新疆农业科学 2022,59(1):105 - 112
Xinjiang Agricultural Sciences

doi:10.6048/j.issn.1001 - 4330.2022.01.013

‘V’形架式下5个鲜食葡萄品种光合日变化和光响应曲线特征参数比较

阿地力·衣克木[1],木合塔尔·扎热[2],茹先古丽·买合木提[3],王宝庆[1]

(1. 新疆林科院科技推广处,乌鲁木齐 830063;2. 新疆林科院经济林研究所,乌鲁木齐 830063;
3. 吐鲁番市高昌区恰特喀勒乡林管站,新疆吐鲁番 838000)

摘 要:【目的】比较5个葡萄品种光合能力,为其合理选(引)种和科学田间管理技术的制定提供理论依据。**【方法】**以克瑞森、新郁、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石为试材,测定‘V’形架栽培模式下5个葡萄品种的光合日变化趋势及光合速率(*Pn*)-光响应曲线特征参数。**【结果】**5个葡萄品种*Pn*日变化中,克瑞森、新郁、巨玫瑰均有单峰,均呈上午高下午低的逐渐下降趋势,火焰无核和蓝宝石均有双峰,均呈因中午的高温和强光(气孔因素)而导致的“午休现象”,5个葡萄品种*Pn*日平均值分别为克瑞森(8.395 ± 3.541)μmol/(m^2 · s)、新郁(9.303 ± 2.643)μmol/(m^2 · s)、火焰无核(8.796 ± 3.588)μmol/(m^2 · s)、巨玫瑰(8.043 ± 2.614)μmol/(m^2 · s)、蓝宝石(8.002 ± 4.157)μmol/(m^2 · s)。5个葡萄品种*Pn*-光响应曲线特征参数中,光补偿点(*LCP*)在(51.0 ~ 78.0)μmol/(m^2 · s)范围内,其中新郁和蓝宝石的*LCP*均较高,其它3个品种的*LCP*均低于60.0 μmol/(m^2 · s)以下;蓝宝石的光饱和点(*LSP*)最高,为1 582.2 μmol/(m^2 · s),其次为新郁,克瑞森的*LSP*最低,为1 151.9 μmol/(m^2 · s)。**【结论】**5个葡萄品种在于田县的光合适应性均比较好,其光合水分利用效率(*WUE*)日平均值由大到小排序为克瑞森 > 火焰无核 > 蓝宝石 > 新郁 > 巨玫瑰。

关键词:葡萄;光合日变化;光响应曲线;光合特征参数

中图分类号:S663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001 - 4330(2022)01 - 0105 - 08

0 引 言

【研究意义】葡萄(*Vitis vinifera* L.)为葡萄科(Vitaceae)葡萄属(Vitis),该属包括70多个种,分布在我国的约有35种[1]。新疆是我国主要的葡萄产区之一,葡萄栽培历史悠久,种质资源丰富[2],新疆葡萄富含多种维生素、糖类、酚类化合物、有机酸、蛋白质、花青素等营养成分[3-5]。新疆葡萄种植规模约达16.7 × 10^4 hm^2,其中鲜食和制干葡萄主要集中在吐鲁番、哈密、昌吉和克州,其它地方以房前屋后的分散种植模式为主[6]。近年来,新疆于田县引进多种葡萄新品种,新建了0.66 × 10^4 余 hm^2(10 × 10^4余亩)的葡萄园,其中0.33 × 10^4 余 hm^2(5 × 10^4余亩)是‘V’字形的新栽培模式。于田县属于干旱区,气候恶劣,空气干燥,沙尘天气多,降雨量少,蒸发量多,研究引进的葡萄品种在新栽培模式下的光合能力是判断葡萄生态适应能力及生长状况强弱的主要依据之一[7,8]。【前人进展研究】Ji等[9]研究表明,5年生新郁葡萄在吐鲁番的净光合速率(*Pn*)在11:00之前保持稳定增长,在11:00 ~ 14:00有“午休”现象,最低值为2.77 μmol/(m^2 · s),新郁在新疆的极端天气下生长适应性良好。苏学德等[10]研究水肥耦合对干旱区滴灌克瑞森葡萄光合特性及产量的影响,克瑞森葡萄在花后30 d结果枝第1 ~ 9叶位的叶片光合速率呈先升高后下降的趋势,且第4叶位光合速率最高;营养枝第1 ~ 9叶位的光合速率呈逐渐下降的趋势,不同处理葡萄

收稿日期(Received):2020 - 10 - 23

基金项目:2020年自治区林业发展补助资金项目“于田县葡萄水肥一体化栽培技术研究”(XJLYKJ - 2020 - 26)

作者简介:阿地力·衣克木(1968 -),男,新疆人,高级工程师,研究方向为林果栽培,(E - mail)1305596846@qq.com

通信作者:木合塔尔·扎热(1980 -),男,新疆库车人,副研究员,博士,研究方向为果树栽培生理,(E - mail)muhtarzari@126.com

光合速率在花后 60 d 达到最高,随生育期推进呈先升高后下降趋势。Ma 等[11]对温室和露地下两种早熟葡萄品种火焰无核和红旗特早光合能力进行比较,结果表明 2 个葡萄品种露地栽培的光合能力强于温室栽培;露地栽培火焰无核的净光合速率高于红旗特早,而温室栽培红旗特早较高,火焰无核适合于露地栽培,红旗特早更适合温室栽培。金莉等[12,13]研究结果表明,巨玫瑰和辽峰 2 个葡萄品种功能叶片净光合速率有明显的“午休现象”,推测是由非气孔限制因素引起的,“午休”后巨玫瑰净光合速率(*Pn*)能恢复到“午休”前的水平,但辽峰不能。邢燕江[14]对蓝宝石葡萄在各发育期所需的气象条件与尉犁县 60 年的气候资料进行对比分析,得出尉犁县的热量、光照、水分、霜期等气候条件适宜蓝宝石葡萄生长;春季大风、夏季高温酷暑和冬季严寒是影响蓝宝石葡萄产量和品质的主要气象灾害。【本研究切入点】虽然相关葡萄光合特征参数比较方面的研究较多,但是在和田地区于田县的恶劣气候条件下,葡萄光合适应性方面的研究尚未见报。亟需研究‘V’形架式下鲜食葡萄品种光合日变化和光合应曲线特征比较。【拟解决的关键问题】以克瑞森、新郁、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石为试材,测定‘V’形加栽培模式下的 5 个葡萄品种光合日变化趋势及光合速率(*Pn*)–光响应曲线特征参数,比较 5 个葡萄品种光合能力,为其科学田间管理技术的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地位于新疆于田县科克亚乡巴什艾格来村国有苗圃新品种种植区内,于田县属暖温带内陆干旱荒漠气候。南部山区为半温润气候区;中部平原为暖温干旱气候区;北部荒漠为极端干旱沙漠气候区。昼夜温差大,热量资源丰富,光照充足,降水稀少,蒸发量大,春夏多风沙和浮尘等灾害天气。年平均气温为 11.6℃,年平均降水量 47.7 mm,蒸发量为 2 432.1 mm,大于 10℃积温 4 208.1℃,年日照总数为 2 769.5 h,日照率为 62%,年平均无霜期为 213 d。

试验地面积为 0.67 hm^2(10 亩),选用 5 个葡萄品种(新郁、蓝宝石、巨玫瑰、火焰无核、克瑞森)均 2019 年从内地引进到于田县种植。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

株行距为 1.5 m × 3.0 m,东西行向,栽培模式为‘V’形叶幕,灌溉方式为沟灌,以‘V’形架式葡萄常规管理方式进行田间管理,2020 年全部葡萄品种均挂果。在每个品种中选定长势基本一致,无病虫害的 5 株试验树,主蔓基部喷漆标记,然后在每个试验树中选定第 3、第 4 个侧蔓作为测试蔓,在测试蔓上选定从基部开始第 4 ~ 6 个叶片作为测试叶,并在测试叶挂牌标记。

1.2.2 测定指标

1.2.2.1 光合日变化

试验于 2020 年 7 月 5 日(葡萄果实膨大期)测定光合日变化。采用 Licor – 6800 便携式光合系统测定,从 09:30 ~ 22:30(北京时间),每隔 1 ~ 1.5 h 测定每品种测试叶的净光合速率(*Pn*)、蒸腾速率(*Tr*)、胞间 CO_2 浓度(*Ci*)和气孔导度(*Gs*),隔 10.0 min 记录一次环境温度(*Ta*)、环境 CO_2 浓度(*Ca*)、光合有效辐射(*PAR*)、环境相对湿度(RH)等环境因子参数的变化趋势。水分利用效率(*WUE*)为以光合速率与蒸腾速率的比值表示。每株测 3 片叶,取平均值进行分析。

1.2.2.2 光响应曲线

于 2020 年 7 月 6 日 09:00 – 12:00(天气为晴朗),用 Licor – 6800 便携式光合系统(LI – 6800; LI – COR, Lincoln, Nebr.)的标准叶室(standard 2 × 3 cm)测定光响应曲线(*Pn* – *PFD*),参比室 CO_2 浓度设定为(375.0 ± 5)μmol/mol,*PFD* 梯度调为 1 800、1 500、1 200、1 000、800、400、200、100、50、20 和 0 μmol/(m^2 · s),空气温度为(30.0 ± 2.5)℃,空气湿度为(23 ± 5)%,用 Farquhar 模型[15]进行光响应曲线的拟合,并求得光饱和点(*LSP*)和最大光合速率(*Amax*),取用 *PFD*≤200 μmol/(m^2 · s)的数据作直线回归,求得该响应曲线的初始斜率为表观量子产量效率(*AQY*)和光补偿点(*LCP*)。

1.3 数据处理

用 SigmaPlot for Windows Version 10.0(Copyright 2006 Systat Software, Inc.)作图,用 SPSS16.0 for Windows(Copyright SPSS Inc. 2007)做光响应曲线拟合分析。

2　结果与分析

2.1　环境因子日变化

研究表明,空气平均温度为 32.9℃,最低温度为 26.2℃,最高温度为 37.7℃(16:00 左右)。空气湿度变化在 13% ~20%,平均空气湿度为 15.9%,最低空气湿度出现在 15:00 左右。空气 CO_2浓度在上午 09:30 出现高峰值 423.89 mmol/mol,之后快速下降到 380 mmol/mol,随后总体保持平均为 385 mmol/mol 的水平。测试日天气为晴朗,平均太阳光强度为 889.4 μmol/(m^2·s),最高光强度达到 1 815.5 μmol/(m^2·s)。图 1

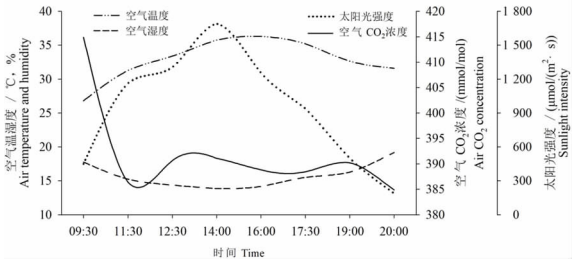

图 1　试验地环境因子日变化

Fig. 1　Diurnal variation of environmental factors in experimental sites

2.2　5 个葡萄品种 *Pn* 日变化比较

研究表明,5 个葡萄品种 *Pn* 日变化呈有所不同的变化趋势。其中克瑞森、新郁、巨玫瑰均有单峰趋势,克瑞森和新郁的 *Pn* 日变化高峰值均出现在 11:15 ~11:45,巨玫瑰的 *Pn* 高峰值出现在 12:25 ~12:55,克瑞森、新郁和巨玫瑰的 *Pn* 高峰值分别为(13.936 ±0.575)、(14.478 ±3.025)和(12.317 ±0.821)μmol/(m^2·s),日平均 *Pn* 分别为(8.395 ±3.541)、(9.303 ±2.643)和(8.043 ±2.614)μmol/(m^2·s)。火焰无核和蓝宝石 *Pn* 日变化均有双峰趋势,第 1 次 *Pn* 高峰值出现在 11:15 ~11:45,*Pn* 分别为(15.106 ±0.522)、(17.341 ±2.821) μmol/(m^2·s),第 2 次 *Pn* 高峰值出现在 17:10 ~17:40,*Pn* 分别为(8.553 ±1.918)、(8.553 ±2.333)μmol/(m^2·s),火焰无核和蓝宝石日平均 *Pn* 分别为(8.796 ±3.588)、(8.002 ±4.157)μmol/(m^2·s)。图 2

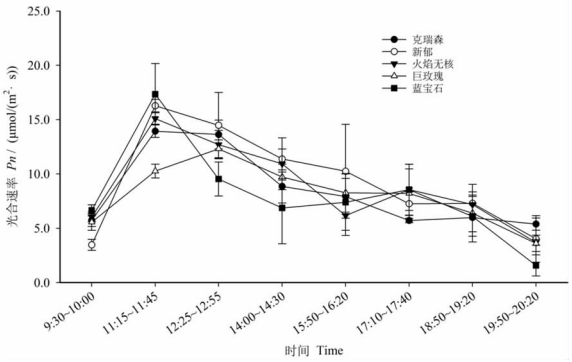

图 2　5 个葡萄品种 *Pn* 日变化比较

Fig. 2　Comparison on diurnal variation of photosynthetic rate of five grape cultivars

2.3　5 个葡萄品种 *Tr* 日变化比较

研究表明,5 个葡萄品种的 *Tr* 日变化均呈双峰趋势。其中克瑞森、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石的日 *Tr* 第 1 次高峰值均出现在 11:15 ~11:45,新郁的 *Tr* 高峰值出现在 12:25 ~12:55,第 1 次峰值分别为克瑞森(5.653 ±0.384)mmol/(m^2·s)、新郁(7.901 ±1.236)mmol/(m^2·s)、火焰无核(7.555 ±0.665)mmol/(m^2·s)、巨玫瑰(6.611 ±0.234)mmol/(m^2·s)、蓝宝石(8.228 ±0.917)mmol/(m^2·s)。克瑞森、巨玫瑰和蓝宝石的 *Tr* 第 2 次高峰值均出现在 18:50 ~19:20,峰值分别为(4.790 ±0.050)、(7.724 ±1.089)和(5.625 ±0.987)mmol/(m^2·s),新郁和火焰无核的第 2 次高峰值出现在 17:10 ~17:40,峰值分别为(7.665 ±2.197)mmol/(m^2·s)和(5.009 ±1.720)mmol/(m^2·s)。克瑞森、新郁、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石的日平均 *Tr* 分别为(4.174 ±1.233)、(5.368 ±2.203)、(4.534 ±1.779)、(5.251 ±1.503)和(4.275 ±1.954)mmol/(m^2·s)。图 3

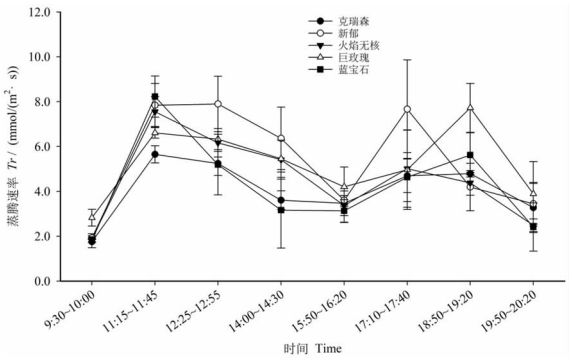

图 3　5 个葡萄品种 *Tr* 日变化比较

Fig. 3　Comparison on diurnal variation of transpiration rate of five grape cultivars

2.4 5 个葡萄品种 *WUE* 日变化比较

研究表明,5 个葡萄品种叶片的 *WUE* 日变化呈有所不同的变化趋势。克瑞森、火焰无核和巨玫瑰的 *WUE* 日变化均呈逐渐下降的趋势,叶片表现上午高下午低的 *WUE*,克瑞森、火焰无核和巨玫瑰的 *WUE* 日平均值分别为(2.147 ±0.671)、(2.026 ±0.504)和(1.578 ±0.429)μmol/mmol,最高值分别为(3.267 ±0.194)、(3.186 ±0.154)和(1.968 ±0.250)μmol/mmol。新郁和蓝宝石的 *WUE* 日变化均有中午的高峰,其中新郁呈上午基本平稳,中午高峰,下午小峰的变化趋势,*WUE* 日平均值为(1.774 ±0.535)μmol/mmol,最高值为(2.843 ±0.440)μmol/mmol;蓝宝石呈先下降后上升再下降的变化趋势,其 *WUE* 日平均值为(1.884 ±0.887)μmol/mmol,最高值为(3.688 ±0.169)μmol/mmol。图 4

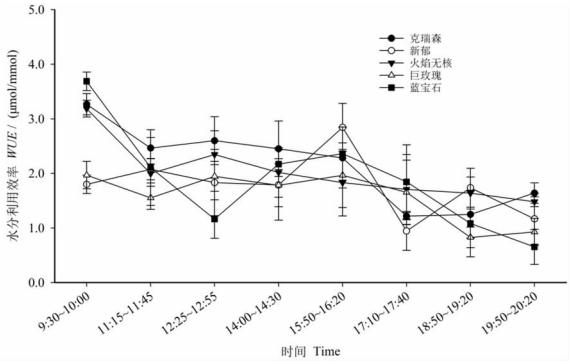

图 4 5 个葡萄品种 *WUE* 日变化比较

Fig. 4 Comparison on diurnal variation of water use efficiency of five grape cultivars

2.5 5 个葡萄品种 *Gs* 日变化比较

研究表明,5 个葡萄品种的 *Gs* 均基本呈双峰日变化趋势,在 14:00 ~ 17:40 出现中午的低谷值。第 1 次高峰值出现在上午 11:15 ~ 11:45,克瑞森、新郁、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石的 *Gs* 第 1 次高峰值分别为(0.205 ±0.004)、(0.296 ±0.015)、(0.269 ±0.012)、(0.211 ±0.003)和(0.275 ±0.012)mol/(m² · s)。第 2 次高峰值除了克瑞森出现在 19:50 ~ 20:20 外,其它品种的第 2 次高峰值均出现在 18:50 ~ 19:20。图 5

2.6 5 个葡萄品种 *Ci* 日变化比较

研究表明,5 个葡萄品种中,除了蓝宝石葡萄的 *Ci* 日变化呈上升→下降→上升→下降→上升的变化趋势外,其它 4 个品种的 *Ci* 日变化均呈先下降后上升的变化趋势。克瑞森、新郁、火焰无核和巨玫瑰的 *Ci* 日变化中上午的高峰值出现在 09:30 ~ 10:00,蓝宝石的 *Ci* 高峰值出现在 12:25 ~ 12.55,克瑞森、新郁、火焰无核、巨玫瑰和蓝宝石上午 *Ci* 高峰值分别为(298.878 ±25.622)、(346.017 ±11.727)、(299.627 ±4.518)、(325.615 ±10.732)和(274.608 ±37.764)μmol/mmol。下午 5 个葡萄品种的 *Ci* 随着时间的推移呈逐渐上升趋势,除了巨玫瑰 *Ci* 日变化第 2 次峰值出现在 18:50 ~ 19:20 外,其它 4 个品种的 *Ci* 日变化第 2 次峰值均出现在 19:50 ~ 20:20。图 6

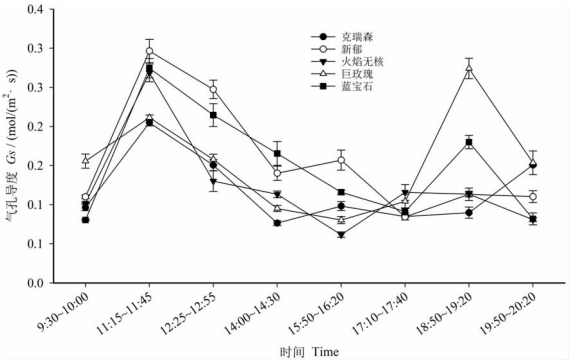

图 5 5 个葡萄品种 *Gs* 日变化比较

Fig. 5 Comparison on diurnal variation of stomatal conductance of five grape cultivars

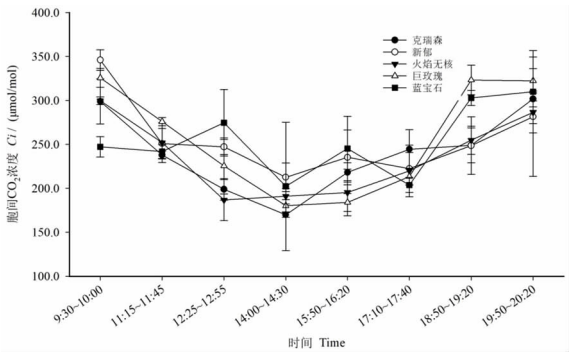

图 6 5 个葡萄品种 *Ci* 日变化比较

Fig. 6 Comparison on diurnal variation of Intercellular CO_2 concentration of five grape cultivars

2.7 5 个葡萄品种 *Pn* – 光响应曲线特征参数比较

研究表明,在不同强度的人工光照条件下,对 5 个葡萄品种做了 *Pn* – 光响应曲线,并计算出其

暗呼吸速率(R_d)、表观量子效率(AQE)、光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)和最高光合速率(A_{max})。5 个葡萄品种的 R_d 在(2.0 ~ 3.0)μmol/(m^2·s),由大到小排序为新郁 > 巨玫瑰 > 克瑞森 > 火焰无核 > 蓝宝石。5 个葡萄品种中火焰无核的 AQE 最高(0.044),新郁次之(0.040),蓝宝石最低(0.022)。5 个葡萄品种相比,新郁和蓝宝石的 LCP 较高,LCP 分别为 77.399 和 76.041 μmol/(m^2·s),克瑞森和火焰无核的 LCP 较低,LCP 分别为 51.992 和 51.205 μmol/(m^2·s)。5 个葡萄品种的 LSP 由大到小的排序为巨玫瑰 > 蓝宝石 > 新郁 > 火焰无核 > 克瑞森,其 LSP 分别为 1 582.2、1 296.0、1 219.7、1 194.5 和 1151.9 μmol/(m^2·s)。5 个葡萄品种相比,蓝宝石的 A_{max} 最高,为 17.719 μmol/(m^2·s),其次为火焰无核,克瑞森的 A_{max} 最低。图 7,表 1

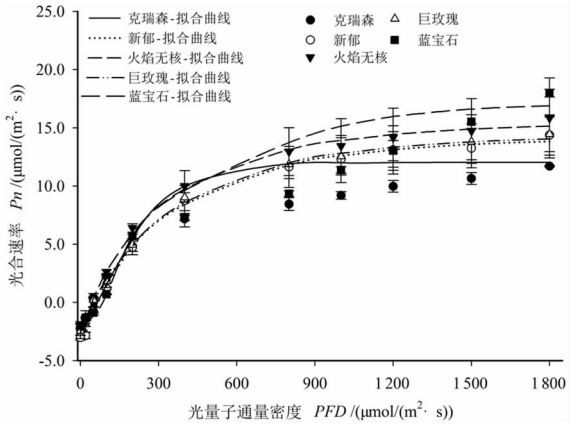

图 7　5 个葡萄品种 *Pn* – 光响应曲线比较

Fig. 7　Comparison on *Pn* – light response curves of five grape cultivars

表 1　5 个葡萄品种 *Pn* – 光响应曲线特征参数比较

Table 1　Comparison on characteristic parameters of *Pn* – light response curve of five grape cultivars

品种 Cultivars	*Pn* – 光响应曲线特征参数 Characteristic parameters of *Pn* – light response curve					
	直线回归方程 Linear regression equation $PFD \leqslant 200$ (μmol/(m^2·s))	暗呼吸速率 Dark respiration rate (μmol/(m^2·s))	表观量子效率 Apparent quantum efficiency	光补偿点 Light compensation point (μmol/(m^2·s))	光饱和点 Light saturation point (μmol/(m^2·s))	最高光合速率 Maximum photosynthetic rate (μmol/(m^2·s))
克瑞森 Crimson	$y = 0.035x - 1.830$	-2.332	0.035	51.992	1 151.9	12.566
新郁 Xinyu	$y = 0.040x - 3.104$	-3.013	0.040	77.399	1 219.7	13.841
火焰无核 Flame seedless	$y = 0.044x - 2.274$	-2.239	0.044	51.205	1 194.5	15.277
巨玫瑰 Jumeigui	$y = 0.037x - 2.133$	-2.448	0.037	58.273	1 582.2	14.623
蓝宝石 Sapphire	$y = 0.022x - 1.681$	-2.009	0.022	76.041	1 296.0	17.719

3　讨 论

果树超过 90% 的干物质是通过光合作用获得,光合作用是植物生长发育的基础,与果树的产量和品质密切相关,果树光合能力的强弱可作为选(引)种的一项重要指标[16,17]。刘红明等[18]对 3 个柠檬品种光合能力进行比较,结果表明,3 个柠檬品种间光合日变化趋势相同,各光合参数存在差异,云柠 1 号光合性能与田间结果性状表现较佳,具有在云南干热河谷区大面积推广种植的潜力。树形在空间分布的改变有效影响果树光合有效面积,在增产和果实品质的改善有着明显的效果[19-21]。赵海亮等[22]对不同架式巨峰葡萄光合特性与叶绿素荧光参数研究结果表明,立体棚架各叶绿素荧光参数日变化较平棚架和篱架平稳,立体棚架中午受光抑制程度低,有更好的光合特性。研究表明,'V'形架栽培模式下,5 个葡萄品种光合日变化特征参数中,克瑞森、新郁、巨玫瑰 Pn 日变化均有单峰趋势,火焰无核和蓝宝石 Pn 日变化均有双峰趋势;5 个葡萄品种的 Tr 和 Gs 均呈双峰变化趋势;克瑞森、火焰无核和巨玫瑰的 WUE 日变化均呈逐渐下降的趋势,而新郁和

蓝宝石的 *WUE* 日变化均有中午的高峰;5 个葡萄品种的 *Ci* 日变化均呈中午较低,上午和下午较高的变化趋势。5 个葡萄品种 *Pn* 的降低是由高温、强光和空气干燥等气孔因素所导致的[17,18,23],是 5 个葡萄品种在逆境环境下自我保护机制的体现[24]。光响应曲线作为植物对光能利用效率判定的主要依据,光补偿点及光饱和点的大小决定了植物的光合有效辐射范围。光饱和点高的植物能更有效地利用强光,光补偿点反映植物的耐阴性,光补偿点低说明植物利用弱光能力强,有利于有机物质的积累,光补偿点较低、光饱和点较高的植物对光环境的适应性较强;反之则较弱[25,26]。研究表明,'V'形架栽培模式下,5 个葡萄品种相比,*LCP* 由大到小排序为新郁 > 蓝宝石 > 巨玫瑰 > 克瑞森 > 火焰无核,其 *LCP* 在 50 ~ 80 μmol/(m^2 · s);5 个葡萄品种的 *LSP* 由大到小的排序为巨玫瑰 > 蓝宝石 > 新郁 > 火焰无核 > 克瑞森,其 *LSP* 在1 150 ~ 1 600 μmol/(m^2 · s)范围内。在于田县'V'形架栽培模式下的 5 个葡萄品种均表现比较广大的太阳有效辐射适应范围,而且 5 个葡萄品种的 *Pn* 日平均值较高,*Pn* 日平均值在 8.0 ~ 9.3 μmol/(m^2 · s)。使用'V'形架栽培模式的 5 个葡萄品种在于田县具有较大的光适应能力。

4 结 论

4.1 'V'形架栽培模式下,5 个葡萄品种中,克瑞森、新郁、巨玫瑰 *Pn* 日变化均有单峰趋势,其中克瑞森和新郁的高峰值均出现在 11:15 ~ 11:45,巨玫瑰的高峰值出现在 12:25 ~ 12:55;火焰无核和蓝宝石 *Pn* 日变化均有双峰趋势,第 1 次 *Pn* 高峰值出现在 11:15 ~ 11:45,第 2 次 *Pn* 高峰值出现在 17:10 ~ 17:40。5 个葡萄品种的 *WUE* 日平均值由大到小排序为克瑞森 > 火焰无核 > 蓝宝石 > 新郁 > 巨玫瑰。

4.2 由 *Pn* - 光响应曲线得知,蓝宝石和新郁的 *LCP* 和 *LSP* 均较高,较适合露天栽培。克瑞森、火焰无核和巨玫瑰的 *LCP* 和 *LSP* 均较低,更适合设施栽培。

参考文献(References)

[1] 张玉星. 果树栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
ZHANG Yuxing. *Pomology cultivator*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.

[2] 骆萌, 王杰, 李玉玲,等. "新郁"葡萄离体再生体系的建立[J]. 北方园艺, 2016, (9): 109 - 113.
LUO Meng, WANG Jie, LI Yuling, et al. Establishment of regeneration system of 'Xinyu' Grapevine *in vitro*[J]. *Northern Horticulture*, 2016, (9): 109 - 113.

[3] 马千里, 田英姿, 英犁, 等. 模糊综合评价法在新疆葡萄质量评价分析中的应用[J]. 现代食品科技, 2015, 31(2): 179 - 183.
MA Qianli, TIAN Yingzi, YING Li, et al. Evaluation of the quality of Xinjiang grapes with fuzzy comprehensive evaluation model [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(2): 179 - 183.

[4] Joel A, Iago Q, Gabriela P, et al. Antioxidant capacity, phenolic compound content and sensory properties of cookies produced from organic grape peel (*Vitis labrusca*) flour [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2019, 54(4): 1215 - 1224.

[5] Trilícia M G, Isabela M T, Isabel C S H, et al. Differential contribution of grape peel, pulp, and seed to bioaccessibility of micronutrients and major polyphenolic compounds of red and white grapes through simulated human digestion [J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 52: 699 - 708.

[6] 新疆统计年鉴委员会. 新疆统计年鉴[J]. 北京:中国统计出版社, 2020.
Xinjiang Statistical Yearbook Committee. *Xinjiang statistical yearbook*[J]. *Beijing: China Statistics Press*, 2020.

[7] Poni S, Casalini L, Bernizzoni F, et al. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition [J]. *American Journal of Enology & Viticulture*, 2006, 57(4): 397 - 407.

[8] 韩多红, 周德峰, 孟好军. 干旱荒漠区早酥和红早酥梨夏季光合作用日变化规律研究[J]. 河南农业科学, 2020, 49(4):120 - 123.
HAN Duohong, ZHOU Defeng, MENG Haojun. Diurnal variation of photosynthesis of Zaosu and Hongzaosu pears in summer in arid desert area [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2020,49(4):120 - 123.

[9] Ji W, Sun F, Luo Q, et al. Photosynthetic responses of a new grapevine variety 'Xinyu' in Turpan [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2015, 30(5): 79 - 85.

[10] 苏学德, 李铭, 郭绍杰, 等. 水肥耦合对干旱区滴灌克瑞森葡萄光合特性及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(S1): 1 - 5.
SU Xuede, LI Ming, GUO Shaojie, et al. Effect of water and fertilizer coupling on photosynthetic characteristics and yield of crimson seedless grape under drip irrigation in arid region [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2015, 34(S1): 1 - 5.

[11] Wei M, Niu Y, Luo Q, et al . Differences of photosynthetic characteristics of the grape cultivated in greenhouse and open field in Turpan [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2016, 17(6):1285 – 1288.

[12] 金莉, 周琦, 李长林, 等. 巨玫瑰和辽峰 2 个葡萄品种叶片光合日变化及其与环境因子的相关性[J]. 西北农业学报, 2015, (7): 92 – 97.
JIN Li, ZHOU Qi, LI Changlin, et al. Diurnal variation environmental of leave photosynthesis rate and correlation with factors in grape cultivar Jumeigui and Liaofeng [J]. *Acta Agriculturae Boreali – occidentalis Sinica*, 2015(7): 92 – 97.

[13] 金莉, 李长林, 宿福园, 等. 巨玫瑰葡萄叶片光合日变化及其与环境因子的相关性研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 768 – 771.
JIN Li, LI Changlin, SU Fuyuan, et al. Studies on diurnal variation of photosynthesis rate in leaves of 'Jumeigui' and correlation with environmental factors [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 28(2): 768 – 771.

[14] 邢燕江. 尉犁县种植蓝宝石葡萄气候适宜性分析[J]. 新疆农垦科技, 2019, (12): 20 – 22.
XING Yanjiang. Climate suitability analysis of sapphire grape planting in Lopnur County [J]. *Xinjiang Agricultural Reclamation Science and Technology*, 2019 (12): 20 – 22.

[15] Farquhar G D, Caemmerer S V, Berry J A. Models of photosynthesis [J]. Plant Physiology, 2001, 125: 42 – 45.

[16] Massai R, Remorirfi D, Tattini M. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of Prunus, under various salinity concentrations [J]. *Plant and Soil*, 2004, 259(1): 153 – 162.

[17] 王博, 种培芳, 李毅, 等.2 种晚实核桃光合特性及产量变化[J]. 果树学报, 2017, 34(7): 851 – 860.
WANG Bo, CHONG Peifang, LI Yi, et al. Studies on photosynthetic characters and their relationship with yield in two late season walnut cultivars [J]. *Journal of Fruit Science*, 2017, 34(7): 851 – 860.

[18] 刘红明, 龙春瑞, 李进学, 等. 3 个柠檬品种在云南干热河谷区的光合特性及结果性能分析[J]. 果树学报, 2017, 34(1): 59 – 68.
LIU Hongming, LONG Chunrui, LI Jinxue, et al. A study on photosynthetic characteristics and fruiting performance of three lemon varieties in dry – hot valley regions in Yunnan province [J]. *Journal of Fruit Science*, 2017, 34(1): 59 – 68.

[19] Nevine M T, El – Ghany K M. Some horticultural and pathological studies to reduce fruit decay of "Anna" apple and increase fruit set, yield and improve fruit quality and storability. *Journal of American Science*, 2016, 12(1): 104 – 122

[20] 曹庆昌, 王乐乐, 兰彦平, 等. V 字形树形对板栗光合特性及生长结果的影响试验初报[J]. 中国果树, 2017 (4): 40 – 43.
CAO Qingchang, WANG Lele, LAN Yanping, et al. Effects of V – shaped tree on photosynthetic characteristics and growth and fruiting of*Castanea mollissima*[J]. *China Fruits*, 2017 (4): 40 – 43.

[21] 潘明启, 张付春, 钟海霞, 等. 北方葡萄水平棚架"顺沟高厂"树形的高光效、省力化评价[J]. 果树学报, 2017, 34(9): 1134 – 1143.
PAN Mingqi, ZHANG Fuchun, ZHONG Haixia, et al. Evaluation of photosynthetic efficiency and labor cost in cultivation of grape with an "oblique single cordon along ditch" trellis type in northern China [J]. *Journal of Fruit Science*, 2017, 34(9): 1134 – 1143.

[22] 赵海亮, 赵文东, 孙凌俊, 等. 不同架式巨峰葡萄光合特性与叶绿素荧光参数研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2691 – 2695.
ZHAO Hailiang, ZHAO Wendong, SUN Lingjun, et al. Study on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of Kyoho grape in different trellis [J]. Southwest*China Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 28(6): 2691 – 2695.

[23] 赵雪辉, 黄丽萍, 张晓萍, 等. 3 个不同桃品种光合特性的研究[J]. 天津农业科学, 2016, 22(7): 15 – 19.
ZHAO Xuehui, HUANG Liping, ZHANG Xiaoping, et al. Photosynthetic characteristics of 3 different species of peach trees [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2016, 22(7): 15 – 19.

[24] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.
XU Daquan. *Photosynthetic Efficiency*[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2002.

[25] 张利刚, 曾凡江, 刘波, 等. 塔克拉玛干沙漠南缘 3 种果树幼苗光合及抗逆性研究[J]. 西北植物学报, 2011, 31(10): 2027 – 2034.
ZHANG Ligang, ZENG Fanjiang, LIU Bo. Photosynthetic and physiological characteristics of three fruit trees in the southern fringe of Taklamakan desert [J]. *Acta Bot. Boreal. – Occident. Sin.*, 2011, 31(10): 2027 – 2034.

[26] 张梦丽, 岳春芳, 李艺珍. 成龄枣树光合特性与光响应曲线模型[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(2): 274 – 282.
ZHANG Mengli, YUE Chunfang, LI Yizhen. Photosynthetic characteristics and light response curve model of mature Jujube in southern Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2020, 57(2): 274 – 282.

Comparison on Characteristic Parameters of Photosynthesis Diurnal Variation and Light Response Curve of 5 Grape Cultivars under 'V' Shaped Casserole

Adil Hekim[1], Muhtar Zari[2], Roxangul Mahmut[3], WANG Baoqing[1]

(1. *Science and Technology Extension Department, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi* 830063, *China*; 2. *Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi* 830063, *China*; 3. *Forest Management Station of Qatkal Township of Gaochang District in Turpan City, Turpan Xinjiang* 838000, *China*)

Abstract:【Objective】 To compare the photosynthetic capacity of five grape cultivars and provide theoretical basis for the selection and formulation of scientific field management techniques. **【Method】** Krissen, Xinyu, Flame Seedless, Jumeigui and Sapphire under the "V" shape cultivation mode were used as test materials to determine their diurnal variation trend of photosynthesis characteristic parameters and *Pn* – light response curve. **【Results】** Among the 5 grape cultivars, the *Pn* diurnal variation of Crimson, Xinyu and Jumeigui had a single peak, which showed a gradual downward trend, namely, higher in the morning and lower in the afternoon. There were double peaks in *Pn* diurnal variation of Flame Seedless and Sapphire, both of which showed "midday depression" caused by high temperature and strong light (stomatal factors) at noon. The daily average *Pn* values of 5 grape cultivars were Crimson (8.395 ± 3.541) μmol/(m^2 · s), Xinyu (9.303 ± 2.643) μmol/(m^2 · s), Flame Seedless (8.796 ± 3.588) μmol/(m^2 · s), Jumeigui (8.043 ± 2.614) μmol/(m^2 · s), Sapphire (8.002 ± 4.157) μmol/(m^2 · s). Among the characteristic parameters of *Pn* – light response curves of 5 grape cultivars, the light compensation point (*LCP*) ranged from 51.0 to 78.0 μmol/(m^2 · s), among which Xinyu and Sapphire had higher *LCP*, and the other 3 cultivars had lower *LCP* than 60.0 μmol/(m^2 · s); Sapphire had the highest light saturation point (*LSP*), which was 1,582.2 μmol/(m^2 · s), followed by Xinyu, and the *LSP* of Crimson was the lowest, which was 1,151.9 μmol/(m^2 · s). **【Conclusion】** All of the 5 grape cultivars planted in Yutian County showed better photosynthetic adaptability, and their daily average values of water use efficiency (*WUE*) of the 5 grape cultivars were ranked as follows: Crimson > Flame Seedless > Sapphire > Xinyu > Jumeigui.

Key words: grape; diurnal variation of photosynthesis; light response curve; photosynthetic characteristic parameters

Fund project: Forestry Development Funding Project " Study on Water and Fertilizer Integrated Cultivation Technology of Grapes in Yutian County" (XJLYKJ – 2020 – 26)

Correspondence author: Muhtar Zari (1980 –), male, associate researcher, research direction: fruit cultivation physiology, (E – mail) muhtarzari@126.com