

doi:10.3969/j.issn.1000-6362.2020.09.003

陈仁伟, 张晓煜, 杨豫, 等. 贺兰山东麓砾石葡萄园赤霞珠最佳采收期的确定[J]. 中国农业气象, 2020, 41(9): 564-574

贺兰山东麓砾石葡萄园赤霞珠最佳采收期的确定*

陈仁伟^{1,2}, 张晓煜^{1,2,3**}, 杨豫^{1,2}, 王静^{2,3}, 张亚红¹, 胡宏远^{2,3}, 丁永平^{1,4}

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室, 银川 750002; 3. 宁夏气象科学研究所, 银川 750002; 4. 吴忠市公园管理所, 吴忠 751100)

摘要: 2018年8月21日-10月9日, 对宁夏贺兰山东麓砾石葡萄园酿酒葡萄(品种为‘赤霞珠’)进行分期采收。通过对各采收期葡萄果实中的还原糖、滴定酸、可溶性固形物、总酚、单宁和花青素含量以及pH、糖酸比和固酸比的测定, 利用K-平均值聚类分析法和主成分分析法对葡萄果实品质指标进行综合评价, 研究‘赤霞珠’葡萄在不同采收时间果实品质指标含量的变化, 从而确定该地区‘赤霞珠’葡萄的最佳采收期, 以优化砾石葡萄园葡萄酒品质、形成酒庄特色。结果表明: 从9月10日起采收的葡萄果实基本满足高品质酿酒对各单项指标的要求, 但随着采收时间的推后, 各项指标均有一定程度的波动, 可见, 采收时间对葡萄果实品质指标有显著影响。通过K-平均值聚类分析, 将采收时间分为两类, 第I类采收期为8月21日-9月7日, 第II类采收期为9月10日-10月9日。综合各指标, 在第II类采收期采收更有利于酿造优质葡萄酒。进一步利用主成分分析法对第II类采收期采摘的果实品质进行综合评价, 结果表明, 9月28日-10月9日采收的葡萄综合分值均大于零, 其中以9月28日得分最大, 达到了1.84。故研究认为, 在2018年的气象条件下, 宁夏贺兰山东麓砾石葡萄园‘赤霞珠’葡萄年度果实品质的可采收时间段为9月10日-10月9日, 9月28日为当年最佳采收期。

关键词: 赤霞珠; 最佳采收期; 主成分分析; 聚类分析; 葡萄品质; 酿酒葡萄

Determination of the Optimal Harvest Period for the Grape Variety Cabernet Sauvignon in Gravel Vineyard at the Eastern Foothills of Helan Mountain

CHEN Ren-wei^{1,2}, ZHANG Xiao-yu^{1,2,3}, YANG Yu^{1,2}, WANG Jing^{2,3}, ZHANG Ya-hong¹, HU Hong-yuan^{2,3}, DING Yong-ping^{1,4}

(1. School of Agricultural, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring, Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, China Meteorological Administration, Yinchuan 750002;

3. Ningxia Institute of Meteorological Sciences, Yinchuan 750002; 4. Wuzhong Park Administrative Office, Wuzhong 751100)

Abstract: The vineyards are developing very fast in recently year at the eastern foothills of Helan mountain in Ningxia Hui Autonomous Region of Northwest China as the wine industry is invested by the incentive of the local policy. ‘Cabernet Sauvignon’ is the dominated grape variety for the wine industry with the cultivation extension in the past years. The wine quality is subject to the mature degree of the grape, therefore, the harvest dates are of very importance in order to make high quality wine. The best grape harvested in the optimal period is helpful for the formation of the characteristics of chateau. A case study for identifying the optimal harvest period of grape was carried out from August 21 to October 9, 2018. This experiment was conducted in gravel vineyard and the grape was

* 收稿日期: 2020-05-06 ** 通讯作者张晓煜, E-mail: zhang_xynet@163.com

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划(2018BFH03012); 国家自然科学基金项目(41675114); 宁夏自然科学基金(2020AAC03466)

第一作者联系方式: 陈仁伟, E-mail: c958512504@163.com

harvested in different dates and then the contents of reducing sugar, the titratable acid, the soluble solids, the total phenols, the tannins and anthocyanins, pH, the sugar-acid ratio and the solid-acid ratio in grape fruits were measured in the laboratory thereafter. The K-means clustering analysis and the principal component analysis were applied to comprehensively evaluate the quality indices of the grape fruit, analyze the changes of the fruit quality index content of 'Cabernet Sauvignon' grape against the different harvest date, and then to conclude the best harvest period of the grape variety 'Cabernet Sauvignon' in gravel vineyard at the eastern foothills of Helan Mountain, Ningxia. The results showed that every quality index of the grape fruits basically meets the requirements of high-quality wine brewing if the grape is harvested September 10 afterwards although these indices varied to some extent with the harvest date. The results also showed that the harvest date has strong impact on the grape quality. After the K-means clustering analysis, two harvest periods were recommended, the early one is from August 21 to September 7, and the later one is from September 10 to October 9 in which period the harvested grape may be used to make the high quality wine. The principal component analysis was applied further to evaluate the grape quality harvested in the later period. The results showed that the overall scores of the grapes harvested during the period from September 28 to October 9 were all greater than zero, and the highest score of 1.84 was on September 28. This study concludes that in the case of the meteorological conditions in 2018 the optimal harvest period for the grape Cabernet Sauvignon in gravel vineyard at the eastern foothills of Helan Mountain in Ningxia Hui Autonomous Region was from September 10 to October 9, in which the best harvest date was September 28.

Key words: Cabernet Sauvignon; Optimal harvest period; Principal component analysis; Cluster analysis; Grape quality; Wine grape

葡萄酒的质量取决于葡萄果实的质量、酿造工艺和储藏条件^[1]。葡萄果实的成分及结构决定着葡萄果实的品质。除受品种、栽培管理和气象因素影响外,采收期对葡萄果实品质有着明显的影响^[2-3],而采收时葡萄果实成熟度与葡萄酒的品质密切相关。因此,为获得高品质的葡萄酒,确定酿酒葡萄的最佳采收期至关重要^[4]。

‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) 是优质的酿酒葡萄品种,适应性强,生长力旺盛,酿制的葡萄酒陈年潜力强劲,已成为世界上种植面积最大的酿酒葡萄品种。目前关于‘赤霞珠’采收期的研究表明,由于各产区气候因素、管理水平等不同,各地赤霞珠的最佳采收期也存在着较大差异,石友荣等^[5-6]对不同采收期赤霞珠果实的基本理化指标含量进行测定,分析各单项指标,最终确定河北昌黎地区‘赤霞珠’最佳采收期为10月中上旬,新疆玛纳斯县‘赤霞珠’最佳采收期为9月13日。屠婷瑶等^[7]对不同采收时间赤霞珠果实品质指标测定,通过主成分分析确定山西宁乡地区赤霞珠最佳采收期为9月16日前后。张亚飞等^[8]结果表明,哈密地区‘赤霞珠’最适采收期为8月31日,昌吉地区为9月19日,和硕地区为9月13日,伊犁地区为10月5日。

贺兰山东麓是中国酿酒葡萄优质生态区之一,‘赤霞珠’是该区最主要的葡萄品种^[9-11],其独特的自然、地理环境,加上贺兰山的天然屏障作用以及黄河水灌溉的便利条件,为葡萄生长提供了绝佳的生态条件。然而,贺兰山东麓产区地形、土壤、降水等气象因子差异显著,不同小产区成熟采收期差异较大,葡萄酒同质化较为严重,很难形成产区特色,且传统的葡萄最佳采收期通过测量果实含糖量、含酸量和果粒质量等指标来确定^[12],忽略了酚类物质等其它重要参数对葡萄品质的影响。目前,关于贺兰山东麓产区主栽品种采收期的研究较少^[13],而针对最主要的品种‘赤霞珠’的最佳采收期尚未见报道。

本研究选取宁夏贺兰山东麓产区金山国际葡萄试验园为研究区,以酒庄主栽品种‘赤霞珠’为试验材料,结合当年土壤、降水量等条件,通过测定不同采收期‘赤霞珠’果实品质指标,运用K-聚类分析法结合主成分分析法,分析评价不同采收时间葡萄果实成熟度,以期为准判断‘赤霞珠’果实品质达到年度最佳提供理论参考,并为贺兰山东麓砾石葡萄园建立完善、合理的采收机制提供指标体系和评价方法。

1 材料与方法

1.1 葡萄园环境条件

试验葡萄园位于宁夏贺兰山东麓金山国际葡萄试验园区 (38°43'N, 106°03'E), 地处贺兰山苏峪口洪积扇前端, 东南向阳坡面, 海拔 1200m, 总面积 40hm²。属于中温带干旱气候, 干燥少雨, 昼夜温差大。酿酒葡萄生育期为 4-9 月, 期间大于 10℃ 多年平均活动积温为 3456.8℃·d^[14]; 1981-2010 年贺兰山东麓气象站的气象数据表明, 4-9 月多年平均降水量为 152.8 mm。随着全球气候变化, 西北地区逐渐湿润化, 贺兰山东麓产区葡萄成熟期降水呈现增加趋势^[15-17], 2018 年 8-9 月尤为明显, 较多年平均值 (1981-2010 年) 增加了 86.8%。4-9 月多年平均日照时数为 1568.2h。具备酿酒葡萄优质栽培的环境条件。

(1) 土壤条件。贺兰山东麓产区土地成土母质以冲积物为主, 土壤富含砾石、砂粒, 以淡灰钙土为主。0-60cm 土层洪积母质特征明显, 土壤粗砂比例达 50%, 通透性好。葡萄园土壤条件如表 1 所示。

表 1 葡萄园土壤条件

Table 1 Soil conditions in the vineyard

项目 Item	数值 Value
pH	8.63
有机质 Organic content (g·kg ⁻¹)	13.64
全盐 Total salt content (g·kg ⁻¹)	0.52
全氮 Total nitrogen content (g·kg ⁻¹)	0.90
全磷 Total phosphorus content (g·kg ⁻¹)	0.61
速效氮 Available nitrogen content (mg·kg ⁻¹)	20.30
速效磷 Available phosphorus content (mg·g ⁻¹)	151.36
速效钾 Available potassium content (mg·g ⁻¹)	75.79
平均砂粒 Average sand content (%)	77.22
平均粉粒 Average particle content (%)	8.80
平均黏粒 Average clay content (%)	13.98

(2) 降水情况。2018 年 8 月 20 日-10 月 9 日采收试验期间共 7 次降水, 总降水量为 29.2mm。各次降水情况如图 1 所示, 日降水均为单次降水, 降水时间基本为采样前 1d 或 2d。数据来源于园内设置的自动小气候观测站 (vantage Pro2)。

(3) 种植管理。酿酒葡萄品种为 ‘赤霞珠’ (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)。树龄 5a, 行距 3.2m, 株距 1.0m, 厂字架型栽培, 采用长梢修剪。产量水平为 6000kg·hm⁻²。试验期间采用滴灌方式进行灌溉。

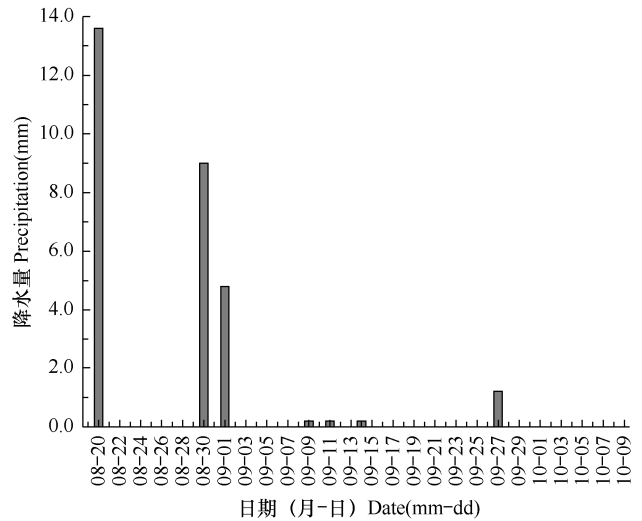


图 1 葡萄采收期 (2018-08-21—10-09) 降水量

Fig. 1 Precipitation during harvesting period (2018-08-21—10-09)

1.2 采样方法

根据历史经验, 研究区葡萄在 8 月 20 日前后陆续完成转色, 故从 8 月 21 日开始采收葡萄样品, 每 5 天取样一次, 接近历史经验的最佳采收期即 9 月中旬-下旬前后缩短采样间隔, 每 3 天取样一次, 直至 9 月 28 日酒庄采收, 10 月 9 日完成最后一次采样以确定延迟采收的葡萄品质, 因酒庄于 9 月 28 日全部采收故延后采收只有 1 次数据。试验期间共取样 12 次。在取样地段挂牌标记 10 棵葡萄树, 兼顾葡萄树阳面和阴面, 在每穗葡萄的上、中、下部各随机选取 5 粒果实^[18], 每次共取样果实 150 粒。取部分鲜样用 4 层纱布挤汁待测, 将剩余样品经液氮迅速冷冻, 使用研磨打样机 (SL-200) 将果实样品混合粉碎, 在 -80℃ (超低温冰箱) 条件下贮存备用。

1.3 测定项目

(1) 还原糖 (g·L⁻¹): 取葡萄汁 5mL, 采用斐林试剂热滴定法 (GB/T 15038-2006) 测定。

(2) 滴定酸 (g·L⁻¹): 取葡萄汁 5mL, 以酒石酸计, 采用酸碱滴定法 (GB/T 15038-2006) 测定。

(3) pH 及可溶性固形物: 取葡萄汁约 50mL, 采用笔式电子 pH 计 (KedidGT-6023) 测定葡萄汁 pH; 采用手持糖度计 (ATAGOPAL-1) 测定其可溶性固形物含量 (%)。

(4) 总酚 (mg·g⁻¹): 精确称取 0.25g 超低温冷冻样品, 采用 Folin-Ciocalteu (福林酚) 试剂显色法^[19]测定。

(5) 单宁 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$): 精确称取 0.25g 超低温冷冻样品, 采用 Folin-Denis (福林丹尼斯) 试剂显色法^[20]测定。

(6) 总花青素 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$): 精确称取 0.5g 超低温冷冻样品, 采用 pH 示差法^[21]测定。

1.4 数据分析

采用 Origin 2018 制图, 用 SPSS 22.0 进行 K-聚类分析以及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同时间采收葡萄果实品质分析

2.1.1 可溶性固形物和还原糖

可溶性固形物含量直接影响葡萄酒中的酒精含量^[22]; 还原糖是影响酿酒葡萄果实品质、口感以及后续深加工的重要品质因子, 也是酒精发酵、色素和风味物质形成的基质, 含糖量高的果实酿出的酒醇厚丰满^[23]。据研究^[24-25], 含糖量达到 $170\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上且可滴定酸含量在 $6\sim 10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 才能酿造出高品质的葡萄酒。

由图 2 可见, 不同时间采收的果实中, 可溶性固形物含量和还原糖含量均有显著差异。如图 2a 所示, 整体来看, 可溶性固形物含量随果实膨大和成熟呈波动增加的趋势。9 月 28 日采摘的果实中, 可溶性固形物含量最高, 达 25.6%, 其它时间采摘的果实, 可溶性固形物含量均显著偏低。由图 2b 可知,

在整个观测期, 随着葡萄成熟, 果实中还原糖含量整体也呈上升趋势。虽然从 8 月 21 日起, 每次采摘的果实中还原糖含量均在 $170\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上, 满足高品质酿酒对果实还原糖含量的单项要求, 但随着采摘期推后, 果实中还原糖含量快速并直线升高, 至 9 月 10 日达到 $244.88\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 随后略有降低并于 9 月 20 日左右再次升高, 至 9 月 28 日达到最大, 为 $254\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。可见, 不同时间采收对葡萄果实可溶性固形物和还原糖含量有显著影响。

2.1.2 滴定酸和 pH

滴定酸主要包括酒石酸、苹果酸、柠檬酸和琥珀酸等。适量的酸可赋予葡萄酒清爽感, 保持酒的酸性风味, 调节葡萄酒的口感均衡^[26], 是影响果实口感和酿酒风味的主要因素^[27]。pH 值与总酸含量密切相关, 决定于酿酒葡萄汁液中酒石酸、酒石酸氢钾、酒石酸钾的含量和比例及苹果酸的含量, 在葡萄酒酿造过程中对控制其稳定性具有重要作用。同时, pH 与葡萄酒色泽具有密切联系, 也决定着细菌和酵母菌数量。葡萄酒发酵时 pH 的最佳范围为 $3.5\sim 4.5$ 。

不同时间采收的果实中, pH 和滴定酸含量均有显著差异。由图 3a 可见, 整体来看, pH 随果实成熟呈波动增加的趋势, 9 月 28 日采摘的果实 pH 最高,

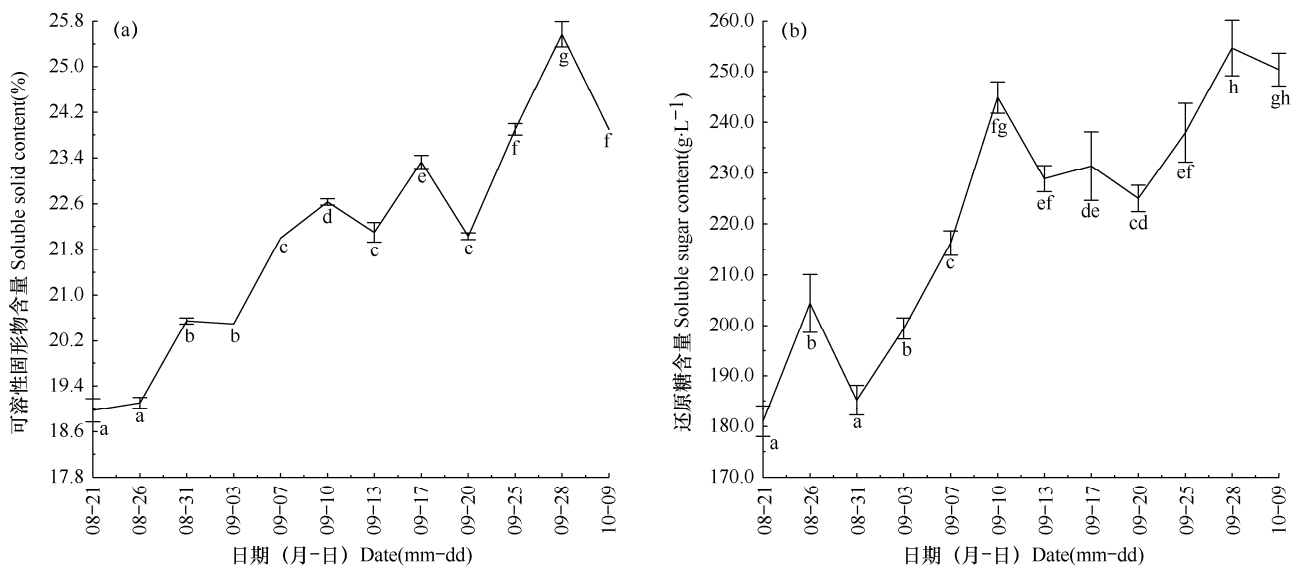


图 2 不同时间采收的葡萄果实中可溶性固形物 (a) 和还原糖 (b) 含量的比较

Fig. 2 Comparison of the soluble solid(a) and the reducing sugar content (b) in grape fruit picked up on different date

注: 小写字母表示不同时间采摘果实单一品质指标在 0.05 水平上的差异显著性。短线表示均方差。下同。

Note: Lowercase indicates the difference significance among fruits picked up on different date at 0.05 level. The bar is the mean square error. The same as below.

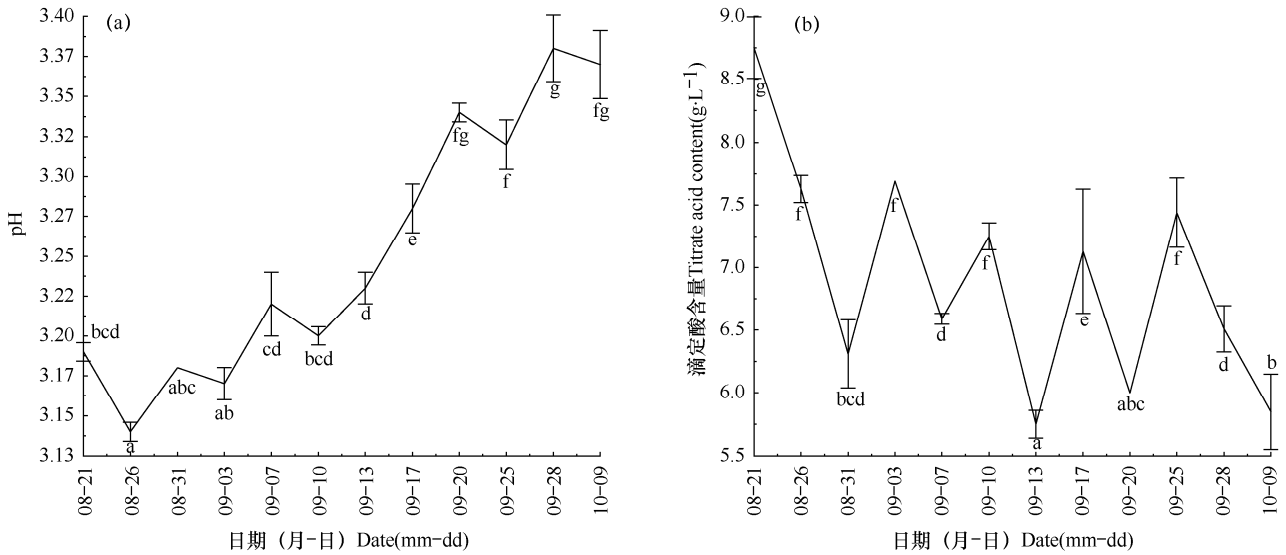


图 3 不同时间采收葡萄果实中 pH (a) 和滴定酸含量 (b) 的比较

Fig. 3 Comparison of pH(a) and the titratable acid content(b) in grape fruit picked up on different date

达 3.38, 逼近葡萄酒发酵的 pH 最佳范围, 其它时间采摘的果实, pH 均显著偏低。由图 3b 可见, 在整个观测期, 随着葡萄成熟, 果实中滴定酸含量整体呈下降趋势, 8 月 21 日最高, 为 $8.75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。虽然总体呈下降趋势, 但随着采摘期推后, 分别于 9 月 3、10、17 和 25 日较先前滴定酸含量有显著上升, 至 9 月 25 日达到 $7.44 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 随后下降至较低含量, 满足了高品质酿酒对果实滴定酸含量较少的单项要求, 至 10 月 9 日达到最低, 为 $5.85 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。可见, 不同时间采收对葡萄果实 pH 和滴定酸含量有显著影响。

2.1.3 糖酸比和固酸比

糖酸比反映酿酒葡萄糖和酸的平衡, 得分高的葡萄酒与适宜的糖酸比相对应, 糖酸比太高或太低都会影响葡萄酒的口感, 最佳比例应在 $35 \sim 45$ ^[24]。固酸比常用于评价果实的成熟程度和风味特色, 葡萄果实的固酸比越高, 越能酿造出具有特色的葡萄酒。

不同时间采收的果实其糖酸比和固酸比均有显著差异。由图 4a 可知, 整个观测期间, 糖酸比随果实成熟呈波动增加的趋势, 自 9 月 13 日达到最佳的糖酸比范围, 为 35.57。如图 4b 所示, 整体上看,

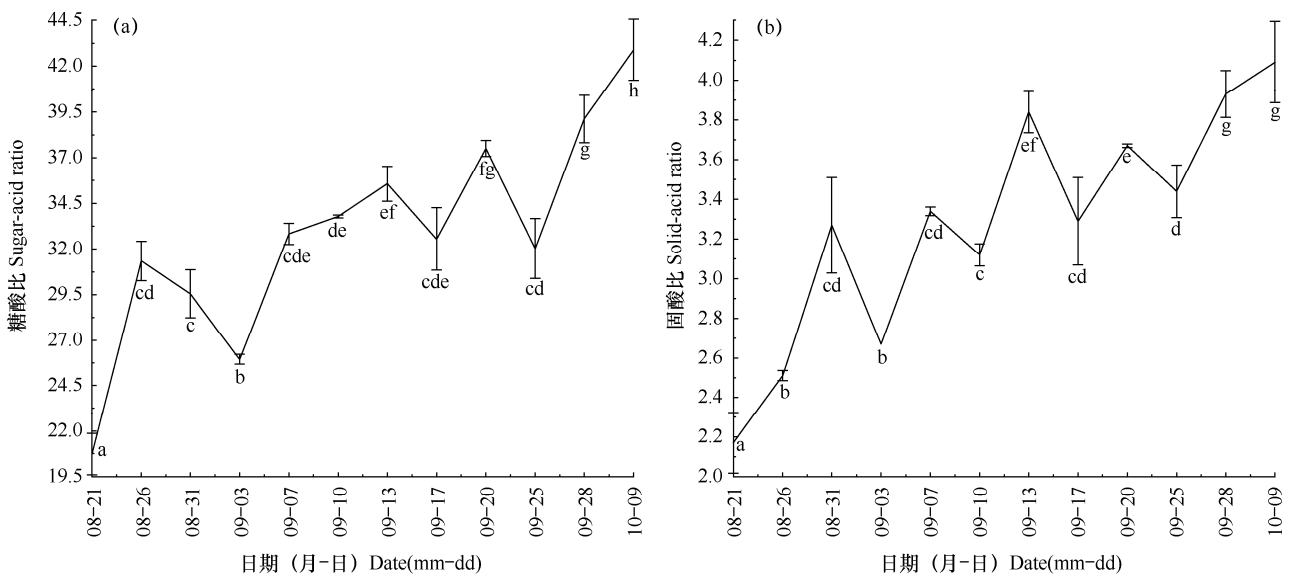


图 4 不同时间采收葡萄果实中糖酸比 (a) 和固酸比 (b) 的比较

Fig. 4 Comparison of the sugar acid ratio(a) and the solid acid ratio(b) in grape fruit picked up on different date

随着葡萄成熟，果实的固酸比整体呈波动上升趋势，自 9 月 13 日后已超过 3.5，具有较好的风味特色。虽然自 9 月 13 日起，糖酸比和固酸比均已满足高品质酿酒的单项指标，随着采摘期推后，糖酸比先降低之后显著升高，又再次降低至 32.03，之后持续上升，于 10 月 9 日达到最高值 42.89。固酸比与糖酸比变化趋势一致，固酸比先显著降低后升高又再次降低至 3.44，之后持续上升，在 10 月 9 日达到最高值 4.09，为 8 月 21 日的 1.88 倍。可见，不同时间采收对葡萄果实的糖酸比和固酸比有显著影响。

2.1.4 单宁和总酚

单宁属于酚类物质，具有很强的收敛性^[28]，是组成葡萄酒结构的主要成分之一，直接影响葡萄酒的口感。酚类物质是葡萄中重要的次生代谢产物，广泛存在于葡萄皮、葡萄籽和果肉中，主要由酚酸类、黄酮醇类、黄烷醇类、花色苷及缩聚单宁等物质组成。总酚具有强抗氧化和清除自由基的作用，决定着葡萄酒的颜色、苦涩感等。酚类物质和单宁决定了葡萄酒风味的优劣，影响葡萄酒生化性质的稳定，是葡萄酒间存在差异的主要原因^[29]。

由图 5 可知，不同时间采收的果实中单宁和总酚含量持续波动变化。由图 5a 可见，整个观测期间，单宁含量随葡萄成熟呈波动下降趋势，观测前期，

单宁含量于 9 月 3 日、9 月 13 日较先前含量有显著上升，9 月 13 日达 $1.69\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，但随着采摘期推后，单宁含量显著下降，延后采收时单宁含量为 $0.95\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。由图 5b 可见，总体上看，总酚含量随葡萄成熟呈波动上升趋势，在 9 月 3 日达到最大值为 $6.94\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。单宁含量从 9 月 13 日开始迅速下降，9 月 20 日至试验结束其含量较为稳定，各采收期间无显著差异，而总酚含量自达到最大值后即显著下降，之后有小幅波动，最后再次显著升高，在 9 月 28 日达到观测后期的峰值 $6.39\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。综上可见，不同时间采收对葡萄果实的单宁和总酚含量有显著影响。

2.1.5 花青素

花青素是一种属于黄酮类的植物色素，在植物各个部位中广泛存在。花青素含量是衡量葡萄果实是否符合酿酒要求的一个重要特征，花青素主要决定葡萄酒的颜色品质，并在植物体防御紫外线损伤和提高抗逆性等方面起重要作用^[30]。

由图 6 可见，不同时间采收的果实中，花青素含量在观测中期，即 9 月 13-17 日显著高于其它时间。在整个观测期，花青素含量随葡萄成熟先波动下降，从 9 月 7 日开始显著增加，至 9 月 17 日达到最大值 $0.39\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，之后显著下降，从 9 月 25 号开始保持平稳，果实中花青素含量是一

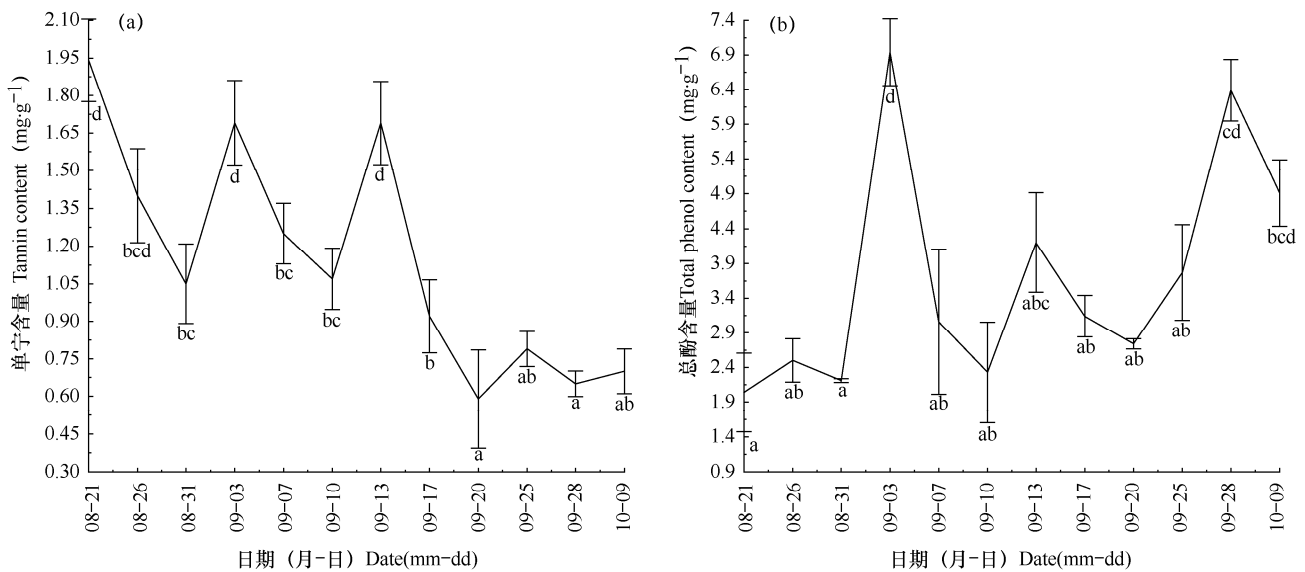


图 5 不同时间采收葡萄果实中单宁含量 (a) 和总酚含量 (b) 的比较

Fig. 5 Comparison of the tannin content(a) and the total phenol content(b) in grape fruit picked up on different date

个不断积累的过程,但 9 月 17 日后其含量显著下降,9 月 20 日之后保持相对平稳并有增加趋势。可见,不同时间采收对葡萄果实中花青素含量有显著影响。

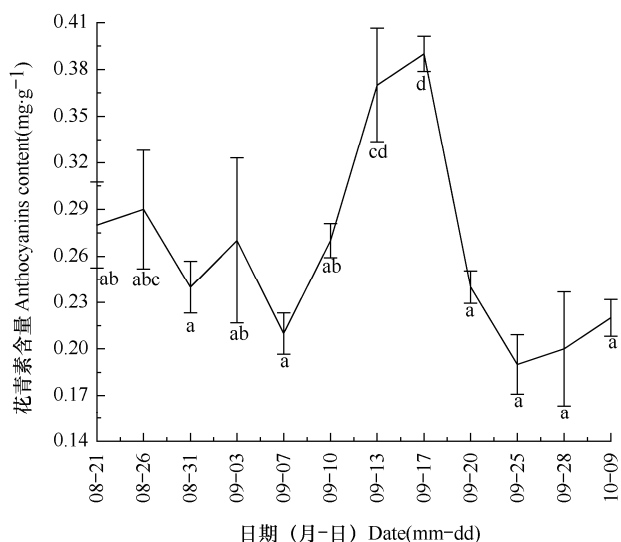


图 6 不同时间采收葡萄果实中花青素含量的比较

Fig. 6 Comparison of the anthocyanin content in grape fruit picked up on different date

2.2 葡萄可采收期的聚类分析

将 12 个采收时间经 K-平均值聚类分析,根据葡萄是否满足高品质酿酒采收标准,分为可采收期和不可采收期两类。首先软件自动选择 2 个采收时间作为初始中心聚类点,根据最小欧氏距离准则将其余采收时间向类中心凝集,并计算出各个初始分类的中心位置,再对其重新进行迭代聚类直到凝聚点达到收敛标准为止,结果如表 2 所示。由表可见,经过 2 次迭代后,达到收敛标准。两个中心之间距离下限为 76.396。聚类成员如表 3 所示,根据 K-平均值聚类分析结果,2018 年 8 月 21 日-9 月 7 日为 I 类,2018 年 9 月 10 日-10 月 9 日为 II 类。

K-平均值聚类分析结果分为两类,取各类平均值进行对比分析,结果如表 4 所示。由表可见,第 II 类与第 I 类相比,pH、可溶性固形物含量、还原糖含量、糖酸比、固酸比、总酚含量均明显增加;单宁含量和可滴定酸含量明显下降;花青素含量基本一致,无显著差异。一般地,品质较好的葡萄酒需要较高的还原糖和总酚、适当的 pH 和可滴定酸、

较低的单宁和适合的糖酸比。由表中数据可见,与第 I 类相比,第 II 类时间采收果实中,糖酸比达到适宜水平,还原糖含量明显增加有利于产生酒精,总酚含量高可以促进葡萄酒颜色变化和增加口感,pH 增加并逐渐接近适宜值可以调控可滴定酸,可滴定酸含量降低可使葡萄酒酸性口感更易达到均衡,单宁含量降低可使葡萄酒口感顺滑。综上可见,第 II 类时间采收即 9 月 10 日-10 月 9 日采收更有利于酿造优质葡萄酒。

表 2 迭代历程

Table 2 The iterative process

迭代 Iteration	凝聚中心改变 Change of aggregation center	
	1	2
1	17.989	16.258
2	0.000	0.000

注:由于未变更或较小变更聚集中心产生收敛。任何中心变更上限为 0.000。现行迭代为 2。起始中心之间的距离下限为 76.396。

Note: Convergence occurs due to unaltered or minor changes in the aggregation center. The upper limit of any center change is 0.000. The current iteration is 2. The minimum distance between the starting centers is 76.396.

表 3 K-平均值聚类分析结果

Table 3 K-means clustering analysis results

采收期 Harvesting date (mm-dd)	聚类 Clustering	距离 Distance
08-21	1	17.989
08-26	1	7.990
08-31	1	12.276
09-03	1	4.731
09-07	1	19.689
09-10	2	6.630
09-13	2	10.293
09-17	2	8.540
09-20	2	14.195
09-25	2	4.445
09-28	2	16.258
10-09	2	13.268

表4 葡萄果实品质指标平均值对比

Table 4 Comparison of grape fruit components between two periods

类别 Category	pH	可溶性固形物 Soluble solid (%)	还原糖 Soluble sugar (g·L ⁻¹)	可滴定酸 Titrate acid (g·L ⁻¹)	糖酸比 Soluble sugar/titrate acid	固酸比 Soluble solid/ titrate acid	总酚 Total phenol (mg·g ⁻¹)	单宁 Tannin (mg·g ⁻¹)	花青素 Anthocyanin (mg·g ⁻¹)
I	3.18	20.22	197.25	7.39	28.08	2.79	3.35	1.47	0.26
II	3.30	23.35	239.03	6.56	36.21	3.63	3.93	0.92	0.27

2.3 葡萄适宜采收期的主成分分析

由表5可见,对第II类9个果实品质指标7批样品进行主成分分析。根据主成分提取原则特征值需大于1,共提取3个有效主成分,累计方差贡献率为90.381%,表明这3个主成分包括了9个指标7批样品中90.381%的信息,特征值分别为4.759、2.244和1.132。方差贡献率分别为52.872%、24.932%和12.577%。

表5 第II个分类阶段(表4中)采收果实品质指标的主成分分析结果

Table 5 Result of nine quality indices of grape fruit picked up during the second periods (in table 4) by principal component analysis method

主成分 Principal component	特征值 Eigen value	方差贡献率 Variance contribution (%)	累计方差贡献率 Cumulative variance proportion (%)
1	4.759	52.872	52.872
2	2.244	24.932	77.804
3	1.132	12.577	90.381

根据因子分析得到的成分矩阵计算出特征向量矩阵,可以将葡萄品质指标所提取出的3个主成分分别表示为各变量的线性组合,得到三个主成分得分函数分别为

$$F_1=0.4X_1+0.35X_2+0.32X_3-0.17X_4+0.37X_5+0.36X_6+0.39X_7-0.27X_8-0.31X_9 \quad (1)$$

$$F_2=-0.05X_1-0.32X_2-0.25X_3-0.61X_4+0.31X_5+0.4X_6+0.09X_7+0.34X_8+0.29X_9 \quad (2)$$

$$F_3=-0.32X_1+0.35X_2+0.41X_3+0.14X_4-0.12X_5+0.03X_6+0.43X_7+0.55X_8+0.29X_9 \quad (3)$$

$$F=(58.50 F_1+27.59 F_2+13.92 F_3)/100 \quad (4)$$

式中, X_1-X_9 分别代表 pH、可溶性固形物、还原糖、滴定酸、糖酸比、固酸比、总酚、单宁和花青素。

通过对9个指标7批样品的主成分分析,不同采收期‘赤霞珠’葡萄品质的综合评价如表6所示。由表中可见,第II类中,9月10-25日采收得分均小于零,9月28日-10月9日得分大于零,分类结果表明,2018年9月28日‘赤霞珠’葡萄品质主成分得分最高,为当年的最佳采收期。

表6 第II个分类阶段中不同采收期葡萄品质综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation on the quality of grapes picked up at different date during the second period

采收期 Harvesting date (mm-dd)	F ₁	F ₂	F ₃	F	排名 Rank
09-10	-2.099	-1.179	0.392	-1.499	7
09-13	-1.574	2.559	1.070	-0.066	3
09-17	-1.865	-0.573	0.219	-1.218	6
09-20	-0.240	0.783	-2.137	-0.222	4
09-25	-0.222	-1.825	-0.193	-0.660	5
09-28	3.248	-0.679	0.884	1.836	1
10-09	2.751	0.915	-0.235	1.829	2

3 结论与讨论

3.1 讨论

果实的内在品质主要包括营养成分指标(糖、酸等)、风味指标(酚类物质等)以及抗氧化能力指

标(DPPH、羟自由基清除力等)^[31]。本研究在传统确定采收期的方法基础上测定了葡萄果实中单宁、总酚和花青素含量,‘赤霞珠’葡萄果实在观测过程中还原糖和滴定酸含量均满足高品质酿酒的单项需

求。糖酸比和固酸比在 9 月 13 日起开始达到酿制高档葡萄酒的最佳范围。单宁、总酚和花青素含量从 9 月 20 日起较为稳定,其含量随采收时间推后无显著差异。从单项指标上看,9 月 20 日后,葡萄果实品质可满足高品质酿酒的需求,符合该地区实际采收日期(9 月 28 日)。

通过 K-平均值聚类分析和主成分分析相结合,可以有效判断出 2018 年度宁夏贺兰山东麓砾石葡萄园‘赤霞珠’葡萄的可采收时间范围为 9 月 10-10 月 9 日,最佳采收期为 9 月 28 日,与当地实际采收期相符。石友荣等^[5-7]研究表明,在河北昌黎、山西乡宁和新疆玛纳斯县‘赤霞珠’的采收期分别为 10 月中上旬、9 月 16 日前后和 9 月 13 日。张亚飞等^[8]结果表明,新疆哈密地区‘赤霞珠’最适采收期为 8 月 31 日,昌吉为 9 月 19 日,和硕为 9 月 13 日,伊犁为 10 月 5 日。最佳采收日期虽有所不同,但均在确定的可采收范围内,且在各自确定的最佳采收期时葡萄成分糖、酸和糖酸比等数值相近。虽为同一品种,但由于产区气象条件、土壤和栽培管理等多重因素的不同,导致最佳采收期也有所不同。除新疆哈密地区‘赤霞珠’最适采收期为 8 月 31 日外,其它地区均集中在 9 月 10 日-10 月 9 日这一可采收范围内,与本试验结果相吻合。

本研究结果显示,2018 年 10 月 9 日与 9 月 28 日主成分得分相近。‘赤霞珠’在 9 月 28 日-10 月 9 日时段内适当延迟采收可能会获得适宜范围内更高的糖酸比和固酸比。糖酸比可以评价果实中还原糖和滴定酸是否平衡,一定阈值范围内,葡萄果实糖酸比越高,酿出葡萄酒的酒体越饱满,口感也越醇厚。而固酸比常用于评价果实的成熟程度和风味特色,在葡萄酒的酿造过程中,其风味物质与酒体特殊的香气和独特的口感密切相关,是体现产区特色和酒庄特色的重要评价指标,在一定阈值范围内,葡萄果实的固酸比越高,越能酿造出具有特色的葡萄酒。因此,根据本研究结果,2018 年该砾石葡萄园适当延后采收可能会获得更有特色的高质量葡萄酒。

限于实验条件,本研究没有进一步研究贺兰山东麓其它产区‘赤霞珠’的采收期,且 2018 年降水量多于常年,研究年份具有一定的特殊性,因此对于贺兰山东麓‘赤霞珠’的最佳采收期的确定有待今后多点、多年份样本的综合研究。同时,要将葡

萄生长期的气象因素、土壤和栽培条件等与葡萄内在品质指标相结合,进而对产地葡萄采收期进行科学、合理的预测与控制。

3.2 结论

通过测定葡萄果实品质指标,2018 年宁夏贺兰山东麓砾石葡萄园‘赤霞珠’葡萄年度果实品质的可采收时间段为 9 月 10 日-10 月 9 日,9 月 28 日为‘赤霞珠’葡萄当年的最佳采收期。

参考文献 References

- [1]Obreque-Slier E,Pena-Neira A,Lopez-Solis R,et al.Phenolic composition of skins from four Carment grape varieties(*Vitis vinifera* L.) during ripening [J].LWT-Food Science and Technology,2013,54(2):404-413.
- [2]Obreque-Slier E,Lopez-Solis R,Castro-Ulloa L,et al.Phenolic composition and physicochemical parameters of Carménère, Cabernet Sauvignon,Merlot and Cabernet Franc grape seeds (*Vitis vinifera* L.) during ripening [J].LWT-Food Science and Technology,2012,48:134-141.
- [3]Obreque-Slier E,Pena-Neira A,Lopez-Solis R,et al. Comparative study of the phenolic composition of seeds and skins from Carmenere and Cabernet Sauvignon grape varieties(*Vitis vinifera* L.) during ripening[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2010,58(6):3591-3599.
- [4]莫寅斌,唐虎利.新疆玛纳斯县梅鹿辄葡萄最佳采收期的研究[J].酿酒,2011(5):44-47.
Mo Y B,Tang H L.Study on the best harvest time of Merlot grape in Manas County,Xinjiang[J].Liquor Making,2011(5): 44-47.(in Chinese)
- [5]石友荣.赤霞珠葡萄适宜采收期研究[J].河北果树,2007 (6):10-11.
Shi Y R.Study on the suitable harvest time of Cabernet Sauvignon[J].Hebei Fruits, 2007(6):10-11.(in Chinese)
- [6]唐虎利,张振文,孙莹,等.新疆玛纳斯县赤霞珠葡萄最佳采收期的研究[J].中国酿造,2009,28(10):78-81.
Tang H L,Zhang Z W,Sun Y,et al.Best harvest time of Cabernet Sauvignon grape from Manasi county in Xinjiang[J].China Brewing,2009,28(10):78-81.(in Chinese)
- [7]屠婷瑶,孟江飞,魏晓峰,等.山西乡宁赤霞珠葡萄最佳采收期研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2017,45 (5):139-146.
Tu T Y,Meng J F,Wei X F,et al,Optimal harvest time of

- Cabernet Sauvignon grape in Xiangning, Shanxi[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2017, 45(5):139-146. (in Chinese)
- [8] 张亚飞, 姚瑶, 杜林笑, 等. 基于主成分分析的新疆多地酿酒葡萄赤霞珠品质分析及最适采收期[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2):227-232.
- Zhang Y F, Yao Y, Du X L, et al. Quality analysis and optimal harvest period of Cabernet Sauvignon in Xinjiang based on principal component analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(2):227-232. (in Chinese)
- [9] 张晓煜, 李红英, 陈卫平, 等. 宁夏酿酒葡萄品种生态区划[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11):3112-3119.
- Zhang X Y, Li H Y, Chen W P, et al. Ecological regionalization of wine grape varieties in Ningxia[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(11):3112-3119. (in Chinese)
- [10] 李红英, 张晓煜, 曹宁, 等. 基于 GIS 的宁夏酿酒葡萄优质生态区区划与应用[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5):181-186.
- Li H Y, Zhang X Y, Cao N, et al. Quality ecological regionalization and application of wine grape in Ningxia based on GIS[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2014, 32(5):181-186. (in Chinese)
- [11] 姜琳琳, 王静, 张晓煜, 等. 成熟期降水对贺兰山东麓酿酒葡萄果实品质的影响[J]. 中国农业气象, 2020, 41(3):156-161.
- Jiang L L, Wang J, Zhang X Y, et al. Rainfall effect of rainfall on the quality of wine grape during the ripening stage at the east foot of Helan Mountain[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2020, 41(3):156-161. (in Chinese)
- [12] 梁艳英, 刘旭, 隋银强, 等. 几个红色酿酒葡萄品种成熟度研究[J]. 北方园艺, 2013(7):1-4.
- Liang Y Y, Liu X, Sui Y Q, et al. Study on the maturity of a few of red *Vitis vinifera* varieties[J]. Northern Horticulture, 2013(7):1-4. (in Chinese)
- [13] 丁琦, 李琪, 张晓煜, 等. 宁夏贺兰山东麓产区‘马瑟兰’葡萄最佳采收期的确定[J]. 果树学报, 2020, 37(4):533-539.
- Ding Q, Li Q, Zhang X Y, et al. Determination of the optimal harvesting period for ‘Marselan’ grape in east foot of Helan Mountain region[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(4):533-539. (in Chinese)
- [14] 韩颖娟, 张磊, 卫建国, 等. 宁夏酿酒葡萄生育期气象条件及管理措施综述[J]. 中国农业气象, 2011, 32(S1):108-112.
- Han Y J, Zhang L, Wei J G, et al. Review on research of meteorological conditions and managing measure for wine grape growth in Ningxia[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2011, 32(S1):108-112. (in Chinese)
- [15] 陈豫英, 陈楠, 郑广芬, 等. 近 45a 宁夏气温、降水及植被指数的变化分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(4):626-634.
- Chen Y Y, Chen N, Zheng G F, et al. Analysis on the change of temperature, precipitation and vegetation index in Ningxia in recent 45 years[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(4):626-634. (in Chinese)
- [16] 丁永红, 王文, 陈晓光, 等. 宁夏近 44 年暴雨气候特征和变化规律分析[J]. 高原气象, 2007, 26(3):630-636.
- Ding Y H, Wang W, Chen X G, et al. The analysis of rainstorm climate characteristics and change rules in Recent 44 years in Ningxia[J]. Plateau Meteorology, 2007, 26(3):630-636. (in Chinese)
- [17] 孙悦, 高继卿, 杨晓光. 西北各省季节降水变化及其贡献的差异分析[J]. 中国农业气象, 2019, 40(8):489-501.
- Sun Y, Gao J Q, Yang X G. Seasonal variation about the occurrence frequency of different types of precipitation and their relative contribution over northwest China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2019, 40(8):489-501. (in Chinese)
- [18] 章文才. 果树研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- Zhang W C. Fruit Study Methods [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997. (in Chinese)
- [19] 李华. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- Li H. Wine technology[M]. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese)
- [20] 李静, 聂继云, 王孝娣, 等. Folin-Ciocalteus 法测定葡萄和葡萄酒中的总多酚[J]. 中国南方果树, 2007(6):86-87. (in Chinese)
- Li J, Nie J Y, Wang X D, et al. Determination of total polyphenols in grape and wine by Folin ciocalteus method[J]. South China Fruits, 2007(6):86-87. (in Chinese)
- [21] 蔡永萍. 植物生理学实验指导[M]. 中国农业大学出版社, 2014.
- Cai Y P. Experimental guidance of plant physiology [M]. China Agricultural University Press, 2014. (in Chinese)
- [22] 刘俊. 龙眼葡萄可溶性固形物含量积累及动态变化规律分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2016(6):11-14.
- Liu J. Analysis on accumulation and dynamic change of soluble solid content for Longyan grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2016(6):11-14. (in Chinese)

- [23] 张晓煜,刘玉兰,张磊,等.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(3):326-330.
Zhang X Y,Liu Y L,Zhang L,et al.Influence of meteorological conditions on some quality factors of wine grape[J].Chinese Journal of Agrometeorology,2007(3):326-330.(in Chinese)
- [24] 张晓煜,亢艳莉,袁海燕,等.酿酒葡萄品质评价及其对气象条件的响应[J].生态学报,2005,27(2):740-745.
Zhang X Y,Kang Y L,Yuan H Y,et al.The quality evaluation of wine grape and its respond to weather condition[J].Acta Ecologica Sinica,2005,27(2):740-745.(in Chinese)
- [25] 李记明,李华.不同地区酿酒葡萄成熟度与葡萄酒质量的研究[J].西北农业学报,1996,5(4):71-74.
Li J M,Li H.Study on grape maturity and wine quality in different regions[J].Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,1996,5(4):71-74.(in Chinese)
- [26] 李华.葡萄酒中的单宁[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(3):137-141.
Li H.Tannins in wine[J].Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition),2002,30(3):137-141.(in Chinese)
- [27] 谢沙,胡帆,张振文.酿酒葡萄直立独龙蔓不同结果部位果实品质的差异[J].果树学报,2016,33(3):44-52.
Xie S,Hu F,Zhang Z W.Quality differences of berries at different-heights on vinegrapes under vertical independent long-stem training system[J].Journal of Fruit Science,2016,33(3):44-52.(in Chinese)
- [28] 张晓荣,马海军,安璐庭.不同整形方式对酿酒葡萄及葡萄酒品质差异研究[J].西北林学院学报,2015,30(2):144-147.
Zhang X R,Ma H J,An L T.Influences of different trainings on the quality of grape and wine[J].Journal of Northwest Forestry University,2015,30(2):144-147.(in Chinese)
- [29] 刘玲,雷小明,张军贤,等.不同高度结果部位对酿酒葡萄果实品质的影响[J].北方园艺,2010(24):21-24.
Liu L,Lei X M,Zhang J X,et al.Effects of different priming methods on the germination of bottle gourd seeds[J].Northern Horticulture,2010(24):21-24.(in Chinese)
- [30] 王哲,丁燕,韩晓梅,等.蓬莱产区不同品种酿酒葡萄中多酚及单宁类物质含量测定[J].中外葡萄与葡萄酒,2015(3):37-39.
Wang Z,Ding Y,Han X M,et al.Detecting on polyphenol and tannin contents in different wine grapes from Penglai region[J].Sino-Overseas Grapevine & Wine,2015(3):37-39.(in Chinese)
- [31] 李记明.关于葡萄品质的评价指标[J].中外葡萄与葡萄酒,1999(1):54-57.
Li J M.Evaluation index for grape quality[J].Sino-Overseas Grapevine & Wine,1999(1):54-57.(in Chinese)