



李聪聪, 吉家曾, 彭旭. 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜生长及品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(12):29-32.

不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜生长及品质的影响

李聪聪, 吉家曾, 彭旭

(广州市八斗农业科技有限公司, 广东 广州 510000)

摘要:为促进紫外线在植物工厂生产中的应用,在人工光源的水培试验室中,以红边生菜和紫叶生菜为材料,在红蓝组合 LED 光源中加入不同强度的 UV-A,测定生菜的生长量及品质。结果表明:与红蓝组合光质相比,添加 UV-A 后,两种生菜的株高降低,随着辐射强度的增加逐渐下降。两种生菜地上鲜重经 UV-A 照射后均比对照下降,红边生菜未表现出显著差异,紫叶生菜在 UV-A 强度为 $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 地上鲜重比对照显著降低。两种生菜的地下鲜重和地下干重随 UV-A 辐射强度逐渐增加,对叶片数无显著影响。添加 UV-A 增加了两种生菜的可溶性蛋白质含量,维生素含量随 UV-A 强度的增加而逐渐提高。两种生菜花青素含量经 UV-A 辐射处理后比对照均提高,红边生菜在 UV-A 强度为 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时花青素显著提高,紫叶生菜在 UV-A 强度为 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时花青素显著提高。

关键词:生菜;叶色;UV-A;生长;品质

太阳紫外线(UV)根据波长的不同可分为3种:长波紫外线(UV-A, 320~400 nm),中波紫外线(UV-B, 280~320 nm)和短波紫外线(UV-C, 200~280 nm)。已有很多研究发现 UV-B 对植物的形态结构,生理生化特性有较大影响^[1],可以用于促进和改善蔬菜的生长及营养品质^[2],用 UV-B 处理大豆芽苗菜^[3]和萝卜芽苗菜^[4]可以促进植物细胞内总酚类物质的积累。在自然环境中,植物所受的 UV-A 辐射量是 UV-B 辐射量的10~100倍。紫外线穿透叶片组织的频率随着波长的增加而增加,因此 UV-A 比 UV-B 能在叶片中到达更深的目标位置^[5]。而 UV-A 对蔬菜生长的影响研究鲜有报道。

红边生菜和紫叶生菜因营养价值高,色泽鲜艳多变,观赏性高,称为植物工厂内种植的重要一类生菜^[6]。有研究表明 UV-A 和 UV-B^[7]对植物叶片中的花青素含量有较大影响,因此有必要对 UV-A 对有色生菜生长的影响进行研究。本研究以红边生菜和紫叶生菜为材料,照射不同强度的 UV-A,探讨其在生长,品质,颜色等方面的变化,为紫外光在植物工厂条件下的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试生菜品种为红边生菜和紫叶生菜,LED

灯板由广州腾龙电子科技有限公司研发,含红光(650-660 nm),蓝光(450-460 nm),UV-A(365±5 nm)3种光质,每种光质灯珠均匀分布,并可单独调控光强。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2019年6月13日至7月7日在广州市八斗农业科技有限公司水培实验室进行。生菜种子海绵块播种,15 d后选择3叶1心的长势一致幼苗移至水培槽中(55 cm×37 cm×7 cm),每个水培槽种植6株。营养液选用华南农业大学叶菜B配方。所有处理总光强均为 $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, R/B=4,并以此光处理作为对照 CK,在此对照光照基础上,补充3种不同强度的 UV-A(T1: $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; T2: $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; T3: $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。栽培实验室温度保持在(25±1)℃,3种光质光照周期为12 h·d⁻¹,同时开关。每个处理重复3次,24 d后取样测定。

1.2.2 测定项目及方法 每个处理随机选取5株生菜,分别测定地上鲜重,根鲜重,地上干重,根干重,株高,叶片数。

叶绿素含量采用丙酮-乙醇(体积1:1)浸提法测定^[8],花青素含量测定参照徐金瑞等^[9]的方法。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[8],可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[8],维生素C含量测定采用钼蓝比色法测定^[8],每个处理测定3次。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 和 SAS 8.2

收稿日期:2019-07-19

第一作者简介:李聪聪(1992-),男,硕士,从事植物工厂水培蔬菜光配方研究。E-mail:1428409864@qq.com。

软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜生长量的影响

由表 1 可知,与 CK 相比,两种生菜的株高经 UV-A 照射后均有不同程度的降低,且随着强度的增加株高逐渐下降。株高方面,红边生菜 T2、T3 处理与 CK 和 T1 差异显著,紫叶生菜 3 个处理株高与 CK 差异显著,T2、T3 处理株高显著低于 T1 处理;红边生菜叶片数 3 个处理均比对照

增加,但 3 个处理间无显著差异,紫叶生菜叶片数无显著变化;红边生菜地上鲜重 T1、T2、T3 处理比对照降低,但没有表现出显著性差异,紫叶生菜地上鲜重 3 个处理比对照减少,T3 处理与 CK 差异显著;红边生菜与紫叶生菜地下鲜重 3 个处理均比对照均有不同程度的增加,紫叶生菜 T2 处理与对照差异显著,T3 处理均与对照差异显著。两种生菜地上干重 3 个处理与对照无显著差异。两种生菜地下干重 T2、T3 处理比对照均表现出显著性增加。

表 1 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜生长量的影响

Table 1 Effects of different intensity of UV-A on growth of two leaf-colored lettuce

品种 Varieties	处理 Treatments	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaf number	地上鲜重 Aboveground fresh weight/g	地下鲜重 Underground fresh weight/g	地上干重 Aboveground dry weight/g	地下干重 Underground dry weight/g
红边生菜 Lettuce with red edge	CK	13.54 a	8.60 a	30.17 a	5.116 b	1.29 a	0.58 b
	T1	13.44 a	10.00 a	25.31 a	6.78 ab	1.15 a	0.58 b
	T2	11.70 b	9.00 a	26.35 a	6.32 ab	1.34 a	0.68 a
	T3	11.68 b	10.00 a	25.25 a	8.26 a	1.29 a	0.69 a
紫叶生菜 Lettuce with purple leaf	CK	22.04 a	13.40 a	28.99 a	2.67 c	1.39 a	0.47 c
	T1	19.84 b	14.20 a	25.94 a	3.69 bc	1.34 a	0.50 bc
	T2	17.46 c	13.20 a	25.07 a	4.69 ab	1.30 a	0.55 ab
	T3	16.96 c	15.00 a	22.66 b	5.39 a	1.51 a	0.57 a

注:不同小写字母表示差异显著,下同($P<0.05$)。

Note:Different lowercase letters indicate significant difference($P<0.05$),the same below.

2.2 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜品质的影响

由表 2 可知,两种叶色生菜硝酸盐含量随着 UV-A 强度的增加逐渐下降,其中红边生菜 T2、T3 处理与对照差异显著;两种生菜可溶性糖含量均未表现出显著变化;红边生菜 3 个处理可溶性

蛋白质含量比对照有所增加,但未表现出显著差异,紫叶生菜 3 个处理蛋白质含量比对照均显著性增加;两种生菜维生素含量随着 UV-A 强度的增加逐渐增加,且 T2、T3 处理均与对照差异显著。

表 2 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜品质的影响

Table 2 Effects of different intensity of UV-A on quality of two leaf-colored lettuce

品种 Varieties	处理 Treatments	硝酸盐 Nitratel/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	可溶性糖 Soluble sugar/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	可溶性蛋白 Soluble protein/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	维生素 C Vitamin C/ ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$)
红边生菜 Lettuce with red edge	CK	6.54 a	3.88 a	7.44 a	0.92 b
	T1	6.14 a	3.79 a	7.61 a	1.06 b
	T2	4.47 b	3.74 a	8.02 a	1.32 a
	T3	4.20 b	3.55 a	8.36 a	1.70 a
紫叶生菜 Lettuce with purple leaf	CK	3.72 a	4.30 a	7.28 b	1.51 b
	T1	3.56 a	4.40 a	10.03 a	1.72 b
	T2	3.39 a	4.62 a	10.12 a	2.02 a
	T3	3.19 a	5.40 a	10.57 a	2.24 a

2.3 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜花青素含量的影响

由图 1 可知,补充 UV-A 后,两种生菜的花青素含量均比对照增加。红边生菜花青素含量在 T2 处理时最大,与对照差异显著。紫叶生菜花青素含量随 UV-A 强度增加逐渐增大,3 个处理与对照均表现出显著差异。

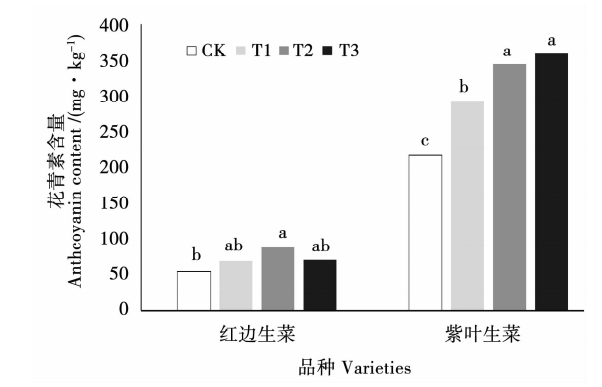


图 1 不同强度的 UV-A 对两种叶色生菜花青素含量的影响
ig. 1 Effects of different intensity of UV-A on anthocyanin content of two leaf-colored lettuce

3 结论与讨论

有研究表明,UV-A 对植物生物量的积累有明显的影 响,但这种影响受到 UV-A 辐射强度、植物类型、环境和基因型的影响^[10]。本研究中,经不同强度的 UV-A 照射后,两种叶色生菜的地上鲜重均有不同程度的降低,但只有紫叶生菜在 T3 处理时表现出了显著性的降低。刘文科等^[11]在温室条件下用 UV-A 和 UV-B 照射生菜发现,绿叶生菜经 UV 辐射处理后,地上部分鲜重显著降低,紫叶生菜相反。红叶生菜地上部分鲜重在不同 UV 辐射处理下无显著差异。这与本试验结果有部分差异,可能是由于试验环境和品种不同造成的。有学者认为 UV-A 可以影响植物的生物量很可能是通过影响叶片的形态特征及光合特性^[12]。4 种木本植物经 UV-A 照射后根系生物量均增加^[13]。苧麻的根系经 UV-A 照射后生物量增加了 17%^[14]。本试验中,两种生菜的地下鲜重及干重经处理后比对照均增加。这可能是通过改善植物根部的生物量来加强资源竞争。在野外和人工生长室中的实验均表明,UV-B 辐射的增加,使绝大多数蔬菜表现出植株矮化,叶面积减小,叶片增厚,叶面积指数降低^[15]。本试验中两种生菜经 UV-A 照射后,株高呈现出了下降趋势。其可能是节间长度受到抑制,这需要进一步的研究。

王英利等^[16]研究发现,高剂量 UV-B 降低番

茄红素和维生素 C 的含量,低剂量可提高番茄红素和维生素 C 含量。周华等^[17]研究发现添加 UV-B 处理可以明显提高辣椒果实中的维生素 C 含量。本试验两种生菜可溶性蛋白及维生素 C 含量经 UV-A 照射后均表现出了升高的趋势。UV 辐射影响着次生代谢物的合成,导致消耗更多的光合产物,从而会影响干物质的积累。但 UV-A 对植物的品质影响仍没有定论,需要更多的研究数据显示^[13]。

花青素是一种水溶性天然色素,既可以使蔬菜产生不同的颜色^[18],又是一种强自由基清除剂,可以预防心脑血管方面的疾病^[19]。因此有色生菜中的花青素含量直接影响其使用价值。光是影响花青素合成与积累的重要因素之一,胡萝卜细胞系被 UV-A 处理后,花青素含量得到明显的积累,并且苯丙氨酸氨酶的活性大大增强^[20],另外在茼蒿子叶下胚轴进行红光、蓝光、远红光、低照度 UV-B、高照度 UV-B 和 UV-A 等照射发现,只有经过 UV-A 照射或者 UV-A 与其他光组合照射的才会有明显的花青素的积累,说明 UV-A 对茼蒿膨大的子叶下胚轴花青素特异性的诱导作用^[21]。Tsormpatsidis 等^[22]研究了 UV 辐射对生菜生长和品质的影响,发现 UV 光照射显著抑制了生菜的生长,但促进了次生代谢物的生成,这些物质具有抗氧化作用,同时可以加深生菜叶片色泽,减少射入叶表皮的 UV 辐射。本试验中,两种叶色生菜花青素含量经 UV-A 照射后均出现了明显的增加现象,这表明利用 UV-A 处理有色生菜以期增加其花青素含量是可行的,其积累量与 UV-A 的辐射强度有关。

试验结果表明,两种叶色生菜的株高及地上鲜重经 UV-A 照射后比对照降低,且随着 UV-A 强度的增加逐渐下降。地上干重处理与对照之间无显著差异。地下鲜重及干重经 UV-A 照射后均比对照增加,在 T3 处理时均与对照表现出了显著差异。两种生菜可溶性蛋白及维生素 C 含量经 UV-A 照射后均表现出了升高的趋势。花青素含量 3 个处理比对照均增加,红边生菜在 T2 处理时花青素含量最大,与对照差异显著。紫叶生菜花青素含量随紫外强度的增加逐渐提高,T2,T3 处理与对照差异显著。

参考文献:

[1] 方炎,刘凤珍,张昆,等. UV-B 辐射增强影响作物生长发育的研究进展[J]. 山东农业科学, 2018, 50(6): 183-188.
[2] Wargent J J, Jordan B R. From ozone depletion to agriculture: Understanding the role of UV radiation in sustainable crop production [J]. New Phytologist, 2013, 197(4): 1058-1076.

- [3] 齐学会,张晓燕,鲁燕舞,等.光质和光周期对大豆芽苗菜生长及总酚类物质含量的影响[J].中国蔬菜,2014,1(7):29-34.
- [4] 鲁燕舞,张晓燕,耿殿祥,等.光质对萝卜芽苗菜总酚类物质含量及抗氧化能力的影响[J].园艺学报,2014,41(3):545-552.
- [5] Bornman J F, Vogelmann T C. Penetration of blue nad UV radiation measured by fiber optics in spruce and fir needles[J]. Physiologia Plantarum, 2006, 72(4): 699-705.
- [6] 张晓梅,王海亭.西宁地区紫色生菜新品种引种比较试验[J].北方园艺,2014(2):39-40.
- [7] 齐艳,邢霞霞,郑禾,等. UV-A 和 UV-B 提高甘蓝幼苗花青素含量以及调控基因表达分析[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(2): 86-94.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [9] 徐金瑞, 张名位, 刘兴华, 等. 黑大豆种皮花色苷的提取及其抗氧化作用研究[J]. 农业工程学报, 2018, 5: 161-164.
- [10] Cooley N M, Higgins J T, Holmes M G, et al. Ecotypic differences in responses of *Arabidopsis thaliana* L. to elevated polychromatic UV-A and UV-B+A radiation in the natural environment: a positive correlation between UV-B +A inhibition and growth rate[J]. Journal of Photochemistry & Photobiology B Biology, 60(2-3): 143-150.
- [11] 刘文科, 余意, 赵姣姣, 等. 紫外辐射对 3 种叶色生菜生长及营养品质的影响[J]. 科技导报, 2014, 32(10): 36-40.
- [12] Zhang L, Allen L H, Vaughan M M, et al. Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height [J]. Agricultural Forest Meteorology, 2014(184): 170-178.
- [13] Verdager D, Jansen M A K, Llorens L, et al. UV-A radiation effects on higher plants: exploring the known unknown[J]. Plant Science, 2016, 255.
- [14] Tossarams M, Rozema J. The effect of solar UV radiation on four plant species occurring in a coastal grassland vegetation in the Netherlands [J]. Physiologia Plantarum, 1996, 97(4): 731-739.
- [15] 彭燕, 艾辛. UV-B 辐射强度变化及其对蔬菜的影响研究综述[J]. 现代园艺, 2010(6): 16-17.
- [16] 王英利, 王勋陵, 岳明. UV-B 及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 590-595.
- [17] 周华, 刘淑娟, 刘腾云, 等. UV-B 对观赏辣椒生长发育及果实品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2019(5): 52-57.
- [18] Martin C. Control of pigment biosynthesis genes during petal development[J]. The Plant Cell Online, 1993, 5(10): 1253-1264.
- [19] Winkel-Shirley B. It Takes a Garden. How work on diverse plant species has contributed to an understanding of flavonoid metabolism [J]. Plant Physiology, 2001, 127(4): 1399-1404.
- [20] Zhou B, Li Y, Xu Z, et al. Ultraviolet A-specific induction of anthocyanin biosynthesis in the swollen hypocotyls of turnip (*Brassica rapa*) [J]. Journal of Experimental Botany, 58(7): 1771-1781.
- [21] Rapisarda P, Fanella F, Maccarone E. Reliability of analytical methods for determining anthocyanins in blood orange juices [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(6): 2249-2252.
- [22] Tsormpatzidis E, Henbest R G C, Davis F J, et al. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films [J]. Environmental & Experimental Botany, 2008, 63(1-3): 232-239.

Effects of Different Intensity of UV-A on Growth and Quality of Two Leaf-colored Lettuce

LI Cong-cong, JI Jia-zeng, PENG Xu

(Guangzhou Badou Argi-Tech Limited Company, Guangzhou 510000, China)

Abstract: In order to promote the application of ultraviolet light in plant factory production, the growth and quality of lettuce were measured in the hydroponic laboratory with artificial light source, using lettuce with red edge and lettuce with purple leaf as materials and adding different intensity of UV-A into the red-blue LED light source. The results showed that compared with the light quality of red and blue combination, the plant height of two lettuces decreased after adding UV-A, and gradually decreased with the increase of radiation intensity. The fresh weight of lettuce on the ground of two kinds of lettuce after UV-A irradiation was lower than that of the control, but there was no significant difference between lettuce on the red edge. The fresh weight of lettuce on the ground of $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ with UV-A intensity was significantly lower than that of the control. Underground fresh weight and dry weight of two lettuces increased gradually with the intensity of UV-A radiation, but had no significant effect on the number of leaves. The soluble protein content of lettuce was increased by adding UV-A, and the vitamin content increased with the increase of UV-A intensity. The anthocyanin content of the two lettuces after UV-A radiation treatment was higher than that of the control. The anthocyanin content of the Red-Edged lettuce was significantly increased when the UV-A intensity was $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The anthocyanin content of the Purple-leaf lettuce was significantly increased when the UV-A intensity was $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Keywords: lettuce; leaf color; UV-A; growth; quality