

赤霞珠葡萄光合生理生态特性的研究

房 林¹, 张振文^{1,2}, 贾媛媛³, 岳泰新¹

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

3. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用 Li-6400 便携式光合作用测定系统对杨凌地区赤霞珠葡萄的生理生态特性进行研究, 探讨葡萄不同节位叶片不同季节光合作用和蒸腾作用的动态规律, 并揭示其主要影响机理。结果表明: 不同节位叶片净光合速率在 5~9 月份中呈典型的单峰曲线, 5 月份时光合速率最大值出现在第 6 节位, 随着时间推移这一峰值逐渐向高节位移动。从整个生长季节来看, 在光合有效辐射(PAR)人为恒定的情况下气孔导度(G_s)是影响叶片净光合速率(P_n)最重要的生理因子。在 5~9 月份不同节位叶片蒸腾速率(T_r)变化呈现单峰曲线, 整个生长季 T_r 与叶片大气水汽压亏缺(V_{pdL})、气孔导度(G_s)的相关性均比较显著, 说明叶片 V_{pdL} 、 G_s 是影响葡萄叶片蒸腾速率的主要因子。

关键词: 葡萄; 净光合速率; 生态特征

中图分类号: S 663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)19-0008-05

第一作者简介: 房林(1984-), 男, 陕西西安人, 硕士, 现主要从事葡萄与葡萄酒学研究工作。E-mail: fallany2001@163.com。

通讯作者: 张振文(1960-), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 现主要从事葡萄与葡萄酒研究工作。E-mail: Zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn。

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-30-zp-04)。

收稿日期: 2010-05-25

葡萄(*Vitis vinifera*)属于葡萄科葡萄属多年生藤本落叶植物, 用途广, 除鲜食外, 还可以酿制各种葡萄酒、制成葡萄汁和葡萄干, 世界葡萄产量的 80% 以上用于酿酒^[1]。因此, 了解葡萄的光合特性、蒸腾特性及其对环境因子的响应和适应性, 一方面有利于加深对葡萄的生态学特征及其对变化环境适应性的认识与理解, 另一方面也有助于促进对它的进一步研究及其资源的开发利用。近年来对于葡萄的研究大都集中于设施栽培条件

Performance-Testing in Removing Benzene-Toluene Binary Gas Using New Lines of *Chrysanthemum*

YANG Hua^{1,2}, LIU Zhi-yong², GE Hong³, YANG Shu-hua³, GE Wei-ya³, LI Qiu-xing³, WANG Tian-tian³, LIU Yan-ju²

(1. College of Environmental and Resource, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310028; 2. Beijing Center for Physical and Chemical Analysis, Beijing 100089; 3. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: It was the first performance-testing in China to remove gaseous benzene-toluene using new lines of *Chrysanthemum morifolium* in the dynamic fumigation. The results showed that while selective removal of benzene or toluene was not significantly shown in nine lines of *Chrysanthemum*, most of them removed more toluene than benzene. Removing rates varied significantly among lines. Samples from 6-hour of fumigation suggested that above 30% of removal rate of both benzene and toluene were reached by lines of the number 2, 4, 5, 9, in the meanwhile removal rate of toluene from line of the number 7 dropped to 0 from 13% at 3-hour of fumigation. From the results of removal amount, lines of the number 2, 4, 5, 8, 9 should be taken for application performance testing in real world considering better performance-testing results.

Key words: *Chrysanthemum morifolium*; benzene; toluene; phytoremediation

下,如刘廷松等^[2]测定了设施栽培条件下葡萄盛花期的叶片光饱和点、补偿点 CO_2 饱和点和补偿点;刘存红等^[3]对 18 个葡萄品种光合特性进行了比较。现主要对杨凌地区大田种植葡萄的光合生理生态特性规律进行探讨。

1 材料与方法

1.1 试验材料

该试验在葡萄酒学院葡萄资源标本圃(33°17'N, 107°04'E)进行,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。

供试材料为赤霞珠(Cabernet Sauvignon),2003 年定植,南北行向,株行距为 1 m×1.5 m,单干双臂整形,栽培管理措施相同。选择生长势中庸的植株的叶片,待测叶片颜色正常且无病虫害。

1.2 试验方法

1.2.1 生理生态指标测定 从 2008 年 5~9 月,每月选取晴朗天气,利用 Li-6400 便携式光合作用测定系统(美国 Li-cor 公司生产),利用 02B 人工光源,设定光合有效辐射(PAR)为 1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 环境 CO_2 浓度为 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定一株生长中庸的葡萄树,从基部向上对 1~10 节位叶片进行测量,每次测量进行 3 次重复。观测时间为 09:00~11:00。仪器测定净光合速率(P_n)的同时自动记录蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气温(T_a)、叶温(T_l)、大气相对湿度(RH)、叶片大气水汽压亏缺(V_{pd})等生理生态指标。

1.2.2 光合响应曲线测定 于 7 月 20 日 08:30~11:00(天气晴朗),设定 T_{air} 24~27℃,RH 50%~70%, CO_2 浓度为 360~390 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,光合有效辐射(PAR)梯度为 2 000、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、20、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,仪器自动记录。7 月 19 日晚有降水,土壤含水量相对较高,因此把 20 日的光响应测定结果当作土壤水分正常状态下葡萄叶片 P_n 对 PAR 的响应。

1.2.3 土壤水分测定 采用德国土壤湿度设备公司生产的 TRASE-TDR 系统(Time Domain Reflectometry, TRIME-FM, IMKOmicromodul technology GmbH, Germany)测定葡萄生长环境根系层(20~25 cm)土壤含水量。选定 5 个样点,每月每隔 7 d 测定 1 次,经平均求得月平均土壤含水量。

1.2.4 数据处理 应用 Excel 和 SPSS 13.0 等对数据进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 赤霞珠光响应曲线

通过叶片光响应曲线(图 1)可知,葡萄处于土壤水分供应良好状态^[4]时 PAR 在 0~800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内,叶片 P_n 随 PAR 增加近乎直线上升,在 800~2 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内, P_n 保持一个相当高的水平并缓慢增长,其最大值出现在 1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。当 PAR 等于 27.182 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时 P_n 值恰好为 0,可得出此时的 PAR 为叶片光补偿点;当 PAR 降为 0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, P_n 为 -0.935 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ CO_2 ,可以看作是此时葡萄的暗呼吸速率。植物叶片的光饱和点与光补偿点反映了植物对光照条件的要求,分别体现了对强光和弱光的利用能力。根据 P_n -PAR 曲线的光强在 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下直线部分的斜率,可以得出表观量子效率为 0.0443,说明葡萄在弱光条件下利用转化光能的效率^[5]。

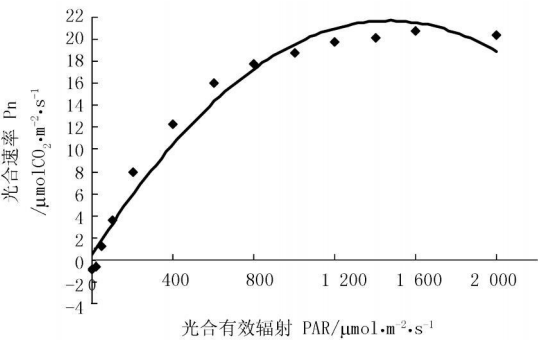


图 1 正常土壤水分条件下葡萄叶片光响应曲线

Fig.1 Light response curve of grape leaves in normal soil water conditions

2.2 赤霞珠净光合速率动态变化

2.2.1 赤霞珠净光合速率动态季节变化 不同节位叶片 P_n 不同月份变化趋势如图 2-a。从图 2-a 中可知 P_n 的季节变化曲线均为单峰曲线。比较分析图 2-a 可知,5 月份葡萄叶片 P_n 随节位的上升增加,在第 6 节位到达峰值,峰值过后 P_n 逐渐下降,气孔导度也在出现峰值后开始下降(图 2-f),然而随着时间的推移, P_n 峰值向高节位移动,这是由于叶龄不同造成的,随着叶子的成长,其光合能力迅速上升,只有当叶子伸展到其最大值时才可以到达光合高峰,随着时间的推移,光合能力会逐渐降低。

2.2.2 赤霞珠净光合速率季节变化影响因子的相关分析 对每月测定叶片净光合速率的 2 个环境因子(T_a 、RH)和 2 个生理因子(T_l 、 G_s)进行偏相关分析(表 1),从整个生长季来看, G_s 是影响叶片 P_n 最重要的生理因子。 P_n 与 G_s 的相关性显著或极显著,可以说是在 PAR

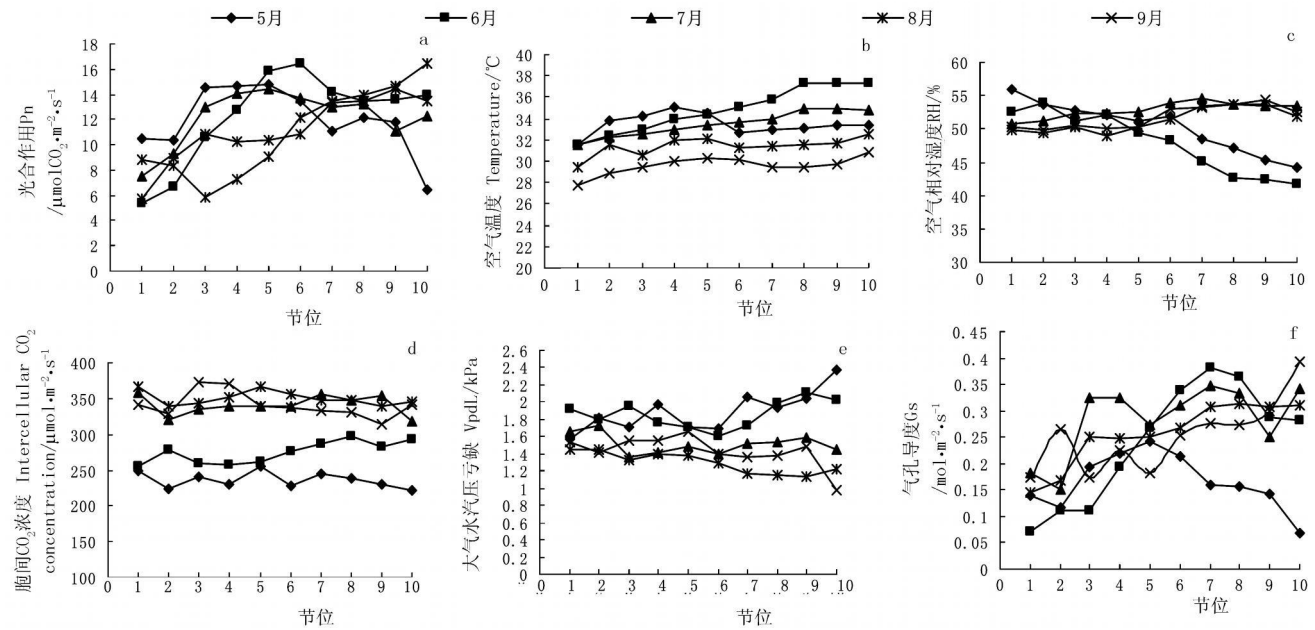


图2 不同节位净光合速率、大气温度、空气相对湿度、胞间CO₂浓度、大气水汽压亏缺和叶片气孔导度不同月份变化

Fig.2 Different leaf position of Pn(a), Ta(b), RH(c), Ci(d), Gs(e) and VpL(f) in different months

注: (a)净光合速率; (b)大气温度; (c)空气相对湿度; (d)胞间CO₂浓度; (e)大气水汽压亏缺; (f)叶片气孔导度。

表1 叶片净光合速率与各影响因子相关性分析

Table 1 Correlation of Pn and its influencing factors

月份 Month	环境因子 Environmental factors		生理因子 Physiological factors	
	Ta	RH	TL	Gs
5	0.211	0.403	0.110	0.950 **
6	0.046	0.561	-0.293	0.610 *
7	-0.144	-0.025	-0.429	0.848 **
8	-0.072	0.309	-0.110	0.675 *
9	0.105	0.088	-0.472	0.783 **

注: *表示叶片净光合速率与对应影响因子相关性显著, **表示叶片净光合速率与对应影响因子相关性极显著。

Note: The “*” indicates significantly correlation between net photosynthetic rate of leaves and corresponding influencing factors. The “**” indicates very significantly correlation.

恒定的情况下Gs决定了Pn的变化趋势。

2.3 赤霞珠蒸腾速率动态变化

2.3.1 赤霞珠蒸腾速率动态季节变化 在5~9月份, 葡萄不同节位蒸腾速率变化呈现单峰曲线趋势(图3), 具体表现为中间部位叶片蒸发速率最高, 上部叶片由于还处于生长阶段, 叶片内部面积处于增大状态, 蒸腾速率小于中部成熟叶片, 而下部叶片逐渐衰老, 各项生长合成和代谢能力不及中部叶片。

2.3.2 赤霞珠蒸腾速率季节变化影响因子的相关分析

通过相关性分析(表2)可知, 整个生长季(5~9月份)的Tr在PAR恒定情况下与VpdL、Gs的相关性均比较显著, 说明VpdL、Gs是影响银杏叶片蒸腾速率的主要因子。5月份VpdL和Gs与Tr相关性极显著; 从6月份开始Tr的主要影响因子一致, 即为VpdL、Gs、Ta和RH。5月树体刚进入旺盛生长阶段, 故叶片VpdL、Gs

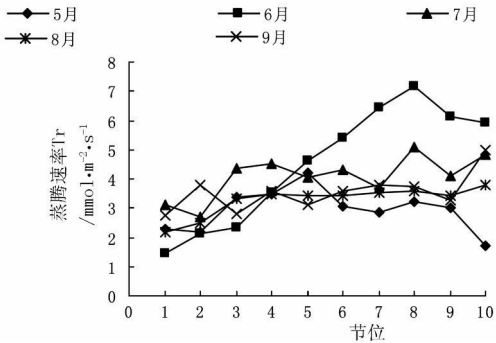


图3 不同节位葡萄蒸腾速率月变化

Fig.3 Different leaf position of Tr in different months

因素是决定蒸腾速率大小的最主要因子, 随着树势不断旺盛, 叶片达到充分成熟, 环境因子Ta和RH对蒸腾速率起到一定的影响。

表2 叶片蒸腾速率与各影响因子相关性分析

Table 2 Correlation of Tr and its influencing factors

月份 Month	环境因子 Environmental factors		生理因子 Physiological factors		
	Ta	RH	TL	Gs	VpdL
5	0.330	0.267	0.244	0.987 **	-0.775 **
6	0.418	-0.113	0.024	0.929 **	-0.651 *
7	0.294	0.111	0.026	0.967 **	-0.757 **
8	0.532	-0.362	0.761	0.829 **	0.841 **
9	0.485	-0.484	-0.242	0.921 **	-0.836 **

注: *表示叶片蒸腾速率与对应影响因子相关性显著, **表示叶片蒸腾速率与对应影响因子相关性极显著。

Note: The “*” indicates significantly correlation between transpiration rate of leaves and corresponding influencing factors. The “**” indicates very significantly correlation.

2.4 赤霞珠生长季节气体交换与环境因子的关系

2.4.1 赤霞珠气体交换与温度的关系 气体交换与温度的散点相关分析见图4。通过相关分析可知, Pn与温度呈二项式关系, 而Tr与温度呈幂相关关系, R^2 分别为0.2163和0.4914。Tr与温度具有一定的相关性但并不显著, 而Pn与温度的相关性极不显著。

2.4.2 赤霞珠气体交换与大气相对湿度的关系 由图

5可知, Pn和Tr与RH均呈二项式关系, 但相关性均不太显著, R^2 分别为0.0447和0.2303, 说明大气相对湿度并不是影响葡萄叶片气体交换的主要因子。

2.4.3 赤霞珠气体交换与气孔导度的关系 气孔是叶片与外界进行气体交换的门户, 气孔的开闭程度对气体交换会产生显著的影响, 通过图6分析可知 Pn、Tr与Gs均呈二项式关系, R^2 分别为0.594和0.7006, 说明Pn

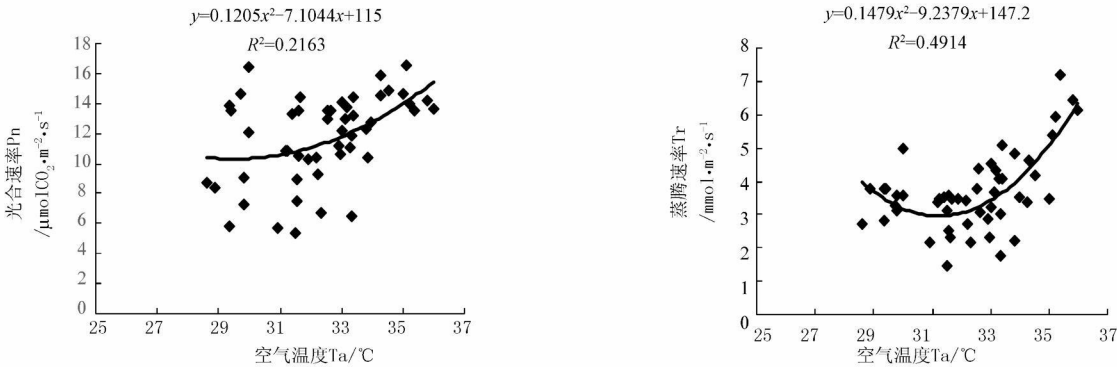


图4 净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)与空气温度(Ta)相关曲线
Fig.4 Responses of Pn and Tr to Ta

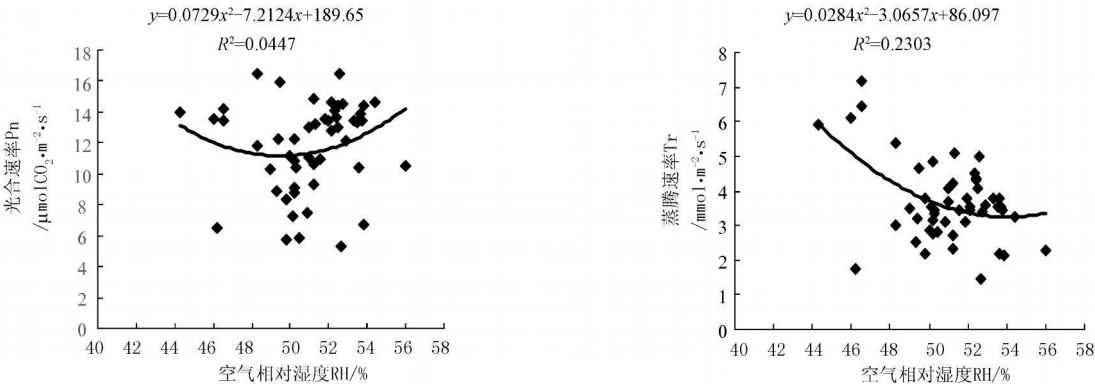


图5 净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)与空气相对湿度(RH)相关曲线
Fig.5 Responses of Pn and Tr to RH

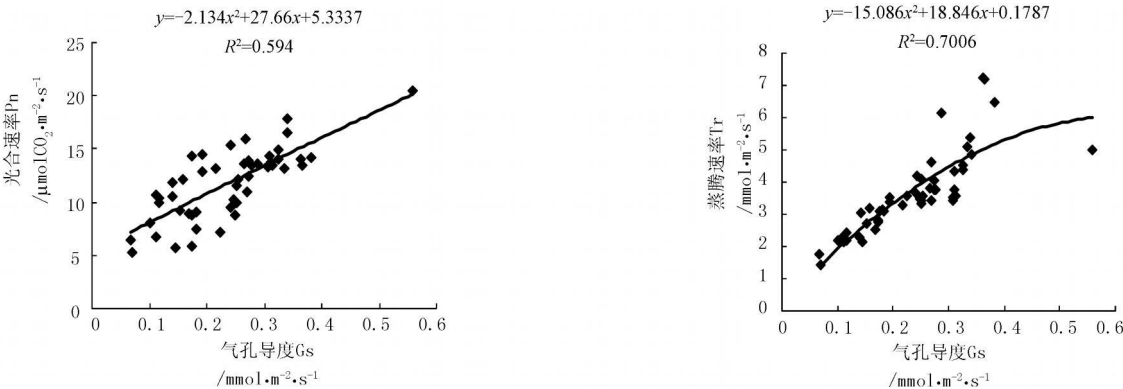


图6 净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)与空气孔导度(Gs)相关曲线
Fig.6 Responses of Pn and Tr to Gs

对 G_s 最为敏感, G_s 对 Tr 也有显著的影响。

3 结论与讨论

葡萄不同节位叶片净光合速率在生长季节的 5~9 月份呈单峰曲线, 这与杨江山^[9] 对于樱桃不同节位叶片光合特性和张光华^[7] 等对于草莓不同叶位叶片光合特性研究结果一致。5 月份时光合速率最大值出现在第 6 节位, 随着时间推移这一峰值逐渐向高节位移动, 而造成这种现象的原因是由于葡萄叶片不同节位叶龄不同而引起的, 下部叶片较上部叶片先生长, 叶龄较长, 中部叶片趋于成熟时下部叶龄较大, 而上部尚未生长成熟, 所以会出现中间高两头低, 随着叶龄不断增大, 中下部叶片开始衰老, 上部叶片成熟并达到光合的最大时期, 成为名副其实的光合器官, 所以此时上部的光合值高而中、下部较低。由图 2-a、2-b、2-c 和表 1 可知, 不同节位气孔导度是不同的, 这与何晖^[3] 在对日光温室番茄气孔导度变化规律研究中结论一致。在该研究中相同的 PAR 情况下, 气孔导度才是不同节位叶片光合大小的限制因子。

蒸腾是植物体内水分以气体状态向外散失的过程, 蒸腾作用的强弱是反映植物水分代谢的一个重要生理指标。赤霞珠葡萄不同节位蒸腾速率变化与其净光合速率变化趋势一致, 经过分析得出, 整个生长季中 V_{pdL} 、 G_s 是影响其变化的主导因子, 这与前人的研究结果一

致^[8,9]。5 月份所有影响 Tr 的因子中, 只有 V_{pdL} 和 G_s 与 Tr 相关性显著; 后面 8、9 月份所有影响因子中, T_a 、 RH 和 T_l 对 Tr 的相关性有所提高, V_{pdL} 、 G_s 的相关性仍显著或极显著。说明在 PAR 恒定情况下叶片从开始生长到成熟的过程中, V_{pdL} 、 G_s 为限制蒸腾速率的最主要影响因子, T_a 、 RH 和 T_l 也会成为影响蒸腾速率的主要因子。

参考文献

- [1] 李华. 葡萄集约化栽培手册[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001.
- [2] 刘廷松, 李桂芬. 设施栽培条件下葡萄盛花期的光合特性[J]. 园艺学报, 2003, 30(5): 568-570.
- [3] 刘存宏, 徐玉芳, 贾志军, 等. 18 个葡萄品种的光合特性比较[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 404-406.
- [4] 刘世秋, 张振文, 惠竹梅, 等. 干旱胁迫对酿酒葡萄赤霞珠光合特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(5): 169-172.
- [5] 刘庆忠, 董合敏, 刘鹏, 等. 板栗的光合特性研究[J]. 果树学报, 2005, 22(4): 335-338.
- [6] 杨江山, 常永义, 种培芳. 樱桃不同节位叶片光合特性与解剖特征比较研究[J]. 果树学报, 2005, 22(4): 323-326.
- [7] 张光华, 葛会波, 李青云, 等. 草莓不同叶位叶片光合特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(4): 37-39.
- [8] 韩烈保, 胡九林, 杨永利, 等. 白三叶草坪蒸散和光合蒸腾速率日变化研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1): 22-25.
- [9] 佟长福, 郭克贞, 史海滨, 等. 环境因素对紫花苜蓿叶水势与蒸腾速率影响的初步研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 152-155.

Study of Photosynthetic Physiological Characteristics of *Vitis vinifera*

FANG Lin¹, ZHANG Zhen-wen^{1,2}, JIA Yuan-yuan³, YUE Tai-xin¹

(1. College of Enology, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Research Center for Viti-Viniculture of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Life Sciences, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The variation of the relationship between P_n and physioecological factors of the *Vitis vinifera* L. cv cabernet sauvignon were studied with LI-6400 portable photosynthesis system at different leaf position in different times. The results showed that, the P_n of cabernet sauvignon was single peak curve from May to September at different leaf position, the biggest P_n was the 6th leaf position at May, and peak was moving to the up position leaves with the time. The relationship between P_n of different leaves position and mainly physioecological factors was very close under the same treatments with PAR. P_n had the greatly significant positive correlation with G_s of leaves. The Tr of Cabernet Sauvignon was single peak curve from May to September at different leaf position, Tr had the significant positive correlation with V_{pdL} and G_s , that was to say the V_{pdL} and G_s were main factors effect the Tr .

Key words: *Vitis vinifera*; photosynthesis; ecological characteristics