

设施栽培条件下三个葡萄品种 光合特性的比较

郭凯斌^{1,2,3}, 文 壮^{1,2,3}, 李 升^{1,2,3}, 乔 光^{1,2,3}

(1. 贵州大学 生命科学学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 农业生物工程研究院, 贵州 贵阳 550025;
3. 贵州大学 山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘 要:以‘美人指’‘黑色甜菜’和‘温克’3个葡萄品种为试材,利用 LI-6400 光合测定系统对光合参数日变化、光强(PAR)和 CO₂ 浓度响应曲线进行测定。以掌握温室栽培条件下葡萄品种间光合特性的差异,为当地葡萄的引种和高产栽培提供理论指导。结果表明:供试葡萄光合速率(Pn)日变化为‘双峰’曲线,峰值分别出现在 11:30 和 15:30,且具有光合“午休”现象;‘美人指’Pn 最高,为 8.04 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹,‘温克’最低,为 6.24 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹,品种间差异显著;Pn 对 PAR、CO₂ 浓度响应均可用二次方程 $y=ax^2+bx+c$ 描述;‘美人指’CO₂ 饱和点(CSP)、羧化效率(CE)、光合能力(Pm)显著高于其它 2 个品种,但 CO₂ 补偿点(CCP)最低,而‘黑色甜菜’光饱和点(LSP)最高,较耐强光且光强适应范围最大。

关键词:葡萄;温室栽培;光合特性;种间差异

中图分类号:S 663.128 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0087-07

葡萄(*Vitis vinifera* L.)属葡萄科葡萄属(*Vitis* L.),是世界性的水果,在全球果树生产中占有重要地位。我国的葡萄种植和产量均居世界前列^[1-2],贵州作为云贵高原及川西部高海拔葡萄种植的主要地区,葡萄资源十分丰富^[1,3]。但由于其气候复杂多样,灾害性天气种类较多,给当地葡萄种植和产业的发展带来了诸多不利影响。温室栽培不仅为其生长发育提供优良的生态环境,而且在一定程度上也预防了作物病害的发生^[4]。

第一作者简介:郭凯斌(1991-),男,硕士研究生,研究方向为植物生理生化。E-mail:1048189959@qq.com.

责任作者:乔光(1981-),男,博士,高级实验师,研究方向为果树生理及分子生物学。E-mail:13518504594@163.com.

基金项目:贵州省农业攻关资助项目(黔科合农 NY 字 20143057)。

收稿日期:2017-07-10

目前温室栽培作为设施栽培的一种,已被人们普遍关注。

光合作用作为果树生长发育的基础生理活动,通过改变树体有机营养状况而影响果实品质,是果实产量与品质构成的决定性因素^[5]。研究葡萄光合特性变化规律不仅对葡萄品种特性改善栽培管理措施等提供参考依据,也对特定地区选择优良品种起着重要作用^[6]。近年来,关于不同葡萄品种光合生理的比较研究较多,董华芳等^[7]对 10 个葡萄品种的光合特性进行了比较分析,筛选出“藤捻”“维多利亚”葡萄适合四川栽培的品种。马微等^[8]就吐鲁番地区温室与露地栽培条件下葡萄光合特性的研究发现,露天栽培模式下葡萄的光合能力明显强于温室栽培,且不同葡萄品种所适宜的栽培模式不同。对设施栽培条件下葡萄的光合特性的研究也有了相关报道,李瑛等^[9]以设

施栽培常用的“巨峰”等 19 个葡萄品种及新引进的“阳光玫瑰”等 28 个葡萄品种为试材,筛选出 25 个适宜设施促成栽培的葡萄品种。郭亮等^[10]就避雨栽培条件下 15 个葡萄品种的光合特性研究发现,不同品种在同一设施栽培条件下光合生理参数差异较大。由此可见,生态环境的改变会影响葡萄的光合特性。贵州作为高海拔葡萄种植区,设施栽培面积较大,但对其光合特性比较研究相对较少。因此,有必要对当地设施栽培模式下葡萄光合特性进行比较研究,以探索不同品种对设施栽培条件的适应性。该研究以 3 个葡萄品种为试材,采用 LI-6400 便携式光合测定系统,研究温室栽培条件下各品种净光合速率及相关生理生态因子日变化,掌握其在光合生产中的最适光照强度及 CO₂ 浓度,分析比较其种间差异,旨在为当地温室栽培模式下葡萄的引种和优质高产栽培提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于贵州省遵义县地处亚热带季风湿润区,平均海拔 850~950 m,年平均降雨量 1 100~1 200 mm,年均气温 13.5~15.7℃,年均日照 1 150 h,无霜期 270 d 左右,极端最低温为 -3℃,最高温为 39℃。

1.2 试验材料

供试葡萄品种:‘黑色甜菜’,抗病性强、丰产、易栽培、抗逆性强;‘美人指’,抗逆性较强、抗病性较差;‘温克’,丰产性强、抗病性强。以上葡萄品种均原产日本,为 5 年生植株,株行距为 1.5 m×2.0 m,树高 2.5 m 左右。设施大棚为拱圆式聚乙烯无滴塑料膜大棚,长 60 m,宽 15 m,顶高 4 m。

1.3 试验方法

试验于 2016 年在龙坪镇葡萄种植园进行。各品种选择生长势一致、开花结果正常的树体各 5 株,每株选择树体南侧中上部 3~4 节位(自上

而下)3 片功能叶,于成熟期(9 月)进行测定净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度等光合指标。

1.4 项目测定

1.4.1 光合参数日变化的测定

选晴朗天气的 07:30—17:30,采用美国 LI-cor 公司生产的 LI-6400 型便携式光合测定系统测定净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、气孔导度。每 2 h 测定 1 次,为减少时间上的误差,在测定过程中,每次重复测定时各品种间采取随机测定的方法。

1.4.2 Pn-PAR 响应特性的测定

选晴朗天气的 09:00—11:30,设定光合测定系统叶室工作参数:CO₂ 浓度为 400 μmol·mol⁻¹,温度为 28℃,湿度为大气湿度的 99%,在光照强度梯度为 1 800、1 500、1 200、800、500、200、100、80、50、20、0 CO₂ μmol·m⁻²·s⁻¹下,进行 Pn 测定。对 Pn-PAR 响应用二次方程 $y=ax^2+bx+c$ 进行拟合,计算光饱和点(LSP),并对曲线在低光强(低于 200 CO₂ μmol·m⁻²·s⁻¹)下进行线性回归,计算光补偿点(LCP)。光合速率与光合有效辐射的比值即为表观量子效率(AQY)。

1.4.3 Pn-CO₂ 浓度响应特性的测定

选晴朗天气的 09:00—11:30,设定叶室光合有效辐射(PAR)为 1 200 CO₂ μmol·m⁻²·s⁻¹,温湿度设定值与光响应曲线相同,在 CO₂ 浓度梯度为 50、100、150、200、400、600、800、1 000、1 400、1 800 μmol·mol⁻¹下测定 Pn。对 Pn-CO₂ 响应用二次方程 $y=ax^2+bx+c$ 进行拟合,用直线回归求得 Pn-CO₂ 响应曲线的初始斜率为 RuBP 羧化效率(CE),并计算 CO₂ 补偿点,根据 Pn-CO₂ 响应拟合曲线方程求出 CO₂ 饱和点(CSP),CO₂ 饱和时的 Pn 为光合能力(Pm)。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 软件作图;利用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析,采用 Duncan's 检验进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 光合特性的日变化规律

由图 1a 可知,3 个葡萄品种净光合速率(P_n)日变化均为典型的‘双峰’曲线,最高峰出现在 11:30 前后,‘美人指’峰值最高,峰值所对应的光合速率为 $8.04 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,‘黑色甜菜’为 $7.03 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,‘温克’最低,仅为 $6.24 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。次高峰出现在 15:30 前后,13:30 前后表现出明显的光合‘午休’现象。在 07:30—09:30,‘黑色甜菜’净光合速率从 $1.05 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 上升到 $5.81 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,对逐渐上升的光强较敏感, P_n 增加速率相对较快,说明能充分利用上午的有利环境条件进行光合生产;虽然‘温克’总体的光合效率较低,但在 09:30—11:30,光合速率从 $4.52 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 上升到

$6.24 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,较其它 2 个品种上升较快。11:30 以后,各葡萄品种 P_n 日变化大小依然为‘美人指’>‘黑色甜菜’>‘温克’,且 P_n 日变化随时间变化的趋势大致呈平行状态。由图 1b 可知,葡萄叶片蒸腾速率(Tr)日变化呈‘单峰’曲线,‘温克’高峰出现较早,在 11:30 前后;‘美人指’、‘黑色甜菜’高峰出现较‘温克’迟,在 13:30 左右,且品种间整体 Tr 大小顺序与 P_n 相同。由图 1c 可知,葡萄叶片胞间 CO_2 浓度(C_i)日变化呈先下降后上升的‘中午降低型’趋势,在 13:30 前后,达到了全天的‘低谷’。其总体 C_i 大小与 P_n 、 Tr 正好相反,整体大小顺序为‘温克’>‘黑色甜菜’>‘美人指’。由图 1d 可知,气孔导度($Cond$)日变化与 P_n 相似,也呈‘双峰’曲线,且都在 11:30 和 15:30 前后出现高峰,其中‘温克’曲线起伏较大,‘黑色甜菜’次之,‘美人指’较前二者平缓。

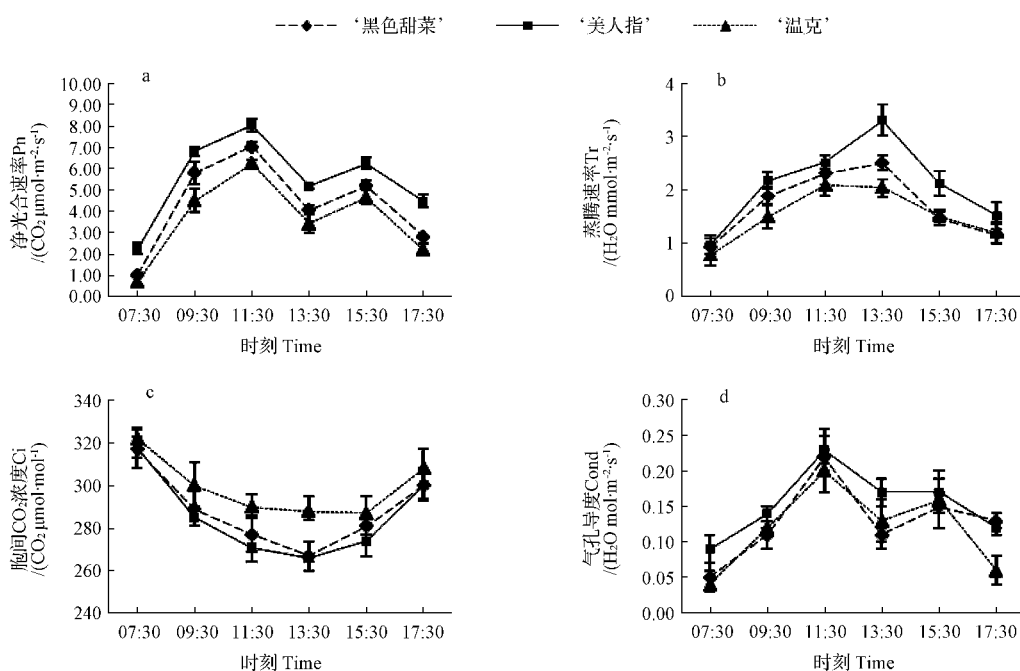


图 1 3 种葡萄光合参数日变化规律

Fig. 1 Diurnal fluctuations of photosynthetic parameters grape cultivars in greenhouse

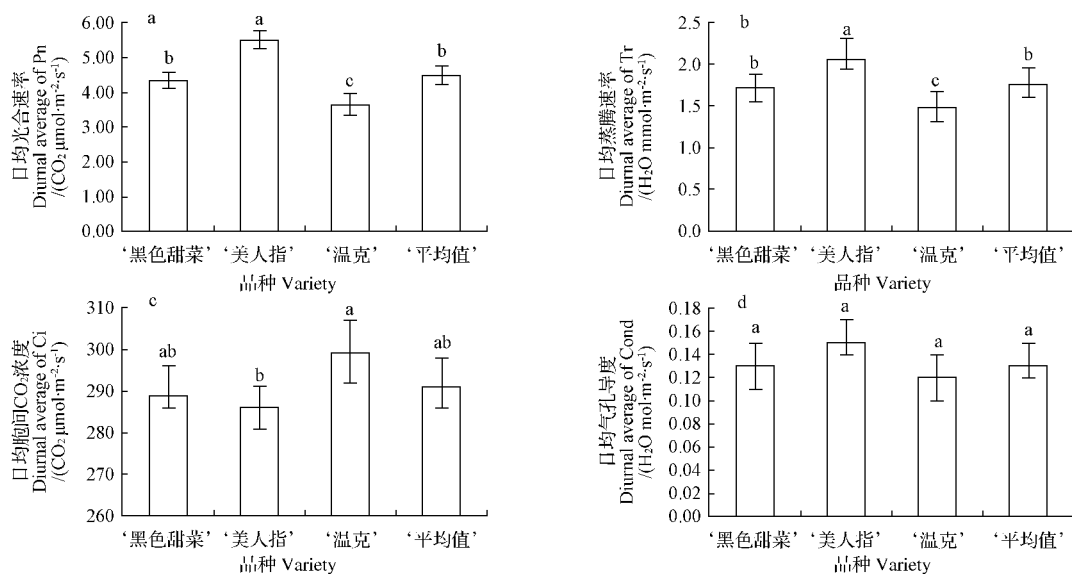
2.2 光合特性的品种差异

由图 2 可以看出,供试的 3 个葡萄品种光合参数间差异明显。就光合速率而言,各品种间差

异显著(图 2a),‘美人指’的日均光合速率最高,为 $5.51 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,‘黑色甜菜’次之,为 $4.34 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,‘温克’最低,仅为

3.64 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 只有‘美人指’日均光合速率显著高于平均值(3个品种平均日均光合速率), ‘温克’显著低于平均值, ‘黑色甜菜’与平均值间没有差异的显著。日均蒸腾速率的种间差异(图2b)与日均光合速率种间差异相同, 3个品种中, ‘美人指’日均蒸腾速率最高, 为2.05 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘黑色甜菜’次之, 为1.71 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 且最为接近平均值(3个品种平均日均蒸腾速率), ‘温克’最低, 为1.48 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。通过对3个葡萄品种的日均胞间 CO_2 浓度(图2c)差异显著性分析得出, ‘温克’日均胞间 CO_2 显著高于‘美人指’, 3种葡萄的日均胞间 CO_2 浓度大小顺序与日

均净光合速率、日均蒸腾速率相反, 其中‘温克’最高, 为299 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, ‘黑色甜菜’居中, 为289 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, ‘美人指’最低, 为286 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。3个品种均与平均值(3个品种平均日均胞间 CO_2 浓度)间没有显著的差异。由图2d可知, 各品种间日均气孔导度差异不显著, 其中‘美人指’日均气孔导度最大, 为0.15 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘黑色甜菜’居中, 为0.13 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘温克’最低, 为0.12 $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。3个品种与平均值(3个品种平均日均气孔导度)间均无显著的差异。



注:不同字母代表差异显著(5%水平),下同。

Note: Different letters within the small panel mean the significant differences (5% level), the same below.

图2 不同品种光合参数日均值的比较

Fig. 2 Comparison of diurnal average of photosynthetic parameters in different species

2.3 葡萄光响应曲线及品种差异

从图3可以看出,葡萄品种的 Pn -PAR 响应呈二次曲线关系。葡萄叶片的净光合速率 Pn 随着光强的逐渐增大而增加,达到最大值(光饱和点)后,随着光强的继续增大, Pn 值有所下降,其中‘美人指’ Pn 应 PAR 的增强上升速度较快,‘黑色甜菜’次之,‘温克’上升相对迟缓。由表1所示,3个葡萄品种光饱和点(LSP)范

围为1 161.11~1 206.67 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 品种间差异不显著。‘黑色甜菜’LSP最高,为1 206.67 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘温克’为1 168.33 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘美人指’最低,为1 161.11 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。光补偿点8.33~37.40 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 品种间差异显著,‘温克’最高为37.40 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘美人指’最低,仅为8.33 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 1 3 个葡萄品种光与 CO₂ 响应的种间差异

Table 1 Differences of light and CO₂ concentration response among three species

品种 Variety	光饱和点 LSP /(CO ₂ μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	光补偿点 LCP	表观量子效率 AQY	CO ₂ 饱和点 CSP /(CO ₂ μmol · mol ⁻¹)	CO ₂ 补偿点 CCP	羧化效率 CE	光合能力 Pm /(CO ₂ μmol · m ⁻² · s ⁻¹)
‘美人指’ ‘Beauty means’	1 161.11a	8.33c	0.027 0a	1 243.33a	55.17c	0.050 3a	15.88a
‘黑色甜菜’ ‘Black Beet’	1 206.67a	14.18b	0.022 3b	1 223.33b	80.96b	0.043 3b	13.61b
‘温克’ ‘Wink’	1 168.33a	37.40a	0.017 0c	1 188.33c	105.73a	0.034 7c	11.82c

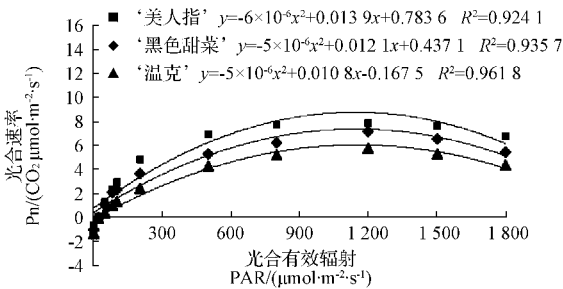


图 3 3 个葡萄品种 Pn-PAR 响应

Fig. 3 Response of Pn-PAR in three grape cultivars

品种间表观量子效率(AQY)差异显著,大小顺序为‘美人指’>‘黑色甜菜’>‘温克’。

2.4 葡萄 CO₂ 响应曲线及品种差异

由图 4 可知,葡萄品种的 Pn-CO₂ 浓度响应与 Pn-PAR 响应极为相似,也呈二次曲线关系。随着 CO₂ 浓度的上升,叶片光合速率也逐渐上升,当 CO₂ 浓度达到饱和时,叶片光合速率达到最大值,当 CO₂ 浓度继续上升时,叶片光合速率呈下降趋势。由表 1 可以看出,3 个品种中,‘美人指’CO₂ 饱和点(CSP)最高,为 1 243.33 CO₂ μmol · mol⁻¹,‘温克’显著低于其它 2 个品种,为 1 188.33 CO₂ μmol · mol⁻¹。葡萄叶片 CO₂ 补偿点(CCP)大小顺序正好与 CSP 相反,‘温克’为 105.73 CO₂ μmol · mol⁻¹,显著高于其它 2 个品种,‘黑色甜菜’次之,‘美人指’最低。羧化效率(CE)代表了植物叶片利用低浓度 CO₂ 的能力,结果表明,‘美人指’CE 最大,为 0.050 3,显著高于其它 2 个品种且光合能力(Pm)也位于三者之首。

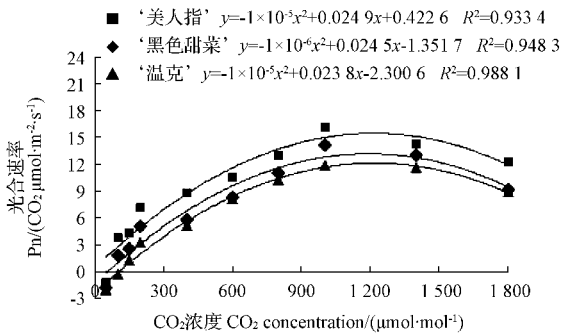


图 4 3 个葡萄品种 Pn-CO₂ 响应

Fig. 4 Response of Pn-CO₂ in three grape varieties

3 讨论与结论

光合速率日变化曲线类型有‘单峰’、‘双峰’和‘三峰’3 种类型,其变化类型主要取决于植物的种类和测定的外界条件^[12]。该研究供试的 3 个葡萄品种光合速率日变化均为典型的‘双峰’曲线,峰值分别出现在 11:30 和 15:30 前后,且具有明显的光合‘午休’现象。植物光合午休的主要自身因素有 2 种:气孔限制因素和非气孔限制因素。只有当植物净光合速率和胞间 CO₂ 浓度同向变化,且气孔限制值增大时,才说明光合速率的下降主要是由于气孔限制因素引起的^[13-14]。研究发现 3 个葡萄品种的 Pn、Ci 和 Cond 在 11:30 时均达到较高水平,在 11:30—13:30 均呈下降趋势,这与气孔限制因素引起的光合午休现象较为吻合^[12,15],说明了其‘午休’现象可能与气孔限制因素有关。

在果树生产中,具有高光合效率的品种不仅

能够提高产量,而且果实品质也相对优良^[16-19]。该研究发现,3个葡萄品种光合特性种间差异明显,但各光合参数的大小并非一一对应的关系,说明品种不同,其光合生理的调控机制不尽相同。光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)作为衡量植物对强光和弱光的利用能力的指标^[20],3个葡萄品种中,‘黑色甜菜’LSP最高,说明其较耐强光,且对光强利用范围最大,不太适宜在温室条件下栽培;在栽培生产中,应选择光照较为充足的地方建园并定期修剪枝条以满足其较高的光能利用率。表光量子效率(AQY)是反映植物对光能利用效率的重要指标^[21],其值的大小代表了植物叶片对低光强的利用率^[22]。3个葡萄品种中,‘美人指’LCP最低,且AQY显著高于其它2个品种,说明其更能利用弱光进行光合作用,较适宜温室栽培模式。

CO₂作为植物光合作用的原料,在一定范围内,其浓度与Pn呈正相关^[23],其对植物叶片光合速率的影响,不仅是作为光合作用的底物,而且影响着气孔的调节、RUBP酶活性及其羧化方向^[24]。CO₂补偿点(CCP)是植物利用CO₂进行光合作用的临界浓度^[25]。通常CCP低的作物具有净光合速率高、产量高的特点,因此低CCP也常被用作选育高产品种的指标^[26]。在植物光合生产中,随着外界CO₂浓度的增加,RUBPCase的底物浓度增加,继而增加了RUBPCase的活性,促使植物叶片Pn的提高,直到达到最适CO₂浓度,即CO₂饱和点(CSP)。就该研究的3个葡萄品种来说,‘美人指’具有较低的CCP和较高的CSP,因此,具有高光效和高CO₂利用率等光合特性,是具有较高光能生产潜力的葡萄品种,生产中可以通过施用有机肥来增加CO₂浓度,以提高光合速率。羧化效率(CE)反映了植物在给定条件下对CO₂的同化能力^[27],即植物叶片利用低浓度CO₂的能力。葡萄种间CE差异显著,说明它们在给定条件下对CO₂的同化能力差异较大,其中‘温克’CE最低,对低浓度CO₂的利用效率较差,可能是由于RUBPCase的活性较低而引起,因为CE与RUBPCase的活性呈正相关关系^[28]。

综上所述,温室栽培模式下的3个葡萄品种光合特性种间差异明显,其中‘美人指’光合表现最好,能较好的适应温室栽培模式;‘黑色甜菜’较耐强光且对光强适应范围最大,不太适宜在温室条件下栽培。

参考文献

- [1] 穆维松,李程程,高阳,等.我国葡萄生产空间布局特征研究[J].中国农业资源与区划,2016,37(2):168-176.
- [2] 付晓伟,张倩,刘崇怀,等.评价葡萄根系抗寒性指标的确定[J].果树学报,2014,31(1):52-59.
- [3] 潘学军,李德燕,张文娥,等.贵州葡萄属野生种植物资源调查分析[J].果树学报,2010,27(6):898-901.
- [4] 杜飞,朱书生,王海宁,等.不同避雨栽培模式对葡萄主要病害的防治效果和植株冠层温湿度的影响[J].云南农业大学学报,2011,26(2):177-184.
- [5] 王志强,何方,牛良,等.设施栽培油桃光合特性研究[J].园艺学报,2000,27(4):245-250.
- [6] 李雅善,李华,徐成东,等.不同灌溉条件下葡萄叶片光合特性研究[J].北方园艺,2015(14):1-6.
- [7] 董华芳,张旭东,刘永碧,等.不同葡萄品种光合特性研究[J].西昌学院学报(自然科学版),2015,29(1):12-13.
- [8] 马微,廖康,牛莹莹,等.温室与露地栽培葡萄的光合及荧光参数差异分析[J].新疆农业科学,2016,53(3):393-399.
- [9] 李瑛,张睿佳,张伟达,等.基于光合特性的设施栽培耐弱光葡萄品种筛选[J].果树学报,2015,32(5):885-893.
- [10] 郭亮,杨国顺,白描,等.避雨栽培条件下不同葡萄品种光合特性的研究[J].湖南农业科学,2015(2):10-13.
- [11] 哈小丽,韩占江,梁继业.不同欧李品种(系)光合与水分利用特性比较[J].北方园艺,2017(2):7-11.
- [12] 许大全.光合作用气孔限制分析中的一些问题[J].植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [13] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annu Rev Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [14] FARQUHAR G D. Carbon isotope discrimination and photosynthesis[J]. Annu Rev Plant Physiology, 1989, 40: 520-523.
- [15] 杨江山,常永义,种培芳.3个樱桃品种光合特性比较研究[J].园艺学报,2005,32(5):773-777.
- [16] 张晶楠,张淑燕,孙培琪,等.富士苹果垂柳形树冠光照参数与果实品质的关系[J].中国农学通报,2010,26(4):205-209.
- [17] 刁凯,李宏,程平,等.不同枣树品种光合特性日变化测定与分析[J].西南农业学报,2016,29(6):1296-1301.
- [18] 梅闯,罗淑萍,徐敏,等.库尔勒香梨3种树形光合特性的比较[J].新疆农业大学学报,2011,34(2):115-118.

- [19] 董星光,曹玉芬,田路明,等. 中国野生山梨叶片形态及光合特性[J]. 应用生态学报,2015,26(5):1327-1334.
- [20] 余阳,刘帅,李春霞,等. LED 光质对‘夏黑’葡萄光合特性和生理指标的影响[J]. 果树学报,2015,32(5):879-884.
- [21] 刘帅,袁登荣,王志润,等. 选择性光技术对‘阳光玫瑰’葡萄光合特性和果实品质的影响[J]. 果树学报,2016,33(2):187-195.
- [22] 孟凡超,张佳华,郝翠,等. CO₂ 浓度升高和不同灌溉量对东北玉米光合特性及产量的影响[J]. 生态学报,2015,35(7):2126-2135.
- [23] 朱巧玲,冷佳奕,叶庆生. 黑毛石斛和长距石斛的光合特性[J]. 植物学报,2013,48(2):151-159.
- [24] 李清明,刘彬彬,邹志荣. CO₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗光合特性的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(5):963-971.
- [25] 李文华,朱清科,赖亚飞,等. 陕北柠条的光合特性[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2007,31(2):37-41.
- [26] 董志新,韩清芳,贾志宽,等. 不同苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 品种光合速率对光和 CO₂ 浓度的响应特征[J]. 生态学报,2007,27(6):2272-2278.
- [27] 李林峰. 4 种湿地植物光合作用特性的比较研究[J]. 西北植物学报,2008,28(10):2094-2102.
- [28] 赵秀梅,王晨冰,李宽莹,等. 叶面喷施沼液对温室油桃光合特性的影响[J]. 果树学报,2011,28(4):680-684.

Photosynthetic Characteristics of Three Grape Cultivars Grown in Greenhouse

GUO Kaibin^{1,2,3}, WEN Zhuang^{1,2,3}, LI Sheng^{1,2,3}, QIAO Guang^{1,2,3}

(1. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Institute of Agro-Bioengineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 3. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region (Ministry of Education), Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: Three different grape varieties including ‘Meirenzhi’, ‘Heisetiancai’ and ‘Wenke’ were used as materials. The diurnal fluctuations of photosynthetic parameters, the response curves of photosynthesis rate to light intensity and CO₂ concentration were measured using LI-6400 portable photosynthesis system. To provide theoretical guidance for the grape cultivation and introduction by comparatively investigating the photosynthetic capacity of three grape cultivars grown in greenhouse. The results indicated that Pn diurnal variation of three grapes presented a typical ‘bimodal’ curves and the peak appeared at 11:30 and 15:30. Meanwhile, all cultivars showed obvious midday depression of photosynthesis. The net photosynthetic rate of ‘Meirenzhi’ showed the highest with 8.04 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹, while ‘Wenke’ was the lowest rank behind ‘Heisetiancai’, just only 6.24 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹ and significantly difference were found among three species. The responsive curves of photosynthesis in mature grape leaves to the changes of photosynthetic active radiation and CO₂ concentration could be described with quadratic equations of $y = ax^2 + bx + c$. The CCP of ‘Meirenzhi’ was the lowest but CSP, CE and Pm were remarkably higher than others, while ‘Heisetiancai’ showed the highest LSP and possessed a high tolerance to strong light with broader suitable light scope.

Keywords: grape; greenhouse cultivation; photosynthetic characteristics; variety differences