

葡萄开花期光合作用光补偿点和光饱和点的研究

张振文^{1,2*}, 张保玉¹, 童海峰¹, 房 林¹

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 2. 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:测定了西北农林科技大学葡萄酒学院葡萄资源标本圃的 29 个葡萄品种不同光照强度 (PAR) 下的净光合速率 (P_n) 值。利用二次项回归与弱光 ($\leq 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 下的直线回归法分析光响应曲线, 计算出光饱和点和光补偿点等相关生理参数。结果表明: (1) 在酿酒葡萄品种中, 阿丽娜、8805 等 9 个品种的 LCP (光补偿点) 较低, 琼瑶浆、白玉霓等 3 个品种的 LCP 处于中等水平, 先索、小白玫瑰、法国兰的 LCP 较高; 8805、爱热那等 7 个品种的 LSP (光饱和点) 较低, 赛美容、法国兰等 4 个品种的 LSP 处于中等水平, 北醇、白毕歌布尔、先索、小白玫瑰的 LSP 较高。 (2) 在鲜食葡萄品种中, 井川 1014、红瑞宝等 7 个品种的 LCP 较低, 粉红玫瑰, 早白珍珠等 6 个品种的 LCP 处于中等水平, 白鸡心的 LCP 较高。红瑞宝的 LSP 较低, 早金香、富岛等 10 个品种的 LSP 处于中等水平, 粉红玫瑰, 早白珍珠等 3 个品种的 LSP 较高。

关键词: 葡萄品种; 光补偿点; 光饱和点; 光响应曲线; 开花期

中图分类号: S663.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2010)01-0024-06

Photosynthetic LCP and LSP of Different Grapevine Cultivars

ZHANG Zhen-wen^{1,2*}, ZHANG Bao-yu¹, TONG Hai-feng¹, FANG Lin

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Research Center for Viti-Viniculture of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Twenty nine varieties of vitis were studied on P_n at different PAR in Vineyards of College of Enology, Northwest A&F University. Linear regression which regress weak light ($\leq 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), and quadratic regression were used to analyze light response curve. Then physiological parameters were educed, such as LCP, LSP etc. Some results obtained were as follows: (1) In wine grapevine culti- vars, 9 varieties including Angelina, 8805 had low LCP. The LCP of 3 varieties including Ugni Blanc, Gewurztraminer, are in average level. And Cinsault, Muscat Blanc, Blue French were among the highest. 7 varieties, including Iona, 8805, had low LSP. The light saturation points of 4 varieties, including Semilion, Blue French, were in average level. Beichun, Baibigebuer, Cinsault, Muscat Blanc were among the highest. (2) In table grapevine cultivars, 7 varieties including Jingchuan1014, Beni Zuibo, had low LCP. The LCP of 6 varieties including Muscat Rose, Early Pearl were in average level. Кировацкий Столвый is among the highest. Beni Zuibo had low LSP. The LSP of 10 varieties including Zaojinx- iang, Fudao were in average level. 3 varieties such as Muscat Rose, Early Pearl, were among the highest.

Key words: grapevine cultivar; LCP; LSP; light response curve; flowering period

光合作用是葡萄的重要生理过程, 直接影响果实的产量和品质。通过葡萄光合作用的光响应曲线得到的生理参数是不同尺度的葡萄生理生态学研究

的基础^[1-4], 他们可以反映各品种对环境的适应性状况^[5]。光补偿点 (LCP) 和光饱和点 (LSP) 是植物光合能力的重要体现。LCP 能够反映不同品种对弱

收稿日期: 2009-06-23 修回日期: 2009-08-16

基金项目: 国家葡萄产业技术体系建设 (nycytx-30-zp-04)

作者简介: 张保玉, 男, 在读硕士, 主要从事酿酒原料资源的研究。E-mail: zhangbaoyu1984@yahoo.com.cn

* 通讯作者: 张振文, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事葡萄学方面的研究工作。E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn

光的适应能力, *LSP* 能够反应不同品种对强光的适应能力^[6-7], 对指导不同地区、不同气候的品种选择, 确立理想的树形和栽培密度, 提高果实产量和品质都具有一定指导意义。此外, 表观量子效率(*AQY*)能够反映不同品种对弱光的利用能力, 暗呼吸速率(*R_{day}*)能够反映不同品种消耗光合产物的速率。最大光合速率(*P_{max}*)反应了不同品种对强光的利用能力。因此研究不同葡萄品种的 *LSP*, *LCP*, *AQY*, *R_{day}*, *P_{max}*, 能够了解不同品种对的光合特性的差异, 为品种的区域化提供基础理论依据。目前, 国内外关于葡萄光合特性报道较多^[8-14], 但鲜有对葡萄不同品种的光响应曲线的研究。本文以陕西杨陵 15 个酿酒葡萄品种和 14 个鲜食葡萄品种作为研究对象, 从光合生理的角度出发, 基于单叶尺度上的光合有效辐射—光合速率曲线的测定, 对该地区的 29 个葡萄品种的生理参数进行了评价。

1 材料与方法

1.1 供试材料

研究区位于西北农林科技大学葡萄酒学院资源标本圃, 该园地处暖温带季风半湿润气候, 海拔高度 514 m, 年日照时数 2 163.8 h, 无霜期 220 d, 年平均温度 12.9 ℃, 平均降水量 540 mm, 一半以上集中在 7~9 月, 年蒸发量 993.2 mm, 试验地土壤为垆土。供试葡萄品种 2003 年定植, 南北行向, 株行距为 1.0 m×1.5 m, 树形为单干双臂, 栽培管理措施相同。酿酒品种 15 个, 分别是: 西拉(*Syrah*)、法国兰(*Blue French*)、佳丽酿(*Carignane*)、北醇(*Beichun*)、8805、木外得(*Monukka*)、阿丽娜(*Angelina*)、爱热娜(*Iona*)、先索(*Cinsault*)、赛美容(*Semilion*)、琼瑶浆(*Gewurztraminer*)、白玉霓(*Ugni Blanc*)、小白玫瑰(*Muscat Blanc*)、白什佳美(*Gamay Blanc*)、白毕歌布尔(*Baibigebuer*)。除北醇为山欧杂交种外, 其他品种均为欧亚种。鲜食品种 14 个, 其中欧亚种鲜食品种有玫瑰香(*Muscat Hamburg*)、粉红玫瑰(*Muscat Rose*)、白鸡心(*Кировалкий Столвый*)、早白珍珠(*Early Pearl*)、80-76-22、泽香(*Zexiang*)、早金香(*Zao Jinxiang*)、欧美杂交品种有天秀(*Tensyu*)、白富士(*White fuji*)、红瑞宝(*Beni Zuibo*)、三泽红伊豆(*Beniizu*)、富岛(*Fudao*)、井川 1014(*Ikawa 1014*)、红蜜(*Honey Red*)。

1.2 研究方法

实验在葡萄处于开花期的 2009 年 5 月 12—28 日完成。选择植株新梢从基部数的第 4 节位正常发

育健康、向阳的叶片, 采用 Li-6400 便携式光合测定仪自带的 LED 红蓝光源, 于 9:00—11:30 测定各品种的光响应曲线。测定时叶室温度稳定在 27℃ 左右。气体流速 400 mmol·s⁻¹, 外加 CO₂ 钢瓶设定参比室 CO₂ 浓度为 400 μmol·mol⁻¹。按照由强到弱的顺序手动设定光辐射强度(*PAR*)分别设定为 2 000、1 600、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、20、0 μmol·m⁻²·s⁻¹, 每个品种选择 2 棵树, 根据测定结果重复 1~2 次。

1.3 数据处理

本文采用二次项回归拟合光响应曲线。二项式回归法是以净光合速率 *P_n* 和光照强度(*PAR*)的成对值进行二元回归, *P_n* 最大时即为 *P_{max}* (μmol·m⁻²·s⁻¹), 此时的光照强度(*PAR*)为光饱和点 *LSP* (μmol·m⁻²·s⁻¹); 光照强度(*PAR*)为零时的净光合速率 *P_n* (μmol·m⁻²·s⁻¹) 为暗呼吸 *R_{day}* (μmol·m⁻²·s⁻¹); 当 *PAR* 值在 0~200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 之间, *P_n* 随 *PAR* 呈线性增长。对 0~200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 之间的 *P_n* 和 *PAR* 成对值做线性回归, 根据直线可以求得暗呼吸速率(*R_{day}*), 表观量子效率(*AQY*)和光补偿点(*LCP*)。葡萄光响应曲线的拟和光合生理参数的求算以及相关分析主要用 Excel2007 软件和 SPSS16.0 统计软件完成。

2 结果与分析

利用二次项拟合与线性回归在 SPSS 软件里进行生理参数的求算, 各品种的二次项拟合的 *R*² 值在 0.910 0 以上, 一次线性回归的 *R*² 值在 0.930 0 以上, 说明 29 个葡萄品种的拟合效果均较好。

2.1 不同品种的表现量子效率比较

葡萄品种的 *AQY* 在 0.024 5~0.046 2 之间, 平均值为 0.036 9。由表 1 可以看出, 酿酒品种的 *AQY* 在 0.032 0~0.046 2 之间, 平均值为 0.038 2。鲜食品种的 *AQY* 在 0.024 5~0.044 9 之间, 平均值为 0.035 4。应用聚类分析 把酿酒品种和鲜食品种的 *AQY* 分别分为三组。

(1) 酿酒品种分组

A 组: 白什佳美、赛美容、琼瑶浆、佳丽酿、西拉、小白玫瑰。这些品种对弱光的利用能力相对较差。

B 组: 木外得、北醇、阿丽娜、法国兰、白玉霓、白毕歌布尔、爱热那、先索。这些品种对弱光的利用能力中等。

C 组: 8805。8805 对弱光的利用能力相对较强。

(2) 鲜食品种分组

A 组: 早金香。早金香对弱光的利用能力相对

较差。

C 组:井川 1014、红瑞宝、红蜜、三泽红伊豆、富岛、天秀、泽香。这些品种对弱光的利用能力利用较

B 组:玫瑰香,80-76-22,粉红玫瑰、早白珍珠、白富士、白鸡心。这些品种对弱光的利用能力中等。强。

表 1 不同葡萄品种光响应曲线参数及光补偿点、光饱和点

Table 1 AQY, Pmax, Rd, LCP, LSP from or derived from light response curves at different varieties

品 种	种 群	表观量子效率 AQY	最大光合速率 $P_{\max}/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	暗呼吸速率 $R_d/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	光补偿点 $LCP/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	光饱和点 $LSP/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	用途
阿丽娜	欧亚种	0.041 8	18.45	0.557 9	13.852	1 396.96	酿
8805	欧亚种	0.046 2	17.70	0.684 4	14.814	1 373.63	
白什佳美	欧亚种	0.036 3	13.89	0.560 4	15.438	1 431.98	
赛美容	欧亚种	0.034 8	14.21	0.631 3	18.141	1 411.38	
爱热娜	欧亚种	0.039 1	13.54	0.721 2	18.445	1 384.62	
佳丽酿	欧亚种	0.035 8	12.08	0.705 7	19.712	1 392.03	酒
白毕歌布尔	欧亚种	0.038 8	14.90	0.770 0	19.845	1 474.00	
北醇	山欧杂种	0.041 2	8.41	0.899 6	21.835	1 472.63	
木外得	欧亚种	0.041 1	16.64	0.934 3	22.742	1 445.28	
白玉霓	欧亚种	0.042 6	16.07	1.192 0	27.291	1 404.49	
琼瑶浆	欧亚种	0.035 6	12.00	1.131 4	31.865	1 392.02	
西拉	欧亚种	0.036 6	12.14	1.417 1	38.719	1 403.57	
先索	欧亚种	0.040 9	15.99	1.866 6	45.638	1 476.51	
小白玫瑰	欧亚种	0.037 1	15.47	1.827 1	49.248	1 515.15	
法国兰	欧亚种	0.042 1	15.24	2.163 2	51.382	1 424.32	
井川 1014	欧美杂种	0.039 1	16.29	0.500 2	12.792	1 451.68	鲜
红瑞宝	欧美杂种	0.039 7	14.02	0.591 0	14.887	1 351.93	
天秀	欧美杂种	0.044 8	19.77	0.731 4	16.326	1 443.16	
80-76-22	欧亚种	0.031 1	10.15	0.575 4	18.502	1 427.63	
玫瑰香	欧亚种	0.036 1	12.04	0.776 7	21.515	1 477.54	
早金香	欧亚种	0.024 5	9.64	0.555 0	22.653	1 425.44	食
三泽红伊豆	欧美杂种	0.040 5	14.25	0.918 1	22.669	1 477.83	
粉红玫瑰	欧亚种	0.028 7	11.64	0.942 6	32.843	1 618.87	
早白珍珠	欧亚种	0.030 0	11.70	0.992 7	33.090	1 630.18	
泽香	欧亚种	0.044 9	18.32	1.728 5	38.497	1 458.24	
红蜜	欧美杂种	0.039 8	15.18	1.575 5	39.585	1 437.77	
富岛	欧美杂种	0.042 6	15.64	1.787 5	41.960	1 425.98	
白富士	欧美杂种	0.030 1	11.25	1.340 1	44.522	1 720.94	
白鸡心	欧亚种	0.030 2	10.34	2.100 7	69.560	1 482.51	

2.2 不同葡萄品种的最大光合速率

葡萄品种的 P_{\max} 在 8.41~19.77 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,均值为 14.04 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由表 1 中数据可知,酿酒品种的 P_{\max} 在 8.41~18.45 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,平均值为 14.45 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。鲜食品种的 P_{\max} 在 9.64~19.77 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,平均值为 13.59 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。应用聚类分析把酿酒品种和鲜食品种的 P_{\max} 分别划分为三组。

(1)酿酒品种分组

A 组:北醇。北醇在强光下光合能力相对较差。

B 组:爱热那、白什佳美、赛美容、佳丽酿、琼瑶浆、西拉。这些品种在强光下光合能力中等。

C 组:白毕歌布尔、法国兰、小白玫瑰、先索、白玉霓、木外得、8806、阿丽娜。这些品种在强光下光合能力相对较强。

(2)鲜食品种分组

A 组:早金香,80-76-22、白鸡心、白富士、粉红玫瑰、早白珍珠、玫瑰香。这些品种在强光下光合能力相对较差。

B 组:井川 1014、红瑞宝、三泽红伊豆、红蜜、富岛。这些品种在强光下光合能力中等。

C 组:泽香、天秀。这些品种在强光下光合能力相对较强。

2.3 不同品种的暗呼吸速率

葡萄品种的 R_{day} 在 0.500 2~2.163 2 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,平均值 1.058 2 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由表 1 中数据可以看出,酿酒品种的 R_{day} 在 0.550 7~2.163 2 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,平均值为 1.004 7 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。鲜食品种的 R_{day} 在 0.500 2~2.100 7 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,平均值为 1.231 3 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。应用聚类分析把酿酒品种和鲜

食品种的 R_{day} 分别分为三组。

(1) 酿酒品种分组

A 组: 白什佳美、阿丽娜、赛美容、8805、佳丽酿、爱热那、白毕歌布尔。这些品种光合产物消耗速率相对低。

B 组: 北醇、木外得、琼瑶浆、白玉霓、西拉。这些品种光合产物消耗速率相对一般。

C 组: 小白玫瑰、先索、法国兰。这些品种光合产物消耗速率相对较高。

(2) 鲜食品种分组

A 组: 井川 1014、早金香、80-76-22、红瑞宝、天秀、玫瑰香。这些品种光合产物消耗速率相对低。

B 组: 三泽红伊豆、粉红玫瑰、早白珍珠、白富士。这些品种光合产物消耗速率中等。

C 组: 红蜜、泽香、富岛、白鸡心。这些品种光合产物消耗速率相对较高。

2.4 不同品种的光补偿点

葡萄品种的 LCP 在 $12.792 \sim 69.560 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 $28.968 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由表 1 中数据可以看出, 酿酒品种的 LCP 在 $13.852 \sim 51.382 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 $26.108 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。鲜食品种的 LCP 在 $12.792 \sim 69.560 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 $32.33 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。应用聚类分析把酿酒品种和鲜食品种的 LCP 分别分为三组。

(1) 酿酒品种分组

A 组: 阿丽娜、8805、白什佳美、赛美容、爱热那、佳丽酿、白比歌布尔、北醇、木外得。这些品种对弱光的适应能力相对较差。

B 组: 白玉霓、琼瑶浆、西拉。这些品种对弱光的适应能力中等。

C 组: 先索、小白玫瑰、法国兰。这些品种对弱光的适应能力相对较强。

(2) 鲜食品种分组

A 组: 井川 1014、红瑞宝、天秀、80-76-22、玫瑰香、早金香、三泽红伊豆。这些品种对弱光的适应能力相对较差。

B 组: 粉红玫瑰、早白珍珠、泽香、红蜜、富岛、白富士。这些品种对弱光的适应能力中等。

C 组: 白鸡心。白鸡心对弱光的适应能力相对较强。

2.5 不同品种的光饱和点

葡萄品种 LSP 在 $1351.93 \sim 1720.94 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 平均值为 $1456.15 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由表 1 中可以看出, 酿酒品种的 LSP 在 $1373.63 \sim 1515.15 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 1426.57

$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。鲜食品种的 LSP 在 $1351.93 \sim 1720.94 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 $1487.84 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据 LSP 的高低分别人为把酿酒品种和鲜食品种分为三组。

(1) 酿酒品种分组

A 组: 8805、爱热那、佳丽酿、琼瑶浆、阿丽娜、西拉、白玉霓。这些品种对强光的适应能力相对较差。

B 组: 赛美容、法国兰、白什佳美、木外得。这些品种对强光的适应能力中等。

C 组: 北醇、白毕歌布尔、先索、小白玫瑰。这些品种对强光的适应能力较强。

(2) 鲜食品种分组

A 组: 红瑞宝。这一品种对强光的适应能力相对较差。

B 组: 玫瑰香、三泽红伊豆、白鸡心、早金香、富岛、80-76-22、红蜜、天秀、井川 1014、泽香。这些品种对强光的适应能力中等。

C 组: 粉红玫瑰、早白珍珠、白富士。这些品种对强光的适应能力较强。

3 结论与讨论

3.1 弱光下葡萄的光合作用

AQY 可反映植物吸收与转化光能色素蛋白质复合体的多寡及利用弱光能力的强弱, 间接反应了 Rubisco 羧化酶的活性^[15]。在弱光下, AQY 没有冗余, 这时求得的值即为最大 AQY。虽然 AQY 不如实际的光合量子效率准确, 但它仍然可以正确地反映光合机构光合功能的变化^[16], 这一数值表现了植物对弱光的利用能力^[17]。根据陆佩玲等的研究, 在大田自然条件下, 对于长势良好的作物, AQY 在 $0.040 \sim 0.070$ 之间^[18]。根据上面的分析, 葡萄品种的 AQY 在 $0.0245 \sim 0.0462$ 之间, 均值为 0.0376 , 相对其他植物来说明显偏低, 表明整体上葡萄品种对弱光的利用能力较差。

根据不同的研究, 果树 LCP 在 $25 \sim 75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。柿子、李、枣的 LCP 较高, 核桃、葡萄、银杏等较低。根据分析, 除白鸡心 ($69.560 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 和法国兰 ($51.382 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) LCP 明显偏高以外, 其他品种 LCP 范围在 $12.792 \sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 均值为 $28.968 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 与这些研究的结果相吻合。

使用 SPSS 对 R_{day} 、 LCP 、AQY 进行相关性分析, 发现 R_{day} 与 LCP 极显著相关, 因此, R_{day} 是影响 LCP 主要因素。因为葡萄的 LCP 普遍较低, 可以推断, 整体上葡萄的 R_{day} 在果树中也偏低。

根据分析可知, 欧亚种、欧美杂交种、鲜食、酿酒

品种,各群体品种之间各个指标没有显著性差异。由于对光的适应性是植物长期适应环境的结果,其适应能力是可以遗传的^[19],因此显著性的差异可能是品种自身的因素造成的。

3.2 强光下的光合作用

光合作用是一个极其复杂的生理过程,叶片光合效率与自身因素如叶绿素含量、叶片厚度、叶片成熟程度密切相关,又受光强度、气温、空气相对湿度、土壤含水量等外界因子影响^[20]。而光是植物光合作用能量的最终来源,也是影响光合作用生态生理因子的最根本因素。然而,当叶片吸收光能过多,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,引起光合能力的降低,发生光合作用的光抑制。研究还表明,光抑制是植物光合作用非气孔限制因素的主要表现形式^[21]。前人研究植物光合—光强响应曲线发现,有些植物光合速率随光强增加而达到最高点之后,若继续增加光强,光合速率反而降低,另一些植物光合速率随光强增加而达到最高点之后,光强继续增加,光合速率虽不再提高,但在较大的光强范围内保持平稳^[22]。本实验中的中测定结果属于前者。

通过分析,除粉红玫瑰($1\,618.87\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、白富士($1\,720.94\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、早白珍珠($1\,630.18\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)的 *LSP* 明显偏高外,其他品种 *LSP* 在 $1\,351.93\sim1\,515.15\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,均值为 $1\,456.15\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这一 *LSP* 高于梨($1\,000\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、核桃($1\,200\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、苹果($800\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、柿($1\,300\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)等^[23],说明葡萄是一种喜光植物,对强光的适应能力强。

LSP 的高低是品种对强光适应能力的体现^[24]。*LSP* 越低,光合速率越容易达到最高值,使光和速率在较高的水平上进行。同时,*LSP* 高的品种,光和速率不容易达到饱点,光合作用经常在较低的水平上进行。根据不同光响应曲线比较,*P*_{max} 较大的品种在光强 $500\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上时就表现出较大的光合速率,由于光合作用的产物主要取决于较高光强下的光合积累,所以光合能力较多的体现为 *P*_{max}。

葡萄品种整体上 *P*_{max} 值在 $8.41\sim19.77\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,平均值为 $14.04\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这一数值比苹果 $15.7\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,板栗 $25.83\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 低,但比柑橘 $9.9\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,番木瓜 $11.9\sim14.5\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,柿子 $7.5\sim11.7\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 高^[25],因此,葡萄品种的 *P*_{max} 处于中等水平。

焦旭亮^[26]的研究表明,赤霞珠在不同的环境下 *LSP* 和 *P*_{max} 之间呈显著相关。对 3 种山核桃属植物进行研究,也发现相似的结果^[17]。但是使用 SPSS16.0 软件对所有品种、欧亚种、欧美杂种、酿酒品种、鲜食品种分别进行相关性分析,发现两者没有相关性,与前两者的研究结果不同。说明葡萄中 *LSP* 高的品种,光饱和时的光合速率并不一定高。

根据对葡萄 *LSP* 的分析,大多葡萄品种适宜在阳光充足的地区栽培,栽培时不宜密植,修剪时应该减少枝叶,保证叶片充分受光。但是不同的地区选择品种时要综合考虑 *LSP* 和 *P*_{max},以防出现达不到 *LSP*,致使葡萄一直处于“欠光”状态,或者出现长时间的光过饱和和光抑制现象,两者都是对光的浪费。

参考文献:

[1] KULL O, KRUIJT B. Leaf photosynthetic light response: a mechanistic model for scaling photosynthesis to leaves and canopies[J]. Functional Ecology, 1998,12(5):767-777.

[2] LONG S P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: Has its importance been underestimated[J]. Plant, Cell & Environment, 1991,14(8):729-739.

[3] NIINEMETS U, OJA V, KULL O. Shape of leaf photosynthetic electron transport versus temperature response curve is not constant along canopy light gradients in temperate deciduous trees[J]. Plant, Cell & Environment, 1999,22(12):1497-1513.

[4] CLENDENNEN S K, ZIMMERMAN R C, POWERS D A, et al. photosynthetic response of the giant kelp macrocystis pyrifera (phaeophyceae) to ultraviolet radiation 1[J]. Journal of Phycology, 1996,32(4):614-620.

[5] 靳甜甜,刘国华,胡婵娟,等. 黄土高原常见造林树种光合蒸腾特征[J]. 生态学报,2008,28(11):5758-5765.

[6] 刘玲,刘淑明,孙丙寅. 不同产地花椒幼苗光合特性研究[J]. 西北农业学报,2009,18(3):160-165.

[7] 张其德. 大气 CO₂ 含量升高对光合作用的影响[J]. 植物通报,1992,9(4):18-23.

[8] BERTAMINI M, NEDUNCHEZHIAN N. Photoinhibition of photosynthesis in mature and young leaves of grapevine (Vitis viniferaL.)[J]. Plant Science,2003,164(4):635-644.

[9] BERTAMINI M, MUTHUCHELIAN K, NEDUNCHEZHIAN N. Iron deficiency induced changes on the donor side of PS II in field grown grapevine (Vitis viniferaL. cv. Pinot noir) leaves[J]. Plant Science,2002,162(4):599-605.

[10] PATAKAS A, KOFIDIS G, BOSABALIDIS M A. The relationships between CO₂ transfer mesophyll resistance and photosynthetic efficiency in grapevine cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2003,97(3-4):255-263.

[11] PATAKAS A, NIKOLAOUA N, ZIOZIOUA E, et al. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines [J]. Plant Science,2002,

163(2):361-367.

[12] 张大鹏,黄丛林,王学臣,等. 葡萄叶片光合速率与量子效率日变化的研究及利用[J]. 西北植物学报,1995,37(1):25-33.

[13] 吴月燕. 高湿和弱光对葡萄叶片某些光合特性的影响[J]. 园艺学报,2003,30(4):443-445.

[14] 战吉成,王利军,黄卫东. 弱光环境下葡萄叶片的生长及其在强光下的光合特性[J]. 中国农业大学学报,2002,7(3):75-78.

[15] 满丽婷,赵文东,郭修武. 不同架式晚红葡萄浆果膨大期光合特性研究[J]. 河南农业科学,2009(3):82-85.

[16] 王发林. 温室内外杏、油桃的光合特性研究[D]. 甘肃 兰州:兰州大学,2007.

[17] 黄菁. 山核桃属光合速率的测定[D]. 湖南长沙:中南林业科技大学,2006.

[18] 陆佩玲,于强,罗毅,等. 冬小麦光合作用的光响应曲线的拟合[J]. 中国农业气象,2005,22(2):12-14.

[19] 李晓征,彭峰,徐迎春,等. 不同光强下 6 种常绿阔叶树幼苗的生理特性[J]. 广西农业科学,2005,36(4):312-315.

[20] 张媛,邵建柱,刘兴菊,等. 我国板栗光合作用研究进展[J]. 西北林学院学报,2007,22(5):53-56.

[21] 叶子飘,于强. 冬小麦旗叶光合速率对光强度和 CO₂ 浓度的响应[J]. 扬州大学学报,2008,29(3):33-37.

[22] 张冬梅,钱又宇,马晓,等. 三种槭树光合特性的比较研究[J]. 园林科技,2007(1):22-24.

[23] 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.

[24] 张中峰,黄玉清,莫凌,等. 岩溶区 4 种石山植物光合作用的光响应[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):44-48.

[25] 周碧蓉. 番石榴光和特性的研究[D]. 湖南 长沙:湖南农业大学,2005.

[26] 焦旭亮. 渭北旱塬赤霞珠光合特性研究[D]. 陕西 杨陵:西北农林科技大学,2007.

(上接第 19 页)

[15] 陕西省林业研究所. 毛白杨[M]. 北京:中国林业出版社,1981:18-21.

[16] 周建斌,徐明岗. 林木叶片营养诊断中的取样问题[J]. 陕西林业科技,1993(2): 21-24, 40.

[17] 刘广全,土晓宁. 秦岭锐齿栎林叶内营养元素含量的时空分布[J]. 西北林学院学报,1999,14(4):1-8。

[18] 张硕新. 华山松针叶营养元素含量的季节变化[J]. 西北林学院学报,1990,5(1):8-14。

[19] 陈 甜,孙向阳,刘克林,等. 毛白杨叶片营养元素含量季节变化及年变化研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(2):42-45

[20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:243-244.

[21] 吴建之,葛 滢. 植物标样多元素测定的五种前处理方法比较[J]. 光谱学与光谱分析,1999,19(3):369-372.

[22] 王小平. 不同分解方法对 ICP-AES 测定植物样品中元素含量的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2005,25(4):563-566.

[23] 付勇,汪立今,柴凤梅,等. 多元线性回归和逐步回归分析在白石泉 Cu-Ni 硫化物矿床研究中的应用[J]. 地学前沿,2009,16

(1):373-380.

[24] 宇传华. SPSS 与统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2007:204-222.

[25] 张文彤. SPSS 11 统计分析教程——高级篇[M]. 北京:北京希望电子出版社,2002:64-145.

[26] 蔡祖聪,钦绳武. 作物 N、P、K 含量对于平衡施肥的诊断意义[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):473-478.

[27] MAY J D, BURDETTE S B, GILLIAM F S, ADAMS M B. Interspecific divergence in foliar nutrient dynamics and stem growth in a temperate forest in response to chronic nitrogen inputs [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 35(5):1023-1030.

[28] 冯茂松,张健,钟宇. 巨桉短周期工业原料林养分平衡的矢量诊断[J]. 林业科学,2006,42(2):56-62.

[29] 郭晓敏,牛德奎,范方礼,等. 平衡施肥毛竹林叶片营养与土壤肥力及产量的回归分析[J]. 林业科学,2007,43(S1):53-57.

(上接第 23 页)

[14] 王博轶,冯玉龙. 生长环境光强对两种热带雨林树种幼苗光合作用的影响[J]. 生态学报,2005,25(1):23-30.

[15] 刘鹏,康华靖,张志详,等. 香果树幼苗生长特性和叶绿素荧光对不同光强的响应[J]. 生态学报,2008,28(11):5656-5664.

[16] TER STEEGE H, BOKDAM C, BOLAND M, *et al.* The effects of man made gap s on germination, early survival, and morphology of Chlorocardium rodiei seedlings in Guyana [J]. Journal of Tropical Ecology, 1994(10): 245-260.

[17] 盛海燕,李伟成,常杰. 伞形科两种植物幼苗生长对光照强度的可塑性响应[J]. 生态学报,2006,26(6):1854-1861.

[18] VEENENDAAL EM, SWAINE MD, LECHA RT, *et al.* Responses of West African forest tree seedlings to irradiance and soil fertility [J]. Functional Ecology, 1996(10): 501-511.

[19] 冯玉龙,曹坤芳,冯志立,等. 四种热带雨林树种幼苗比叶重、光合特性和暗呼吸对生长光环境的适应[J]. 生态学报,2002,22(6):901-910.