

网络出版时间:2020-09-25 13:12 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2021.03.015

网络出版地址:<https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20200924.1326.015.html>

砧木对极端干旱区马瑟兰葡萄光合及酿酒特性的影响

白世践, 户金鸽, 蔡军社, 赵荣华, 陈 光

(新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所, 新疆 鄯善 838200)

[摘 要] **【目的】**研究不同砧木对极端干旱区酿酒葡萄马瑟兰光合及酿酒特性的影响,为马瑟兰葡萄的嫁接栽培提供理论依据。**【方法】**以 4 个砧木(5BB、SO₄、3309M、101-14MG)嫁接马瑟兰组成的砧穗组合(M/5BB、M/SO₄、M/3309M、M/101-14MG)及马瑟兰自根苗(对照)为试材,于葡萄转色期测定马瑟兰葡萄叶片光合参数,于果实采收期测定果实品质指标并进行单品种酿造试验,测定所酿造葡萄酒的品质指标。**【结果】**砧木嫁接可以显著提高马瑟兰葡萄叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,与自根苗相比,M/3309M、M/5BB、M/101-14MG 的净光合速率分别提高了 84.18%,119.39%和 42.09%,蒸腾速率分别提高了 69.30%,65.67%和 53.31%,均表现出较优的光合特性。M/3309M、M/101-14MG、M/5BB 的单穗质量和单粒质量均较自根苗显著增大,且果穗紧密度表现为适中或偏疏,其中单穗质量的增幅分别为 64.01%,93.67%和 46.12%,单粒质量的增幅分别为 54.80%,54.80%和 43.84%。M/101-14MG、M/5BB 葡萄果皮颜色值显著大于自根苗,果实成熟度更好。M/101-14MG、M/5BB、M/3309M 的可溶性固形物含量及还原糖和总酸质量浓度均较自根苗显著增加,其中还原糖质量浓度的增幅分别为 14.48%,16.51%和 11.94%,总酸质量浓度的增幅分别为 26.64%,25.04%和 39.96%;M/SO₄ 的还原糖质量浓度与自根苗差异不显著。与自根苗相比,砧木嫁接均可以显著增加马瑟兰葡萄果皮中的总酚、总花色苷含量,M/SO₄、M/101-14MG、M/5BB 还有效增加了果皮中的单宁含量,增幅分别为 43.70%,32.93%和 30.29%。M/101-14MG、M/5BB 果实酿造的干红葡萄酒酒精度较高,分别为 13.50%和 13.70%,且 M/101-14MG 葡萄酒中总花色苷质量浓度(105.61 mg/L)显著高于其他处理,pH 值最小,色调值最小。**【结论】**综合而言,3309M、5BB、101-14MG 嫁接的马瑟兰葡萄叶片具有较优的光合特性,且以 101-14MG 嫁接葡萄酿酒品质最优。

[关键词] 砧木;马瑟兰葡萄;酿酒特性;果实品质;葡萄酒品质

[中图分类号] S663.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2021)03-0129-09

Effects of rootstocks on photosynthesis and vinification characteristics of Marselan grape in extreme arid region

BAI Shijian, HU Jinge, CAI Junshe, ZHAO Ronghua, CHEN Guang

(Research Institute of Grape and Melon Fruits of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shanshan, Xinjiang 838200, China)

Abstract: **【Objective】** Effects of different rootstocks (5BB, SO₄, 3309M and 101-14MG) on photosynthesis and vinification characteristics of wine grape Marselan in extreme arid region were studied to provide basis for the grafting cultivation of Marselan grape. **【Method】** Four rootstock-scion combinations of M/5BB, M/SO₄, M/3309M and M/101-14MG based on rootstocks of 5BB, SO₄, 3309M and 101-14MG grafted with Marselan and self-root seedlings (CK) were selected. Photosynthetic parameters of grape leaves were measured during color changing, fruit quality was measured, and qualities of wines after harvest

[收稿日期] 2020-03-08

[基金项目] 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-29-26)

[作者简介] 白世践(1986—),男,云南石屏人,农艺师,主要从事葡萄栽培技术研究及推广工作。E-mail:594748964@qq.com

[通信作者] 蔡军社(1968—),男,陕西武功人,副研究员,主要从事葡萄育种与栽培研究。E-mail:abc8303099@126.com

were determined. 【Result】 Net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance of Marselan grape leaves were significantly improved by grafting. Net photosynthetic rates of M/3309M, M/5BB and M/101-14MG were increased by 84. 18%, 119. 39% and 42. 09%, and transpiration rates were increased by 69. 30%, 65. 67% and 53. 31% with improved photosynthetic characteristics compared with self-root seedlings. Average cluster masses and average berry masses of M/3390M, M/101-14MG and M/5BB were significantly higher than those of self-root seedlings, and cluster density was medium or loose. Average cluster masses were increased by 64. 01%, 93. 67% and 46. 12% and average berry masses were increased by 54. 80%, 54. 80% and 43. 84%, respectively. Skin color values of M/101-14MG and M/5BB were significantly greater than those of self-root seedlings and maturity was better. Soluble solid content, reducing sugar and total acid mass concentration were increased significantly. Reducing sugar mass concentrations were increased by 14. 48%, 16. 51% and 11. 94%, total acid mass concentrations were increased by 26. 64%, 25. 04% and 39. 96%, while reducing sugar mass concentration was changed insignificantly. Total phenol and anthocyanin contents of pericarp were increased by grafting, and tannins contents of M/SO4, M/101-14MG and M/5BB were increased effectively by 43. 70%, 32. 93% and 30. 29%, respectively. Alcohol contents of M/101-14MG and M/5BB were 13. 50% and 13. 70%, and M/101-14M had the highest total anthocyanin mass concentration (105. 61 mg/L) and lowest pH and tone value. 【Conclusion】 Photosynthetic characteristics of M/3309M, M/5BB and M/101-14MG leaves were superior to others and M/101-14MG had the best wine quality.

Key words: rootstock; Marselan grape; vinification characteristics; fruit quality; wine quality

新疆具有独特的生态环境,葡萄酒全产业链绿色健康^[1-2],吐哈盆地葡萄产区属于典型的大陆性暖温带荒漠气候,降雨稀少,极端干旱。目前吐哈盆地产区酿酒葡萄种植面积约 800 hm²,种植品种以赤霞珠为主,葡萄酒类型和品质存在严重的同质化现象。受极端高温天气的影响,吐哈盆地产区的酿酒葡萄存在成熟过快、糖高酸低及酚类和香气物质积累不足等缺点,导致葡萄酒酒精度过高、口感乏味、颜色不稳定、香气欠缺等问题^[3]。优质酿酒葡萄原料的生产成为限制该产区葡萄酒品质提升的主要因素。近年来该产区引入优良酿酒葡萄品种马瑟兰,但据近 2 年的引种观察结果来看,马瑟兰自根苗适应性不佳,受产区极端干旱、低温、盐碱等逆境胁迫,存在幼树期生长势偏弱、成活率低、萌芽率低、丰产性较差等问题。合理利用抗性砧木进行嫁接栽培,可以有效提高接穗品种对逆境胁迫的抵抗力,间接提高酿酒葡萄的品质^[4-6],嫁接栽培对新疆葡萄酒产业的健康、可持续发展具有重要意义。目前已相继开展了关于砧木对接穗葡萄品种物候期、抗逆性、果实品质、光合及栽培特性影响等方面的研究,且已证实砧木对接穗品种抗逆性和栽培特性均有显著影响^[7-14]。如砧木 SA15 能够缓解盐碱胁迫对美乐葡萄植株生长的抑制作用,提高盐碱胁迫下葡萄果实的品质^[13];砧木 5BB 能显著提高马瑟兰葡萄果实总

糖、果皮多酚、单宁、总类黄酮、花色苷含量和叶片净光合速率(P_n),进而提高葡萄果实品质^[14]。但也有研究指出,砧木对接穗栽培特性及品质的影响受品种特性、地域气候条件等多因素的共同影响^[15],而关于新疆极端干旱区砧木对酿酒葡萄马瑟兰光合及酿酒特性影响的系统研究尚鲜见报道。为此,本研究分析了 4 个砧木(5BB、SO4、3309M、101-14MG)对极端干旱区酿酒葡萄马瑟兰光合特性及果实品质、酒质的影响,旨在为酿酒葡萄品种马瑟兰在极端干旱区的嫁接栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年在新疆鄯善县新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所(42°91'N,90°30'E)进行。试验地海拔 419 m,年降雨量 25. 3 mm,年蒸发量 2 751 mm;全年日照时数为 3 122. 8 h,10 ℃以上有效积温 4 525 ℃以上,无霜期 192 d,干燥度(K)高达 74. 36,属于典型的大陆性暖温带荒漠气候,是我国极端干旱地区之一。土壤质地为砾石砂壤土,0~40 cm 土层含有机质 11. 58 g/kg、全氮 0. 62 g/kg、速效磷 52. 45 mg/kg、速效钾 158. 26 mg/kg,pH 值 8. 12。

1.2 试验材料

供试品种为酿酒葡萄马瑟兰(*V. vinifera* L. cv. ‘Marselen’, M),嫁接砧木为 5BB、SO4、101-14MG、3309M,穗与砧木组合成 4 个砧穗组合: M/5BB、M/SO4、M/101-14MG、M/3309M,以马瑟兰自根苗为对照。砧穗组合于 2018 年 5 月进行绿枝高接,自根苗于 2017 年定植,东西行向、株行距 1.0 m×2.5 m,栽培架式为‘厂’字形(M-VSP)。本试验采用完全随机区组设计,单行 50 m(约 25 株)为 1 个小区,每处理 3 个小区,每株保留新梢、果穗数量基本一致,夏季肥、水、修剪、病虫害防治等管理措施一致。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 光合指标的测定 于葡萄转色期(7 月 15 日)晴天上午 09:00—11:00 进行测定。测定对象为结果母枝基部以上第 5、6 片完整、大小一致的功能叶。采用 LI-6400 型光合仪(LI-COR 公司,美国)测定叶片的蒸腾速率(T_r)、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i),设定光强为 1 800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水分利用效率(WUE)采用公式 $\text{WUE} = P_n / T_r$ 计算。每处理重复测定 3 次,结果取平均值。

1.3.2 果实品质的测定 葡萄采收后(9 月 5 日)立即进行果实品质测定。参照 OIV 标准统计果穗紧密度^[16];单穗质量、单粒质量采用称量法直接测定;统计果皮颜色值、种皮颜色值^[17];取 100 粒果实,称质量后,分离果皮和种子,称量果皮、种子质量并计算果皮相对质量和种子相对质量:果皮相对质量=(果皮质量/果实质量)×100%,种子相对质

量=(种子质量/果实质量)×100%;葡萄汁的 pH 值采用 pH 测定仪(Temp meter,美国 BECKMAN 公司)进行测定;可溶性固形物含量(以质量分数表示)采用手持测糖仪测定;还原糖质量浓度采用斐林试剂法^[18]测定;总酸质量浓度采用酸碱指示剂滴定法测定,结果以酒石酸表示^[19];葡萄果皮中的总花色苷采用 pH 示差法测定,总花色苷含量用花青素-3-葡萄糖苷(CGE,mg/L)表示^[20];总酚含量采用福林-肖卡法^[21]测定;单宁含量采用福林-丹尼斯法^[22]测定。

1.3.3 葡萄酒品质的测定 采收后的马瑟兰鲜葡萄立即进行单品种葡萄酒小容器(10 L)酿造试验^[23],在酿造完成后,参照王华^[22]的方法测定葡萄酒酒精度、pH 值、色度、色调及还原糖、总酸、总酚、单宁、总花色苷质量浓度等指标。参照“GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法”^[19]测定挥发酸、总 SO₂、游离 SO₂ 质量浓度,其中挥发酸采用先蒸馏后滴定的方法测定,总 SO₂、游离 SO₂ 采用直接碘量法测定。

1.4 数据处理

各指标均重复测定 3 次,结果以“平均值±标准差”表示。采用 Microsoft Office 2007 和 DPS 7.05 软件进行数据统计与分析,采用 Duncan 法进行单因素方差分析,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 砧木对马瑟兰葡萄光合参数及 WUE 的影响 不同砧木对马瑟兰葡萄光合参数及 WUE 的影响结果见表 1。

表 1 不同砧木对马瑟兰葡萄光合参数及 WUE 的影响

砧穗组合 Stock-scion combination	净光合速率(P_n)/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Net photosynthesis rate	蒸腾速率(T_r)/ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Transpiration rate	气孔导度(G_s)/ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Stomatal conductance	胞间 CO ₂ 浓度(C_i)/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) Intercellular CO ₂ concentration	水分利用效率/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$) WUE
M/3390M	14.44±1.35 ab	7.94±0.16 a	0.32±0.09 a	275.80±16.46 a	1.82±0.24 ab
M/SO4	13.67±0.50 ab	5.92±0.08 c	0.21±0.03 ab	229.03±8.45 b	2.32±0.21 a
M/101-14MG	11.14±1.08 b	7.19±0.23 b	0.17±0.02 b	234.62±3.06 b	1.67±0.46 ab
M/5BB	17.20±1.62 a	7.77±0.18 a	0.27±0.04 ab	215.06±1.16 c	2.22±0.51 ab
自根苗 Self-root seedlings	7.84±0.90 c	4.69±0.21 d	0.12±0.02 c	278.19±10.51 a	1.63±0.17 b

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 5% level. The same below.

由表 1 可知,砧木嫁接的马瑟兰葡萄叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均显著高于自根苗($P<0.05$)。M/5BB 净光合速率最高,为 17.20 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,显著高于 M/101-14MG; M/3390M、M/SO4 净光合速率次之,与 M/101-14MG 差异不显

著;与自根苗相比,M/3309M、M/SO4、M/5BB、M/101-14MG 的净光合速率分别提高了 84.18%, 74.36%, 119.39% 和 42.09%。蒸腾速率以 M/3390M 和 M/5BB 最高,显著高于其他砧穗组合,其次是 M/101-14MG,显著高于 M/SO4;与自根苗

相比, M/3309M、M/5BB、M/101-14MG 的蒸腾速率分别提高了 69.30%, 65.67% 和 53.31%。气孔导度以 M/3390M 最大, 显著大于 M/101-14MG; 其次是 M/5BB 和 M/SO4, 与 M/101-14MG 差异不显著。胞间 CO₂ 浓度以自根苗和 M/3390M 最高, 显著高于其他处理; 以 M/5BB 最低, 显著低于其他处理。M/SO4 水分利用效率最高, 显著高于自根苗, 其他砧穗组合与自根苗差异均不显著。

2.2 砧木对马瑟兰葡萄果实品质的影响

2.2.1 对单穗质量、单粒质量及果穗紧密度的影响

由表 2 可知, M/3390M、M/101-14MG、M/5BB 葡萄单穗质量均显著大于自根苗, 其中以 M/101-14MG 最大, 为 150.89 g, 显著大于 M/SO4 和 M/

5BB; 其次是 M/3309M, 介于 M101-14MG 和 M/5BB 之间, 与二者差异均不显著; M/SO4 单穗质量介于 M/5BB 和自根苗之间, 且与二者差异均不显著。砧木嫁接的马瑟兰葡萄单粒质量均显著大于自根苗, 且 4 个砧穗组合之间差异不显著, 单粒质量均在 1.0 g 以上。与自根苗相比, M/3390M、M/101-14MG、M/5BB 的单穗质量增幅分别为 64.01%, 93.67% 和 46.12%, 单粒质量增幅分别为 54.80%, 54.80% 和 43.84%。4 个砧木嫁接的马瑟兰葡萄果穗紧密度均显著小于自根苗, 其中以 M/5BB 和 M/3390M 最小, 显著小于其他处理, 二者表现为偏疏, 而 M/SO4 和 M/101-14MG 则表现为适中, 自根苗表现为偏紧。

表 2 不同砧木对马瑟兰葡萄单穗质量、单粒质量及果穗紧密度的影响

Table 2 Effects of different rootstocks on average cluster mass, average berry mass and cluster density of Marselan grapes			
砧穗组合 Stock-scion combination	单穗质量/g Average cluster mass	单粒质量/g Average berry mass	果穗紧密度 Cluster density
M/3390M	127.78±24.00 ab	1.13±0.10 a	3.92±0.13 c
M/SO4	101.77±32.40 bc	1.08±0.12 a	4.58±0.27 b
M/101-14MG	150.89±17.05 a	1.13±0.05 a	4.72±0.16 b
M/5BB	113.84±21.93 b	1.05±0.08 a	3.30±0.62 c
自根苗 Self-root seedlings	77.91±32.25 c	0.73±0.11 b	6.13±0.14 a

2.2.2 对果皮、种皮颜色及相对质量的影响 由表 3 可知, M/3390M 和 M/101-14MG 的葡萄果皮颜色值显著大于其他处理, M/5BB 显著大于 M/SO4 和自根苗, 而 M/SO4 和自根苗之间无显著差异, 表明 M/3390M 和 M/101-14MG 的果皮颜色更深。种皮颜色值以 M/5BB 最大, 显著大于 M/SO4、M/3309M 和自根苗, 而与 M/101-14MG 差异不显著, 说明 M/5BB、M/101-14MG 的葡萄种子成熟度更

好, 种子颜色更接近于暗褐色。果皮相对质量以 M/3390M、M/SO4 最大, 显著大于其他处理; 其次是 M/5BB, 显著大于 M/101-14MG, 但与自根苗差异不显著。种子相对质量以自根苗最大, 显著大于所有砧穗组合, 这可能与其单粒质量较小有关; 其次是 M/SO4, 显著大于 M/101-14MG; M/3390M 和 M/5BB 介于 M/SO4 和 M/101-14MG 之间, 且与二者差异均不显著。

表 3 不同砧木对马瑟兰葡萄果皮、种皮颜色值及相对质量的影响

Table 3 Effects of different rootstocks on berry skin, seed coat color value and berry skin, seed coat relative mass of Marselan grapes

砧穗组合 Stock-scion combination	果皮颜色值 Berry skin color value	种皮颜色值 Seed coat color value	果皮相对质量/% Berry skin relative mass	种子相对质量/% Seed coat relative mass
M/3390M	3.89±0.06 a	3.24±0.05 c	13.58±0.23 a	6.41±0.19 bc
M/SO4	3.37±0.12 c	3.35±0.07 bc	13.60±0.26 a	6.72±0.30 b
M/101-14MG	3.95±0.05 a	3.59±0.11 ab	11.01±0.16 c	6.19±0.14 c
M/5BB	3.77±0.02 b	3.71±0.13 a	11.84±0.06 b	6.29±0.13 bc
自根苗 Self-root seedlings	3.34±0.09 c	3.34±0.03 b	11.32±0.41 bc	8.91±0.26 a

2.2.3 对糖、酸含量和 pH 的影响 由表 4 可知, M/3309M、M/101-14MG 和 M/5BB 葡萄的可溶性固形物含量均在 26.00% 以上, 显著大于 M/SO4 和自根苗, 而 M/SO4 的可溶性固形物含量显著小于自根苗。还原糖质量浓度以 M/5BB、M/101-14MG 和 M/3390M 较高, 显著高于 M/SO4 和自根苗, 其中以 M/5BB 最高, 显著高于 M/3309M, M/101-

14MG 介于 M/5BB 和 M/3390M 之间, 与二者差异均不显著; M/SO4 和自根苗均在 200 g/L 以下; 与自根苗相比, M/101-14MG、M/5BB、M/3309M 的还原糖质量浓度增幅分别为 14.48%, 16.51% 和 11.94%。总酸质量浓度以 M/3390M 和 M/SO4 最高, 显著高于其他处理; 其次是 M/101-14MG 和 M/5BB, 显著高于自根苗; 4 个砧穗组合葡萄的总酸质

量浓度均在 7.00 g/L 以上;与自根苗相比,M/101-14MG、M/5BB、M/3309M、M/SO₄ 的总酸质量浓度增幅分别为 26.64%,25.04%,39.96% 和 37.66%。pH 以 M/3309M 和 M/SO₄ 较低,显著低于其他处理;以自根苗最高,为 3.86,显著高于其他处理。

表 4 不同砧木对马瑟兰葡萄果实糖、酸含量和 pH 的影响

Table 4 Effects of different rootstocks on sugar, acid content and pH of Marselan grape fruits				
砧穗组合 Stock-scion combination	可溶性固形物/% Soluble solids	还原糖/(g·L ⁻¹) Reducing sugar	总酸/(g·L ⁻¹) Total acid	pH
M/3390M	26.36±0.21 a	216.53±3.13 b	7.88±0.11 a	3.53±0.04 c
M/SO ₄	24.66±0.10 c	196.55±3.16 c	7.75±0.21 a	3.51±0.02 c
M/101-14MG	26.59±0.25 a	221.43±2.17 ab	7.13±0.10 b	3.75±0.03 b
M/5BB	26.66±0.31 a	225.37±2.63 a	7.04±0.16 b	3.75±0.04 b
自根苗 Self-root seedlings	25.27±0.32 b	193.43±2.19 c	5.63±0.25 c	3.86±0.05 a

2.2.4 对果皮酚类物质含量的影响 由表 5 可知,砧木嫁接马瑟兰葡萄果皮中的总酚、总花色苷含量均较自根苗显著提高。总酚含量以 M/SO₄ 最高,显著高于其他处理;其次是 M/3390M,显著高于 M/5BB;而 M/101-14MG 介于 M/3309M 和 M/5BB 之间,与二者差异均不显著;与自根苗相比,4 个砧穗组合总酚含量增幅为 39.82%~60.74%。总花色苷含量以 M/101-14MG 和 M/5BB 最高,显著高于其他处理;其次是 M/3390M,显著高于 M/SO₄;与自根苗相比,4 个砧穗组合总花色苷含量增幅为 76.19%~135.71%。单宁含量以 M/SO₄ 最高,显著高于其他处理;其次是 M/101-14MG 和 M/5BB,显著高于 M/3390M 和自根苗;M/3390M 与自根苗相比显著降低;与自根苗相比,M/SO₄、M/101-14MG、M/5BB 果皮中的单宁含量增幅分别为 43.70%,32.93%和 30.29%。

表 5 不同砧木对马瑟兰葡萄果皮酚类物质含量的影响

Table 5 Effects of different rootstocks on phenolic compounds content of Marselan grape skins				mg/g
砧穗组合 Stock-scion combination	总酚 Total phenols	总花色苷 Total anthocyanins	单宁 Tannins	
M/3390M	37.52±1.03 b	2.56±0.52 b	7.36±0.21 d	
M/SO ₄	40.41±1.11 a	2.22±0.25 c	14.14±0.15 a	
M/101-14MG	36.73±0.48 bc	2.97±0.04 a	13.08±0.04 b	
M/5BB	35.15±0.21 c	2.92±0.19 a	12.82±0.13 b	
自根苗 Self-root seedlings	25.14±2.32 d	1.26±0.05 d	9.84±0.22 c	

2.3 砧木对马瑟兰葡萄酒品质的影响

2.3.1 对酒精度、糖、酸及 pH 的影响 由表 6 可知,马瑟兰砧穗组合和自根苗葡萄酒总 SO₂ 和游离 SO₂ 质量浓度均符合“GB/T 15037—2006 葡萄酒”^[24]中总 SO₂≤250 mg/L、游离 SO₂≤50 mg/L 的标准;酒精度以 M/101-14MG 和 M/5BB 较高,均在 13.00 %以上,显著高于其他处理,其他处理均在 13.00 %以下;挥发酸质量浓度以自根苗较高,显著高于所有砧穗组合,但所有处理的挥发酸均符合“GB/T 15037—2006 葡萄酒”^[24]中挥发酸≤1.2 g/L 的标准;所有处理还原糖质量浓度均在 4.00 g/L 以下,其中以自根苗最高,显著高于所有砧穗组合,其次是 M/3309M 和 M/101-14MG,显著高于 M/5BB 和 M/SO₄;总酸质量浓度以 M/SO₄、M/3309M 和 M/101-14MG 较高,显著高于其他处理,三者均在 7.00 g/L 以上,自根苗和 M/5BB 总酸质量浓度较低,分别为 6.16 和 6.40 g/L;pH 以 M/SO₄ 和 M/101-14MG 较低,显著低于其他处理,均在 4.00 以下,其他处理均超过 4.00。

表 6 不同砧木对马瑟兰葡萄酒理化指标的影响

Table 6 Effects of different rootstocks on chemical indicators contents of Marselan wine							
砧穗组合 Stock-scion combination	游离 SO ₂ / (mg·L ⁻¹) Free SO ₂	总 SO ₂ / (mg·L ⁻¹) Total SO ₂	酒精度/% Alcohol content	挥发酸/ (g·L ⁻¹) Volatile acid	还原糖/ (g·L ⁻¹) Reducing sugar	总酸/ (g·L ⁻¹) Total acid	pH
M/3390M	14.00±2.15 c	84.90±4.94 ab	12.90±0.10 b	0.33±0.03 bc	2.60±0.18 b	7.04±0.08 a	4.16±0.04 a
M/SO ₄	19.67±3.67 b	77.97±13.15 ab	12.70±0.35 b	0.41±0.03 b	0.97±0.16 c	7.12±0.05 a	3.99±0.01 b
M/101-14MG	23.33±3.89 ab	63.65±15.36 b	13.50±0.25 a	0.23±0.02 d	2.41±0.45 b	7.04±0.17 a	3.89±0.06 b
M/5BB	27.00±2.56 a	85.50±12.49 a	13.70±0.20 a	0.31±0.04 cd	1.14±0.20 c	6.40±0.16 b	4.19±0.04 a
自根苗 Self-root seedlings	25.00±1.80 a	69.57±3.89 ab	12.70±0.10 b	0.49±0.08 a	3.31±0.61 a	6.16±0.08 c	4.23±0.04 a

2.3.2 对酚类物质及色度的影响 由表 7 可知,砧木嫁接马瑟兰葡萄酒的总酚质量浓度以 M/SO4 最高,显著高于 M/3309M、M/5BB 和自根苗;其次是 M/101-14MG 和 M/3390M,显著高于 M/5BB 和自根苗;M/5BB 和自根苗的总酚质量浓度均较低,在 600.00 mg/L 以下。总花色苷质量浓度以 M/101-14MG 最高,为 105.61 mg/L,显著高于其他处理;其次是 M/3309M、M/5BB 和 M/SO4,均显著高于

自根苗。单宁质量浓度以 M/SO4 最高,显著高于其他处理;其次是 M/101-14MG,显著高于 M/5BB、M/3309M 和自根苗;M/3390M 最低,显著低于 M/5BB 和自根苗。色度以 M/3309M、M/SO4 和 M/101-14MG 较大,显著大于自根苗,而 M/5BB 与自根苗差异不显著。色调以 M/101-14MG 和自根苗较低,显著低于 M/5BB,而 M/3309M 和 M/SO4 与 M/5BB 差异均不显著。

表 7 不同砧木对马瑟兰葡萄酒酚类物质及色度的影响

Table 7 Effects of different rootstocks on phenolic compounds and chromaticity of Marselan wine

砧穗组合 Stock-scion combination	总酚/(mg·L ⁻¹) Total phenols	总花色苷/(mg·L ⁻¹) Total anthocyanins	单宁/(mg·L ⁻¹) Tannins	色度 Chroma-ticity	色调 tonality values
M/3390M	672.18±17.61 b	70.92±2.51 b	456.85±22.80 d	0.59±0.07 a	0.76±0.02 ab
M/SO4	717.71±26.70 a	66.40±3.60 b	662.31±26.01 a	0.66±0.03 a	0.74±0.01 ab
M/101-14MG	683.18±10.38 ab	105.61±5.26 a	556.89±20.18 b	0.65±0.03 a	0.73±0.01 b
M/5BB	551.95±22.36 c	68.32±1.07 b	517.64±12.75 c	0.55±0.09 ab	0.78±0.03 a
自根苗 Self-root seedlings	509.21±12.45 d	57.33±5.78 c	503.38±8.67 c	0.47±0.02 b	0.73±0.03 b

3 讨 论

吐哈盆地产区酿酒葡萄赤霞珠受到极端高温、干旱天气影响,葡萄原料存在高糖低酸、香气和酚类物质不足等问题,所酿葡萄酒酒精度过高、口感乏味、颜色稳定性及陈年能力差^[3]。砧木对接穗的影响除受砧、穗品种基因型相互作用外,还受砧木对当地逆境的适应性等因素影响^[15]。不同砧木品种通过产生不同的植物激素、特殊代谢产物等来影响接穗品种的生长势、叶片质量及光合作用^[25-27]。张付春等^[26]研究认为,砧木 5BB 能够显著提高赤霞珠 9 的叶片质量及光合速率;李新文等^[28]研究发现,以 5BB、SO4 为砧木的赤霞珠净光合速率均较自根苗有所增加;高展等^[14]研究认为,在玛纳斯河流域,砧木 5BB 和 SO4 均能显著提高马瑟兰葡萄叶片的光合指标。本研究中,砧木嫁接的马瑟兰葡萄叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及水分利用效率较对照均有不同程度提高,其中净光合速率以 M/5BB 最高,整体光合指标最优,这可能与 5BB 对当地极端高温干旱气候和高盐碱性土壤适应性较好,且和马瑟兰亲和性较好有关,能显著改善马瑟兰葡萄叶片质量;而 101-14MG 对马瑟兰葡萄光合指标提高幅度较小,这可能与 101-14MG 对马瑟兰叶片质量影响较小有关。而李敏敏等^[29]研究认为,在河北昌黎产区砧木 101-MG、SO4 对马瑟兰叶片净光合速率无显著影响,而砧木 5BB 在一定程度上降低了净光合速率,这与上述其他人的研究结果不一致,原因可能与马瑟兰葡萄对不同地区气候条件的适应性不同有关。

砧木除了可以提高接穗品种对逆境胁迫的抗性外,其对葡萄的生长势、物候期、果实品质及产量均有显著影响^[30-31]。已有研究证实,砧木对葡萄的果穗质量、果粒质量、色泽及产量均有一定影响^[14,28-29,32-33]。张付春等^[32]研究认为,砧木 SO4、101-14MG、5BB 能显著增大赤霞珠葡萄的果穗质量、果粒质量,且 SO4 可以显著增加果穗松散度,改善果实着色;李超等^[33]研究表明,砧木 5BB、3309C、SO4、101-14MG 能显著增大赤霞珠葡萄果粒质量,而 SO4 嫁接的赤霞珠葡萄成熟有所延迟;高展等^[14]研究发现,在新疆玛纳斯河流域,砧木 SO4、5BB 能显著增大马瑟兰葡萄的果穗质量和果皮厚度,且 SO4 增加了种子数量,而对皮果比无显著影响。本研究表明,与对照自根苗相比,M/3390M、M/101-14MG、M/5BB 葡萄果实果穗质量、果粒质量均显著增大,且果穗紧密度显著改善,果穗适中或偏疏,果穗内部的透光条件得到改善,单穗果粒间着色、品质一致性更好,这一研究结果与高展等^[14]、张付春等^[32]、李超等^[33]的研究结果一致。李敏敏等^[29]研究表明,在河北昌黎产区,砧木 5BB 嫁接对马瑟兰葡萄果粒质量无明显影响,但使果穗质量显著减小,而 110R、5C 可以显著增大果穗质量;王婷等^[34]在山东烟台的相关研究表明,砧木 3309M、10-14MG 对马瑟兰葡萄果穗质量、果粒质量等外观品质无显著影响。这些研究结果不一致的原因,可能是葡萄品种受产区地域气候条件的影响不同所致。本研究表明,M/101-14MG、M/5BB 葡萄的果皮、种皮颜色值较大,果皮更接近深红(紫黑)色,种皮颜色更接近暗褐色,具有更高的成熟度,而 M/SO4 葡萄的果皮、

种皮颜色值较低,成熟度较差,且 SO₄ 和 3309M 显著增大了果皮相对质量,说明其果皮较厚,这一研究结果与李超等^[33]以及高展等^[14]的研究结果一致。

糖、酸和酚类物质是影响葡萄及葡萄酒品质的主要指标,葡萄酒的涩味、收敛感和色泽来自于葡萄及葡萄酒中的单宁、花青苷等酚类物质^[35]。国内外的研究结果已经证明,砧木对酿酒葡萄糖、酸、pH、酚类物质含量均有一定的影响^[32-34,36-38]。本研究结果表明,M/101-14MG、M/5BB、M/3309M 葡萄的可溶性固形物含量、还原糖质量浓度均较自根苗显著提高,而 M/SO₄ 可溶性固形物含量较自根苗显著降低,这一研究结果与前人报道的 5BB 能显著提高贵人香^[38]、赤霞珠^[11]、马瑟兰^[14] 葡萄含糖量,101-14MG 能显著提高马瑟兰葡萄总糖含量^[29],而 SO₄ 能降低赤霞珠^[33] 含糖量,对马瑟兰糖含量影响不明显^[29] 的研究结果基本一致。本试验中,砧木 101-14MG、5BB、3309M、SO₄ 均显著提高了马瑟兰葡萄总酸质量浓度,降低了 pH 值,与前人研究认为 101-14MG、5BB、SO₄ 对马瑟兰总酸含量影响不显著^[29]、5BB、101-14MG 可以降低赤霞珠总酸含量^[11,33] 的结果不一致,其原因可能与马瑟兰自根苗对吐哈盆地产区高盐碱、极端干旱、低温等气候条件适应性较差,生长势弱,果实发育受影响而早熟有关。其中 M/SO₄、M/3309M 总酸质量浓度增幅较大,M/101-14MG、M/5BB 增幅较小,这与 SO₄ 有延迟果实成熟作用,而 101-14MG、5BB 有促进果实成熟的观点^[32-33] 相一致。

酚类物质主要包括花色苷、单宁、黄酮类化合物和酚酸^[39]。本研究表明,砧木嫁接均显著提高了马瑟兰葡萄果皮中的总酚、总花色苷含量,其中以 101-14MG、5BB 对果皮总花色苷含量的提高作用最为明显,SO₄、101-14MG、5BB 还有效地提高了果皮中的单宁含量。这与前人研究认为 101-14MG、5BB 能显著提高赤霞珠^[11]、马瑟兰^[14,29] 果皮总酚、花色苷、单宁含量的结果一致。郝燕等^[38] 研究认为,SO₄、5BB 对河西走廊产区贵人香葡萄果皮单宁含量无显著影响。高展等^[14] 研究认为,SO₄ 降低了玛纳斯流域马瑟兰葡萄果皮总酚、单宁含量。上述研究结果不一致的原因,可能是接穗品种、地域、气候、栽培条件、果实成熟度不同所致^[40]。在相同的酿造工艺下,葡萄酒中酚类物质的含量主要与葡萄皮有关。本研究表明,M/SO₄、M/101-14MG 葡萄酒中的总酚、单宁质量浓度较高,且 M/101-14MG 葡萄的花色苷含量最高,所酿葡萄酒中的花色苷质量浓

度亦最高,色调值最小,这与王婷等^[34] 在烟台产区关于 101-14MG 可以显著增大马瑟兰葡萄酒花色苷含量、降低色调值的研究结果相一致。

4 结 论

在新疆吐哈盆地极端干旱区,马瑟兰自根苗适应性一般,不同砧木嫁接的马瑟兰葡萄光合特性及酿酒特性存在明显差异。3309M、5BB、101-14MG 嫁接的马瑟兰葡萄叶片表现出较优的光合特性。砧木嫁接均有效提高了马瑟兰葡萄果皮中的总酚、总花色苷含量;3309M、101-14MG、5BB 显著提高了马瑟兰葡萄单穗质量、单粒质量和可溶性固形物含量、还原糖和总酸质量浓度,改善了果穗紧密度,且 101-14MG、5BB 还有效提高了马瑟兰葡萄果皮颜色、种皮颜色值和果皮中的单宁含量。M/101-14MG 酿造的葡萄酒酒精度及总酸、总酚、总花色苷和单宁质量浓度均较高,pH 较低,色调值最小,酒品质最优。

[参考文献]

- [1] 王 蕾. 基于“五力模型”的新疆葡萄酒产业价值链分析 [J]. 中国酿造,2017,36(1):196-200.
Wang L. Analysis of Xinjiang wine industry value chain based on ‘five force model’ [J]. China Brewing, 2017, 36(1): 196-200.
- [2] 武 运,田 歌,陈新军,等. 新疆葡萄酒产业发展趋势新视角探析 [J]. 中国酿造,2018,37(10):195-199.
Wu Y, Tian G, Chen X J, et al. A new perspective on the development trend of Xinjiang wine industry [J]. China Brewing, 2018, 37(10): 195-199.
- [3] 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.
- [4] Stevens R M, Pech J M, Taylor J, et al. Effects of irrigation and rootstock on *Vitis vinifera* (L.) cv. Shiraz berry composition and shrivel, and wine composition and wine score [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 2016, 22(1): 124-136.
- [5] 贺普超. 葡萄学 [M]. 北京:中国农业出版社,1999:73-130.
He P C. Grapeology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999: 73-130.
- [6] 李 华. 关于葡萄砧木 [J]. 葡萄栽培与酿酒,1985(2):17-22.
Li H. About grape rootstocks [J]. Viticulture and Winemaking, 1985(2): 17-22.
- [7] Vrsic S, Pulko B, Kocsis L. Factors influencing graftingsuccess and compatibility of grape rootstocks [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 181: 168-173.
- [8] Jin Z X, Sun H, Sun T Y, et al. Modifications of ‘Gold Finger’

- grape berry quality as affected by the different rootstocks [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64: 4189-4197.
- [9] 陈湘云. 不同砧木对鲜食葡萄生物学性状影响的研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
Chen X Y. Study on the effects of grape rootstocks on different biological properties [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2010.
- [10] Li Z, Marguerit E. The influence of grapevine rootstocks on scion growth and drought resistance [J]. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 2016, 28(2): 1-15.
- [11] 李敏敏, 袁军伟, 刘长江, 等. 砧木对河北昌黎产区赤霞珠葡萄生长和果实品质的影响 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(1): 59-63.
Li M M, Yuan J W, Liu C J, et al. Effects of rootstocks on the growth and berry quality of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevine in Changli zone, Hebei province, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(1): 59-63.
- [12] 张化阁, 刘崇怀, 王忠跃, 等. 中国野生葡萄抗葡萄根瘤蚜的特性鉴定 [J]. 果树学报, 2009, 26(3): 306-310.
Zhang H G, Liu C H, Wang Z Y, et al. Identification of resistance to grape aphids of Chinese wild grape [J]. Journal of Fruit Science, 2009, 26(3): 306-310.
- [13] 于 昕, 赵玉花, 相广庆, 等. 盐碱处理下砧木 SA15 和 SA17 对美乐葡萄生长和果实品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(6): 1022-1029.
Yu X, Zhao Y H, Xiang G Q, et al. Effects of SA15 and SA17 rootstocks on growth and berry quality of 'Merlot' grape under salt and alkali treatment [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2019, 42(6): 1022-1029.
- [14] 高 展, 彭媛媛, 董凯向, 等. 不同砧木对马瑟兰葡萄生长及果实品质的影响 [J]. 华北农学报, 2019, 34(5): 170-176.
Gao Z, Peng Y Y, Dong K X, et al. Effects of different rootstocks on the growth and fruit quality of Marselan grapes [J]. North China Agricultural Journal, 2019, 34(5): 170-176.
- [15] Fardossi A, Brandes W, Mayer C. Influence of different rootstock cultivars on growth, leaf nutrient and must quality of cultivar Gruner veltliner [J]. Mitteilungen Klosterneuburg, 1995, 45: 3-15.
- [16] Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Organisation internationale de la vigne et du vin descriptor list for grape varieties and *Vitis* species [M]. 2nd ed. Paris: Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, 2007.
- [17] Winter E, Whiting J, Rousseau J. Winegrape berry sensory assessment in Australia [M]. Adelaide: Winetitles Pty Ltd., 2009.
- [18] 白宝璋. 植物生理生化(Ⅱ) [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2003.
Bai B Z. Plant physiology and biochemistry (Ⅱ) [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2003.
- [19] 郭新光, 马佩选, 王晓红. GB/T 15038—2006. 葡萄酒, 果酒通用分析方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
Guo X G, Ma P X, Wang X H. GB/T 15038—2006. General analysis methods for wine and fruit wine [S]. Beijing: China Standard Press, 2006.
- [20] Stojanovic J, Silva J L. Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbit eye blueberries [J]. Food Chemistry, 2007, 101: 898-906.
- [21] 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.
- [22] 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.
Wang H. Experimental specification of grape and wine [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Press, 1999.
- [23] 李 华. 现代葡萄酒工艺学 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 2000.
Li H. Modern enology [M]. Xi'an: People's Press of Shaanxi, 2000.
- [24] 康永璞, 李记明, 田雅丽, 等. GB/T 15037—2006. 葡萄酒 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
Kang Y P, Li J M, Tian Y L, et al. GB/T 15037—2006. Wines [S]. Beijing: China Standard Press, 2006.
- [25] 韩 晓, 王海波, 王孝娣, 等. 不同砧木对'87-1'葡萄光合特性及荧光特性的影响 [J]. 中国农业科学, 2018, 51(10): 1972-1981.
Han X, Wang H B, Wang X D, et al. Effects of different rootstocks on '87-1' grape photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(10): 1972-1981.
- [26] 张付春, 宋晓辉, 钟海霞, 等. 砧木对赤霞珠 9 葡萄叶片质量和光合光效的影响研究 [J]. 新疆农业科学, 2017, 54(7): 1223-1231.
Zhang F C, Song X H, Zhong H X, et al. Effects of rootstocks on leaf quality and photosynthetic efficiency of Cabernet Sauvignon 9 grape [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2017, 54(7): 1223-1231.
- [27] 陈 哲. 井岗红糯荔枝嫁接亲和性及其机理研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
Chen Z. Mechanism on the graft compatibility between 'Jingganghongnuo' and other litchi cultivars [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [28] 李新文, 陈佰鸿, 毛 娟, 等. 不同砧木对'赤霞珠'葡萄生长及果实品质的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(1): 71-77.
Li X W, Chen B H, Mao J, et al. Effects of rootstocks on the growth and fruit quality of 'Cabernet Sauvignon' grapes [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2018, 53(1): 71-77.
- [29] 李敏敏, 袁军伟, 刘长江, 等. 8 个砧木对河北昌黎产区马瑟兰葡萄生长和果实品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2017, 26(25): 745-751.
Li M M, Yuan J W, Liu C J, et al. Effects of eight rootstocks on the growth and berry quality of *Vitis vinifera* cv. Marselan grapevine in Changli zone, Hebei province, China [J]. Acta

Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2017, 26 (25): 745-751.

[30] 李双岑,马丹阳,王振平. 不同砧木对 1 年生赤霞珠葡萄光合特性和生长的影响 [J]. 广东农业科学, 2016, 43(2): 45-48.
Li S Q, Ma D Y, Wang Z P. Effects of different stocks on photosynthetic parameters and growth of annual Cabernet Sauvignon [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2016, 43 (2): 45-48.

[31] 范培格,杨美容,黎盛臣. 砧木对京玉葡萄结实性及果实品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2004, 20(S1): 87-89.
Fan P G, Yang M R, Li S C. Effects of different rootstocks on the fruitfulness and fruit quality of grapevine cv. Jinyu (*Vitis vinifera* L.) [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(S1): 87-89.

[32] 张付春,杨 坚,潘明启,等. 砧木对‘赤霞珠 9’葡萄果实发育及隐色花色素还原酶基因表达的影响 [J]. 西北农业学报, 2019, 28(1): 59-65.
Zhang F C, Yang J, Pan M Q, et al. Effects of rootstocks on fruit development and expression of leuco anthocyanin reductase gene in grape berries of ‘Cabernet Sauvignon 9’ [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2019, 28 (1): 59-65.

[33] 李 超,白世践,耿新丽,等. 不同砧木对赤霞珠葡萄生长发育的影响 [J]. 果树学报, 2016, 33(10): 1241-1250.
Li C, Bai S J, Geng X L, et al. Effects of rootstocks on growth and development of ‘Cabernet Sauvignon’ grape [J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(10): 1241-1250.

[34] 王 婷,王安妮,陈景辉,等. 不同砧木对马瑟兰葡萄及葡萄酒品质的影响 [J]. 中国酿造, 2019, 38(10): 101-103.
Wang T, Wang A N, Chen J H, et al. Effects of different root-

stocks on Marselan grapes quality and wine [J]. China Brewing, 2019, 38(10): 101-103.

[35] Shuangguan L F, Zhang C Q, Mu Q, et al. Genome identification and analysis of genes encoding the enzymes involved in organic acid biosynthesis pathway in apple, grape, and sweet orange [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 185: 22-28.

[36] Reynolds A G, Wardle D A. Rootstocks impact vine performance and fruit composition of grapes in British Columbia [J]. Hort Technology, 2001, 11: 419-427.

[37] Main G, Morris J, Striegler K. Rootstock effects on chardonnay productivity, fruit and wine composition [J]. American Journal Enology and Viticulture, 2002, 53: 37-40.

[38] 郝 燕,马麒龙,张 坤,等. 河西走廊不同砧木对贵人香葡萄生长与果实品质的影响 [J]. 果树学报, 2017, 34 (10): 1286-1293.
Hao Y, Ma Q L, Zhang K, et al. Effects of different rootstocks on the growth and fruit quality of ‘Italian Riesling’ in Hexi Corridor [J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34 (10): 1286-1293.

[39] 牛锐敏,许泽华,黄小晶,等. 砧木对赤霞珠葡萄生长和果实品质的影响 [J]. 西北林学院学报, 2020, 35(1): 124-129.
Niu R M, Xu Z H, Huang X J, et al. Effects of rootstocks on the growth and fruit quality of ‘Cabernet Sauvignon’ grape [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(1): 124-129.

[40] Sun B, Spranger I, Roque-do-vale F, et al. Effect of different winemaking technologies on phenolic composition in Tinta Miúda red wines [J]. J Agr Food Chem, 2001, 49(12): 5809-5816.

(上接第 128 页)

[25] 王林军,高章维,张 东,等. 平板型双流道太阳能空气集热器热性能研究 [J]. 太阳能学报, 2016, 37(10): 2562-2568.
Wang L J, Gao Z W, Zhang D, et al. Thermal performance analysis of a flat plate solar air collector with double channels [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2016, 37(10): 2562-2568.

[26] 张 东,张建军,张跃智,等. 平板型双流道太阳能空气集热器扰流板结构优化 [J]. 上海交通大学学报, 2019, 53(11): 1302-1307.
Zhang D, Zhang J J, Zhang Y Z, et al. Baffles optimization of a flat plat solar air collector with double channels [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2019, 53(11): 1302-1307.

[27] 贾胜辉. 平板太阳能空气集热器的数值模拟研究 [J]. 建筑科学, 2015, 31(2): 85-91.
Jia S H. Numerical investigation of flat plate solar air collectors [J]. Building Science, 2015, 31(2): 85-91.