



引用格式: 李磊, 谷威杰, 苏旺春, 等. 遮阳网颜色和宽度对‘马瑟兰’葡萄果实和葡萄酒品质的影响[J]. 西北植物学报, 2024, 44(9): 1355-1364. [LI L, GU W J, SU W C, et al. The quality of ‘Marselan’ grapes and wines under sunshade nets with different widths and colors[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2024, 44(9): 1355-1364.] DOI: 10.7606/j.issn.1000-4025.20240266

遮阳网颜色和宽度对‘马瑟兰’葡萄果实和葡萄酒品质的影响

李磊^{1,2,3}, 谷威杰^{1,2,3}, 苏旺春⁴, 陈可钦^{1,2,3}, 张克坤^{1,2,3}, 房玉林^{1,2,3*}

(1 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100; 2 西北农林科技大学合阳葡萄试验示范站, 陕西合阳 715300; 3 西北农林科技大学 宁夏贺兰山东麓葡萄酒试验示范站, 宁夏永宁 750104; 4 宁夏贺兰山东麓美御酒业有限公司, 银川 750026)

摘要 【目的】炎热产区栽培的酿酒葡萄糖积累过快而有机酸降解严重, 考察遮阳网对该区酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响, 为解决葡萄品质不协调问题提供理论依据。【方法】以宁夏贺兰山东麓田间定植主栽酿酒葡萄‘马瑟兰’为材料, 从转色期至采收期, 在葡萄两侧搭建不同宽度(1.0, 0.6 m)和颜色(黑、红、白色)的遮阳网, 测定成熟期葡萄和葡萄酒的糖组分、有机酸、酚类物质含量。【结果】(1) 1.0 m 红色遮阳网显著降低了葡萄果实含糖量, 显著抑制葡萄果实和葡萄酒中有机酸降解; (2) 遮阳网能够提高葡萄果实中总类黄酮含量, 降低其总单宁、总花色苷和总黄烷三醇含量; (3) 遮阳网降低了葡萄酒中总花色苷含量, 0.6 m 黑色遮阳网提高了葡萄酒总单宁、总酚、总类黄酮和总黄烷三醇含量。【结论】遮阳网宽度对葡萄果实和葡萄酒糖酸含量调节效果更好, 而遮阳网颜色对葡萄果实和葡萄酒非花色苷酚类物质含量提高效果更佳, 应结合具体葡萄生产目标选择遮阳网颜色和宽度。

关键词 遮阳网; 酿酒葡萄; 可溶性糖; 有机酸; 酚类物质; 花色苷

中图分类号 S663.1; TS262.6 **文献标志码** A

The quality of ‘Marselan’ grapes and wines under sunshade nets with different widths and colors

LI Lei^{1,2,3}, GU Weijie^{1,2,3}, SU Wangchun⁴,
CHEN Kegin^{1,2,3}, ZHANG Kekun^{1,2,3}, FANG Yulin^{1,2,3*}

(1 College of Wine, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Heyang Grape Experiment and Demonstration Station, Northwest A&F University, Heyang, Shaanxi 715300, China; 3 Ningxia Helan Mountain East Foot Wine Experimental and Demonstration Station, Northwest A&F University, Yongning, Ningxia 750104, China; 4 Ningxia Helan Mountain Donglu Meiyu Wine Industry Co., Ltd., Yinchuan 750026, China)

Abstract [Objective] Cultivation of winegrapes in hot regions leads to excessive sugar accumulation and severe degradation of organic acids. Through a shading net experiment with the main cultivar of winegrapes in the Helan Mountain East Slope of Ningxia, this study provides a theoretical basis for solving the problem of inconsistent quality of winegrapes in hot regions. [Methods] Using ‘Marselan’ grapevines planted in the field as materials, sugar components, organic acids, and phenolic substances in grapes and

收稿日期: 2024-04-28; 修改稿收到日期: 2024-06-11

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划项目(2022BBF02014); 陕西省重点研发计划项目(2024NC-YBXM-024); 国家葡萄产业技术体系项目(CARS-29-zp-6)

作者简介: 李磊(1998—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事酿酒葡萄栽培生理与生态学研究。E-mail: lli1033246456@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@nwfu.edu.cn

wines were determined during the maturation period under white, red, and black shading nets with widths of 0.6 and 1.0 m setting up on both sides of the grapes from the veraison period to the harvest period. [Results] (1) Red sunshade net with 1.0 m width significantly reduced the sugar content of grape fruits, and significantly inhibited the degradation of organic acids in grape fruits and wine. (2) Sunshade net treatment increased the contents of total flavonoids in grape fruits, and reduced the contents of total tannins, total anthocyanins, and total flavantriols in grape fruits. (3) Sunshade net treatment reduced the content of total anthocyanins in wine, and 0.6 m width black sunshade net treatment increased the content of total tannins, total phenols, total flavonoids and total flavantriols in wine. [Conclusion] Shading net width had a better effect on the regulation of sugar and acid content of grape fruits and wine, while shading net color had a better effect on the improvement of non-anthocyanin phenol content of grape fruits and wine. Shading net color and width should be selected according to specific grape production objectives. **Key words** sunshade net; wine grapes; soluble sugar; organic acids; phenolic substances; anthocyanins

葡萄(*Vitis vinifera* L.)为葡萄科葡萄属植物,是世界上最古老的植物之一。随着中国酿酒葡萄产业的发展,宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄产区已作为中国的明星产区纳入世界葡萄酒地图^[1]。酿酒葡萄的品质主要取决于自身遗传特性和产区环境因素^[2],其中环境因素包括光照、温度、湿度和土壤条件等^[3]。

光照能够影响酿酒葡萄的生长发育和品质形成过程,包括葡萄的光合作用、糖积累、果实成熟等代谢^[4]。中国西北地区光照强度高,当葡萄果实糖酸比例达到采收要求时,果实酚类物质含量常常出现未达标的现象,进而影响葡萄和葡萄酒的品质^[5]。糖、有机酸和酚类物质直接影响着葡萄与葡萄酒的颜色、抗氧化特性和香气特征^[6],同时,酚类化合物在葡萄对非生物和生物胁迫中发挥着重要作用^[7]。面对强光高温产区存在的不利条件,很多葡萄产区种植者通过栽培技术来改变叶幕微气候,延迟葡萄成熟,调节葡萄糖、有机酸和酚类等物质的含量。

遮阳网有降低叶幕光照强度和调节叶幕温度、湿度的作用^[8]。应用遮阳网可以不同程度地提高猕猴桃^[9]、梨^[10]、樱桃^[11]和黑醋栗^[12]等果树的果实产量和品质。有研究表明,遮阳网的应用不仅提高了葡萄果实的单果重^[13],而且对葡萄果实糖分的过快积累有显著抑制效果,还可以促进葡萄果实有机酸的积累^[14]。

然而,前人对于遮阳网的应用研究大多采用全部遮阳处理,并没有精确探究不同颜色遮阳网在葡萄结果部位遮荫对葡萄果实和葡萄酒品质的影响。因此,本试验在作者已有相关研究的基础上,进一步探讨不同颜色和规格遮阳网在葡萄结果部位遮荫对葡萄与葡萄酒品质的影响,为解决炎热产区酿酒葡萄品质不协调问题提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验地点位于宁夏贺兰山东麓美贺酒庄(N38°43', E106°03')。海拔 1 130~1 550 m,砾石土壤,地处干旱半干旱地区,属温带大陆性季风气候,四季分明,全年温度相差较大,年平均日照时间 3 019.5 h,葡萄生长季节有效积温 3 600 ℃,年均降水量为 200 mm 左右,8—10 月葡萄成熟期间降雨量少,冬季气候寒冷,空气干燥,属埋土防寒区。

试验酿酒葡萄品种为‘马瑟兰’(Marselan)。倾斜式单龙蔓(厂字形)架式,2016 年定植,未使用砧木,株行距 0.8 m×3.5 m,南北行向,田间管理参照葡萄园管理技术进行,采用水肥一体化滴管系统,机械埋土,葡萄园根据当地做法进行灌溉和管理。

1.2 试验设计

试验使用遮阳网的遮光率为 50%(Polysack Plastics Industries, Israel)。将规格为 0.6 m 和 1.0 m 宽的黑色(BL)、红色(RE)、白色(WH)遮阳网分别以葡萄结果部位为起点,在葡萄藤两侧进行遮荫处理,以日光直射处理的葡萄为对照,共组成 7 个处理,分别表示为 WH_{0.6}、WH_{1.0}、RE_{0.6}、RE_{1.0}、BL_{0.6}、BL_{1.0} 以及 CK(图 1)。处理时间为 2023 年 7 月 29 日(5%转色)到 9 月 22 日,采收时间为 9 月 23 日。每个处理选择 10 棵葡萄藤作为试验材料,每个处理设置 3 次重复,从 8 月 9 日开始采样,每个处理选取 7~10 穗葡萄样品,每 10 d 采样 1 次。采集的样品置于-40 ℃冰箱保存,用于后续各指标的检测。在葡萄采收期,对葡萄果实进行除梗破碎,每个处理分别用 3 个小容器酿造,温度控制在 23~28 ℃,当还原糖含量低于 2 g/L 时终止发酵,并进行澄清后,过滤装瓶。



A—C 分别为 1.0 m 白色、红色、黑色遮阳网处理,分别表示为 $WH_{1.0}$ 、 $RE_{1.0}$ 、 $BL_{1.0}$;
D—F 分别为 0.6 m 白色、红色、黑色遮阳网处理,分别表示为 $WH_{0.6}$ 、 $RE_{0.6}$ 、 $BL_{0.6}$ 。下同。

图 1 不同遮阳网两侧遮阴处理

A—C represent 1.0 m white, red, and black shade nets, and are denoted as $WH_{1.0}$, $RE_{1.0}$, and $BL_{1.0}$, while D—F represent 0.6 m white, red, and black shade nets, and are denoted as $WH_{0.6}$, $RE_{0.6}$, and $BL_{0.6}$. The same as below.

Fig. 1 Shade treatment on both sides of different sunshade nets

1.3 测定指标和方法

1.3.1 葡萄果实基本理化指标

(1)果粒重:取 100 粒果实,用天平称重,重复 3 次,计算果实百粒重;(2)可溶性固形物含量:随机取 30 粒去梗果粒,挤汁经纱布过滤后使用手持糖度测定仪进行测定;(3)可滴定酸含量:采用酸碱滴定法测定,吸取 2 mL 纱布过滤后汁液,加蒸馏水 10 mL,并滴加酚酞指示剂 2 滴,然后用 0.05 mol/L NaOH 滴定至 pH 为 8.2,滴定结果以酒石酸计;(4)pH 值:使用 pH 计测定纱布过滤后汁液。

1.3.2 葡萄果实可溶性糖组分含量

可溶性糖(葡萄糖和果糖)含量采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC)测定。将每个处理随机选取的葡萄果实用 4 层纱布挤压过滤取汁,然后用超纯水稀释 50 倍,再用 0.22 μ m 有机滤膜过滤至进样瓶,准备上机检测。其中,色谱柱:ZORBAX Carbohydrate (4.6 mm $\times$ 250 mm,5 μ m);流动相:乙腈:水=78:22 (V/V);流速:1.0 mL/min;漂移管温度:100 $^{\circ}$ C;进样体积:20 μ L;柱温:30 $^{\circ}$ C;检测器:示差折光检测器;分析时间:35 min。

1.3.3 葡萄果实与葡萄酒有机酸组分含量

有机酸(苹果酸、酒石酸等)采用 HPLC 进行测定,葡萄果实测定前先将葡萄取汁,4 层纱布过滤后用 0.22 μ m 水系滤膜过滤至进样瓶后上机检测。葡萄酒中有机酸测定时,取 2 mL 待测酒样,离心,

经过 0.22 μ m 有机滤膜(尼龙)过滤,然后进行上机检测。其中,色谱柱:Thermo Hypersil COLD aQ (250 mm $\times$ 4.6 mm,5 μ m);流动相:0.01 mol/L KH_2PO_4 (pH 2.55):甲醇=97:3;流速:0.5 mL/min;进样量:10 μ L;柱温:25 $^{\circ}$ C;检测波长:210 nm;分析时间:35 min。

1.3.4 葡萄皮与葡萄酒花色苷组分含量

葡萄皮单体花色苷的提取和测定根据 Cheng 等^[15]的方法执行。将 1.0 g 葡萄果皮干粉用 10 mL 乙酸乙酯/水溶液(9:1,V/V)进行提取,收集含有单体酚的上清液。整个过程重复 4 次,收集 4 次的上清液用真空浓缩仪 33 $^{\circ}$ C 蒸干,然后用色谱甲醇定容至 2 mL,最后过滤到进样瓶后上机检测。葡萄酒中单体花色苷的测定时,取 2 mL 待测酒样,离心,经过 0.22 μ m 有机滤膜(尼龙)过滤,然后进行上机检测。

液相色谱分析使用 HPLC(LC-2030 CD,岛津,日本),通过 C_{18} 色谱柱(4.6 mm $\times$ 250 mm,5-Micron,安捷伦,美国)分离样品。柱温箱 30 $^{\circ}$ C,进样体积 20 μ L。流动相 A 为 1%甲酸水溶液;流动相 B 为乙腈。溶剂梯度洗脱如下:0.00~5.00 min,10% B;5.00~15.00 min,15% B;15.00~33.00 min,26% B;33.00~40.00 min,45% B;40.00~50.00 min,3% B。

1.4 数据处理

用 Microsoft Office 2021 处理数据;SPSS 27.0 进行单因素方差分析($P<0.05$,Duncan)、 t 检验;用 Origin 和 GraphPad Prism 8 绘图。

2 结果与分析

2.1 遮阳网对成熟期葡萄果实基础理化指标的影响

由表 1 可知,‘马瑟兰’葡萄果实还原糖、可溶性固形物、可滴定酸含量及 pH 在遮阳网处理间均存在差异。与 CK 相比,果实还原糖和可溶性固形物含量在 BL_{0.6} 处理下分别显著增加 2.66%、1.88%,在其余遮荫处理下均不同程度降低,降幅大多达到显著水平,并均以 BL_{1.0} 处理最低,降幅分别达到了 8.08%和 8.13%;果实还原糖和可溶性固形物含量在相同颜色下均表现为 1.0 m 遮阳网显著低于 0.6 m 遮阳网,在 0.6 m 宽度下表现为白色、红色显著低于黑色,在 1.0 m 宽度下表现为白色>红色>黑色,且颜色间差异显著。与 CK 相比,果实可滴定酸

含量在 RE_{1.0} 处理下显著提高 6.90%,在其余遮阴处理下均显著降低,仍以 BL_{1.0} 处理最低,在相同规格下黑色遮阳网显著低于白色、红色遮阳网处理。对于 pH 而言,除 RE_{0.6} 处理外,其他遮阳网处理均比 CK 不同程度提高,且 WH_{0.6}、WH_{1.0} 和 BL_{1.0} 处理增加显著。整体综合来看,RE_{1.0} 处理对葡萄果实降糖增酸的效果最佳。

同时,由图 2 可知,采收期(50 d)的葡萄果实中,不同遮阳网处理百粒重与 CK 均无显著差异,但 WH_{0.6}、RE_{0.6} 和 RE_{1.0} 处理对葡萄果实百粒重有着促进作用,分别提高了 2.36%、1.57%、3.94%;在葡萄果实开始转色时进行遮阳网处理前 20 d 内,CK 的百粒重更高;而在遮阳网处理 20~30 d 期间,遮阳网处理百粒重增速较 CK 更快。

表 1 不同遮阳网处理下葡萄成熟期果实基本理化指标

处理 Treatment	还原糖 Reducing sugar/(g/L)	可溶性固形物 Soluble solid/(Brix%)	可滴定酸 Titratable acid/(g/L)	pH
CK	198.10±0.36b	19.68±0.02b	3.48±0.06b	3.70±0.01c
WH _{0.6}	196.10±0.30c	19.51±0.02c	3.30±0.01c	3.78±0.01a
WH _{1.0}	192.97±0.31d	19.18±0.01d	3.35±0.03c	3.75±0.01b
RE _{0.6}	197.30±0.36b	19.48±0.01c	3.04±0.04d	3.69±0.00c
RE _{1.0}	188.83±0.38e	18.83±0.02e	3.72±0.05a	3.70±0.01c
BL _{0.6}	203.37±0.35a	20.05±0.02a	2.85±0.02e	3.70±0.01c
BL _{1.0}	182.10±1.06f	18.08±0.09f	2.65±0.03f	3.78±0.01a

注:同一指标内不同小写字母表示处理间存在显著差异($P<0.05$)。下同。
Note: Different normal letters of the same index indicate significant differences between treatments($P<0.05$). The same as below.

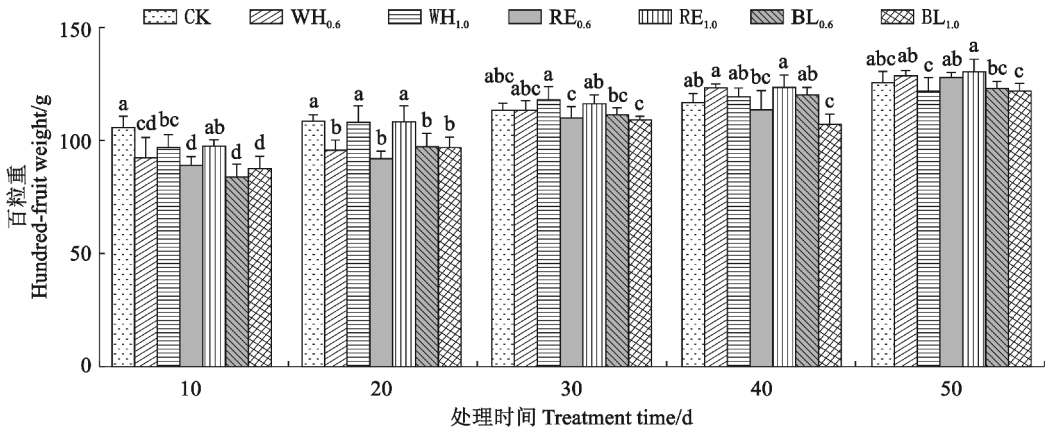


图 2 不同遮阳网处理下葡萄发育期百粒重
Fig. 2 The 100-grain weight of grape during growing period under different sunshade net treatments

2.2 遮阳网对葡萄果实糖组分和有机酸含量的影响

由表 2 可知,成熟期葡萄果实葡萄糖和果糖含量均在 WH_{1.0}、RE_{1.0}、BL_{1.0} 处理下比 CK 显著降

低,均在 WH_{0.6}、RE_{0.6}、BL_{0.6} 处理下显著提高,并均以 BL_{0.6} 处理最高,增幅分别为 7.62%、7.83%,而以 RE_{1.0} 处理相对较低,降幅分别为 3.08%、1.27%;

1.0 m 宽度遮阳网处理达到了降糖效果,而 0.6 m 宽度的遮阳网处理具有升糖效果;在相同规格下,黑色遮阳网处理的葡萄糖和果糖含量均高于白色和红色遮阳网。

同时,成熟期葡萄果实柠檬酸含量在 WH_{0.6} 处理下显著高于 CK,在其余遮阴处理下均显著低于 CK,并以 BL_{1.0} 最低(降幅为 11.97%),在相同颜色遮阳网下表现为 1.0 m 宽度显著低于 0.6 m 宽度,在相同宽度下则表现为黑色、红色遮阳网显著低于白色遮阳网;成熟期葡萄果实酒石酸、苹果酸、琥珀酸含量在 6 种遮阳网处理下大多较对照组显著提高(除 RE_{1.0} 琥珀酸外),增幅分别为 8.40%~18.64%、36.14%~54.40%、(-0.61%)~93.29%,并分别以 RE_{1.0}、BL_{0.6}、BL_{1.0} 处理最高,分别以 RE_{0.6}、RE_{0.6}、RE_{1.0} 最低。可见,成熟葡萄果实中最主要的有机酸(酒石酸、苹果酸、琥珀酸)在 6 种遮阳网处理下大多较 CK 显著提高,柠檬酸含量则大多比对照显著降低,但在 WH_{0.6} 处理下均显著增加并达到较高水平。

表 2 不同遮阳网处理下葡萄成熟期果实糖组分和有机酸含量

Table 2 The sugar and organic acid content of grape fruits at ripening stage under different shade net treatments							
mg/L							
处理 Treatment	葡萄糖 Glucose	果糖 Fructose	柠檬酸 Citric acid	酒石酸 Tartaric acid	苹果酸 Malic acid	琥珀酸 Succinic acid	
CK	126.48±0.04d	115.15±0.01c	6.60±0.01b	3.81±0.01e	15.44±0.20f	1.64±0.09e	
WH _{0.6}	130.35±0.05b	119.27±0.38b	6.71±0.03a	4.41±0.05b	23.00±0.12b	2.76±0.03b	
WH _{1.0}	124.65±0.18e	113.28±0.22d	6.39±0.00c	4.29±0.02c	21.55±0.15d	2.60±0.01c	
RE _{0.6}	128.98±0.84c	119.28±0.01b	6.39±0.06c	4.13±0.04d	21.02±0.06e	1.95±0.03d	
RE _{1.0}	122.58±0.20f	113.69±0.22d	6.14±0.01d	4.52±0.02a	22.35±0.01c	1.63±0.02e	
BL _{0.6}	136.12±0.21a	124.17±0.46a	6.41±0.11c	4.20±0.07cd	23.84±0.10a	2.56±0.06c	
BL _{1.0}	125.35±0.04e	114.42±0.79c	5.81±0.01e	4.26±0.05c	22.09±0.19c	3.17±0.05a	

表 3 不同遮阳网处理下葡萄酒有机酸含量

Table 3 The organic acid content in wine under different shade net treatments				
mg/L				
处理 Treatment	柠檬酸 Citric acid	酒石酸 Tartaric acid	苹果酸 Malic acid	琥珀酸 Succinic acid
CK	1.69±0.01ab	1.43±0.01d	2.84±0.01d	4.96±0.04bc
WH _{0.6}	1.70±0.02a	1.40±0.02e	2.90±0.11d	6.52±0.03a
WH _{1.0}	1.47±0.01e	1.52±0.01a	3.56±0.03a	6.10±0.87ab
RE _{0.6}	1.69±0.01ab	1.46±0.01c	2.66±0.02e	4.41±0.01c
RE _{1.0}	1.65±0.01c	1.48±0.01b	3.11±0.02c	4.65±0.01c
BL _{0.6}	1.63±0.01d	1.46±0.01c	2.95±0.03d	5.64±0.73abc
BL _{1.0}	1.68±0.01b	1.44±0.01d	3.40±0.01b	6.20±0.68ab

2.4 遮阳网对葡萄果实和葡萄酒单体花色苷含量的影响

由表 4 可知,在成熟期葡萄果实及其小容器发酵制成的葡萄酒中分别共检测出 9 种和 8 种单体花色苷,且各单体花色苷含量均受到遮阳网处理的显

2.3 遮阳网对葡萄酒有机酸含量的影响

表 3 显示,采用成熟期葡萄果实经小容器发酵的葡萄酒中,柠檬酸含量在 WH_{0.6}、RE_{0.6}、BL_{1.0} 处理下均与 CK 无显著差异,在其余处理下均显著降低,并以 WH_{1.0} 处理最低。葡萄酒酒石酸含量在 WH_{0.6} 处理下比 CK 显著降低,在其他遮阳网处理下均不同程度提高,并以 WH_{1.0} 处理增加幅度最大;在 0.6 m 宽度下红黑遮阳网显著高于白色遮阳网,在 1.0 m 宽度下则表现相反。葡萄酒苹果酸含量在 RE_{0.6} 处理下显著低于 CK,在其他遮阳网处理下均较 CK 不同程度提高,但仅 WH_{1.0}、BL_{1.0} 和 RE_{1.0} 处理增幅显著,并以 WH_{1.0} 处理增幅最高。葡萄酒琥珀酸含量仅在 WH_{0.6} 处理下比 CK 显著增加,在其余处理下均无显著变化,但 RE_{0.6}、RE_{1.0} 处理明显低于白色和黑色遮阳网处理。以上结果说明,葡萄酒中重要的有机酸酒石酸、苹果酸含量在 1.0 m 宽度遮阳网处理下均不同程度提高,并以 WH_{1.0} 处理增幅最显著。

著影响,并均以二甲花翠素 3-O-葡萄糖苷(Mv)含量最高,二甲花翠素 3-O-(6-O-反式对香豆酰)葡萄糖苷(t-Mv-co)、二甲花翠素 3-O-(6-O-乙酰)葡萄糖苷(Mv-ac)含量次之,三者单体花色苷中占比比较高,其余单体花色苷含量均明显较低。

表 4 不同遮阳网处理下葡萄成熟期果实和葡萄酒中单体花色苷含量

Table 4 The content of anthocyanins monomers in grape fruits at ripening stage and wine under different shade net treatments											mg/L
样品 Sample	处理 Treatment	花翠素 3-O- 葡萄糖苷 Dp	花青素 3-O- 葡萄糖苷 Cy	甲基花翠素 3-O-葡萄糖苷 Pt	甲基花青素 3-O-葡萄糖苷 Pn	二甲花翠素 3-O-葡萄糖苷 Mv	甲基花青素 3-O-(6-O-乙酰) 葡萄糖苷 Pn-ac	二甲花翠素 3-O-(6-O-乙酰) 葡萄糖苷 Mv-ac	甲基花青素 3-O-(6-O- 反式对香豆酰) 葡萄糖苷 t-Pn-co	二甲花翠素 3-O-(6-O- 反式对香豆酰) 葡萄糖苷 t-Mv-co	
葡萄果实 Grape fruit	CK	40.59±0.82b	4.02±0.06a	43.46±0.24a	28.74±0.24a	396.19±4.25b	9.75±0.30a	168.20±0.68f	12.46±0.08a	154.17±1.43f	
	WH _{0.6}	19.97±0.30e	1.08±0.02e	24.62±0.13d	12.84±0.06e	366.12±2.30c	6.88±0.07c	205.62±1.48d	10.10±0.09c	198.64±1.88c	
	WH _{1.0}	19.86±0.14e	0.98±0.01f	21.43±0.15e	11.50±0.04f	320.60±0.00f	5.29±0.27d	177.17±0.37e	9.28±0.03d	187.32±0.70d	
	RE _{0.6}	37.21±0.36c	2.18±0.02c	39.25±0.16b	16.76±0.26c	438.38±5.06a	7.81±0.08b	238.55±2.74a	11.00±0.08b	236.42±2.12a	
	RE _{1.0}	42.75±0.76a	3.47±0.04b	42.74±0.81a	19.10±0.03b	349.40±3.89d	10.09±0.47a	214.45±3.30b	8.79±0.08d	179.53±3.08e	
	BL _{0.6}	22.52±0.39d	1.31±0.00d	26.90±0.55c	14.55±0.00d	364.26±1.29c	7.09±0.45c	207.68±0.21cd	10.42±0.29c	207.68±4.29b	
	BL _{1.0}	15.04±0.18f	0.73±0.05g	19.12±0.32f	9.47±0.11g	333.87±2.17e	4.94±0.07d	211.98±1.96bc	9.15±0.43d	230.12±3.73a	
葡萄酒 Wine	CK	1.32±0.31a	—	5.17±0.82a	2.64±0.81a	204.34±2.50a	3.01±0.14a	62.35±0.12b	1.20±0.15a	14.74±0.02a	
	WH _{0.6}	0.56±0.12c	—	1.41±0.06c	1.06±0.10b	136.24±0.58f	1.51±0.07d	45.19±0.42ef	0.58±0.01cd	10.53±0.25d	
	WH _{1.0}	0.65±0.03bc	—	3.06±0.03b	1.43±0.02b	196.47±2.61b	1.70±0.01c	49.42±0.44d	0.68±0.00c	11.17±0.15c	
	RE _{0.6}	0.78±0.04bc	—	3.39±0.06b	1.66±0.10b	177.02±2.89d	2.32±0.04b	54.77±0.56c	0.92±0.05b	14.87±0.55a	
	RE _{1.0}	0.57±0.01c	—	2.07±0.08c	0.98±0.05b	135.24±0.51f	1.37±0.02d	44.30±0.18f	0.48±0.00d	9.24±0.03e	
	BL _{0.6}	0.94±0.05b	—	3.72±0.10b	1.68±0.10b	189.09±2.34c	2.33±0.05b	64.40±0.94a	0.95±0.00b	12.87±0.08b	
	BL _{1.0}	0.56±0.13c	—	1.69±0.00c	0.95±0.02b	146.31±1.39e	1.41±0.00d	45.70±0.27e	0.58±0.01cd	10.44±0.27d	

在成熟期葡萄果实中,Mv 含量在 RE_{0.6} 处理下较 CK 显著提高 10.65%,在其余处理下则比 CK 显著降低,在相同颜色遮阳网下 0.6 m 宽度处理均显著高于相应 1.0 m 宽度处理,在相同宽度下则表现为红色遮阳网显著高于白色、黑色遮阳网。t-Mv-co 和 Mv-ac 含量在 6 种遮阳网处理下均较对照显著提高,增幅分别为 16.45%~53.35%和 5.33%~41.8%,并均以 RE_{0.6} 处理提高效果最为显著;t-Mv-co 和 Mv-ac 含量在 0.6 m 宽度下均以红色遮阳网最高,在 1.0 m 宽度下 t-Mv-co 含量以黑色遮阳网最高,而 Mv-ac 含量仍以红色遮阳网最高;在相同颜色下,白色和红色遮阳网均表现为 0.6 m 显著高于 1.0 m,而黑色遮阳网表现为 0.6 m 低于 1.0 m。葡萄果实中这 3 种物质占比在花色苷组分中达到 83%以上,且 RE_{0.6} 处理均对这 3 种花色苷单体组分含量起到了提高作用。这表明 RE_{0.6} 处理对葡萄果实主要花色苷单体组分含量有着明显促进作用。

同时,在小容器发酵制成的葡萄酒中,与 CK 相比,Mv 含量在 6 种遮阳网处理下显著降低 3.85%~33.82%,Mv-ac 含量在 BL_{0.6} 处理下显著提高 3.29%,t-Mv-co 含量在 RE_{0.6} 处理下稍高,两者在其他遮阳

网处理下均显著降低;Mv 和 Mv-ac 含量在 2 种规格遮阳网中均以 BL_{0.6} 和 WH_{1.0} 处理最高,t-Mv-co 含量分别以 RE_{0.6} 和 WH_{1.0} 最高;这 3 种单体花色苷物质含量在白色遮阳网下表现为 1.0 m 宽度显著高于 0.6 m 宽度,而在红色和黑色遮阳网下则表现相反。可见,6 种遮阳网处理整体上降低了葡萄酒中单体花色苷物质含量,但在 BL_{0.6} 处理下常具有较高值,降幅较小。

2.5 遮阳网对葡萄果实和葡萄酒酚类物质含量的影响

由表 5 可知,在成熟期葡萄果实中,总酚含量在 RE_{1.0} 处理下比 CK 稍有提高,但增幅没有达到显著水平,在其他 5 种遮阳网处理下均比 CK 显著降低,且黑色和白色遮阳网显著低于红色遮阳网,0.6 m 宽度低于 1.0 m 宽度;总单宁和总花色苷含量在 6 种遮阳网处理下均较 CK 降低,且黑色和白色遮阳网降幅更大;总类黄酮含量在 RE_{1.0} 和 BL_{0.6} 处理下比 CK 分别显著提高了 61.02%、38.02%,在 WH_{1.0} 处理下比 CK 显著降低,其余处理与对照无显著差异;总黄烷三醇含量在在 6 种遮阳网处理下均比 CK 显著降低,但红色遮阳网降幅较小,黑色遮阳网降幅较大。

Table 5 The phenolic content in grape fruits and wine under different shade net treatments							mg/L
样品 Sample	处理 Treatment	总酚 Total phenol	总单宁 Total tannin	总花色苷 Total anthocyanin	总类黄酮 Total flavonoid	总黄烷三醇 Total flavantriol	
葡萄果实 Grape fruit	CK	31.72±3.40a	58.73±1.48a	44.72±1.74a	9.19±1.36c	6.36±0.10a	
	WH _{0.6}	25.20±1.11c	52.26±2.92b	31.35±1.37d	9.19±0.89c	5.01±0.17d	
	WH _{1.0}	26.39±0.48bc	46.35±0.28c	35.30±1.55c	7.78±0.56d	5.07±0.07d	
	RE _{0.6}	28.84±0.68b	54.09±1.65ab	40.64±2.28b	9.16±0.08c	5.67±0.03c	
	RE _{1.0}	32.24±0.28a	56.87±1.25ab	39.86±0.06b	13.83±0.20a	6.12±0.07b	
	BL _{0.6}	25.32±1.31c	44.28±7.10c	34.82±0.56c	12.08±0.17b	4.42±0.07e	
	BL _{1.0}	26.12±1.64bc	43.30±1.34c	32.35±0.21d	9.31±0.16c	3.92±0.07f	
葡萄酒 Wine	CK	352.15±7.09b	1888.33±312.51b	176.98±4.59a	370.40±12.10c	1414.67±33.07b	
	WH _{0.6}	266.64±3.33e	1327.50±343.31cd	127.63±2.12d	286.67±17.02e	1200.21±7.40d	
	WH _{1.0}	325.22±10.76c	1657.08±30.55bc	155.34±5.22c	425.95±18.87b	1423.74±9.63b	
	RE _{0.6}	355.15±8.00b	1906.25±83.03b	163.61±3.26b	452.80±14.94b	1461.15±22.16a	
	RE _{1.0}	273.04±2.09de	1284.58±126.65d	121.28±1.84d	318.34±15.22d	1307.85±24.11c	
	BL _{0.6}	378.32±2.40a	2320.83±114.78a	167.41±5.22b	512.22±24.26a	1473.56±21.92a	
	BL _{1.0}	280.01±4.02d	857.08±85.63e	126.90±3.66d	337.62±16.50d	1305.15±13.24c	

同时,表 5 表明,葡萄酒中总酚和总单宁含量均在 BL_{0.6} 处理下比 CK 显著提高,增幅分别为 7.43%和 22.90%,均在 RE_{0.6} 处理下比对照稍高,在其余

处理下均比对照降低;总花色苷含量在 6 种遮阳网处理下均比 CK 显著降低,降低幅度表现为 RE_{1.0}>BL_{1.0}>WH_{0.6}>WH_{1.0}>RE_{0.6}>BL_{0.6},即 1.0 m

遮阳网降幅更大;总类黄酮的含量在 BL_{0.6}、RE_{0.6}、WH_{1.0} 处理下分别比 CK 显著提高 41.25%、23.97%、16.16%,在其余处理下显著降低 8.85%~22.61%;总黄烷三醇含量在 RE_{0.6} 和 BL_{0.6} 处理下较 CK 分别显著提高了 3.29%、4.16%,在 WH_{1.0} 处理下稍有提升,在其余处理下显著降低 7.55%~15.16%。

3 讨论

宁夏贺兰山东麓是中国主要的酿酒葡萄产区,部分地区持续的高温天气会使葡萄成熟过快而出现糖高酸低、品质不协调等问题,从而影响到葡萄酒的品质^[16]。对于红葡萄品种,当葡萄果实含糖量已经发酵至适宜的酒精度时,葡萄果实的色泽和葡萄籽的成熟度并没有达到理想程度;但若延迟采收让葡萄果实拥有更好的着色,则会影响葡萄酒的品质,出现糖高酸低、酒精度过高以及苹果酸过低的现象^[3]。

本研究从栽培技术角度出发,搭建遮阳网来改善以上高温产区红葡萄品种生长发育中的问题。遮阳网可以调节叶幕微气候,提高湿度和降低温度^[13]。葡萄果实中的有机酸和含糖量会受温度的影响,过高的温度会使植物光合作用降低、抑制糖代谢相关酶的活性,但同时也会使葡萄皱缩使其含糖量升高^[17]。葡萄中最主要的 2 种有机酸为酒石酸和苹果酸,其中苹果酸受温度影响更为显著,过高的温度会使苹果酸含量显著降低^[18]。同时有研究表明,苹果酸的积累主要在果实转色期前,转色后含量会降低,同时高温会加速其含量的降低^[19]。本试验结果表明,从糖酸角度看,遮阳网的宽度大小对葡萄果实和葡萄酒品质的提高效果更显著,1.0 m 宽度的遮阳网处理均显著降低了葡萄糖、果糖的含量,同时遮阳网处理均显著增加了酒石酸和苹果酸的含量,与前人研究结果一致;而 0.6 m 宽度的遮阳网处理提高了果实中葡萄糖、果糖的含量,可能是因为小面积遮阳提高了葡萄的光合作用效率和糖代谢相关酶活性。

葡萄果实中酚类物质主要包括类黄酮和非类黄酮,对葡萄酒的颜色稳定和风味有重要作用。有研究指出,过高的温度会降低葡萄果实酚类物质的含量^[20]。而低光照强度也会使葡萄酚类物质含量降低,只有在适宜的温度和光照强度下,葡萄果实中酚类物质含量才会积累升高^[21]。有研究指出,遮阳网显著提高了酿酒葡萄果实中总酚含量,但葡萄酒中总酚含量差异不显著^[22]。遮阳网还可以提高番茄果实中总酚含量和抗氧化活性^[23],却降低了猕猴桃

果实中总酚含量和抗氧化活性^[24]。因此,在不同地域、不同种类果实情况下,遮阳网对果实总酚含量的影响可能存在差异。同时,单宁是葡萄和葡萄酒中一类重要的酚类物质,不仅是红葡萄酒重要的风味物质,同时对葡萄酒酒体颜色的稳定性有重要作用。本试验结果发现,在葡萄果实酚类物质中,与对照相比,总单宁、总花色苷和总黄烷三醇的含量在 6 种遮阳网处理下均降低,总酚含量在 RE_{1.0} 处理下提高,总类黄酮含量也在 RE_{1.0}、BL_{0.6} 处理下提高;在葡萄酒酚类物质中,与对照相比,6 种遮阳网处理均降低了总花色苷含量,BL_{0.6} 提高了总单宁、总酚含量,WH_{1.0}、RE_{0.6}、BL_{0.6} 提高了总类黄酮含量,RE_{0.6}、BL_{0.6} 提高了总黄烷三醇含量。本试验结果表明遮阳网处理对葡萄果实和葡萄酒各酚类物质含量的影响存在差异,其中葡萄果实和葡萄酒中总花色苷含量在遮阳网处理下均较 CK 降低,葡萄果实和葡萄酒中总酚和总类黄酮含量在部分遮阳网处理下比 CK 有所提高,而总单宁和总黄烷三醇含量在遮阳网处理下的变化特征在葡萄果实与葡萄酒之间存在一定差异。

葡萄果实中每种花色苷的含量及其比例都与叶幕微气候息息相关^[25]。研究指出,葡萄成熟期的果际温度很大程度上影响着葡萄品质,尤其是葡萄果实的着色,叶幕光环境越强,更有利于花色素合成^[26]。在葡萄果实花色苷物质积累的过程中,内源脱落酸(ABA)浓度影响着花色苷合成酶的基因表达,而 ABA 浓度受果际温度的影响较大。有研究指出,在葡萄成熟期,葡萄果皮中 ABA 浓度在 20℃时高于 30℃,证明温度影响葡萄果皮花色苷的积累^[27]。因此,葡萄果实花色苷的积累受光照强度影响极其显著,叶幕光环境的调控对于葡萄果实花色苷积累很重要,在适当光热范围内,光照越强,葡萄果实花色苷浓度越高。本试验结果表明,与 CK 相比,遮阳网处理显著降低了葡萄果实总花色苷含量,与前人研究结果一致。此外,遮阳网处理显著提高了葡萄果实 Mv-ac、t-Mv-co 含量;RE_{0.6} 处理显著提高了 Mv 含量,同时提高了总花色苷含量。在葡萄酒中,除 BL_{0.6} 处理 Mv-ac 含量较 CK 增加外,其他遮阳网处理均降低了葡萄酒中花色苷单体的含量。以上结果表明,遮阳网处理不利于花色苷物质的积累,但会改变花色苷单体组分的比例。

搭建遮阳网遮阴措施虽然一定程度上增加了栽培和人工成本,但由于其对葡萄果实和葡萄酒的品质具有显著的提升作用,从长远看有助于地区葡萄

和葡萄酒特色品牌的塑造,对葡萄酒的销量有促进作用。此外,由于遮阳网还具有降温增湿、有效防止日灼果现象发生的作用。因此,遮阳网遮阴措施在酿酒葡萄栽培方面表现出较大的应用潜力。

4 结 论

从糖酸含量的角度看,遮阳网大小对葡萄果实和葡萄酒品质的提高效果更显著,1.0 m 宽度的遮阳网处理有利于葡萄果实降糖增酸,其中以 RE_{1.0}

处理对葡萄果实降糖增酸的效果最显著,WH_{1.0} 处理提高葡萄酒有机酸含量的效果最显著。从非花色苷酚类物质含量角度看,遮阳网的颜色对葡萄果实和葡萄酒品质的提高效果更显著,红色遮阳网处理对葡萄果实品质影响较大,黑色遮阳网处理对葡萄酒品质影响较大。其中,RE_{1.0} 处理对葡萄果实中非花色苷酚类物质提高效果最显著,BL_{0.6} 处理对葡萄酒酚类物质含量的提高效果最显著。实际应用中要结合葡萄生产目标选择适宜的处理条件。

参考文献:

[1] 李国荣,赵智慧,张华峰. 宁夏贺兰山东麓葡萄全产业链研究进展[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(4): 14-16.

LI G R, ZHAO Z H, ZHANG H F. Research progress of the whole chain of grape industry in Ningxia Helan Mountain's east foothill[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2024, 52(4): 14-16.

[2] 牛锐敏,许泽华,沈甜,等. 酿酒葡萄种质资源果实品质性状的分析与评价[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2024(1): 10-19.

NIU R M, XU Z H, SHEN T, *et al.* Analysis and evaluation of fruit quality traits of wine grape germplasm resources[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2024(1): 10-19.

[3] 白世践,卢金鸽,李帅,等. 2 种栽培模式对酿酒葡萄‘马瑟兰’果际微域环境和果实发育的影响[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(1): 79-91.

BAI S J, HU J G, LI S, *et al.* Effects of two cultivation modes on the cluster region micro-environment, berry development and quality of ‘Marselan’ grape in Turpan-Hami Basin [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2024, 61(1): 79-91.

[4] ZHAO T, WU J Y, MENG J F, *et al.* Harvesting at the right time; Maturity and its effects on the aromatic characteristics of ‘Cabernet Sauvignon’ wine[J]. *Molecules*, 2019, 24(15): 2777.

[5] MDITSHWA A, MAGWAZA L S, TESFAY S Z. Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 256: 108556.

[6] WANG Y, LI H Q, GAO X T, *et al.* Influence of attenuated reflected solar radiation from the vineyard floor on volatile compounds in ‘Cabernet Sauvignon’ grapes and wines of the north foot of Mt. Tianshan[J]. *Food Research International*, 2020, 137: 109688.

[7] FERRERO-DEL-TESO S, ARIAS I, ESCUDERO A, *et al.*

Effect of grape maturity on wine sensory and chemical features: The case of Moristel wines[J]. *LWT*, 2020, 118: 108848.

[8] 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 Y, ZHANG J X. Research progress in impacts of canopy microclimate on quality of wine-grape[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(10): 30-33.

[9] 孙阳,卢立媛,尤文忠,等. 软枣猕猴桃日灼病的发生与防治技术[J]. 中国果树, 2020(5): 120-121.

SUN Y, LU L Y, YOU W Z, *et al.* Occurrence and control technology of sunburn of *Actinidia arguta* [J]. *China Fruits*, 2020(5): 120-121.

[10] 周洲. 不同遮阳网对澳大利亚红梨的透光率、生长、产量及果实品质的影响[J]. 中国果业信息, 2022, 39(4): 48.

ZHOU Z. Effects of different shading nets on light transmittance, growth, yield and fruit quality of Australian red pear [J]. *China Fruit News*, 2022, 39(4): 48.

[11] 吴兰坤,黄卫东,战吉成. 弱光对大樱桃坐果及果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2002(3): 69-74

WU L K, HUANG W D, ZHAN J C. Effect of low light on fruit setting and fruit quality of large cherry[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2002(3): 69-74.

[12] DJORDJEVIC B, ŠAVIKIN K, DJUROVIC D, *et al.* Biological and nutritional properties of blackcurrant berries (*Ribes nigrum* L.) under conditions of shading nets[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, 95(12): 2416-2423.

[13] 刘敏,成正龙,张晋升,等. 遮阳网对酿酒葡萄果实及葡萄酒品质的影响[J]. 西北植物学报, 2017, 37(9): 1764-1772.

LIU M, CHENG Z L, ZHANG J S, *et al.* Influence of shading net on qualities of ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Syrah’ berries and wines [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia*

Sinica, 2017, 37(9): 1764-1772.

[14] LI W P, YAO H, CHEN K Q, *et al.* Effect of foliar application of fulvic acid antitranspirant on sugar accumulation, phenolic profiles and aroma qualities of ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Riesling’ grapes and wines[J]. *Food Chemistry*, 2021, 351: 129308.

[15] CHENG X H, MA T T, WANG P P, *et al.* Foliar nitrogen application from veraison to preharvest improved flavonoids, fatty acids and aliphatic volatiles composition in grapes and wines[J]. *Food Research International*, 2020, 137: 109566.

[16] 冯蕊, 张晓煜, 李芳红, 等. 贺兰山东麓酿酒葡萄品质成分对气象因子的响应特征[J]. *西北植物学报*, 2022, 42(8): 1363-1372.

FENG R, ZHANG X Y, LI F H, Response of quality components of wine grape in the eastern foothills of Helan Mountain to meteorological factors[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(8): 1363-1372.

[17] ARRIZABALAGA-ARRIAZU M, GOMÈS E, MORALES F, *et al.* High temperature and elevated carbon dioxide modify berry composition of different clones of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 603687.

[18] SALAZAR PARRA C, AGUIRREOLEA J, SÁNCHEZ-DÍAZ M, *et al.* Effects of climate change scenarios on ‘Tempranillo’ grapevine (*Vitis vinifera* L.) ripening: Response to a combination of elevated CO₂ and temperature, and moderate drought[J]. *Plant and Soil*, 2010, 337(1): 179-191.

[19] CARBONELL-BEJERANO P, SANTA MARÍA E, TORRES-PÉREZ R, *et al.* Thermotolerance responses in ripening berries of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat hamburg[J]. *Plant and Cell Physiology*, 2013, 54(7): 1200-1216.

[20] TORRES N, GOICOECHEA N, ANTOLÍN M C. Antioxidant properties of leaves from different accessions of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo after applying biotic and/or environmental modulator factors [J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 76: 77-85.

[21] CATALDO E, EICHMEIER A, MATTII G B. Effects of global warming on grapevine berries phenolic compounds: A review[J]. *Agronomy*, 2023, 13(9): 2192.

[22] 翟亚巍, 蔡军社, 户金鸽, 等. 不同采收期对‘赤霞珠’葡萄果实及其葡萄酒品质的影响[J]. *中国酿造*, 2023, 42(12): 70-75.

ZHAI Y W, CAI J S, HU J G, *et al.* Effects of different harvest period on quality of ‘Cabernet Sauvignon’ grape fruit and wine[J]. *China Brewing*, 2023, 42(12): 70-75.

[23] LOAYZA F E, BRECHT J K, SIMONNE A H, *et al.* Synergy between hot water treatment and high temperature ethylene treatment in promoting antioxidants in mature-green tomatoes[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2020, 170: 111314.

[24] CHEN Y, HU X M, SHI Q K, *et al.* Changes in the fruit quality, phenolic compounds, and antioxidant potential of red-fleshed kiwifruit during postharvest ripening[J]. *Foods*, 2023, 12(7): 1509.

[25] 赵益梅, 刘伟强, 崔萍, 等. 贺兰山东麓‘马瑟兰’葡萄果实花色苷和原花色素特性分析[J]. *西北植物学报*, 2023, 43(10): 1683-1693.

ZHAO Y M, LIU W Q, CUI P, *et al.* Characteristics of anthocyanins and proanthocyanidins in grape fruits of ‘Mathéran’ at the eastern foot of Helan Mountain[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(10): 1683-1693.

[26] WANG Y, GAO X T, LI H Q, *et al.* Microclimate changes caused by black inter-row mulch decrease flavonoids concentrations in grapes and wines under semi-arid climate [J]. *Food Chemistry*, 2021, 361: 130064.

[27] JIANG B, XI Z, LUO M, *et al.* Comparison on aroma compounds in ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Merlot’ wines from four wine grape-growing regions in China[J]. *Food Research International*, 2013, 51(2): 482-489.