

# 不同光源对“美人酥”红梨果实品质的影响

苏俊<sup>1,2</sup>, 孟庆雄<sup>2</sup>, 李林<sup>1</sup>, 陈霞<sup>1</sup>, 梁明泰<sup>1</sup>, 舒群<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院 园艺作物研究所, 云南 昆明 650205; 2. 昆明理工大学 生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500)

**摘 要:**以普通日光灯白光(W)为对照,研究了 LED 红光(R)、蓝光(B)、红光+蓝光(1RB)、2 红光+蓝光(2RB)、4 红+2 蓝+1 绿(RBG)、6 红+1 蓝+1 白(RBW)和 UVB(紫外 B)光源对“美人酥”红梨果实转色过程中果实品质的影响。结果表明:不同光质照射离体脱袋果实 25 d,花青苷合成效应依次为 UVB>B>2RB>W>1RB>RBW>RBG>R;不同光质对果皮 PAL 的含量均与花青苷含量不呈正相关;1RB 促进果实可溶性蛋白含量的效果最佳;UVB 对果实中可滴定酸含量的影响最大;RBW 和 UVB 能显著增强“美人酥”果实的可溶性糖含量。因此,可通过照射 UVB 或红蓝组合的光源来提高红梨“美人酥”果实转色期的果实品质。

**关键词:**光源;红梨;果实品质

**中图分类号:**S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)07-0005-04

“美人酥”是“幸水”×“火把梨”的杂交种,在云南地区引种栽培后表现优良,于 8 月中旬成熟,属中熟品种,产品远销欧洲、美国、新西兰等地,也深受国内消费者喜爱,市场前景广阔,是目前比较受欢迎的红色砂梨品种之一。光质对植物的生理代谢及果品品质有着广泛的调节作用,现阶段针对光质的研究大部分集中在光形态建成及生长发育上,对果实品质的研究较少,已有研究表明,光质对转色期番茄<sup>[1]</sup>、草莓<sup>[2]</sup>、苹果<sup>[3]</sup>及葡萄<sup>[4]</sup>等果实品质有显著的影响,但光源对红梨果实品质研究不够明确。LED(Light-Emitting Diode)已经被应用于许多植物光合生理领域的研究<sup>[5]</sup>,由于人工补光的光质大多采用普通电光源或滤光膜等措施获得光质,无法定量精确调制光谱能量分布,影响结论的可靠性和可比性。因此,该研究以“美人酥”红梨为试材,进行了不同光源照射试验,测定了果实转色期的相关生理指标,旨在探讨不同光源对“美人酥”红梨果实品质的影响,以为优质红皮砂梨生产技术体系的开发提供理论支持和科学依据。

**第一作者简介:**苏俊(1980-),男,云南大理人,在读硕士,副研究员,现主要从事果树栽培及生理学研究。E-mail:sujun198067@sina.com.

**责任作者:**舒群(1963-),女,本科,研究员,研究方向为果树育种及栽培技术。

**基金项目:**现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-29-39);云南省科技厅重点新产品开发计划资助项目(2011BB004)。

**收稿日期:**2012-12-14

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料“美人酥”采摘于云南省昆明市云南红梨科技开发有限公司的果园(25.91°N,102.44°E),以棠梨为砧木,株行距 2 m×4 m,按常规栽培管理。选择树冠外围果形、大小较一致的 130 个果挂牌标记,并以此确定标准果。自盛花后 20 d,采用浙江国丰生产的外黄内黑双层纸袋进行套袋遮光处理。套袋 130 d,采果进行光照试验。

UVB 光源为天津紫制品有限公司生产的 40 W 紫外灯,白光光源为深圳市来田实业有限公司生产的 Philips 牌 40 W 的普通照明灯。

### 1.2 试验方法

该试验在云南农业大学花卉研究所 LED 组培室进行。随袋采摘“美人酥”套袋果,擦净后置于实验室组织培养架上进行不同光质照射试验,每个品种设置 15 个果实,分别置于 6 种 LED 光源小区和 1 个紫外光区(UVB),以普通日光灯白光(W)为对照。调节电流及光源与植株的距离,使光照度保持一致(800 lx);12 h/d 光照周期。光源控制系统见表 1。

照射时间为每天 8:00~20:00,共设 8 个处理,每个处理 15 个样品果,每 3 个果实为 1 组,分别照射 5、10、15、20 和 25 d。不同层间用 1 cm 厚纸壳隔离,所有处理间到达果实表面的光强基本保持一致。

### 1.3 项目测定

每 5 d 取 1 次样,每个光处理下每次取 3 个果实,分别测定花青苷、苯丙氨酸解氨酶(PAL)酶活性、蛋白质、可滴定酸和可溶性糖含量的动态变化,单个果实进行测

表 1 光源控制系统

Table 1 Control system of light source

光处理 Light treatments	光质 Light quality	光量比例 The ratio of luminous flux	峰值波长 Peak wavelength /nm	波长半宽 Wavelength bandwidth/nm
1 RBG	红+蓝+绿	4:2:1	625+475+530	20
2 R	红	100%红	625	20
3 1RB	红+蓝	定值	625+475	20
4 B	蓝	100%蓝	475	20
5 RBW	红+蓝+白	6:1:1	625+475+720	20
6 2RB	红+蓝	2:1	625+475	20
7 UVB	紫外 B	—	280~320	—
8 W(CK)	日光灯	—	白	—

定,重复 3 次。取样共计 5 次,分别为 5、10、15、20、25 d。

1.3.1 花青苷含量测定 参照全月澳<sup>[6]</sup>花青苷测定,用直径为 1.2 cm 的打孔器在果实相对 4 面各取 1 个果皮圆片,剪碎后,用 0.1 mol/L HCl 提取并过滤,采用分光光度法测定果皮花青苷,在 535 nm 处读取 OD 值。其中花青苷含量单位:把 100 cm<sup>2</sup>果皮在分光光度计上的总吸收度(即总光密度)定义为 1 个单位,用 U/100cm<sup>2</sup>表示。

1.3.2 苯丙氨酸解氨酶(PAL)测定 参照王敬文等<sup>[7]</sup>分光光度法。取 1 g 果皮作材料。以 1 h 在 290 nm 处 OD 值变化 0.1 作为 1 个酶活性单位(相当 1 mL 反应混合物形成 1 μg 肉桂酸),用 U · g<sup>-1</sup>FW · h<sup>-1</sup>表示。

1.3.3 可溶性蛋白含量测定 参照曹建康等<sup>[8]</sup>的方法。取皮下有代表性的果肉组织 1.0 g,采用考马斯亮蓝法,在 595 nm 处比色,测定吸光度值。

1.3.4 可滴定酸含量测定 参照曹建康等<sup>[8]</sup>的方法。取皮下有代表性的果肉组织 1.0 g,采用酚酞指示剂法。

1.3.5 可溶性糖含量测定 取皮下有代表性的果肉 10 g,参照《中国食品工业标准汇编》“水果、蔬菜可溶性糖测定法”测定。

#### 1.4 数据分析

应用 SPSS 11.5 软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对“美人酥”果皮花青苷和苯丙氨酸解氨酶(PAL)含量的影响

由表 2 可知,不同光质和照射时间对果皮的花青苷和 PAL 的含量影响不一。随着照射时间的增加,不同光质照射对果皮花青苷含量均表现出上升趋势。同一照射光质下,随着照射时间的增加,果皮花青苷含量上升。照射 5 d,所有光质处理下果皮含有的花青苷最低;照射 25 d,UVB 和 B 处理下的果皮花青苷含量分别显著高于对照(W)20.87%和 2.14%;同时,采用单一的 R 照射对红梨“美人酥”果皮花青苷合成的促进作用最小,且照射 25 d 与其它处理差异显著。然而,将 2 份红和 1 份蓝(2RB)组合时,增大了单一红光对花青苷的诱导作用,但作用小于单一蓝光照射。表明了红梨“美人酥”中,

并非所有不同光质间组合的协同效应都能够增大对花青苷的诱导作用。

随着照射时间增加,不同光质对果皮 PAL 的含量均表现出下降趋势。果实照射 5 d,RBG 和 B 处理下的 PAL 含量最高,显著高于对照(W)6.0%;照射 25 d,UVB 处理下的果皮 PAL 含量最高,显著高于对照(W)4.6%;同时,R 处理下的 PAL 含量最低,较其它处理差异显著。综上所述说明了 UVB、B、2RB 及 W 光质对果皮花青苷的合成有促进作用。不同 LED 光质和 UVB 照射对“美人酥”果皮花青苷的合成与 PAL 的含量不呈现正相关。

表 2 不同光源和照射时间对“美人酥”果皮花青苷和 PAL 含量变化的影响

Table 2 The effect of different types of irradiation and time on anthocyanin and PAL contents of 'Meirensu' red pear

光处理 Light treatment	花青苷 Anthocyanin/U · 100cm <sup>-2</sup>	PAL/U · g <sup>-1</sup> FW · h <sup>-1</sup>					照射时间 Irradiation time/d				
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25	
RBG	5.88c	6.20e	6.67e	7.53d	8.04f	3.35a	3.42d	3.50c	3.40b	2.44b	
R	5.33d	5.73f	6.05f	6.42e	6.88g	3.26b	3.29f	3.43f	3.31d	2.01f	
1RB	7.00b	7.60c	7.90c	8.40c	10.11d	3.17e	3.44c	3.47e	3.36c	2.06e	
B	6.94b	7.62c	7.90c	8.82b	18.16b	3.35a	3.47b	3.50c	3.39b	2.33d	
RBW	6.10c	6.66d	6.90d	7.48d	9.23e	3.19d	3.25g	3.37g	3.27e	1.92g	
2RB	7.11a	7.88b	8.13b	8.71b	17.88c	3.24bc	3.50a	3.65a	3.46a	2.40c	
UVB	7.37a	8.18a	8.43a	9.44a	21.49a	3.23c	3.48b	3.63b	3.35c	2.53a	
W(CK)	6.97b	7.87b	8.12b	8.46c	17.78c	3.16e	3.36e	3.48d	3.27e	2.42bc	

注:同列不同的字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Different letters within the same column meant significant difference at 0.05 level. The same as below.

### 2.2 不同处理对“美人酥”果肉品质的影响

由图 1 可知,同一照射光质下,随着照射时间的增加,蛋白质、可滴定酸和可溶性糖含量逐渐增加,同一照射时间下,不同光质对果实蛋白质、可滴定酸和可溶性糖含量均表现出不同的影响。图 1A 表明了 R 照射下的蛋白质含量最低,5、10、15、20、25 d 分别显著低于对照(W)56.1%、60%、50.8%、53.7%、20.3%;B 照射 10、15、20 和 25 d,蛋白质含量分别显著高于对照(W)6.0%、14.6%、9.7%和 33.6%;同时 1RB 照射 10、15、20 和 25 d,蛋白质含量分别显著高于对照(W)4.4%、21.5%、16.6%和 47.8%。

图 1B 表明了同一照射时间内,不同光质对果实可滴定酸含量均表现出下降上升,而后又降再升的趋势。与其它处理相比 UVB 光质照射 5、10、15、20 和 25 d,可滴定酸含量最高,分别显著高于对照(W)16.0%、50%、30.4%、24.5%和 24.0%。

由图 1C 可知,不同光质下,随着照射时间的增加,RBW 和 UVB 光质对果实中可溶性糖含量合成的效果较佳,B 光质对果实中可溶性糖合成的效果较差。UVB 光质照射 15、20 和 25 d,可溶性糖含量分别显著高于对

照(W) 13.2%、3.25%、3.04%。RBW 光质照射 10、15、20 和 25 d, 可溶性糖含量分别显著高于对照(W) 10.8%、4.66%、3.87%、2.6%。

综上所述, 可以得出 1RB 即定值的红光和蓝光组合处理能显著促进“美人酥”果实可溶性蛋白质的含量; UVB 能较好的促进“美人酥”果实中可滴定酸含量的增加; 照射 20 和 25 d, RBW, 即红光、蓝光和白光比之为 6:1:1 的组合和 UVB 处理能显著的增强“美人酥”果实的可溶性糖含量。

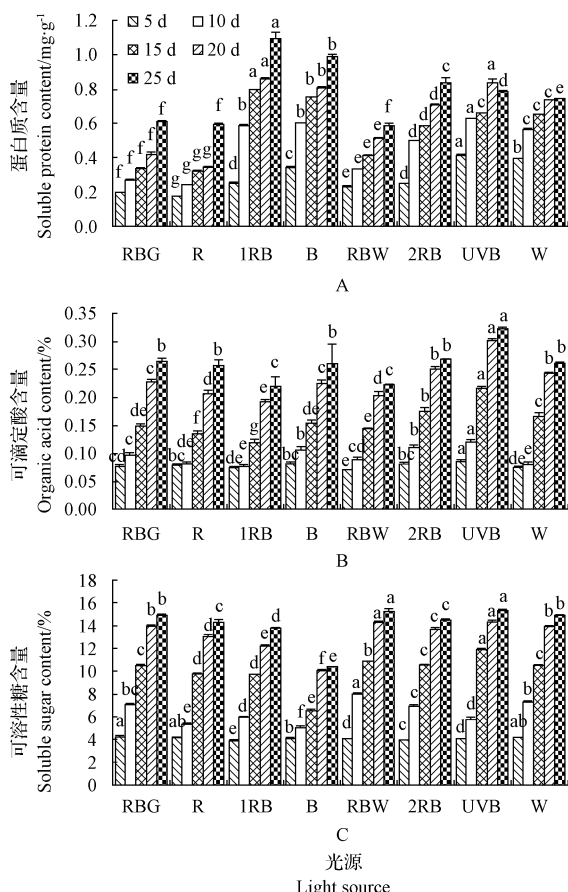


图1 不同光质和照射时间对“美人酥”果实蛋白质(A)、可滴定酸(B)和可溶性糖(C)含量的影响

Fig. 1 The effect of different types of irradiation and time on soluble protein(A), organic acid (B) and soluble sugar (C) contents in 'Meirensu' red pear

### 3 讨论

不同 LED 光质和紫外光室内照射“美人酥”梨果 25 d, 果实虽少量失水, 但通过对不同处理间果实单果重的测量, 测得不同处理间果实与对照相比失水率差异不显著, 故果实失重结果可忽略。

红梨色泽形成源于果皮中花色苷的积累<sup>[9]</sup>。红梨着色规律在各种类型间差异较大, 果皮中的花色苷一般分布在果皮表层下的皮下细胞内<sup>[10]</sup>。光是影响植物花青苷合成的最重要环境因子之一<sup>[11]</sup>。相关研究报道表

明<sup>[12-13]</sup>, 紫外光 A、紫外光 B、蓝光、红光和远红光对苹果花青苷合成起作用, 其中, 紫外光 B 对果实着色的效应最强, 紫外光 A 的效应最小, 蓝光和红光的作用最弱。不同光质间的协同效应能够增大对花青苷的诱导作用<sup>[3]</sup>。Dussi 等<sup>[14]</sup>报道波段 400~500 nm、500~600 nm、>600 nm 和 >700 nm 的光质对红色西洋梨的花色苷含量都有升高, 其中 >600 nm 波段处理对果皮中花色苷合成的诱导效果最佳。该研究结果表明了照射 25 d, UVB、B、2RB 对红梨“美人酥”果皮花青苷的合成有促进作用, 花青苷含量急速上升。其中, UVB 对果实着色的效应最强, B 次之, 2RB 与对照 W 对花青苷合成效应差异不显著, 这与前人的研究结论有相似性。

花青苷的生物合成过程中, PAL 酶是催化合成反应的第 1 个酶。葡萄、苹果和草莓中, PAL 活性与花青苷的合成在 0.05 水平上显著正相关<sup>[15-17]</sup>。Wang 等<sup>[18]</sup>也发现 PAL 酶活性与“红玉”(Jonathan)的花青苷积累有相关性。与苹果和葡萄等相比, 梨果实着色过程中花色苷代谢的研究起步较晚。黄春辉等<sup>[19]</sup>报道在果实成熟着色期, 红色砂梨品种“美人酥”和“云红梨 1 号”果皮内花色苷含量不断上升, PAL 活性却不断下降。冯守千等<sup>[20]</sup>在红色砂梨品种“满天红”及其芽变“奥冠”的研究中也发现 PAL 与花色苷合成的关系不密切。该研究结果表明了不同 LED 光质和 UVB 照射对“美人酥”果皮花青苷的合成与 PAL 的含量未呈现正相关, 表现为花青苷含量上升时, PAL 含量降低。Ju<sup>[21]</sup>研究表明, 在花青苷合成过程中, 只有在缺少前体的条件下, 花青苷合成才与 PAL 活性有关。因此, 该研究也认为红梨“美人酥”花青苷的生物合成过程中, PAL 不是调控花青苷生成的关键酶。

光质对红梨果实转色过程中梨果可溶性蛋白、可溶性糖和可滴定酸等品质指标均有影响。已有相关报道表明, 蓝光利于植物蛋白质的合成<sup>[22-23]</sup>。Tao 等<sup>[24]</sup>通过对蓝球藻的研究表明, 蓝光和红光比白光更适宜细胞内多糖的制造, 并且二者在制造多糖量上无明显区别。王英利等<sup>[25]</sup>也提出红光能提高番茄的可溶性糖和有机酸含量, 红光与高剂量 UVB 复合处理, 能减轻 UVB 对植物的伤害。低剂量 UVB 与红光复合处理, 糖和酸含量均显著提高。宋哲等<sup>[15]</sup>报道 UVB+W+R 与白光(W)促进了苹果糖分含量。该研究结果表明了 1RB 组合和 B 都能促进“美人酥”果实可溶性蛋白的含量, 其中 1RB 的效应最强; UVB 处理能较好的促进果实中可滴定酸和可溶性糖的合成; 同时 RBW 组合能显著增强果实可溶性糖含量。光质影响可溶性糖和有机酸含量的原因是多方面的, 可能由于照射光质的改变诱导了光敏色素对蔗糖代谢酶的调控, 促进蔗糖代谢相关酶活性的提高, 使光合产物更多的分配到果实中, 也可能不同照射



光质影响着对碳水化合物的吸收从而改变了可溶性糖的含量;同时不同光质影响了植物体内酸转化酶和降解酶的活性,从而导致了含酸量的差别<sup>[4]</sup>。因此,该研究结论可能与试验过程中采用的光质类别有关,有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 蒲高斌,刘世琦,杜洪涛,等. 光质对番茄果实转色期品质变化的影响[J]. 中国农学通报,2007,21(4):176-187.
- [2] 徐凯,郭延平,张上隆,等. 不同光质膜对草莓果实品质的影响[J]. 园艺学报,2007,34(3):585-590.
- [3] 宋哲,李天忠,徐贵轩,等. 光质对‘红富士’苹果果实着色的影响[J]. 生态学报,2009,29(5):2304-2311.
- [4] 刘林,许雪峰,王忆,等. 不同反光膜对设施葡萄果实糖分代谢与品质的影响[J]. 果树学报,2008,25(2):178-181.
- [5] Tennesen D J, Bula R J, Sharkey T D. Efficiency of photosynthesis in continuous and pulsed light emitting diode irradiation[J]. Photosynthesis Research,1995,44(3):261-269.
- [6] 全月澳. 花青苷测定方法[M]//果树营养诊断法. 北京:农业出版社,1982.
- [7] 王敬文,薛应龙. 植物苯丙氨酸解氨酶的研究I. 植物激素对甘薯块根苯丙氨酸解氨酶和肉桂酸 4-羟化酶活性变化及其伴随性的影响[J]. 植物生理学报,1981,7(4):373-378.
- [8] 曹建康,姜维波,赵玉梅. 果树采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
- [9] Dussi M C, Sugar D, Wrolstad R E. Characterizing and quantifying anthocyanins in red pears and the effect of light quality on fruit color[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1995,120(5):785-789.
- [10] 张东,滕元文. 红梨资源及其果实着色机制研究进展[J]. 果树学报,2011,28(3):485-492.
- [11] Irani N G, Grotewold E. Light-induced morphological alteration in anthocyanin-accumulating vacuoles of maize cells[J]. BMC Plant Biology,2005(5):7.
- [12] Zhou B, Li Y H, Xu Z R, et al. Ultraviolet A-specific induction of anthocyanin biosynthesis in the swollen hypocotyls of turnip (*Brassica rapa*) [J]. Journal of Experimental Botany,2007,58(7):1771-1781.
- [13] Guo J, Han W, Wang M H. Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis; A review [J]. African Journal of Biotechnology,2008,7(25):4966-4972
- [14] Dussi M C, Sugar D, Wrolstad R E. Characterizing and quantifying anthocyanins in red pears and the effect of light quality on fruit color[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1995,120(5):785-789.
- [15] 宋哲,李天忠,徐贵轩. “富士”苹果着色期果皮花青苷与果实糖份及相关酶活性变化的关系[J]. 中国农学通报,2008,24(4):255-260.
- [16] Kataoka I R, Kusunoki I H. Effects of UV irradiation on anthocyanin accumulation in ‘Cros Colman’ grapes[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,1992,61:82-83.
- [17] Given N K, Venis M A, Grierson D. Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis in ripening strawberry fruit[J]. Plant Physiology,1988,133:25-30.
- [18] Wang H, Arakawa O, Motomura Y. Influence of maturity and bagging on the relationship between anthocyanin accumulation and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity in ‘Jonathan’ apples[J]. Postharvest Biology and Technology,2000,19:123-128.
- [19] 黄春辉,俞波,苏俊,等. “美人酥”和“云红梨1号”红皮砂梨果实的着色生理[J]. 中国农业科学,2010,43(7):1433-1440.
- [20] 冯守千,陈学森,张春雨,等. 砂梨品种‘满天红’及其芽变品系‘奥冠’花青苷合成与相关酶活性研究[J]. 中国农业科学,2008,41(10):3184-3190.
- [21] Ju Z G. Fruit bagging, a useful method for studying anthocyanin synthesis and gene expression in apples[J]. Scientia Horticulturae,1998,77:155-164.
- [22] Kowallik W. Blue light effects on respiration[J]. Annum Review of Plant Physiology,1982,33:51-72.
- [23] 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.
- [24] Tao Y, Stanley M B. Effect of light quality on production of extracellular polysaccharides and growth rate of *Porphyridium cruentum* [J]. Biochemical Engineering Journal,2004,19:251-258.
- [25] 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.

## Effect of Different Light Sources on Fruit Quality of ‘Meirensu’ Red Chinese Sand Pear

SU Jun<sup>1,2</sup>, MENG Qing-xiong<sup>2</sup>, LI Lin<sup>1</sup>, CHEN Xia<sup>1</sup>, LIANG Ming-tai<sup>1</sup>, SHU Qun<sup>1</sup>

(1. Institute of Horticulture Crop, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205; 2. Department of Life Sciences and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500)

**Abstract:** Taking common fluorescent white light as control, the effects of fruit color-changed and quality of ‘Meirensu’ red Chinese sand pear under treatments of red LEDs(R), blue LEDs (B), the LEDs combination of red and blue light (1RB), (2RB), the LEDs combination of red, blue and green light(RBG), the LEDs combination of red, blue and white light(RBW), the UVB were investigated. The results showed that fruits of ‘Meirensu’ detached from trees under irradiation of different treatment after 25 days, the effect of anthocyanin biosynthesis was UVB>B>2RB>W>1RB>RBW>RBG>R; there was no directly positively relativity between the anthocyanin and activity of PAL enzyme; under 1RB, the content of soluble protein was the highest; the effect of UVB was the most powerful in organic acid biosynthesis; RBW and UVB could markedly enhance soluble sugar content. Therefore, there were a lot of ways to improve the fruit quality by UVB, 1RB and RBW radiation in color changed period.

**Key words:** light source; red Chinese sand pear; fruit quality