

发光二极管绿光照射对精品蔬菜货架期品质的影响

刘 然 然¹, 寇 莉 萍¹, 阎 瑞 香²

(1. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

摘 要:在货架温度下采用发光二极管(LED)绿色光源照射西兰花、芦笋、青椒 3 种蔬菜, 定期观察 3 种蔬菜在贮藏过程中的感观品质, 并测定每种蔬菜叶绿素、维生素 C、可溶性固形物和 DPPH 自由基清除能力的变化。结果表明: LED 绿光照射能够抑制货架期西兰花、芦笋叶绿素和维生素 C 含量的下降($P < 0.05$), 保持西兰花和芦笋的商品性; LED 绿光照射青椒的叶绿素含量低于对照, 维生素 C 和可溶性固形物含量变化幅度较大, 但感官上差异不大($P > 0.05$), 说明 LED 绿光照射对青椒贮藏的影响不明显。

关键词:发光二极管(LED)绿光; 西兰花; 芦笋; 青椒; 货架期品质

中图分类号:TS 255.35 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)08-0005-05

发光二极管(Light-emitting diode, LED)是近年来迅速发展的新型光源, 具有体积小、耗电低、发热低、寿命长等优势^[1], 应用于植物生长, 可针对植物光合作用波长专门设计光输出, 被认为是植物生长照明最有前景的光源^[2], 目前已有将 LED 应用于植物生长的研究。但是植物对不同波长和强度的光反应不同: 不同的果蔬所需要的最适生长光强不同^[3-5], 不同的光质对果蔬的生长影响也不同^[6-10]。果蔬采收后脱离了营养供应, 其生理代谢与生长期不同, 在有光的情况下, 更会产生明显差异。谢晶等^[11]将弱光光源应用于果蔬采后贮藏, 发现弱光照射使果蔬在贮藏的同时还积累了光合物质, 既保持了果蔬的良好品质, 又延长了货架寿命、推迟了生理老化现象。

一般认为, 植物在进行光合作用时不利用绿光, 但是赵飞等^[12]发现绿光下黄瓜光合能力最强, 进行植物红蓝混合补光时加入绿光会明显提高植物的光合能力, Kim H H 等^[13]也发现在红蓝光中添加绿光能够减缓莴苣叶绿素的降解。Kevin M F 等^[14]还发现, 绿光可能通过隐花色素分子作用机制来影响植物生理代谢。目前, 关于 LED 绿色弱光光源在蔬菜采后应用的研究尚少, LED 在果蔬采后应用效果和机理尚需深入研究。

该研究利用 LED 绿色弱光光源对 3 种蔬菜进行照射处理, 以期确定绿色弱光对蔬菜采后常温贮藏过程中

感官和营养品质的影响效果, 为 LED 光照射技术在果蔬保鲜中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

西兰花、芦笋(绿)、青椒 3 种蔬菜于 2012 年 4 月 19 日购自天津市红旗农贸综合批发市场。采购后立刻运到实验室进行筛选。西兰花挑选大小一致、无病虫害、无机械损伤的深绿色新鲜花球, 留近花球处 2~3 片叶。芦笋选择茎长 25 cm、直径 16~18 mm、不弯曲、无病虫害的优级笋。青椒选择大小均匀、无病虫害、无机械损伤、色泽饱满的鲜椒。

TES-1330A 数字式照度计(台湾泰仕 TES); PAL-1 数字手持袖珍折射仪(日本 ATAGO); GENESYS 5 紫外可见分光光度计(美国 SPECTRONIC); D-37520 高速冷冻离心机(德国 HERAEUS)等。

1.2 试验方法

每种蔬菜筛选后随机分为 2 组, 用 PE 保鲜膜(0.02 mm 厚)包装(不扎口), 放入铝箔密封箱内, 用 LED 设备(国家农产品保鲜工程技术研究中心研制)绿色光源对 3 种蔬菜持续照射, 光源距离蔬菜(46±2)cm, 光照强度在 50~112 lx 之间, 室温为(16±2)℃, 对照为同样温度下无光贮藏。每个处理设 3 次重复, 在贮藏期内每隔 2 d 从每组蔬菜中取相同数量测定各蔬菜叶绿素、维生素 C(VC)、可溶性固形物含量和 1,1-二苯基苦基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除能力。

1.3 项目测定

1.3.1 感官品质 组建 10 人评分小组, 从色泽、组织状

第一作者简介:刘然然(1987-), 女, 硕士, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: lrr121@163.com.

责任作者:寇莉萍(1972-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为果品及蔬菜贮藏与加工。E-mail: kouliping8@hotmail.com.

收稿日期:2012-12-10

态等方面按 9 分制法^[18]进行评分。评分标准为:9 分,外观品质完好、新鲜、绿色、无腐烂;7 分,外观品质较好、绿色、无腐烂;5 分,外观品质一般,达到商品界限,无腐烂;3 分,外观品质较差,稍有腐烂,不可食;1 分,外观品质非常差,腐烂严重,不可食用。

1.3.2 叶绿素含量 采用丙酮:乙醇(1:1)浸提比色法。西兰花、芦笋和青椒的浸提质量分别为 1、5 和 2 g,丙酮:乙醇(1:1)浸提液体积为 20 mL,浸提 24 h 后过滤取,滤液测定其在 652 nm 处的吸光度,计算总叶绿素含量。

1.3.3 维生素 C 含量 采用碘量法。称取蔬菜匀浆 10 g,移入 100 mL 容量瓶中,用 1%草酸定容、脱脂棉过滤。吸取 10 mL 滤液,置于 100 mL 三角瓶中,加 1%淀粉 1 mL、1%草酸 20 mL,用标准碘液滴定至蓝色 15 s 不褪色为止,记下碘液的毫升数,计算蔬菜中维生素 C 含量。

1.3.4 可溶性固形物含量 用 PAL-1 数字手持袖珍折光仪测定。

1.3.5 DPPH 自由基清除能力 采用 DPPH 比色法^[15-16]。称取蔬菜匀浆 1 g,加 10 mL 50%乙醇,置于离心管中 4℃ 15 000 r/min 冷冻离心 10 min,取滤液,利用 DPPH 溶液的特征紫红色团的吸收,用紫外分光光度法在 517 nm 处吸收的下降表示对提取液的 DPPH 自由基清除能力。

1.4 数据分析

所有数据均采用 Excel 统计和绘图,DPS v 6.55 软件进行统计分析。所得数据为 3 次平均值±标准差,采用 *t* 检验进行其差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 感官评定

感官评定是描述和判断果蔬品质好坏最直观的指标。温度对感官品质的影响又极为重要,果蔬在市场流通中一般处于货架温度,因此,对感官品质的要求更高。由图 1 可以看出,3 种蔬菜在 6 d 的货架温度贮藏中感官评分都逐渐降低,说明各蔬菜的感官品质在不断下降。LED 绿光照射的西兰花和芦笋在 6 d 的贮藏中呈现的感官质量明显优于无光贮藏的西兰花和芦笋($P<0.05$);对照中的西兰花在 4 d 后就已经严重黄化,芦笋也有发霉现象,均失去商品价值;而 LED 绿光照射的西兰花在第 6 天时才有轻微黄化和腐烂现象,芦笋无腐烂,品质尚在一般状态。LED 绿光照射和无光贮藏的青椒在感官上没有明显差异($P>0.05$),且都在货架期内。这说明一定强度的 LED 绿光照射对蔬菜货架期品质和商品性的保持有一定的效果,但对于不同的蔬菜,保持程度有差异。

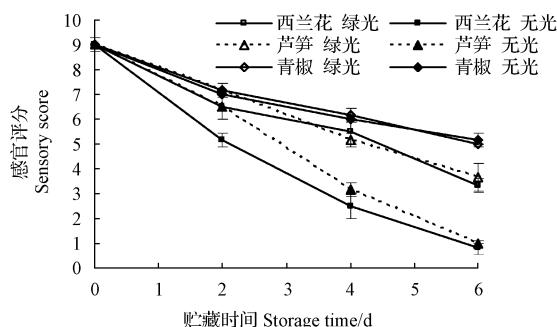


图 1 LED 绿光照射对货架期西兰花、芦笋和青椒感官品质的影响

Fig. 1 Effects of LED green light irradiation on sensory quality of broccoli, asparagus and green pepper in the shelf life

2.2 LED 绿光照射对精品蔬菜货架期叶绿素含量的影响

由图 2 可以看出,在 6 d 的货架温度贮藏中,西兰花的叶绿素含量是下降的,无光贮藏西兰花的叶绿素含量较 LED 绿光照射的下降幅度大($P<0.05$),这可能是由于绿光照射降低了西兰花的呼吸作用,与叶绿素分解有关的酶类活性得到不同程度的抑制造成的^[11]。由图 3 可知,芦笋的叶绿素含量较第 0 天有下降,但是下降幅度不大($P>0.05$);LED 绿光照射芦笋的叶绿素含量在

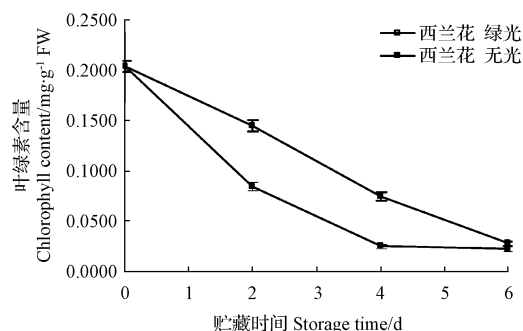


图 2 LED 绿光照射对货架期西兰花叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effects of LED green light irradiation on chlorophyll content of broccoli in the shelf life

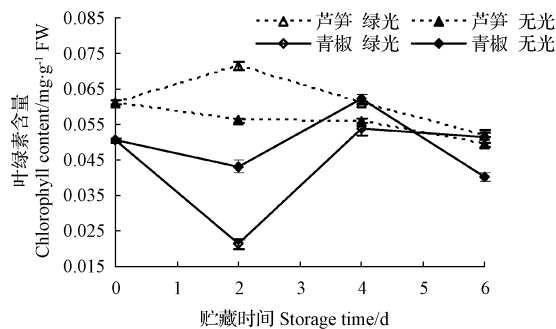


图 3 LED 绿光照射对货架期芦笋和青椒叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of LED green light irradiation on chlorophyll content of asparagus and green pepper in the shelf life

第2天有一个上升的趋势,这可能是因为虽然芦笋在绿光下不进行光合作用,但还是会吸收绿光,在一定阶段内使原脱植基叶绿素合成了新的叶绿素^[7]。图2、3说明,绿光照射有利于减缓西兰花和芦笋叶绿素含量的降低,反映到感官品质上,有助于蔬菜商品性的保持。青椒的叶绿素含量在贮藏期内变化不稳定,LED绿光照射青椒的叶绿素含量基本都低于无光贮藏($P<0.05$),这说明LED绿光照射可能会增强青椒的呼吸作用。

2.3 LED绿光照射对精品蔬菜货架期维生素C含量的影响

果蔬在贮藏时营养成分会不断被消耗,其中维生素C消耗程度更能反映果蔬贮藏品质的优劣。由图4可以看出,在贮藏期内,西兰花和芦笋的维生素C含量整体均呈下降趋势,且LED绿光照射的维生素C含量均高于对照($P<0.05$),说明绿光照射有利于延缓西兰花和芦笋维生素C的损失,这可能是因为绿光照射促进了西兰花和芦笋的光合作用,使蔬菜产生的同化产物部分抵消了营养成分的消耗,导致维生素C含量下降比较缓慢^[11]。绿光照射青椒的维生素C含量在前4d贮藏时低于无光贮藏,但在第6天时,却比对照的维生素C含量高了50%左右($P<0.05$),说明绿光照射对青椒维生素C含量的影响是不稳定的,反映到光合作用上,说明绿光对青椒的光合作用影响也不稳定,尚待进一步研究。

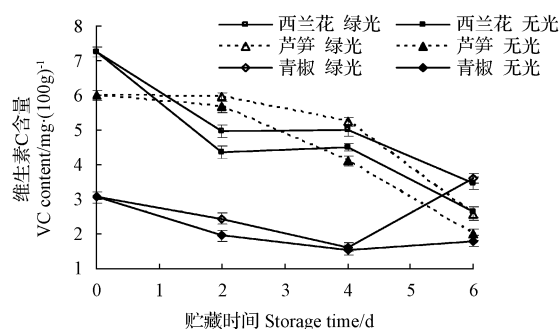


图4 LED绿光照射对货架期西兰花、芦笋和青椒维生素C含量的影响

Fig. 4 Effects of LED green light irradiation on vitamin C content of broccoli, asparagus and green pepper in the shelf life

2.4 LED绿光照射对精品蔬菜货架期可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量与果蔬品质、营养关系密切。由图5、6可知,贮藏期内西兰花和芦笋的可溶性固形物含量是下降的,青椒的可溶性固形物含量有一个先上升后下降的趋势;LED绿光照射西兰花的可溶性固形物含量总是高于无光贮藏,芦笋和青椒的基本上都低于对照($P<0.05$)。这说明绿光照射可能有助于西兰花积累光合物质,而不利于芦笋和青椒进行光合作用积累可溶性

固形物。在图4中,LED绿光照射减缓了芦笋维生素C含量的下降,而图6中加速了芦笋可溶性固形物含量的降低,这说明绿光照射可能对芦笋各种有机物质的积累程度不同。

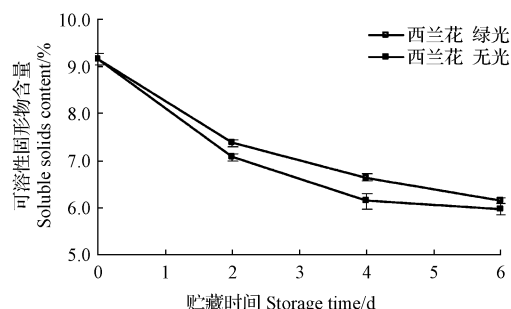


图5 LED绿光照射对货架期西兰花可溶性固形物含量的影响

Fig. 5 Effects of LED green light irradiation on soluble solids content of broccoli in the shelf life

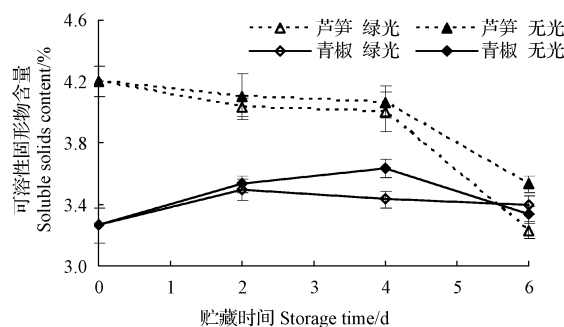


图6 LED绿光照射对货架期芦笋和青椒可溶性固形物含量的影响

Fig. 6 Effects of LED green light irradiation on soluble solids content of asparagus and green pepper in the shelf life

2.5 LED绿光照射对精品蔬菜货架期DPPH自由基清除能力的影响

DPPH自由基清除能力能够评价果蔬的抗氧化能力。由图7可知,贮藏阶段青椒DPPH清除能力呈先下

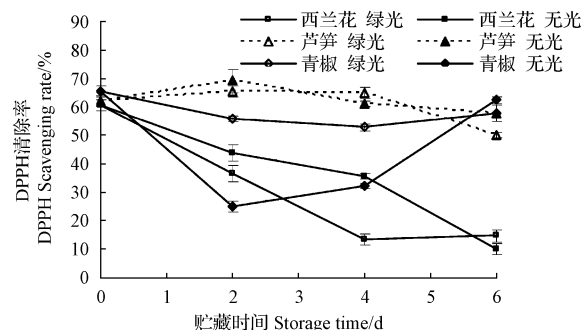


图7 LED绿光照射对货架期西兰花、芦笋和青椒DPPH清除能力的影响

Fig. 7 Effects of LED green light irradiation on DPPH scavenging activity of broccoli, asparagus and green pepper in the shelf life

降后上升趋势,且总体上绿光照射高于对照($P<0.05$)。说明 LED 绿光有利于青椒 DPPH 自由基清除能力的保持。西兰花在贮藏期的 DPPH 清除能力呈下降趋势,LED 绿光照射西兰花的 DPPH 清除能力较无光贮藏弱一些($P<0.05$),这说明 LED 绿光照射可能会降低西兰花的抗氧化能力。芦笋的 DPPH 清除能力在贮藏期不稳。由 2.2.2.3 分析可知,LED 绿光能够较好的保持西兰花、芦笋的叶绿素和维生素 C 等营养指标的含量,却对其抗氧化性无影响,说明 LED 光照对蔬菜的抗氧化活性,如 DPPH 自由基清除能力的作用机理尚需进一步研究。

3 结论与讨论

光质是影响植物生长发育的重要因子,对植物的形态建成^[17]、生理代谢、光合特性^[7]、品质及衰老^[10,18]均有广泛的调节作用。在植物生长和离体贮藏中,选择不同的光质和光强,植物的生长发育和品质也会不同。

该试验中,LED 绿光照射(50~112 lx)较好地保持了西兰花的叶绿素、维生素 C 和可溶性固形物含量,能够在一定程度上延长西兰花的货架期、保持其商品性;LED 绿光照射(50~112 lx)对芦笋叶绿素和维生素 C 含量的保持有积极的作用,但却加速了可溶性固形物的降解,基本有利于芦笋商品性的保持;LED 绿光照射(50~112 lx)青椒的 DPPH 自由基清除能力高于对照,但与无光贮藏的青椒在感官上并没有多少差异,且维生素 C 和可溶性固形物含量变化幅度较大,叶绿素含量低于对照,对青椒贮藏的影响不明显。由此可见,一定强度的 LED 绿光照射能够相对增加精品蔬菜叶绿素、维生素 C 和可溶性固形物等含量,延长货架期;不同蔬菜在相同光照下,叶绿素、维生素 C 等营养指标的变化是不同的,商品性的保持效果也是不一样的。

在植物采后研究中,谢晶等^[11]采用弱光照射较好地保持了猕猴桃果实的硬度,在贮藏前期还增加了芦笋和猕猴桃的维生素 C 含量,阻止了芦笋叶绿素的降解,保持了芦笋和猕猴桃中的可溶性固形物含量,这与 LED 绿光照射在一定程度上减缓了西兰花、芦笋叶绿素和维生素 C 含量的降解结果是一致的,但是,研究中绿光照射对芦笋可溶性固形物含量的保持有一定的抑制作用,与前人的研究结果相反,这可能与光质的选择和光照强弱有关,有待进一步探索。李逸尘等^[19]对梯度温度下青椒、西兰花、花椰菜、双孢菇在黑暗和光照下的呼吸强度进行比较得出,适当光照能降低离体果蔬的呼吸作用,对果蔬贮藏具有重要意义。该试验中虽然没有直接验证光照对呼吸作用的影响,但是根据叶绿素和维生素 C 等的变化,可以推测,绿色弱光在一定程度上也降低蔬菜的呼吸作用。该试验中西兰花、芦笋和青椒的叶绿素、维生素 C 和可溶性固形物含量的变化不尽相同,说

明不同蔬菜在生长和贮藏过程中对光质的选择和光强的耐受性不一样,在以后的果蔬贮藏研究中,针对不同的果蔬,应研究多种光质、多种光强的影响效果,来找出适合每种蔬菜的最佳光质和光强。

张晓燕等^[5]在研究中发现,光照强度太高时可能不利于果蔬贮藏,必要时要避免强光照射。该试验设计时只采用了单一光强对蔬菜进行照射,无法验证绿光强弱对离体蔬菜品质的影响,但所用光强较弱,对大多果蔬贮藏利大于弊,是可取的。

有关光照对采后蔬菜抗氧化性的研究尚不多见。该研究结果显示,绿色弱光对蔬菜体 DPPH 自由基清除能力的影响效果不是很理想,在以后的研究中,应对 PPO、POD、CAT 等其它一些抗氧化指标进行系统研究,以期得出弱光光照对蔬菜体抗氧化性具体效果和机理全面的影响结论。

参考文献

- [1] Kim H H, Gregory D G, Raymond M W, et al. Stomatal conductance of lettuce grown under or exposed to different light qualities[J]. *Annals of Botany*, 2004, 94: 691-697.
- [2] 陆其龙, 罗珍峰, 梁桂玲, 等. 植物生长用高强度气体放电灯(下)[J]. *中国照明电器*, 2011(1): 11-14.
- [3] 孙治强, 张强, 张惠梅. 低温弱光对番茄叶绿素含量变化的影响[J]. *华北农学报*, 2005, 20(1): 82-85.
- [4] 黄持都, 陈计雷, 胡小松, 等. 光对采后果蔬叶绿素降解动力学研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(10): 233-238.
- [5] 张晓燕, 胡祥娜, 林霞, 等. 不同光照强度对棚栽叶绿素荧光参数·色素含量及抗性生理的影响[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(34): 11006-11008.
- [6] 赵文东, 郭修武, 王欣欣, 等. 光质对延迟栽培巨峰葡萄果实品质的影响[J]. *中国果树*, 2011(1): 20-22.
- [7] 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.
- [8] Thron M, Eichner K, Ziegler G. The influence of light of different wavelengths on chlorophyll containing foods[J]. *Lebensm-Wissu-Technol*, 2001, 34: 542-548.
- [9] Winslow R B, John M C. Phototropins 1 and 2: versatile plant blue-light receptors[J]. *Plant Science*, 2002, 7(5): 204-210.
- [10] 蒲高斌, 刘世琦, 杜洪涛. 光质对番茄果实转色期品质变化的影响[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(4): 176-178.
- [11] 谢晶, 蔡楠, 韩志. 弱光照射对果蔬冷藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2008, 29(3): 471-474.
- [12] 赵飞, 高志奎. 光质对黄瓜幼苗绿色叶片叶绿素荧光的影响[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(10): 161-167.
- [13] Kim H H, Gregory D G, Raymond M W, et al. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes[J]. *Hort Science*, 2004, 9(7): 1617-1622.
- [14] Kevin M F, Stefanie A M. Green light: a signal to slow down or stop[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2007, 58(12): 3099-3111.
- [15] 蔡为荣, 周慧超. 荷叶多酚提取优化及其清除 DPPH·自由基的研究[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(12): 186-189, 283.
- [16] 彭长连, 陈少薇, 林植芳. 用清除有机自由基 DPPH 法评价植物抗氧化能力[J]. *生物化学与生物物理进展*, 2000, 27(6): 658-661.

不同品种小白菜对镉胁迫的生理性差异

张菊平¹, 焦新菊¹, 崔文朋¹, 杜晓华²

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技学院 园林学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以 10 个小白菜品种为试材,研究了水培条件下 5 $\mu\text{mol/L}$ 镉胁迫对其生长量及生理指标的影响,探讨镉胁迫下不同品种小白菜对镉的生理生化响应和耐受能力。结果表明:镉胁迫下,10 个品种小白菜均生长迟缓、叶片褪绿,其中对“日本华冠”的影响最小;“四季青”、“抗热 605”、“日本华冠”、“裕农一号”的 MDA 含量减少;除“四季青”、“日本华冠”外,其它品种的抗坏血酸含量都有所增加,其中“上海鸡毛菜”增加最多;除“日本华冠”外,其它品种的叶绿素含量都有所降低;“四季青”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”的 SOD 活性则升高;“四季青”、“平油一号”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”的 CAT 活性下降;“四季青”、“抗热 605”、“日本华冠”、“原种四月慢”、“上海鸡毛菜”、“裕农一号”的脯氨酸含量升高。不同品种的小白菜对镉的生理生化响应不同,其耐受能力也有差异。其中,“四季青”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”对镉的耐受能力较强。

关键词:镉;小白菜;生理性差异;耐性

中图分类号:S 634. 303. 4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)08-0009-04

有关植物对镉(Cd)胁迫的生理生化应答研究已有不少报道^[1-5]。Cd 胁迫下,代谢物质和相应生理酶活性都增加,它们均可作为植物 Cd 耐性的生理生化标记。

第一作者简介:张菊平(1968-),女,博士,教授,现主要从事蔬菜栽培育种的教学与科研工作。E-mail:jupingzhang@163.com.

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD01A7);河南科技大学博士科研启动基金资助项目(09001217)。

收稿日期:2012-12-21

可见,植物 Cd 耐性形成的生理生化过程十分复杂。该研究以城乡居民大量种植和消费的小白菜为材料,研究水培条件下 Cd 对其生长及生理生化指标的影响,以期作为低累积 Cd 生产高品质小白菜种质资源筛选提供参

1 材料与方法

1.1 试验材料

10 个小白菜品种的种子均购于河南洛阳关林农贸

[17] 崔瑾,马志虎,徐志刚,等. 不同光质补光对黄瓜、辣椒和番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 园艺学报,2009,36(5):663-670.

[18] 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.

[19] 李逸尘,陈存坤,贾凝,等. 光照对采后蔬菜呼吸强度变化的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):1915-1916,1938.

Effects of LED Green Light Irradiation on Quality of Vegetables in Shelf Life

LIU Ran-ran¹, KOU Li-ping¹, YAN Rui-xiang²

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. National Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300384)

Abstract:Green light diode emitter was used as radiation source to illuminate broccoli, asparagus, green pepper in the shelf temperature. Sensory quality, chlorophyll content, VC content, soluble solids content and DPPH free radical scavenging activity of three vegetables were tested regularly in the storage period. The results showed that LED green light irradiation could restrain the decline of broccoli and asparagus chlorophyll and VC content content ($P < 0.05$), which made the two vegetables achieve a good commercial performance; the chlorophyll content of green pepper with LED green light irradiation were lower than the comparison, VC content and soluble solids content had a large range ability, sensory quality had little difference ($P > 0.05$) which were against the storage of green pepper.

Key words: LED green light; broccoli; asparagus; green pepper; quality in shelf life