

两个品种绿皮梨及其红色芽变品种 光合生理特性的比较

董晓勤, 周 鹏, 仇宗浩, 翟 锐, 徐凌飞

(西北农林科技大学 园艺学院, 农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以“早酥”梨、“巴梨”与其红色芽变“红早酥”梨、“红巴梨”为试材,在田间条件下,比较研究了4个梨品种功能叶片的光合生理特性的差异和叶片色素含量的变化。结果表明:4个梨品种净光合速率(Pn)日变化曲线呈单峰型,且日变化平均值大小依次为:“早酥”梨>“红早酥”梨>“红巴梨”>“巴梨”;4个梨品种蒸腾速率(Tr)日变化曲线呈单峰型;“早酥”与“红早酥”梨气孔导度(Gs)日变化曲线呈双峰型,“巴梨”与“红巴梨”为单峰型;“早酥”与“红早酥”梨胞间CO₂浓度(Ci)日变化曲线呈双谷型,“巴梨”与“红巴梨”为单谷型;瞬时水分利用效率(WUE)和光能利用效率(LUE)日变化曲线均呈单谷型。红色芽变的“红早酥”梨与“红巴梨”叶片中叶绿素、花色素苷含量均显著高于其对应的“早酥”梨与“巴梨”。

关键词:梨;红色芽变;光合作用;光合色素;花青苷

中图分类号:S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)20-0001-05

光合作用形成的产物是树体生长及果实产量的基础,也是构成果实品质的重要因素^[1-3],而影响果树光合作用强弱的因素主要可归纳为环境因素和植物内部结构因素^[4-8]。梨的红色芽变通常涉及到花青苷等多种色素的变化,因而其光合特性可能受到一定影响,从而直接影响梨品种的生长速度和果实产量,并进一步影响红色梨品种的果品质量及生产周期。因此,研究梨的红色芽变品种的光合生理特性有着重要的理论价值和现实意义。目前对绿皮梨的光合特性研究较多^[9-13],而对红色芽变梨品种,国内外报道极少,主要涉及一些较为基本的光合指标,如叶绿素含量、净光合速率等。该试验以绿皮梨“早酥”、“巴梨”及其二者经红色芽变的“红早酥”梨、“红巴梨”为材料,研究4个品种的光合生理差异,以期对梨的红色芽变品种的光合特性有更全面的了解,并为探明梨的红色芽变机理提供生理学依据。

第一作者简介:董晓勤(1987-),女,硕士研究生,研究方向为园艺植物种质资源与生物技术改良。E-mail:554129681@qq.com.

责任作者:徐凌飞(1969-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事果树种质资源与生物技术改良等研究工作。E-mail:lingfeixu@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31171925);高校基本科研业务费资助项目(ZD2013005)。

收稿日期:2013-06-24

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在陕西省杨陵区西北农林科技大学园艺场进行,地处东经107°04',北纬33°17',海拔高度514 m,年日照时数2 163.8 h,无霜期220 d,年平均降水量580.5 mm,土壤为黑垆土。

1.2 试验材料

供试材料为“早酥”梨及其红色芽变“红早酥”梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd.),“巴梨”及其红色芽变“红巴梨”(P. communis L.),6 a生树龄,砧木为杜梨,株行距为2 m×3.7 m,南北行向。树体健壮,生长势较为一致,开花结果正常。

1.3 试验方法

试验于2011年7月中旬进行。每个梨品种选3株,每株选树体南侧生长较一致的3个同类型枝条,3次重复。各项生理特性指标均选新梢上部5~7节位上(自顶而下)完好的、叶龄为43 d的2片成龄叶进行测定。

1.4 项目测定

1.4.1 光合指标测定 在果实膨大期的7月中旬(7月19日),选择无风晴朗的天气,利用LI-6400xp便携式光合测定系统(Li-COR Biosciences, Inc., Lincoln, Nebraska, USA)测定4个品种梨功能叶片的光合指标参数。光合参数日变化的测定从7:00(北京时间,下同)开始至19:00,每2 h测定1次。为了消除时间上的误差,每次重复测定时各品种间采取随机测定的方法。净光合

速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、大气湿度(HR)、大气温度(Ta)和叶片光合有效辐射(PAR)等生理指标及环境因子由仪器直接测得,进而计算出叶片水分利用率(WUE)和瞬时光能利用效率(LUE)等。

1.4.2 色素含量测定 叶绿素含量测定:参照张宪政^[14]的方法,采摘与光合测定部位相邻且大小适中的叶片,用面积为 0.195 cm² 的打孔器取相同叶面积的叶片,剪碎并用 80% 丙酮溶液浸提 24 h 后比色。花色素苷含量测定:参照 Pirie 等^[15]的方法,并予以改良。用 0.1% 的盐酸-甲醇溶液遮光浸提 12 h 后,用分光光度计测定提取液在 553、600 nm 处吸光值,以二者之差表示花色素苷的相对含量。以 1 g 鲜质量叶片在 10 mL 提取液中 0.1 个吸光度变化为 1 个色素单位。

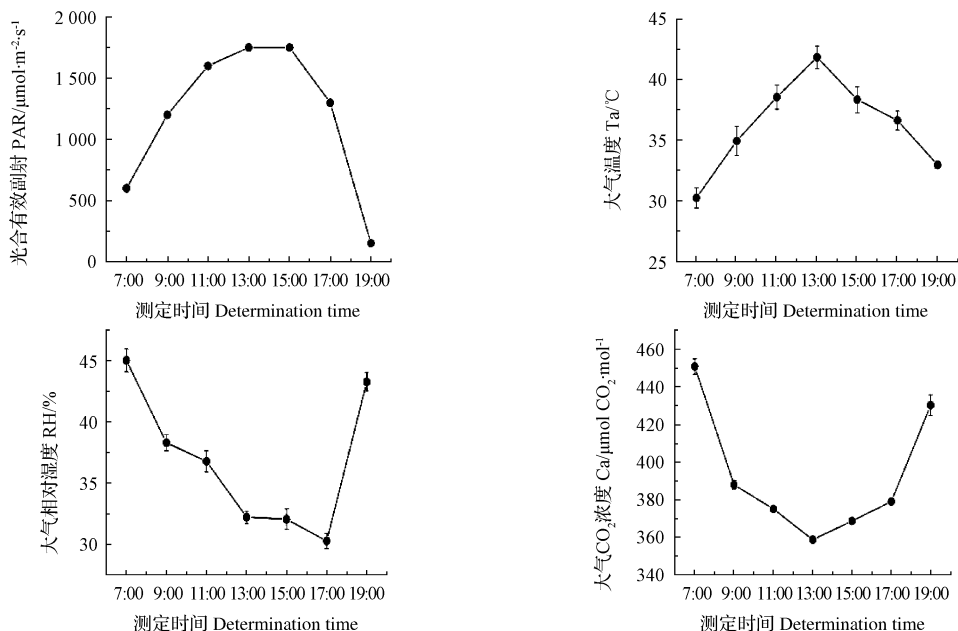


图1 环境因子日变化

Fig. 1 Diurnal variation of environmental factors

2.2 4个梨品种光合参数的日变化

2.2.1 净光合速率(Pn)日变化 光合速率是植物光合作用能力最直接的体现,光合速率的大小直接反映植物光合能力的强弱。由图 2-A 可知,不同类型梨品种净光合速率日变化曲线不同。4 个梨品种的 Pn 日变化均为单峰型曲线,无光合“午休”现象。“红早酥”与“早酥”梨 Pn 的最大值出现在上午 9:00,峰值分别为 15.59、18.43 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而“红巴梨”与“巴梨”Pn 最大值则出现在 11:00,峰值分别为 15.53、15.05 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。4 个品种的 Pn 日均值大小依次为:“早酥”梨(13.78 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)>“红早酥”梨(11.57 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)>“红巴梨”(11.45 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)>“巴梨”(10.43 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。4 个品

1.5 数据分析

试验数据用 Excel 软件进行分析,采用 SPSS 17.0 软件中的 Duncan 法检验不同品种之间的差异显著性,并用 Origin 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 主要环境因子的日变化

由图 1 可知,测定期间,光合有效辐射日变化呈单峰曲线,最高峰出现在 13:00,峰值为 1 750.23 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;大气温度自 7:00~13:00 迅速上升,并在 13:00 达到峰值;大气相对湿度日变化呈单谷曲线,在 7:00~13:00 迅速下降,而在 13:00~17:00 则缓慢下降,并在 17:00 达到谷值;大气 CO₂ 浓度日变化呈 U 型曲线,在 13:00 降至最低。

种中,“早酥”梨的总体 Pn 较高,表现出较强的光合能力,其次是“红早酥”梨和“红巴梨”,而“巴梨”的光合能力则相对较弱。在 7:00~9:00,叶片光合有效辐射迅速增大,“红早酥”与“早酥”梨的 Pn 随之迅速增大,表现出对光照强度一定的敏感性,能充分利用上午的有利环境条件进行光合生产。

2.2.2 蒸腾速率(Tr)日变化 植物蒸腾速率受光照强度、湿度、温度等多因素综合影响,蒸腾速率的变化是环境因素与植物生理因素综合作用的结果^[16]。由图 2-B 可知,4 个参试梨品种的 Tr 日变化均呈单峰型曲线,且 Tr 最大值均出现在 13:00,峰值分别为:10.76、11.59、11.80、9.97 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。Tr 的变化规律与大气温度、光合有效辐射趋势相一致,13:00 左右大气温度达到

最高、光合有效辐射达到最大,高温和强光导致梨叶片表皮温度迅速增高,叶片内外蒸气压梯度迅速增大, T_r 迅速增加并达到全天中最大值。研究表明, T_r 的大小在一定程度上反映了植物调节能力的强弱。“红巴梨”的 T_r 日变化平均值略高于其它参试品种,说明其调节水分损失的能力以及对环境适应能力相对较强。

2.2.3 气孔导度(G_s)日变化 气孔是植物光合所需 CO_2 进入和蒸腾水分散失的主要门户,气孔导度直接影响光合作用和蒸腾作用的进行,并且对环境条件变化表现出较高的敏感性^[17]。由图 2-C 可以看出,4 个梨品种 G_s 日变化曲线差异较大,“早酥”与“红早酥”梨为双峰型曲线,峰值分别出现在 11:00 和 15:00,谷值出现在 13:00;“巴梨”与“红巴梨”为单峰型曲线,峰值出现在 11:00。

2.2.4 胞间 CO_2 浓度(C_i)日变化 胞间 CO_2 浓度是外界 CO_2 气体进入叶肉细胞过程中所受的各种驱动力和

阻力,以及叶片内部光合作用和呼吸作用的最终平衡结果。气孔导度和胞间 CO_2 浓度是影响光合作用底物 CO_2 扩散速度的重要因素^[18]。由图 2-D 可知,4 个参试梨品种的 C_i 的日变化趋势与气孔导度的日变化趋势大体相反。“红早酥”与“早酥”梨 C_i 曲线呈双谷型,2 个低谷值分别出现在 13:00 和 17:00;“巴梨”与“红巴梨”则呈单谷型,谷值出现在 13:00。中午 13:00,由于高温和强光照射导致叶片光合作用增强,叶温迅速增高,蒸腾速率加快,气孔关闭,进入叶片的 CO_2 减少,而与此同时光合作用仍在持续不断进行,碳同化消耗了细胞间隙的 CO_2 ,从而导致 C_i 降至最低。

2.2.5 瞬时水分利用效率(WUE)日变化 由图 2-E 可知,4 个参试梨品种 WUE 日变化曲线较为一致,7:00~13:00, WUE 迅速下降,“早酥”与“红早酥”梨在 13:00~17:00 持续平缓下降,并在 17:00 达到谷值,而“巴梨”与“红巴梨”则在 15:00 出现最低值。7:00 虽然净光合速

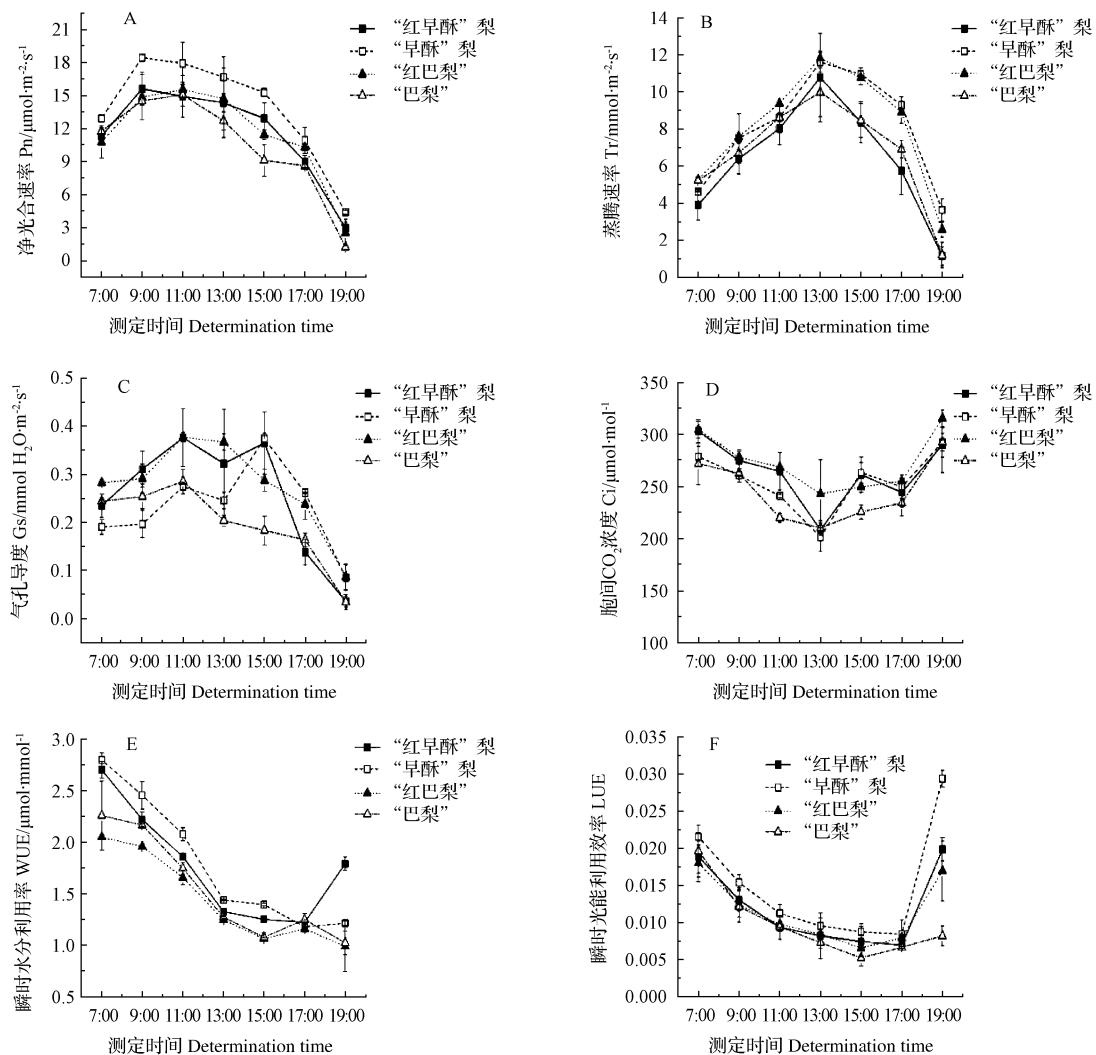


图 2 4 个梨品种光合参数的日变化

Fig. 2 The diurnal variation of photosynthetic parameters of 4 varieties of pear

率相对较低,但因蒸腾速率也同样较低,所以 WUE 为全天中最高。而从 7:00~13:00,大气气温逐渐升高,大气湿度迅速减小,蒸腾速率迅速加快,而净光合速率增长则相对较慢,因此导致 WUE 的迅速下降。

2.2.6 瞬时光能利用效率(LUE)日变化 由图 2-F 可见,4 个参试梨品种 LUE 日变化曲线较为相似。7:00~11:00,LUE 迅速下降,11:00~17:00 下降平缓,17:00~19:00 迅速上升,这是因为 7:00~11:00 光照强度迅速增大,净光合速率也同步增大,但光照强度增幅大于净光合速率,故而 LUE 下降较快,而在 15:00~17:00 光照强度迅速下降,与此同时净光合速率缓慢下降,由于光照强度的降低幅度远大于净光合速率的下降幅度,因此 LUE 反而有所上升。

表 1 不同梨品种叶片中光合色素含量

Table 1 The content of photosynthetic pigments in the leaves of different varieties of pear

品种 Variety	叶绿素 a 含量 Chl a content/mg · cm ⁻²	叶绿素 b 含量 Chl b content/mg · cm ⁻²	叶绿素 a/b Chl a/Chl b	花色素苷含量 Anthoxanthin content/μmol · g ⁻¹
“红早酥”梨‘Hongzaosu’	3.73±0.42 a	1.28±0.36 a	2.91±0.23 b	55.23±1.03 a
“早酥”梨‘Zaosu’	2.26±0.41 c	0.69±0.15 b	3.26±0.15 a	3.57±0.41 b
“红巴梨”‘Red Bartlett’	3.98±0.58 a	1.20±0.17 a	3.30±0.21 a	54.17±1.31 a
“巴梨”‘Bartlett’	3.05±0.78 b	1.03±0.21 a	2.96±0.14 b	3.23±0.60 b

注:表中数据表示平均值±标准误。同列数据后不同小写英文字母表示差异显著(P=0.05)。

Note: The datas are means±SE. Different letters after data in the same row indicate significant difference at P=0.05 level.

3 讨论与结论

该试验在陕西关中平原地区的杨凌进行,该地区为白梨栽培的适宜区。红色芽变“红早酥”梨的母本“早酥”(“苹果梨”×“身不知”)是白梨和西洋梨的种间杂交品种,其田间种植表现为生长势较强旺,坐果率较高,抗旱性及抗病性较强,适应性较良好,表现出一定的梨种间杂交优势。而“巴梨”及其红色芽变品种“红巴梨”为西洋梨品种,田间种植表现为生长势较弱,坐果率较低,适应性较差。从该研究结果可以看出,白梨品种“早酥”及其红色芽变品种“红早酥”梨的光合综合能力高于西洋梨品种“巴梨”及其红色芽变品种“红巴梨”。由此可以推断,梨品种的光合能力与种间杂交优势和品种当地栽培适应性之间存在一定关联性。这与盛宝龙等^[19]的研究结果较为一致。

“红早酥”梨净光合速率日变化总体趋势与“早酥”梨没有明显差异,均呈单峰曲线。“红早酥”梨叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 及花色素苷的含量均显著高于“早酥”梨,叶绿素 a/b 显著低于“早酥”梨,净光合速率、蒸腾速率等光合指标的绝对值显著低于“早酥”梨。这与庄猛等^[20]、姜卫兵等^[21]对 Rutger 桃和紫叶李,李小康等^[22]对中红杨,刘传和等^[23]对红宝石番石榴的研究结果相一

2.3 不同类型梨品种叶片色素含量比较

从表 1 可以看出,“红早酥”的叶绿素 a 含量较“早酥”梨高 65.04%,叶绿素 b 含量较“早酥”梨高 85.51%,以叶绿素 b 增加为主,而叶绿素 a/b 较“早酥”低 10.73%。“红巴梨”的叶绿素 a 较“巴梨”高 30.49%,叶绿素 b 较“巴梨”高 16.50%,以叶绿素 a 增加为主,叶绿素 a/b 较“巴梨”高 11.49%。而全天中,“红早酥”梨的净光合速率均低于“早酥”梨,“红巴梨”的净光合速率均高于“巴梨”,表明“红早酥”梨光合能力的降低以及“红巴梨”光合能力的升高并非因叶绿素含量的差异而引起。

“红早酥”梨的花色素苷含量较“早酥”含量高 15.47 倍,“红巴梨”的花色素苷含量较“巴梨”高 16.77 倍。由此可以看出,2 个红色芽变品种含有较高的花色素苷是其叶片呈现红色的主要原因。

致。而在“红巴梨”和“巴梨”的比较中,“红巴梨”叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 及花色素苷的含量均显著高于“巴梨”,叶绿素 a/b 也显著高于“巴梨”,其净光合速率等光合指标也较“巴梨”高。上述 2 个绿皮梨品种及其相应红色芽变品种的对比结果表明,叶绿素 a/b 与光合参数的变化一致,这说明叶绿素 a/b 比值的大小,在一定程度上可能影响光合速率的大小。这与惠俊爱^[24]对紫星凤梨和玉米等的研究结果相一致。谭新星等^[25]认为,较高的 Chl a/Chl b 有利于植物对光能的吸收和利用,对光能的转化效率较高,因此光合速率较大。

植物叶片的呈色机理较为复杂,红色芽变品种叶片所表现出的颜色并不是由花色素苷的绝对含量这一单一因子所决定的,而是由叶片细胞内花色素苷、光合色素及其它色素的种类、相对含量和在叶片中分布位置共同决定的。该研究中,“红早酥”梨与“红巴梨”叶片中的各色素含量均显著高于“早酥”梨与“巴梨”,因此可以认为,红色芽变梨品种呈现红色的直接原因是同时含有较多的花色素苷和叶绿素。

参考文献

- [1] 姜小文,易干军,霍合强,等.毛叶枣光合特性研究[J].果树学报,2003(6):479-482.
- [2] 周怀军,张洪武,张晓曼,等.不同砧木大石早生李光合特性[J].西北

林学院学报,2003(1):18-21.

[3] 张琦,张玉星,陈玉娟. 库尔勒香梨光合特性的研究[J]. 河北农业大学学报,2006(6):29-32.

[4] Havaux M, Bonfils J P, Lu C, et al. Photodamage of the photosynthetic apparatus and its dependence on the leaf developmental stage in the npq1 Arabidopsis mutant deficient in the xanthophyll cycle enzyme violaxanthin deepoxidase[J]. Plant Physiol, 2000, 124: 273-284.

[5] Iryna I T, Michael M B. Effect of delayed fruit harvest on photosynthesis, transpiration and nutrient remobilization of apple leaves[J]. New Phytologist, 2004, 164(3): 441-450.

[6] Ma F W, Cheng L L. The sun-exposed peel of apple fruit has higher xanthophyll cycle-dependent thermal dissipation and antioxidants of the ascorbate-gluthathione pathway than the shaded peel[J]. Plant Sci, 2003, 165: 819-827.

[7] Su P X, Liu X M. Photosynthetic characteristics of linze jujube in conditions of high temperature and irradiation[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 104: 339-350.

[8] 孙霞, 柴仲平, 蒋平安. 氮磷钾配比对新疆红富士苹果产量和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011(6): 130-134.

[9] 王振磊. 黄金梨和鸭梨光合特性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2005.

[10] 刘振蛟, 曲柏宏, 李玉梅, 等. 苹果梨的净光合速率变化规律[J]. 延边大学农业学报, 2006(1): 32-34.

[11] 莫新禄. 不同砂梨品种的光合特性比较研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2006.

[12] 林敏娟, 王振磊. 库尔勒香梨和新梨七号光合特性的研究[J]. 华北农学报, 2007(22): 44-47.

[13] 樊慧敏, 赵志军, 程福厚, 等. 不同梨品种的光合特性研究[J]. 广东农业科学, 2010(11): 115-117.

[14] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986: 148-149.

[15] Pirie A, Mullins M G. Changes in anthocyanin and phenolics content of grapevine leaf and fruit tissues treated with sucrose, nitrate abscisic acid[J]. Plant Physiology, 1976, 58: 468-472.

[16] 施关正, 赵致, 袁玉清. 干旱胁迫下玉米杂交组合抗旱性及水分利用的研究[J]. 玉米科学, 2008(5): 103-107.

[17] 吴承祯, 侯智勇, 洪伟, 等. 桉树无性系光合光响应研究[J]. 福建林学院学报, 2008(3): 198-202.

[18] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1982, 33: 317-345.

[19] 盛宝龙, 常有宏, 姜卫兵, 等. 不同类型梨品种光合特性的比较[J]. 果树学, 2007(6): 742-746.

[20] 庄猛, 姜卫兵, 马瑞娟, 等. Rutgers 桃(红叶)与白芒蟠桃(绿叶)光合生理特性的比较[J]. 南京农业大学学报, 2005(4): 26-29.

[21] 姜卫兵, 庄猛, 沈志军, 等. 不同季节红叶桃、紫叶李的光合特性研究[J]. 园艺学报, 2006(3): 577-582.

[22] 李小康, 朱延林, 宁豫婷, 等. 中红杨光合特性与色素理化性质研究[J]. 河南林业科技, 2008(1): 7-9.

[23] 刘传和, 戴宏芬, 吴洁芳, 等. 冬季红宝石与新世纪番石榴叶片光合特性比较[J]. 果树学报, 2007(4): 537-540.

[24] 惠俊爱. 不同光合类型植物光合作用的比较研究[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2007(4): 77-80.

[25] 谭新星, 许大全. 叶绿素缺乏的大麦突变体的光合作用和叶绿素荧光[J]. 植物生理学报, 1996(1): 51-57.

Comparison of Photosynthetic Physiological Characteristics of Two Varieties of Green Pears and Their Red Mutations Varieties

DONG Xiao-qin, ZHOU Peng, QIU Zong-hao, ZHAI Rui, XU Ling-fei

(Key Laboratory of Horticultural Plant Biology and Germplasm Innovation in Northwest China, College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking 'Zaosu' pear, 'Bartlett' pear, and red mutation 'Hongzaosu' pear, 'Red Bartlett' pear as materials, photosynthetic characteristics and the pigment content in the leaves of four varieties of pear were measured. The results showed that the diurnal variation of net photosynthetic rate presented single-apex curves, and the order was 'Zaosu' pear > 'Hongzaosu' pear > 'Red Bartlett' > 'Bartlett' according to the amount of average diurnal variation of net photosynthetic rate. The diurnal variation of these pears' transpiration rate (T_r) all presented single-apex curves. The diurnal variation of stomatal conductance (G_s) of 'Zaosu' and 'Hongzaosu' presented double-apex curves and the others presented single-apex curves. The diurnal variation of intercellular CO_2 concentration (C_i) of 'Zaosu' and 'Hongzaosu' presented double-valley curves and the others presented single-valley curves. The diurnal variation of these four varieties of pears' instantaneous water use efficiency (WUE) and light use efficiency (LUE) all presented single-valley curves. The content of chlorophyll and anthocyanin in the leaves of 'Hongzaosu' pear and 'Red Bartlett' of red mutation significantly exceeded that of 'Zaosu' pear and 'Bartlett' respectively.

Key words: pear; red mutation; photosynthesis; pigment; anthocyanin