

短枝条红型“红富士”苹果芽变光合特性的日变化研究

张俊苗, 李文胜, 史进

(新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以“长富2号”、“新红1号”与“红富士”芽变优系为试材,利用LI-6400便携式光合测定系统测定了3个供试材料光合各指标的日变化。结果表明:3份苹果材料的净光合速率日变化均为典型的“双峰型”曲线,表现出明显的“午休”现象,“新红1号”与“红富士”芽变优系的净光合速率日平均值分别比“长富2号”高26.37%和27.34%,且“新红1号”与“红富士”芽变优系各时段的净光合速率大于“长富2号”;蒸腾速率日变化均呈“单峰型”曲线,“长富2号”和“新红1号”的峰值出现在14:00,“红富士”芽变优系的峰值出现在16:00;水分利用效率(WUE)日变化曲线均呈“单谷型”,短枝型品种总体较长枝型品种高,说明短枝型品种抗旱能力强于长枝型品种。与长枝型苹果相比,短枝型苹果具有光合生产能力高的潜力,更有利于光合产物的积累,为选育优良的条红短枝型苹果新品种提供理论依据。

关键词:“红富士”苹果;芽变;光合特性;日变化

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)06-0024-04

果树的光合能力是其产量和品质形成的根本,果树树体90%的干物质都是通过光合作用获取的^[1]。我国是世界上最大的苹果生产国,叶片光合能力的强弱往往是苹果产量高低及品质优劣的决定性因素^[2]。苹果叶片的光合能力与栽培品种、叶片生长状况、天气、栽培条件等多方面因素密切相关^[3-5]。郑文君等^[6]研究结果显示,“礼泉短富”的光合速率日平均值比“长富2号”和“皇家嘎啦”分别高50.11%和72.69%;李泽等^[7]研究结果显示,4个油桐品种间的净光合速率(Pn)日变化、气孔导度(Gs)日变化、蒸腾速率(Tr)日变化有所不同,葡萄桐、小米桐和对年桐的Pn、Gs、Tr日变化均呈现单峰曲线,而大米桐的Pn、Gs、Tr的日变化呈双峰型曲线。在苹果光合作用方面对个别品种光合特性研究的较多,而对不同类型苹果品种的多个光合作用生理指标日变化规律进行研究的较少。该试验以新疆阿克苏发现的短枝条红型“红富士”芽变和长枝片红型“长富2号”、短枝片红型“新红1号”为试材,研究其光合特性的日变化规律和差异,以期对苹果种质资源的评价和当地林果业的发展、合理制定栽培管理措施提供理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

新疆阿克苏地区具有典型的暖温带大陆性干旱气候,降水量稀少、蒸发量大、气候干燥,年日照时数2 505~3 136 h,全年日照百分率在60%~70%,太阳总辐射量为130~140 kW/cm²,无霜期每年190~251 d,年平均降水80.4 mm,年平均气温10.8℃,昼夜温差大,光能资源丰富,年平均≥10℃的稳定积温达3 953℃。

1.2 试验材料

供试材料为阿克苏红旗坡农场果园中发现的苹果“红富士”芽变优系(短枝条红型)(以下简称“芽变优系”)和当地主栽品种“长富2号”(长枝条红型),以“新红1号”(短枝片红型)为对照品种,试验材料均为12年生,株行距为3 m×5 m,每个供试品种选择3株生长状况良好且长势基本相同的苹果树,试验区管理、环境条件基本一致,果园管理水平良好。

1.3 试验方法

于2015年8月中下旬,选择晴朗无风、无浮云的天气,采用便携式光合作用测定系统、开放式气路测定光合作用,连续测3 d。测定时每株树选取外围新梢第5~8片(自枝梢向基部)向阳面和生长状况一致、无病虫害健康成熟叶5片,每个叶片记录3组数据,且要保证叶片完全处于自然光照的条件下;从10:00—20:00每隔2 h测定1次,共测定6次。

第一作者简介:张俊苗(1989-),女,硕士研究生,研究方向为果树种质与资源。E-mail:839141787@qq.com.

责任作者:李文胜(1968-),男,硕士,副教授,硕士生导师,研究方向为果树种质与资源。E-mail:252500755@qq.com.

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304701-1);新疆自治区特色林果发展专项林木遗传育种资助项目(2014年)。

收稿日期:2015-12-16

1.4 项目测定

光合指标测定参照文献[8],包括光合有效辐射(PAR)、气温(T)、相对湿度(RH)、净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)等参数,水分利用率(WUE)=净光合速率(Pn)/蒸腾速率(Tr)。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 对数据进行描述性统计作图,用 SPSS 17.0 统计分析软件对数据进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 PAR、T、RH 等环境因子日变化

外界环境的变化直接影响到植物的光合作用。根据表 1 可以看出,全天中 PAR 的变化为“单峰型”曲线,在 10:00—14:00 迅速上升,在 14:00 时达到最大值为 $1\,339.84\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,在此之后逐渐下降,到 18:00 以后迅速下降。温度(T)主要受光强的影响,二者变化趋势一致,空气温度在 10:00—14:00 随着光强的增加从 24.54°C 迅速增加到 38.58°C ,且在 14:00 时气温达到最大值,然后逐渐下降,在 18:00 以后气温逐渐下降。RH 与 PAR 的日变化正好相反,早晚高、中午较低,10:00 时达到最高值为 53.55%,此后一直下降,至 16:00 时降到最低点为 26.34%,然后又逐渐回升。

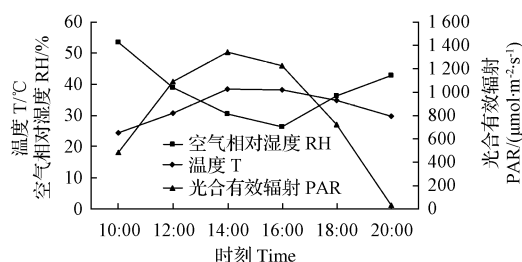


图 1 环境因子的日变化

Fig. 1 Diurnal changes of the environmental factors

2.2 各项光合指标的日变化分析

2.2.1 净光合速率(Pn)的日变化 Pn 是植物光合作用能力的体现,Pn 的大小决定着植物光合能力的强弱^[9]。由图 2 可以看出,“长富 2 号”、“新红 1 号”和“红富士”芽变优系 3 个供试材料 Pn 日变化均呈“双峰型”曲线,都表现出明显的光合“午休”现象,只是峰值和“午休”发生的时间不一致。“新红 1 号”和“长富 2 号”的最高峰和次高峰分别出现在 12:00 和 18:00,而“芽变优系”的最高峰和次高峰分别出现在 12:00 和 16:00。早上 10:00 随着 PAR 和 T 的逐渐增加,Pn 均明显增加,于 12:00 达到全天最大值,出现最高峰;之后随着 PAR 的增加和 T 的升高开始下降,“芽变优系”的光合速率到 14:00 时出现低值,光合“午休”低谷较早,而“长富 2 号”和“新红 1 号”光合速率一直下降,至 16:00 表现出一定的“午休”现象;此后由于温度下降,气孔开放,光合速

率又上升,达到次高峰,“新红 1 号”与“长富 2 号”次高峰出现在 18:00,“芽变优系”出现次高峰的时间较早为 16:00;至 18:00 后各材料 Pn 迅速下降,至 20:00 时 Pn 趋于 0。3 个供试材料的 Pn 日变化平均值大小排序为:“芽变优系”($8.61\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)>“新红 1 号”($7.67\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)>“长富 2 号”($6.34\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),“芽变优系”和“新红 1 号”的 Pn 日平均值分别比“长富 2 号”高 26.37% 和 27.34%,在 Pn 日变化曲线中,短枝型苹果“新红 1 号”和“芽变优系”的光合速率在各个时间段中显著地高于长枝型苹果“长富 2 号”。

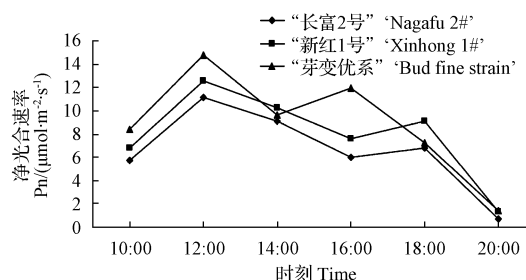


图 2 3 份苹果材料 Pn 的日变化

Fig. 2 Diurnal changes of net photosynthetic rate of 3 apple materials

2.2.2 气孔导度(Gs)的日变化 气孔导度表示气孔张开的程度,其变化规律与温度、蒸腾速率和相对湿度等环境因素有关。由图 3 可以看出,“新红 1 号”和“长富 2 号”的 Gs 日变化曲线均呈现“单峰型”,变化趋势存在一定的差异。10:00—12:00 期间 Gs 逐渐上升,12:00 时达到当日的最大值,分别为 $0.17\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $0.16\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,到中午时又因为 PAR 和 T 相对较高,导致气孔关闭,Gs 逐渐降低,至 16:00 以后“新红 1 号”比“长富 2 号”下降趋势较缓慢;而“芽变优系”Gs 日变化曲线呈现“双峰型”,12:00 达到第一次高峰为 $0.19\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,之后逐渐下降,14:00 时出现最低值以后又出现逐渐上升的变化,至 16:00 达到次高峰为 $0.17\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,在 16:00—20:00 时段内 Gs 迅速下降,其 Gs 的日变化趋势与 Pn 基本一致。

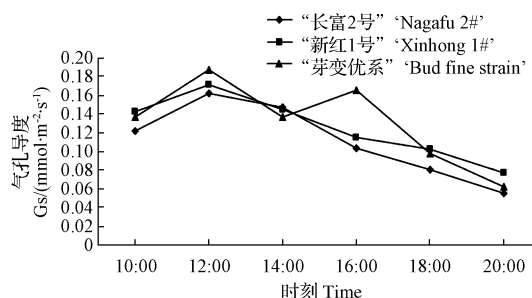


图 3 3 份苹果材料 Gs 的日变化

Fig. 3 Diurnal changes of stomatal conductance rate of 3 apple materials

2.2.3 蒸腾速率(T_r)的日变化 研究表明,蒸腾速率的大小可以反映植物调节水分能力及适应逆境能力的强弱^[10]。由图4可知,3个供试材料的 T_r 的日变化曲线均呈“单峰型”,只是峰值出现时间不同。“长富2号”和“新红1号” T_r 日变化规律基本一致,10:00随着 T 和PAR的增加, T_r 逐渐上升至14:00时出现最高峰,峰值分别为 6.83 、 $7.92 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,之后 T_r 逐渐下降;在整个日变化过程中,“新红1号”的 T_r 日变化在各个阶段都高于“长富2号”。而“芽变优系” T_r 出现最高值的时间相对其它2个品种来说较晚,随着温度和光照强度的增加“芽变优系”的 T_r 逐渐上升至16:00时,出现最大值为 $8.89 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随后下降速度较快,3个供试材料至20:00时 T_r 的值趋近于零。从日平均 T_r 来看,“芽变优系”($5.02 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“新红1号”($4.84 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“长富2号”($3.52 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

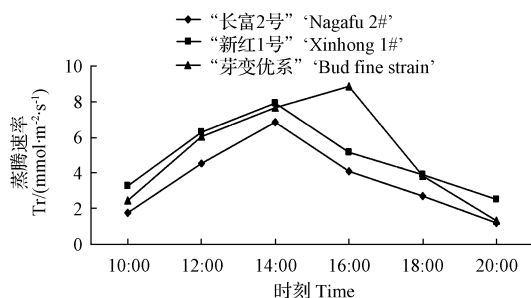


图4 3份苹果材料 T_r 的日变化

Fig. 4 Diurnal changes of transpiration rate of 3 apple materials

2.2.4 水分利用率(WUE)的日变化 WUE值的大小反应植物对逆境适应能力的强弱^[11]。由图5可以看出,3个供试材料的WUE日变化均呈“单谷型”曲线,与 T_r 的日变化趋势正好相反,各材料的WUE均于10:00时出现当天的最大值,之后一直到14:00,WUE明显下降;且于14:00时均出现谷值,随后WUE又逐渐上升,但上升幅度不大,18:00以后又迅速下降。在全天中,3个供试材料WUE的日平均值大小的顺序

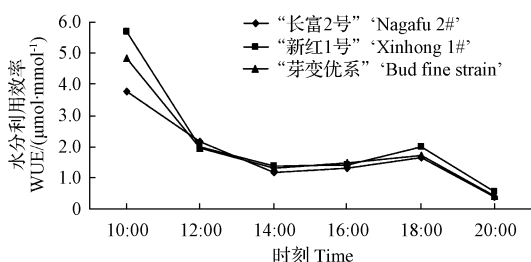


图5 3份苹果材料WUE的日变化

Fig. 5 Diurnal changes of water use efficiency rate of 3 apple materials

为:“新红1号”($2.16 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)>“芽变优系”($1.95 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)>“长富2号”($1.74 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)。

2.3 3个供试材料的 P_n 与其 G_s 、 T_r 、PAR、WUE的相关性分析

由表1可知,3个供试材料 P_n 的日变化与 G_s 、PAR的日变化呈显著正相关,与其 T_r 和WUE的日变化呈正相关但不显著。其中“芽变优系”的 G_s 对 P_n 的影响最大,相关性结果表明,不同品种中 G_s 、 T_r 、PAR、WUE对 P_n 值影响大小顺序依次为: $G_s > \text{PAR} > T_r > \text{WUE}$ 。

表1 3份苹果材料 P_n 与 G_s 、 T_r 、PAR、WUE的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of P_n and G_s , T_r , PAR, WUE in 3 apple materials

品种 Cultivars	$r(P_n-G_s)$	$r(P_n-T_r)$	$r(P_n-PAR)$	$r(P_n-WUE)$
“长富2号” ‘Nagafu 2#’	0.896 *	0.748	0.813 *	0.346
“新红1号” ‘Xinhong 1#’	0.823 *	0.769	0.816 *	0.120
“芽变优系” ‘Bud fine strain’	0.978 **	0.745	0.832 *	0.248

注: **表示在0.01水平上具有显著相关, *表示在0.05水平上具有显著相关。

Note: ** means significant correlation at 0.01 level, * means significant correlation at 0.05 level.

3 结论与讨论

光合作用是苹果生理生态的一个重要特性,是比较苹果种间、品种间及不同发育阶段的光合产量和经济产量等的重要指标^[12]。在晴天,试验所选3个供试苹果材料的净光合速率日变化均呈“双峰型”曲线,3份材料第一次高峰均于12:00出现,“芽变优系”出现次高峰的时间较其它2个品种稍迟,且3份材料 P_n 均存在不同程度的“午休”现象,这与张全军等^[13]的研究结果一致。综观这3个供试苹果材料的净光合速率的日变化曲线, P_n 日变化平均值大小顺序:“芽变优系”($8.61 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“新红1号”($7.67 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“长富2号”($6.34 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),“芽变优系”总体 P_n 值较高,因此表现出较高的光合效能,“新红1号”次之,“长富2号”表现最低,且午前在同一时间点上“芽变优系”和“新红1号”变化较“长富2号”剧烈,因此能充分利用上午的有利环境条件进行高效的光合生产。净光合速率日平均值短枝品种“芽变优系”和“新红1号”分别比长枝品种“长富2号”高26.37%和27.34%,证明短枝品种的光合能力优于长枝,更有利于同化产物的积累。

该研究中3份苹果材料的水分利用率日变化趋势均呈“单谷型”,“长富2号”和“新红1号”、“芽变优系”均在14:00时出现最低值,总体表现WUE日变化与 T_r 日变化之间的规律正好相反。在全天中,3份苹果材料WUE的日平均值大小的顺序为:“新红1号”($2.16 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)>“芽变优系”($1.95 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)>“长富2号”($1.74 \mu\text{mol}/\text{mmol}$),短枝型品种的WUE值

高于长枝型品种,出现这种情况可能与品种的特性有关,且“新红1号”和“芽变优系”的WUE上午总体水平较高,说明其具有较强的抗旱性;“长富2号”较低,说明其抗旱能力较弱,下午3份苹果材料WUE总体处于低水平。

关于净光合速率与蒸腾速率、气孔导度等相互之间的关系,不同的研究持有不同的观点,这可能与树种、立地条件和外部环境因素等紧密相关^[14]。李泽等^[7]的研究4个油桐品种的Pn日变化的曲线与Tr、PAR、Gs等日变化趋势有显著正相关关系,变化规律基本一致;马媛等^[15]的研究结果表明,Gs和Tr日变化趋势与Pn的日变化趋势相似。而该研究中3份供试材料由相关性分析可得,Pn日变化趋势与Gs和PAR日变化趋势呈显著正相关关系,而Tr日变化与Pn没有规律。

参考文献

- [1] 赵同生,张新生,杨凤秋,等. 苹果光合作用研究进展[J]. 河北农业科学,2010(7):7-10.
- [2] 杜社妮,宋耀兴,张沛琪. 苹果新梢叶片光合作用的测定[J]. 北方园艺,2012(16):12-16.
- [3] GROZOV D N,SHISHKANU G V. Photosynthesis by apple trees on a dwarfing rootstock[J]. Sadovostvo, Vinodelie Moldavii,1972(12):10-13.
- [4] WEBSTER A D. A review of fruit tree rootstock research and development[J]. Acta Hort,1997,451:53-73.
- [5] BRASE K D,WAY R D. Rootstocks and methods used for dwarfing fruit trees[J]. N Y State Agr Exp Sta,1959(4):783.
- [6] 郑文君,范崇辉,韩明玉. 红富士苹果秋季叶片光合特性研究初报[J]. 西北林学院学报,2006,21(5):40-42.
- [7] 李泽,谭晓风,袁军,等. 4个油桐品种光合特性的日变化研究[J]. 中国农学通报,2013(25):12-15.
- [8] 张付春,潘明启,卢春生. 吐鲁番四个葡萄品种光合日变化及其光响应特征[J]. 新疆农业科学,2011(6):1001-1005.
- [9] 孙磊,章铁,李宏开,等. 柿树光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 北方果树,2006(2):4-6.
- [10] 张舟,吕芳德,王森. 不同枣品种光合特性的比较研究[J]. 中南林业科技大学学报,2014(8):78-81.
- [11] 孙霞,柴仲平,蒋平安. ‘红富士’苹果光合特性日变化特征研究[J]. 北方果树,2010(5):4-6.
- [12] 张良英,刘林,牛敬雨. 四个苹果品种在高海拔地区光合特性研究[J]. 北方园艺,2012(19):20-22.
- [13] 张全军,阎振立,张顺妮,等. 普通华冠和短枝华冠苹果叶片光合特性比较[J]. 河南农业科学,2006(11):86-89.
- [14] 陈建华,曹阳,闫文德,等. 板栗的光合性状[J]. 中南林学院学报,2006,2(3):72-75.
- [15] 马媛,刘娟,廖康,等. 不同杏品种光合日变化特性研究[J]. 新疆农业科学,2011(7):1189-1195.

Study on Diurnal Variations of Photosynthetic Characteristics of a New Spur and Stripe ‘Red Fuji’ Apple

ZHANG Junmiao, LI Wensheng, SHI Jin

(College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

Abstract: In this experiment, ‘Red Fuji’ bud mutation, ‘Nagafu No. 2’ and ‘Xinhong No. 1’ were used as test materials. By using Li-6400 portable photosynthesis to determine the diurnal variations of three test apple materials. The results showed that the diurnal variation of net photosynthetic rates of the three apple materials were typical ‘double-apex curve’, and the phenomenon of ‘the midday rest’ were obvious. Compared with ‘Nagafu No. 2’, ‘Xinhong No. 1’ and ‘bud sports’ of the net photosynthetic rate of daily average value were high 26.37% and 27.34% respectively. Their net photosynthetic rate in each period was greater than ‘Nagafu No. 2’. Daily variation of transpiration rate were ‘single-valley curve’, ‘Nagafu No. 2’ and ‘Xinhong No. 1’ peak appeared at 14:00 and ‘bud mutation’ peak appeared at 16:00. Those of the water use efficiency (WUE) presented ‘single-valley curve’, ‘Xinhong No. 1’ and ‘bud sports’ of WUE of overall level was longer than ‘Nagafu No. 2’, showing that the spur type varieties drought-resistant ability stronger than the long branch type varieties. Compared with the long branch type varieties, spur type varieties had the potential to produce high photosynthetic capacity, and was more conducive to the accumulation of photosynthetic products, which provided theoretical basis for breeding of spur and red stripe type apple.

Keywords: ‘Red Fuji’; bud mutation; photosynthetic characteristics; diurnal variations