

# 葡萄品种赤霞珠采收期果穗和果粒性状的差异分析

何 非<sup>1</sup>, 许晓青<sup>1</sup>, 陈 武<sup>2</sup>, 潘秋红<sup>1</sup>, 段长青<sup>1</sup>, 王 军<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业大学食品科学与营养工程学院葡萄与葡萄酒研究中心, 北京 100083; <sup>2</sup> 新疆中信国安葡萄酒业股份有限公司, 玛纳斯 832200)

**摘要:** 作为发酵前的一个重要工艺过程, 穗选和粒选在优质葡萄酒生产中被广泛采用, 但人们对果穗之间和同一果穗内果粒之间品质差异的了解还非常有限。本研究对采收期大小和紧密度不同的 4 穗成熟赤霞珠葡萄进行了分析: 对每穗果实的果穗紧密度、果穗重量、每果穗中果粒数量、每粒果的种子数量和重量、可溶性固形物浓度和果皮颜色等进行了检测, 并在此基础上进行了穗选和粒选的模拟试验。结果表明: 果粒中可溶性固形物的积累与果粒的曝光程度相关性较差, 但果粒的曝光程度显著影响果皮着色, 果穗紧密程度显著影响浆果果皮着色和种子成熟; 每粒果实的可溶性固形物浓度与果粒重相关性不强, 但随着果粒重的增加, 可溶性固形物浓度有减小的趋势。穗选和粒选能提高中等大小果粒(0.76~1.50 g)所占的比例, 使 1 粒种子果粒所占的比例降低, 增加单位重量果实中的种子重量, 降低果粒重的变异系数, 但对整个浆果群体可溶性固形物浓度分布和平均值无实质影响。因此, 影响酿酒葡萄果穗潜在质量的关键因素在于果穗紧密度、果粒大小和种子成熟度; 建议在优质葡萄酒生产过程中先进行穗选, 淘汰紧密度过紧的果穗, 然后在此基础上再进行粒选。

**关键词:** 赤霞珠; 采收期; 差异; 果穗; 果粒; 可溶性固形物浓度

## Variation Analysis of Cluster and Berry Characters in Cabernet Sauvignon Grapes at Harvest Stage

HE Fei<sup>1</sup>, XU Xiao-qing<sup>1</sup>, CHENG Wu<sup>2</sup>, PAN Qiu-hong<sup>1</sup>, DUAN Chang-qing<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Center for Viticulture and Enology, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083;

<sup>2</sup> Xinjiang CITIC Guoan Wine Co. Ltd., Manasi 832200)

**Abstract:** Cluster and berry selection is widely accepted as an important process before fermentation for the production of premium-quality wine. However, little is known about the quality variation of the berries within and among different clusters. In the present study, four clusters of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L. cv. ) grapes with different size and compactness were analyzed at normal harvest date. Each cluster was assessed for compactness, weight, berry number, and each berry was assessed for seed weight and count, seed color, soluble solid concentration (SSC), and skin color. Based on this survey, the cluster and berry selection was simulated. Correlating the data with the light exposure of the berries failed to give useful correlations with SSC, but showed that skin pigmentation was significantly affected. Additionally, cluster compactness markedly impacted on the berry pigmentation and seed maturation. There was a weak correlation between the SSC of each berry and the berry's weight, showing a slight decline with increasing weight. Cluster and berry examination could evaluate the proportion of the medium size berries (0.76-1.50 g) and reduce the proportion of one-seeded berries, thereby increasing the seed weight per unit of berry weight. This also reduced the coefficient of the variation (*CV*) of the berry weight, which had virtually no influence on the mean and standard deviation of the SSC for the whole berry population. Therefore, the potential quality of grape clusters for winemaking was a function of cluster compactness, berry size, and extent of seed maturation. In or-

收稿日期: 2013-12-12    修回日期: 2014-04-04    网络出版日期: 2014-08-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140807.1100.027.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-30)

第一作者研究方向为酿酒葡萄风味物质化学。E-mail: wheyfey@cau.edu.cn

通信作者: 王军, 研究方向为葡萄资源评价及鉴定、葡萄花色苷生物合成及调控、葡萄苗木生产。E-mail: jun\_wang@cau.edu.cn

der to make the premium-quality wine, initially clusters should be selected to eliminate those that are very tight, and then select berries on the basis of berry sizes.

**Key words:** Cabernet Sauvignon; harvest time; variation; cluster; berry; soluble solids concentration(SSC)

葡萄酒的品质不仅取决于酿酒葡萄浆果成分的平均值,也受到浆果群体质量差异幅度的影响<sup>[1-2]</sup>,果粒成熟度的不一致可能会导致葡萄酒潜在生青味或果酱味的增强<sup>[1]</sup>。因此,生产物理和化学组成相对一致的成熟果粒是酿酒葡萄栽培所追求的目标之一。对优质葡萄酒生产来说,果穗间和同一果穗上果粒之间酿酒品质的差异对酿造前的穗选和粒选工艺的选择具有重要的参考价值。因此,有必要对我国大面积栽培的赤霞珠葡萄果穗间和同一果穗上果粒之间酿酒品质差异性进行调查,以便通过制定合理的穗选和粒选工艺来降低成熟果粒之间基本酿酒品质的差异,进而为提高酿酒葡萄原料质量进行栽培调控提供参考。

对于同一地块中的葡萄植株而言,由于土壤的理化性质、年份、树体生长势和田间管理措施等的不同<sup>[3-4]</sup>,会造成果穗和果粒发育所处的微环境不同和发育进程不一<sup>[5-7]</sup>。同一时间采收后,由于成熟不均一导致果粒个体间酿酒品质的差异很大,如果粒大小和果皮颜色、果汁可溶性固形物浓度、种子数和种皮颜色、果皮和种子中酚类物质浓度等<sup>[4,8-16]</sup>。以往有关葡萄成熟果粒差异性研究主要基于大群体果粒上,或者集中在不同葡萄品种资源之间进行对比<sup>[8-9,12,15-17]</sup>,很少顾及果穗间和同一果穗上不同果粒之间的差异。

为此,本研究调查了2013年9月28日从新疆玛纳斯县园艺场采集的大小和紧密度不同的4穗赤霞珠葡萄的果穗重量,每果穗果粒数量、种子数量和种皮颜色,比较了果穗紧密度和果皮颜色,逐穗、逐粒测量了果粒重量、可溶性固形物浓度和种子数量,计算其平均值和变异系数,并在此基础上,模拟穗选和粒选过程,统计了穗选和粒选前后果粒重量、可溶性固形物浓度和种子数量的变化,从而为发酵前穗选和粒选工艺的确定和优质酿酒葡萄原料生产的栽培调控提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试品种为赤霞珠,2013年9月28日采自新疆玛纳斯县园艺场(44°17'55'' N, 86°12'2'' E)同一地块葡萄园的不同植株上,土壤类型为粉砂壤土。

供试植株于2000年定植,自根苗,南北行向,栽植密度2.5 m × 1.0 m,改良的VSP(vertical shoot position)架形,冬季修剪留芽量为18~21个/株,留梢量为12~15支/株。主梢长至约1.2 m时摘心,去除1~6节上的副梢,其余副梢超过规定的叶幕宽度(约0.8~1.0 m)时去顶,其他田间管理按照当地常规技术进行,产量约为8 t/hm<sup>2</sup>。从4株发育正常的葡萄植株上各采集1穗同一叶幕高度上大小和紧密度不同的果穗,样品采集后立即带至中信国安葡萄酒业有限公司化验室,置于冰箱中(4℃)保存,样品基本信息见表1。

### 1.2 方法





**1.2.1 果穗紧密度** 根据OIV(International Organisation of Vine and Wine)描述,目测果穗的紧密度并赋值<sup>[18]</sup>。同时,根据P. Sabbatini等<sup>[19]</sup>的方法,计算每一果穗的紧密度指数(CI, compactness index),分别表示为果粒数/cm穗梗和果粒重/cm穗梗。

**1.2.2 果粒重量、可溶性固形物浓度、果穗重量和种子重量** 用剪刀将每穗葡萄的果粒剪下(果粒上剪留约3 mm的果柄),称量穗梗重量,逐粒称重(100 × 0.01 g),果粒重量与穗梗重量之和为果穗重量;测定果皮颜色值后用手持折光仪(Pocket refractometer PAL-1, Atago, Japan)测定果汁可溶性固形物浓度(SSC, °Brix);取出种子计数,然后将同一果穗上的种子合并,悬浮于蒸馏水中去除果肉,用吸水纸吸去种皮上的水分,称鲜重(100 × 0.01 g);测定完种皮颜色值后,种子于60℃烘干至恒重后,称干重(100 × 0.01 g)。

**1.2.3 果皮颜色值** 随机从每穗葡萄中选取20粒浆果,去除果柄后对着光线观察果皮颜色,并注意观察果柄周围的果皮颜色,根据标准分别给每粒浆果的颜色赋值<sup>[20]</sup>,20粒浆果颜色值的加权平均值即为该穗葡萄的果皮颜色值。赋值标准为:1-粉红色,浅红色;2-红色,光线能穿透浆果;3-深红色,果柄周围着色不均匀;4-黑红色,着色均匀。

**1.2.4 种皮颜色值** 随机从每穗葡萄的鲜种子中选取20粒种子,观察种子背面和腹面颜色,特别是顶部和腹面种脊两侧的颜色,根据标准分别给每粒种子的颜色赋值<sup>[20]</sup>,计算20粒种子腹面和背面颜

表 1 赤霞珠葡萄 4 个果穗穗重、紧密度、果粒数、种子数、种子重量和种皮颜色指数  
Table 1 Cluster weight and compactness, berry number, seed number, total seeds weight, and seed coat color value of Cabernet Sauvignon grapes

果穗编号 Cluster No.	穗重(g) Cluster weight	果粒数 Berry number	种子数 Seed number	OIV 等级 OIV rating	果粒数(cm) Berry number	果粒重(g) Berry weight	种子重(g)Seeds weight		果皮 颜色值 Berry skin color value	种皮 颜色值 Seed coat color value	萎蔫果粒数 No. of shriveling berry	
							鲜重	干重				
							Fresh	Dry				
1	150.21	130	211	2.5	8.39	9.51	8.64	6.15	4.0	3.6	0	
2	254.81	205	356	3.5	7.19	8.79	13.86	9.73	3.8	3.2	1	
3	311.61	264	427	7.5	16.20	18.79	15.92	11.01	3.5	2.9	1	
4	190.24	145	212	9.0	15.59	20.12	8.79	6.21	2.2	2.8	12	
果穗外形 Cluster appearance	1			2			3			4		

色值的加权平均值,腹面和背面颜色值的算数平均值即为该穗葡萄种子的种皮颜色值。赋值标准为:1 - 绿色,黄绿色;2 - 棕绿色;3 - 灰褐色,无绿色痕迹;4 - 暗褐色。

1.2.5 模拟穗选和粒选后的果粒性状差异 因穗4紧密度为极紧密,而且内部果粒着色浅,穗选时先被淘汰,因此穗选后的果粒群体为穗1+穗2+穗3。粒选过程为:采用一定孔径的振动筛板进行粒选,根据G. Roby 等<sup>[15]</sup>报道,如果振动筛板的孔径为9.5 mm,则可以筛选出重量≥0.7 g 的果粒。如果仅进行粒选,则果粒群体为穗1+穗2+穗3+穗4中果粒重量≥0.7 g 的果粒;如果依次进行穗选和粒选,则果粒群体为穗1+穗2+穗3中果粒重量≥0.7 g 的果粒。

1.3 数据处理

原始数据处理用 Origin 软件完成,差异显著性分析用 SPSS 软件,Origin 软件绘图。果粒按下述标准分为 7 级:≤0.50 g,0.51~0.75 g,0.76~1.00 g,1.01~1.25 g,1.26~1.50 g,1.51~1.75 g,>1.75 g;可溶性固形物浓度按下述标准分为 6 级:≤21.0 °Brix,21.1~23.0 °Brix,23.1~25.0 °Brix,25.1~27.0 °Brix,27.1~29.0 °Brix,>29.1 °Brix。因萎蔫果粒的鲜重和可溶性固形物浓度不正常,在统计果粒重量和可溶性固形物浓度时剔除萎蔫果粒的数据,但在计算果穗紧密度指数、种子数量和重量时则包括萎蔫果粒的数据。

2 结果与分析

2.1 果穗间的差异

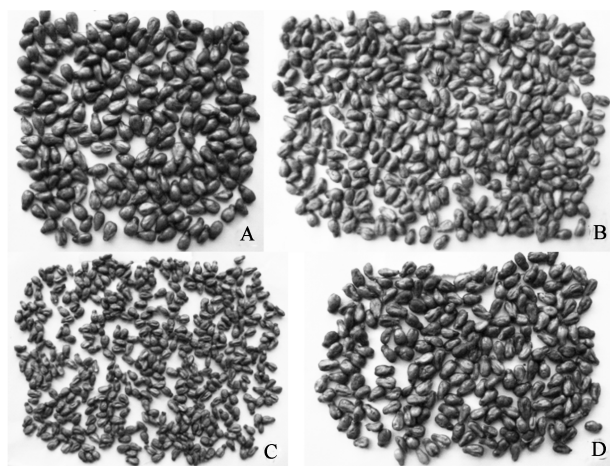
果穗形状是葡萄品种描述的一个重要性状,但

对任何一个品种来说,果穗形态特征会随着修剪、灌溉、果穗着生位置(基部穗和第2穗)及其他栽培措施而发生很大变化。对赤霞珠葡萄果穗来说也是如此,在生产上,圆锥形和圆柱形为最常见的穗形,还有一部分果穗带有副穗。如表1所示,本试验所选取的4个赤霞珠果穗中,穗1和穗2为圆锥形,穗2带有副穗,穗3和穗4为圆柱形,基本能代表生产上常见的穗形,但各类穗形果穗所占的比例会随着葡萄园田间管理和架式的不同而变化。与穗形一样,果穗紧密度除了受遗传因子决定外,葡萄树体本身的生长势、花芽分化情况、花期气象条件、栽培措施对果穗的紧密度也有很大影响。对采用VSP架形的赤霞珠葡萄来说,按照OIV描述标准<sup>[18]</sup>,从松散(1级)到极紧密(9级)的果穗都有存在。本研究中,穗1为较松散果穗,而穗4为极紧密果穗。

本研究所选取的4个赤霞珠葡萄果穗平均穗重为226.72 g,最大穗重为311.61 g,最小穗重为150.21 g,两者相差约2倍,变异系数为31.4%。每果穗的果粒数分别为130粒、205粒、264粒和145粒,平均每穗的果粒数为186粒,变异系数为33.0%。穗重与果粒数呈线性正相关( $y = 13.08 + 1.15x$ ),而与果穗紧密度无相关性。每果穗平均种子数为302粒,变异系数为35.8%,每果穗种子数与果粒数呈线性正相关( $y = 1.74x - 21.58$ )。每果穗种子鲜重分别为8.64 g、13.86 g、15.92 g和8.79 g,与种子粒数呈线性正相关( $y = 1.57 + 0.034x$ ),而每果穗种子干重分别为6.15 g、9.73 g、11.01 g和6.21 g,失水率分别为28.8%、29.8%、30.8%和



29.4%,说明果穗紧密度越紧,种子含水量越高,种子成熟越不充分;穗1种子的成熟度最好、最均一,种皮颜色值为3.6,而穗4种子成熟度的一致性最差,种皮颜色值为2.8(表1,图1)。由表1还可以看出,随着果穗紧密度的增加,果穗中萎蔫果粒数量也在增加。图2为从4个果穗上剪下的果粒,由表1和图2可以看出,穗1上的果粒着色深而均匀,几乎看不到果粒之间相互挤压的痕迹,果皮颜色值为4.0;穗2上的果粒着色也很均匀,果皮颜色值为3.8,但有部分果粒相互挤压;穗3上的果粒着色情况次于穗1和穗2,果皮颜色值为3.5,果粒相互挤压的痕迹明显,有部分果粒变形;穗4上的果粒几乎全部为粉红色,果皮颜色值为2.2,果粒由于相互挤压而形成不规则的球面锥体或葫芦形。



A:穗1;B:穗2;C:穗3;D:穗4,下同  
A:Cluster No. 1, B:Cluster No. 2, C:Cluster No. 3,  
D:Cluster No. 4, the same as below

图1 赤霞珠葡萄鲜种子

Fig. 1 Cabernet Sauvignon fresh seeds

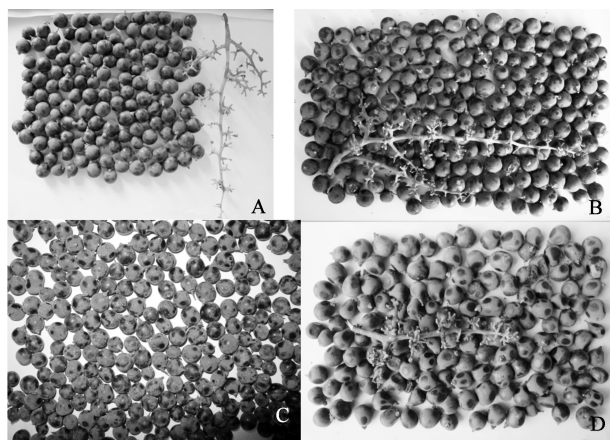


图2 赤霞珠葡萄果粒

Fig. 2 Cabernet Sauvignon berries

## 2.2 果粒间的差异

**2.2.1 果穗间果粒性状差异** 如表2所示,4个重量和紧密度不同的果穗果粒重平均值差异显著,穗4的平均果粒重最大,为1.41 g,穗1的平均果粒重最小,为1.13 g,变异系数在22.1%~27.8%之间;平均果粒重与果穗重和每果穗果粒数无相关性。4个果穗的可溶性固形物浓度平均值差异显著,穗2最高,为26.97 °Brix,穗3最低,为24.09 °Brix,变异系数在2.90%~4.93%之间,说明果穗紧密度越紧,果粒可溶性固形物浓度的变异系数越大,果粒成熟度越不均一。4个果穗平均每果粒种子粒数为1.61粒,穗4与穗1、穗2、穗3每果粒种子粒数差异显著,变异系数在38.6%~41.9%之间,极紧密果穗(穗4)每果粒平均种子粒数有减少的趋势,而果穗之间单粒种子平均重(干重和鲜重)差异不显著。

### 2.2.2 同一果穗内果粒性状差异

**2.2.2.1 果粒重** 4个果穗中,穗1最重果粒和最轻果粒之间重量相差约2.8倍,穗2约4倍,穗3约5.5倍,穗4约4.3倍(表2)。将每一果穗上的果粒重按照 $\leq 0.50$  g、0.51~0.75 g、0.76~1.00 g、1.01~1.25 g、1.26~1.50 g、1.51~1.75 g、 $>1.75$  g分为7个级次,分别统计每一果穗中各个重量级次果粒的分布频次,结果如图3所示。由图3可以看出,穗1的果粒集中分布于0.76~1.50 g之间的约占89.2%,0.51~0.75 g约为3.1%,1.51~1.75 g约为7.7%,无 $\leq 0.50$  g和 $>1.75$  g的果粒;穗2与穗3果粒重量频次分布相似,0.76~1.50 g范围内的果粒分别占78.4%和74.1%, $\leq 0.75$  g的分别占5.4%和10.6%,而 $>1.50$  g的分别占16.2%和15.2%;穗4果粒重量频次分布与穗1、穗2和穗3明显不同,0.76~1.50 g仅占60.9%,而 $>1.50$  g占37.6%。从果粒大小的频次分布看,穗1的果粒分布集中,主要分布于0.76~1.50 g之间,而且果粒大小均匀;穗2和穗3的果粒大小分布范围更广泛,中等大小果粒(0.76~1.50 g)所占比例降低,而小果粒和大果粒所占比例提高;穗4果粒大小分布整体向大果粒方向偏移,88.7%的果粒重量在1.01 g以上。

**2.2.2.2 果粒可溶性固形物浓度和含量** 对供试的4个果穗来说,果粒可溶性固形物浓度最高和最低值之差分别为3.2(穗1)、6.1(穗2)、7.1(穗3)和6.9(穗4)(表2)。将每一果穗上果粒可溶性固形物浓度按照 $\leq 21.0$  °Brix,21.1~23.0 °Brix,23.1~25.0 °Brix,25.1~27.0 °Brix,27.1~29.0 °Brix,



表 2 赤霞珠葡萄不同果穗的果粒重、浆果可溶性固形物浓度、每浆果种子数和单粒种子平均重

Table 2 Berry weight,SSC,seed number per berry,and average weight per seed in different clusters of Cabernet Sauvignon grapes

果穗编号 Cluster No.	果粒重(g) Berry weight				可溶性固形物浓度 (°Brix) SSC				每果粒种子数 Seed number per berry				单粒种子(g) Per seed	
	平均值	最大值	最小值	变异系数	平均值	最大值	最小值	变异系数	平均值	最大值	最小值	变异系数	鲜重	干重
	Average	Max.	Min.	(%) CV	Average	Max.	Min.	(%) CV	Average	Max.	Min.	(%) CV	Fresh	Dry
1	1.13c	1.70	0.60	22.1	24.56c	26.3	23.1	2.90	1.62a	3	1	38.6	0.041	0.029
2	1.23b	1.90	0.48	23.8	26.97a	30.4	24.3	3.80	1.74a	4	1	38.6	0.039	0.027
3	1.16bc	2.15	0.39	27.8	24.09d	28.2	21.1	4.61	1.62a	4	1	40.4	0.037	0.026
4	1.41a	2.23	0.52	24.2	24.93b	27.7	20.8	4.93	1.46b	3	1	41.9	0.041	0.029

平均值后不同字母代表差异显著, $P\leq0.05$ 。下同

Means followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test, $P\leq0.05$ . The same as below

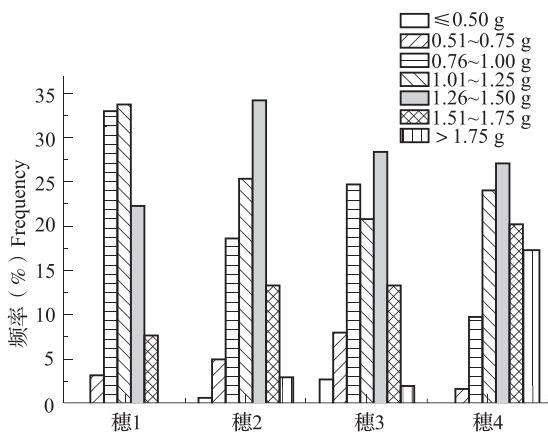


图 3 赤霞珠葡萄不同果穗果粒重量频次分布  
Fig. 3 Frequency distribution for berry weight in different clusters of Cabernet Sauvignon grapes

>29.1 °Brix分为6个级次,分别统计每一果穗中各个浓度级次果粒的分布频次,结果见图4。由图4可看出,穗1果粒可溶性固形物浓度全部分布于23.1~27.0 °Brix之间,23.1~25.0 °Brix之间的果粒占71.5%;穗2果粒可溶性固形物浓度集中分布于25.1~29.0 °Brix之间,占果粒总数的95.1%;穗3果粒可溶性固形物浓度分布于21.1~29.0 °Brix之间,23.1~25.0 °Brix之间的果粒占62.7%,分别有19.0%和17.5%的果粒可溶性固形物浓度在21.1~23.0 °Brix和25.1~27.0 °Brix之间;穗4果粒可溶性固形物浓度主要分布于23.1~27.0 °Brix之间,占果粒总数的90.2%,≤23.0 °Brix的果粒占6.8%,>27.0 °Brix的果粒占3.0%。从果粒可溶性固形物浓度分布频次和范围看,穗1分布范围集中,果粒整体成熟度最佳;穗2分布范围也较集中,但整体向高浓度方向偏移,果粒成熟度过熟;穗3和穗4分布范围更广,果粒整体成熟度一致性差。

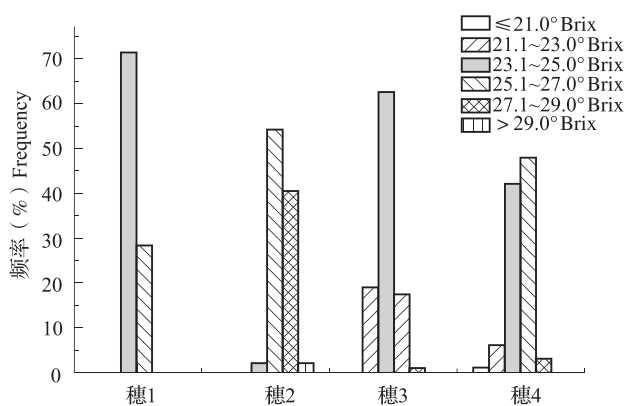
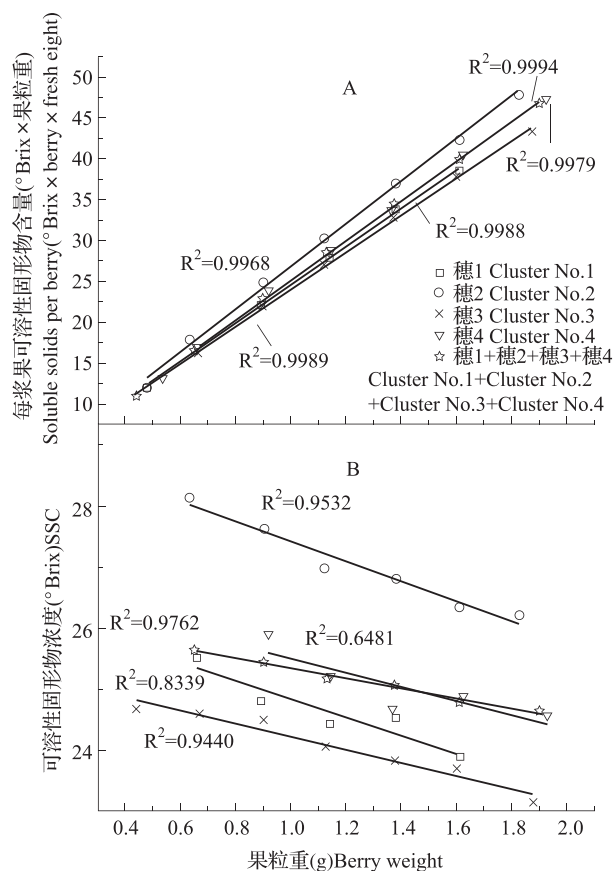


图 4 赤霞珠葡萄不同果穗果粒可溶性固形物浓度频次分布  
Fig. 4 Frequency distribution for SSC in different clusters of Cabernet Sauvignon grapes

将每个果穗的果粒重按照≤0.50 g、0.51~0.75 g、0.76~1.00 g、1.01~1.25 g、1.26~1.50 g、1.51~1.75 g、>1.75 g分级后,分别计算各个重量级次平均每果粒可溶性固形物浓度和果粒平均可溶性固形物浓度,然后与每个果粒重量级次果粒平均重量进行回归分析,结果如图5所示。4个果穗的果粒群体每果粒可溶性固形物浓度与果粒大小呈线性正相关,随果粒重的增加而增加(图5A);果粒可溶性固形物浓度与果粒重量也有关系,随果粒重量的增加有下降的趋势,但不同果穗之间由于成熟度的差异,降低的幅度并不相同,穗2果粒在每个重量级次上果粒的平均可溶性固形物浓度均表现为最高,而穗3均表现为最低(图5B),说明果穗之间果粒成熟度的差异很大。

**2.2.2.3 每果粒种子数** 统计4个果穗上含1粒、2粒、3粒和4粒种子果粒的频次分布,结果如图6所示。供试的4个果穗上,以含1粒种子和2粒种子的果粒居多,含3粒种子的果粒比例很小,含4粒



A: 每浆果可溶性固形物含量以及和果粒重的线性回归线, 5 个果粒群体的线性回归系数在 0.996 ~ 0.999 间; B: 可溶性固形物浓度和相应的线性回归线

A: Soluble solids per berry and corresponding linear regression lines. Linear regression coefficients were 0.996 ~ 0.999 for each of the 5 berry populations, B: SSC and corresponding linear regression lines

图 5 赤霞珠葡萄不同浆果群体浆果可溶性固形物与果粒重的关系

Fig. 5 The relationship between soluble solids and berry size of Cabernet Sauvignon grapes from different berry populations and sorted in to berry mass categories

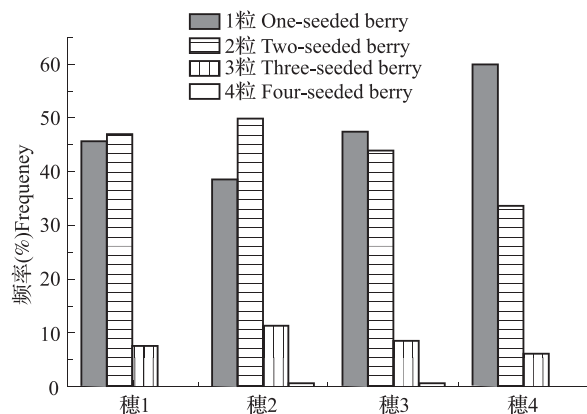


图 6 赤霞珠葡萄不同果穗每果粒种子数频次分布

Fig. 6 Frequency distribution for seed number per berry in different clusters of Cabernet Sauvignon grapes

种子果粒非常少见, 仅在穗 2 和穗 3 中各发现 1 粒浆果含有 4 粒种子。含 1 粒种子和 2 粒种子果粒占果粒总数的百分比分别为 92.3% (穗 1)、88.3% (穗 2)、91.3% (穗 3) 和 93.8% (穗 4), 相差不是很大, 最多相差 5.5%。若比较 4 个果穗含 2 粒种子和 3 粒种子果粒所占的比例, 穗 1、穗 2、穗 3 和穗 4 分别为 54.6%、60.8%、52.3% 和 40.0%, 最多相差 12.3%, 穗 4 上含 1 粒种子果粒所占的比例最高, 为 60%, 而其余 3 个果穗上含 1 粒种子果粒所占的比例在 38% ~ 48% 之间, 说明穗 4 授粉受精和幼果发育条件较差。

表 3 为不同果穗果粒中所含种子数与果粒重和果粒可溶性固形物浓度关系的调查结果。由表 3 可以看出, 果粒重随果粒中种子数的增加而增加, 含 3 粒种子的果粒重量显著高于含 2 粒种子和 1 粒种子的果粒重量, 而含 2 粒种子的果粒重量显著高于含 1 粒种子的果粒重量, 随着每果粒中种子数的增加, 果粒重的变异系数逐渐减小, 含 1 粒种子果粒重的变异系数最大。每果粒中种子数与可溶性固形物浓度之间在 3 个果穗的果粒上没有差异, 仅在穗 2 上表现为含 1 粒种子果粒的可溶性固形物浓度显著高于含 2 粒和 3 粒种子的果粒, 3 个类别果粒可溶性固形物浓度的变异系数相差不大。由表 3 还可以看出, 3 个类别果粒可溶性固形物浓度的变异系数远小于果粒重量的变异系数, 说明果粒中所含的种子数显著影响果粒重量, 含 1 粒种子的果粒重量差异幅度最大, 而不影响果粒可溶性固形物浓度。

### 2.3 果粒总体差异及模拟穗选和粒选后的差异

在优质葡萄酒生产过程中, 除了尽量保持适度且一致的葡萄园田间管理 (如地块、葡萄树体生长势、负载量、叶幕和果际微气候、施肥、灌水等) 外, 发酵前的穗选和粒选工艺也是保证葡萄酒质量相对稳定的一项重要技术环节。因此, 本研究在调查 4 个果穗果粒重、果粒可溶性固形物浓度和种子数的基础上, 模拟穗选和粒选过程, 研究穗选和粒选前后群体果粒的果粒重量、果粒可溶性固形物浓度和种子数的差异情况, 以说明穗选和粒选对群体果粒基本酿酒品质的影响。

**2.3.1 果粒重** 原始群体 (穗 1 + 穗 2 + 穗 3 + 穗 4) 果粒重平均值为 1.22 g, 最小果粒重与最大果粒重相差约 5.7 倍, 高于 4 个果穗上的果粒重的差异幅度; 变异系数为 26.2%, 高于穗 1、穗 2 和穗 4 果粒重的变异系数; 中等大小果粒数 (0.76 ~ 1.50 g) 占总果粒数的 75.6% (表 2, 表 4, 图 7)。因穗 4 果粒的果皮颜色较浅, 在穗选时首先被淘汰, 经过穗选

表3 赤霞珠葡萄不同果穗上果粒中种子数与单果粒重、可溶性固形物浓度的关系

Table 3 Relationship between seed number per berry and berry weight,SSC in different berry populations of Cabernet Sauvignon grapes

果粒来源 Berry origin	果粒重(g) Berry weight						可溶性固形物浓度(°Brix) SSC					
	1粒种子果粒		2粒种子果粒		3粒种子果粒		1粒种子果粒		2粒种子果粒		3粒种子果粒	
	One-seeded berries		Two-seeded berries		Three-seeded berries		One-seeded berries		Two-seeded berries		Three-seeded berries	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数
	Mean ± SE	(%) CV	Mean ± SE	(%) CV	Mean ± SE	(%) CV	Mean ± SE	(%) CV	Mean ± SE	(%) CV	Mean ± SE	(%) CV
穗1Cluster No. 1	0.92 ± 0.15c	16.7	1.27 ± 0.17b	13.1	1.51 ± 0.16a	10.4	24.57 ± 0.75a	3.05	24.58 ± 0.61a	2.49	24.34 ± 1.02a	4.20
穗2Cluster No. 2	0.95 ± 0.19c	19.6	1.35 ± 0.17b	12.5	1.60 ± 0.18a	11.0	27.27 ± 1.19a	4.37	26.80 ± 0.88b	3.29	26.74 ± 0.83b	3.10
穗3Cluster No. 3	0.89 ± 0.19c	21.2	1.37 ± 0.17b	12.2	1.61 ± 0.12a	7.41	24.30 ± 1.08a	4.46	23.89 ± 1.13a	4.71	24.06 ± 0.96a	3.99
穗4Cluster No. 4	1.22 ± 0.22c	18.4	1.65 ± 0.25b	15.0	1.96 ± 0.28a	14.1	25.00 ± 1.26a	5.03	24.83 ± 1.23a	4.93	24.79 ± 1.08a	4.37
穗1+2+3+4	0.99 ± 0.23c	23.3	1.38 ± 0.21b	15.2	1.64 ± 0.22a	13.3	25.19 ± 1.60a	6.35	25.07 ± 1.57a	6.26	25.17 ± 1.52a	6.04

表4 赤霞珠葡萄原始群体和穗选、粒选、穗选+粒选后群体果粒重、可溶性固形物浓度和每果粒种子数

Table 4 Berry weight,SSC, and seed number per berry in original population, after cluster selection, berry selection, and cluster selection + berry selection of Cabernet Sauvignon grapes

果粒来源 Berry origin	果粒重(g) Berry weight				可溶性固形物浓度(°Brix) SSC				每果粒种子数 Seed number per berry			
	平均值	最大值	最小值	变异系数	平均值	最大值	最小值	变异系数	平均值	最大值	最小值	变异系数
	Average	Max.	Min.	(%) CV	Average	Max.	Min.	(%) CV	Average	Max.	Min.	(%) CV
原始群体(n=730)	1.22ab	2.23	0.39	26.2	25.1a	30.4	20.8	6.29	1.62a	4	1	40.2
穗选(n=597)	1.18c	2.15	0.39	25.4	25.2a	30.4	21.1	6.54	1.66a	4	1	39.5
粒选(n=698)	1.25a	2.23	0.70	23.5	25.1a	29.7	20.8	6.23	1.65a	4	1	39.6
穗选+粒选(n=567)	1.21bc	2.15	0.70	22.4	25.2a	29.7	21.1	6.48	1.69a	4	1	38.6

n = 果粒数量,统计原始群体和穗选后单粒重和可溶性固形物浓度的果粒数量分别为730粒和597粒,而统计原始群体和穗选后每果粒种子数的果粒数量分别为744粒和599粒

n = berry number. The berry number of the original population and that after cluster selection for census of the berry weight and SSC were 730 and 597, respectively. While, the berry number of the original population and that after cluster selection for census of seed number per berry were 744 and 599, respectively

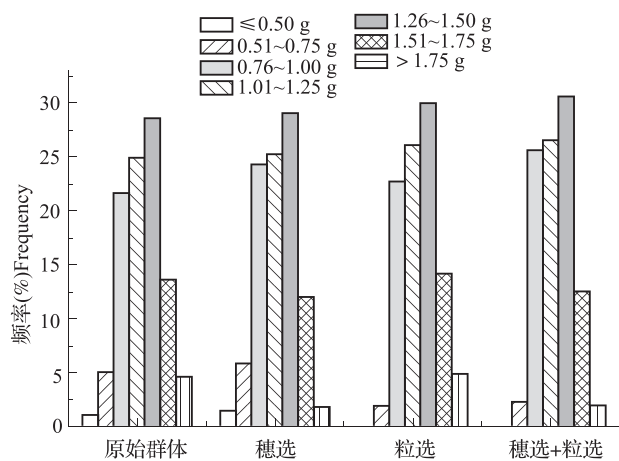


图7 赤霞珠葡萄不同果粒群体果粒重量频次分布  
Fig.7 Frequency distribution for berry weight in different berry populations of Cabernet Sauvignon grapes

工序后,果粒重平均值为1.18 g,最小果粒重与最大果粒重相差约5.5倍,果粒重的变异系数降为25.4%,中等大小果粒数(0.76~1.50 g)占总果粒

数的74.9%,平均果粒重显著低于原始群体,果粒重的变异系数也低于原始群体(表4,图7)。如果没有穗选工序而直接进行粒选,则粒选后平均果粒重为1.25 g,最小果粒重与最大果粒重相差约3.2倍,果粒重的变异系数降为23.5%,中等大小果粒数(0.76~1.50 g)占总果粒数的79.1%,平均果粒重与原始群体差异不显著,但果粒重的变异系数低于原始群体(表4,图7)。在优质葡萄酒生产实践过程中,穗选和粒选常常结合在一起进行,也就是先进行穗选,在穗选过程中淘汰着色浅、紧密度过紧、带有僵果和病果的果穗,除梗后再进行粒选。本研究模拟这个过程,穗选时淘汰穗4,然后进行粒选,穗选+粒选后平均果粒重为1.21 g,最小果粒重与最大果粒重相差约3.1倍,果粒重的变异系数降为22.4%,中等大小果粒数(0.76~1.50 g)占总果粒数的83.1%,平均果粒重与原始群体几无差异,但果粒重的变异系数小于原始群体(表4,图7)。由



上述结果可见,通过穗选和粒选,直接效应就是提高了中等大小果粒(0.76 ~ 1.50 g)所占的百分比,降低了果粒重量的变异系数,淘汰了着色浅的果穗,对果粒潜在酿酒品质的提高具有促进作用。

**2.3.2 果粒可溶性固形物浓度** 原始群体每果粒可溶性固形物浓度与果粒大小呈线性正相关,随果粒重的增加而增加,每果粒可溶性固形物浓度的增加幅度(约 326%)几乎与果粒重的增加幅度(约 327%)相同;果粒可溶性固形物浓度随果粒重量增加有下降的趋势(图 5A)。

由表 4 和图 8 可以看出,原始群体果粒可溶性固形物浓度平均为 25.1 °Brix,最高和最低相差 9.6 °Brix,变异系数为 6.29%,可溶性固形物浓度在 23.1 ~ 27.0 °Brix 之间果粒占总果粒数的 78.9%;相应地,穗选、粒选和穗选 + 粒选后,上述指标分别为 25.2 °Brix、9.3 °Brix、6.54%、76.4%,25.1 °Brix、8.9 °Brix、6.23%、78.9%,25.2 °Brix、8.6 °Brix、6.48%、76.2%。说明穗选、粒选或穗选 + 粒选后对果粒可溶性固形物浓度频次分布和平均值无实质影响。

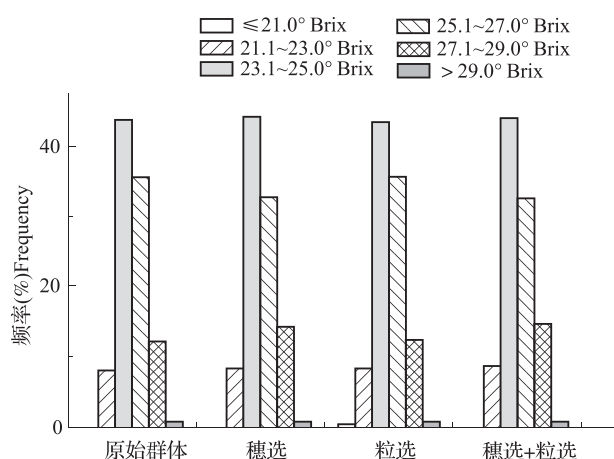


图 8 赤霞珠葡萄不同果粒群体果粒可溶性固形物浓度频次分布

Fig. 8 Frequency distribution for SSC in different berry populations of Cabernet Sauvignon grapes

图 9 为穗选 + 粒选前后群体果粒重和可溶性固形物浓度的变化,可以看出,穗选 + 粒选后,对果粒可溶性固形物浓度的变化几无影响,但果粒重量的差异幅度降低。

**2.3.3 每果粒种子数** 原始群体每果粒中所含种子数与果粒重和果粒可溶性固形物浓度关系统计结果如表 3 所示,其差异趋势与每一个果穗上果粒的差异一致。

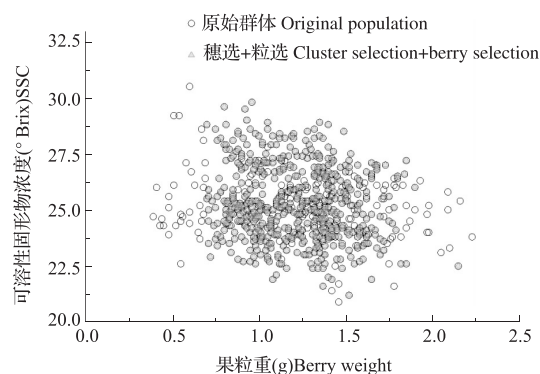


图 9 赤霞珠葡萄原始群体和穗选 + 粒选后群体果粒重和可溶性固形物浓度变化

Fig. 9 Variation in berry weight and SSC in original and after cluster selection + berry selection populations of Cabernet Sauvignon grapes

由表 4 和图 9 可以看出,原始群体每果粒所含种子数平均为 1.62 粒,果粒中种子粒数的变异系数为 40.2%,含有 2 粒、3 粒和 4 粒种子的果粒占果粒总数的 53.0%;相应地,穗选、粒选和穗选 + 粒选后,上述指标分别为 1.66 粒、39.5%、56.1%,1.65 粒、39.6%、55.4%,1.69 粒、38.6%、59.1% (表 4,图 10)。虽然原始群体每果粒所含种子平均粒数与穗选 + 粒选后无显著差异,但有增高的趋势,而每果粒所含种子数的变异系数有下降趋势。穗选 + 粒选后,1 粒种子果粒所占的百分比降低,而 2 粒种子果粒所占的百分比增加;在果粒平均重与原始群体无显著差异的情况下,增加了单位重量果实中的种子重量。

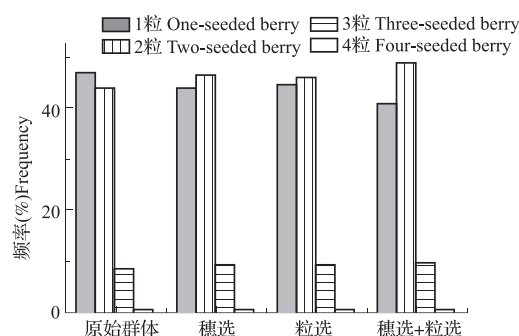


图 10 赤霞珠葡萄不同果粒群体每果粒种子数频次分布

Fig. 10 Frequency distribution for seed number per berry in different berry populations of Cabernet Sauvignon grapes

### 3 讨论与结论

本研究的目的在于通过调查赤霞珠葡萄采收期果穗和果粒基本酿酒品质(果穗大小和紧密度、果粒大小和可溶性固形物浓度等),获取果穗和果粒基本酿酒品质的差异信息;并在此基础上模拟穗选

和粒选过程,比较穗选和粒选前后果粒基本酿酒品质的变化,从而为发酵前穗选和粒选工艺的确定和优质酿酒葡萄原料生产的栽培调控提供参考。

### 3.1 果穗重量

果穗重量受数量性状位点(QTLs)控制,可以分解为每果穗果粒数和果粒重两个部分<sup>[21]</sup>。年份之间、株间和穗间每果穗果粒数的变异系数大于果粒重的变异系数<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,果穗重与果粒数呈线性正相关,而与果粒重和果穗紧密度无相关性,每果穗果粒数的变异系数为33.0%。对生产性赤霞珠葡萄而言,穗重的变化很大。据 P. Iland 等<sup>[23]</sup>描述,赤霞珠葡萄成熟果穗的穗重变化在90~230 g 之间。穗重差异与年份、栽植密度、整形方式、留梢量、砧木、土壤理化性质和肥水供应密切相关<sup>[11,24]</sup>。本研究所选取的4个果穗平均果穗重为226.72 g,最大穗重为311.61 g,最小为150.21 g,两者相差约2倍,变异系数为31.4%。果穗平均重量比文献<sup>[23]</sup>、<sup>[25]</sup>报道高的主要原因是样品果穗数量少,当然也与我国酿酒葡萄园的土壤性质和肥水管理有关。因为本调查的目的主要在于了解重量和紧密度不同果穗的果粒基本酿酒性状的差异,而不在于果穗重的总体差异。一项有关品丽珠葡萄成熟果实的差异研究表明,年份显著影响果穗重的差异,有的年份果穗重的变异系数高达39%~45%,而且株间果穗重的变异系数小于同一株葡萄树上果穗重的变异系数<sup>[11]</sup>。果穗重与每花序上的花朵数和坐果率有关,而花朵数量和坐果率的变化会影响每果穗的果粒数,进而影响果穗重量的变化,这就是年份显著影响果穗重量差异的原因,因为气象条件(如温度和光照)显著影响葡萄花芽分化和坐果率<sup>[26-27]</sup>。

### 3.2 果穗紧密度

与果穗重量一样,果穗紧密度除了受遗传因子决定外,葡萄树体本身生长势、花期气象条件、栽培措施对果穗的紧密度也有很大影响,如开花前去除新梢上花序附近的叶片会降低坐果率,果粒变小,果穗变得松散<sup>[19,28-29]</sup>,而开花前的摘心处理则会因坐果率的提高而使果穗更加紧密。本调查所选取的4个果穗的紧密度按 OIV 描述标准分别为2.5、3.5、7.5和9.0(表1和图2),基本涵盖了生产上所能见到的差异范围。目测结果显示,穗2比穗1、穗4比穗3紧密度更紧,但单位长度穗梗上着生的果粒数或果粒重量并不能很好地反映果穗紧密度的真实差异(表1)。因此,采用 OIV 的评价标准更能准确地描述果穗紧密度,而采用果粒数/cm 穗梗和果粒重/

cm 穗梗描述果穗紧密度有一定缺陷,特别是对于有副穗和果粒大穗紧的果穗,采用各级穗梗和果梗长度之和代替穗梗长可能更合理。果穗紧密度过紧不仅会使萎蔫果粒数量增加,也会因果粒膨大受限而被挤破或果穗内部微气候变差,从而使果穗更容易感染真菌病害<sup>[19,30-31]</sup>。更重要的是,果穗紧密度过紧会使内部果粒因光照条件变差而严重影响果皮着色和种子成熟(图1和图2),还可能使果实含有高水平的吡嗪类物质<sup>[32]</sup>,进而影响葡萄酒的总体质量<sup>[13,31,33-34]</sup>。根据本调查结果,建议在优质葡萄酒生产过程中将过于紧密的果穗淘汰,虽然这类果穗浆果可溶性固形物浓度并不低(表2)。

### 3.3 果粒大小

果粒大小既可以用体积表示,也可以用重量表示,两者呈极显著正相关<sup>[5]</sup>。果粒大小对红葡萄酒质量的影响目前已被广为认知<sup>[8,16,31,35]</sup>。综合来看,赤霞珠葡萄以中等大小果粒(0.76~1.50 g)的酿酒品质指标最好<sup>[15-16]</sup>。本调查所采集的4穗赤霞珠葡萄平均果粒重1.22 g,最大粒重2.23 g,最小粒重0.39 g,变异系数26.2%,中等大小果粒数(0.76~1.50 g)占总果粒数的75.6%(表4),从果粒重量平均值和果粒重量极值范围来看,高于文献报道<sup>[3]</sup>、<sup>[15]</sup>、<sup>[25]</sup>、<sup>[36]</sup>,而中等大小果粒数(0.76~1.50 g)占总果粒数的百分比低于文献报道<sup>[15]</sup>,可能与我国葡萄园施肥和灌水制度有关。果粒重量的变异系数小于西拉<sup>[5]</sup>而大于康可和品丽珠<sup>[11]</sup>,这可能与品种的遗传特性和栽植地的气候类型有关<sup>[5]</sup>。不同紧密度果穗上果粒大小的频次分布轮廓不同,松散果穗上果粒大小的分布更集中,而紧密度高的果穗果粒大小的频次分布更趋向于高斯分布,这可能与果际微气候和养分供应有关。

果粒大小对红葡萄酒质量的影响可能通过两个方面起作用:一是小粒浆果的表面积/体积比大于大粒浆果<sup>[8]</sup>,因为与红葡萄酒质量紧密相关的物质主要在果皮中积累<sup>[37-38]</sup>,所以由小粒浆果酿造的葡萄酒质量好;二是大粒浆果果肉多,对果皮中溶质的稀释作用更强,造成大粒浆果的酒质较差<sup>[35]</sup>。虽然果粒的组织构成和化学组成与果粒大小密切相关<sup>[15,39-41]</sup>,但存在不同的相关性,这依赖于不同环境条件造成果粒大小的差异,如果穗光照条件改变会引起果粒大小变化<sup>[40]</sup>,但造成果实酿酒品质的变化与果粒大小的关系是相反的,也就是说,小粒浆果(由于光照条件差引起的)的酿酒品质不一定优于光照条件好的大粒浆果。影响果粒大小变化的环境

条件比果粒大小本身对葡萄或葡萄酒品质的影响更重要<sup>[16]</sup>。所以在保证群体浆果糖、酸浓度和均匀着色的前提下,通过栽培技术使果粒平均重量降低是优质酿酒葡萄生产的关键,如加大株距将养分分散到更多的新梢上,在果实的某个发育时期对树体进行水分胁迫和结果带摘叶,冬季修剪时适当加大留芽量,坐果以后疏除部分带果穗的新梢,都可以使果穗更松散、果粒大小和着色更均匀。

### 3.4 果粒可溶性固形物浓度

随着葡萄果实的发育,浆果间可溶性固形物浓度差异逐渐变小<sup>[10]</sup>,变异系数小于果穗重的变异系数(表1)<sup>[11]</sup>。成熟果粒可溶性固形物浓度的变化可能与果粒的失水有关(而每果粒的溶质含量并未改变)<sup>[8]</sup>,但也有可能是果粒含水量不变的情形下溶质含量的增加<sup>[42]</sup>。葡萄浆果中的糖(蔗糖)来自于叶片的光合作用<sup>[37]</sup>,主要在果肉细胞中积累,而花色苷在果皮中积累<sup>[37-38,43]</sup>。研究证明,果皮中花色苷含量与果汁可溶性固形物浓度无相关性,而与果皮的含糖量呈正相关<sup>[44]</sup>。本研究也发现,穗4浆果果汁可溶性固形物浓度平均为24.93 °Brix,而果皮颜色值仅为2.2,与上述研究结果吻合。葡萄内源性糖在果皮花色苷积累过程中可能起到引发剂(Trigger)的作用,而花色苷在果皮中累积的多少和种类构成,还受到葡萄园土壤水分和养分状况、叶幕和果际光照和温度条件、树体生长势和负载量等因素的影响<sup>[6-7,13,16,33,40]</sup>,套袋葡萄果实着色较浅的原因可能也在于此,也可能是由于花色苷的合成对环境条件变化更敏感。因此,在优质酿酒葡萄原料成熟度判定时,不仅要关注果汁的可溶性固形物浓度,还应观察果皮和种皮颜色等指标。对于本调查所取样的葡萄园而言,由于4穗葡萄样品果汁可溶性固形物浓度均在24 °Brix以上,说明该葡萄园叶幕管理水平正常,花果管理还有进一步提升的空间,如对果穗紧密的植株冬季修剪时加大留芽量,而将定梢时间推迟至坐果后1~2周,可能达到降低果穗紧密度和促进着色的目的。

### 3.5 种子

对有核葡萄品种来说,每果粒中的种子数正常应为4粒,但实际上要少得多<sup>[5,14,45]</sup>,主要受品种遗传特性和花期环境条件的影响<sup>[26-27,46]</sup>。本调查所取的4穗葡萄果粒中只有2粒浆果含有4粒种子,平均每果粒含有1.62粒种子,高于文献报道的赤霞珠<sup>[47]</sup>、霞多丽和西拉<sup>[26-27]</sup>;含2粒和3粒种子的果粒占果粒总数的52.7%,也高于霞多丽和西

拉<sup>[26-27]</sup>;但单粒种子平均鲜重高于文献报道的28.4 mg<sup>[46]</sup>,说明种子未充分成熟。从种皮颜色看,果穗紧密度越高,则种皮颜色越浅,种子含水量越高(表1,图1),说明果穗紧密度不仅影响葡萄浆果果皮着色,还会影响种子成熟。种子对葡萄酒质量的影响主要包括每果粒中的种子数和成熟度,对葡萄酒有贡献的主要物质是单宁<sup>[37]</sup>,依赖于葡萄酒中单宁的浓度和结构特点,这类物质赋予葡萄酒的收敛性或苦味<sup>[43]</sup>,同时对红葡萄酒的颜色稳定也发挥重要作用<sup>[48]</sup>。种子中的单宁主要在转色前合成,随着浆果成熟其含量或浓度降低<sup>[14,43,47]</sup>,原因是其被氧化而固定在种皮上,赋予葡萄酒苦味的成分成比例地降低。因此,种子数量和成熟度对葡萄酒品质影响很大。

本研究表明赤霞珠葡萄果粒中糖的积累与果粒的曝光程度相关性较差,但果粒的曝光程度显著影响果皮着色,果穗紧密度显著影响浆果果皮着色和种子成熟;果粒重和每果粒种子数的变异系数远大于浆果可溶性固形物浓度的变异系数;果粒可溶性固形物浓度与果粒重相关性不强,但随着果粒重的增加,可溶性固形物浓度有减小的趋势;穗选+粒选能提高中等大小果粒(0.76~1.50 g)所占的比例,使1粒种子果粒所占的比例降低,使2粒种子果粒所占的比例增加,增加单位重量果实中的种子重量,而对群体浆果可溶性固形物浓度分布和平均值无实质影响。因此建议在优质红葡萄酒的生产过程中,先进行穗选,淘汰紧密度过紧的果穗,然后在此基础上再进行粒选。

### 参考文献

- [1] Dai Z W, Ollat N, Gomès E, et al. Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review [J]. *Am J Enol Viticult*, 2011, 62(4): 413-425
- [2] Kontoudakis N, Esteruelas M, Fort F, et al. Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality [J]. *Food Chem*, 2011, 124(3): 767-774
- [3] Holt H E, Francis I L, Field J, et al. Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) from different pruning treatments and different vintages [J]. *Aust J Grape Wine Res*, 2008, 14(3): 191-202
- [4] Walker R R, Blackmore D H, Clingeleffer P R, et al. Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition [J]. *Aust J Grape Wine Res*, 2005, 11(1): 2-8
- [5] Gray J D, Coombe B G. Variation in Shiraz berry size originates before fruitset but harvest is a point of resynchronisation for berry development after flowering [J]. *Aust J Grape Wine Res*, 2009, 15(2): 156-165
- [6] Tarara J M, Lee J, Spayd S E, et al. Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin Merlot grapes [J]. *Am J Enol Viticult*, 2008, 59(3): 235-247
- [7] Bergqvist J, Dokoozlian N, Ebisuda N. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California



- nia [J]. Am J Enol Viticult, 2001, 52(1): 1-7
- [8] Zouid I, Siret R, Jourjon F, et al. Impact of grapes heterogeneity according to sugar level on both physical and mechanical berries properties and their anthocyanins extractability at harvest [J]. J Texture Stud, 2013, 44(2): 95-103
- [9] Barbagallo M G, Guidoni S, Hunter J J. Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah [J]. South African J Enol Vitic, 2011, 32(1): 129-136
- [10] Trought M C T, Bramley R G V. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterising spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard [J]. Aust J Grape Wine Res, 2011, 17(1): 79-80
- [11] Pagay V, Cheng L. Variability in berry maturation of Concord and Cabernet franc in a cool climate [J]. Am J Enol Viticult, 2010, 61(1): 61-67
- [12] Poni S, Bernizzoni F, Civardi S, et al. Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars [J]. Aust J Grape Wine Res, 2009, 15(2): 185-193
- [13] Ristic R, Downey M O, Iland P G, et al. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties [J]. Aust J Grape Wine Res, 2007, 13(1): 53-65
- [14] Ristic R, Iland P G. Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition [J]. Aust J Grape Wine Res, 2005, 11(1): 43-58
- [15] Roby G, Matthews M. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit [J]. Aust J Grape Wine Res, 2004, 10(1): 74-82
- [16] Roby G, Harbertson J F, Adams D O, et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins [J]. Aust J Grape Wine Res, 2004, 10(2): 100-107
- [17] 马小河, 赵旗峰, 董志刚, 等. 鲜食葡萄品种资源果实数量性状变异及概率分级 [J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(6): 1185-1189
- [18] OIV. OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species [M], 2nd edition. Paris: Organisation internationale de la vigne et du vin, 2007
- [19] Sabbatini P, Howell G S. Effects of early defoliation on yield, fruit composition, and harvest season cluster rot complex of grapevines [J]. HortScience, 2010, 45(12): 1804-1808
- [20] Winter E, Whiting J, Rousseau J. Winegrape berry sensory assessment in Australia [M]. Adelaide: Winetitles Pty Ltd., 2009
- [21] Fanizza G, Lamaj F, Costantini L, et al. QTL analysis for fruit yield components in table grapes (*Vitis vinifera*) [J]. Theor Appl Genet, 2005, 111(4): 658-664
- [22] Dunn G M, Martin S R. Do temperature conditions at budburst affect flower number in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon [J]. Aust J Grape Wine Res, 2000, 6(2): 116-124
- [23] Iland P, Dry P, Proffitt T, et al. The grapevine: from the science to the practice of growing vines for wine [M]. Adelaide: Patrick Il- and Wine Promotions Pty Ltd., 2011: 26
- [24] Williams D, Arnold R. Evaluation of Cabernet Sauvignon: three vine spacings, two trellis systems; Oakville district, Napa Valley [J/OL]. Pract Winery Vineyard J, 1999: <http://www.practical-winery.com/septoct99/mondavi.htm>
- [25] Petrie P R, Clingeffer P R. Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate [J]. Aust J Grape Wine Res, 2006, 12(1): 21-29
- [26] Ebadi A, Coombe B G, May P. Fruit-set on small Chardonnay and Shiraz vines grown under varying temperature regimes between budburst and flowering [J]. Aust J Grape Wine Res, 1995, 1(1): 3-10
- [27] Ebadi A, May P, Coombe B G. Effect of short term temperature and shading on fruit-set, seed and berry development in model vines of *V. vinifera* cv. Chardonnay and Shiraz [J]. Aust J Grape Wine Res, 1996, 2(1): 1-8
- [28] Tardaguila J, de Toda F M, Poni S, et al. Impact of early leaf removal on yield and fruit and wine composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan [J]. Am J Enol Viticult, 2010, 61(3): 372-381
- [29] Poni S, Casalini L, Bernizzoni F, et al. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition [J]. Am J Enol Viticult, 2006, 57(4): 397-407
- [30] May P. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. [J]. Aust J Grape Wine Res, 2000, 6(2): 82-98
- [31] McCarthy M G. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.) [J]. Aust J Grape Wine Res, 1997, 3(3): 2-8
- [32] Hashizume K, Samuta T. Grape maturity and light exposure affect berry methoxypyrazine concentration [J]. Am J Enol Viticult, 1999, 50(2): 194-198
- [33] Downey M O, Harvey J S, Robinson S P. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes [J]. Aust J Grape Wine Res, 2004, 10(1): 55-73
- [34] Price S F, Breen P J, Valladao M, et al. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine [J]. Am J Enol Viticult, 1995, 46(2): 187-194
- [35] Matthews M A, Anderson M M. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: response to seasonal water deficits [J]. Am J Enol Viticult, 1988, 39(4): 313-320
- [36] Holt H E, Francis I L, Field J, et al. Relationships between wine phenolic composition and wine sensory properties for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) [J]. Aust J Grape Wine Res, 2008, 14(3): 162-176
- [37] Conde C, Silva P, Fontes N, et al. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality [J]. Food, 2007, 1: 1-22
- [38] Coombe B G. Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology [J]. Am J Enol Viticult, 1987, 38(2): 120-127
- [39] Kennedy J A, Matthews M A, Waterhouse A L. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids [J]. Am J Enol Viticult, 2002, 53(4): 268-274
- [40] Dokoozlian N K, Kliewer W M. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development [J]. J Am Soc Hortic Sci, 1996, 121(5): 869-874
- [41] Bravdo B, Hepner Y, Loinger C, et al. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of cv. Cabernet Sauvignon [J]. Am J Enol Viticult, 1985, 36(2): 132-139
- [42] Coombe B G. Research on development and ripening of the grape berry [J]. Am J Enol Viticult, 1992, 43(1): 101-110
- [43] Adams D O. Phenolics and ripening in grape berries [J]. Am J Enol Viticult, 2006, 57(3): 249-256
- [44] Pirie A, Mullins M G. Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening [J]. Am J Enol Viticult, 1977, 28(4): 204-209
- [45] Hardie W J, Aggenbach S J. Effects of site, season and viticultural practices on grape seed development [J]. Aust J Grape Wine Res, 1996, 2(1): 21-24
- [46] Fernandez L, Pradal M, Lopez G, et al. Berry size variability in *Vitis vinifera* L. [J]. Vitis, 2006, 45(2): 53-55
- [47] Kennedy J A, Matthews M A, Waterhouse A L. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening [J]. Phytochemistry, 2000, 55(1): 77-85
- [48] Malien-Aubert C, Dangles O, Amiot M J. Influence of procyanidins in the color stability of oenin solutions [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(11): 3299-3305