

有色膜覆盖对姜叶片色素含量及光合作用的影响

张瑞华, 战琨友, 徐 坤*

(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)

摘 要: 在姜幼苗期分别采用绿色膜、红色膜和蓝色膜进行覆盖处理, 均可显著提高全生育期内叶片叶绿素和类胡萝卜素含量, 但不同处理在不同生育期的效果不同, 幼苗期覆膜条件下, 以蓝膜处理较高, 红膜处理较低, 绿膜与蓝膜处理之间无显著差异; 而旺盛生长期撤膜后, 绿膜处理逐渐较高, 蓝膜处理次之, 红膜处理仍较低。姜全生育期内叶片的光合速率始终以绿膜处理较高, 红膜处理次之, 蓝膜处理较低, 但均显著高于对照, 7月19日幼苗期覆膜条件下, 其11时光合速率分别比对照提高28.0%、16.3%和8.9%; 9月8日旺盛生长期撤膜后, 11时光合速率分别比对照提高21.3%、12.5%和5.9%。此外, 有色膜覆盖可创造较好的温光环境, 减轻光合午休, 但未改变光合作用的日变化规律。

关键词: 姜; 有色膜; 光质; 叶绿体色素; 光合作用

中图分类号: S 632.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1465-06

Effects of Covering with Colored Plastic Films on the Pigment Content and Photosynthesis in Ginger Leaves

ZHANG Rui-hua, ZHAN Kun-you, and XU Kun*

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The content of chlorophyll and carotenoid in ginger leaves which were covered with green film, red film and blue film at seedling stage respectively was remarkably higher than that of the control in the whole growth period, but the effects of different treatments were different at different growth stages. At seedling stage, the sequence of the content of chlorophyll and carotenoid in ginger leaves from high to low was blue film, green film and red film treatments in turn, but there was no significant difference between blue film and green film treatments under condition of covering with colored plastic films, while with the ginger growing at vigorous growth stage that treated by green film became gradually higher, blue film in the second and red film was lower after film removal. In the whole growth period, the photosynthetic rate (P_n) of ginger leaves covered with films was all significantly higher than that of control, in which the P_n of ginger leaves treated by the green film was higher, followed by the red film and blue film, which increased by 28.0%, 16.3% and 8.9% respectively compared with the P_n of the control at 11:00 on July 19 during covering with films and increased by 21.3%, 12.5% and 5.9% on September 8 after films removal. Furthermore, covering with colored plastic films could create more suitable environmental conditions, alleviate the photosynthetic depression at noon without changing the diurnal variation of photosynthesis.

Key words: Ginger; Colored plastic film; Light quality; Chloroplast pigment; Photosynthesis

姜 (*Zingiber officinale* Rosc.) 起源于热带雨林地区, 喜温而不耐强光, 生产上多在苗期进行遮光栽培 (赵德婉, 2002)。遮光栽培可提高姜叶片叶绿素含量及表观量子效率, 但降低了光合速率及光

收稿日期: 2007-07-03; 修回日期: 2007-09-29

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@sdaa.edu.cn)

合作用的饱和光强,导致叶片对强光的适应性下降(徐坤等,2001; Xu & Guo, 2004);在适宜的温度及水分条件下,虽然较强的光照加重了姜光合午休和光抑制程度,但可通过启动光呼吸、叶黄素循环及活性氧清除系统等,防御强光的破坏,维持较强的光合能力(徐坤和郑国生,2000; 徐坤等,2002)。大量研究证实,光强和光质均是影响植物生长发育的重要环境因子,对植物器官形态建成(Stuefer & Huber, 1998; 高金鹏等,2004)、碳同化与光能利用(Ernstsen et al., 1999; 徐凯等,2005)及产量品质等(李方民等,2006)都有重要影响,但前人对姜需光特性的研究均集中在光强方面,关于光质对姜光合作用的影响,国内外尚未见报道。为此,作者在确定有色膜对光质调控效果基础上,研究了有色膜覆盖对姜叶片叶绿素和类胡萝卜素含量及光合速率的影响,旨在探讨光质与姜叶片光合作用的关系,为实现姜有色膜保护栽培提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于2005年在山东农业大学蔬菜实验站进行,供试品种为‘莱芜大姜’,4月10日播种,大小行栽培,大行距75 cm,小行距55 cm,株距18 cm。播种后利用小拱棚进行双行覆盖,棚高0.80 m,棚宽1.10 m,出苗后逐渐通风降温。

根据棚膜颜色不同设置3个处理,分别为绿、红、蓝3色薄膜(济南永发塑料厂生产的聚乙烯薄膜),膜厚度均为0.02 mm,以不覆膜为对照。试验小区面积18.2 m²,重复3次,顺序排列。

为保证不同颜色薄膜覆盖条件下光强和光质的稳定性,20 d左右更换一次新膜,并利用不同目的无色透明纱网调节各处理透光率为70.2% ± 1.9%。至7月31日时,撤膜培土。试验处理除覆盖薄膜颜色不同外,其它管理均按常规方法进行(赵德婉,2002)。

1.2 测定方法

以英国 PP-SYSTEMS 公司生产的 UNISPEC™-DC 光谱分析仪测定不同处理透射光谱成分,测定波段为300~1100 nm,扫描波长间隔为3.3 nm,输出的光谱值是光电流信号比特。

植株3~4片叶展开时,测定上数第3~4片展开功能叶的叶绿体色素含量及光合速率,之后每隔30 d左右测定1次,直至收获。

叶绿体色素按 Arnon (1949) 方法提取,用日本产岛津 UV-160 分光光度计测定光密度,计算叶绿素(Chl.)及类胡萝卜素(Car.)的含量。

用英国 PP-SYSTEMS 公司产 CIRAS-I 型光合仪,分别在姜不同生长期于晴天上午11时左右,测定叶片光合速率(Pn)、叶温(Tl)及光照强度(PAR);并在幼苗期(7月19日,撤膜前)及旺盛生长期(9月8日,撤膜后)测定叶片光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、叶温(Tl)、光照强度(PAR)、空气相对湿度(RH)日变化。

试验测试时每次每处理测定3~5株,数据用DPS分析软件处理。

2 结果与分析

2.1 有色膜的透射光谱特性

由表1可知,各有色膜透射光谱比率在800~1100 nm 近红外区较对照均显著提高,且绿膜、红膜、蓝膜的透射光谱比率分别在绿光区、红光区、蓝紫光区较对照提高了6.5%、34.8%和26.9%。此外,绿膜降低了红光比率,对蓝紫光无显著影响;红膜则使400~600 nm 波段光谱比率均降低;蓝膜使红光比率降低,对绿光无显著影响。可见,在400~700 nm 波段中,红膜透射光谱中较长波长光谱比率提高,蓝膜透射光谱中较短波长光谱比率提高,绿膜虽然也显著改变了透射光谱,但影响的幅度较小。不同有色膜透射光谱中红光/远红光(R/FR)和红光/蓝光(R/B)均为红膜>绿膜>蓝膜,且差异显著。

表 1 有色膜透射光谱比率

Table 1 Ratio of representative irradiance spectrum in different colored plastic films (%)

有色膜 Film	光谱 Spectrum (nm)							
	300 ~ 400 紫外 Ultraviolet	400 ~ 500 蓝紫光 Blue-violet	500 ~ 600 绿光 Green	600 ~ 700 红光 Red	700 ~ 800 远红光 Far-red	800 ~ 1100 近红外 Near infrared	红光/远红光 R/FR	红光/蓝光 R/B
对照 Control	1.98a	22.38b	31.02b	19.27b	14.49b	10.88c	1.33a	0.86b
绿膜 Green film	1.63c	22.71b	33.03a	15.51c	14.23b	12.88b	1.09c	0.68c
红膜 Red film	1.85b	15.54c	22.50c	25.97a	21.29a	12.90b	1.22b	1.67a
蓝膜 Blue film	1.68c	28.39a	30.35b	11.58d	12.73c	15.28a	0.91d	0.41d

注: 同列不同字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$)。Note: The different letters represent significance at 5% level in the same column.

2.2 苗期有色膜覆盖对叶片叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

由图 1 可知, 全生育期各有色膜处理的姜叶片叶绿素含量均显著高于对照。苗期有色膜覆盖条件

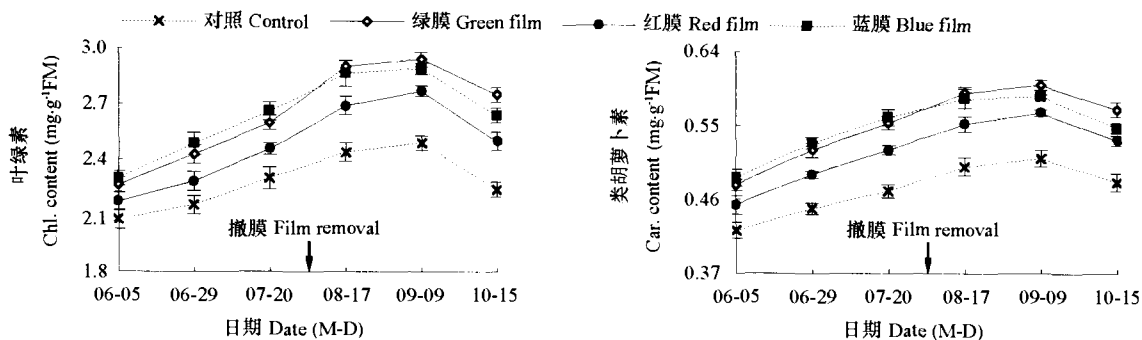


图 1 有色膜覆盖对姜叶片叶绿素含量及类胡萝卜素含量季节变化的影响

Fig. 1 Effects of covering with colored plastic films on seasonal variations of chlorophyll and carotenoid content in ginger leaves

下, 叶片叶绿素含量以蓝膜处理较高, 红膜较低, 绿膜与蓝膜差异不显著; 但旺盛生长期撤膜后绿膜处理叶片逐渐升至最高, 蓝膜次之, 红膜仍较低, 10 月 15 日时, 绿、蓝、红膜处理分别比对照提高 22.8%、17.8%、11.6%。类胡萝卜素含量与叶绿素含量的变化趋势相似。

2.3 苗期有色膜覆盖对叶片光合速率 (P_n) 季节变化的影响

由图 2 可知, 全生育期各处理叶片 P_n 均呈单峰曲线变化, 这与环境因子变化规律及姜生长特性相关 (徐坤和邹琦, 2000)。但无论在覆膜期还是撤膜后, P_n 均以绿膜处理 > 红膜处理 > 蓝膜处理 > 对照, 如 7 月 19 日覆膜期, 绿、红、蓝膜处理叶片的 P_n 分别比对照高 28.0%、16.3% 和 8.9%, 撤膜后 9 月 13 日, 分别比对照高 24.4%、14.8% 和 7.4%。可见, 姜幼苗期有色膜覆盖显著提高了叶片的 P_n 。这与有色膜处理改善了温光环境有关。至于撤膜后, 有色膜处理的 P_n 仍显著高于对照, 与其生长势较强有关。

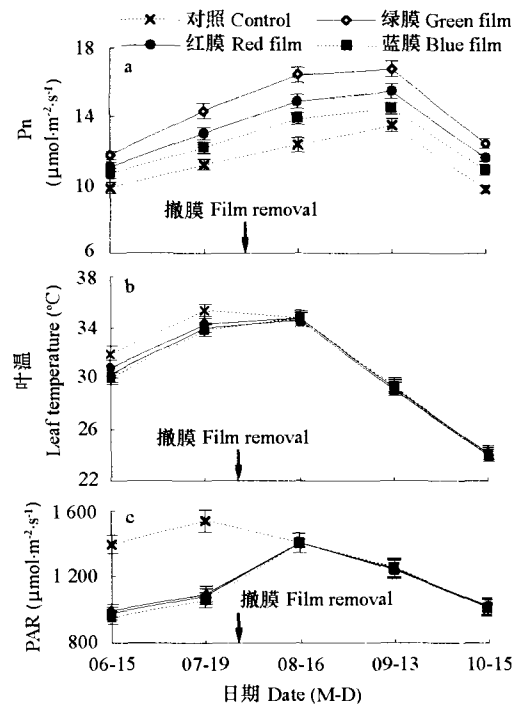


图 2 有色膜覆盖对叶片光合速率、温度及光强季节变化的影响

Fig. 2 Effects of covering with colored plastic films on the seasonal variations of P_n , T_l and PAR in ginger leaves

2.4 幼苗期有色膜覆盖条件下叶片 Pn 的日变化

图3, a 显示, 幼苗期 (7月19日) 姜叶片 Pn 日变化均为双峰曲线, 峰值分别出现在11时和15时, 但不同处理显著不同, 以绿膜处理较高, 红膜、蓝膜处理次之, 对照较低, 如11时绿、红、蓝膜处理分别比对照高28.0%、16.3%、8.9%, 可见有色膜覆盖显著提高了姜叶片 Pn, 这与有色膜处理的 Gs 较大 (图3, b), 有利于 CO₂ 的内外交换密切相关。此外, 不同处理叶片 Pn 午间降幅也有较大差异, 绿、红、蓝膜处理和对照在13时的 Pn 比11时分别降低了17.0%、19.2%、18.0%和34.8%, 说明有色膜覆盖减轻了光合午休程度。这与有色膜覆盖降低了午间光强及温度, 提高了空气相对湿度有关 (图3, c)。

2.5 旺盛生长期有色膜撤除后叶片 Pn 的日变化

姜旺盛生长期 (9月8日) 有色膜撤除后, 各处理叶片 Pn 日变化与幼苗期覆膜条件下的变化趋势基本一致 (图4, a), 但各处理 Pn 均有所提高, 且有色膜处理与对照的差异减小, 尤其13时出现

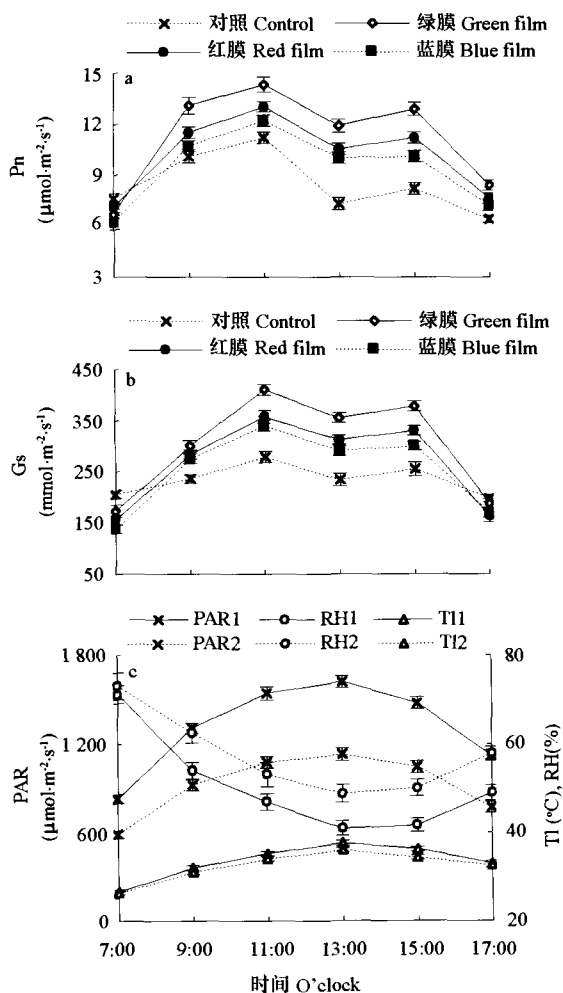


图3 幼苗期有色膜覆盖条件下姜叶片光合速率、气孔导度及环境因子日变化

Fig. 3 Diurnal variation curves of Pn, Gs and environmental factors in ginger leaves on the condition of covering with colored plastic films at seedling stage

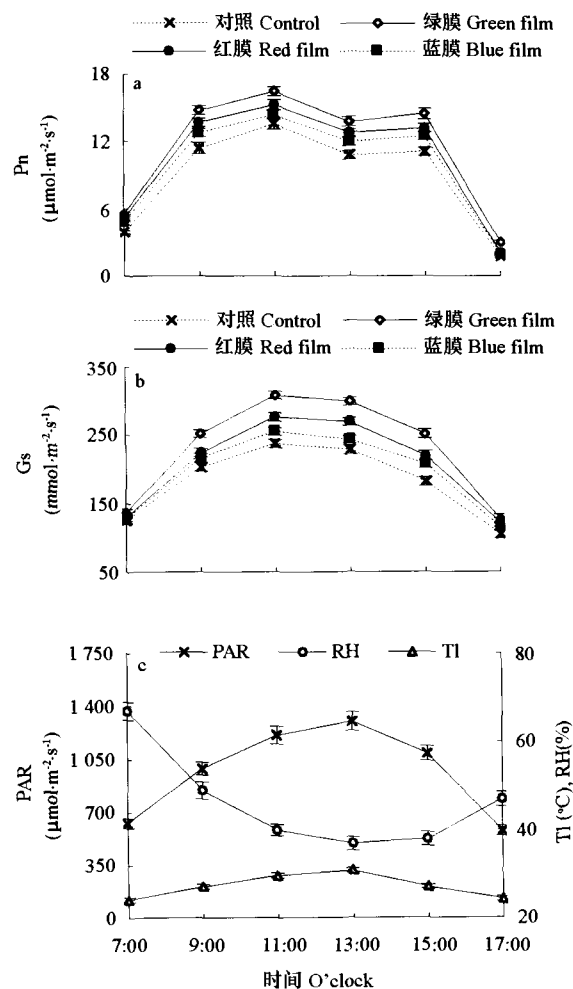


图4 旺盛生长期有色膜撤除后姜叶片光合速率、气孔导度及环境因子日变化

Fig. 4 Diurnal variation curves of Pn, Gs and environmental factors in ginger leaves at vigorous growth stage after films removal

光合午休时, 绿、红、蓝膜处理和对照的 P_n 分别比 11 时降低了 16.4%、16.3%、16.7% 和 20.6%。各处理 P_n 较幼苗期升高而光合午休较幼苗期降低的原因, 与此期姜生长环境的改善及植株生长状况均有密切关系 (图 4, b、c)。

3 讨论

光是影响叶绿素合成的重要条件, 不同波长的光与植物体内相应的光受体作用, 调控色素合成 (Stuefer & Huber, 1998)。史宏志等 (1999) 的研究表明, 提高光质中红光比例, 可降低烟草叶片叶绿素含量, 而增加蓝光比例, 则提高其叶绿素含量。本试验结果也表明, 姜幼苗期叶片叶绿素含量以蓝膜处理较高, 红膜处理较低, 绿膜处理居中, 但均显著高于对照 (图 1), 且类胡萝卜素含量也有相似的变化规律。

统计分析可知, 姜幼苗期叶片叶绿素和类胡萝卜素含量与 R/FR 和 R/B 均呈负相关 (表 1), 尤以与 R/B 的相关性较好。而徐凯等 (2005) 的研究结果则证明, 草莓叶片叶绿素含量与 R/B 呈正相关, 类胡萝卜素含量与 R/FR 呈负相关; Mortensen 和 Stromme (1987) 研究表明, 生长于较高 R/FR 和 R/B 光质中的菊花、番茄和莴苣叶片的叶绿素含量较高; 可见, 不同作物对光质的反应存在差异。

姜幼苗期有色膜覆盖虽然未改变叶片 P_n 的日变化规律, 但光合午休减轻 (图 3)。这与有色膜覆盖降低了午间光强及温度, 增加了空气相对湿度有关 (图 3), 说明有色膜覆盖创造了较为适于姜光合作用的环境条件 (徐坤 等, 2001); 而姜旺盛生长期撤膜后, 苗期有色膜处理的叶片 P_n 仍显著高于对照, 与有色膜覆盖增强了姜生长势不无关系。因此, 姜全生育期叶片的 P_n 始终为绿膜处理 > 红膜处理 > 蓝膜处理 > 对照 (图 2)。前人的研究也表明, 红光处理的黄瓜叶片 P_n 显著高于白光及蓝光处理 (储钟稀 等, 1999); 而一品红叶片的 P_n 则以黄膜处理显著高于蓝膜和红膜处理 (江明艳和潘远智, 2006)。

本试验中不同有色膜处理的叶片温度和光强等无显著差异 (图 2), 但光质则显著不同 (表 1), 说明不同有色膜调控的光质环境对姜叶片的光合作用有显著影响。

众所周知, 光合作用最有效的光质是波长 640 ~ 660 nm 的红光及 430 ~ 450 nm 的蓝紫光。但 Sun 等 (1998) 的研究指出, 与蓝光、红光相比, 绿光更能促进 CO_2 在菠菜叶片深层的固定。本试验中绿膜与红膜显著降低蓝紫光比率及蓝膜显著降低红光比率不同, 绿膜处理几乎未影响蓝紫光比率, 红光比率降幅也较小; 此外, 由于姜是耐荫作物, 绿膜处理较高的绿光比率可减少叶绿体对光能的过度吸收, 降低过剩光能引发的光抑制, 从而为姜植株创造了较为适宜的光环境, 这可能是本试验绿膜处理姜叶片光合速率较高的重要原因。关于不同有色膜覆盖对姜叶片光能利用特性及光抑制的影响, 尚需进一步研究。

References

- Arnon D J. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol.*, 24: 1-15.
- 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.
- Ernstsen J, Woodrow I E, Mott K A. 1999. Effects of growth-light quantity, growth-light quality and CO_2 concentration on Rubisco deactivation during low PFD or darkness. *Photosynthesis Research*, 61 (1): 65-75.
- Gao Jin-peng, Yu Xin-jian, Chen Qi-lin, Lin Zhi-ping, Chen Jin-xing, Xu Chun-he. 2004. Different effects of illumination with xenon and sulfur lamp on growth and development of cotton plants. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 30 (2): 221-224. (in Chinese)

- 高金鹏, 於新建, 陈启林, 林芝萍, 陈金星, 徐春和. 2004. 氙灯和硫灯照射对棉花生长发育的不同影响. 植物生理与分子生物学报, 30 (2): 221 - 224.
- Jiang Ming-yan, Pan Yuan-zhi. 2006. Effects of light quality 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.
- Li Fang-min, Chen Yi-ping, Wang Xun-ling, Yue Ming. 2006. Combined effects of enhanced UV-B radiation and doubled CO₂ on tomato growth and its fruit quality. Chinese Journal of Applied Ecology, 17 (1): 71 - 74. (in Chinese)
- 李方民, 陈怡萍, 王勋陵, 岳 明. 2006. UV-B 辐射增强和 CO₂ 浓度倍增的复合作用对番茄生长和果实品质的影响. 应用生态学报, 17 (1): 71 - 74.
- Mortensen L M, Stromme E. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Horticulturae, 33: 27 - 36.
- Shi Hong-zhi, Han Jin-feng, Guan Chun-yun, Yuan Tong. 1999. Effects 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.
- Stuefer J F, Huber H. 1998. Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stoloniferous *Potentilla* species. Oecologia, 117 (1 - 2): 1 - 8.
- Sun J D, Nishio J N, Vogelmann T C. 1998. Green light drives CO₂ fixation deep within leaves. Plant Cell Physiol., 39 (10): 1020 - 1026.
- Xu Kai, Guo Yan-ping, Zhang Shang-long. 2005. Effect of light quality on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in strawberry leaves. Scientia Agricultura Sinica, 38 (2): 369 - 375. (in Chinese)
- 徐 凯, 郭延平, 张上隆. 2005. 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响. 中国农业科学, 38 (2): 369 - 375.
- Xu K, Guo Y Y. 2004. Studies on the photosynthetic characteristics of ginger. Acta Horticulturae, 629: 347 - 353.
- Xu Kun, Zheng Guo-sheng. 2000. Effects of soil water stress on photosynthesis and protective enzyme activity of ginger. Acta Horticulturae Sinica, 27 (1): 47 - 51. (in Chinese)
- 徐 坤, 郑国生. 2000. 水分胁迫下生姜光合作用及保护酶活性变化. 园艺学报, 27 (1): 47 - 51.
- 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的研究. 生态学报, 24 (4): 1091 - 1094.
- Xu Kun, Zou Qi. 2000. Studies on the photosynthetic characteristics of ginger. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science), 31 (2): 147 - 150. (in Chinese)
- 徐 坤, 邹 琦. 2000. 生姜光合特性研究再探. 山东农业大学学报 (自然科学版), 31 (2): 147 - 150.
- Xu Kun, Zou Qi, Zheng Guo-sheng. 2002. Photorespiration and xanthophylls 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. 光呼吸及叶黄素循环在生姜强光适应中的作用. 园艺学报, 29 (1): 47 - 51.
- Zhao De-wan. 2002. High yield and high quality planting principle and practice in ginger. Beijing: 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.