



遮阳网对酿酒葡萄果实及葡萄酒品质的影响

刘 敏¹, 成正龙², 张晋升¹, 鞠延仑¹,
房玉林^{1,3*}, 孟江飞^{1,3}, 张振文^{1,3}

(1 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西杨陵 712100; 2 新疆瑞泰青林酒业有限责任公司, 新疆和硕 841200; 3 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西杨陵 712100)

摘 要: 遮阳网可以通过调节微气候来影响果树的生长和果实的发育。该试验以酿酒葡萄‘赤霞珠’和‘西拉’为材料, 于 2015 年在新疆和硕进行遮阳网试验, 处理时间为转色期(8 月 5 日)至采收前 12 d(9 月 5 日), 探究遮阳网对酿酒葡萄果实和相应葡萄酒相关品质指标的影响。结果表明: (1) 遮阳网显著降低了日均温度、光照强度和光合有效辐射, 增加了日均湿度, 有效改善了葡萄生长的微气候。(2) 与露地相比, 遮网处理使葡萄果实的横径、纵径和单果重都有所增加; 能够显著抑制葡萄果实糖分的过快积累和有机酸的快速降解, 进而降低葡萄酒酒精度; 能够显著提高葡萄果实和葡萄酒中总酚和总单宁含量, 并显著降低总花色苷和总类黄酮含量。(3) 采用 HPLC 法在葡萄和葡萄酒中共检测出 9 种单体花色苷, 在‘赤霞珠’果实中除花青素-3-葡萄糖苷外, 其余 8 种单体花色苷的含量都是露地对照高于遮阳网处理, 在‘西拉’果实中除二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷外, 其余 8 种单体花色苷也是露地对照高于遮阳网处理。研究结果为解决炎热产区生产中葡萄成熟过快、葡萄酒酒精度过高等问题以及提高酿酒葡萄和葡萄酒品质具有一定的实际指导意义。

关键词: 遮阳网; 气候变暖; 酿酒葡萄; 成熟期; 酚类物质; 花色苷

中图分类号: Q945.79; Q945.6⁺5 **文献标志码:** A

Influence of Shading Net on Qualities of Cabernet Sauvignon and Syrah Berries and Wines

LIU Min¹, CHENG Zhenglong², ZHANG Jinsheng¹, JU Yanlun¹,
FANG Yulin^{1,3*}, MENG Jiangfei^{1,3}, ZHANG Zhenwen^{1,3}

(1 College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Xinjiang Ruitai Qinglin Wine Co., Ltd, Heshuo, Xinjiang 841200, China; 3 Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The shading net can affect the growth of fruit tree and the development of berry by adjusting the microclimate. Experiments were conducted in Heshuo (Xingjiang) in 2015, using *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon and *Vitis vinifera* L. cv. Syrah as materials. Treating time was from veraison (August 5th) to 12 days before harvest (September 5th). The results showed that: (1) the shading net decreased the daily average temperature, illumination intensity and photosynthetically active radiation, and increased the daily average humidity, effectively improving the microclimate of grapevine growing. (2)

收稿日期: 2017-03-27; **修改稿收到日期:** 2017-08-30

基金项目: 优质特色酿酒葡萄生产精准水肥调控研究(K3380217022); 国家现代农业(葡萄)产业技术体系建设专项(cars-29-zp-6); 陕西省重大农技推广服务试点资助项目; 杨凌示范区农业科技示范推广基地

作者简介: 刘 敏(1983—), 女, 在读博士研究生, 主要从事酿酒葡萄栽培生理与生态学研究。E-mail: liumin272@163.com

* 通信作者: 房玉林, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事酿酒葡萄栽培生理与生态学研究。E-mail: fangyulin@nwsuaf.edu.cn

The transverse diameter, the vertical diameter and the fruit weight of grape berry treated with shading net were increased. The shading net effectively inhibited the excessive accumulation of sugar and the rapid degradation of organic acids in grape berry, and reduced the alcohol content in wine. The contents of total phenol and tannin were increased, and the contents of total anthocyanin and flavonoid in grape berries and wines were decreased in treatment group. (3) Nine kinds of monomeric anthocyanins were detected in grape and wine with HPLC. Except anthocyanin-3-glucoside, the other 8 kinds of monomeric anthocyanins in Cabernet Sauvignon berry and wine were lower in shading treatment than those in the control, while in Syrah berry and wine, the monomeric anthocyanins were also lower in shading treatment, except dimethoxy-3-coumaroylated glucoside. Due to global warming, this study is helpful to alleviate the problems of rapid ripening of grape berry, and high alcohol content of wine in hot wine regions, and is meaningful to improve the qualities of grape and wine.

Key words: shading net; global warming; wine grape; mature period; phenolic compounds; anthocyanin

过去几十年中,全球气候变暖导致许多葡萄酒产区的葡萄提前成熟,表现为糖分过量或过快积累,最终导致葡萄酒酒精度提高^[1-4]。随之而来的问题还有葡萄果实酸度低、pH 值高和非典型香气(如过熟味、果酱味)的产生^[5]。如何延缓葡萄果实的成熟,提高葡萄和葡萄酒品质,成为炎热产区亟待解决的重要问题之一。

遮阳网具有提高环境湿度以及降低光照强度、水分蒸发量和环境温度等作用,可以通过改善微气候条件来影响果树的生长和果实的发育^[6]。在猕猴桃^[7-8]、梨^[9]、桃^[10]、黑醋栗^[11]等果树栽培中应用遮阳网可以不同程度地提高果树产量和果实品质。有研究表明,遮阳网应用于鲜食葡萄栽培中可调节葡萄成熟期,而且还影响果实大小、产量、糖酸含量、耐贮性等^[9, 12-13]。目前关于遮阳网对酿酒葡萄成熟期、糖酸含量、酚类物质含量等影响的研究较少。

酿酒葡萄中酚类物质决定着葡萄酒的颜色、口感、结构和风味等感官质量。所以在确定葡萄采收期时,不仅要以糖酸比作为依据,还应充分考虑葡萄果实的酚类成熟度,可以在很大程度上增加葡萄成熟度评价的可靠性^[14]。在炎热产区,常会出现糖酸比已达到采收要求,而葡萄果实中酚类物质(如花色苷、单宁等)含量较低的现象,也就是通常所说的技术成熟度与酚类成熟度不一致。延迟采收虽然可以促进葡萄果实中酚类物质的积累^[15],但是果实含糖量会进一步提高,从而导致葡萄酒酒精度升高,可能引起苹果酸-乳酸发酵不充分或停滞^[16]。因此,本研究以酿酒葡萄品种‘赤霞珠’和‘西拉’为试验材料,研究遮阳网对微气候、果实大小、糖酸含量及葡萄果实和葡萄酒中酚类物质含量的影响,以达到在气候变暖大环境下延缓酿酒葡萄的成熟期,提高葡萄和葡萄酒中酚类物质含量的目的。

1 材料和方法

1.1 材料、试剂和仪器

实验品种为酿酒葡萄‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)和‘西拉’(*Vitis vinifera* L. cv. Syrah) 4 年生自根苗,采用单干单臂型修剪,株距 0.8 m,行距 4.0 m,南北行向。实验地点位于新疆和硕县国非酒庄葡萄园(N: 42.2°, E: 87.3°),规范化田间管理。主要试剂中硫酸铵、氢氧化钠、葡萄糖、五水硫酸铜、酒石酸钾钠、碳酸钠、氯化铝、氯化钾、醋酸钠、甲基纤维素为西安化学试剂厂产品;儿茶素、没食子酸、芦丁、二甲花翠素-3-葡萄糖苷为 Sigma 公司生产。实验仪器与设备主要包括 pH 计、离心机、超声波清洗机、恒温摇床、紫外可见分光光度计、旋转蒸发仪、温湿度记录仪、光合有效辐射计和高效液相色谱仪。

1.2 实验设计

将黑色遮阳网(宽 10 m,长 25 m,遮光率 50%)水平安装在树冠上方 50~60 cm 处,网高约 2 m,每个处理 3 行(图 1),以露地栽培为对照。处理时间为 2015 年 8 月 5 日(50%转色)到 9 月 5 日,采收时间为 9 月 17 日。实验采用随机区组设计,重复 3 次。从 8 月 8 日开始采样,每个处理随机选取 15 株葡萄树,每株树上随机选取一穗,从每穗果实上、中(前、后)、下各取 1 粒,共 60 粒,3 次重复约 180 粒,每 3 d 采样 1 次,遇雨天推迟 1 d 采样。采集的样品一部分用于基本理化指标的检测(当天测完),一部分置于一 80 ℃冰箱保存,用于酚类物质的检测。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 温湿度和光强 将温湿度记录仪挂在离地面约 1 m 高的铁丝上,监测遮阳网下和露地条件下的温湿度,0.5 h 记录 1 次。用光合有效辐射计测定



图 1 遮阳网处理
Fig.1 Shading net treatment

遮阳网内外的光照强度和光合有效辐射,每次测量选 6 个位置在同一高度进行测定,取平均值。

1.3.2 基本理化指标 还原糖含量采用斐林试剂滴定法测定,以葡萄糖计;总酸含量采用 NaOH 滴定法测定,以酒石酸计;果实粒径用游标卡尺测量(随机选取 20 粒);随机选取 100 粒果实称重,计算单果重;酒精度用密度瓶法测定;pH 值用 pH 计测定。

1.3.3 酚类物质含量 分离成熟葡萄果皮,液氮研磨后冷冻干燥机冻干,经盐酸甲醇溶液(60%甲醇+0.1%盐酸)提取,用于测定总酚、总单宁、总花色苷和总类黄酮含量,葡萄酒则直接测定。总酚含量的测定采用福林-肖卡法^[17],总单宁含量的测定采用甲基纤维素法^[18],总花色苷含量的测定采用 pH 示差法^[19],总类黄酮含量的测定采用 AlCl₃ 法^[20]。

1.3.4 单体花色苷含量 葡萄果皮单体花色苷的提取参考王贞强等^[21]的方法,略作修改。准确称取 0.5 g 葡萄果皮干粉于离心管中,加入 10 mL 含有 2%甲酸的甲醇溶液,避光超声 10 min 后摇床提取 30 min,取出后 8 000 r/min 离心 5 min,转上清于 250 mL 圆底烧瓶中(避光),重复 4 次。旋转蒸发仪 35 ℃蒸干,用流动相(A:B=9:1)定容到 10 mL。将上述提取液和葡萄酒用 0.22 μm 有机滤膜过滤后采用 HPLC 检测^[21],单体花色苷含量以二甲花翠素-3-葡萄糖苷计算。

1.3.5 葡萄酒酿造工艺 将葡萄采收后,除梗破碎,采用小容器酿造法进行发酵,温度控制在 25~28 ℃,当还原糖小于 2 g/L 时终止发酵,过滤装瓶^[22]。

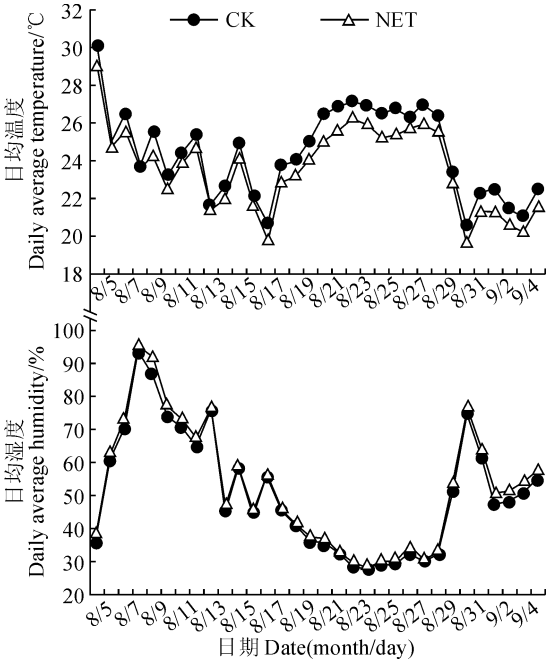
1.4 数据分析

实验数据用 SPSS 软件进行方差分析、*t* 检验和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 遮阳网对葡萄园微气候的影响

首先,遮阳网显著降低了葡萄园日均温度(成对



CK. 露地条件;NET. 遮网处理;下同
图 2 遮阳网处理下日均温度和日均湿度的变化
CK. Exposure condition; NET. Shading net treatment;
The same as below

Fig.2 Changes of daily average temperature and humidity under shading net treatment

数据 *t* 检验, $P < 0.01$),从 8 月 5 日到 9 月 5 日,露地条件下日均温度为 20.53~30.10 ℃,遮阳网内日均温度为 19.53~29 ℃,平均降幅为 0.86 ℃;同样,葡萄园日最高温度也受遮网处理影响,而且降低幅度更大,平均降低 2.8 ℃(图 2)。同时,遮阳网还显著增加了葡萄园日均湿度($P < 0.01$),露地条件下日均湿度为 27.70%~93.40%,遮阳网下日均湿度为 28.13%~95.30%,遮网处理平均增加湿度 1.88%(图 2)。另外,遮网处理使光照强度和光合有效辐射(PAR)分别降低了 51.1 W·m⁻²和 81.6 μmol·m⁻²·s⁻¹,降幅分别为 57.4%和 53.8%。

2.2 遮阳网对葡萄果实重要品质性状的影响

酿酒葡萄品种‘西拉’果粒比‘赤霞珠’大,其果实

表 1 遮阳网处理下葡萄果实直径和单果重的变化

Table 1 Diameter and weight of grape berry under shading net treatment

处理 Treatment	横径 Horizontal diameter/mm	纵径 Vertical diameter/mm	单果重 Single berry weight/g
CS-CK	12.07±0.93a	12.46±0.93a	1.16±0.07a
CS-NET	12.61±0.97a	12.76±0.94a	1.20±0.08a
SR-CK	13.60±1.37b	14.83±1.87b	1.72±0.12b
SR-NET	14.06±0.90b	15.12±1.02b	1.76±0.09b

注:CS. 赤霞珠;SR. 西拉;同列不同字母表示处理间在 0.05 水平存在显著性差异;下同

Note: CS. Cabernet Sauvignon; SR. Syrah; The different letters within the same column indicate significant difference among treatments at 0.05 level; The same as below

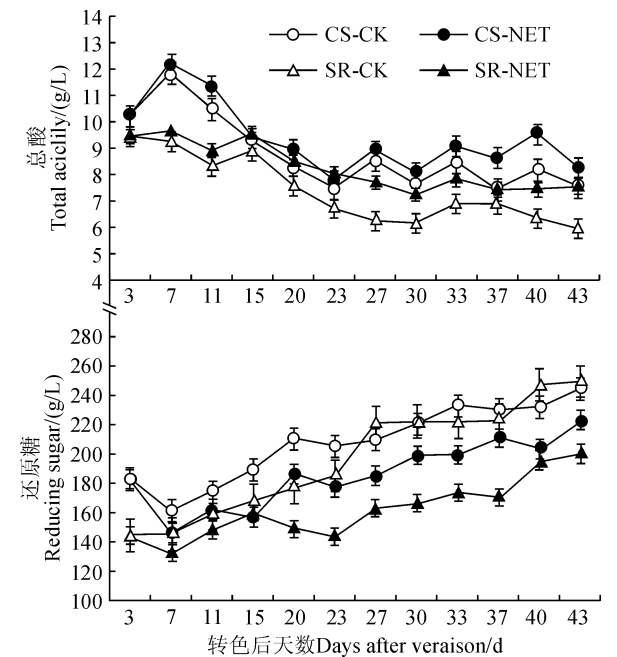


图 3 遮阳网处理下葡萄果实总酸和还原糖含量的变化

Fig. 3 Contents of total acid and reducing sugar in grape berry under shading net treatment

横径、纵径和单果重均显著高于‘赤霞珠’;在遮阳网处理后,‘赤霞珠’和‘西拉’果实的横径、纵径和单果重都有所增加,但均没有达到显著水平(表 1)。

由图 3 可知,露地栽培和遮网处理的葡萄果实中总酸和还原糖含量的变化趋势基本同步,在转色后总酸含量总体呈现下降趋势,而还原糖含量总体呈现上升趋势,但在含量上有所不同;遮网处理的果实中总酸含量显著高于对照,而其还原糖含量显著低于对照($P<0.01$),表明遮网处理具有降糖增酸的作用。

首先,‘赤霞珠’果实中总酸含量从转色后 7 d(8

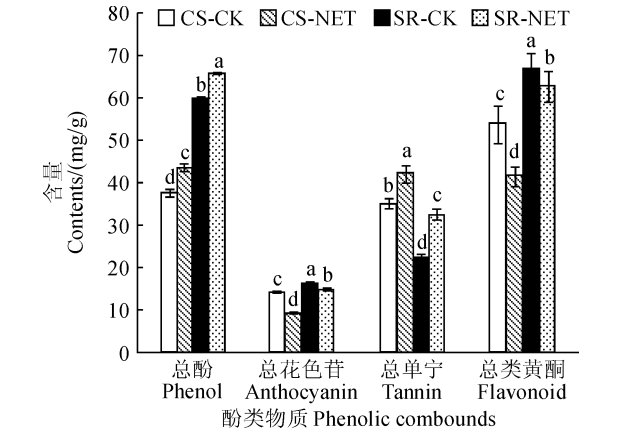


图 4 采收时各处理葡萄果实中酚类物质的含量

Fig. 4 Contents of phenolic compounds in harvest berry under different treatments

月 12 日)开始迅速下降,到转色后 23 d(8 月 28 日)之后下降速度减慢,采收时遮网处理和对照的‘赤霞珠’果实中总酸含量分别为 8.30 和 7.54 g/L;‘西拉’果实中总酸含量在转色后迅速下降,到转色后 30 d(9 月 4 日)之后下降速度减慢,采收时遮网处理和对照的‘西拉’果实中总酸含量分别为 7.54 和 6.01 g/L。

其次,随着葡萄果实的成熟,其还原糖含量不断上升。采收时,露地栽培的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中还原糖含量分别为 245.5 和 250.0 g/L,而遮网处理的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中还原糖含量分别为 223.6 和 200.7 g/L。露地栽培的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中糖分快速积累,还原糖含量分别在转色后 20 d(8 月 25 日)和 27 d(9 月 1 日)达到 200 g/L 以上;而遮网处理明显减缓了果实糖分积累的速度,遮网后‘赤霞珠’和‘西拉’还原糖含量分别在转色后 33 d(9 月 7 日)和 43 d(9 月 17 日)才超过 200 g/L,与露地栽培对照相比分别推迟了 13 和 16 d。

2.3 遮阳网对葡萄果实中酚类物质的影响

如图 4 所示,在葡萄采收时,遮网处理的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中总酚含量升高,与露地栽培对照相比分别显著增加了 5.50 和 5.64 mg/g;遮网处理还显著增加了葡萄果实中总单宁含量,遮网处理的‘赤霞珠’和‘西拉’果实含量比对照分别增加了 7.27 和 10.20 mg/g;但是,葡萄果实中总花色苷和总类黄酮含量在遮网处理后却显著降低,且总花色苷含量与总类黄酮含量呈显著正相关($r=0.963, P<0.05$)。

另外,随着果实的成熟,‘赤霞珠’和‘西拉’果实中花色苷不断积累(图 5),葡萄果实颜色逐渐加深。

其中,在酒庄的葡萄商业采收期(9月17日),处理和对照葡萄果实中还原糖含量达到200~250 g/L,潜在酒度为11.1%~13.9%,已达到成熟标准。遮网处理降低了葡萄果实中花色苷积累的速度,露地栽培的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中总花色苷含量显著高于遮网处理的果实($P<0.05$),对照与处理总花色苷含量在遮网处理7 d后就表现出了显著差异。在转色后30 d将遮阳网移除之后,‘西拉’果实中总花色苷含量迅速增加,采收时遮网处理的‘西拉果’果实中总花色苷含量达到14.74 mg/g,与露地栽培的‘西拉’果实仅相差1.30 mg/g。相反,‘赤霞珠’果实在移除遮阳网后,总花色苷含量上升缓慢,采收时总花色苷含量仅为9.08 mg/g,而露地栽培的‘赤霞珠’果实中总花色苷含量却达到14.09 mg/g。

图6显示,在葡萄果实中共检测出9种单体花色苷,分别为花翠素-3-葡萄糖苷、花青素-3-葡萄糖苷、甲基花翠素-3-葡萄糖苷、甲基花青素-3-葡萄糖苷、二甲花翠素-3-葡萄糖苷、甲基花青素-3-乙酰化葡萄糖苷、二甲花翠素-3-乙酰化葡萄糖苷、甲基花青素-3-香豆酰化葡萄糖苷和二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷。除了花青素-3-葡萄糖苷,‘赤霞珠’果实中其余8种单体花色苷的含量都是露地栽培对照高于遮阳网处理;在‘西拉’果实中,除了二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷外,其余8种单体花色苷也是露地栽培对照高于遮阳网处理。其中,露地栽培的‘赤霞珠’和‘西拉’果实中单体花色苷总量分别为335.30和1025.89 mg/kg,而遮网处理后二者单体花色苷总量分别为265.97和807.31 mg/g。

总体来说,‘西拉’果实中9种单体花色苷含量均高于‘赤霞珠’。‘赤霞珠’果实中含量最多的是二甲花翠素-3-葡萄糖苷,其次为二甲花翠素-3-乙酰化

葡萄糖苷和二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷,三者共占‘赤霞珠’单体花色苷总量的79.9%(对照)和77.7%(处理);‘西拉’果实中单体花色苷含量最多也是以上3种单体花色苷,但含量顺序为二甲花翠素-3-葡萄糖苷>二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷>二甲花翠素-3-乙酰化葡萄糖苷,三者共占‘西拉’单体花色苷总量的76.0%(对照)和81.5%(处理)。

2.4 遮阳网对葡萄酒理化指标和酚类物质的影响

表2显示,遮网处理提高了葡萄酒中总酸含量,‘赤霞珠’和‘西拉’葡萄酒中总酸含量分别比露地栽培对照增加了0.76和1.53 g/L;与露地栽培对照相比,遮网处理的‘赤霞珠’和‘西拉’葡萄酒的pH值分别降低了0.17和0.09,而酒精度分别降低了0.6和1.1个百分点;同时,与遮阳网对葡萄果实中酚类物质含量的影响趋势一致,遮网处理同样增加了

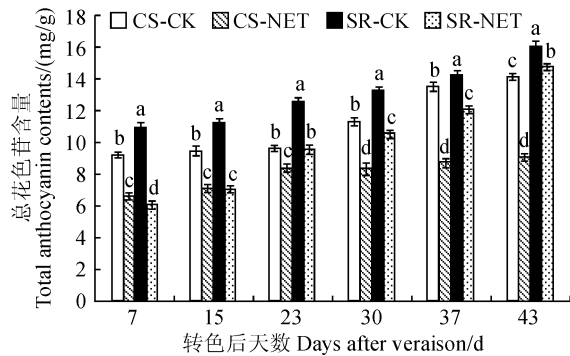


图5 各处理葡萄果实中总花色苷含量的变化
Fig. 5 Changes of total anthocyanin content in grape berry under different treatments

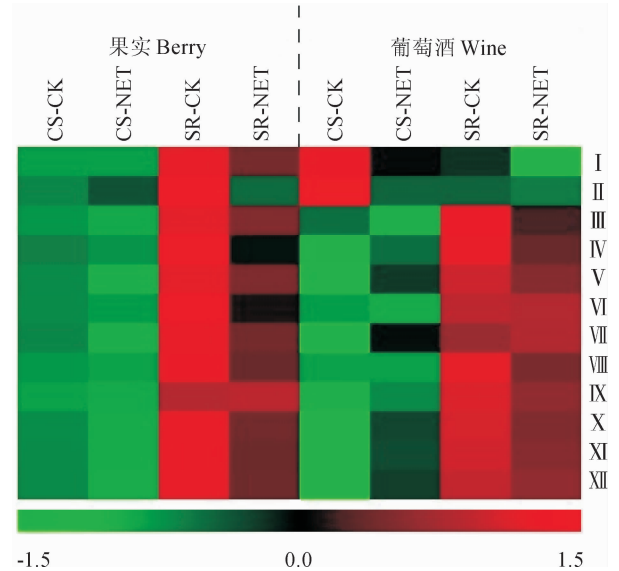


图6 各处理葡萄果实和葡萄酒中单体花色苷的含量
I. Delphinidin 3-O-glucoside; II. Cynidin-3-O-glucoside; III. Petunidin-3-O-glucoside; IV. Peonidin-3-O-glucoside; V. Malvidin-3-O-glucoside; VI. Peonidin-3-O-(6-O-acetal)-glucoside; VII. Malvidin-3-O-(6-O-acetal)-glucoside; VIII. Peonidin 3-O-(6-O-coumaryl)-glucoside; IX. Malvidin 3-O-(6-O-coumaryl)-glucoside; X. non-acylated anthocyanin; XI. acylated anthocyanin; XII. Total anthocyanin
Fig. 6 Contents of monomer anthocyanins in grape berry and wine under different treatments

表 2 葡萄酒理化指标和酚类物质含量

Table 2 Physical and chemical indicators and phenolics contents of wine

处理 Treatment	还原糖 Reducingsugar /(g/L)	总酸 Total acidity /(g/L)	pH	酒精度 Alcohol content/%	总酚 Total phenol /(mg/L)	总花色苷 Total anthocyanin /(mg/L)	总单宁 Total tannin /(mg/L)	总类黄酮 Total flavonoid /(mg/L)
CS-CK	3.20	7.54	3.27	13.0	1303.95±23.11	350.36±19.29	596.86±13.62	230.44±1.13
CS-NET	2.80	8.30	3.10	12.4	1452.07±29.23	275.19±15.81	622.50±13.88	194.44±0.56
SR-CK	2.20	6.01	3.52	12.3	1596.86±45.77	414.83±17.99	303.95±13.76	433.44±2.20
SR-NET	2.70	7.54	3.43	11.2	1622.50±36.82	325.26±16.53	452.07±14.98	307.04±1.41

葡萄酒中总酚和总单宁含量,降低了其总花色苷和总类黄酮含量。

另外,在葡萄酒中共检测出 9 种单体花色苷,种类与葡萄果实相同(图 6)。其中,在遮网处理的‘西拉’葡萄酒中,除了二甲花翠素-3-乙酰化葡萄糖苷外,其余 8 种单体花色苷含量均低于露地对照;在遮网处理的‘赤霞珠’葡萄酒中,花翠素-3-葡萄糖苷、花青素-3-葡萄糖苷、甲基花翠素-3-葡萄糖苷、甲基花青素-3-乙酰化葡萄糖苷和甲基花青素-3-香豆酰化葡萄糖苷 5 种单体花色苷含量低于露地对照,而甲基花青素-3-葡萄糖苷、二甲花翠素-3-葡萄糖苷、二甲花翠素-3-乙酰化葡萄糖苷和二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷 4 种单体花色苷含量是高于露地对照,同时非酰化和酰化单体花色苷、单体花色苷总量均高于露地对照。花翠素-3-葡萄糖苷和花青素-3-葡萄糖苷含量在果实中表现为‘西拉’高于‘赤霞珠’,而 2 种单体花色苷含量在葡萄酒中却表现为‘西拉’低于‘赤霞珠’。

3 讨 论

新疆是中国重要的酿酒葡萄栽培区,地处干旱半干旱区,夏季高温干旱,极端高温天气频发,导致葡萄成熟过快,糖高酸低,酚类和香气物质积累不足,进而影响葡萄酒的品质,如酒精度过高、口感乏味、颜色不稳定、香气欠缺等。对于葡萄原料中糖高酸低的问题,可以采用监控成熟度、提前采收、发酵时添加酒石酸等方法予以缓解,而对于葡萄酒(主要指红葡萄酒)颜色和香气方面的不足,目前没有理想的解决方案。本研究结果显示,遮阳网对葡萄果实具有延迟成熟、降糖增酸、提高总酚和总单宁含量的作用,对于提高新疆等炎热产区的葡萄酒品质具有重要意义。

首先,遮阳网具有调节微气候的功能,可以降低温度和增加湿度。在本实验中,遮阳网降低果园日均温度 0.86℃,降低日最高温度 2.8℃,并增加湿

度 1.88%。遮阳网提高环境湿度主要原因是减缓了植物冠层上方的风速,减少了植物和土壤中水分的蒸发。Shahak^[10]得出类似结论,遮光率 30%的遮阳网降低日最高温 1~5℃,提高日最低相对湿度 3%~10%。不同颜色的遮阳网均可降低网内温度、光照强度和 PAR,温度降低幅度最大的为黑网(3.0℃),降低幅度最小是珍珠网(0.9℃);遮阳网对光照强度和 PAR 的影响趋势相同,降低幅度为黑网>蓝网>珍珠网>红网^[23]。

其次,遮阳网对于葡萄果实糖酸含量有影响,主要归因于其对温度的影响。极端高温会对葡萄造成高温胁迫,抑制糖代谢过程中各种酶的活性,降低光合作用效率,减少碳水化合物的生物合成。但为什么高温会提高葡萄果实的含糖量?有研究表明,这是由高温蒸发的浓缩作用所致^[5]。遮阳网具有降低温度、减小蒸发量的作用,所以可以降低葡萄果实的含糖量。葡萄果实中有机酸主要包括酒石酸和苹果酸,酒石酸含量相对稳定,而苹果酸含量波动较大,一般来说温度越高苹果酸含量越低,所以炎热产区葡萄果实中总酸含量要低于冷凉产区^[24]。有研究表明,苹果酸的积累主要发生在转色前,而含量的降低发生在转色后,而且高温会促进苹果酸的降解^[25]。所以本试验遮网时间选择在转色后,以防止苹果酸的快速降解,结果证明遮网处理确实提高了采收时果实中总酸含量。

再次,遮阳网对于葡萄果实酚类物质含量有影响,这主要归因于其对温度和光照的双重影响。葡萄果实中含有大量酚类物质,包括类黄酮和非类黄酮两类,对葡萄酒的颜色和风味至关重要。有研究表明,长时间阳光直射引起温度过高会降低葡萄酚类物质的含量^[26],但低光强处理同样会抑制酚类物质的积累,所以只有在一定光强和温度范围内酚类物质的合成才能顺利进行。本试验中,遮阳网处理显著提高了‘赤霞珠’和‘西拉’果实和葡萄酒中总酚含量。Pagay 等^[27]使用遮阳网显著提高了酿酒葡

萄 Cabernet Franc 果实中总酚含量,但葡萄酒中总酚含量差异不显著。遮阳网还可以提高番茄果实中总酚含量和抗氧化活性^[28],却降低了猕猴桃果实中总酚含量和抗氧化活性^[7]。可见,遮阳网对于不同果实中总酚含量的影响不尽相同,其机理有待进一步研究。单宁是葡萄和葡萄酒中一类重要的酚类物质,不仅是红葡萄酒涩味的主要来源,还可以与花色苷形成复合物,使葡萄酒颜色更稳定。新疆葡萄酒有一个重要问题就是颜色不稳定,有早衰现象。本研究结果表明,遮网处理显著提高了葡萄果实和葡萄酒中总单宁含量,这对于提高新疆等炎热带区葡萄酒颜色的稳定性具有重要意义。

但是,在本实验中,遮网处理给葡萄果实品质带来的一个负面影响,就是显著降低了果实中花色苷的含量,这可能与遮阳网遮光率高(50%)和遮网时间长有关。本课题组正在进行后续的研究,采用不同遮光率的遮阳网和不同遮网时间,以减小遮网处理对花色苷含量的不利影响。花色苷的生物合成主要受光照和温度两个因素的影响,其中光照对花色苷合成的影响主要分为两个方面:一是光照影响光合作用,进而影响糖、苯丙氨酸等前体物质的合成;二是光照影响花色苷合成途径中相关酶的活性,如苯丙氨酸解氨酶、查尔酮合成酶和查尔酮异构酶都是光诱导酶,在光敏色素的诱导下,可以促进花色苷的合成和果实颜色的加深^[29]。当光照强度低于全光照的 50% 时,花色苷的浓度会随光强的增加而增加^[29]。然而,阳光直射和高温会导致果实和叶片灼伤,从而影响花色苷的合成^[30]。Downey 等^[31]在综述中提到,光照对于葡萄花色苷含量的影响结果往往不一致,有些结果是遮光对总花色苷含量没有影响,有些结果是遮光降低了花色苷含量,还有些结果是遮光没有改变花色苷总量,但改变了花色苷组成。造成这种现象的原因主要是试验品种、地点、年份不同,甚至采样和检测方法不同都会对实验结果造成影响。Anttonen 等^[30]研究发现,遮网处理降低了草莓果实中总花色苷含量,降低幅度为 9%。Pagay 等^[27]的实验结果表明,遮阳网对酿酒葡萄 Cabernet Franc 果实和葡萄酒中总花色苷含量的影响不显著。Savikin 等^[11]研究遮阳网对 5 个黑醋栗品种中酚类物质的影响,在第 1 年试验中,遮网处理降低了 Cacanska crna 和 Ben Sarek 果实中总花色苷含量;在第 2 年实验中,遮网处理降低了 Cacanska crna 和 Ben Nevis 果实中总花色苷含量,2 年结果不完全一致。为了进一步研究遮阳网对酿酒葡萄综

合品质的影响,今后可以采用不同材质、不同颜色、不同遮光率的遮阳网在多个地方、多个年份进行实验。

另外,有趣的是,果实大小对遮阳网较为敏感。鲜食葡萄优无核(Superior Seedless)和红地球(Red Global)在遮网处理后果实直径和重量增加,其中遮光率 30% 的黄网处理增加幅度最大^[9]。将遮阳网应用在其它果树栽培中也获得了类似结果,如猕猴桃^[8]、苹果^[9]、梨^[9]、桃^[10]等。在本试验中,遮网处理增加了‘赤霞珠’和‘西拉’果实的直径和重量,但差异不显著。

全球气候变暖对各地酿酒葡萄的种植和葡萄酒的生产带来了新的挑战。White 预测在 21 世纪末美国适合种植酿酒葡萄的区域将减少 81%^[32]。Hall 等^[33]预测在 2070 年以前,由于生长期温度过高,澳大利亚将有三分之一的葡萄酒产区不再适合优质葡萄的种植。温度升高对酿酒葡萄品质的影响包括含糖量升高、总酸含量降低、非典型香气的产生^[5]、花色苷含量降低^[34]等,从而导致葡萄酒酒精度升高、口感不平衡、微生物稳定性降低、风格特征不明显、颜色不稳定等。为了降低气候变暖对葡萄酒品质带来的不利影响,建议从三方面入手:(1)培育含糖量低的酿酒葡萄品种;(2)筛选酒精转化率低的酿酒酵母;(3)采取合适的栽培措施。

本研究表明遮阳网显著降低了日均温度、光照强度和光合有效辐射,增加了日均湿度,有效改善了葡萄生长的微气候。遮网处理后葡萄果实的横径、纵径和单果重都有所增加,但差异不显著。遮阳网有效抑制了葡萄果实糖分的过快积累和有机酸的快速降解,降低了葡萄酒酒精度;提高了葡萄果实和葡萄酒中总酚和总单宁含量,降低了总花色苷和总类黄酮含量。采用 HPLC 法在葡萄和葡萄酒中共检测出 9 种单体花色苷,‘赤霞珠’果实中除了花青素-3-葡萄糖苷外的其余 8 种单体花色苷含量都是露地对照高于遮阳网处理,而在‘西拉’果实中除了二甲花翠素-3-香豆酰化葡萄糖苷外的其余 8 种单体花色苷也是露地对照高于遮阳网处理。将遮阳网应用在酿酒葡萄栽培中,不仅可以降温增湿,提高葡萄果实品质,还可以防风、防雹、防虫、防鸟、防病等,可谓一网多用,具有很大的应用潜力。但是,本试验仅对葡萄和葡萄酒的生理指标进行检测,下一步可以从分子水平展开机理方面的研究,为遮阳网的应用提供坚实的理论基础。

参考文献:

- [1] DUCHÈNE E, SCHNEIDER C. Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in alsace[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2005, **25**(1): 93-99.
- [2] GODDEN P, WILKES E, JOHNSON D. Trends in the composition of Australian wine 1984-2014[J]. *Australian Journal of Grape & Wine Research*, 2015, **21**(S1): 741-753.
- [3] SCHULTZ H R. Climate induced historic and future changes in viticulture[J]. *Journal of Wine Research*, 2010, **21**(2): 137-145.
- [4] JONES G V. Climate, grapes, and wine: Structure and suitability in a changing climate[J]. *Acta Horticulturae*, 2012, **931**(4): 19-28.
- [5] KELLER M. Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists[J]. *Australian Journal of Grape & Wine Research*, 2010, **16**(S1): 56-69.
- [6] 孔 云, 姚允聪, SHAHAK Y. 光选择性网在园艺作物上的应用研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, **27**(31): 82-87.
KONG Y, YAO Y C, SHAHAK Y. Advances and applications of photo-selective netting in horticultural crops[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, **27**(31): 82-87.
- [7] BASILE B, GIACCONE M, CIRILLO C, *et al.* Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in hayward kiwifruit [J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, **141**(3): 91-97.
- [8] SOMAN S, RAJU R, SANDHYA V K, *et al.* Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy[J]. *Acta Horticulturae*, 2008, (770): 19-23.
- [9] SHAHAK Y, RATNER K, GILLER Y E, *et al.* Improving solar energy utilization, production and fruit quality in orchards and vineyards by photosensitive netting[J]. *Acta Horticulturae*, 2008, (772): 65-72.
- [10] SHAHAK Y. Colornets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology[J]. *Acta Horticulturae*, 2004, (659): 143-151.
- [11] ŠAVIKIN K, MIKULI Č-PETKOVŠEK M, DJORDJEVIĆ B, *et al.* Influence of shading net on polyphenol profile and radical scavenging activity in different varieties of black currant berries[J]. *Scientia Horticulturae*, 2013, **160**(3): 20-28.
- [12] SEN F, OKSAR R E, KESGIN M. Effects of shading and covering on 'sultana seedless' grape quality and storability [J]. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 2016, **18**(1): 245-254.
- [13] SERAT B, KULKARNI S S. Effect of shade net on yield and quality of grapes cv. Thompson seedless[J]. *International Journal of Science and Research*, 2015, **4**(5): 1 841-1 844.
- [14] 岳 强, 曾新安, 陈 勇, 等. 评价酿酒葡萄成熟度的新方法—酚类物质成熟度[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2005, (1): 52-59.
YUE Q, ZENG X A, CHEN Y, *et al.* A new method for evaluating the maturity of wine grape-phenolic maturity[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*, 2005, (1): 52-59.
- [15] 温鹏飞, 郑宏佳, 牛铁泉, 等. 延迟采收对葡萄果实多酚类物质含量的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2011, **31**(5): 446-450.
WEN P F, ZHENG H J, NIU T Q, *et al.* Effects of late harvest on the polyphenols concentration in grape berry[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2011, **31**(5): 446-450.
- [16] SILVEIRA M G, ROMAO M V S, LOUREIRO-DIAS MC, *et al.* Flow cytometric assessment of membrane integrity of ethanol-stressed oenococcus oeni cells[J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 2002, **68**(12): 6 087-6 093.
- [17] SARNECKIS C J. Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis[J]. *Australian Journal of Grape & Wine Research*, 2008, **12**(1): 39-49.
- [18] MERCURIO M D, DAMBERGS R G, HERDERICH M J, *et al.* High throughput analysis of red wine and grape phenolics-adaptation and validation of methyl cellulose precipitable tannin assay and modified somers color assay to a rapid 96 well plate format [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2007, **55**(12): 4 651-4 657.
- [19] LEE J, DURST R W, WROLSTAD R E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study[J]. *Journal of Aoac International*, 2005, **88**(5): 1 269-1 278.
- [20] IVANOVA V, VOJNOSKI B, STEFOVA M. Effect of winemaking treatment and wine aging on phenolic content in vranec wines[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2012, **49**(2): 161-172.
- [21] 王贞强, 韩富亮, 王 羽, 等. HPLC 法测定葡萄与葡萄酒中的花色苷[J]. 河北农业大学学报, 2008, **31**(6): 59-61.
WANG Z Q, HAN F L, WANG Y, *et al.* Determination of anthocyanin in Granoir grape and wine with HPLC [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2008, **31**(6): 59-61.
- [22] 王美丽. 葡萄成熟过程与葡萄酒陈酿过程单体酚变化的研究

[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2006: 22-23.

[23] ILI Ć Z S, MILENKOVI Ć L, STANOJEVI Ć L, *et al.* Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits[J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, **139**(2): 90-95.

[24] BARNUUD N N, ZERIHUN A, MPELASOKA F, *et al.* Responses of grape berry anthocyanin and titratable acidity to the projected climate change across the Western Australian wine regions[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2014, **58**(6): 1 279-1 293.

[25] SWEETMAN C, SADRAS V O, HANCOCK R D, *et al.* Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2014, **65**(20): 5 975-5 988.

[26] 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 & Viticulture*, 2001, **52**(1): 1-7.

[27] PAGAY V, REYNOLDS A G, FISHER K H. The influence of bird netting on yield and fruit, juice and wine composition of *Vitis vinifera* L. [J]. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin*, 2013, **47**(1): 35-45.

[28] TINYANE P P, Sivakumar D, Soundy P. Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars[J]. *Scientia Horticulturae*, 2013, **161**(4): 340-349.

[29] 黄敬寒, 温可睿, 潘秋红, 等. 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 J H, WEN K R, PAN Q H, *et al.* Effects of environmental conditions and cultivation techniques on biosynthesis of grape anthocyanins (I)-environmental conditions [J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*, 2011,(9): 71-76.

[30] ANTTONEN M J, KARJALAINEN R O. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry [J]. *Journal of Food Composition & Analysis*, 2005, **18**(8): 759-769.

[31] DOWNEY M O, DOKOOZLIAN N K, KRSTIC M P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research [J]. *American Journal of Enology & Viticulture*, 2006, **57**(3): 257-268.

[32] WHITE M A, DIFFENBAUGH N S, JONES G V, *et al.* Extreme heat reduces and shifts united states premium wine production in the 21st century[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, **103**(30): 11 217-11 222.

[33] HALL A, JONES G V. Effect of potential atmospheric warming on temperature-based indices describing australian winegrape growing conditions [J]. *Australian Journal of Grape & Wine Research*, 2009, **15**(15): 97-119.

[34] COHEN S D, TARARA J MKENNEDY J A. Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2007, **621**(1): 57-67.

(编辑:裴阿卫)