

光质对彩色甜椒幼苗生长及叶绿素荧光特性的影响

杜洪涛, 刘世琦*, 蒲高斌

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

摘要: 研究了不同光质(白光、红光、黄光、绿光和蓝光)对不同品种彩色甜椒幼苗生长及叶片叶绿素荧光动力学特性的影响。结果表明,白光和黄光培养壮苗的效果较好,其他光质依次为蓝光、红光和绿光。同一光质对不同品种彩色甜椒 Chla 含量和 Chla / Chlb 影响差异显著;采用不同光质处理,蓝光最高,白光和黄光次之,绿光下最低。光质对不同品种彩色甜椒的荧光参数有较大影响,在不同光质处理下,白光的 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 $\Phi PSII$ 、 qp 最高, NPQ 最小,表明白光为最有效光,其次分别为黄光、蓝光、红光及绿光。

关键词: 光质; 彩色甜椒; 生长; 叶绿素荧光

中图分类号: S641.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-1389(2005)01-0041-05

Effects of Light Qualities on Growth and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Leaves of Color Pepper Seedling

DU Hong-tao, LIU Shi-qi* and PU Gao-bin

(Horticulture Science and Engineering College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract This study discussed the effects of different light qualities (white light, red light, yellow light, green light and blue light) on fluorescence parameters in leaf of color pepper seedling. The results showed white light and yellow light were good for cultivating strong seedling, blue light, red light and green light in turn. Contents of Chla and Chla / Chlb value in the different color peppers were different obviously under the same light quality, and contents of Chla and Chla / Chlb value were the highest under blue light, higher under white light and yellow light, the least under green light. The light qualities had obviously effects on the fluorescence parameters in different color pepper. Values of F_v/F_m , F_v/F_o , ΦPS , qp were highest and NPQ was least under white light among different light qualities, which indicated white light was the most valid, yellow light, blue light, red light and green light in turn.

Key words Light quality; Color pepper; Growth; Chlorophyll fluorescence

彩色甜椒 (*Capsicum frutescens* L. var. *grossum* Bailey.) 是茄科辣椒属中的一个变种,为最新培育品种。近年从国外引进,多为生食品种,富含维生素 C、胡萝卜素、糖分、蛋白质及矿物质等营养成分,极具观赏价值和经济价值。果实色泽鲜艳,风味独特,品质极佳,市场潜力大,销售价格

较高。培育壮苗是优质高产的关键环节,叶绿素荧光参数是衡量壮苗的重要指标。叶绿素荧光动力学技术在测定叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、耗散、分配等方面具有独特的作用,是衡量叶片光合功能强弱的快速、无损伤的有效检测技术。随着叶绿素荧光技术的成熟,人们利用

叶绿素荧光测定技术,对光合作用机理、果蔬贮藏以及植物的抗性生理等方面做了广泛而深入的研究^[1,2]。本试验采用叶绿素荧光技术,对不同光质下彩色甜椒幼苗叶片进行荧光参数测定,筛选适宜彩色甜椒幼苗生长发育的光质,并揭示光质对培育壮苗的影响及作用机理,以期在生产实践提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 光质选择及培养条件

光源均由复旦大学光电物理研究所提供,功率 40W,可发出蓝光、红光、黄光、绿光及白光,用白光作对照。不同光的光谱成分采用美国产 UnispecTM光谱分析系统测定,各光源发射光谱见图 1。调节光源与苗子的距离,使光强均为 $30\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。光照培养架为钢架结构,光源设于顶部,高度可调,培养架内层用镀铝反光膜,外层为黑色遮光材料。

1.2 试材

供试种子材料为荷兰先正达公司的彩色甜椒品种,分别为紫贵人、红英达和黄欧宝。

试验于 2004 年 3 月在山东农业大学园艺科学与工程学院进行。催芽后的种子播种于育苗盘中,长到两叶一心时,定植于塑料营养钵(直径 12 cm,高度 10 cm)中,育苗基质为蛭石+草炭+腐熟鸡粪(2:1:1)。置蓝光、黄光、绿光、红光和白光下进行照光处理培养,温度白天 28~30℃,夜间 18~20℃,光照强度为 $30\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,每天照光 12 h,黑暗 12 h,每 2 d 喷 1 次水,每 5 d 叶面喷 1 次日本园试营养液。照光 20 d 时,随机取样进行叶绿素荧光测定。不同光质设 5 个处理,每处理设 3 次重复,不同处理下每个品种 50 钵,共 150 钵。

1.3 测定方法

1.3.1 株高和茎粗 用直尺测定株高,游标卡尺测定茎粗,茎粗测定部位为茎基部。测定时对于各品种彩色甜椒幼苗植株的样本,均采用随机取样,每次抽取 10 株,壮苗指数的计算采用张菊平的方法^[3]。

1.3.2 叶绿素 叶绿素的测定按 Lichtenthaler 等对 Arnon 修正的方法,即用 80% 的丙酮提取^[4]。对于各品种彩色甜椒幼苗植株的样本,均采用随机取样,测定同一部位叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量以及叶绿素 a/b 的比值。

1.3.3 光照强度 光照强度采用 Li188R 光量

子积分仪测定。

1.3.4 叶绿素荧光参数 叶绿素荧光参数采用英国汉莎科学仪器公司生产的 FMS-2 便携调制式荧光仪测定。测定前通过用户定义手稿进行仪器程序设计。测定时随机抽取被测幼苗植株,并选用同一部位且伸展方向相对一致的叶片。测定最大量子效率(F_v/F_m)时,试材在测定前用暗适应夹充分暗适应 15 min。随后测定实际量子效率(Φ_{PSII}),可以得到初始荧光(F_0)、暗下最大荧光(F_m)、光化学猝灭(q_p)和非光化学猝灭(NPQ)等参数。

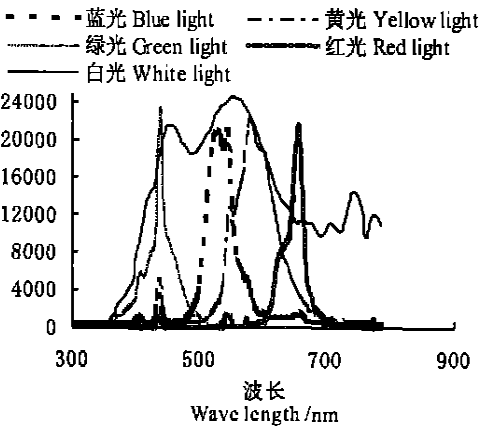


图 1 不同光质的光谱图

Fig. 1 Spectrum figures of different light qualities

2 结果与分析

2.1 不同光质对幼苗生长的影响

表 1 表明,各品种彩色甜椒在不同光质处理下,所有生长指标均表现出显著或极显著差异。在绿光下幼苗生长最快,红光次之,黄光和白光下没有显著差异,紫光下最慢。紫贵人和红英达表现更为明显,绿光下分别比白光高出 26.2% 和 28.6%,而紫光下分别比白光低 14.7% 和 14.3%,说明绿光和红光对茎的伸长有明显促进作用,紫光对幼苗有矮化作用^[5];茎粗以白光下最大,黄光和蓝光次之,绿光和红光下较小。干物重显示,白光下有利于干物质形成,说明复合光比单色光的效应更好,黄光和红光干物质的积累量较高,绿光和蓝光下较小,品种间差异极显著。

从壮苗指数可以看出,白光和黄光下的幼苗健壮度高,蓝光和红光效应相当,绿光下幼苗明显徒长。

2.2 不同光质下叶片叶绿素含量的比较

表 2 表明:3 个品种的彩色甜椒在不同光质

下表现出相同的变化趋势,在蓝光下 Chla Chlb Chl总量及 Chla /Chlb值均最高,白光和黄光处理次之,红光较低,绿光最小。不同光质下,Chlb的含量变化小于 Chla,蓝光下合成的 Chla多于 Chlb量,紫贵人和红英达在蓝光下的 Chla含量比白光分别高出 33. 6%、32. 9%。由此可见光质

通过影响彩色甜椒叶片叶绿素 a的含量改变了 Chla /Chlb比值,从而使得蓝光下的彩色甜椒具有阳生植物的特性^[6],而红光处理的植株具有阴生植物的特性,与大多数的报道相一致 各品种在白光和黄光下的 Chla Chlb含量差异不显著,表明白光和黄光的效应比较接近 绿光的效应最差。

表 1 光质对彩色甜椒幼苗生长的影响

Table 1 Effect of light quality on the growth of color pepper seedling					
品种 Cultivars	光质 Light quality	株高 /cm Plant height	茎粗 /mm Stem diameter	干重 /g Dry weight	壮苗指数 Healthy seedling index
紫贵人 Zi Guiren	绿光 Green light	7. 71a A	1. 79cC	0. 30cC	0. 71
	蓝光 Blue light	5. 22d D	2. 11bB	0. 32cC	1. 29
	黄光 Yellow light	6. 21cC	2. 24a A	0. 47b B	1. 69
	红光 Red light	6. 80bB	1. 74cC	0. 43cBC	1. 10
红英达 Hong Yingda	白光 White light	6. 11cC	2. 26a A	0. 62aA	2. 29
	绿光 Green light	12. 62a A	2. 24cC	0. 45cC	0. 79
	蓝光 Blue light	8. 41d D	2. 68bB	0. 47cC	1. 49
	黄光 Yellow light	10. 00cC	2. 89bA B	0. 66b B	1. 91
黄欧宝 Huang Oubao	红光 Red light	11. 72bB	2. 23cC	0. 63b B	1. 19
	白光 White light	9. 81cC	2. 97a A	0. 79aA	2. 40
	绿光 Green light	14. 70a A	2. 10cC	0. 63cC	0. 90
	蓝光 Blue light	12. 91d D	2. 97a A	0. 65cC	1. 51
	黄光 Yellow light	13. 62cC	2. 81bB	0. 87b B	1. 79
	红光 Red light	14. 11bAB	2. 08cC	0. 88b B	1. 30
	白光 White light	13. 51cC	3. 01a A	0. 99aA	2. 21

注: * 大写字母表示达到 0. 01显著水平,小写字母表示达到 0. 05显著水平(下表同)。

Note * Capital indicates difference is significant under 0. 01 level; Lowercase indicates difference is significant under 0. 05 level. (The same below)

表 2 不同光质下叶片叶绿素含量比较

Table 2 Comparison of chlorophyll contents in the leaves under different light qualities						
品种 Cultivars	光质 Light qualities	叶绿素 a /(mg /g ⁺ FW) Chla	叶绿素 b /(mg /g ⁺ FW) Chlb	叶绿素 a+ Chla+	叶绿素 b Chlb	叶绿素比值 a/b Chla /Chlb
紫贵人 Zi Guiren	蓝光 Blue light	1. 427aA	0. 468a A	1. 895aA		3. 049
	红光 Red light	0. 731cC	0. 265cC	0. 996dD		2. 758
	白光 White light	1. 078bB	0. 359bB	1. 437b B		3. 002
	黄光 Yellow light	0. 945bB	0. 335bB	1. 280cC		2. 821
红英达 Hong Yingda	绿光 Green light	0. 423dD	0. 217d D	0. 640eE		1. 949
	蓝光 Blue light	1. 365aA	0. 434a A	1. 799aA		3. 145
	红光 Red light	0. 861dC	0. 342cB	1. 203dD		2. 517
	白光 White light	1. 171bB	0. 387bB	1. 558b B		3. 026
黄欧宝 Huang Oubao	黄光 Yellow light	1. 027cB	0. 368bcB	1. 395cC		2. 791
	绿光 Green light	0. 536eD	0. 275d C	0. 811eE		1. 949
	蓝光 Blue light	1. 389aA	0. 451a A	1. 84 0a A		3. 079
	红光 Red light	0. 833cC	0. 300cCD	1. 133dD		2. 777
	白光 White light	1. 197bB	0. 394 bB	1. 591 bB		3. 038
	黄光 Yellow light	0. 978cBC	0. 42bBC	1. 320cC		2. 859
	绿光 Green light	0. 613dD	0. 279cD	0. 892cE		2. 197

2. 3 不同光质下叶片叶绿素荧光参数比较

表 3表明,同一光质下,各品种之间的 Fv /

Fm Fv /F0 Φ PSII、qp 没有显著差异,即开放的 PSI 反应中心的能量捕捉效率,PSI 实际量子效

率、光化学猝灭系数基本相同,也说明非胁迫条件下该参数的变化极小,不受物种和生长条件的影响^[7]。即同一光质下,品种间无显著差异。

不同光质下,3个品种的各荧光参数值有相同的变化趋势。以白光下的 F_v/F_m 、 F_v/F_0 、 φ PSI II、 q_p 最高, NPQ 最小,其他光质的效应依次为黄光、蓝光、红光和绿光。白光下 F_v/F_m 、 φ PSI 最高,表明白光下叶片的潜在量子效率、实际的量子

效率最高,即开放的 PSI 反应中心潜在的能量捕捉效率即电子传递的量子效率最高, q_p 最大,说明光化学猝灭最大,即 PSI 反应中心开放的反应中心所占的比例最大,氧化态的 QA 比例大,同样说明电子传递的量子效率最高,叶片的光合能力最强。NPQ 最小,即热耗散最小,说明白光的光能利用率最高。这与所测定的植株的光合速率最高相一致。

表 3 不同光质下叶片叶绿素荧光参数比较

Table 3 Comparisons of chlorophyll fluorescence parameters in the leaves under different light qualities						
品种 Cultivars	光质 Light qualities	F_v/F_m	F_v/F_0	φ PSI	q_p	NPQ
紫贵人 Zi Guiren	蓝光 Blue light	0.831bBC	4.903bBC	0.779bB	0.935aAB	0.287cC
	红光 Red light	0.825cC	4.724cC	0.762cC	0.924bB	0.359bB
	白光 White light	0.846aA	5.432aA	0.797aA	0.942aA	0.208eE
	黄光 Yellow light	0.838bB	5.173bB	0.786bAB	0.937aAB	0.243dD
	绿光 Green light	0.803dD	4.076dD	0.711dD	0.885cC	0.402aA
红英达 Hong Yingda	蓝光 Blue light	0.832bB	4.952bB	0.777bB	0.932aAB	0.298bB
	红光 Red light	0.823cC	4.651cC	0.758cC	0.919bB	0.382aAB
	白光 White light	0.845aA	5.452aA	0.796aA	0.942aA	0.211dCD
	黄光 Yellow light	0.836bB	5.097bB	0.788bAB	0.938aAB	0.237cC
	绿光 Green light	0.805dD	4.128dD	0.71dD	0.876cC	0.418aA
黄欧宝 Huang Oubao	蓝光 Blue light	0.831cBC	4.903bBC	0.782bB	0.936bAB	0.272bB
	红光 Red light	0.824dC	4.682cC	0.764cC	0.926bB	0.325aAB
	白光 White light	0.848aA	5.579aA	0.805aA	0.948aA	0.197cC
	黄光 Yellow light	0.837bB	5.135bB	0.794bAB	0.941aA	0.204cBC
	绿光 Green light	0.812eD	4.319dD	0.723dD	0.891cC	0.376aA

注:表 3数据均为处理 20 d的测定结果。

Note All values in table 3 are mensurated on 20 days after treatment.

3 讨 论

不同的光质处理对彩色甜椒幼苗的生长存在明显差异,红光下株高较大,蓝光下较矮,说明红光对茎的伸长有促进作用,杜健芳^[8]在油菜上也得出了相似结论,这与红光下生长的植物通常碳水化合物含量^[9~11]和光合速率较高^[12]相一致,红光的作用可能与 POD活性较低有关,已有研究表明,POD具有某些 IAA氧化酶的功能^[13],蓝光有矮化作用。绿光下幼苗徒长严重,说明幼苗对绿光不吸收或较少吸收。黄光研究的较少,但黄光和白光下的幼苗都比较粗壮,由此可见,白光和黄光有利于培养壮苗。但光质对植物的调节机制还有待于进一步研究。

叶绿素是植物进行光合作用的物质基础,其含量的高低与组成直接影响叶片的光合速率。以本试验的结果来看,品种间叶绿素差异明显;在不

同的光质处理下,蓝光处理的彩色甜椒幼苗的各测定指标均最高,这与车生泉等^[14]以小苍兰为实验材料得出的蓝光下 $Chlb/Chla$ 比值最高,红光有利于 $Chla$ 的形成的结论不一致,但与储钟稀等^[12]在黄瓜上的研究结论相符。主要因为蓝光促进了叶绿素 $Chla$ 的合成,而对叶绿素 $Chlb$ 影响不大,可能是由于植株叶片对各种光的吸收比例不同, $Chla$ 的蓝光吸收峰比 $Chlb$ 的高之。光质对其他作物的影响也不尽一致,说明植物种类不同、同一植物不同发育时期以及不同组织或器官对同一种光质的反应不尽相同,表现出光质生物学反应的复杂性^[15]。白光和黄光下的叶绿素含量相近,绿光下叶绿素含量低,可能是由于绿光不利于叶绿素的形成,促进降解,使得叶片失绿所致,其他方面的影响也有待于进一步研究。

光质对彩色甜椒叶片叶绿素荧光参数显著影响。白光的光合能力效果最强,处理 20 d,开放的

PSI 反应中心的能量捕捉效率 F_v/F_m 增大, F_o 与 F_m 同时增加,非光化学猝灭也增高,这与 Demmig 指出的非辐射能量耗散的增加会引起 F_o 下降^[16]不一致。 F_o 上升可能是由于 PSI 反应中心的破坏或失活^[17]。同时实际的量子效率下降,光化学猝灭系数减小,说明叶片利用光能的能力在下降,热耗散在增加,表明防止光抑制的保护机制已经建立。

荧光参数受光强、胁迫、植株生长势及环境的影响较大。在非逆境胁迫下,叶绿素荧光参数 F_v/F_m 和 F_v/F_o 变化极小,不受物种与生长条件的限制,而在胁迫下,该参数明显下降,其他的各参数也有较大的变化,通过荧光参数值了解光系统对光能的吸收、传递、耗散、分配,可以通过参数的变化趋势来分析引起 PSI 反应中心变化的内在机制。在植株处于胁迫的条件下,荧光参数对于培养与选育壮苗、提高植株叶片光合能力方面的意义更大。

参考文献:

[1] 林世青,许春晖,张基德,等. 叶绿素荧光动力学在植物抗性生理、生态学和农业现代化中的应用[J].植物学通报, 1992, 9(1): 1~ 6.

[2] KRAUS G H, WEISE. Chlomophyll fluorescence as a tool in plant physiology [J]. photosyn Res, 1984, 5: 139~ 157.

[3] 张菊平. 辣椒壮苗指数与苗期性状的关系分析 [J]. 河南农业大学学报, 1999, (33) : 120.

[4] 邹琦主编. 植物生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995, 36~ 38.

[5] 陈婉芬,吴颂如编. 植物生理学 [M]. 北京: 中国广播电视大学出版社, 1989. 228~ 230.

[6] Buschmann C, Meier D, Kleudgen H K, *et al.* Regulation of chloroplast development by redand blue light [J]. Photochem Photobiol. 1978, 27: 195~ 198.

[7] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论 [J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444~ 448.

[8] 杜健芳, 叶步青. 光质对油菜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响 [J]. 植物学通报, 2002, 19 (6) . 743~ 745.

[9] Voskresinskaia N P. Blue light and carbon metabolism[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1972, 23: 219~ 234.

[10] Li Shao-shan , Pan Ri-zhi. Effect of blue light on metabolism of carbohydate in rice seedlings [J]. Acta Phytophysiol Sin, 1995, 21: 22~ 28.

[11] Kowallik W. Blue light effects on respiration[J]. Annu Rev Plant Physical, 1982, 33: 51~ 72.

[12] 储钟稀,童哲. 不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响 [J]. 植物学报, 1999, 41(8): 867~ 870.

[13] Normanly J. Auxin metabolism[J]. Physiol Plant, 1997, 100: 431~ 442.

[14] 车生泉,盛月英,秦文英. 光质对小苍兰茎尖试管培养的影响 [J]. 园艺学报, 1997, 24(3): 269~ 273.

[15] Drum-Herrel H, Mohr H. Photochem Photobiol, 1985, 42: 735.

[16] Demmig B, Winter K, Kruger A, Czygan Fxanz-christian. Photoinhibition andzeaxanthin for mation in intact leavers. A possible role of the xanthophyll cycle in the dissipation of excess light energy [J]. Plant Physiol, 1987, 84: 218~ 222.

[17] Hong S S, Xu D Q. Light-induced increase in initial fluorescence parameters to strong light between wheat and soybean leaves[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42: 684 ~ 688.