

不同叶幕类型对‘赤霞珠’葡萄产量与果实品质的影响

杨君¹, 陈黄墨¹, 李俊楠¹, 任瑞华¹, 宁鹏飞², 张振文^{1*}

(¹西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100; ²山西尧京酒业有限公司, 山西临汾 041500)

摘要:【目的】探讨直立叶幕和V形叶幕对酿酒葡萄‘赤霞珠’果实品质以及产量的影响, 以期为建立合理的酿酒葡萄栽培架式提供参考。【方法】通过温湿度计对不同叶幕类型下果实表面的温度和湿度进行监测, 使用便携式光合仪测量叶片的光合指标, 测定成熟果实的产量以及品质指标, 对葡萄果皮中花色苷代谢途径中相关基因进行qRT-PCR荧光定量验证, 分析不同叶幕形对赤霞珠产量以及果实品质的影响。【结果】V形叶幕拥有着较好的通风散热能力, 在转色期与成熟中期, V形叶幕叶片的净光合速率显著高于直立形叶幕。V形叶幕平均单株产量和可溶性固形物含量分别比直立叶幕显著提高了20.57%和6.34%, 且果实着色较好, 两种叶幕形下果皮总酚、总类黄酮、总单宁含量差异不显著, 但V形叶幕果皮的总黄酮醇、总花色苷含量分别比直立形叶幕高9.16%和12.92%; V形叶幕下葡萄果皮花色苷代谢途径中相关基因的表达量高于直立形叶幕。【结论】与直立形叶幕相比, V形叶幕在保证葡萄果实品质的同时, 又提高葡萄果实产量。

关键词: ‘赤霞珠’葡萄; V形叶幕; 直立形叶幕; 果实品质; 产量

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2020)02-0235-09

Effects of canopy types on yield and berry quality of ‘Cabernet Sauvignon’

YANG Jun¹, CHEN Huangzhao¹, LI Junnan¹, REN Ruihua¹, NING Pengfei², ZHANG Zhenwen^{1*}

(¹College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; ²Chateau Yaoking, Linfen 041500, Shanxi, China)

Abstract: 【Objective】Raw grapes are the key to determine the quality of wine, and the grape maturity is mainly affected by many factors such as variety, temperature, light, moisture, and cultivation measures. Reasonable field cultivation management can increase the yield and quality of grapes. Environmental indicators like canopy temperature and light intensity are the main factors affecting the growth and development of grapevine. A reasonable canopy can improve the light and temperature conditions of grape microdomains and regulate the vegetative growth and reproduction of the vines. Vertical and Y-shaped trellising systems are most commonly used as a vine-growing practice in China. The cordon position of vertical trellising system makes it easier for mechanical operation and vine burial for overwintering, while V-shaped canopy is more vigorous and has better berry quality. It has the characteristics of high plant density and high yield, and is mostly used in the cultivation of fresh grapes. Compared with other cultivation techniques, changing the structure of foliage to regulate the microclimate of grape berries and improving the yield and berry quality are the simplest and feasible technologies. The purpose of this study was to investigate the effects of vertical and V-shaped canopy on cluster micro-environment, yield and berry quality. 【Methods】V-shaped and vertical trellis systems were applied in commercial vineyards of ‘Cabernet Sauvignon’. The temperature and humidity around the cluster were collected in 2018. The leaf photosynthetic indexes were measured from June to September 2018. The effects of canopy types on photosynthesis, transpiration, the intercellular CO₂ concentration and stomatal con-

收稿日期: 2019-05-06 接受日期: 2019-12-05

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-29-zp-6); 杨凌示范区农业科技示范推广能力提升项目(2018-GG-11)

作者简介: 杨君, 女, 硕士, 研究方向为葡萄栽培与葡萄酒酿造。Tel: 18729505629, E-mail: yangjun@nwfafu.edu.cn

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13991879905, E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn

ductance were determined at five stages during berry ripening. The external appearance, sugar, acidity, flavor compounds and seven anthocyanin-related genes were quantified at ripening stage.【Results】The results showed that the ratio of high temperature and the variations in humidity and temperature decreased around the cluster of V-shaped canopy, especially in July and August. Light environment was important for the yield and quality of grape berries. V-shaped canopy resulted in significantly larger sizes of single cluster. The yield of V-shaped canopy was higher than that of vertical canopy by 20.57%. The soluble solids and reducing sugar contents with V-shaped canopy were significantly higher. The pH values of the two canopy types were similar. The berry color of V-shaped canopy was brighter and deeper. The contents of total flavanols and anthocyanins increased in grape skin with V-shaped system by 9.16% and 12.92%, respectively. The gene expression related to anthocyanin metabolism pathway was up-regulated with V-shaped canopy.【Conclusion】V-shaped canopy effectively regulated the micro-environment around clusters and could be applied to increase the yield of wine grape, and guarantee the quality of grape berries simultaneously.

Key words: ‘Cabernet Sauvignon’ grape; V-shaped canopy; Vertical canopy; Berry quality; Yield

原料是决定葡萄酒质量的关键因素,主要受品种、温度、光照、水分、栽培措施等因素影响,合理的田间栽培管理方式能在保证葡萄浆果品质的同时增加产量。叶幕温度、光照强度等环境指标是影响果树生长发育的主要因素^[1],合理的架叶幕形能够改善葡萄果实微域光照与温度条件,调节树体营养生长与生殖生长,对葡萄果实品质和产量有重要影响^[2-3]。葡萄生产上以篱形架和 Y 形架应用最多,其中篱形架的架面与地面垂直或略倾斜,形成直立形叶幕,易于机械化操作和埋土防寒^[4]。Y 形架新枝呈 V 形,枝叶分布均匀,形成 V 形叶幕,能有效提高葡萄植株的光能截获率,提升叶片质量,具有栽植密度大、产量高等特点,多应用于鲜食葡萄的栽培中^[5-8]。

通过架式改变叶幕类型从而调控葡萄产量是一种简单易行的方法,更易被栽培者运用,当前很少有人将 Y 形架运用到酿酒葡萄的栽培管理中。本研究以篱形架直立形叶幕与 Y 形架 V 形叶幕为研究对象,以酿酒葡萄赤霞珠为试材,对不同叶幕类型下果实微环境以及叶片光合能力进行比较,探讨不同叶幕类型对赤霞珠产量以及果实品质的影响,从而寻求能提高酿酒葡萄产量但又不降低果实品质的最佳叶幕形。

1 材料和方法

1.1 试验材料与处理

试验地点选择山西省襄汾县尧京酒庄(35.93°N, 111.57°E),海拔 500~600 m,基本处平原地区。该地区属温带季风气候,暖热多雨,雨热同季。年均气温 11.5 °C,年降雨量 550 mm 左右,无霜期 185

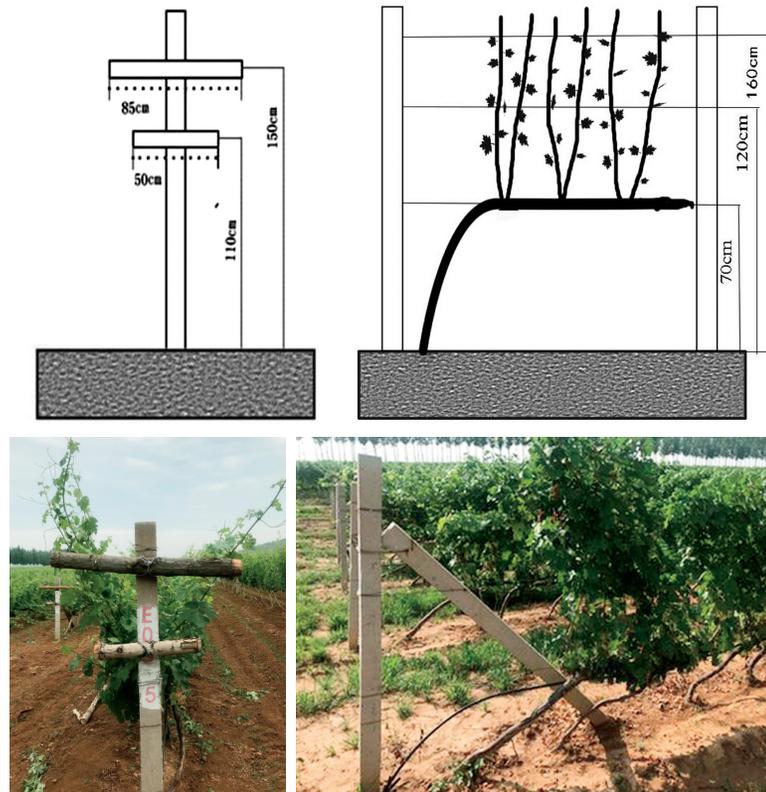
d。试验所用葡萄植株为 2012 年定植的‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’)自根苗,南北行向,行间距为 3 m,株距为 1 m,直立形叶幕(vertical canopy),短枝修剪,葡萄园采用半机械化管理。田间试验于 2018 年进行。

2018 年春季对试验园部分单篱架加以改造,通过搭 Y 形架使葡萄新梢向两边绑缚形成 V 形叶幕(V-shaped canopy),并与篱形架所形成的直立叶幕(Vertical canopy)进行对比(图 1)。两种架形均从新梢发育开始(2018 年 5 月 1 日)控制留梢量,每株平均留 10 个新梢,每个新梢留 2 个果穗,每株共计 20 个果穗。

篱形架和 Y 形架各 48 株,均种植 1 行。在生长期,园地土肥水管理一致。将每种叶幕类型分成 4 个小区(每小区 12 株),自转色期(7 月 25 日,花后 63~77 d)至成熟期(9 月 20 日,花后 133 d),每 14 d 随机采集两种叶幕下的果穗各 100 个果粒,测定可溶性固形物和可滴定酸含量,绘制成熟曲线判断果实采收期。在果实成熟采收时,采样并进行相关指标的测量。

1.2 方法

1.2.1 果实表面温湿度测量 2018 年 6 月 17 日(浆果膨大期)在篱形架和 Y 形架果实区域处分别安装温湿度仪(RC-4HC),每隔 1 h 读 1 次数据,实时监测果实表面温湿度,直至果实成熟。计算 2018 年 7—8 月两种叶幕形态下果实表面的每月有效积温;统计每个月最高温与最低温,计算每个月最高温与最低温之差获取极温差;在 7、8 月分别计算 ≥ 35 °C 的高温时长(h)所占该月总时长(h)的比例。



A. Y形架模式图; B. 篱形架模式图; C. Y形架实际图; D. 篱形架实际图。

A. The pattern diagram of Y-shaped frame; B. The pattern diagram of vertical frame; C. The actual diagram of Y-shaped frame; D. The actual diagram of vertical frame.

图1 Y形架与篱形架模式

Fig.1 The pattern diagram of Y-shaped frame and vertical frame

统计每个月果实表面的日平均最大湿度与最小湿度;分别计算湿度 60%~80%、 $\geq 80\%$ 的湿度时间与总时间之比,获取湿度比例。

1.2.2 叶片光合指标测量 在两种叶幕形态下,于新梢的第7~9节位处选定各5片叶片,选择晴朗的上午(9:00—11:00 am),分别于浆果膨大期(6月17日)、成熟初期(8月16日)、成熟中期(8月23日)、成熟后期(8月31日)、采收前10 d(9月7日)使用便携式光合仪 Li-6400 测定所选取叶片的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)以及蒸腾速率(T_r)。

1.2.3 葡萄果实理化指标测定 在葡萄成熟时,每个处理按照“S”形分别选取12株树。每个树分别在阴面与阳面的上、中、下部各选一穗葡萄,共选取72穗葡萄,在每穗葡萄上均匀选取3个果粒,共计216粒。将其放在 $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下速冻,用于测量基因表达量;在每个果穗上、中、下均匀的选取9粒葡萄,每个叶幕下果粒共计648粒。立即带回实验室,将其放置在 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下保存,用于测量果实品质等相关指标。每个处理随机选取30株,对果穗

全部进行采摘并称重,计算单株平均产量^[9]。

每个叶幕类型随机选取20穗葡萄,测其穗长、穗宽以及穗重,百粒重、纵径、可溶性固形物、pH值、色度均采用新鲜果实,其余指标测定均取冷冻样品。利用天平随机取新鲜果粒测其百粒重;使用游标卡尺测量果实纵径;从中取30粒浆果榨汁,通过斐林试剂滴定法测定还原糖含量^[10];利用酸碱滴定法($0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaOH}$)测定可滴定酸,并以酒石酸计^[11];采用ST 2100通用实验室pH计(OHAUS, American)测定pH值,使用TD-45数字糖度计(TOP,浙江,中国)测定果实可溶性固形物含量,各个测量指标3次重复。

1.2.4 葡萄果实色度的测定 每个叶幕类型下选取50粒果实,用色度仪 Colorimeter(Ci7600)测量果实表皮的 L^* 、 a^* 、 b^* 值并计算 C^* 值,其中 L^* 表示亮度, a^* 表示红绿值,正值时代表红色, b^* 值代表黄蓝值,正值代表黄色,负值代表蓝色, C^* 代表色泽饱和度, $C^{*2}=a^{*2}+b^{*2}$,值越大表示颜色越纯正^[12]。

1.2.5 葡萄酚类物质含量的测定以及qRT-PCR荧光定量 成熟葡萄果皮中总酚类物质的测定采用

福林-肖卡法^[13];总花色苷含量的测定采用 pH 示差法^[14];总类黄酮含量采用亚硝酸盐-氯化铝法进行测定^[15],采用 p-DMACA-盐酸法测定总黄烷醇含量^[16]。以 *VvAction* 基因为内参,对葡萄果皮中花色苷代谢途径中相关基因 *VvCHS3*、*VvCHI1*、*VvF3'5'H*、*VvDFR*、*VvUGT* 进行 qRT-PCR 荧光定量^[17]。

1.3 数据处理

数据采用 Excel 2010 以及 SPSS Statistics 17.0 软件进行统计分析, $p < 0.05$ 表示差异显著,运用 Origin 8.5 进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同叶幕类型对温湿度和叶片光合的影响

2.1.1 不同叶幕类型对果实温湿度的影响 两种叶幕类型果实表面的温度监测发现,直立叶幕果实表面出现较多的极限高温(图 2),7 月份直立叶幕果实表面的温度在 27.96 °C 波动,V 形叶幕温度在 26.03 °C 波动,直立叶幕果实表面的日平均温度波动明显大于 V 形叶幕,且直立叶幕果实表面的日平均温度高于 V 形叶幕。8—9 月份,两种叶幕形果实表面温度日变化趋势相同,但整体上直立叶幕果实

表面日温度高于 V 形叶幕。

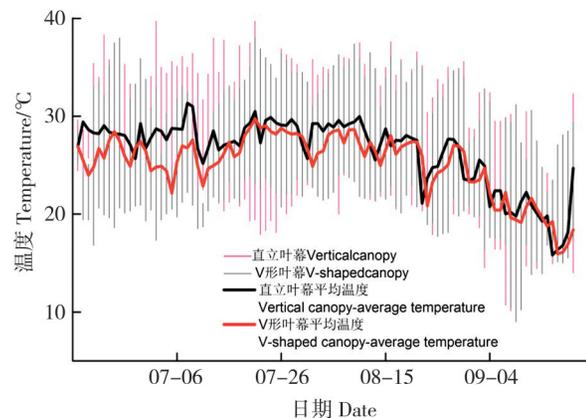


图 2 不同叶幕类型对果实表面温度的影响

Fig. 2 Effect of different canopy types on the temperature of grape fruit

在高温月份(7—8 月),直立叶幕果实表面的月平均温度均高于 V 形叶幕,直立叶幕果实表面的最高温度为 39.70 °C,比 V 形叶幕高 2.70 °C(表 1);7 月直立形叶幕果实表面的日平均最高温度比 V 形叶幕日平均最高温度高 3.27 °C,V 形叶幕果实表面出现高于 35 °C 高温的比例比直立叶幕低 42.4%;8

表 1 不同叶幕类型对 7—8 月最高温、最低温以及高于 35 °C 比例的影响

Table 1 Effect of different canopy types on the minimum temperature, maximum temperature and the ratio of temperature higher than 35 °C around grape fruit from June to August

时间 Time	处理 Treatment	最低温 Minimum temperature/°C	最高温 Maximum temperature/°C	极温差 Polar temperature difference/°C	≥35°C 的时长(h) 比例 Percentage of temperature exceeding 35°C	平均温度 Average temperature/°C
7 月 July	直立叶幕 Vertical	17.90	39.70	21.80	5.36	28.96
	V 形叶幕 V-shaped	17.30	37.00	19.70	3.09	26.03
8 月 August	直立叶幕 Vertical	18.60	38.80	21.20	3.28	28.02
	V 形叶幕 V-shaped	18.30	36.20	18.90	1.02	26.33

月直立叶幕果实表面最高温度比 V 形叶幕高 2.60 °C,V 形叶幕果实表面出现高于 35 °C 高温的比例比直立叶幕低 68.9%。在高温月份,直立形叶幕果实表面的平均最高温度均高于 V 形叶幕。

直立叶幕果实表面的最大湿度较多,且日平均湿度均大于 V 形叶幕(图 3)。7 月,直立叶幕果实表面湿度在 60%~80%所占的比例为 77%,V 形叶幕所占比例为 55%,V 形叶幕果实表面湿度分布在 60%~80%的比例比直立叶幕低 28.60%。8 月,两种叶幕形态果实表面拥有着相同的湿度变化趋势,但整体而言,V 形叶幕果实表面的湿度低于直立形叶幕。

2.1.2 不同叶幕形对叶片光合作用的影响 选择晴朗天气于上午 9:00—11:00 对两种叶幕形下葡萄叶片的净光合能力(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度

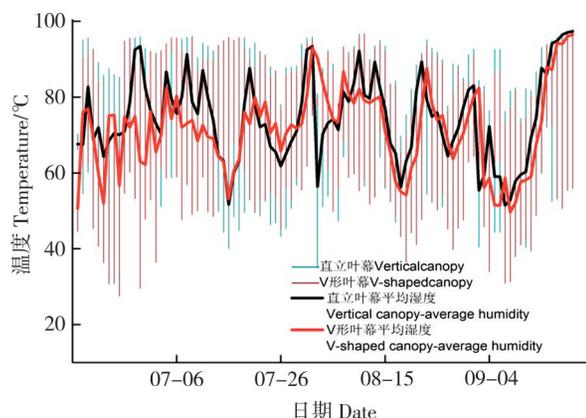
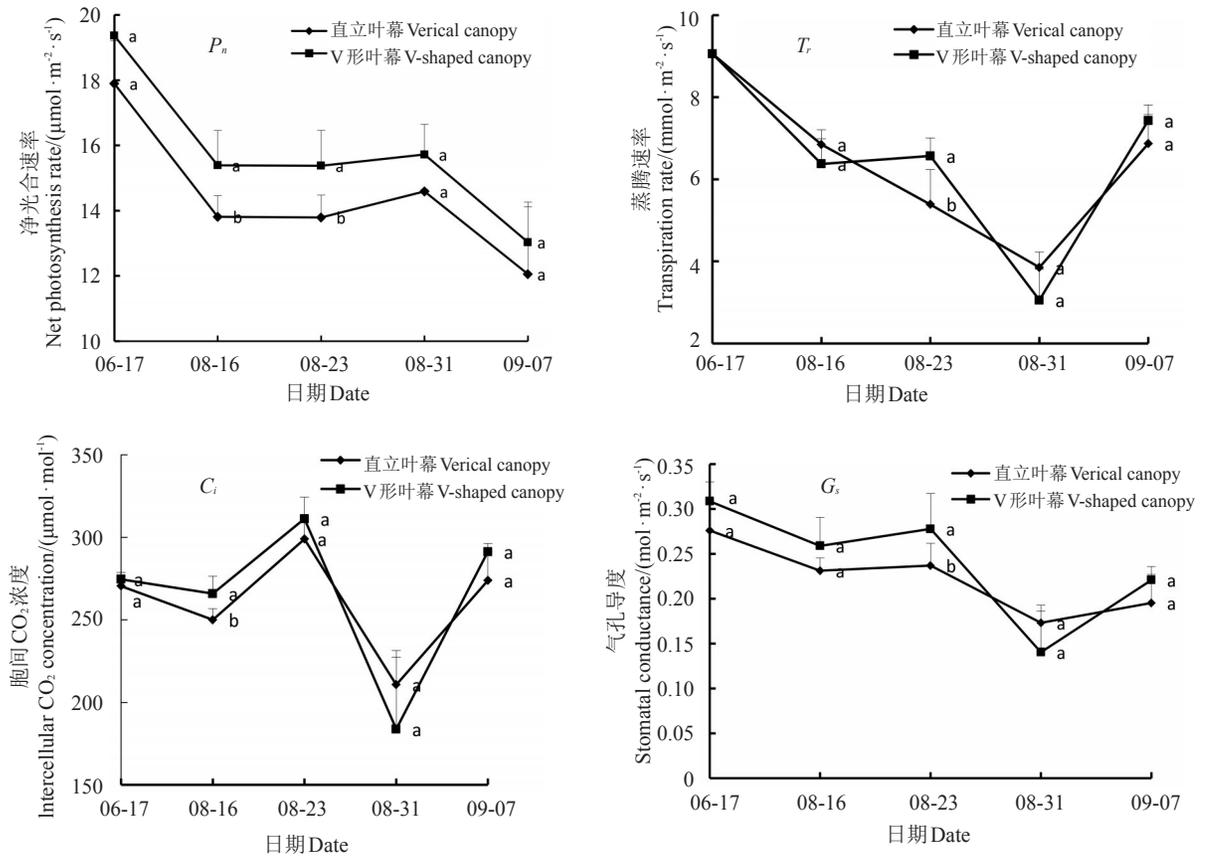


图 3 不同叶幕类型对果实微域湿度的影响

Fig. 3 Effect of different canopy types on fruit micro-humidity

(C_i)、气孔导度(G_s)进行测量。结果如图4所示,葡萄成熟过程中,两种叶幕形净光合速率均有逐渐降低的趋势,但V形叶幕叶片净光合速率均高于直立叶幕。在成熟初期(8月16日)与成熟中期(8月23日),V形叶幕净光合速率分别比直立叶幕显著高11.42%,和11.51%;此外,在成熟初期V形叶幕

胞间 CO_2 浓度较直立叶幕显著高 6.34%。成熟中期,V形叶幕的蒸腾速率和气孔导度分别比直立叶幕形显著提高 21.90%和 17.26%。在成熟后期(8月31日),V形叶幕净光合速率仍高于直立叶幕,但是差异不显著,两种叶幕形蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度、气孔导度均达到最低值。



不同小写字母表示在 $p < 0.05$ 水平下差异显著,下同。

The different letters in the same row indicate significant difference at $p < 0.05$ level. The same below.

图4 不同叶幕类型对葡萄叶片净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度、气孔导度的影响

Fig. 4 Effects of different canopy types on the net photosynthesis rate, transpiration rate, the intercellular CO_2 concentration and stomatal conductance

2.2 不同叶幕类型对成熟果实品质的影响

2.2.1 不同叶幕类型对成熟果实物理指标的影响 V形叶幕果穗平均穗宽比直立叶幕宽 1.22 cm;V形叶幕平均单株产量比直立叶幕高 20.57%;

V形叶幕每百粒果实质量比直立叶幕重 26.81 g (表2)。V形叶幕的穗宽、穗重、百粒重均显著高于直立叶幕,V形叶幕相比于直立叶幕具有着较高的产量。

表2 不同叶幕类型对成熟果实物理指标的影响

Table 2 Effects of different canopy types on physical index in grape

处理 Treatment	穗长 Cluster length/cm	穗宽 Cluster width/cm	单株产量 Yield per plant/kg	百粒重 100 berry mass/g	果实纵径 Vertical diameter/cm
直立叶幕 Vertical canopy	12.48±0.79 a	4.90±12.78 b	2.09±0.26 b	125.41±0.36 b	1.2±1.05 a
V形叶幕 V-shaped canopy	12.22±0.76 a	6.12±9.09 a	2.52±0.18 a	152.22±0.73 a	1.4±1.05 a

2.2.2 不同叶幕类型对成熟果实基本理化指标的影响 对两种叶幕形下成熟果实的基本理化指标进

行测量(表3),V形叶幕果实的可溶性固形物含量和还原糖含量分别比直立叶幕高出6.34%、5.24%;V

表3 不同叶幕类型对成熟果实基本理化指标的影响

Table 3 Effects of different canopy types on basic physical and chemical indicators in grape

处理 Treatment	ρ (还原糖) Reducing sugar/(g·L ⁻¹)	ρ (可滴定酸) Titratable acid content/(g·L ⁻¹)	pH	w(可溶性固形物) Soluble solids concentration/%
直立叶幕 Vertical canopy	197.17±1.59 b	5.10±0.04 b	4.28±0.05 a	20.23±0.12 b
V形叶幕 V-shaped canopy	207.50±2.16 a	5.80±0.08 a	4.18±0.08 a	21.60±0.03 a

形叶幕可滴定酸含量比直立叶幕高13.73%,但两者差异显著;直立叶幕和V形叶幕的pH值无显著区别。

2.2.3 不同叶幕类型对成熟果实色泽的影响 色泽是在葡萄在生长过程中判断其是否成熟的重要指标,两种叶幕形下的果实亮度 L^* 值没有显著性差异,V形叶幕下果实相比于直立形叶幕果实的红色度 a^* 值深40.65%,且两者差异显著,两者的黄色度 b^* 值以及色泽饱和度 C^* 值无显著性差异(表4)。

2.2.4 不同叶幕类型对成熟果皮酚类物质的影响 两种叶幕类型下葡萄果皮的总酚、总单宁、总类黄

表4 不同叶幕类型对果实色泽的影响

Table 4 Effects of different canopy types on fruit color

处理 Treatment	L^*	a^*	b^*	C^*
直立叶幕 Vertical canopy	36.18±1.35 a	1.55±0.19 b	4.01±1.13 a	4.30±9.3 a
V形叶幕 V-shaped canopy	37.98±0.85 a	2.18±0.07 a	3.19±0.43 a	3.86±2.46 a

酮、总花色苷含量无显著性差异,其中V形叶幕葡萄果皮的总花色苷含量比直立叶幕高12.92%,两者总酚含量近乎相同;V形叶幕葡萄果皮的总黄烷醇含量显著高于直立叶幕下果皮含量的9.16%(表5)。

表5 不同叶幕类型对葡萄皮中酚类物质含量的影响

Table 5 Effects of different canopy types on the phenolics in rape grape skins

(mg·g⁻¹)

处理 Treatment	总酚 Total phenol	总单宁 Total tannin	总黄烷醇 Total flavanol	总类黄酮 Total flavonoid	总花色苷 Total anthocyanin
直立叶幕 Vertical canopy	30.37±1.68 a	27.41±0.62 a	2.73±0.07 b	36.44±2.23 a	4.49±0.62 a
V形叶幕 V-shaped canopy	30.38±5.53 a	29.12±0.98 a	2.98±0.13 a	32.99±3.82 a	5.07±0.44 a

2.2.5 不同叶幕类型对成熟果皮花色苷代谢的影响 多种基因参与花色苷的合成,其中 CHS 、 CHI 、 $F3H$ 、 DFR 、 $LDOX$,以及 $UFGT$ 等是直接编码花色苷合成途径的关键结构基因,在花色苷合成代谢过程中起着重要的作用。在果实成熟期,V形叶幕下葡萄果皮中 $VvCHS3$ 、 $VvCH11$ 、 $VvF3'5'H$ 、 $VvDFR$ 、 $VvUFGT$ 表达量均高于直立叶幕,其中,V形叶幕

下葡萄果皮 $VvCH11$ 的表达量是直立叶幕的7.86倍;V形叶幕果皮 $VvCHS3$ 和 $VvF3'5'H$ 的表达量显著高于直立叶幕,分别是直立叶幕果皮基因表达量的2.38倍和2.78倍。对于基因 $VvLDOX$,V形叶幕果皮基因的表达量为0.54,显著高于直立叶幕葡萄果皮的基因表达量,是直立叶幕果皮的2.84倍(表6)。

表6 不同叶幕类型对葡萄果皮花色苷代谢途径相关酶基因表达量的影响

Table 6 Effects of different canopy forms on related grape's gene expression in anthocyanin pathway in grape skin

处理 Treatment	$VvCHS3$	$VvCH11$	$VvF3'H$	$VvF3'5'H$	$VvDFR$	$VvLDOX$	$VvUFGT$
直立叶幕 Vertical canopy	2.1±0.25 b	0.21±0.10 b	0.06±0.01 a	0.27±0.05 b	0.01±0.02 a	0.19±0.02 b	0.3±0.09 a
V形叶幕 V-shaped canopy	5.0±1.43 a	1.65±0.18 a	0.06±0.04 a	0.75±0.20 a	0.15±0.10 a	0.54±0.04 a	0.4±0.09 a

3 讨论

3.1 不同叶幕类型对果实微域环境的影响

果实的微域环境主要包括果实周围的光环境和温湿度,叶幕可通过调节果域微环境来提高葡萄的果实品质和产量^[18]。在本研究中,直立叶幕果实周围的日平均温度均高于V形叶幕,在7、8月份,直立叶幕的日最高温度分别比V形叶幕高7.30%

和6.70%,V形叶幕表现出较好的通风散热性,这可能是与V形叶幕的叶片更多的暴露在空气中,且叶幕层与果穗分开有关,在多雨天气里,V形叶幕能增加了果穗的通风性,降低了果穗周围的湿度。在葡萄成熟过程中,V形叶幕的净光合速率大于直立形叶幕,具有较好的光能利用率,这可能是由于叶幕分开可增加叶幕上部冠层体积,使叶幕内部光照充足,改善了叶片的光环境,进而提高植株的净光

合速率^[19-20]。

3.2 不同叶幕类型对成熟果实品质的影响

葡萄果实的品质主要由外观品质、糖酸物质含量和风味物质含量决定的,外观品质主要包括穗长、穗宽、穗重、产量等^[21-22],糖酸物质含量是判断果实是否成熟的标志,酚类物质是葡萄的次生代谢物质,也是葡萄浆果中主要的风味物质^[23-24],它决定着葡萄酒的色度色调以及感官的丰富性和收敛性,花色苷和单宁是葡萄浆果中含量最丰富的酚类物质^[25-26]。葡萄是糖直接积累型果实,葡萄果实中糖分主要是由叶片中光合产物经韧皮部运输卸载到果实中^[27],葡萄叶幕的光合潜力是影响果实中可溶性固形物积累的主要原因之一^[28],叶幕张开可增加葡萄叶片的光照面积,有利于葡萄果实中可溶性固形物的积累以及果实中的糖酸平衡,从而改善果实的品质^[29]。在本试验中,V形叶幕有效的提高了叶片的净光合速率,有利于植株光合产物积累,从而增加了果实中可溶性固形物含量,也使果实的外观品质整体表现较好。高温的环境会使葡萄内部发生抗坏血酸降解反应,从而使葡萄果实中酒石酸含量降低^[30],直立形叶幕由于果实表面的温度较高,从而降低了果实的酸度。

环境因素是影响葡萄果实中酚类物质含量的重要因素之一^[31],光照强度的增加有利于葡萄果实中类黄酮物质的积累,对花色苷物质的形成有重要影响,在果实成熟期,果皮上的叶绿素逐渐分解,花色苷逐渐积累,成为主要的呈色物质^[17],果皮中的查尔酮合成酶(CHS)和查尔酮异构酶(CHI)是花色苷合成的关键酶,主要是由光诱导的^[32]。有学者研究发现高温会导致葡萄转色期光合速率降低,抑制酚类物质的合成代谢^[33-34],吴月燕^[35]研究发现高温使叶片的光合能力急剧下降,减少了葡萄次级代谢物的积累,孙永江等^[36]研究发现适当增加叶幕有利于降低高温强光对葡萄叶片光系统功能的抑制作用,降低环境因素对葡萄果实带来的伤害。在本试验中,V形叶幕葡萄果皮中花色苷含量高于直立形叶幕,果实的红色度显著高于直立形叶幕,果皮中*VvCHS3*、*VvCHI1*、*VvF3' 5'H*、*VvDFR*、*VvLDOX*、*VvUFGT*的基因表达量均高于直立形叶幕,且以*VvCHS3*、*VvCHI1*、*VvF3' 5'H*、*VvLDOX*的表达量显著高于直立形叶幕,这与V形叶幕叶幕张开,有效的增加叶片光照强度,缓解高温天气对葡萄次级代谢产物的不利影响有关。综合表明,V形叶幕可以提高葡萄产量的同时又不降低葡萄的品质。

4 结 论

在生产中,应根据地域条件,选择合适的栽培模式。对于山西晋中地区酿酒葡萄品种赤霞珠而言,采用Y形架式种植有效降低了果实周围温湿度的波动,在葡萄果实成熟过程中,提高了叶片净光合速率,葡萄果实色泽表现较好,果实中的还原糖、可溶性固形物、总花色苷、总酚、总单宁、总黄酮含量均未降低,且葡萄的百粒重、果穗宽度以及单株产量均高于篱形架直立形叶幕。相比于篱形架直立叶幕,Y形架V形叶幕能在保证葡萄果实基本品质的同时,增加了果实的产量。

参考文献 References:

- [1] 牛自勉,孙俊宝,张文和,阎和建. 叶幕微区光环境对果树生长发育的影响[J]. 中国农学通报,2015,21(12):287-289.
NIU Zimian, SUN Junbao, ZHANG Wenhe, YAN Hejian. Influence of light microclimate of canopy to the growth and development of fruit plants[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 21(12): 287-289.
- [2] BERGQVIST J, DOKOOZLIAN N, EBISUDA N. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central san joaquin valley of California[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2001, 52(1): 1-7.
- [3] FALCÃO L D, CHAVES E S, BURIN V M, FALCÃO A P, GRIS E F, BONIN V, BORDIGNON-LUIZ M T. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil[J]. Ciencia e investigación agraria, 2008, 35(3): 12.
- [4] 李华. 葡萄栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2008:149-155.
LI Hua. Viticulture[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2008: 149-155.
- [5] 罗国光. 葡萄整形修剪和设架[M]. 北京:中国农业出版社, 1998:32-45.
LUO Guoguang. Grape trimming and setting[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998: 32-45.
- [6] 何华平,龚林忠,顾霞,王富荣. 葡萄高干“Y”形栽培架式及在巨峰生产中应用[C]//葡萄产业化与标准化生产——2007年第十三届国际葡萄与葡萄酒学术研讨会论文集,2007:339-343.
HE Huaping, GONG Linzhong, GU Xia, WANG Furong. Grape high dry Y-shaped cultivation frame and its application in the production of Kyoho[C]// Proceedings of the 13th International Symposium on Viticulture and Enology, 2007: 339-343.
- [7] 张大鹏,姜红英,陈星黎,许雪峰. 叶幕微气候与葡萄生理,产量和品质形成之间基本关系的研究[J]. 园艺学报,1995,22(2):110-116.
ZHANG Dapeng, JIANG Hongying, CHEN Xingli, XU Xue-

- feng. Studies on the essential relationship between Canopy micro-climate, vine, growth, grape yield and berry quality[J]. Acta Horticulture Sinica, 1995, 22(2): 110-116.
- [8] 史祥宾, 刘凤之, 程存刚, 王孝娣, 王宝亮, 郑晓翠, 王海波. 不同叶幕形对设施葡萄叶幕微环境、叶片质量及果实品质的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3730-3736.
SHI Xiangbin, LIU Fengzhi, CHENG Cungang, WANG Xiaodi, WANG Baoliang, ZHENG Xiaocui, WANG Haibo. Effects of canopy shapes of grape on canopy micro-environment, leaf and fruit quality in greenhouse[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(12): 3730-3736.
- [9] 房玉林, 孙伟, 万力, 惠竹梅, 刘旭, 张振文. 调亏灌溉对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(13): 2730-2738.
FANG Yulin, SUN Wei, WANG Li, XI Zhumei, LIU Xu, ZHANG Zhenwen. Effects of regulated deficit irrigation (RDI) on wine grape growth and fruit quality[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(13): 2730-2738.
- [10] 王华. 葡萄与葡萄酒实验技术操作规范[M]. 西安: 西安地图出版社, 1999: 122-132.
WANG Hua. Experimental Specification of Grape and Wine[M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 1999: 122-132.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 160-162.
GAO Junfeng. Experimental guidance for plant physiology [M]. Beijing: High Education Press, 2000: 160-162.
- [12] 史祥宾, 刘凤之, 程存刚, 王孝娣, 冀晓昊, 王宝亮, 郑晓翠, 王海波. 设施葡萄不同新梢间距处理对冠层光环境及果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2018, 45(3): 436-446.
SHI Xiangbin, LIU Fengzhi, CHENG Cungang, WANG Xiaodi, JI Xiaohao, WANG Baoliang, ZHENG Xiaocui, WANG Haibo. Effects of different new shoots spacing on canopy light environment and fruit quality of grapevine under protected cultivation[J]. Acta Horticulture Sinica, 2018, 45(3): 436-446.
- [13] JAYAPRAKASHA G K, SINGH R P, SAKARIAH K K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro[J]. Food Chemistry, 2001, 73(3): 285-290.
- [14] ORAK H H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 111(3): 235-241.
- [15] PEINADO J, LOPEZ DE LERMA N, MORENO J, PEINADO R A. Antioxidant activity of different phenolics fractions isolated in must from Pedro Ximenez grapes at different stages of the off-vine drying process [J]. Food Chemistry, 2009, 114(3): 1050-1055.
- [16] LI Y G, TANNER G, LARKIN P. The DMACA - HCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1996, 70(1): 89-101.
- [17] 刘美迎. 光和外源乙烯调控葡萄果皮酚类物质合成及其机制研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
LIU Meiyong. Regulation of light and exogenous ethylene on phenolics synthesis in grape berry skins[D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2017.
- [18] 华玉波. 整形方式对赤霞珠病害和果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
HUA Yubo. Effects of training systems on disease and berry quality of cabernet sauvignon[D]. Yangling: North West Agriculture and Forestry University, 2010.
- [19] GLADSTONE E A, DOKOOZLIAN N K. Influence of leaf area density and trellis/training system on the light microclimate within grapevine canopies[J]. Vitis, 2003, 42(3): 123-132.
- [20] ABROUKH, SINOQUET H. Indices of light microclimate and canopy structure of grapevines determined by 3D digitising and image analysis, and their relationship to grape quality[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1998, 4(1): 2-13.
- [21] 张娜, 翟衡. 膨大剂对藤稔和夏黑葡萄品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012, 1: 14-17.
ZHANG Na, ZHAI Heng. Effect of growth regulators on the quality of Fujiminori and Summer Black grapevine[J]. Sino-Overseas Grapevine and Wine, 2012, 1: 14-17.
- [22] 李秀杰, 李晨, 翟衡, 屈峰, 李勃. 不同负载量对夏黑葡萄果实品质的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(8): 42-45.
LI Xiujie, LI Chen, Zhai Heng, Qu Feng, LI Bo. Effects of different loading amounts on fruit quality of summer black grape [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2015, 47(8): 42-45.
- [23] 刘笑宏, 宋一超, 刘兆宇, 杜远鹏, 翟衡. 直立/水平两种叶幕对‘摩尔多瓦’葡萄次生代谢产物含量的影响[J]. 果树学报, 2019, 36(3): 308-317.
LIU Xiaohong, SONG Yichao, LIU Zhaoyu, Du Yuanpeng, ZHAI Heng. Effect of vertical and horizontal canopy on the secondary metabolites in ‘Moldova’ grape[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(3): 308-317.
- [24] 迟明. 不同整形方式对赤霞珠葡萄果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
CHI Ming. Effect of different training systems on quality of Cabernet Sauvignon on grape berries[D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2014.
- [25] 孙晔, 张军翔. 叶幕微气候对酿酒葡萄品质影响研究进展[J]. 广东农业科学, 2014, 41(10): 30-33.
SUN Ye, ZHANG Junxiang. Research progress in impacts of canopy microclimate on quality of wine-grape[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014, 41(10): 30-33.
- [26] 张晓煜, 刘玉兰, 张磊, 马国飞, 刘静, 韩颖娟. 气象条件对酿酒葡萄若干品质因子的影响[J]. 中国农业气象, 2007, 28(3): 326-330.
ZHANG Xiaoyu, LIU Yulan, ZHANG Lei, MA Guofei, LIU Jing, HAN Yingjuan. The quality evaluation of wine grape and its respond to weather condition[J]. Chinese Journal of Agrome-

- teorology, 2007, 28(3): 326-330.
- [27] 谢兆森, 王世平, 许文平. 葡萄果实中的糖分积累和调控[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(4): 785-790.
XIE Zhaosen, WANG Shiping, XU Wenping. Accumulation of sugars and their regulation in grape berries[J]. Plant Physiology Communications, 2008, 44(4): 785-790.
- [28] PALLIOTTI A, TOMBESI S, SILVESTRONI O, LANARI V, GATTI M, PONI S. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 178: 43-54.
- [29] KOSHITA Y, YAMANE T, YAKUSGIJI H, AZUMA A, MITANI N. Regulation of skin color in ‘Aki Queen’ grapes: interactive effects of temperature, girdling, and leaf shading treatments on coloration and total soluble solids[J]. Scientia horticulturae, 2011, 129(1): 98-101.
- [30] WAGNER G, LOEWUS F A. L-ascorbic acid metabolism in vitaceae: conversion to (+)-tartaric acid and hexoses[J]. Plant Physiology, 1974, 54(5): 784-787.
- [31] TARARA J M, LEE J, SPAYD S E, SCAGEL C F. Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot grapes[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2008, 59(3): 235-247.
- [32] 黄敬寒, 温可睿, 潘秋红, 段长青, 王军. 环境条件和栽培技术对葡萄花色苷生物合成的影响(上)—环境条件对葡萄花色苷生物合成的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2011, 9: 71-76.
HUANG Jinghan, WEN Kerui, PAN QiuHong, DUAN Changqing, WANG Jun. Effects of environmental conditions and cultivation techniques on anthocyanin biosynthesis in grapes—Effects of environmental conditions on anthocyanin biosynthesis in grapes [J]. Sino-Overseas Grapevine and Wine, 2011, 9: 71-76.
- [33] 张睿佳, 李瑛, 虞秀明, 娄玉穗, 许文平, 张才喜, 赵丽萍, 王世平. 高温胁迫与外源油菜素内酯对‘巨峰’葡萄叶片光合生理和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2015, 32(4): 590-596.
ZHANG Ruijia, LI Ying, YU Xiuming, LOU Yusui, XU Wenping, ZHANG Caixi, ZHAO Liping, WANG Shiping. Effects of heat stress and exogenous brassinolide on photosynthesis of leaves and berry quality of ‘Kyoho’ grapevine[J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32(4): 590-596.
- [34] COHEN S D, TARARA J M, KENNEDY J A. Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 621(1): 57-67.
- [35] 吴月燕. 高温胁迫对藤稔葡萄生长结果的影响[J]. 果树学报, 2001, 18(5): 280-283.
WU Yueyan. Influence of high temperature stress on the growth and development of Fujiminoir grape variety[J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(5): 280-283.
- [36] 孙永江, 杜远鹏, 翟衡. 高温胁迫下不同光强对‘赤霞珠’葡萄 PSII 活性及恢复的影响[J]. 植物生理学报, 2014, 50(8): 1209-1215.
SUN Yongjiang, DU Yuanpeng, ZHAI Heng. Effects of different light intensity on PSII activity and recovery of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon leaves under high temperature stress[J]. Plant Physiology Journal, 2014, 50(8): 1209-1215.