



许泽华,黄小晶,牛锐敏,等.贺兰山东麓赤霞珠葡萄产区土壤和葡萄及葡萄酒品质差异化分析[J].黑龙江农业科学,2023(4):65-70.

贺兰山东麓赤霞珠葡萄产区土壤和葡萄及葡萄酒品质差异化分析

许泽华,黄小晶,牛锐敏,沈 甜,陈卫平

(宁夏农林科学院 园艺研究所,宁夏 银川 750002)

摘要:为探明贺兰山东麓5个产区赤霞珠葡萄种植土壤与葡萄品质及酒质之间的关系,通过对土壤性质、葡萄品质及葡萄酒品质检测分析,通过相关性和主成分分析明确了葡萄酒差异化的主要影响因子。结果表明,不同产区土壤养分和结构差异显著进而导致赤霞珠葡萄及葡萄酒品质差异显著,御马基地赤霞珠葡萄风味物质总酚含量、花色苷、单宁含量分别为 $10.76\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.82\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $52.02\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,均显著高于其他产区,可溶性固形物含量为 24.64% ,可滴定酸含量为 $6.64\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,果实糖酸适中、粒重最大,葡萄品质最优,且葡萄酒中的单宁、总酚、花色苷、黄酮、黄烷醇含量均显著高于园林场基地、玉泉营和金沙林场等产区。相关性分析表明,土壤有机质与葡萄酒中的多酚类物质、酒精度呈显著正相关,与挥发酸呈极显著正相关,碱解氮与多酚类物质(花色苷除外)、pH呈显著正相关,与挥发酸、酒精度呈极显著正相关。土壤pH则与葡萄酒中的酚类物质、挥发酸、残糖、酒精度及pH呈显著负相关,全盐含量则与酒中pH呈显著正相关。主成分分析得出,土壤有机质、碱解氮、土壤pH是影响葡萄酒品质的主要因素。

关键词:土壤;赤霞珠;葡萄;品质;葡萄酒;差异化

酿酒葡萄的品质主要受品种特性、气候、土壤、地形及修剪整形方式等影响^[1],在葡萄品种、树龄、栽培管理方式一致的条件下,除葡萄酒酿造、陈酿贮藏技术等外,气候、土壤条件对葡萄酒品质有着决定性的作用^[2-3]。就土壤条件影响而言,土壤类型^[4]、土层厚度、土壤结构、土壤肥力^[5]等理化性质直接影响葡萄植株的生长发育,进而影响葡萄及葡萄酒品质^[6-8]。因此,研究土壤理化性质对葡萄酒品质的影响,明确土壤因素与葡萄酒品质的相关性,通过改善酿酒葡萄生长的土壤微环境,来提高葡萄及葡萄酒品质具有重要意义。

土壤的结构、质地、土层深度等因素均会影响葡萄根系生长及营养吸收^[9]。土壤是植物根系生长的载体和营养物质来源,土壤质地和土层深度影响了土壤保水保肥能力,进而影响树木水分状况和生长、果实产量、果实的风味物质及葡萄酒质量^[10-11];土壤的化学性质可影响土壤内部的能量交换及物质循环效率,同时协调葡萄的生长能力^[9]。土壤中的碱解氮、有效磷、速效钾等营养元

素的含量可显著影响葡萄及葡萄酒的品质^[12-14]。赵磊等^[15]认为贺兰山东麓赤霞珠和美乐香气物质比河北沙城高的原因是两地气候、土壤的差异。土壤是葡萄生长的根本,植物根际环境可根据需求通过肥水管理来改变,如土壤养分,盐分含量、土壤pH、土壤含水量等,而土壤类型和质地不能改变。正是气象条件和土壤质地这些无法改变的自然条件,对优质葡萄和葡萄酒的生产起决定性的作用。

目前主要研究品种、栽培管理、气候等因素对贺兰山东麓产区葡萄酒品质的影响,但研究该产区土壤因子对葡萄酒品质影响的相关报道较少。因此,本研究通过对贺兰山东麓产区不同监测点的土壤指标检测评价,比较分析了相应的赤霞珠葡萄酒品质,探讨贺兰山东麓酿酒葡萄产区各土壤指标对赤霞珠葡萄酒的影响,通过相关性分析和主成分分析葡萄酒的主要土壤因子,为今后通过改善关键土壤因子和酿酒葡萄生长环境,提升葡萄酒的内在品质,以期贺兰山东麓产区葡萄酒品质提升提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

宁夏贺兰山东麓属于典型的大陆性气候,年均气温 $8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $3\ 235\sim 3\ 272\text{ }^{\circ}\text{C}$,昼夜温差 $10\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,日照时数 $3\ 045\text{ h}$,年均降水量 $180\sim 220\text{ mm}$ 。

收稿日期:2022-10-19

基金项目:宁夏自然科学基金(NZ17131);宁夏回族自治区重点研发计划(2021BEF02017);宁夏自然科学基金(2022A0562);宁夏农业科技自主创新资助项目(NGSB-2021-4-02);国家葡萄产业体系贺兰山东麓试验站资助项目(CARS-29-28)。

第一作者:许泽华(1985—),男,硕士,助理研究员,从事葡萄栽培与葡萄酒酿造研究。E-mail:1144100353@qq.com。

试验地点分别位于宁夏贺兰山东麓的黄羊滩产区葡萄园(金沙林场)、玉泉营产区葡萄园(玉泉营)、青铜峡产区葡萄园(御马基地)、贺兰山沿山产区葡萄园(观兰酒庄)、芦花台产区葡萄园(园林场基地)。

1.2 材料

供试材料为 8~10 年生赤霞珠葡萄,采用水平厂字型整形,南北行向,株行距为 1.0 m×3.0 m,冬剪以短梢修剪为主。管理方式不一致。

1.3 方法

1.3.1 土壤样品的采集和处理 2019 年 9 月,采用对角线取样法,各产区葡萄园中采集 5 点,分别取 0~20,20~40 和 40~60 cm 土层土壤,四分法进行留样。

1.3.2 葡萄果实的采收和葡萄酒的酿造 于赤霞珠果实成熟期(10 月 2 日)统一采收,并选取各产区酿酒葡萄园内长势均匀的葡萄植株 100 个果粒为研究对象。采用‘S’形取样法确定 45 株葡萄,10 月 5 日分别采摘上述小产区的酿酒葡萄各 40 kg,采用“小容器酿造葡萄酒”方法酿造赤霞珠干红葡萄酒^[16]。

1.3.3 土壤样品的检测 土壤 pH 采用 pH 计测定;有机质采用 K₂Cr₂O₇ 氧化-外加热法测定;全盐采用电导法测定;速效氮采用碱解扩散法测定;速效磷采用 NaHCO₃ 钼锑抗比色法测定;速效钾采用 NH₄OAc 浸提-原子吸收分光光度法测定^[17]。

1.3.4 果实品质测定 还原糖(以葡萄糖计)采用斐林试剂热滴定法测定;总酸(以酒石酸计)采用 NaOH 滴定法测定;总酚采用福林-肖卡法(765 nm)测定;单宁采用福林-丹尼斯法(760 nm)测定;可溶性固形物含量采用手持测糖仪测定;总花色苷[以二甲花翠素-3-O-葡萄糖苷(mg·g⁻¹)计]采用 pH 示差法测定,每个样品 3 次重复^[18]。

1.3.5 葡萄酒理化指标的检测 葡萄酒基本指标:葡萄酒总酸、挥发酸、残糖、酒精度、pH 等基本指标参照文献[19]的方法测定。

葡萄酒中酚类物质:采用福林-肖卡法测定总酚;单宁[以儿茶素(mg·g⁻¹)计]采用福林-丹尼斯法测定;总花色苷[以二甲花翠素-3-O-葡萄糖苷(mg·g⁻¹)计]采用 pH 示差法测定;总类黄酮采用亚硝酸盐-氯化铝法测定;总黄烷-3-醇采用 p-DMACA-盐酸法测定,每个样品 3 次重复^[18]。

1.3.6 数据分析 试验数据采用 Excel 2013 和 SPSS 22.0 进行统计分析;使用 Origin 9.0 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同种植产区土壤指标差异分析

由表 1 可知,不同地区不同土层的土壤化学指标差异显著。5 个种植区土壤 pH 为 8.31~8.90,均属于碱性土壤。土壤全盐含量园林场基地远高于其他地区,为其他地区的 1.23 倍~2.84 倍,金沙林场土壤全盐含量最低。土壤质地和养分含量影响了土壤保水保肥能力,进而会影响到葡萄树体的生长、产量及葡萄品质^[9],不同产区土壤的有机质、氮、磷、钾差异较大,根据全国第二次土壤普查分级标准,金沙林场有机质含量为 1.62 g·kg⁻¹,属于极度贫瘠状态,园林场基地有机质相比较,达到 7.82 g·kg⁻¹,处于 4 级水平;各产区土壤速效氮含量为 23.03~44.35 mg·kg⁻¹,均处于 5 级缺乏水平;速效磷含量丰富,除了金沙林场,其他产区速效磷含量均超过 20 mg·kg⁻¹,处于 2 级,丰富及极丰富水平;土壤速效钾含量比较丰富,含量达到了 2~4 级。土壤容重大小决定了植株根系生长情况,金沙林场、玉泉营的土壤容重平均水平在 1.5 g·cm⁻³ 左右,不利于植株根系生长和下扎。

表 1 不同产区土壤指标差异分析

指标	园林场基地	玉泉营	御马基地	金沙林场	观兰酒庄
pH	8.62±0.06 b	8.36±0.17 d	8.44±0.14 c	8.90±0.15 a	8.31±0.08 d
全盐/(g·kg ⁻¹)	0.91±0.08 a	0.74±0.01 b	0.64±0.03 c	0.32±0.02 e	0.54±0.07 d
有机质/(g·kg ⁻¹)	7.82±2.05 a	3.75±1.12 c	5.52±1.27 b	1.62±0.32 d	3.61±2.13 c
速效氮/(mg·kg ⁻¹)	44.35±2.62 a	26.34±3.24 d	32.61±3.10 b	23.03±4.13 e	30.98±1.46 c
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	29.71±5.09 c	32.06±4.81 b	34.73±3.68 a	6.82±1.13 e	21.04±2.44 d
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	135.33±10.16 a	102.26±9.90 c	116.22±7.12 b	53.27±6.13 e	68.72±8.44 d
容重/(g·cm ⁻³)	1.71±0.35 a	1.48±0.21 d	1.63±0.09 b	1.54±0.33 c	1.41±0.12 e
含水量/%	13.16±2.26 a	10.61±1.18 c	11.67±0.87 b	7.33±1.35 d	10.63±0.97 c
土壤孔隙度/%	34.44±3.34 d	46.56±5.09 a	39.17±2.71 b	27.61±1.92 e	37.21±5.09 c
饱和含水量/%	19.93±1.78 d	32.75±3.14 a	24.31±4.53 c	19.53±1.97 d	30.65±2.24 b
土壤类型	灌淤土	风沙土	灰钙土	风沙土	淡灰钙土

注:不同小写字母表示在 P<0.05 水平差异显著。下同。

土壤质地是土壤稳定的自然属性之一,园林场基地属于砂质粘壤土;金沙林场种植区质地属于粗砂土类型;玉泉营属于砂质壤土;御马种植区属于壤质粘土;观兰酒庄土壤质地属于粗骨灰钙土粗砂土类型。

2.2 不同产区赤霞珠葡萄品质的差异分析

由表2赤霞珠葡萄的品质化验结果来看,御马基地赤霞珠葡萄风味物质总酚含量、花色苷、单宁含量分别为10.76 mg·g⁻¹,0.82 mg·g⁻¹和52.02 mg·g⁻¹,均显著高于其他产区,且御马基地赤霞珠葡萄可

溶性固形物含量为24.64%,显著高于园林场基地、玉泉营和金沙林场,可滴定酸含量为6.64 g·L⁻¹,显著地高于观兰酒庄、玉泉营和金沙林场,该基地的葡萄糖酸适中,粒重最大,品质最优;观兰酒庄葡萄可溶性固形物及还原糖最高,但是存在糖酸不平衡,而且风味物质较御马酒庄略低,综合评价品质仅次于御马酒庄;金沙林场风味物质居中,但是糖高酸低,也影响葡萄酒的品质;园林场基地和玉泉营糖酸适中,但风味物质相对于其他3个产区较低,品质较差。

表2 不同产区赤霞珠葡萄品质比较

种植产区	穗质量/ g	粒质量/ g	可溶性固形物/ %	还原糖/ (g·L ⁻¹)	可滴定酸/ (g·L ⁻¹)	总酚/ (mg·g ⁻¹)	花色苷/ (mg·g ⁻¹)	单宁/ (mg·g ⁻¹)
园林场基地	126.44 e	125.61 e	23.11 d	218.14 d	7.41 a	9.16 c	0.65 c	50.22 d
玉泉营	143.81 c	146.84 c	23.76 c	219.35 d	6.33 c	9.10 d	0.52 e	50.07 e
御马基地	140.60 d	154.90 a	24.64 a	227.82 b	6.64 b	10.76 a	0.82 a	52.02 a
金沙林场	161.54 b	152.37 b	24.31 b	221.33 c	5.96 e	9.18 b	0.61 d	51.34 c
观兰酒庄	176.96 a	134.02 d	24.82 a	235.92 a	6.01 d	10.74 a	0.72 b	51.78 b

2.3 不同地区赤霞珠葡萄酒指标的差异分析

2.3.1 理化指标 由表3可知,各产区葡萄酒的酒精度除玉泉营外均高于11.50% Vol.,还原糖均低于4.00 g·L⁻¹,挥发酸含量均低于1.20 g·L⁻¹,符合葡萄酒国家标准,且各地区的葡萄酒理化指

标差异显著。其中,观兰酒庄的赤霞珠葡萄酒的酒精度最高,达到17.29% Vol.,其还原糖含量为3.30 g·L⁻¹,说明葡萄原料还原糖含量较高,成熟度较好。

表3 不同产区赤霞珠葡萄酒的理化指标

种植产区	总酸/(g·L ⁻¹)	挥发酸/(g·L ⁻¹)	还原糖/(g·L ⁻¹)	酒精度/%Vol.	pH
园林场基地	8.47±0.05 b	0.30±0.01 b	2.13±0.12 c	12.36±0.11 b	3.72±0.01 a
玉泉营	8.75±0.05 a	0.27±0.00 d	1.54±0.02 d	11.25±0.56 d	3.61±0.00 e
御马基地	7.78±0.05 e	0.30±0.01 b	2.60±0.00 b	11.91±0.24 bc	3.66±0.01 c
金沙林场	8.27±0.02 c	0.28±0.01 c	2.25±0.13 c	11.59±0.24 cd	3.63±0.01 d
观兰酒庄	8.12±0.05 d	0.47±0.01 a	3.30±0.02 a	17.29±0.21 a	3.69±0.01 b

2.3.2 风味物质含量 由图1可知,各产区的赤霞珠葡萄酒中的各类酚类物质含量差异显著。观兰的赤霞珠葡萄酒中的单宁、总酚、花色苷、黄酮、黄烷醇含量分别为69.78 mg·L⁻¹,288.77 mg·L⁻¹,197.31 mg·L⁻¹,1 015.6 mg·L⁻¹和223.86 mg·L⁻¹,均显著高于其他产区,其中,其总酚含量较金沙林场、御马基地、园林场基地和玉泉营地区的总酚含量分别增加了31%、30%、42%和36%,黄酮含量较金沙林场、御马基地、园林场基地和玉泉营分别增加了56%、54%、74%和65%。御马基地葡萄酒中的单宁、总酚、花色苷、黄酮、黄烷醇的含量仅次于观兰酒庄。

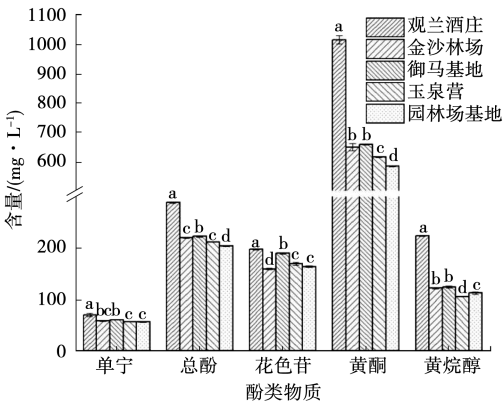


图1 不同产区赤霞珠葡萄酒风味物质含量差异
注:不同小写字母表示不同产区间在P<0.05水平差异显著。

2.4 土壤指标与葡萄酒指标的相关性分析

由表 4 可知,土壤有机质与葡萄酒中的多酚类物质(单宁、总酚、花色苷、黄酮、黄烷醇)、酒精度和挥发酸呈显著正相关;碱解氮与多酚类物质(花色苷除外)、pH 呈显著正相关,与挥发酸、酒精度呈极显著正相关,说明有机质及碱解氮含量的增高有利于葡萄酒中酚类物质及酒精度的增

加,但同时也可能增加酒中挥发酸的含量。土壤 pH 则与葡萄酒中的酚类物质、挥发酸、残糖、酒精度及 pH 呈显著负相关,说明土壤 pH 的增高不利于葡萄酒中的酚类物质、挥发酸、残糖、酒精度的增加,但可降低葡萄酒的 pH。全盐含量则与葡萄酒中 pH 呈显著正相关。

表 4 土壤指标与葡萄酒指标的相关性分析

指标	单宁	总酚	花色苷	黄酮	黄烷醇	总酸	挥发酸	残糖	酒精度	pH
有机质	0.582 *	0.579 *	0.579 *	0.592 *	0.594 *	-0.100	0.639 *	0.450	0.636 *	0.330
碱解氮	0.542 *	0.544 *	0.500	0.570 *	0.596 *	0.010	0.674 **	0.440	0.686 **	0.545 *
速效磷	-0.160	-0.220	0.080	-0.210	-0.180	-0.130	-0.100	-0.030	-0.110	0.350
速效氮	0.410	0.340	0.641 *	0.340	0.360	-0.430	0.410	0.450	0.390	0.410
pH	-0.560 *	-0.520 *	-0.578 *	-0.527 *	-0.564 *	0.380	-0.612 *	-0.607 *	-0.607 *	-0.552 *
全盐	-0.010	0.010	-0.010	0.050	0.100	0.410	0.230	-0.050	0.270	0.613 *

注:* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

2.5 不同产区赤霞珠葡萄酒品质及土壤因子的主成分分析

虽然土壤指标与葡萄酒指标间存在一定的相关性,但是简单的相关性分析很难说明土壤指标对葡萄酒指标的影响。因此,采用主成分分析法(PCA)进一步分析土壤指标与葡萄酒品质间的关系。前 2 个主成分分别占总体方差的 50.98% 和 27.24%,各指标在前 2 个主成分上的载荷见图 2。挥发酸、酒精度、残糖、酚类物质与主成分 1 呈正相关,总酸与主成分 1 相关性较好,说明主成分 1 很好地解释了葡萄酒理化指标、酚类物质等指标;有机质、碱解氮、速效钾、速效磷、全盐与主成分 2 呈正相关,土壤 pH 与主成分 2 相关性较好,说明主成分 2 很好地解释了土壤因子等变量。

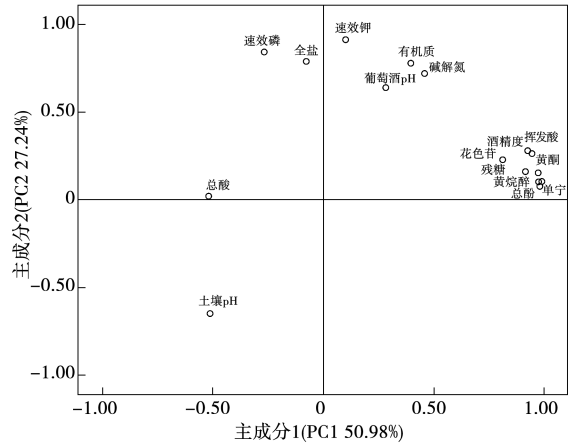


图 2 主成分载荷图

图 3 为经过降维后的不同产地葡萄在二维上的分布图,横、纵坐标表示不同产地葡萄在主成分 1 和主成分 2 上的得分值。图 3 中主成分 1 表明了各地区葡萄酒品质的差异,其中御马基地和观兰酒庄的酚类物质、挥发酸、酒精度等含量较高,葡萄酒品质较好,其他产区的葡萄酒品质差异较小;主成分 2 表明了各地区土壤情况,玉泉营、金沙林场的土壤中有有机质、碱解氮等养分含量较低,其中玉泉营赤霞珠葡萄酒中的酚类物质、挥发酸含量较低。

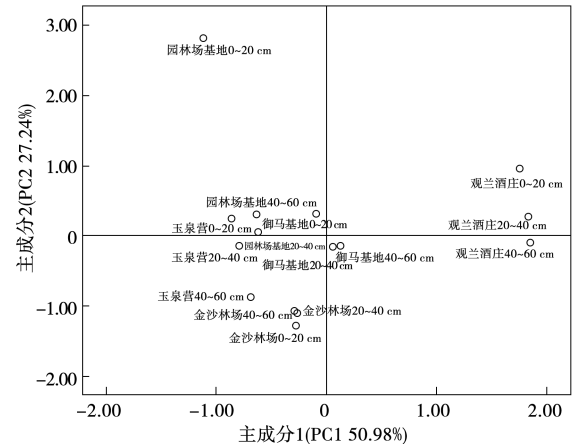


图 3 主成分得分图

3 讨论

土壤是果实种植的基础条件,适宜的土壤通常能满足果树对水、肥、气、热的需求,进而提高葡萄果实的产量品质^[20],葡萄园中的土壤质地可显

著影响葡萄产量、葡萄与葡萄酒中的花色苷、总黄酮等酚类物质,而酚类物质及酒精度、酸度是葡萄酒骨架的组成,决定着葡萄酒相应的色泽、收敛性、涩味等^[21]。土壤类型对葡萄果实和葡萄酒品质有较大影响,就灰钙土和淡灰钙土的御马基地及观兰酒庄而言,果实成熟期适中,香气较好,单宁适中、酸度偏低,对葡萄单宁和酚类等风味物质形成较为适宜,酒体饱满厚重,骨架感强,适合于陈酿,品质最优;风沙土土壤类型的金沙林场和玉泉营产区,葡萄成熟期较早,果实糖酸适中、果皮颜色物质含量较高,所酿葡萄酒颜色较好,品质居中;对于灌淤土土壤类型的园林场基地,葡萄果实糖低,酸度最高,但葡萄风味物质含量较低,酒体比较单薄,香气奔放,适合于新鲜饮用型的佐餐酒,品质较差^[22]。本研究中不同产区赤霞珠葡萄园土壤中的 pH、全盐、大量元素等指标差异显著,且土壤 pH 均在 8.2 以上,土壤呈碱性。不同典型土壤养分和结构差异性,导致赤霞珠葡萄品质差异显著,优劣顺序依次为灰钙土>淡灰钙土>风沙土>灌淤土,即御马基地和观兰酒庄最优,金沙林场和玉泉营居中,园林场基地葡萄品质较差。

土壤中有机质含量的增加有助于增加葡萄与葡萄酒中酚类物质含量的增加^[23],土壤中的氮素含量可改变葡萄果实中酚类物质进而影响葡萄酒中的酚类物质^[24-27],碱解氮与葡萄酒中的酚类物质呈显著正相关。本研究中,各产区葡萄酒的酒精度、总酸、酚类物质差异显著,土壤中有机质、碱解氮与葡萄酒中的酚类物质呈显著正相关,说明有机质、碱解氮含量的增加可提高葡萄酒中酚类物质的含量。土壤类型、理化指标等是影响葡萄酒品质指标的重要因素,需要根据不同地区的土壤类型、营养元素丰缺程度及其与葡萄酒品质的相关性进行有针对性的土壤管理,进而提升葡萄酒的内在品质。本研究揭示了增加土壤有机质、速效氮、速效钾的含量,降低土壤 pH 及全盐含量,通过微气候调节来提高平均温度,降低成熟期的最低温度,提高有效积温是解决品质差异化的关键栽培措施。

4 结论

不同产区土壤养分和结构的差异性,导致赤霞珠葡萄品质差异显著。御马基地赤霞珠葡萄风味物质总酚含量、花色苷、单宁含量均显著高于其他产区,可溶性固形物含量为 24.64%,可滴定酸含量为 6.64 g·L⁻¹,果实糖酸适中、粒重最大,品

质最优,且葡萄酒中的单宁、总酚、花色苷、黄酮、黄烷醇含量仅次于观兰酒庄,但均显著高于园林场基地、玉泉营和金沙林场。相关性分析结果表明葡萄不同产区土壤有机质与葡萄酒中的多酚类物质、酒精度呈显著正相关,与挥发酸呈极显著正相关;碱解氮与多酚类物质(花色苷除外)、pH 呈显著正相关,与挥发酸、酒精度呈极显著正相关。土壤 pH 则与葡萄酒中的酚类物质、挥发酸、残糖、酒精度及 pH 呈显著负相关,全盐含量则与酒中 pH 呈显著正相关。相关主成分分析结果表明土壤中有有机质、碱解氮、土壤 pH 是影响葡萄酒的主要因素。

参考文献:

- [1] van LEEUWEN C, FRIANT P, CHONE X, et al. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2004, 55(3): 207-217.
- [2] 徐淑伟, 刘树庆, 杨志新, 等. 葡萄品质的评价及其与土壤质地的关系研究[J]. 土壤(Soils), 2009, 41(5): 790-795.
- [3] ALESSANDRINI M, GAIOTTI F, BELFIORE N, et al. Influence of vineyard altitude on Glera grape ripening(*Vitis vinifera* L.); effects on aroma evolution and wine sensory profile[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 97(9): 2695-2705.
- [4] JIANG B, ZHANG Z W. Comparison on phenolic compounds and antioxidant properties of cabernet sauvignon and merlot wines from four wine grape-growing regions in China[J]. Molecules, 2012, 17(8): 8804-8821.
- [5] KONTKANEN D, REYNOLDS A G, CLIFF M A, et al. Canadian terroir: sensory characterization of Bordeaux-style red wine varieties in the Niagara Peninsula [J]. Food Research International, 2005, 38(4): 417-425.
- [6] 王丽娜, 张振文. 2009 年宁夏产区主栽酿酒葡萄果实品质的研究[J]. 北方园艺, 2011(3): 4-8.
- [7] TRAMONTINI S, van LEEUWEN C, DOMECH J C, et al. Impact of soil texture and water availability on the hydraulic control of plant and grape-berry development[J]. Plant and Soil, 2013, 368(1-2): 215-230.
- [8] 王锐, 李磊, 孙权, 等. 贺兰山东麓典型土壤与酿酒葡萄成熟度及品质的关系[J]. 北方园艺, 2016(21): 1-6.
- [9] 王锐. 贺兰山东麓土壤特征及其与酿酒葡萄生长品质关系研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [10] KOUNDOURAS S, MARINOS V, GKOLIOTI A, et al. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(14): 5077-5086.
- [11] ZERIHUN A, MCCLYMONT L, LANYON D, et al. Deconvoluting effects of vine and soil properties on grape berry composition[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(1): 193-203.
- [12] 刘昌岭, 任宏波, 朱志刚, 等. 土壤中营养元素对葡萄产量

- 与品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2005(4):17-20.
- [13] TARDÁGUILA J, BALUJA J, ARPON L, et al. Variations of soil properties affect the vegetative growth and yield components of “Tempranillo” grapevines [J]. Precision Agriculture, 2011, 12(5):762-773.
- [14] 李记明, 姜文广, 于英, 等. 土壤质地对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响[J]. 酿酒科技, 2013(7):37-40.
- [15] 赵磊, 吴玉文, 段长青, 等. 宁夏贺兰山地区与河北沙城地区赤霞珠和美乐葡萄酒香气物质的比较[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2009(11):15-19.
- [16] 李华. 小容器酿造葡萄酒[J]. 酿酒科技, 2002(4):70-71.
- [17] 鲁如坤. 磷在土壤中有有效性的衰减[J]. 土壤学报 2000, 37(3):323-329.
- [18] 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.
- [19] 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 118-135.
- [20] 王锐. 贺兰山东麓土壤特征及其与酿酒葡萄生长品质关系研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [21] 蒋宝, 张振文. 山地土壤养分与酿酒葡萄品质的分析[J]. 上海农业学报, 2017, 33(2):58-62.
- [22] 宋建强, 屈慧鸽, 梁海忠, 等. ‘蛇龙珠’葡萄园土壤指标与葡萄酒理化指标相关性分析[J]. 西北农业学报, 2018, 27(6):863-870.
- [23] 李记明, 姜文广, 于英, 等. 土壤质地对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响[J]. 酿酒科技, 2013(7):229.
- [24] COHEN S D, KENNEDY J A. Plant metabolism and the environment: implications for managing phenolics [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(7):620-643.
- [25] 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 and Viticulture, 2006, 57(3):257-268.
- [26] 高陆旭, 王锐, 李磊, 等. 增施中微量元素对酿酒葡萄和葡萄酒品质的改善效应[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13):131-134.
- [27] 蒋鹏, 王锐, 纪立东, 等. 中微量元素在贺兰山东麓酿酒葡萄上的应用效果[J]. 北方园艺, 2016(5):22-27.

Quality Difference of Soil, Grape and Wine in the Cabernet Sauvignon Grape Producing Areas at the Eastern Foot of Helan Mountain

XU Zehua, HUANG Xiaojing, NIU Ruimin, SHEN Tian, CHEN Weiping

(Horticulture Resources Institute, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: In order to explore the relationship between the grape soil of Cabernet Sauvignon in 5 producing areas at the eastern foot of Helan Mountain and grape quality and wine quality, the main influencing factors of wine differentiation were identified through the detection and analysis of soil properties, grape quality and wine quality. The results showed that, there were significant differences in soil nutrients and structure among different producing areas, which led to significant differences in the quality of Cabernet Sauvignon grapes and wine. The contents of total phenol, anthocyanin and tannin in Cabernet Sauvignon grapes in the Royal Ma Base were $10.76 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.82 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $52.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively, which were significantly higher than those in other producing areas, and soluble solid content was 24.64%. The titrable acid content was $6.64 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, the fruit sugar and acid were moderate, the grain weight was the largest, and the quality was the best. Moreover, the contents of tannin, total phenol, anthocyanin, flavone and flavanol in wine were significantly higher than those in Garden Farm Base, Yuquanying and Jinsha Forest Farm. Correlation analysis showed that, soil organic matter had significant positive correlation with polyphenols and alcohol content in wine, and had extremely significant positive correlation with volatile acids. Alkali-hydrolyzed nitrogen had significant positive correlation with polyphenols (except anthocyanins) and pH, and had extremely significant positive correlation with volatile acids and alcohol content. Soil pH was negatively correlated with phenolic substances, volatile acids, residual sugars, alcohol content and pH in wine, while total salt content was positively correlated with pH in wine. Principal component analysis showed that organic matter in soil, alkali-hydrolyzed nitrogen and soil pH were the main factors affecting wine quality.

Keywords: soil; Cabernet Sauvignon; grape; quality; wine; differentiation