

蒋 英,刘素慧. 不同光质对薺菜光合特性及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):92-95.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.025

不同光质对薺菜光合特性及品质的影响

蒋 英¹,刘素慧²

(1. 商丘市农林科学院,河南商丘 476000; 2. 山东农业工程学院,山东济南 250100)

摘要:利用 LED 光源,以剑叶薺菜为试材,研究红光、蓝光、红蓝光 3 : 1、红蓝光 5 : 1 和白光(对照)对薺菜光合特性、光合色素及品质的影响。结果表明:红光、红蓝光 5 : 1 和红蓝光 3 : 1 处理下薺菜光合速率和气孔导度均高于白光,且以红光处理下光合速率和气孔导度最大;不同光质处理下薺菜光合速率与气孔导度呈正相关关系,与胞间 CO₂ 浓度呈负相关关系。红蓝光 5 : 1 处理下薺菜叶片光合色素含量最高,而红光和蓝光处理叶绿素含量均低于白光;不同光质处理下,叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值均接近 3 : 1;蓝光处理薺菜类胡萝卜素含量最低。蓝光处理下薺菜硝酸盐含量最高,红蓝光 5 : 1 处理、红蓝光 3 : 1 处理和红光处理下薺菜硝酸盐含量均低于白光对照,且以红光处理下硝酸盐含量最低。红光处理维生素 C 含量极显著高于白光,薺菜维生素 C 含量与硝酸盐含量呈负相关关系。红蓝光 5 : 1 处理下可溶性糖含量最高,蓝光处理可溶性糖含量最低,而可溶性蛋白含量最高。

关键词:薺菜;光质;光合色素;光合特性;品质

中图分类号: S636.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0092-04

光不仅为植物光合作用提供辐射能,还可作为环境信号调节整个生命周期的许多生理过程^[1]。植物通过光敏色素(phytochrome, PHY)、隐花色素(cryptochrome, CRY)、向光素(phototropin, PHOT)和 UV-B 受体(UV-B receptor)等各种光受体来感知环境中包括光质、光照度和光周期在内的光信号变化。目前,有关光质在番茄^[2]、茄子^[3]、莴苣^[4]、生菜^[5]、韭菜^[6]、香椿苗^[7]等蔬菜上的研究已经有较多报道。当前,国内关于薺菜的研究多集中在温度^[8]、重金属^[9]、生长调节剂^[10]、土壤调理剂^[11]、钝化剂^[12]、施肥量^[13]等方面,而有关光质对薺菜生长发育、形态建成、光合特性等方面的研究尚未见报道。

LED 作为第四代新型照明光源,与包括白炽灯、金属卤化物灯和高压钠灯在内的传统光源相比,具有体积小、质量轻、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,非常适合设施植物栽培应用,也越来越多地被用于蔬菜育苗工厂和科研试验。

本试验通过 LED 光源,设置不同光质处理,探究其对薺菜光合特性、光合参数、营养品质的影响,以期对光质环境调控下薺菜优质高产和其他叶菜类蔬菜光质调控提供理论和数据参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试验设计

试验于 2016 年 5 月 3 日进行。以剑叶薺菜为试材,试验设 5 个 LED 光源处理,分别为红光(波长 655.7 nm, R)、蓝光(波长 456.2 nm, B)、红蓝组合光(3 : 1, R₃B₁)、红蓝组合光(5 : 1, R₅B₁)和白光(对照, W)。LED 照明设备采用顶部设

计,高度可调,在薺菜生长期使 LED 光源与薺菜之间始终保持约 50 cm 距离,光照度为 280 μmol/(m²·s)。

将浸种催芽后的薺菜种子均匀撒播于长 60 cm、宽 30 cm、高 15 cm 的塑料盆中,盆中装杀菌消毒过的基质,厚 12 cm,播种后在种子上撒一层 0.5~1 cm 厚的基质,播种 20 盆。种子出苗 5 d 后,选取长势一致的薺菜 15 盆,每 3 盆 1 个处理。气室白天温度控制在 20~25 ℃,夜间 13~15 ℃,每天光照 10 h,空气湿度为 85%~95%。根据盆内基质干湿度浇灌 Hoagland 营养液^[14],每次每盆浇灌 1.5 L。光照处理 15 d 后,进行光合特性及品质等方面的测定。

1.2 测定项目与方法

5 月 23 日上午 09:30—10:30,用 TPS-2 便携式光合仪测定薺菜倒 3 叶光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO₂ 浓度(C_i),测定时光照度为 280 μmol/(m²·s),气温为 22~23 ℃,叶温为 23~24 ℃,CO₂ 浓度为 400 μmol/mol。每盆选取有代表性植株 3 株进行测定,取平均值。

参照 Lichtenthaler^[15]对 Arnon^[16]修正的方法测定叶绿素含量;维生素 C、硝酸盐、可溶性糖和可溶性蛋白含量的测定分别采用 2,6-二氯酚吡啶比色法^[17]、浓硫酸-水杨酸比色法^[17]、蒽酮比色法^[17]和考马斯亮蓝 G-250 法^[17]。

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 不同光质对薺菜光合特性的影响

由表 1 可知,光质对薺菜光合特性影响显著。红光、红蓝光 5 : 1 和红蓝光 3 : 1 处理下薺菜光合速率和气孔导度均高于白光,较白光分别提高 38.38%、20.51%、15.13% 和 24.31%、13.63%、11.77%,差异极显著;另外,不同光质处理下薺菜光合速率高低与气孔导度由大到小顺序均为红光 > 红

收稿日期:2016-08-01

作者简介:蒋 英(1979—),女,河南商丘人,助理研究员,从事蔬菜育种与栽培工作。E-mail:3533872195@qq.com。

蓝光 5 : 1 > 红蓝光 3 : 1 > 白光 > 蓝光, 二者对光质的响应趋势一致, 呈正相关。红蓝光 5 : 1 处理下薺菜蒸腾速率最大, 较白光提高 42.25%, 差异极显著; 薺菜叶片胞间 CO₂ 浓度由

大到小依次为蓝光 > 白光 > 红蓝光 3 : 1 > 红蓝光 5 : 1 > 红光, 趋势与光合速率相反, 表明薺菜胞间 CO₂ 浓度与光合速率呈负相关关系。

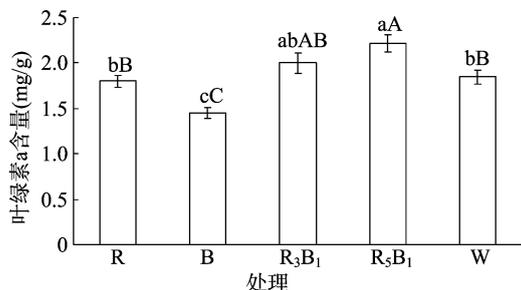
表 1 不同光质对薺菜光合特性的影响

处理	光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔导度 [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	胞间 CO ₂ 浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
红光 R	13.63aA	4.96cBC	281.60aA	194.81dD
蓝光 B	5.75dD	5.13bcB	173.86dD	380.06aA
红蓝光 R ₃ B ₁	11.34bB	5.64abAB	253.19bB	238.74cC
红蓝光 R ₅ B ₁	11.87bB	6.06aA	257.41bB	234.34cC
白光 W	9.85cC	4.26dC	226.53cC	314.87bB

注: 同列数据后不同大写字母、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。

2.2 不同光质对薺菜光合色素含量的影响

由图 1、图 2 和图 3 可以看出, 不同光质对薺菜叶片叶绿素含量影响显著, 且红蓝光 5 : 1 处理下光合色素含量最高。红蓝光 5 : 1 和红蓝光 3 : 1 处理下叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a + b 含量均高于白光, 较白光分别增加 20%、15.25%、17.21% 和 8.11%、8.47%、9.83%; 而红光和蓝光处理叶绿素含量低于对照白光, 说明光质对薺菜叶绿素含量的影响不仅仅是不同光质的积累叠加, 还应该存在其他方式的加性效应。从图 1 和图 2 还可以看出, 不同光质处理下, 叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值约为 3 : 1。由图 4 可以看出, 红蓝光 5 : 1 处理使薺菜类胡萝卜素含量最高, 其次是红光处理, 红蓝光 3 : 1 处理和对照白光差异不显著, 蓝光处理薺菜类胡萝卜素含量最低, 较对照白光降低 21.62%, 说明蓝光不利于薺菜类胡萝卜素含量的积累。



柱上不同小写字母、大写字母分别表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)。下同

图 1 不同光质对薺菜叶绿素 a 含量的影响

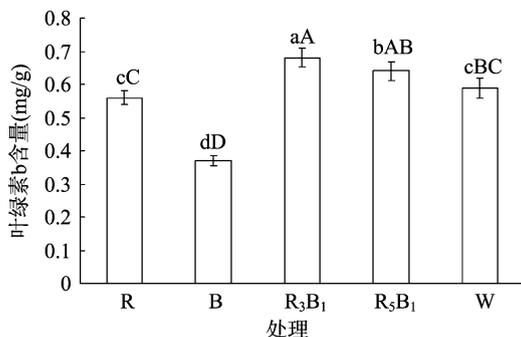


图 2 不同光质对薺菜叶绿素 b 含量的影响

2.3 不同光质对薺菜生理品质的影响

由图 5 可知, 不同光质处理硝酸盐含量差异极显著。蓝

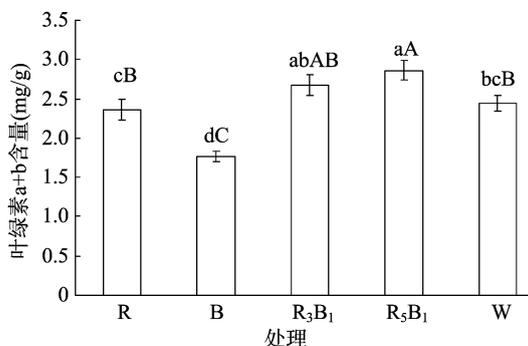


图 3 不同光质对薺菜叶绿素 a+b 含量的影响

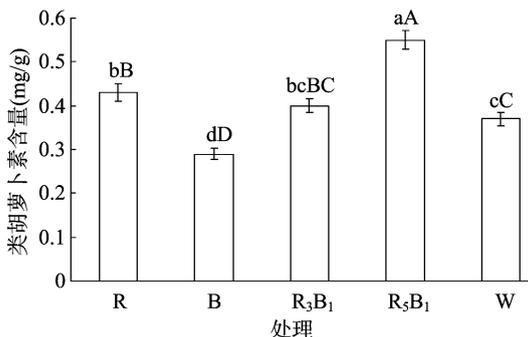


图 4 不同光质对薺菜类胡萝卜素含量的影响

光处理下薺菜硝酸盐含量最高, 较白光提高 12.96%, 差异极显著, 说明蓝光能够累积薺菜硝酸盐含量; 红蓝光 5 : 1、红蓝光 3 : 1 和红光处理下薺菜硝酸盐含量均低于白光, 其中红光处理下硝酸盐含量最低, 较对照白光降低 36.83%, 说明红光不利于硝酸盐在薺菜体内积累, 或者有利于促进体内硝酸盐的分解。

由图 6 可以看出, 不同光质对薺菜维生素 C 含量影响极显著。红光、红蓝光 5 : 1、红蓝光 3 : 1 和蓝光处理下薺菜维生素 C 含量极显著高于白光, 其中以红光处理最高, 红蓝光 5 : 1 次之, 红蓝光 3 : 1 再次之, 蓝光在各处理中最小。从图 5 与图 6 还可以看出, 薺菜维生素 C 含量与硝酸盐含量呈负相关关系。

由图 7 可知, 不同光质处理下薺菜可溶性糖含量差异显著。红光、红蓝光 5 : 1 处理和红蓝光 3 : 1 处理下薺菜可溶性糖含量均高于白光, 其中红蓝光 5 : 1 处理下可溶性糖含量最高; 蓝光处理下可溶性糖含量低于白光, 表明蓝光条件下不

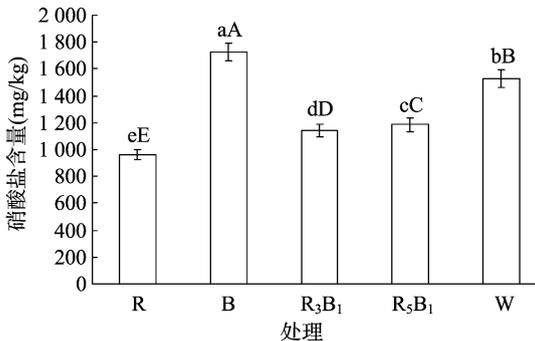


图5 不同光质对菠菜硝酸盐含量的影响

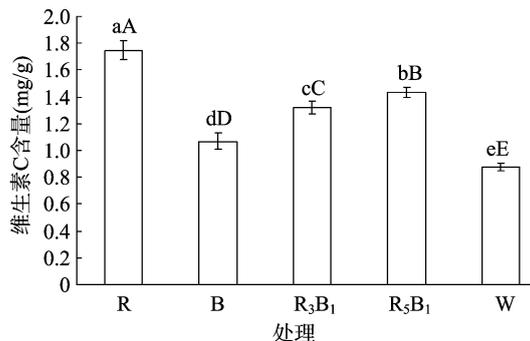


图6 不同光质对菠菜维生素C含量的影响

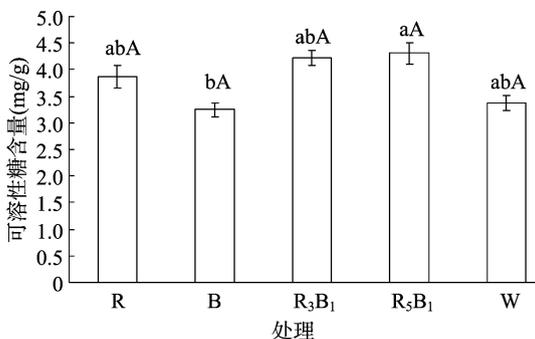


图7 不同光质对菠菜可溶性糖含量的影响

利于可溶性糖在菠菜体内的积累。

植物体内的可溶性蛋白大多数是参与各种代谢的酶类,可溶性蛋白质含量是一个重要的生理生化指标。由图8可知,蓝光处理菠菜可溶性蛋白含量最高,其次是红蓝光3:1处理,红光和红蓝光5:1次之,且二者与白光差异显著或极显著。

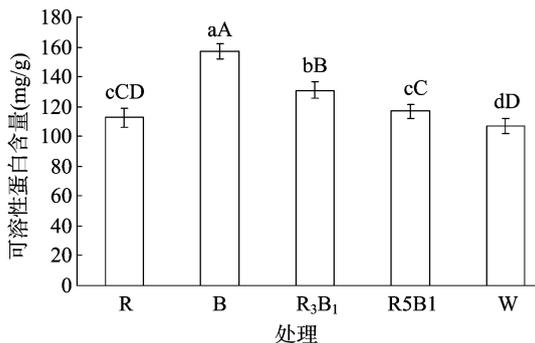


图8 不同光质对菠菜可溶性蛋白含量的影响

3 讨论与结论

光是植物进行光合作用的重要能量来源,光质和光强能以光信号的形式来调节植物叶片的光合速率、蒸腾速率、次生代谢和基因表达等。诸多报道表明,生姜在绿光处理下光合速率最高^[18],青蒜苗在红光处理下光合速率最高^[19],韭菜在红蓝混合光7:1处理下净光合速率最高^[6],黄瓜幼苗在蓝光照射下有利于净光合速率的提高^[20],说明不同作物光合速率对光质的响应机理不同。本试验结果表明,红光处理下菠菜光合速率最高,蓝光处理下最低,这可能是因为红光能够在转录水平上对光合机构进行组装,进而影响植物的光合作用^[21],也可能是因为光质可以影响光合细胞的结构^[22];不同光质处理下菠菜光合速率高低与气孔导度大小正相关,这是因为气孔是植物光合作用、呼吸作用和气体交换的通道,从而影响着蒸腾、光合与呼吸等作用过程。在不同光质处理下菠菜叶片胞间CO₂浓度与光合速率呈负相关关系,且在蓝光处理下浓度最大,这可能是因为光合作用弱致使呼吸作用产生的CO₂被积累。

光是叶绿体发育和叶绿素合成的重要条件之一,光合色素含量与组成对植株生长发育有重要影响。叶绿素含量高或低并不能表明光合作用也会高或低,因为植物光合作用强弱还受到包括温度、水分、肥料等在内的其他诸多因素的影响^[23]。徐凯等研究得出,红光可促进叶绿素合成,而蓝光不利于叶绿素含量的增加^[24]。余让才等认为蓝光能够降低叶绿素含量,红光有利于叶绿素含量的提高^[25-26]。本试验结果表明,红蓝光5:1处理下菠菜叶片叶绿素a、叶绿素a+b含量最高,与刘丹等在黄瓜幼苗上的研究结果^[27]一致;红光、蓝光处理叶绿素a、叶绿素b和叶绿素a+b含量均低于白光,说明光质对菠菜叶绿素含量的影响不仅仅是不同光质的积累叠加,而应该存在其他方式的互作加性效应。而Anna等研究发现红光降低风信子叶绿素含量,蓝光促进愈伤组织叶绿素的形成^[28],本试验研究与之不一致,这可能是因为不同植物在合成光合色素时对光质响应的差异性。类胡萝卜素性质稳定,对叶绿体光合天线起辅助作用,可吸收和传递光能,并能在高温强光下以非辐射的方式耗散过剩能量保护叶绿素,使其免遭破坏。红蓝光5:1处理下使菠菜类胡萝卜素含量最高,蓝光处理菠菜类胡萝卜素含量最低,说明蓝光不利于菠菜类胡萝卜素含量的积累。

蔬菜尤其是叶菜类蔬菜,极易富集硝酸盐,硝酸盐对人体健康构成潜在威胁^[29],因此硝酸盐已成为评价蔬菜品质的重要指标之一。本试验研究得出,蓝光处理下菠菜硝酸盐含量最高,红蓝光5:1处理、红蓝光3:1处理和红光处理下菠菜硝酸盐含量均低于白光,其中红光处理下硝酸盐含量最低,与陈祥伟等在对乌塌菜上的研究结果^[30]一致,这可能是因为蓝光促进了菠菜对硝态氮(NO₃⁻-N)的同化。本研究还得出,红光、红蓝光5:1、红蓝光3:1和蓝光处理下菠菜维生素C含量极显著高于对照白光,而且维生素C含量与硝酸盐含量呈负相关关系。曾宪锋等研究芥菜各个生育阶段维生素C与硝酸盐关系时指出,二者增减趋势相反^[31]。胡承孝等研究指出,一定范围内随着氮肥用量的增加,小白菜体内的硝态氮含量呈直线增加,而维生素C含量呈直线下降^[32]。众多试验

结果表明,蔬菜维生素 C 含量与硝酸盐含量呈一定负相关关系。

不同光质处理下蕹菜可溶性糖含量差异显著,以红蓝光 5:1 处理下可溶性糖含量最高,蓝光处理蕹菜可溶性糖含量低于白光,与陈文昊等在生菜上的研究结果^[5]一致,表明红蓝光组合光的效应较单质红光、蓝光利于可溶性糖在蔬菜体内的积累,这可能因为不同光质诱导光敏素提高蔗糖代谢酶的活性,促进光合产物的积累^[33]。蓝光处理蕹菜可溶性蛋白含量最高,这可能是因为蛋白质质量分子较大,其合成需要较多的能量,而蓝光区波长较短能量较高^[34]。

参考文献:

- [1]李德全,赵会杰,高辉远. 植物生理学[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1999:56.
- [2]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.
- [3]杜爽,高志奎,薛占军,等. 红蓝单色光质下茄子叶片的光吸收与光合响应特性[J]. 河北农业大学学报,2009,32(1):19-22.
- [4]许莉,尉辉,齐连东,等. 不同光质对叶用莴苣生长和品质的影响[J]. 中国果蔬,2010,4(4):19-22.
- [5]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.
- [6]陈娴,刘世琦,孟凡鲁,等. 不同光质对韭菜生长及光合特性的影响[J]. 中国蔬菜,2012(8):45-50.
- [7]张立伟,刘世琦,张自坤,等. 不同光质下香椿苗的生长动态[J]. 西北农业学报,2010,19(6):115-119.
- [8]赵建刚,刘谓承,叶反鹏. 温度对空心菜生长的影响[J]. 环境科学与技术,2014,37(120):150-153.
- [9]邱喜阳,马淞江,史红文,等. 重金属在土壤中的形态分布及其在空心菜中的富集研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2008,23(2):125-128.
- [10]袁金蕊,李宝珍,吴金水,等. 植物生长调节剂对空心菜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(22):282-286.
- [11]李育鹏,胡海燕,李兆君,等. 土壤调理剂对红壤 pH 值及空心菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(6):21-26.
- [12]丁永祯,宋正国,唐世荣,等. 大田条件下不同钝化剂对空心菜吸收镉的影响及机理[J]. 生态环境学报,2011,20(11):1758-1763.
- [13]赵月平,工洋洋,霍晓婷,等. 不同有机肥施用量对空心菜的产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(8):313-316.
- [14]Hoagland D R, Arnon D I. The waber-culture method for growing plants without soil[J]. California Agricultural Experiment station circular,1950,347(5406):357-359.
- [15]Lichtenthaler H K. Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research, stress physiology, hydrobiology, and remote sensing[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998:129-142.
- [16]Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. Plant Physiology, 1949,24(1):1-15.
- [17]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [18]张瑞华,徐坤,董灿兴. 光质对生姜叶片光合特性的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(11):3722-3727.
- [19]杨晓建,刘世琦,张自坤,等. 不同 LED 光源对青蒜苗生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国蔬菜,2011(6):62-67.
- [20]谢景,刘厚诚,宋世威,等. 不同光质 LED 灯对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜(学术版),2012(6):23-25.
- [21]李韶山,潘瑞炽. 植物的蓝光效应[J]. 植物生理学通讯,1993,29(4):248-252.
- [22]Eskins K, Duysen M, Dybas L, et al. Light quality effects on corn chloroplast development[J]. Plant Physiology, 1985,77(1):29-34.
- [23]张秋英,李发东,刘孟雨. 冬小麦叶片叶绿素含量及光合速率变化规律的研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):95-98.
- [24]徐凯,郭延平,张上隆. 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(2):369-375.
- [25]余让才,潘瑞炽. 蓝光对水稻幼苗光合作用的影响[J]. 华南农业大学学报,1996,17(2):88-92.
- [26]许莉,刘世琦,齐连东,等. 不同光质对叶用莴苣光合作用及叶绿素荧光的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(1):96-100.
- [27]刘丹. LED光源对花生及黄瓜幼苗生长的影响[D]. 南京:南京农业大学,2013.
- [28]Anna B, Anna K. Effect of light quality on somatic embryoogenesis in *Hyacinthus orientalis* L. 'Delft's Blue'[J]. Biological Bulletin of Poznan,2001,38(1):103-107.
- [29]Stantamaria P, Elia A, Serio F. Fertilization strategies for lowering nitrate contents in leafy vegetables: chicory and rocket salad case[J]. Plant Nutr,1998,21(9):1791-1803.
- [30]陈祥伟,刘世琦,王越,等. 不同 LED 光源对乌塌菜生长、光合特性及营养品质的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(7):1955-1962.
- [31]曾宪锋,邱贺媛. 不同生长发育阶段芥菜基生叶硝酸盐及维生素 C 含量的研究[J]. 植物学通报,1994,11(增刊1):42-43.
- [32]胡承孝,邓波儿,刘同仇. 氮肥水平对蔬菜品质的影响[J]. 土壤肥料,1996(3):34-36.
- [33]Kasperbauer M J. Strawberry yield over red versus black plastic mulch[J]. Crop Science,2000,40:171-174.
- [34]Chen Q, Liu S Q, Zhang Z K, et al. Effect of different light emitting diode sources on tomato fruit quality during color-changed period[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(5):156-161.