园 艺 学 报 2008, 35 (5): 673 - 680
Acta Horticulturae Sinica

光质对姜生长及光能利用特性的影响

张瑞华[1, 2], 徐 坤[1*], 董灿兴[1], 李莹莹[3], 吕 杰[3]
([1]山东农业大学园艺科学与工程学院/作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018; [2]潍坊职业学院农业工程系, 山东潍坊 261041; [3]菏泽学院园林工程系, 山东菏泽 274015)

摘 要: 以彩色电光源创造不同光质环境, 研究了光质对姜生长、叶片光合作用及叶绿素荧光参数的影响。结果表明: 室内人工光源条件下, 姜苗生长量、叶绿素含量及叶片光合速率 (Pn) 以白光和红光处理较高, 蓝光居中, 绿光较低。室内不同光质处理的姜苗移至室外自然光照条件下测定叶片 Pn和光呼吸速率 (Pr), 其中白光处理较高, 蓝光、红光和绿光处理依次降低, 而 Pr/Pn则相反; 叶片 Fv/Fm、Fv′/Fm′及 qP在午间强光下显著降低, 其值以白光处理较高, 蓝光、红光和绿光处理依次降低, PSⅠ和 PSⅡ之间激发能分配不平衡偏离系数 (β/α - 1) 则刚好相反; 叶片用于光化学反应的激发能 (P) 以白光处理较高, 绿光处理较低, 蓝光、红光处理居中, 而天线热耗散能量 (D) 和反应中心过剩能量 (Ex) 则以绿光处理较高, 白光处理较低。

关键词: 姜; 光质; 生长; 光合速率; 叶绿素荧光
中图分类号: S 632.5 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-353X (2008) 05-0673-08

Effects of Light Quality on Growth and Light Utilization Characteristics in Ginger

ZHANG Rui-hua[1, 2], XU Kun[1*], DONG Can-xing[1], LI Ying-ying[3], and LÜ Jie[3]
([1]*State Key Laboratory of Crop Biology and College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong* 271018, *China;* [2]*Agricultural Engineering Department of Weifang Vocational College, Weifang, Shandong* 261041, *China;* [3]*Landscape Engineering Department of Heze University, Heze, Shandong* 274015, *China*)

Abstract: Effects of light quality on the growth, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of ginger were investigated in this study. The results indicated that white or red light induced the greatest growth, chlorophyll content and net photosynthetic rate (Pn), followed by blue and green light in order from high to low level. When ginger seedlings were transferred to sunlight, the Pn and photorespiration (Pr) of leaves treated with white light were the highest, followed by blue, red or green light in turn, while that of Pr/Pn was reverse. The maximal photochemical efficiency (Fv/Fm) and efficiency of excitation energy capture by open PS Ⅱ reaction centres (Fv′/Fm′) as well as photochemical quenching coefficient (qP) decreased markedly under middy strong light. But their values in different treatments were different, with the highest values in white light treatment, followed by blue, red or green light in order from high to low level. Contrarily, white, blue, red or green light treatment induced the relative deviation from full balance between two photosystems (β/α - 1) in ginger leaves increased in turn. In parallel, the excitation energy used in photochemical reaction (P) of leaves treated with white light was the highest, the next was blue or red light, and the lowest was green light. While the antenna heat dissipation (D) and excess light energy (E) of PSⅡ in ginger leaves treated with green light was the highest and white light was the lowest.

Key words: ginger; light quality; growth; photosynthetic rate; chlorophyll fluorescence

收稿日期: 2008 - 01 - 07; **修回日期**: 2008 - 04 - 14
基金项目: 国家 '948' 项目 (2006-G15); 山东省博士后科研专项经费项目 (200603045)
* **通讯作者** Author for correspondence (E-mail: xukun@sdau.edu.cn)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

姜 (*Zingiber officinale* Rosc.) 起源于热带雨林地区，喜温而不耐强光，光补偿点较低，约为 28 μmol·m^{-2}·s^{-1}，故生产上多在苗期进行遮光栽培 (徐坤 等，2002; 赵德婉，2002)。

徐坤等 (2001) 的研究表明，遮荫虽然使姜叶片叶绿素含量及表观量子效率增加，但光饱和点、羧化效率及光合速率降低，对强光适应性下降。遮光栽培仅在土壤水分胁迫条件下才表现出较好效果 (徐坤 等，2003)。

由于遮光在降低光强的同时，还不可避免地影响光质，光质与植物体内不同的光受体作用，调控植物生长发育 (Stuefer & Huber, 1998)，并影响叶片 PSⅡ活性、电子传递速率及光合速率 (Voskersenskaya & Drozdova, 1977; 张瑞华 等，2007)。

为探讨光质对姜叶片光能利用的影响，作者研究了苗期不同光质处理与姜生长、叶片光合作用及叶绿素荧光参数的关系，旨在为合理调控姜生长的光环境提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在山东农业大学园艺科学与工程学院组织培养室进行，供试材料为‘莱芜大姜’。2006年 1月 25日催芽，至芽长 1 cm左右时播种于高 12 cm、直径 15 cm的塑料盆中，每盆 1株，后置组培室培养架培养。

培养架每层装 6支 36 W彩色 T8管形荧光灯管 (佛山电器照明股份有限公司生产)。根据光源发光光质不同，设白光、绿光、红光、蓝光 4个处理，各处理光谱特征见图 1。

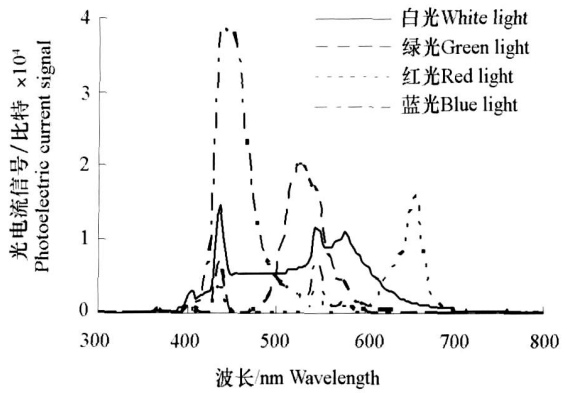


图 1 不同处理的光谱特征

Fig. 1 Characteristics of representative irradiance spectrum in different treatment

通过调整光源高度使各处理光量子通量密度均为 (79.9 ±1.5) μmol·m^{-2}·s^{-1}。

每个培养架设 3层，作为 3次重复，每层放 40盆。处理间用里白外黑双面布相隔。培养室昼/夜温度 (26 ±1) ℃/ (17 ±1) ℃，照光时间为 12 h·d^{-1}。

姜生长 70 d，植株具 7～9片展开叶时，将各处理姜分为 2组，其中一组在组培室内人工光源条件下测试相关指标，另一组于晴天 6: 00移至室外在自然光条件下测试相关指标日变化。

1.2 测定方法

不同处理光谱特征以英国 PP-SYSTEMS公司生产的 UNISPEC-DC™光谱分析仪测定，测定波段为 300～800 nm，扫描波长间隔为 3.3 nm。

每处理随机取 10株幼苗测量株高、茎粗、全株干质量，并计算壮苗指数。壮苗指数 = (茎粗/株

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

高）×全株干质量。按 Arnon（1949）方法测定叶绿素。

室内姜叶片 Pn及叶绿素荧光参数在照光 2 h后测定；室外叶片 Pn、Pr及叶绿素荧光参数于 7：00—17：00每隔 2 h测定一次。测定叶片均为植株上数第 3片展开功能叶。

光合速率（Pn）、光呼吸速率（Pr）及相关环境参数（Ta、PAR、RH）以英国 PP-SYSTEMS公司产 CIRAS-Ⅰ型光合仪测定，其中 Pr为自配低氧气体［2%O_2，（380 ±5）μL·L^{-1} CO_2］与大气条件下 Pn之差。

叶绿素荧光参数 Fs、Fm′、Fo′、Fo、Fm以英国 Hansatech公司生产的 FMS-2脉冲调制式荧光仪测定。

测定时用叶夹夹住叶片，分别测定室内人工光源及室外自然光照条件下相同受光角度叶片的稳态荧光（Fs），在施加作用光的同时，使用饱和脉冲光（12 000 μmol·m^{-2}·s^{-1}）测定光下最大荧光（Fm′）后，立即用黑布盖住叶夹打开远红光，5 s后测定光下最小荧光（Fo′）。叶片经暗适应 15 min后，照射检测光（< 0.05 μmol·m^{-2}·s^{-1}）测定初始荧光（Fo），再照射饱和脉冲光（12 000 μmol·m^{-2}·s^{-1}）测定最大荧光（Fm）。并根据 Demmig-Adams和 Adams（1996）公式计算 PSⅡ最大光化学效率（Fv/Fm）、天线转化效率（Fv′/Fm′）、PSⅡ光合电子传递量子效率（ΦPSⅡ）、光化学猝灭系数（qP）。根据能量散失和能量过多模型（Kato et al.，2003）的方法计算 PSⅡ反应中心过剩能量 Ex（%），根据 Demmig-Adams等（1996）公式计算天线热耗散能量 D（%）和光化学电子传递耗散能量 P（%）。根据 Braun和 Malkin（1990）公式计算两个光系统之间激发能分配不平衡偏离系数（β/α - 1）。

试验所有测试指标均重复 5次，数据用 DPS软件分析处理。

2　结果与分析

2.1　不同光质对姜生长及叶片 Fv/Fm、Fv′/Fm′、ΦPSⅡ和 Pn的影响

由表 1可知，绿光和红光处理植株较高，蓝光处理茎较粗，单株干质量则以白光和红光处理较高，白光处理壮苗指数较绿光、红光和蓝光处理分别高 108.6%、19.8%和 4.7%。可见，光质对姜幼苗生长有显著影响。

表 1　不同光质对姜生长的影响

Table 1　Effects of different light quality on the ginger growth

处理 Treatment	株高 /cm Plant height	茎粗 /mm Stem diameter	单株干质量 /g Dry mass of plant	壮苗指数 Seedling index
白光 White light	52.0b	9.9b	5.9a	0.112a
绿光 Green light	56.7a	8.7c	3.5c	0.054c
红光 Red light	57.3a	9.4b	5.7a	0.094b
蓝光 Blue light	48.5b	10.6a	4.9b	0.107a

注：同列数字后不同小写字母表示差异显著（P < 0.05）。

Note：The different small letters in the same column represented significant difference at P < 0.05 level

如表 2所示，姜叶片叶绿素含量以白光处理较高，分别比绿光、红光和蓝光处理高 38.7%、2.4%和 7.5%。

各处理间 Fv/Fm虽无显著差异，但 Fv′/Fm′和 ΦPSⅡ以白光和蓝光处理显著高于红光和绿光处理，蓝光与白光处理无显著差异（表 2）。

叶片 Pn以白光处理较高，红光处理次之，但两者无显著差异，绿光和蓝光处理则显著低于白光处理，分别较白光处理低 53.9%和 23.1%（表 2）。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 不同光质对姜叶片叶绿素荧光和光合速率的影响

Table 2 Effects of different light quality on the chlorophyll fluorescence and photosynthetic rate in ginger leaves

处理 Treatment	叶绿素含量 /(mg·g^{-1} FM) Chlorophyll content	Fv/Fm	Fv′/Fm′	ΦPSⅡ	Pn/(μmol·m^{-2}·s^{-1})
白光 White light	3.01a	0.840a	0.770a	0.761a	1.3a
绿光 Green light	2.17c	0.821a	0.746c	0.714c	0.6c
红光 Red light	2.94a	0.827a	0.756b	0.736b	1.2a
蓝光 Blue light	2.80b	0.836a	0.767a	0.756a	1.0b

注：同列数字后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: The different small letters in the same column represented significant difference at $P<0.05$ level

2.2 自然光照条件下不同光质处理姜叶片 Pn及 Pr的日变化

室内不同光质处理姜幼苗移至室外自然光照条件下，其所处环境因子如图 2所示，13: 00光照强度及气温达一天中最高值，大气湿度在 15: 00达一天中最低值。

不同光质处理姜叶片 Pn日变化规律相似 (图 2)，但 Pn大小显著不同。一天内 Pn均以白光处理较高，蓝光和红光处理次之，绿光处理最低。9: 00 Pn达峰值时，白光处理 Pn分别较绿光、红光和蓝光处理高 92.7%、26.1%和 16.2%。各处理叶片 Pr日变化亦为单峰曲线，但峰值出现在 11: 00，处理间 Pr高低与 Pn表现一致。

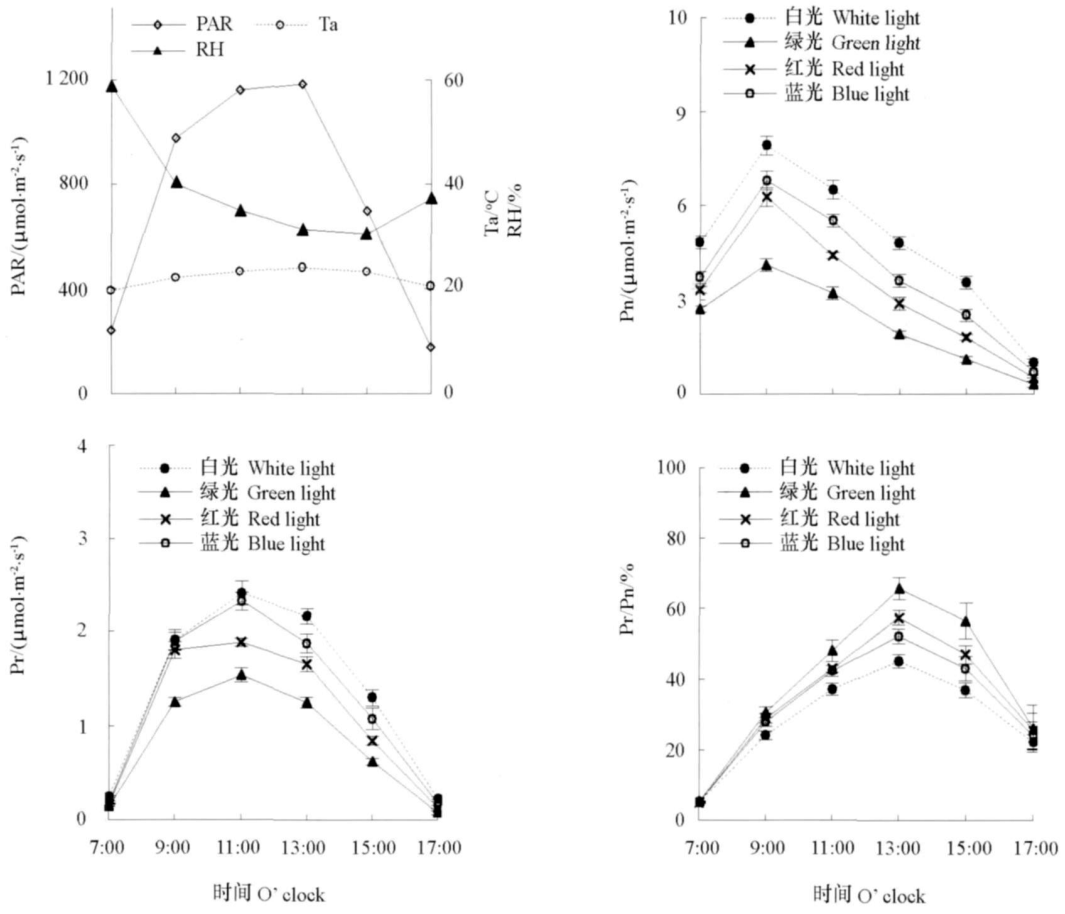


图 2 自然光照条件下不同光质处理姜叶片 PAR、Ta、RH、Pn、Pr和 Pr/Pn日变化

Fig. 2 Diurnal variation of PAR, Ta, RH, Pn, Pr and Pr/Pn in ginger leaves treated with different light quality at sunlight

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

尽管一天内各处理叶片 Pr/Pn在早、晚无显著差异，但午间较强光照时，处理间均存在显著差异，如 13: 00绿光处理的 Pr/Pn高达 65.7%，分别较白光、红光和蓝光处理高 46.0%、14.5%和 26.2%。表明较强自然光照条件下，不同光质环境生长的姜叶片光合同化的碳素流向乙醇酸循环的比例以绿光处理较高，白光处理较低，这可能是绿光处理姜叶片 Pn较低的原因之一。

2.3　自然光照条件下不同光质处理姜叶片 Fv/Fm、Fv′/Fm′、qP及 β/α - 1的日变化

由图 3可知，不同光质处理姜叶片 Fv/Fm随光照的增强逐渐降低，但 11: 00前处理间无显著差异，之后绿光和红光处理迅速降低，白光和蓝光处理降幅较小，至 13: 00白光、蓝光、红光和绿光处理的 Fv/Fm分别比 7: 00降低 24.3%、27.2%、35.6%和 44.0%；尽管各处理叶片 Fv/Fm于 13: 00后逐渐回升，但 17: 00时仍分别较 7: 00低 20.4%、22.5%、30.7%、42.0%。这可能与午间强光导致姜叶片 PSⅡ反应中心失活有关。

不同处理姜叶片 Fv′/Fm′日变化与 Fv/Fm相似，13: 00达低谷时，白光处理为 0.258，分别比蓝光、红光和绿光处理高 14.7%、43.5%、62.3%。

图 3还表明，姜叶片 qP以白光处理较高，蓝光和红光处理次之，绿光处理较低，说明绿光处理姜叶片 PSⅡ反应中心激发能压力较大，尤以午间表现为甚，这与绿光处理午间 β/α - 1较大，PSⅠ和 PSⅡ间线性电子传递协调性较差，激发能在两个光系统间分配失衡有重要关系。

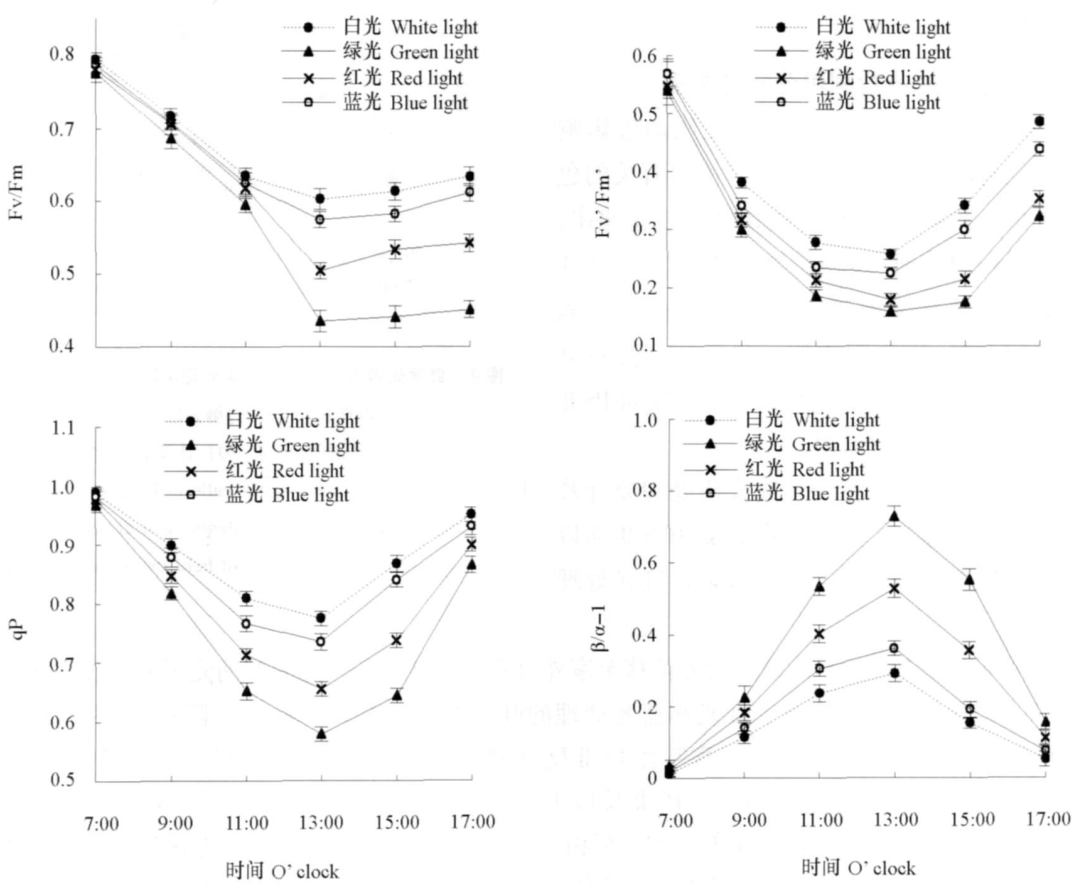


图 3　自然光照条件下不同光质处理姜叶片 Fv/Fm、Fv′/Fm′、qP和 β/α - 1日变化

Fig. 3　Diurnal variation of Fv/Fm, Fv′/Fm′, qP and β/α - 1 in ginger leaves treated with different light quality at sunlight

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.4 自然光照条件下不同光质处理姜叶片光能利用与耗散特性

图 4表明，13: 00前各处理叶片 Ex和 D增加，而 P降低，13: 00后则相反，说明午间强光降低了光能用于光合碳同化的比例，而增加了光能的耗散。

各处理姜叶片吸收光能的去向比例存在显著差异。

绿光处理 P较低，13: 00仅为 9.2%，分别比白光、蓝光和红光处理降低了 53.9%、44.4%和 21.9%，而 Ex分别比白光、蓝光和红光处理提高了 15.1%、12.4%和 8.1%，D则分别提高了 13.3%、8.5%和 2.5%。此外，由于各处理的 D值均显著高于 Ex，表明姜叶片过剩光能以天线耗散为主。

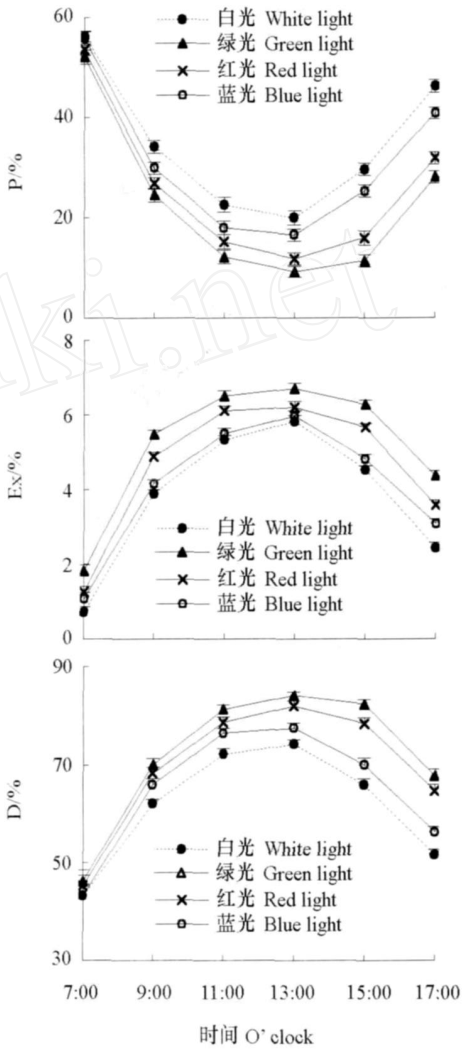


图 4 自然光照条件下不同光质处理姜叶片 PSII光化学反应耗散能量 (P)、过剩光能 (Ex) 和天线耗散能量 (D) 比率日变化

Fig. 4 Diurnal variation of the ratio of PS photochemistry (P), excess energy (Ex) and antenna heat dissipation (D) in ginger leaves of different light quality at sunlight

3 讨论

3.1 光质与姜叶片光能利用分配的关系

Leong等 (1985) 研究表明，光质通过影响叶绿体及类囊体膜的结构和与电子传递有关的色素蛋白含量，而影响 PSII活性和电子传递速率。储钟稀等 (1999) 研究表明，红光处理黄瓜叶片 Fv/Fm显著高于蓝光处理；而 Voskersenskaya和 Drozdova (1977) 研究则表明，蓝光处理豌豆叶片 Fv/Fm则显著高于红光处理。表明光质对 PSII活性的影响因植物种类而异。

本试验结果表明，室内不同光质处理姜叶片 Fv/Fm虽无显著差异，但 Fv′/Fm及 ΦPSII均以白光和蓝光处理较高，绿光处理较低，红光处理居中 (表 2)。

本研究结果还表明，不同处理的姜苗移至室外自然光照条件下，随着午间光强的增加，光抑制程度增加，13: 00时白光、绿光、红光和蓝光处理的叶片 Fv/Fm较 7: 00分别降低 24.3%、44.0%、35.6%和 27.2% (图 3)，这与各处理叶片 PSII反应中心过剩能量 (Ex) 均显著增加有关 (图 4)。

Kato等 (2003) 研究表明，Ex与 PSII反应中心失活正相关，这可能是 17: 00光照较弱时各处理 Fv/Fm仍不能恢复到 7: 00水平的原因。但由于白光处理姜叶片 Ex较低，光化学电子传递耗散能量 (P) 和 qP较高，PSI与 PSII间线性电子传递的协调能力较好，光抑制程度较其它处理轻 (图 3)，表现出较高的适应强光能力，而绿光处理叶片适应强光的能力则较差。

3.2 光质与姜生长及叶片光合碳同化的关系

光作为植物光合作用的能量及重要的环境信号对植物的生长发育有显著影响 (Smith, 2000)，且不同光质的生物学效应不同 (江明艳和潘远智，2006; 徐凯 等，2007)。蓝光抑制水稻幼苗伸长 (余让才和潘瑞炽，1997)，而红光促进油菜幼苗生长 (杜建芳 等，2002)。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本试验结果也表明，蓝光处理姜幼苗植株较矮，红光处理植株较高。增加光质中红光比例可使烟叶 Pn增加 (史宏志 等， 1999)，本试验室内人工光源红光处理姜叶片 Pn显著高于蓝光和绿光处理，而白光与红光处理叶片 Pn差异不显著，其原因与白光处理叶片光能利用效率较高有关 (表 2)。光合作用是作物干物质积累的基础，故单株干质量以白光和红光处理较高。

自然光照条件下，姜叶片 Pn较室内人工光源条件下显著提高，但仍以白光处理姜苗 Pn较高，蓝光、红光和绿光处理依次降低。其原因可能与白光处理姜叶片叶绿素含量较高 (表 2)、光抑制程度较低、PSⅠ与 PSⅡ间线性电子传递的协调能力较好 (图 3)、用于光化学反应的能量 (P) 较高 (图 4)、光合同化碳素流向乙醇酸循环的比例较低有关 (图 2)。虽然室内人工光源下，红光处理姜叶片 Pn较蓝光处理高，而室外自然光条件下则相反，这与蓝光处理叶片 Fv/Fm、qP及 P (%) 显著高于红光处理不无关系。

此外，由于蓝光处理叶片 Pr显著高于红光处理，较高的 Pr利于耗散过剩能量，并通过乙醇酸的消耗促进无机磷 (Pi) 的周转，缓解 Pi不足对光合作用的限制 (郭连旺和沈允钢， 1996)。导致不同光质处理姜叶片 Pn显著不同的原因，还可能与光质影响了叶片叶绿体的超微结构有关 (Leong et al ， 1985)，对此笔者正在研究中。

References

Arnon D J. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Plant Physiology, 24: 1 - 15.

Braun G, Malkin S. 1990. Regulation of the imbalance in light excitation between photosystem Ⅱ and photosystem Ⅰ by cations and by the energized state of the thylakoid membrane. Biochimica et Biophysica Acta, 1017: 79 - 90.

Chu Zhong-xi, Tong Zhe, Feng Li-jie, Zhang Qun, Wen Xiao-gang, Song Sen-tian, Zhu Xiao-feng. 1999. Effect of different light quality on photosynthetic characteristics of cucumber leaves. Acta Botanica Sinica, 41 (8): 867 - 870. (in Chinese)

储钟稀，童 哲，冯丽洁，张 群，温晓刚，宋森田，朱孝凤. 1999. 不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响. 植物学报，41 (8): 867 - 870.

Demmig-Adams B, Adams W W. 1996. Xanthophyll cycle and light stress in nature: Uniform respon to execess direct sunlight among higher plant species. Planta, 198: 460 - 470.

Demmig-Adams B, Adams W W, Baker D H. 1996. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorber light allocated to thermal dissipation of excess excitation. Physiology Plant, 98: 253 - 264.

Du Jian-fang, Liao Xiang-ru, Ye Bu-qing, Li Meng. 2002. Effect of light quality on the growth and antioxidant enzyme activities of rape seedlings. Chinese Bulletin of Botany, 19 (6): 743 - 745. (in Chinese)

杜建芳，廖祥儒，叶布青，李 萌. 2002. 光质对油菜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响. 植物学通报，19 (6): 743 - 745.

Guo Lian-wang, Shen Yun-gang. 1996. Protective mechanisms against photodamage in photosynthetic apparatus of high plants. Plant Physiology Communications, 32 (1): 1 - 8. (in Chinese)

郭连旺，沈允钢. 1996. 高等植物光合机构避免强光破坏的保护机制. 植物生理学通讯，32 (1): 1 - 8.

Jiang Ming-yan, Pan Yuan-zhi. 2006. Effects of light quatity on the photosynthetic characteristics and growth of poinsettia. Acta Horticulturae Sinica, 33 (2): 338 - 343. (in Chinese)

江明艳，潘远智. 2006. 不同光质对盆栽一品红光合特性及生长的影响. 园艺学报，33 (2): 338 - 343.

Kato M C, Hirotsu N, Makino A, Makino A, Hirose T. 2003. The excess light energy that is neither utilized in photosynthesis nor dissipated by photoprotective mechanisms determines the rate of photoinactivation in photosystem Ⅱ. Plant Cell Physiology, 44 (3): 318 - 325.

Leong T Y, Goodchild D J, Anderson J M. 1985. Effect of light quality on the composition, function, and structure of photosynthetic thylakoid membranes of *Asplenium australasicum* (Sm.) Hook. Plant Physiology, 78: 561 - 567.

Shi Hong-zhi, Han Jin-feng, Guan Chun-yun, Yuan Tong. 1999. Effect of red and blue light proportion on leaf growth, carbon-nitrogen metabolism and quality in tobacco. Acta Agronomica Sinica, 25 (2): 215 - 220. (in Chinese)

史宏志，韩锦峰，官春云，远 彤. 1999. 红光和蓝光对烟叶生长、碳氮代谢和品质的影响. 作物学报，25 (2): 215 - 220.

Smith H. 2000. Phytochromes and light signal perception by plants—an emerging synthesis. Nature, 407: 585 - 591.

Stuefer J F, Huber H. 1998. Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stolonif-

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

erous *Potentilla* species. Oecologia, 117: 1 - 8.

Voskersenskaya N P, Drozdova I S. 1977. Effect of light quality on the organization of photosynthetic electron transport chain of pea seedlings. Plant Physiology, 59: 151 - 154.

Xu Kai, Guo Yan-ping, Zhang Shang-long, Dai Wen-sheng, Fu Qing-gong. 2007. Effect of light quality on the fruit quality of 'Toyouoka' strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch.). Acta Horticulturae Sinica, 34 (3): 585 - 590. (in Chinese)

徐 凯, 郭延平, 张上隆, 戴文圣, 符庆功. 2007. 不同光质膜对草莓果实品质的影响. 园艺学报, 34 (3): 585 - 590.

Xu Kun, Zheng Guo-sheng, Wang Xiu-feng. 2001. The relationship between environmental factors and light requirement of ginger. Acta Ecologica Sinica, 24 (4): 1091 - 1094. (in Chinese)

徐 坤, 郑国生, 王秀峰. 2001. 环境因素与生姜需光特性关系研究. 生态学报, 24 (4): 1091 - 1094.

Xu Kun, Zou Qi, Zhao Yan. 2003. Effects of soil water stress and shading on growth characteristics of ginger. Chinese Journal of Applied Ecology, 14 (10): 1645 - 1648. (in Chinese)

徐 坤, 邹 琦, 赵 燕. 2003. 土壤水分胁迫与遮荫对生姜生长特性的影响. 应用生态学报, 14 (10): 1645 - 1648.

Xu Kun, Zou Qi, Zheng Guo-sheng. 2002. Photorespiration and xanthophyll cycle in adaptation to strong light in ginger leaves. Acta Horticulturae Sinica, 29 (1): 47 - 51. (in Chinese)

徐 坤, 邹 琦, 郑国生. 2002. 强光下姜叶片的光呼吸及叶黄素循环. 园艺学报, 29 (1): 47 - 51.

Yu Rang-cai, Pan Rui-chi. 1997. Effects of blue light on the growth and levels of endogenous phytohormones in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Acta Phytophysiologica Sinica, 23 (2): 175 - 180. (in Chinese)

余让才, 潘瑞炽. 1997. 蓝光对水稻幼苗生长及内源激素水平的影响. 植物生理学报, 23 (2): 175 - 180.

Zhang Rui-hua, Zhan Kun-you, Xu Kun. 2007. Effects of covering with colored plastic films on the pigment content and photosynthesis in ginger leaves. Acta Horticulturae Sinica, 34 (6): 1465 - 1470. (in Chinese)

张瑞华, 战琨友, 徐 坤. 2007. 有色膜覆盖对姜叶片色素含量及光合作用的影响. 园艺学报, 34 (6): 1465 - 1470.

Zhao De-wan. 2002. High yield and high quality planting principle and practice in ginger. China Agricultural Press. (in Chinese)

赵德婉. 2002. 生姜优质丰产栽培——原理与技术. 北京: 中国农业出版社.

图书推荐

《蔬菜学》

本书由方智远院士主编, 江苏科学技术出版社出版发行。全书共分 7大章, 33个小节, 44万字, 552页, 本书较系统地记叙了中国蔬菜学发展的历史轨迹、学术成就; 比较全面地论述了蔬菜作物种质资源、遗传育种、栽培技术、病虫害防治以及贮藏加工等各个专业的性质、研究内容; 简述了 21世纪中国蔬菜学的发展趋势。本书兼理论性与实践性、政策性与操作性于一体, 有利于读者更加深入地了解蔬菜学, 研究蔬菜学, 是从事蔬菜科研、教学及生产实践有关人员的良好参考书籍。定价: 47元 (含邮费)。

《中国蔬菜品种志》

本书由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主编, 已于 2002年 9月出版发行。全书分上、下卷, 1～6章为上卷, 包括根菜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、绿叶菜类及葱蒜类, 计 2 263个品种, 1 347页; 7～12章为下卷, 包括瓜类、茄果类、豆类、薯芋类、水生蔬菜类和多年生蔬菜类, 计 2 550个品种, 1 177页。入志的品种中, 地方品种占 90%以上, 少量在全国栽培时间较长、种植面积较大的一代杂种也选入其中。本书较全面系统而又有重点地反映了中国丰富的蔬菜品种资源概貌、研究成果及育种水平, 可供蔬菜科研、教学、生产及种子公司、农业行政单位的人员参考。本书出版后受到读者普遍好评, 现尚有少量存书, 特以优惠价格 490元 (上、下卷) 提供给读者 (原价 980元)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12号中国农科院蔬菜花卉所 《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net