

光质对商茄 1 号碳氮代谢及根系活力的影响

陈 昆, 赵跃锋, 张清华, 韩玉峰, 韩灿功 (商丘市农林科学院, 河南商丘 476000)

摘要 [目的] 研究光质对商茄 1 号碳氮代谢及根系活力的影响。[方法] 采用 LED 光源, 以“商茄 1 号”为试材, 研究了红光、蓝光、红蓝(3:1)、红蓝(5:1)和白光(对照)对茄子碳氮代谢及根系活力的影响。[结果] 红蓝光(5:1)处理下叶片蔗糖、总糖、淀粉含量和根系活力最高, 蓝光处理下总糖和淀粉含量最低, 而全氮、游离氨基酸、可溶性蛋白和 CAT 活性在蓝光下含量最高; 红光下全氮含量最低。[结论] 该研究为光质环境调控下商茄 1 号优质高产和其他茄子品种光质调控提供理论和数据参考。

关键词 商茄 1 号; 光质; 碳氮代谢; 根系活力; 抗氧化酶

中图分类号 S123 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)33-0037-02

Effects of Light Qualities on Carbon and Nitrogen Assimilation and Root Activity of Shangqie 1

CHEN Kun, ZHAO Yue-feng, ZHANG Qing-hua et al (Shangqiu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shangqiu, Henan 476000)

Abstract [Objective] To research the effects of light qualities on carbon and nitrogen assimilation and root activity of Shangqie 1. [Method] Using LED light source as the test material, effects of red light, blue light, red blue, red blue(3:1), red blue(5:1) and white light (CK) on the carbon and nitrogen metabolism and root activity of Shangqie 1 were studied. [Result] Under the treatment of red and blue light (5:1) leaves, leaves had the highest sucrose, total sugar, starch content and root activity. Total sugar and starch content was the lowest under blue light treatment; the total nitrogen, free amino acid, soluble protein and the activity of CAT under blue light treatment were the highest; total nitrogen content was the lowest under red light treatment.

Key words Shangqie 1; Light quality; Carbon nitrogen assimilation; Root activity; Antioxidant enzyme

光是植物生长发育、形态建成及生理代谢的重要环境因子^[1], 并以光信号的形式调节植物生长的各个阶段。300~700 nm 波段的光影响叶片的形成, 红光明显促进番茄幼苗叶面积增大^[2], 有利于叶片叶绿素含量的提高^[3]; 蓝紫光降低植物体内生长素含量^[4]和草莓根长及生根数量^[5]; 红光照射会延迟开花期, 但可改善花的观赏品质, 蓝光照射提早开花^[6], 红蓝组合光对甜椒果实转色后期类胡萝卜素含量有明显地促进作用^[7]; 长波段光对黄酮和内酯类物质积累有抑制, 短波反之^[8]。目前, 关于光质对茄子的影响研究较少, 主要集中在温度、重金属、生长调节剂、土壤调理剂、钝化剂、施肥量等方面, 而有关光质对茄子碳氮代谢、根系活力等方面的研究国内尚鲜见报道。

LED(light emitting diode)光源, 具有体积小、重量轻、寿命长、光谱性能好、冷光源、光能利用率高、光质单一等众多优点, 适于可控环境中的植物培养和栽培, 如植物组织培养和设施栽培等。该试验通过 LED 光源, 设置不同光质处理, 探究其对商茄 1 号碳氮代谢和根系活力的影响, 以期为光质环境调控下商茄 1 号优质高产和其他茄子品种光质调控提供理论和数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料 以“商茄 1 号”为试材, 试验设 5 个 LED 光源处理, 分别为红光(655.7 nm, R)、蓝光(456.2 nm, B)、红蓝光(3:1, R₃B₁)、红蓝光(5:1, R₅B₁)和白光(对照, W)。LED 照明设备采用顶部设计, 高度可调, 在茄子生长期内使 LED 光源与茄子之间始终保持约 30 cm 距离, 光强 300 μmol/(m²·s)。

1.2 方法 试验于 2016 年 5 月 3 日进行。将浸种催芽后的

茄子种子均匀撒播于长 90 cm、宽 45 cm、高 25 cm 的塑料盆中, 盆中装杀菌消毒过的基质, 厚 20 cm, 播种后在种子上撒一层厚 0.5~1.0 cm 的基质, 播种 30 盆。种子出苗 5 d 后, 选取长势一致的茄子 18 盆, 每 3 盆 1 个处理。智能温室白天温度控制在 25~28℃, 夜间 13~17℃, 每天光照 12 h, 空气湿度 80%~90%。根据盆内基质干湿度浇灌 Hoagland 营养液, 每次每盆浇灌 2.0 L。光照处理 20 d 后, 进行根系活力、碳氮代谢等方面的测定。

1.3 测定项目 根系活力测定采用 TTC 法^[9]。糖和淀粉的测定分别采用於新建等^[10]的方法和高氯酸法^[11]。叶片全氮含量、NO₃⁻-N 含量、可溶性蛋白含量、游离氨基酸含量测定分别采用凯氏定氮法^[12]、水杨酸—硫酸法^[13]、考马斯亮蓝法^[13]和显色法^[13]。

1.4 数据统计分析 采用 Excel 2007 软件处理数据和绘图, 采用 SAS 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 光质对茄子氮代谢的影响 从表 1 可以看出, 不同光质对茄子叶片糖及淀粉含量影响显著。红蓝光(5:1)处理下叶片蔗糖、总糖和淀粉含量最高, 较白光分别增加 3.47%、13.61% 和 33.49%, 蓝光处理下总糖和淀粉含量最低; 果糖在白光下含量最高, 红光、蓝光、红蓝光(3:1)和红蓝光(5:1)处理下含量最低。

2.2 光质对茄子氮同化的影响 由表 2 可知, 不同光质对茄子叶片硝态氮、全氮、游离氨基酸和可溶性蛋白含量影响不同。红蓝光(3:1)和红蓝光(5:1)处理下硝态氮含量均高于白光处理, 而红光和蓝光处理低于白光处理, 说明复合光质对叶片硝态氮含量的影响不仅是简单的光质叠加, 而应该具有其他形式的互作效应。蓝光、红蓝光(3:1)、红蓝光(5:1)和红光处理下游离氨基酸和可溶性蛋白含量均高于白

基金项目 商丘市农科院项目基金。

作者简介 陈昆(1985—), 男, 河南商丘人, 实习研究员, 硕士, 从事蔬菜育种与栽培工作。

收稿日期 2017-09-08

光,且以蓝光处理下最高,较白光分别提高 24. 89% 和 46. 62%,说明蓝光利于游离氨基酸和可溶性蛋白的积累;全氮在蓝光处理下最高,红光处理下最低。

表 1 光质对茄子碳代谢的影响

Table 1 Effects of light qualities on carbon assimilation of Shangqie 1 mg/g

处理 Treatment	蔗糖 Saccharose	果糖 Fructose	淀粉 Starch	总糖 Total saccharide
红光 Red light (R)	19.86 cC	33.78 aAB	47.72 bB	208.43 bcBC
蓝光 Blue light (B)	21.82 bB	31.25 bBC	35.94 dD	199.53 cC
红蓝光 Red and blue light (R ₃ B ₁)	21.46 bB	27.22 cD	51.65 aA	236.35 aA
红蓝光 Red and blue light (R ₅ B ₁)	26.47 aA	28.64 cCD	53.37 aA	244.98 aA
白光 White light (W)	25.58 aA	35.50 aA	39.98 cC	215.64 bB

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)
Note:Different capital letters indicated significant differences ($P<0.05$);different lowercases indicated extremely significant differences ($P<0.01$)

表 2 光质对茄子氮代谢的影响

Table 2 Effects of light qualities on nitrogen assimilation of Shangqie 1 mg/g

处理 Treatment	硝态氮 Nitrate nitrogen	全氮 Total nitrogen	游离氨基酸 Free amino acid	可溶性蛋白 Soluble protein
红光 Red light (R)	2.55 bBC	26.86 dD	143.63 cdBC	112.75 cBC
蓝光 Blue light (B)	2.28 cC	36.21 aA	173.67 aA	157.12 aA
红蓝光 Red and blue light (R ₃ B ₁)	3.13 aA	35.70 aAB	156.10 bB	131.13 bB
红蓝光 Red and blue light (R ₅ B ₁)	3.34 aA	33.69 bB	154.19 bcB	116.81 bcBC
白光 White light (W)	2.76 bB	30.20 cC	139.06 dC	107.16 cC

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)
Note:Different capital letters indicated significant differences ($P<0.05$);different lowercases indicated extremely significant differences ($P<0.01$)

2.3 光质对茄子根系活力的影响 由图 1 可知,不同光质处理对茄子根系活力的影响差异显著。茄子根系活力红蓝光(5:1)处理下含量最高,较白光提高 31. 85%,其次是红光,较白光提高 19. 30%,红蓝光(5:1)处理再次之,蓝光处理最低,且显著低于白光,说明红蓝组合光较红光或蓝光单一光质更有利于茄子根系活力的提高。

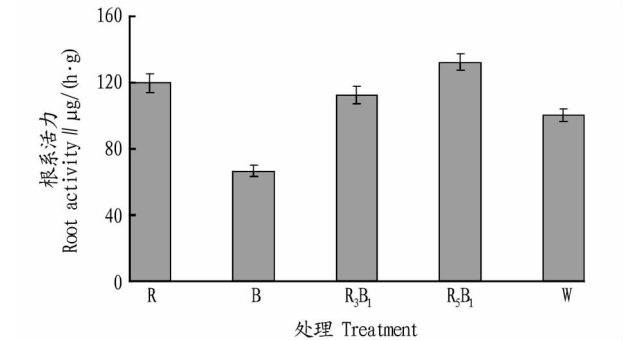


图 1 光质对茄子根系活力的影响

Fig.1 Effects of light qualities on root activity of Shangqie 1

3 结论与讨论

碳代谢包括无机碳转化为有机碳、碳水化合物运输与转

化和淀粉积累等。光质能以光信号的形式调节植物体内的碳代谢水平。Kasperbauer^[14]研究表明光质可诱导光敏色素,调控蔗糖代谢酶。研究报道显示白光+绿光、白光+蓝光能提高蔗糖合成酶活性,促进黄瓜叶片蔗糖积累^[15],红光和红蓝组合光能显著提高番茄幼苗可溶性糖、淀粉含量^[16],增加红光比例有利于碳代谢的增强,红蓝光能够增加植物淀粉含量^[17]。该试验中,红蓝光(5:1)处理茄子叶片蔗糖、总糖和淀粉含量最高,与张欢等^[18]研究类似;蓝光处理总糖和淀粉含量最低,可能是因为蓝光能够破坏叶绿体光合片层结构,降低光合效率,使植物碳同化受到影响,降低糖含量^[18];果糖在白光下含量最高,红光、蓝光、红蓝光(3:1)和红蓝光(5:1)处理含量最低,这可能是因为白光提高了茄子叶片中 SS 和 SPS 活性,这 2 种酶能够促进叶片果糖含量的增加。

氮代谢是植物化学循环的重要组成部分,氮素的同化主要通过硝酸盐还原为铵后,再参与氨基酸的合成与转化。郭银生^[19]指出,蓝光可以促进植物氮代谢,提高叶片氨基酸、蛋白质和总氮含量。崔慧茹等^[7]指出,蓝光显著提高彩色甜椒游离氨基酸含量,但红光下含量降低。该研究结果表明,蓝光、红蓝光(3:1)、红蓝光(5:1)和红光处理下茄子叶片游离氨基酸和可溶性蛋白含量均高于白光,这可能是蓝光下线粒体的暗呼吸被促进,而线粒体的暗呼吸能够为氨基酸的合成提供碳架,促进蛋白质合成^[20]。有研究得出蓝光可提高烟叶 NR 活性^[21],也有研究认为蓝光能降低生菜硝态氮含量^[22]。该研究显示,红蓝光(3:1)和红蓝光(5:1)能显著提高茄子叶片硝态氮含量,说明复合光质对叶片硝态氮含量的影响不仅是简单的光质叠加,而应具有其他形式的互作效应。

根系是活跃的吸收器官和合成器官,如养分、水分的吸收,细胞分裂素、氨基酸、维生素等物质的合成都离不开根^[23],而光信号能够影响植物根系的生长发育^[24]。魏星等^[25]研究认为,红光促进菊花组培苗根系伸长,但降低根系活力。杜洪涛^[26]指出彩色甜椒幼苗根系活力在黄光和白光下最高。蒲高斌等^[27]试验得出,蓝光提高了番茄根系活力和根系吸收面积。该试验结果表明,茄子根系活力在红蓝光(5:1)处理下最高,较白光提高 31. 85%,其次是红光,而蓝光处理下最低。光质在不同作物上表现的根系活力差异体现了光质调控的复杂性。

参考文献

[1] CHORY J, WU D Y. Weaving the complex web of signal transduction[J]. Plant physiology, 2001, 125(1): 77-80.
[2] 倪纪恒, 陈学好, 陈春宏, 等. 补充不同光质对温室黄瓜生长发育、光合和前期产量的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2615-2623.
[3] 田发明. 光环境对甜椒生长产量及生理代谢的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2013.
[4] BELLAMINE J, PENEL C, GREPPIN H. Proton pump and IAA sensitivity changes in spinach leaves during the flowing induction[J]. Plant Physiol Biochem, 1993, 31(2): 197-203.
[5] NHUT D T, TAKAMURA T, WATANABE H, et al. Responses of strawberry plantlets cultured *in vitro* under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs)[J]. Plant Cell, Tiss and Organ Culture, 2003, 73(1): 43-52.
[6] 江明艳, 潘彦智. 不同光质对盆栽一品红光合特性及生长的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(2): 338-343.
[7] 崔慧茹, 刘世琦, 张自坤, 等. 不同光质下彩色甜椒果实色素含量的变化[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2): 178-183.

3 结论与讨论

土壤钾养分的缺少,势必造成农作物产量和质量下降,已有报道表明钾素缺乏可导致植株瘦小,叶面积减少,叶片失绿,最终抑制植株生长和产量形成^[10]。该研究结果也表明,未施钾处理(对照)的两品种大白菜产量最低,施钾量为 200 kg/hm² 显著提高德高秋丰王产量,北京新三号产量则是施钾量为 400 kg/hm² 最高。这是因为同一作物不同品种对钾的吸收、分配、转运和利用效率等方面存在很大的差异^[11]。

钾能有效降低玉米茎腐病^[7]、棉花黄萎病^[6]、苹果树腐烂病^[8]、烤烟两黑病^[12] 的发病率,该研究表明,适当增施钾肥,能有效降低德高秋丰王和北京新三号的软腐病病情指数,说明钾肥能降低大白菜软腐病发病率。

过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)可以降低或消除活性氧对膜脂的攻击能力,是植物适应多种逆境胁迫的重要酶类,被称为植物保护酶系统,酶活性与植物对逆境的抗性大小呈正相关。多酚氧化酶(PPO)是儿茶酚氧化酶和漆酶的统称,有关 PPO 活性同抗病性的关系已有许多报道^[13]。近年来,越来越多的研究表明,POD 在植物的抗病过程中起着重要的作用,可以把它作为抗病的指标^[14]。

钾营养主要通过提高 PPO 活性增强菜薹抗病品种对炭疽病的抗性,感菜薹品种的 PPO 和 POD 活性随着钾营养处理水平的提高都呈先上升后下降趋势^[9]。该试验收获期对照处理的德高秋丰王软腐病病情指数明显高于北京新三号,说明前者相对后者属于易感品种,其 CAT 活性也是随施钾量的提高呈现先上升后下降的趋势。已有报道 PPO 和 POD 参与大白菜软腐病抗性机制^[15],随着施钾量的上升,德高秋丰王和北京新三号的 POD 和 PPO 都呈现上升的趋势,且抗性相对较强的北京新三号 POD 活性在 3 种酶中上升幅度最大,说明 POD 在钾诱导的大白菜抗软腐病过程中发挥着重要的作用。

该研究仅在酶活性方面对钾提高大白菜软腐病抗性的原因进行了初步分析,钾素在大白菜酚类物质合成代谢、病

程相关蛋白表达及抗软腐反应中的信号传导等方面的作用还有待进一步研究。

钾对大白菜的增产效应因品种不同大小不一,施钾可以调控大白菜的保护酶特别是 POD 和 PPO 活性,从而提高机体对软腐病的抗性,保护酶活性对施钾量的反应因品种不同而异。生产上为提高大白菜产量、防止或减轻软腐病的发生,应根据不同品种进行合理施钾。

参考文献

[1] 旷碧峰,肖昌华,余席茂,等. 大白菜高产优质栽培技术[J]. 蔬菜,2012(2):19-22.

[2] PENNYPACKER B W, SMITH C M, DIOKEY R S, et al. Histopathology of a symptomless chrysanthemum cultivar infected by *Erwinia chrysanthemi* or *E. carotovora* subsp. *carotovora* [J]. Phytopathology, 1981, 71: 141-148.

[3] 臧威,张耀伟,孙剑秋,等. 大白菜软腐菌种群组成及优势菌致病型的研究[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(1):26-29.

[4] NASEBY D C, PASCUAL J A, LYNCH J M. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities [J]. Journal of applied microbiology, 2000, 88(1):161-169.

[5] LI X T, CAO P, WANG X G, et al. Comparison of gas exchange and chlorophyll fluorescence of low-potassium-tolerant and-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars under low-potassium condition [J]. Photosynthetica, 2011, 49(4):633-636.

[6] 张清华,班战军,刘淑红,等. 施用钾肥对转基因棉花邯棉 59 黄萎病及产量的影响[J]. 河北农业科学,2016,20(4):34-36.

[7] 李文娟,何萍,金继运. 钾素对玉米茎腐病抗性反应中糖类物质代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):55-61.

[8] 孙广宇,卫小勇,孙悦,等. 苹果树腐烂病发生与叶片营养成分的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(7):107-112.

[9] 郭巨先,刘玉涛,杨通. 钾营养对菜薹(菜心)炭疽病发生和植株防御酶活性的影响[J]. 中国蔬菜,2012(14):86-89.

[10] ZÖRB C, SENBAYRAM M, PEITER E. Potassium in agriculture: Status and perspectives [J]. Journal of plant physiology, 2014, 171(9):656-669.

[11] 李海云,司东霞. 钾对不同品种大白菜生长、品质及钾积累的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(10):223-226.

[12] 左丽娟,赵正雄,杨焕文,等. 增加施钾量对红花大金元烤烟部分生理生化参数及“两黑病”发生的影响[J]. 作物学报,2010,36(5):856-862.

[13] 梁永超,孙万春. 硅和诱导接种对黄瓜炭疽病的抗性研究[J]. 中国农业科学,2002,35(3):267-271.

[14] 杨秀娟,甘林,阮宏椿,等. 氮肥对水稻苗 POD、SOD 活性及稻瘟病发生的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2011,40(1):8-12.

[15] 张耀伟,崔崇士,潘凯. 几种酶在大白菜软腐病抗性机制中的作用研究[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):248-252.

(上接第 38 页)

[8] 谢宝东,王华田. 光质和光照时间对银杏叶片黄酮、内酯含量的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2006,30(2):51-54.

[9] 赵世杰,苍晶. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.

[10] 放新建. 蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶活性的测定[M]//上海植物生理学会. 植物生理学实验手册. 上海:上海科学技术出版社,1985.

[11] 张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 长春:吉林大学出版社,2006.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[13] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[14] KASPERBAUER M J. Strawberry yield over red versus black plastic mulch [J]. Crop science, 2000, 40(1):171-174.

[15] 刘张垒. 光质对黄瓜生长、生理特性、产量及品质的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2014.

[16] 张欢,徐志刚,崔瑾,等. 光质对番茄和莴苣幼苗生长及叶绿体超微结构的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(4):959-965.

[17] 张明方,李志凌. 高等植物中与蔗糖代谢相关的酶[J]. 植物生理学通讯,2002,38(3):289-295.

[18] 戴绍军,王洋,阎秀峰,等. 滤光膜对喜树幼苗叶片生长和喜树碱含量

的影响[J]. 生态学报,2004,24(5):869-875.

[19] 郭银生. 光环境调控对水稻幼苗和黑豆芽苗菜生长发育的影响[D]. 南京:南京农业大学,2011.

[20] KOWALLIK W. Blue light effects on respiration [J]. Annual review of plant physiology, 1982, 33:51-57.

[21] 史宏志,韩钟峰,官春云,等. 红光和蓝光对烟叶生长、碳氮代谢和品质的影响[J]. 作物学报,1999,25(2):215-220.

[22] 陈文昊,徐志刚,刘晓英,等. LED 光源对不同品种生菜生长和品质的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(7):1434-1440.

[23] 李德全,高辉远,孟庆伟. 植物生理学[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004.

[24] SUN Q, YODA K, SUZUKI H. Internal axial light conduction in the stems and roots of herbaceous plants [J]. Journal of experimental botany, 2005, 56(409):191-203.

[25] 魏星,顾清,戴艳娇,等. 不同光质对菊花组培苗生长的影响[J]. 中国农学通报,2008,24(12):344-349.

[26] 杜洪涛. 光质对彩色甜椒幼苗生长发育特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2005.

[27] 蒲高斌,刘世琦,刘磊,等. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 园艺学报,2005,32(3):420-425.