a scientific basis for regulating the growth and development of *Chrysanthemum* using light quality.

Key Words: cut *Chrysanthemum* flower; R:FR ratio; stomata characters; stomata conductance

不同光质成分对植物形态建成、光合作用和物质代谢的调节作用各不相同,利用光谱成分中红光和远红光的比值(R:FR 值)调节设施作物生长发育的研究倍受关注^[1-3]。气孔是植物体与外界进行气体和水分交换的主要通道,不同光质对气孔特性具有调控作用^[4-6]。菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)是世界四大切花之一,也是我国主要的出口花卉。研究 R:FR 值对温室切花菊叶片气孔特性的影响,对利用光质调控菊花生长和品质具有重要意义。

关于环境因子对气孔形态影响的研究报道很多,已证明空气湿度^[7-10]、土壤水分^[11-12]、饱和水气压差^[13-14]、CO₂ 浓度^[15]均可影响作物气孔特性。关于光质对作物气孔特性及气孔导度的影响有少量报道^[16], Zeiger 等^[17]提出蓝光比红光能更有效地诱导气孔开放, Holmes 等^[18]认为远红光(700—800 nm)增加四季豆叶片气孔导度。Talbot 和 Zeiger^[19]以离体蚕豆(*Vicia faba*)表皮为材料,对其进行红光和蓝光照射处理,发现蓝光比红光更能促进气孔净开张, Lee 等^[9]研究表明单色光照射的向日葵(*Helianthus annuus*)叶片的气孔密度明显低于双色光处理。McMahon 和 Kelly^[20]利用 CuSO₄ 滤除远红光后照射菊花,品种‘Bright Golden Anne’的气孔密度减少 10%,品种‘Spears’叶片的气孔密度和气孔长度没有明显变化,可见不同菊花品种对光质反应不尽相同。Kim 等^[21]证实用红 LED 灯照射菊花‘Cheonsu’后叶片气孔数量较少,气孔面积较大,而在远红光下气孔数量较多,气孔面积较小。

迄今为止,关于不同 R:FR 值对切花菊叶片气孔特征及气孔导度的影响尚未见报道。本研究探讨不同 R:FR 比值对温室切花菊叶片气孔大小、数量、开闭等特征、气孔导度和光合作用的影响,为利用光质调控菊花生长提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2010 年 10 月至 2011 年 2 月在南京信息工程大学 Venlo 温室内进行。以菊花品种‘Jinba’为试材,于 2010 年 10 月 6 日定植,种苗高 20 cm,6—10 片叶,定植的株行距为 20 cm×20 cm,采用基质栽培,基质为蛭石与椰糠的混合物,体积比例为 3:1。在营养生长阶段用日光灯 200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 补光 5h (18:00—23:00),当苗高到 50 cm 时,在温室内离地面 1.5 m 高处搭架,设计不同 R:FR 值 LED 光源短日处理。R:FR 的比值为 0.5、2.5、4.5、6.5 共 4 个处理,利用两种波长((660±10) nm 和 (730±10) nm (25 °C))的 LED 灯组合获得不同 R:FR 比值,每个处理共 360 只 LED 灯组成,光源面积为 50 cm×50 cm,灯与冠层的距离

保持在 15 cm,调节光强,保证植株顶端的光强为 $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,短日照射时间 10 h(08:00—17:00),每处理菊花植株 30 株,试验重复 3 次。在灯架四周利用黑色塑料薄膜遮光以避免外界光线影响。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 气孔特性的测定

经过 R:FR 值处理 35 d 时,在 10:00—12:00 时选取健康植株,采取顶部往下第 6—8 片的功能叶,用脱脂棉拭去叶片上、下表皮上的灰尘,采用无色指甲油印痕法^[22]在光学显微镜下观测表皮气孔特征。

(1)气孔长度、宽度的测定 分别将样片置于光学显微镜(Olympus CX-31)×40 倍下,用数码显微成像系统(Olympus DP-20)照相,用数码测距软件 Motic Images Advanced 3.0 标定,每片叶上取 5 个部位,每部位观测 5 个视野,每视野随机测 10 个关闭状态下气孔的值,气孔长度是哑铃形保卫细胞长度,气孔宽度是垂直于哑铃形保卫细胞的最宽值。

(2)气孔开度测定 随机 5 个视野,每个视野选取 10 个开放气孔,测定气孔的孔径宽度。

(3)气孔密度 量出视野面积,按每平方米的气孔数计算气孔密度,每片叶上取 5 个部位,每个部位观测 5 个视野,求其平均值。

(4)气孔指数 表皮的气孔数与表皮细胞数之比。抽样方法同气孔密度。

(5)气孔开张比 开张的气孔数与总气孔数之比。

1.2.2 光合速率和气孔导度的测定

经过不同 R:FR 值光照处理 35 d,在 10:00—12:00 利用便携式光合作用测定系统(Li-6400)测定光合作用速率及气孔导度,测定时叶室温度设定为 25 ℃,相对湿度设定为 75%,CO₂ 浓度 $380 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 件下,测定 PAR 在 0—2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 条件下叶片的光响应曲线和气孔导度。

2 结果与分析

2.1 不同 R:FR 比值对叶片的气孔长度和宽度的影响

不同 R:FR 比值处理对菊花叶片上下表皮的气孔长度和宽度影响见表 1,叶片上表皮的气孔长度和宽度均以 R:FR 值 = 4.5 处理最大,分别为 42.95 μm 和 22.74 μm ,最小为 R:FR = 2.5 处理,仅为 35.03 μm 和 20.19 μm ;叶片下表皮气孔长度和宽度最大的为 R:FR = 6.5 处理,分别为 41.75 μm 和 24.68 μm ,最小为 R:FR = 2.5 处理,孔长度和宽度分别 36.84 μm 和 23.91 μm 。结果表明不同 R:FR 值对气孔宽度的影响在 5% 水平下差异不显著,所有 R:FR 值处理的下表皮气孔宽度均大于上表皮。在 R:FR 值 2.5—6.5 范围内,下表皮的气孔长度和宽度随 R:FR 值增加而增加。

表 1 不同 R:FR 值对菊花‘Jinba’叶片气孔长度和宽度的影响

Table 1 Effect of R:FR on stomatal length and breadth of chrysanthemum ‘Jinba’ leaves

处理 Treatments	气孔长度 stoma Length/ μm		气孔宽度 stoma breadth/ μm	
	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis
0.5	37.47±5.82bA	40.79±5.08aA	20.69±1.24bA	24.41±1.04aA
2.5	35.03±3.16bB	36.84±4.11cB	20.19±1.77bA	23.91±2.55aA
4.5	42.95±4.22aA	38.85±3.45bB	22.74±5.84aA	24.63±2.19aA
6.5	37.61±4.61bA	41.75±4.28aA	21.13±2.03aA	24.68±2.77aA

小写、大写字母分别表示在 5% 和 1% 下差异的显著性

2.2 不同 R:FR 比值对菊花‘Jinba’叶片气孔密度和气孔指数的影响

不同 R:FR 比值处理菊花叶片的气孔密度和气孔指数见表 2,上表皮和下表皮气孔密度均以 R:FR 比值 2.5 处理最高,分别为 29.30 mm^{-2} 和 52.57 mm^{-2} ,以 R:FR 值 6.5 处理最低,分别为 22.84 mm^{-2} 和 34.46 mm^{-2} ,结果显示叶片下表皮的气孔密度明显高于上表皮;不同处理气孔指数在 10.23%—14.94% 之间波动,叶片上表皮下表皮气孔指数均以 R:FR 值 2.5 处理最高,分别为 14.94% 和 13.03%,上表皮以 R:FR 值 0.5 处理最低,仅为 10.23%,下表皮最低为 R:FR 值 6.5 处理,经方差分析,不同处理叶片下表皮的气孔指数在

1% 水平差异不显著。

表 2 不同 R:FR 值对菊花‘Jinba’叶片气孔密度和气孔指数的影响
Table 2 Effect of R:FR on stomatal density and index of chrysanthemum ‘Jinba’ leaves

处理 Treatments	气孔密度 Stomata number/mm ⁻²		气孔指数 Stomata index/%	
	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis
0.5	25.61±3.88bB	40.15±4.78bB	10.23±0.11bB	12.51±0.17aA
2.5	29.30±1.97aA	52.57±6.13aA	14.94±0.81aA	13.03±0.44aA
4.5	27.84±2.54bA	41.16±4.27bB	13.24±2.96aA	12.05±0.48aA
6.5	22.84±2.06cC	34.46±3.54cC	13.09±1.03aA	11.69±0.04bA

2.3 不同 R:FR 比值对菊花‘Jinba’叶片气孔开度和开张比的影响

不同 R:FR 值处理 35d 后菊花叶片的气孔开度见图 1, 由图可知: 气孔开度以 R:FR 值 2.5 处理最大, 上表皮和下表皮的气孔开度分别为 7.65 μm 和 5.58 μm, 以 F:FR 值 6.5 处理最小, 上表皮和下表皮的气孔开度分别为 6.42 μm 和 4.46 μm。不同处理间的下表皮的气孔开度明显低于上表皮, 这主要与上表皮和下表皮接受的光强不同有关; 开张比是反应张开的气孔数与总气孔比例的参数, 该参数反映气孔导度和蒸腾速率。

不同 R:FR 值对开张比的影响见表 3, 由表可知: 上表皮和下表皮开张比分别以 R:FR 值 2.5 和 0.5 处理最高, 分别为 65.2% 和 66.1%, 均以 R:FR 值 6.5 处理最低, 分别为 49.4% 和 45.7%; 在 R:FR 值 2.5—6.5 范围内, 随 R:FR 值增加气孔开度和开张比有减少的趋势。

2.4 不同 R:FR 比值对菊花‘Jinba’叶片气孔导度和光合速率的影响

不同 R:FR 值处理对菊花叶片气孔导度和光响应曲线分别见图 2A 和 2B, 由图所示, 在光量子通量密度 800 μmol·m⁻²·s⁻¹ 范围内, 不同 R:FR 比值处理的叶片气孔导度和光合速率变化趋势一致, 表现为随光量子通量密度增加快速增加, 当光量子通量密度达到 1000 μmol·m⁻²·s⁻¹ 后气孔导度和光合作用速率不在增加。叶片气孔导度和最大光合速率的 R:FR 值由大到小顺序为: 2.5、4.5、0.5、6.5。在光强 1200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时, R:FR 值 2.5 处理的菊花叶片气孔导度最高为 0.236 mmol·m⁻²·s⁻¹, R:FR 值 6.5 的叶片气孔导度最低, 仅为 0.064 mmol·m⁻²·s⁻¹。叶片最大光合作用速率以 R:FR=2.5 处理最高, 达到 12.84 μmol·m⁻²·s⁻¹, 而 R:FR 为 6.5 处理的最大光合作用速率最低, 仅为 4.12 μmol·m⁻²·s⁻¹, 所有处理的光补偿点在 32.2—52.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ 之间, 饱和点在 800.0—1000.0 μmol·m⁻²·s⁻¹ 范围内变化。光合作用速率的变化趋势与气孔导度的变化趋势相同, 说明 R:FR 过高和过低, 造成气孔关闭而抑制光合作用, 也就是气孔因素是限制光合作用的主要原因。

2.5 叶片气孔导度与气孔特性的相关分析

气孔导度除受环境条件温度、光照、饱和水汽压差影响外, 还与光质成分、气孔密度、气孔开度和开张比密切相关。通过对菊花叶片气孔导度与 R:FR 值及气孔特性的相关分析(表 4 和表 5)可知, 菊花叶片的气孔导度(Cs)与气孔指数(SI)、气孔密度(SD)、气孔开张比(SOR)、气孔开度(SOL)成正相关, 其中与上、下表皮的

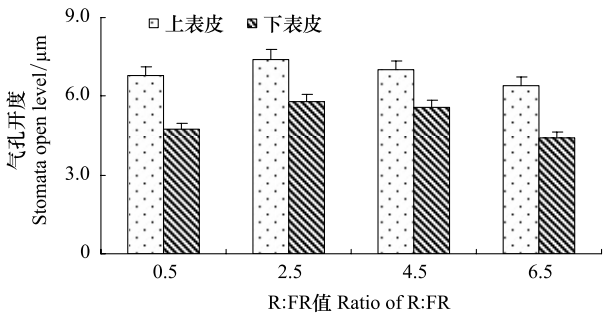


图 1 不同 R:FR 值对菊花叶片气孔开度的影响

Fig.1 Effect of R: FR on stomatal open level of chrysanthemum ‘Jinba’ leaves

表 3 不同 R:FR 值对菊花‘Jinba’叶片气孔开张比的影响

Table 3 Effect of R: FR on open stomata number and total stomatal number ratio of chrysanthemum ‘Jinba’ leaves / %

处理 Treatments	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis
0.5	64.7±5.2aA	60.1±6.8aA
2.5	65.2±3.8aA	66.5±4.8aA
4.5	57.7±6.7bB	51.4±7.5bB
6.5	49.4±9.1cC	45.7±3.4cC

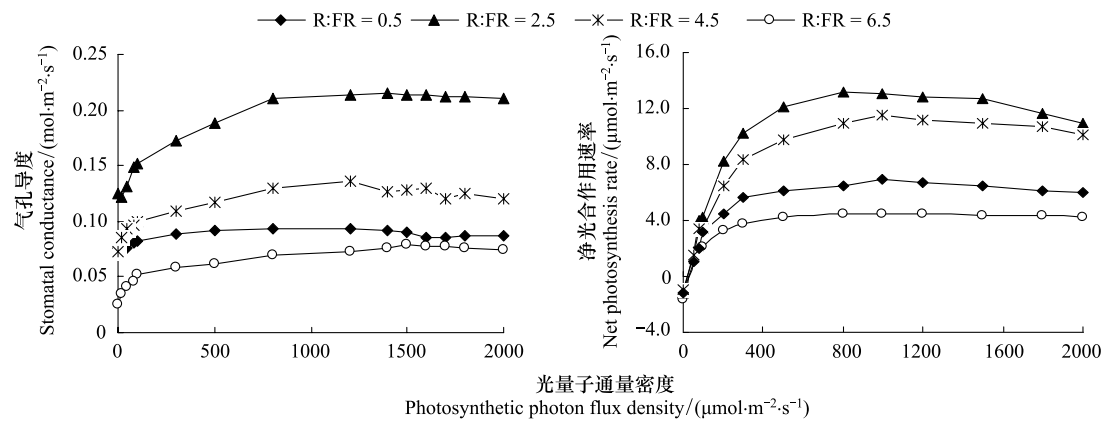


图2 不同 R:FR 处理菊花‘Jinba’叶片的气孔导度和光合速率对光量子通量密的响应

Fig. 2 The response of leaves stomatal conductance and photosynthesis rate of chrysanthemum ‘Jinba’ with different R: FR ratio to photosynthetic photon flux density

气孔开度的相关系数分别为 0.974、0.909,达到极显著水平。气孔导度与下表皮气孔密度的相关系数为 0.992,达到极显著水平。气孔导度(Cs)与气孔长(SL)、气孔宽(SW)成负相关,其中与下表皮的 气孔长相关系数为-0.979,达到显著水平。上表皮的气孔开张比与 R:FR 比值成显著负相关,相关系数为-0.931,气孔长、气孔宽与 R:FR 比值成正相关,但相关系数较低。分析表明气孔密度与气孔长度与宽度呈负相关,下表皮的 气孔密度与气孔长度的相关系数为-0.961,达到显著水平,该研究结果与邹锋等^[23]研究气孔长度与密度间 存在负相关关系的结论一致。

表 4 气孔导度与上表皮气孔特性的相关分析

Table 4 The relationship coefficient between the stomatal conductance and stomatal feature of leaf upper epidermis of chrysanthemum

	气孔导度 Cs	R:FR	气孔长 SL	气孔宽 SW	气孔密度 SD	气孔指数 SI	气孔开张比 SOR	气孔开度 SOL
气孔导度 Cs	1							
R:FR	-0.392	1						
气孔长 SL	-0.333	0.322	1					
气孔宽 SW	-0.334	0.452	0.989 *	1				
气孔密度 SD	0.331	0.011	-0.935	-0.873	1			
气孔指数 SI	0.695	0.375	-0.216	-0.111	0.471	1		
气孔开张比 SOR	0.697	-0.931 *	-0.329	-0.433	0.068	-0.027	1	
气孔开度 SOL	0.974 *	-0.496	-0.178	-0.204	0.129	0.563	0.778	1

相关系数临界值 $R_{0.05}=0.880,R_{0.01}=0.990$

Cs: stomatal conductance, SL: stomatal length, SW: stomatal width, SD: stomatal density, SI: stomatal index. SOR: stomatal open ratio, SOL: stomatal open level

表 5 气孔导度与下表皮气孔特性的相关关系

Table 5 The relationship coefficient between the stomata conductance and stomata feature of leaf lower epidermis of chrysanthemum

	气孔导度 Cs	R:FR	气孔长 SL	气孔宽 SW	气孔密度 SD	气孔指数 SI	气孔开张比 SOR	气孔开度 SOL
气孔导度 Cs	1							
R:FR	-0.392	1						
气孔长 SL	-0.979 *	0.29	1					
气孔宽 SW	-0.903 *	0.352	0.961 *	1				
气孔密度 SD	0.992 **	-0.485	-0.948 *	-0.866	1			
气孔指数 SI	0.863	-0.765	-0.762	-0.693	0.919 *	1		
气孔开张比 SOR	0.819	-0.818	-0.712	-0.656	0.883 *	0.996 **	1	
气孔开度 SOL	0.909 *	-0.248	-0.973 *	-0.993 **	0.861	0.650	0.604	1

3 讨论与结论

本文研究了不同 R:FR 值对菊花叶片上、下表皮气孔特性的影响,结果表明菊花叶片上表皮和下表皮的气孔长度和宽度以 R:FR 值 4.5 和 6.5 处理最大,R:FR=2.5 处理最小,说明光质中红光成分增加能够促进气孔发育。上表皮气孔指数以 R:FR 值 4.5 处理最高为 13.24%。最低为 R:FR 值 0.5 处理,仅为 10.93%,与 Kim 等^[21]研究红色光照射菊花品种‘Cheonsu’叶片气孔数量较少,气孔面积较大,而远红光下气孔数量较多,气孔面积较小的结论不一致,可能与不同菊花品种对光质反应差异较大有关。

不同 R:FR 值对气孔开闭具有重要影响,本研究观测到菊花叶片气孔开度均以 R:FR 值 2.5 处理最大,6.5 处理最低,证实光质中红光成分越多,气孔开度越小,同时观测到不同处理间的下表皮的气孔开度明显低于上表皮,因为叶片上表皮主要接受直射光、下表皮主要接受散射光,下表皮的光强低于上表皮所致。相同光强下菊花叶片气孔导度以 R:FR 值 2.5 处理最高,6.5 处理最低,相关分析表明气孔导度与气孔开度达到显著相关水平。气孔导度与下表皮的气孔密度、开张比的相关系数明显高于上表皮,因此菊花下表皮的气孔运动比上表皮对气孔导度的影响程度更为显著。然而影响气孔导度除了光质、辐射强度、温度外,还受环境的相对湿度、饱和水汽压差等共同影响,本研究的试验在同一温室内进行,消除了温度、光强和相对湿度对气孔导度的影响误差。Jo 等^[24]研究表明不同光周期对植物观音莲(*Alocasia amazonica*)叶片气孔发育有重要影响,在短日处理(昼 8h/夜 6h)气孔较少,随光周期增加,气孔数量增加,今后进一步控制试验研究不同光质和光周期对菊花叶片气孔特性的影响。此外,菊花品种繁多,不同品种叶片气孔特征对 R:FR 值反应不同,本研究以切花菊“Jinba”为试材,结果对其它菊花品种是否适用有待进一步研究。

本研究证实不同 R:FR 值对菊花气孔形态、气孔导度和光合作用特性影响显著,在光强一致条件下,R:FR 值为 2.5 处理的菊花叶片气孔导度和光合作用速率最高,而 R:FR 值在 2.5—6.5 范围内随远红光比例增加,菊花光合作用速率逐渐降低,因此在生产上可利用红光和远红光的 LED 灯,可调节不同 R:FR 比值以控制菊花生长状况,该研究结果可为温室菊花栽培中光质调控生长提供依据。

References:

- [1] Oyaerta E, Volckaert E, Debergh P C. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*, 1999, 79(3/4): 195-205.
- [2] Segovia M, Figueroa F L. Regulation of photosynthesis by radiation quality in the lichen *Evernia prunastri*. *Photosynthetica*, 2003, 41(3): 421-428.
- [3] Wagner R, Dietzel L, Bräutigam K, Fischer W, Pfannschmidt T. The long-term response to fluctuating light quality is an important and distinct light acclimation mechanism that supports survival of *Arabidopsis thaliana* under low light conditions. *Planta*, 2008, 228(4): 573-587.
- [4] Li S M, Rajapakse N C, Young R E, Oi R. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae*, 2000, 84(3/4): 215-225.
- [5] Khattak A M, Pearson S. Spectral filters and temperature effects on the growth and development of chrysanthemums under low light integral. *Plant Growth Regulation*, 2006, 49(1): 61-68.
- [6] Kurepin L V, Walton L J, Reid D M. Interaction of red to far red light ratio and ethylene in regulating stem elongation of *Helianthus annuus*. *Plant Growth Regulation*, 2007, 51(1): 53-61.
- [7] Blanke M M, Cooke D T. Effects of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolons and leaves. *Plant Growth Regulation*, 2004, 42(2): 153-160.
- [8] Tian X, Yu G W. Effects of drought stress on stomatal density in rice leaves. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2010, (2): 26-28.
- [9] Lee S H, Tewari R K, Hahn E J, Paek K Y. Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania Somnifera* (L.) Dunal. *Plantlets. Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2007, 90(2): 141-151.
- [10] Ai X Z, Wang X F, Guo Y K, Xing Y X. Effects of suboptimal temperature and low temperature under low light intensity on stomatal characteristics and chloroplast ultrastructure of cucumber seedlings. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(10): 2063-2068.
- [11] Liang J H, Zhang J H. The relations of stomatal closure and reopening to xylem ABA concentration and leaf water potential during soil drying and rewetting. *Plant Growth Regulation*, 1999, 29(1/2): 77-86.
- [12] Yang L M, Han M, Zhou G S, Li J D. The changes in water-use efficiency and stoma density of *Leymus chinensis* along Northeast China Transect.

- Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 16-23.
- [13] Tinoco-Ojanguren C, Pearcy R W. Stomatal dynamics and its importance to carbon gain in two rainforest *Piper* species. Stomatal versus biochemical limitations during photosynthetic induction. *Oecologia*, 1993, 94(3): 395-402.
- [14] Bush S E, Pataki D E, Hultine K R, West A G, Sperry J S, Ehleringer J R. . Wood anatomy constrains stomatal responses to atmospheric vapor pressure deficit in irrigated, urban trees. *Oecologia*, 2008, 156(1): 13-20.
- [15] Bunce J A. Carbon dioxide effects on stomatal responses to the environment and water use by crops under field conditions. *Oecologia*, 2004, 140(1): 1-10.
- [16] Haliapas S, Yupsanis T A, Syros T D, Kofidis G, Economou A S. *Petunia*×*hybrida* during transition to flowering as affected by light intensity and quality treatments. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2008, 30(6): 807-815.
- [17] Zeiger E, Lino M, Ogawa T. The blue light response of stomata: pulse kinetics and some mechanistic implications. *Photochemistry and Photobiology*, 1985, 42(6): 759-763.
- [18] Holmes M G, Sager J C, Klein W H. Sensitivity to far-red radiation in stomata of *Phaseolus vulgaris* L. : Rhythmic effects on conductance and photosynthesis. *Planta*, 1986, 168(4): 516-522.
- [19] Talbott L D, Zeiger E. Sugar and organic acid accumulation in guard cells of *Vicia faba* in response to red and blue light. *Plant Physiology*, 1993, 102(4): 1163-1169.
- [20] McMahon M J, Kelly J W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. *Scientia Horticulturae*, 1995, 64(3): 203-209.
- [21] Kim S J, Hahn E J, Heo J W, Paek K Y. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 2004, 101(1/2): 143-151.
- [22] He F L, Ma S M. Stomata Distribution on the Cotyledon of *Brassica chinensis* L. var. *Parachinensis*(Bailey), *Northern Horticulture*, 2009, (10): 26-29.
- [23] Zou F, Tan X F, He X Y, Lian F L, Cui M J. Studies on stomata length, width and density of different provenances of *distylium buxifolium*. *Journal of Southwest Forestry College*, 2009, 29(3): 19-21, 43-43.
- [24] Jo E A, Tewari R K, Hahn E J, Paek K Y. Effect of photoperiod and light intensity on in vitro propagation of *Alocasia amazonica*. *Plant Biotechnology Reports*, 2008, 2(3): 207-212.

参考文献:

- [22] 贺凤丽, 马三梅. 气孔在菜心子叶表皮分布的研究, *北方园艺*, 2009, (10): 26-29.
- [23] 邹锋, 谭晓风, 何小勇, 练发良, 崔明杰. 不同种源小叶蚊母气孔长度、宽度与密度的关系. *西南林学院学报*, 2009, 29(3): 19-21, 43-43.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 7 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Theoretical framework and key techniques of urban ecological landscape research	SUN Ranhao, XU Zhongliang, CHEN Liding, et al (1979)
Response of sinapate esters in <i>Arabidopsis thaliana</i> to UV-B radiation	LI Min, WANG Yin, MU Xiaofei, et al (1987)
Biosorption of lead (II) and cadmium (II) from aqueous solution by <i>Chlorella pyrenoidsa</i> and its influential factors	JIANG Jing, LI Liang, LI Haipeng, et al (1995)
Response of pear jujube trees on fruit development period to different soil water potential levels	HAN Lixin, WANG Youke, ZHANG Linlin (2004)
An approach for analyzing resources metabolism of industrial ecosystems	SHI Xiaoqing, YANG Jianxin, WANG Rusong, et al (2012)
Establishment of environmental sustainability assessment indicators based on material flow and ecological footprint model in Tongling City of Anhui Province	ZHAO Huihui, WANG Yuan, GU Xueming, et al (2025)
Health status evaluation of the farmland supply function at county level in Hebei Province	BAI Linhong, WANG Wei, ZHANG Yu (2033)
Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus <i>Chaetomium globosum</i> L18 from <i>Curcuma wenyujin</i>	WANG Yanhong, WU Xiaomin, ZHU Yanping, et al (2040)
Water use of walnut-wheat intercropping system based on stable carbon isotope technique in the low hilly area of North China	HE Chunxia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (2047)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping farmland in a karst region on the Yunnan-Guizhou Plateau	ZHANG Liqing, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2056)
Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification	LI Yilin (2066)
Effects of <i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann) on physiological indices of different apple cultivars	WANG Xicun, YU Yi, ZHOU Hongxu, et al (2075)
Effects of P-efficient transgenic soybean on rhizosphere microbial community	JIN Lingbo, ZHOU Feng, YAO Juan, et al (2082)
Detecting major phenological stages of rice using MODIS-EVI data and Symlet11 wavelet in Northeast China	XU Yanyan, ZHANG Jiahua, YANG Limin (2091)
Cropping system optimization based on the comparative analysis of precipitation utilization in Sichuan Province	WANG Mingtian, QU Huihui, YANG Xiaoguang, et al (2099)
The impacts of global climatic change on chilling damage distributions of maize in Northeast China	GAO Xiaorong, WANG Chunyi, ZHANG Jiquan (2110)
Effect of fertilization on ammonia volatilization from paddy fields in Chao Lake Basin	ZHU Xiaohong, MA Zhongwen, MA Youhua, et al (2119)
Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on net ion fluxes in the roots of trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>) and mineral nutrition in seedlings under zinc contamination	XIAO Jiaxin, YANG Hui, ZHANG Shaoling (2127)
The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of <i>Chrysanthemum</i> leaves	YANG Zaiqiang, ZHANG Jing, JIANG Xiaodong, et al (2135)
Dynamic characteristics of litterfall and nutrient return of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia, China	LIU Lei, SHEN Guozhen, CHEN Fangqing, et al (2142)
Aboveground litter contribution to soil respiration in a black locust plantation in the Loess Plateau	ZHOU Xiaogang, GUO Shenli, CHE Shengguo, et al (2150)
Life history and spatial distribution of a <i>Taiwania flousiana</i> population in Leigong Mountain, Guizhou Province, China	CHEN Zhiyang, YANG Ning, YAO Xianming, et al (2158)
The feasibility of using LAS measurements of the turbulence structure parameters of temperature above a forest canopy	ZHENG Ning, ZHANG Jinsong, MENG Ping, et al (2166)
Spatial distribution of vegetation and carbon density in Jinyun Mountain Nature Reserve based on RS/GIS	XU Shaojun, ZENG Bo, SU Xiaolei, et al (2174)
Early nitrogen deposition effects on CO ₂ efflux from a cold-temperate coniferous forest soil	WENDU Runa, FANG Huajun, YU Guirui, et al (2185)
Epilithic diatom assemblages distribution in Gui River basin, in relation to chemical and physiographical factors	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (2196)
Acute stress caused by sand discharging on Yellow River Carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in Xiaolangdi Reservoir	SUN Luyin, Baiyinbaoligao, NIU Cuijuan, et al (2204)
Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method	TANG Keyong, YANG Zhengyong, YANG Huaiyu, et al (2212)
Host searching behaviour of <i>Apanteles cypris</i> Nixon (Hymenoptera: Braconidae) ...	ZHOU Hui, ZHANG Yang, WU Weijian (2223)
The effect of hedgerows on the distribution of <i>Harmonia axyridis</i> Pallas in agroforestry systems	YAN Fei, ZHOU Zaibao, WANG Shuo, et al (2230)
Induction of early resistance response to <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>mali</i> in apple leaves with apple and chitosan fermentation broth ...	WANG Rongjuan, YAO Yuncong, QI Yaping, et al (2239)
Review and Monograph	
Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change	WANG Ning, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (2248)
Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species <i>Sonneratia apetala</i>	PENG Yougui, XU Zhengchun, LIU Minchao (2259)
Discussion	
Degradation of organic contaminants with biological aerobic fermentation in sewage sludge dewatering and its influencing factors	YU Jie, ZHENG Guodi, GAO Ding, et al (2271)
Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using four greening tree species	YAN Wende, LIANG Xiaocui, ZHENG Wei, et al (2279)
Scientific Note	
Diversity of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China	LI Dongwei, XU Hongmei, MEI Tao, et al (2288)
Effects of <i>Meloidogyne incognita</i> on scavenging system of reactive oxygen species in tomato seedlings grafted with different rootstocks ...	LIANG Peng, CHEN Zhende, LUO Qingxi (2294)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 7 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 7 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元