

库尔勒香梨和新梨七号光合特性的研究

林敏娟¹, 王振磊²

(1. 塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学 教务处, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 本试验以新梨七号和库尔勒香梨为试材, 研究了2个梨品种的光合特性, 分析比较了两品种光合作用的共性和特性, 结果表明: 新梨七号和库尔勒香梨晴天 P_n 日变化为典型的中午降低型双峰曲线, 表现出明显的“午休”现象, 阴天条件下新梨七号和库尔勒香梨为单峰曲线。新梨七号“午休”现象较库尔勒香梨明显, 且在阴天弱光条件下光合能力强于库尔勒香梨。新梨七号光饱和点和光补偿点分别约为 1 392 和 42 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 表观量子效率为 0.048 2 mol/mol。新梨七号和库尔勒香梨在可利用光强范围、光合效率、光合能力上存在显著差异。新梨七号叶片在中午高光强下或经强光处理后发生光抑制现象, 表观量子效率(AQY)和净光合速率(P_n)显著降低。强光胁迫对新梨七号的影响明显大于库尔勒香梨。

关键词: 库尔勒香梨; 新梨七号; 净光合速率; 日变化; 光抑制

中图分类号: S661.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)增刊-0044-04

Studies on Photosynthesis Characteristic in Two Pears Varieties

LIN Min-juan¹, WANG Zhen-lei²

(1. Institute of Plant Science and Technology, Tarim University, Alaer 843300, China;

2. School Administration Office, Tarim University, Alaer 843300, China)

Abstract: Some photosynthetic characteristics of two pear varieties (Pyrus bretschneideri Rehd and Xinli No. 7) were studied, Analysis their photosynthesis general character and the characteristic, The results showed: Diurnal change of sunny day in net photosynthetic rate (P_n) in Pyrus bretschneideri Rehd and Xinli No. 7 were typical "none-drop" bimodal curve, and the phenomenon of the midday rest were obvious. P_n daily variation of cloudless day were the split-blip curve. "The midday rest" phenomenon in Xinli No. 7 was more obvious than Pyrus bretschneideri Rehd, also the photosynthesis ability under the cloudy day weak light condition was stronger than Pyrus bretschneideri Rehd. The light compensation points and light saturation points approximately was 1 392 and 42 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, the apparent quantum yield was 0.048 2 mol/mol. When photoinhibition occurred in Xinli No. 7, AQY and P_n decreased obviously.

Key words: Pyrus bretschneideri Rehd; Xinli No. 7; Net photosynthetic rate; Annual changes; Photoinhibition

1 材料和方法

1.1 试验材料和试验地点

本试验以新梨七号(Xinli No. 7)和库尔勒香梨(Pyrus bretschneideri Rehd)为试材。于2006年在新疆阿拉尔市塔里木大学试验园进行, 果园南北行向, 密度为 4 m × 5 m, 管理水平一般。各项光合作用的测定均选取新梢上部 5~7 节位上(自上而下)成熟叶片进行。每品种选 3 株(3 次重复), 每株选树体南侧生长一致的 3 个新梢, 每新梢选 2 片成龄叶进行光合指标的测定。

1.2 试验内容与方法

1.2.1 光合速率的测定 叶片净光合速率测定在田间连体条件下, 用英国 PP Systems 公司生产的 CIRAS-2 型便携式光合仪开路系统测定叶片光合有效辐射(PAR)、净光合速率(P_n)、蒸腾速率(E)、空气温度(T_a)、空气相对湿度(HR)、环境 CO_2 浓度(C_a)等参数。

在 7~10 月分别选取 3 个晴天进行光合日变化的测定, 测定从 9:00~21:00 每隔 2 h 测定 1 次, 3 次重复。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方法。

收稿日期: 2007-05-17

作者简介: 林敏娟(1979-), 女, 河北邢台人, 硕士, 讲师, 主要从事果树栽培教学工作。

1.2.2 光响应曲线的测定 在2006年9~10月期间选择一个晴天,上午11:00至13:00用光合仪通过控光、温、 CO_2 、控湿度进行光响应曲线的测定。

CO_2 浓度控制在 $350\ \mu\text{L/L}$,温度控制为 $25\ ^\circ\text{C}$,设定光照强度(PAR)在 $0\sim 2\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 范围内(由高到低),每 $200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 为一个梯度进行连续测定。光合速率(P_n)为零时的光强(PAR)为光补偿点(LCP), P_n 最大时的光强为光饱和点(LSP)。

1.2.3 表观量子产额(AQY)的测定 按光合的光响应曲线的初始斜率求得^[1],在 $0\sim 200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 的光强间,梯度均匀的选9个光强水平,以便较准确地求出初始斜率。

1.2.4 统计方法 数据输入微机,用Excel2000进行图表处理,用大型统计软件包SPSS进行显著性测验和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 净光合速率晴天日变化

结果表明,8~9月晴天条件下,新梨七号光合速率(P_n)日变化表现为典型的双峰曲线(图1)。8:00~12:00迅速上升,在12:00~14:00出现最大值($19.3\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$),后逐渐下降,16:00~18:00略有回升,至18:00出现次高峰,峰值为($13.2\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$);18:00又逐渐下降。 P_n 在12:00~16:00时的下降,表明新梨七号光合作用存在“午休”现象,午休低谷值为 $11.9\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, P_n 日均值为 $14.31\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;库尔勒香梨 P_n 日变化趋势与新梨七号相似,最高峰值($22.9\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)出现在12:00,较新梨七号稍有提前,次高峰($18.9\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)出现在18:00左右, P_n 日均值为 $16.59\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

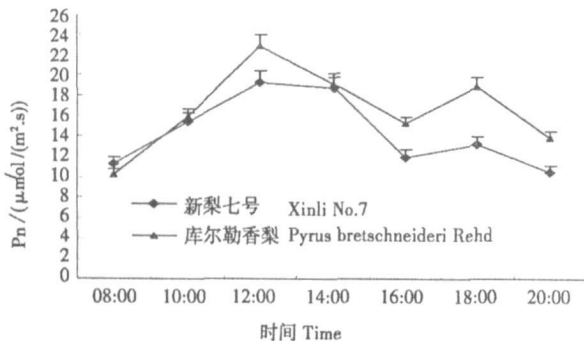


图1 晴天条件下新梨七号和库尔勒香梨叶片净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal variation of P_n in leaves of Xinli No. 7 and *Pyrus bretschneideri* Rehd in sunny day

晴天条件下,新梨七号和库尔勒香梨日变化有明显的差异。新梨七号的 P_n 值一天之中除

8:00外,其余各点测得的值以及日均值均低于库尔勒香梨;两者午休 P_n 降幅分别为38.3.%和33.6%,新梨七号“午休”现象比库尔勒香梨更明显,表明新梨七号对午间强光、高温环境的适应能力弱于库尔勒香梨。

2.2 光合速率阴天日变化

阴天条件下,新梨七号和库尔勒香梨 P_n 日变化均为不对称单峰曲线(图2)。8:00~14:00 P_n 呈逐渐上升趋势,于14:00达到全天最大值;14:00~18:00一直呈下降趋势。新梨七号和库尔勒香梨峰值分别为 9.64 和 $8.01\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。新梨七号日均值($8.21\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)显著高于库尔勒香梨的日均值($6.01\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$),且全天新梨七号 P_n 值均高于库尔勒香梨,表明新梨七号对阴天弱光条件的适应能力强于库尔勒香梨。

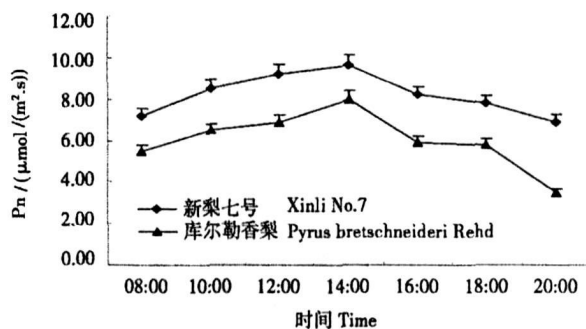


图2 阴天条件下新梨七号和库尔勒香梨叶片净光合速率日变化

Fig. 2 Diurnal variation of P_n in leaves of Xinli No. 7 and *Pyrus bretschneideri* Rehd in overcast day

2.3 光照强度对光合作用的响应

2.3.1 光强—净光合速率响应曲线 由图3,4光强响应曲线可以看出,新梨七号和库尔勒香梨叶片的光合速率随着光强的增加而增加,光强在 $200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以下,光合速率成线性上升,200~ $1\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间仍上升较快,后缓慢上升。当光强达到一定值时(光饱和点),净光合速率(P_n)不再增加而呈饱和状态;光强过高时新梨七号和库尔勒香梨净光合速率都有不同程度的降低,这种变化趋势呈二次曲线关系。这表明强光对这两个梨品种的光合作用均有一定的抑制作用。由二次拟合方程计算得到新梨七号和库尔勒香梨的光饱和点分别为 $1\ 392$ 和 $1\ 619\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,差异较大。由直线回归得到光补偿点(表1),光补偿点分别约为:42和 $56\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

以上结果可以看出,新梨七号和库尔勒香梨对光强的利用范围不同,其中库尔勒香梨的利用范围较宽($56\sim 1\ 619\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$),新梨七号较窄($42\sim 1\ 392\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)。新梨七号有较低的光补偿点,

说明其对弱光的适应能力较强。而库尔勒香梨的光饱和点高,说明其对强光的适应能力较强。表观量子效率是叶片光能利用效率的一个重要指标,反映叶片对弱光的利用能力,也可以反映叶片光合潜能。测定结果(表 1)表明,AQY 分别为 0.048 2 和 0.046 1,新梨七号的表观量子效率高于库尔勒香梨,说明新梨七号的光能利用效率较高,对弱光的利用能力较强,而库尔勒香梨叶片的光能利用效率低,对弱光利用能力弱。光饱和时的 Pn 值为叶片的最大光合速率,可以反映叶片的光和潜能。库尔勒香梨的光合潜能稍高于新梨七号(表 1)。

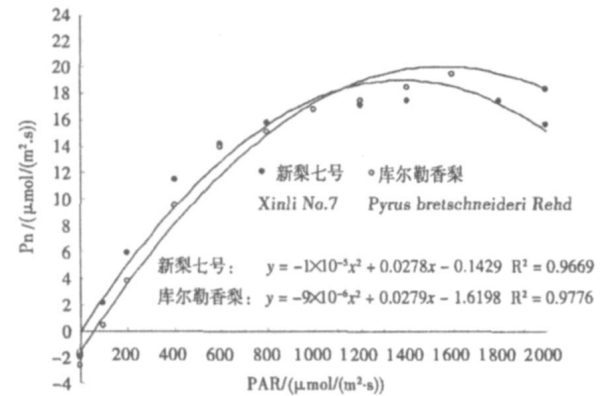


图 3 新梨七号和库尔勒香梨叶片光合速率对 PAR 的响应曲线

Fig. 3 The Pn response curve in leaves of Xinli No. 7 and Pyrus bretschneideri Rehd to PAR

表 1 新梨七号和库尔勒香梨光合生理生态参数的差异

| 品种 Variety | 光补偿点 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) Light compensation point | 光饱和点 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) Light saturation point | 最大光合速率 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) Photosynthetic capability | 表观量子效率 Apparent quantum yield |
|---------------------------------------|---|---|--|----------------------------------|
| 新梨七号 Xinli NO. 7 | 42 | 1392 | 18.7 | 0.048 2 |
| 库尔勒香梨 Pyrus bretschneideri Rehd | 56 | 1619 | 20.5 | 0.046 1 |
| 相对变化量 ± % Relative change quantity | 14.3 | 7.3 | 3.7 | 27.2 |
| 显著性 Significance | P < 0.05 | P < 0.01 | P < 0.01 | P < 0.01 |

表 2 中午强光(1 700~1 800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) 照射后新梨七号和库尔勒香梨叶片 Pn, Gs 和 Ci 的变化

Tab. 2 Changes of AQY, Pn, Gs and Ci in leaves of Xinli No. 7 and Pyrus bretschneideri Rehd after exposure to various light intensity

| 品种 Variety | 时间 Time | 测定光强/ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ Photon flux density of Pn measurement | | | | | |
|---------------------------|------------|---|------------|------------|-------------|------------|------------|
| | | 2 000 | | | 400 | | |
| | | Pn | Gs | Ci | Pn | Gs | Ci |
| 库尔勒香梨 | 11:00 | 16.8 ± 0.66 | 346 ± 5.02 | 211 ± 11.2 | 13.9 ± 0.42 | 339 ± 11.2 | 225 ± 12.2 |
| Pyrus bretschneideri Rehd | 15:00 | 13.9 ± 0.46 | 332 ± 7.22 | 235 ± 5.9 | 11.5 ± 0.32 | 350 ± 7.8 | 235 ± 7.6 |
| 新梨七号 | 11:00 | 15.4 ± 0.78 | 297 ± 8.92 | 205 ± 9.6 | 11.0 ± 0.75 | 323 ± 12.0 | 254 ± 11.2 |
| Xinli NO. 7 | 15:00 | 12.1 ± 0.73 | 321 ± 9.40 | 229 ± 11.0 | 9.4 ± 0.87 | 342 ± 9.8 | 272 ± 12.2 |

注:平均数 ± 标准误差 Note: Average ± standard error

2.3.3 中午强光照射对新梨七号和库尔勒香梨叶片表观量子效率 AQY 的影响 田间条件下,分别在 11:00 和 15:00 测定新梨七号和库尔勒香梨的表观量子效率(AQY),结果表明,经中午强光照射(14:00

2.3.2 强光照射后新梨七号和库尔勒香梨光合速率、气孔导度等光合参数的差异 结果表明(表 2),新梨七号和库尔勒香梨叶片经人工强光照射后,虽然光量子效率 AQY 和 Pn 发生明显降低,但无论在饱和光强附近还是弱光下,测得的细胞间隙 CO_2 浓度(Ci)、气孔导度(Gs)的差异很小,说明强光使梨树叶片的 AQY 和 Pn 降低并非由于气孔关闭而引起 CO_2 供应不足所致。

中午强光造成梨叶片光合速率降低,测试的品种中,新梨七号下降较明显,其 Pn 分别降低为原来的 78.5%,库尔勒香梨 Pn 值降低为原来的 82.7%。

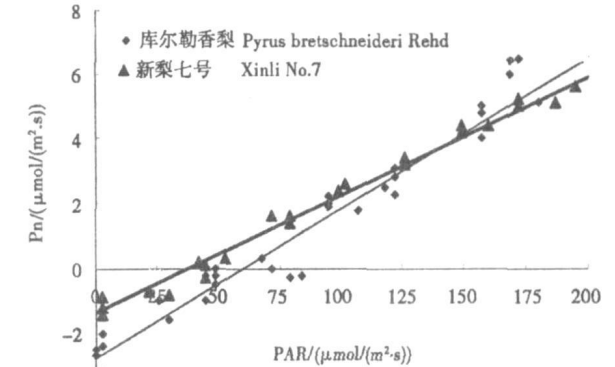


图 4 新梨七号和库尔勒香梨叶片的表观量子效率(AQY)

Fig. 4 Apparent quantum yield(AQY) in leaves of Xinli No. 7 and Pyrus bretschneideri Rehd

~ 16:00, 1 800~ 2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) 新梨七号和库尔勒香梨 AQY 明显下降,下降幅度分别为 31.6%和 15.8%(图 5)。

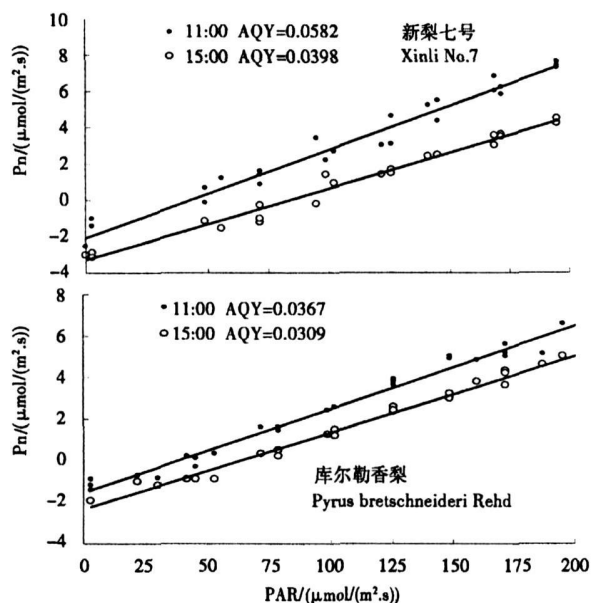


图5 新梨七号和库尔勒香梨叶片的表现量子效率(AQY)

Fig. 5 Apparent quantum yield(AQY) in leaves of Xinli No. 7 and *Pyrus bretschneideri* Rehder

3 讨论

国内外研究表明植物光合作用的日变化有四种类型: 正规曲线型、平坦型、变动型、和中午降低型^[2], 同时果树净光合速率日变化因树种、品种不同而不同。大多数果树日变化属于双峰型^[3-5]。本试验结果表明, 在晴天条件下新梨七号和库尔勒香梨叶片净光合速率(P_n)日进程表现为一条不对称的双峰曲线, 有明显的午休现象; 在阴天条件下, 新梨七号和库尔勒香梨的光合日进程呈单峰曲线, 这与许大全等^[6,7]的研究结果一致。

植物的光合“午休”现象是受生物节律(生物钟)调节和控制的一种生物学现象, 是对晴天午后高温、强光照环境的一种适应的表现^[8], 对农业生产是不利的。在生产上可以通过适时灌溉, 尤其是喷灌等适当管理技术提高空气相对湿度(Hr)和降低叶温来降低叶片的“午休”程度和时间, 提高新梨七号的光能利用率和光合作用效率产量。

新梨七号和库尔勒香梨在光合速率日进程上的差异。新梨七号晴天 P_n 日均值以及光合能力明显小于库尔勒香梨, “午休”现象也较严重; 在阴天弱光条件下新梨七号光合速率又明显高于库尔勒香梨, 这说明新梨七号弱光的利用能力较库尔勒香梨强。

叶片光合作用的光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)以及表现量子效率(AQY)是光能利用能力的重要指标。研究结果表明, 新梨七号和库尔勒香梨光合作用有一定的光强适应范围。与其他植物相比, 新梨七号和库尔勒香梨对强光要求相对较高($> 1\ 390\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$), 这表明新梨七号和库尔勒香梨属于喜光树种。新梨七号和库尔勒香梨需光特性有

差异, 新梨七号对弱光的利用能力较强, 而库尔勒香梨对强光的利用能力较强; 新梨七号的光合潜能稍低于库尔勒香梨。植物光强的需求特性在很大程度上决定于自身的遗传特性, 可能是由于它们叶片自身组织结构和生理功能的差异所致光合活性的高低及其对环境条件的适应能力的不同。

当植物叶片吸收光能过多, 不能及时有效地加以利用或耗散时, 植物就会遭受强光胁迫, 发生光合功能的降低, 这种现象被称为光抑制^[9,10]。表观量子效率(AQY)降低被认为是植物发生光抑制最明显的一个特征^[11]。本试验结果表明, 无论是在午间自然强光照射还是人工强光处理, 新梨七号和库尔勒香梨都有明显的量子产额(AQY)下降, 同时净光合速率(P_n)降低。这表明2个梨品种叶片在光强的照射下均容易产生光抑制作用。另外, 中午自然强光下产生的“午休”现象进一步证明了光抑制现象的存在。

限制光合作用有气孔因素和非气孔因素。自然条件或人工强光处理条件新梨七号和库尔勒香梨叶片光合速率和表观量子效率梨树叶片的的光合速率降低, 但环境 CO_2 浓度(C_a)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和气孔导度(G_s)的变化均较小。表明强光使这2个梨品种叶片的AQY和 P_n 降低并非由于气孔关闭而引起 CO_2 供应不足所致, 进一步说明了人工强光胁迫下非气孔因素是限制梨树叶片光合作用的主要因素。

本试验结果还表明, 梨树在强光下产生光合作用的光抑制程度有品种差异性, 新梨七号在强光下发生光抑制的程度比库尔勒香梨深, 因此根据这两个品种的光和特性的差异, 在新梨七号的栽培生产中可以有针对性地采取一些措施, 降低中午强光对光合作用的抑制作用, 以提高经济效益。

参考文献:

- [1] Von Caemmerer S, Farquhar G D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves[J]. *Planta*, 1981, 153: 376-387.
- [2] 吕忠恕. 果树生理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982.
- [3] 王振磊, 陈海江, 徐继忠. 不同品种梨光合特性的比较研究[M]. 梨科研与生产进展(2), 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.
- [4] 路丙社, 白志英, 董源, 等. 阿月浑子光合特性及其影响因子的研究[J]. *园艺学报*, 1999, 26(5): 287-290.
- [5] 张志华, 高仪, 王文江, 等. 核桃光合特性的研究[J]. *园艺学报*, 1993, 20(4): 319-323.
- [6] 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态生理与生化[J]. *植物生理学通讯*, 1990, (6): 5-10.
- [7] 温商霖, 刘英军. 葡萄田间光合作用的研究[J]. *园艺学报*, 1989, 16(3): 168-172.
- [8] 刘文革, 阎志红, 王鸣. 不同染色体倍性西瓜光合速率日变化的研究[J]. *中国西瓜甜瓜*, 2003(2): 4-6.
- [9] Foyer C H, Noctor G. Leaves in the dark see the light[J]. *Science*, 2000a, 284: 5414-5416.
- [10] 许大全. 植物光胁迫研究中的几个问题[J]. *植物生理学通讯*, 2003, 39(5): 493-495.
- [11] Demmig B, Björkman O. Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O_2 evolution on leaves of higher plants[J]. *Planta*, 1987, 171: 171-184.