

# 八种矮化中间砧对“礼泉富士”苹果 幼树叶片光合特性的影响

赵 林, 杨 峰, 樊继德, 李刚波, 陆信娟, 李 勇

(徐州农业科学研究所, 江苏 徐州 221121)

**摘 要:**以“礼泉富士”苹果嫁接在 8 种矮化中间砧为试材,研究了不同矮化中间砧对叶片叶绿素含量及光合特性的影响。结果表明:不同矮化中间砧对叶绿素含量及其比例间产生明显差异性影响,叶绿素 a 含量以‘M26’最高,为  $1.032 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ;类胡萝卜素则以‘MM111’含量最高,为  $0.597 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ;而叶绿素 a/b 则以‘SH9’最高,为 4.076,但三者均以对照最低,分别为  $0.651 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、 $0.345 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 、2.427;叶绿素 b 含量以‘GM256’最高,为  $0.286 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ,’SH9’最低,为  $0.240 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ,比对照低 10.448%,各处理间具有显著性差异;净光合速率(Pn)以‘Mark’最高,为  $20.552 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而胞间  $\text{CO}_2$  浓度(Ci)以‘SH9’最高,为  $489.581 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,蒸腾速率(Tr)各处理间无显著性差异,但 Tr 和气孔导度(Gs)均以对照最低,且具有显著性差异,各砧木对“礼泉富士”苹果幼树叶片光合特性的影响以‘M26’和‘Mark’最为显著。

**关键词:**苹果;矮化中间砧;光合特性

**中图分类号:**S 661.104<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)20-0030-04

苹果是当前世界上栽培的主要果树之一,也是目前国内果树生产中面积最大、产量最多的树种,苹果栽培中砧木繁多,不同砧木对品种的影响受内外因子综合作用且有非常复杂的生理过程<sup>[1-3]</sup>,目前利用矮化砧木成为矮密栽培苹果果树获得早产、丰产、优质苹果的重要途径<sup>[4]</sup>,且不同矮化砧对根系分布<sup>[5]</sup>、新梢特性<sup>[6-7]</sup>、矿物质元素和果实品质<sup>[8-9]</sup>及组织结构变化<sup>[10]</sup>等方面均有不同程度的影响;同时研究发现不同矮化砧上品种光合作用均高于乔华砧<sup>[10]</sup>,不同矮化中间砧上不同品种间光合特性也存在差异性<sup>[11]</sup>。然而对于不同矮化中间砧上同一品种间幼树叶片光合特性的差异性研究相对较少,该试验研究不同矮化中间砧对苹果幼树光合特性的影响,以为生产中砧木的合理选择提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

2015 年 7 月中旬在江苏徐淮地区徐州农业科学研究所

**第一作者简介:**赵林(1981-),男,山东临沂人,硕士,助理研究员,现主要从事果树栽培生理及配套技术等研究工作。E-mail:zhao\_20020347@163.com

**责任作者:**杨峰(1975),男,博士,副研究员,研究方向为果树栽培技术。E-mail:xz-yangfeng@163.com

**基金项目:**江苏省农业科技自主创新资金资助项目(CX(14)2018);江苏省农业科技自主创新资金资助项目(CX(15)1022)。

**收稿日期:**2016-07-21

基地中进行,试验地全氮 0.14%,碱解氮  $37.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效磷  $34.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效钾  $220.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有机质  $19.49 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH 7.49。

### 1.2 试验材料

供试材料为 3 年生矮化中间砧幼树,于 2015 年 3 月 10 日定植于园区,基础为“八棱海棠”,8 种矮化中间砧分别为‘Pajam2’‘Mark’‘GM256’‘M26’‘MM111’‘SH6’‘SH9’‘SH40’,对照为“八棱海棠”(BL),嫁接品种均为“礼泉富士”苹果。中间砧长度均为 25~30 cm,未埋于土中,株行距为  $1 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 。

### 1.3 试验方法

试验采用随机区组设计,单株小区,3 次重复。于 7 月 17 日 09:00—11:00 使用 LI-6400XT 光合仪,选取长梢中部功能叶片,每株选取 6 片叶,为保证试验可靠性及试验设计唯一差异性原则,测定过程采用闭路控制环境方式进行,参数设定温度  $26.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,光照  $1300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , $\text{CO}_2$  浓度  $600 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

### 1.4 项目测定

测定叶片净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间  $\text{CO}_2$  浓度(Ci)及气孔导度(Gs)。同时标记所测定的叶片,测定完成后及时采集并测定其叶绿素含量。

### 1.5 数据分析

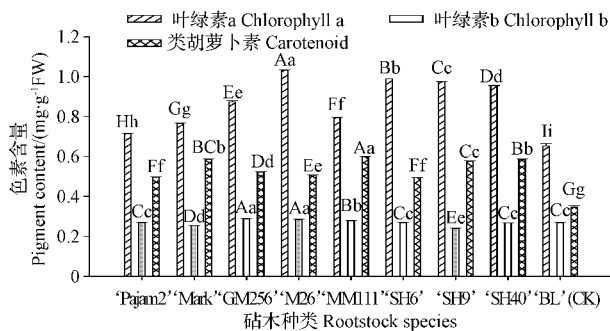
采用 SAS 9.3 软件进行数据处理,并进行单因素方差分析(ANOVA),Duncan(新复极差法)检验差异显著

性,显著性水平设定为  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ ;采用 Sigma Plot 12.5 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片色素含量的影响

由图 1 可知,不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片色素含量具有显著差异影响,部分色素含量与对照间差异显著。叶绿素 a 以‘M26’最高,为  $1.032 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,比对照高 58.533%,其次为‘SH6’,比对照高 52.075%,‘Pajam2’含量最低,为  $0.712 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,仍比对照高 9.378%,且各处理间差异极显著;叶绿素 b 以‘GM256’最高,为  $0.286 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,比对照高 6.721%,其次为‘M26’,比对照高 6.344%,二者间差异不显著,‘SH9’最低,为  $0.240 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,比对照低



注:小写字母表示在 0.05 水平差异显著性,大写字母表示在 0.01 水平差异显著性。下同。

Note: The lowercase letters represent the significant difference at  $P < 0.05$ , the capital letters represent the significant difference at  $P < 0.01$ . The same below.

图 1 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片色素含量的影响

Fig. 1 Effect of different interstocks on chlorophyll a, b and carotenoid of 'Li Quan Fuji' apple leaf

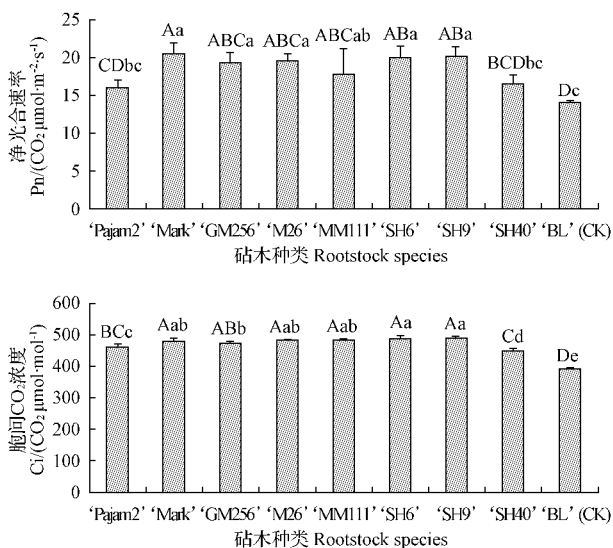


图 3 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片光合特性的影响

Fig. 3 Effect of different interstocks on photosynthetic characteristics of apple cultivar 'Li Quan Fuji'

10.448%,与其它各处理间差异极显著;类胡萝卜素则以‘MM111’含量最高,为  $0.597 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,比对照高 73.04%,‘Mark’与‘SH40’含量相近,且差异不显著,‘Pajam2’与‘SH6’含量均为  $0.495 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,其它各处理间存在极显著差异,且含量均极显著高于对照。

### 2.2 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶绿素 a/b 的影响

由图 2 可知,叶绿素 a/b 的大小间接反映叶片光合能力的强弱,不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片中叶绿素 a/b 影响不同,且差异极显著,各矮化中间砧均显著高于对照。‘SH9’最高,为 4.076,比对照高 67.944%,其次为‘SH6’,比对照高 51.998%,‘Pajam2’最低,仅为 2.643,仍比对照高 8.900%,所有中间砧中‘Mark’与‘GM256’差距最小,仅为 1.631%,且各处理间差异极显著。

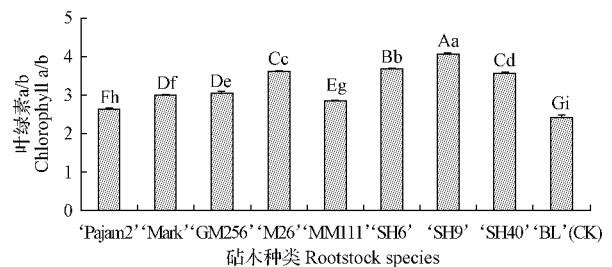
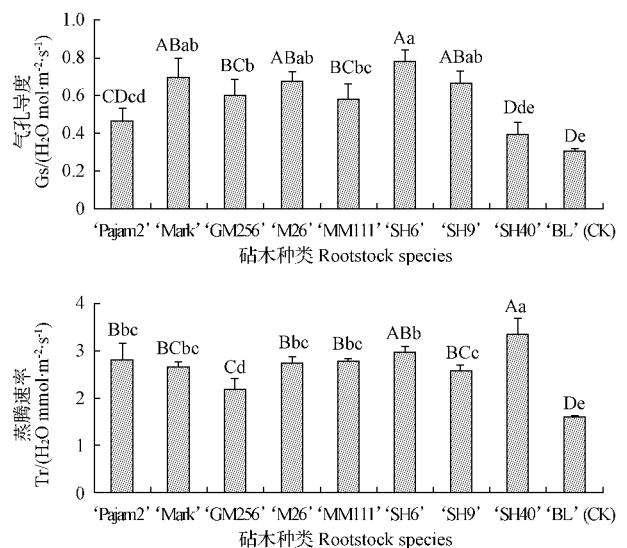


图 2 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶绿素 a/b 的影响

Fig. 2 Effect of different interstocks on chlorophyll a/b of 'Li Quan Fuji' apple leaf

### 2.3 不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片光合特性的影响

由图 3 可知,不同矮化中间砧对“礼泉富士”苹果叶片光合特性的影响各指标无明显规律性,且各砧木间差异性迥异,但均比对照高。Pn 以‘Mark’最高,为



20.552 CO<sub>2</sub> μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>,与‘Pajam2’‘SH40’和对照差异极显著,与其它各组间无显著性差异,‘Pajam2’最低,仅为16.005 CO<sub>2</sub> μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>,比对照高14.175%;Tr以‘SH40’最高,为3.357 H<sub>2</sub>O mmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>,对照最低,仅为1.603 H<sub>2</sub>O mmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>,二者存在极显著性差异,其它各处理间无显著差异;Ci以‘SH9’最高,其次为‘SH6’,分别为489.581、488.867 CO<sub>2</sub> μmol · mol<sup>-1</sup>,二者仅与‘Pajam2’‘SH40’及对照间具有极显著性差异,并以对照最低,为391.743 CO<sub>2</sub> μmol · mol<sup>-1</sup>;Gs以SH6最高,为0.781 H<sub>2</sub>O mol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>,对照最低,仅为0.306 mol H<sub>2</sub>O · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>。

### 3 讨论

果树叶片中叶绿素含量及其比例受多种因素的影响。不同发育阶段叶片中叶绿素含量不同<sup>[12]</sup>,并且受外界环境因素<sup>[13]</sup>、水肥供应状况<sup>[14-15]</sup>的影响,同时不同砧木对品种光合特性影响不同,不同树种及组间差异性较大<sup>[11,16-20]</sup>。有研究表明,苹果矮化中间砧木种类也同样影响着叶绿素含量及其比例,与李伟才等<sup>[19]</sup>、王涛等<sup>[20]</sup>分别在番荔枝和梨上的结论相似,且不同组间差异性显著,叶绿素a、类胡萝卜素分别以‘M26’和‘M111’最高,叶绿素a/b则以‘SH9’居首,三者均以对照最低,而叶绿素b却以‘SH9’最低,比对照低10.448%,而光合特性方面,各指标在不同矮化中间砧间表现有所差异,且个别处理间表现出显著差异,如Pn中‘Mark’与‘Pajam2’差异性显著;而Tr和Gs在各矮化中间砧间却无任何显著性差异,但各指标却均以对照最低。综合表明叶绿素含量高低及其比例并不能完全反映出其光合作用强弱,且不同矮化中间砧对叶绿素各组分仍有不同程度影响,对其如何影响还须进一步研究,同时大量研究表明不同矮化砧木对品种影响的差异性,主要表现在叶片光合特性受到叶绿素<sup>[12]</sup>、水分含量<sup>[21]</sup>、水势<sup>[22-23]</sup>、矿质元素<sup>[8,24]</sup>、营养物质含量<sup>[21,25]</sup>及组织结构<sup>[26-27]</sup>的影响较为显著。该试验结果结合生产中各矮化砧应用情况表明,‘M26’与‘Mark’在徐淮地区的适应性较好,具有一定的推广前景。

### 参考文献

- [1] 陈汝,王海宁,姜远茂,等.不同苹果砧木的根际土壤微生物数量及酶活性[J].中国农业科学,2012,45(10):2099-2106.
- [2] 赵玲玲,姜中武,宋来庆,等.不同砧木对红将军苹果果实品质和香气物质的影响[J].华北农学报,2014,29(增刊):234-238.
- [3] 史娟,李方方,马宏,等.不同中间砧对苹果果实苹果酸代谢关键酶活性及其相关基因表达的影响[J].园艺学报,2016,43(1):132-140.
- [4] GJAMOVSKI V, KIPRIJANOVSKI M. Influence of nine dwarfing apple rootstocks on vigour and productivity of apple cultivar ‘Granny Smith’[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129: 742-746.
- [5] 陈登文,袁军儒,高爱琴,等.矮化砧不同利用方式对苹果树根群分布及生育的影响[J].西北植物学报,2002,22(5):1165-1170.
- [6] 刘国胜,马玉芳,段玉春.几种砧木对苹果新梢及叶特性的影响[J].果树学报,2002,19(6):373-376.
- [7] AUTIO W R, BARRITT B H, CLINE J A, et al. Early performance of ‘Fuji’ and ‘McIntosh’ apple trees on several dwarf rootstocks in the 1999 NC-140 rootstock trial[J]. Acta Hort, 2007, 732: 119-125.
- [8] 张秀芝,郭江云,王永章,等.不同砧木对富士苹果矿质元素含量和品质指标的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(2):414-420.
- [9] 李洪娜. SH6矮化中间砧苹果幼树氮素吸收、分配及贮藏特性研究[D].泰安:山东农业大学,2014:35-38.
- [10] 贾梯.矮化砧苹果树叶片构造及光合作用的研究[J].北京农学院学报,1995,10(2):23-28.
- [11] 张建光,刘玉芳,施瑞德.不同砧木上苹果品种光合特性比较研究[J].河北农业大学学报,2004,27(5):31-34.
- [12] ROBERT A, KENNEDY Y, DIANE J. Changes in photosynthetic characteristics during leaf development in apple[J]. Photosynthesis Research, 1981(2):213-223.
- [13] 李湘钰,高疆生,吴翠云,等.不同光照强度对骏枣叶片光合作用的影响研究[J].新疆农业科学,2014,51(2):227-234.
- [14] IGOR P, FRANCI S, DOMINIK V, et al. Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of ‘Golden Delicious’ apple[J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 2007, 57(3):283-289.
- [15] 程杰山,蒋爱丽,奚晓军,等.施肥量对藤稔葡萄生理生化指标和光合作用的影响[J].中国南方果树,2014,43(4):117-118.
- [16] 李先明,秦仲麒,刘先琴,等.不同梨品种光合作用差异性的研究[J].江西农业学报,2012,24(3):7-10.
- [17] 孟丙南,张俊佩,裴东,等.不同砧木对核桃光合特性的影响[J].经济林研究,2013,31(2):32-37.
- [18] 廖玲,曾海琼,曹淑燕,等.不同砧木对‘黄果柑’叶片光合作用关键酶和果实品质的影响[J].植物生理学报,2015,51(4):523-527.
- [19] 李伟才,孙光明,弓德强,等.不同砧穗组合对AP番荔枝光合作用和光合色素的影响[J].安徽农业科学,2008,36(14):5747-5749.
- [20] 王涛,陈丹霞,蔡艳艳,等.不同砧穗组合对大棚嫁接梨光合特性和果实品质的影响[J].上海农业学报,2009,25(1):68-71.
- [21] 侯玉珏,张晓云,赵彩平,等.矮化型、短枝型和柱型苹果苗枝芽特性和叶片特征比较[J].西北农业学报,2012,21(7):134-137.
- [22] 王中英,白瑞琴,吕晓燕.矮化中间砧和乔砧苹果树水势变化研究[J].园艺学报,1997,24(2):191-193.
- [23] CATHERINE M, EVELYNE C, SERGE R, et al. Stomatal regulation of photosynthesis in apple leaves: Evidence for different water-use strategies between two cultivars[J]. Annals of Botany, 2007, 100: 1347-1356.
- [24] BILGE Y, TURGUT Y, MERAL İ, et al. Different interstock lengths effects on ‘Star Ruby’ grapefruit and ‘Kütüden’ lemon for some plant nutrient elements[J]. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 2014(2):1460-1463.
- [25] SAMAD A, MCNEIL D L, KHAN Z U. Effect of interstock bridge grafting (M9 dwarfing rootstock and same cultivar cutting) on vegetative growth, reproductive growth and carbohydrate composition of mature apple trees[J]. Scientia Horticulturae, 1999, 79: 23-38.
- [26] 史宝胜,徐继忠,马宝焜,等.几种苹果矮化砧木枝条与叶片的解剖结构研究[J].河北林果研究,2000,15(4):334-338.
- [27] 杨廷桢,高敬东,王骞,等.不同中间砧嫁接苹果品种叶片和枝条解剖结构与矮化性关系的研究[J].中国农学通报,2015,31(13):95-99.

DOI:10.11937/bfyy.201620009

# 接种深色有隔内生真菌对蓝莓果实品质的影响

刘 静<sup>1</sup>, 刘 凤 红<sup>2</sup>, 宿 红 艳<sup>3</sup>, 宋 方 圆<sup>3</sup>, 程 显 好<sup>3</sup>

(1. 鲁东大学 后勤处, 山东 烟台 264025; 2. 齐鲁理工学院 化学与生物工程学院, 山东 济南 250200;

3. 鲁东大学 农学院, 山东 烟台 264025)

**摘 要:**以“蓝丰”和“杜克”蓝莓植株为试材,以深色有隔内生真菌(DSE)M223 为接种剂,通过对比研究了在大田栽培中接种 M223 真菌对 2 个品种蓝莓果实品质的影响。结果表明:接种 M223 真菌显著提高果实的单果质量、纵径和横径,“蓝丰”和“杜克”蓝莓单果质量分别增加 13.00% 和 10.61%,表现出良好的增产效果,提前了果实的成熟期;果实中矿质元素、花色苷、可溶性固形物含量、总糖含量和糖酸比均有不同程度的提高。说明接种 M223 真菌能够提高“蓝丰”和“杜克”蓝莓植株根系的菌根侵染率,改善根系对水和矿质营养元素的吸收与利用,促进蓝莓植株的生长和果实中矿质营养元素的积累,改善了果实的品质。

**关键词:**DSE 真菌;蓝莓;侵染率;果实品质

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)20-0033-04

菌根是植物和微生物建立的互惠共同体,是生物界最重要、最广泛的一类共生现象,在对协调生态系统中各生物之间的物质交换、能量流动、信息传递等方面具

有深远的生态意义<sup>[1]</sup>。有研究表明,蓝莓能与欧石楠菌根真菌(ERM)和深色有隔内生真菌(DSE)形成共生关系<sup>[2-3]</sup>。刘凤红等<sup>[4]</sup>将分离得到的 DSE 真菌(*Zalerion varium*)接种“杜克”蓝莓扦插苗上,发现接种后扦插苗的根系菌根侵染率、地上部鲜质量、根系总长和根系表面积以及叶绿素荧光参数 Fv/Fo 和 Fv/Fm 均有显著提高。程显好等<sup>[5]</sup>将一种 DSE 真菌与蓝莓扦插苗、蓝莓幼

**第一作者简介:**刘静(1969-),女,本科,工程师,研究方向为生物工程。E-mail:642074640@qq.com.

**基金项目:**山东自然科学基金面上资助项目(ZR2014CM004)。

**收稿日期:**2016-07-18

## Influence of Eight Dwarfing Apple Interstocks on Photosynthetic Characteristics of Apple Cultivar ‘Li Quan Fuji’

ZHAO Lin, YANG Feng, FAN Jide, LI Gangbo, LU Xinjuan, LI Yong  
(Xuzhou Research Institute of Agricultural Sciences, Xuzhou, Jiangsu 221121)

**Abstract:** The influence of eight dwarfing apple interstocks on photosynthetic characteristics were studied via apple cultivar ‘Li Quan Fuji’ on eight dwarfing interstocks(‘Pajam2’ ‘Mark’ ‘GM256’ ‘M26’ ‘MM111’ ‘SH6’ ‘SH9’ ‘SH40’) grafted with *M. micromalus* Mak. . The results showed that the content of chlorophyll with different treatments and the rate of chlorophyll a/b were significant difference. The chlorophyll a content of ‘M26’ was the highest, 1.032 mg · g<sup>-1</sup> FW, and the highest of carotenoid content was ‘MM111’, 0.597 mg · g<sup>-1</sup> FW, but the rate of chlorophyll a/b was the highest in the treatment of ‘SH9’, 4.076, different treatments had significant difference with CK(0.651 mg · g<sup>-1</sup> FW, 0.345 mg · g<sup>-1</sup> FW, 2.427). The content of chlorophyll b of ‘GM256’ was the highest(0.286 mg · g<sup>-1</sup> FW), the lowest was ‘SH9’(0.240 mg · g<sup>-1</sup> FW), and there had significant difference between different treatments. The Pn of ‘Mark’ was highest between different treatments(20.552 CO<sub>2</sub> μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), the highest Ci was ‘SH9’(489.581 CO<sub>2</sub> μmol · mol<sup>-1</sup>), but the Tr had no significant difference between different treatments, and the lowest of Pn, Ci, Tr and Gs were CK, it had significant difference with other treatments. The ‘M26’ and ‘Mark’ had the most significant affection on apple cultivar ‘Li Quan Fuji’.

**Keywords:** apple; interstock; photosynthetic characteristics