

架式对干白葡萄酒香气成分的影响

南立军¹, 李雅善¹, 刘丽媛¹, 王 华^{1,2,3}, 李 华^{1,2,3,*}

(1.西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2.陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100;
3.西北农林科技大学合阳葡萄试验示范站, 陕西 合阳 715300)

摘 要: 目的: 为需埋土防寒的酿酒葡萄确定一个适宜的架式。方法: 以白葡萄爱格丽为试材, 以传统的独龙干形架式 (independent long-stem pruning, ILSP) 为对照, 以单爬地龙架式 (single crawled cordon training, SCCT) 为研究对象, 3 个不同采收期采收的葡萄酿酒后, 固相微萃取结合气相色谱-质谱联用 (SPME-GC-MS) 测定其香气成分。结果: 爱格丽干白葡萄酒中共被检测出 30 种香气化合物, 含量为 3.9 μg ~1.531 1 mg, 共计 14.040 7 mg。ILSP 有利于酯类的积累 (除了花后 80 d 的乙醇酯)。提前采收的 SCCT 葡萄酒能够积累更多的高级醇、乙醇酯和有机酸含量。推迟采收的 ILSP 葡萄酒能够赋予葡萄酒更复杂的风味。结论: SCCT 能够促进葡萄酒香气化合物的较早积累, 从而保证葡萄酒产量和品质的稳定性, 有利于葡萄酒产业可持续发展。

关键词: 架式; 采样时间; 干白葡萄酒; 香气成分

Effect of Trellises on Aroma Compounds of Dry White Wines

NAN Li-jun¹, LI Ya-shan¹, LIU Li-yuan¹, WANG Hua^{1,2,3}, LI Hua^{1,2,3,*}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. Shaanxi Engineering Research Center for Viti Viniculture, Yangling 712100, China

3. Heyang Grape Experiment and Demonstration Stations, Northwest A&F University, Heyang 715300, China)

Abstract: Objective: The aim of this study was to establish a new pruning system for dormant grapevines. Methods: The traditional independent long-stem pruning (ILSP) was used as control to compare the effect of single crawled cordon training (SCCT) on the aroma compounds of Ecolly dry white wine. The aroma compounds of dry white wines from Ecolly grapes harvested at three time points (80, 90 and 120 d) after anthesis were extracted by solid-phase micro-extraction and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Results: A total of 30 compounds with contents ranging from 3.9 μg to 1.531 1 mg and a total amount of 14.040 7 mg were identified in these wine samples. Esters were accumulated mainly by ILSP except for ethanol esters at 80 days after anthesis. SCCT led to higher contents of higher alcohols, ethanol esters and organic acids than ILSP at 80 days after anthesis whereas ILSP wines brewed at 120 days after anthesis displayed more complex aroma characteristics. Conclusion: SCCT could improve the earlier accumulation of aroma compounds in wine and guarantee the stable yield and quality of wine, thereby favoring the sustainable development of wine industry.

Key words: trellis; sampling time; dry white wine; aroma composition

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 04-0101-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201404021

目前, 我国优质酿酒葡萄产区的葡萄架式多采用多主蔓扇形、独龙干型和“V”型或“U”型等。这些架式不利于机械化作业。修剪复杂、上下架困难, 养分分配不均衡且运输距离长, 通风透光差, 光照不均匀, 植株和果实生长不一致, 而且劳动强度大, 管理成本高, 严重制约了我国葡萄和葡萄酒产业的可持续发展。基于此, 李华等^[1]经过多年的试验, 研制出了适合我国

优质酿酒葡萄埋土防寒区的一种新型葡萄架式——爬地龙 (crawled cordon training, CCT), 包括单爬地龙和双爬地龙两种架式。大量的实践已经证明, 在相同条件下, 与传统的架式相比, CCT 有利于葡萄田间管理, 如修剪 (冬剪和夏剪)、采收、埋土、施肥等的机械化、规模化、标准化作业, 降低成本, 可缩短物质运输距离, 调节葡萄生长微环境及生殖生长与营养生长的平

收稿日期: 2013-06-16

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD31B07)

作者简介: 南立军 (1973—), 男, 博士研究生, 研究方向为葡萄与葡萄酒学。E-mail: nlj731210@126.com

*通信作者: 李华 (1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为葡萄与葡萄酒学。E-mail: lihuawine@nwsuaf.edu.cn

衡,有利于果实成熟一致性,进而影响葡萄的采收和葡萄酒的品质。香气在一定程度上能够反映葡萄酒的风格和特征,其含量大到每升数百毫克,小到每升几纳克^[2]。研究发现,香气物质的浓度与架式有关^[3]。同一个葡萄园里的同一种葡萄酒除了拥有相同的香气特征外,还应该分享着由不同架式决定的典型的香气特征^[3]。香气物质的浓度也与果实成熟度密切相关^[4]。随着糖度的增加(18~23°Brix),琼瑶浆结合态挥发萜和游离态挥发萜类化合物的含量明显增加。不同品种香气物质浓度达到最高时的含糖量也不相同,雷司令为17%,白玫瑰和阿里哥特为22%~23%,琼瑶浆为23%^[5]。因此,不同的葡萄品种采收期不同,直接影响葡萄酒的香气质量。同一葡萄品种不同架式和采收期同样影响该品种葡萄酒的香气质量。为了改善葡萄酒的质量,评估不同架式对葡萄酒香气的影响就尤为必要。气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)因其简便、快捷而成为分析葡萄酒香气的主要方法。因此,本研究以当地传统的独龙干形(independent long-stem pruning, ILSP)为对照,初步探讨单爬地龙架式(single crawled cordon training, SCCT)对葡萄酒香气的影响,旨在为爬地龙架式的科学实践提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

内标2-辛醇(色谱纯) 美国Sigma公司。

TRACE DSQ GC-MS仪器 美国Thermo-Finnigan公司;色谱柱:DB-Wax系列毛细管柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm) 美国J&W公司;固相微萃取装置、CAR/DVB/PDMS固相萃取头 美国Supelco公司。

1.2 园地立地条件、架式修剪及品种概况

本实验在西北农林科技大学合阳葡萄试验示范站(合阳酒庄)完成。合阳酒庄位于东经109°,北纬34°,海拔780 m。合阳属于半干旱大陆性季风气候,夏季炎热干燥,冬季干冷。年日照时数2 528.3 h,年降雨量500~540 mm,年平均温度11.5℃,年无霜期208 d。本试验共设2个试验区,均被安排在完全随机的地块上。每个试验区120株葡萄树。每个架式在相应试验区种植60株,共2个重复,每个重复30株。葡萄树按南北行向种植,株行距3.0 m×1.0 m。土壤为沙壤土。采用的架式包括SCCT和ILSP。

SCCT是将葡萄树修剪成沿着地表的一个龙干,龙干上平均留5个新梢。新梢与新梢的间距大约15~20 cm,每个新梢在生长期被培养成垂直形状,并且冬剪时每个新梢留2~3个饱满芽。而ILSP有一个倾斜的主干延伸到距地面50 cm的钢丝上,然后继续水平延伸,并在生长

期间,其上保留呈“V”型的5个新梢。其他与SCCT相似。田间管理按照常规管理进行。

本实验选取的葡萄品种是白葡萄品种爱格丽。爱格丽是李华教授在20年前采用欧亚种内轮回选择法,以欧亚种及其中间杂种为亲本,经多代杂交和选择而获得新品系。该品种于1998年2月通过陕西省农作物品种审定委员会审定。

1.3 葡萄及葡萄酒样品

葡萄浆果采自3年生的葡萄树。分别于花后80、90、120 d采收两种架式的葡萄。由于合阳降雨量通常集中在8—9月份。为了排除降雨对葡萄酒香气的影响,花后80 d(当年雨季来临的前1 d)第1次采收葡萄,这个时候恰恰是两种架式的可溶性固形物的增加即将趋于一致的时期(数据未列出);为了研究第一次降雨后架式对葡萄酒香气的影响,选取花后90 d第2次采收葡萄;另外,根据每2 d(数据未列出)测定的不再明显增加的可溶性固形物选定花后120 d为第3次采收,目的是研究可溶性固形物不再积累的情况下架式对葡萄酒香气的影响。

每个架式每个采收期分别做两次重复,每个重复20 kg葡萄。各样品均采用“小容器酿造葡萄酒”方法^[4]的酿酒工艺。发酵容器为20 L玻璃罐。采收后立即进行除梗破碎,压榨取汁,同时加入0.5 mL/L亚硫酸(6%),4 h后加入200 mg/L的果胶酶,常温条件下浸渍8 h,之后分离酒泥并添加葡萄酒酵母启动发酵,酒精发酵温度控制在18~20℃。酒精发酵完成后(残糖<2 g/L),葡萄酒转入2~10 L新玻璃罐中保持满罐以排除罐中的空气,按25 mL/L添加亚硫酸(6%)。不进行苹果酸-乳酸酸发酵,同时取样测定常规理化指标(表1)。其结果均符合国家葡萄酒产品标准(GB 15037—2006《葡萄酒》)。所有酒样均为合格。4~6℃避光贮藏,6个月后取样测定香气含量。

表1 3个采收期2种架式爱格丽干白葡萄酒的常规理化指标
Table 1 General physiochemical parameters of Ecolly wines from different trellises at different harvesting times

花后时间/d	架式	乙醇体积分数/%	残糖含量/(g/L)	挥发酸含量/(mg/L)	游离SO ₂ 含量/(mg/L)	总SO ₂ 含量/(mg/L)	总酸含量/(g/L)	pH
80	SCCT	10.75±0.13 ^a	1.03±0.07 ^a	0.29±0.09 ^a	16.32±0.52 ^b	29.5±0.66 ^b	6.00±0.29 ^c	3.29±0.01 ^a
	ILSP	10.55±0.21 ^a	1.22±0.04 ^a	0.34±0.03 ^a	15.32±0.35 ^a	30.32±0.19 ^a	6.51±0.46 ^c	3.22±0.01 ^a
90	SCCT	10.86±0.30 ^a	1.08±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	15.89±0.29 ^{ab}	28.96±0.57 ^b	4.29±0.29 ^a	3.54±0.02 ^c
	ILSP	11.02±0.16 ^a	1.23±0.03 ^a	0.38±0.02 ^a	15.66±0.34 ^a	28.33±0.43 ^{ab}	4.71±0.31 ^a	3.44±0.03 ^{ab}
120	SCCT	10.88±0.29 ^a	1.06±0.05 ^a	0.33±0.03 ^a	16.52±0.34 ^a	29.91±0.52 ^b	4.70±0.35 ^a	3.52±0.03 ^c
	ILSP	11.00±0.33 ^a	1.11±0.03 ^a	0.31±0.03 ^a	16.66±0.42 ^a	28.42±0.64 ^a	4.64±0.38 ^b	3.37±0.01 ^{ab}

注:同一列中不同的字母表示显著性差异(P<0.05)。A. 乙酸。下同。

1.4 方法

1.4.1 顶空固相微萃取(head space-solid phase micro-extraction, HS-SPME)条件

在装有磁力搅拌子的15 mL顶空瓶中加入10 mL葡萄酒或标准品溶液,加入2.0 g/L NaCl溶液,再将顶空瓶放

入电磁搅拌器上水浴, 40 ℃平衡10 min, 打开搅拌器开关, 插入萃取纤维, 40 ℃吸附30 min, 立即将萃取头在GC进样口解吸3 min, 用于GC-MS分析。每个酒样的萃取操作重复2次。

1.4.2 色谱条件

升温程序: 40 ℃保持3 min, 然后以5 ℃/min升至130 ℃, 再以8 ℃/min升至230 ℃, 保持10 min; 载气(He)流速: 1 mL/min; 进样量1 μL; 不分流手动进样。

1.4.3 质谱条件

电子源电子电离(electron ionization, EI), 离子源温度230 ℃; 电子能量70 eV; 连接杆温度230 ℃; 灯丝流量为0.20 mA; 检测器电压为350 V; 扫描范围33~450 u; 扫描频率1 Hz; 进样口温度250 ℃。

1.5 定性定量分析

定性分析: 采用GC-MS仪器随机所带NIST 2.0和Willey谱库检索法定性, 用与标准物质保留时间对比和与文献某类物质保留指数对比的方法确认。

定量分析: 采用内标-标准曲线法对香气成分定量。2-辛醇用作内标物质, 标准曲线采用五点法绘制。定量采用目标化合物的特征离子峰面积插值法计算, 对于没有标准化化合物的定性目标峰, 采用与目标化合物化学结构和分子量相近化合物的标准曲线计算。

2 结果与分析

2.1 爱格丽干白葡萄酒香气组成

从表2可见, 爱格丽干白葡萄酒中共定量出30种香气化合物, 含量3.9 μg~1.5311 mg, 最高总量为14.0407 mg。其中酯类16种, 高级醇类8种, 酸类6种。16种酯类中包括乙酸酯4种、乙醇酯9种和其他酯3种, 是香气成分中种类最多一类。就检测到的香气种类总数而言, 在花后80 d酿造的葡萄酒中, SCCT和ILSP酒样中均检测到26种香气成分; 而就SCCT而言, 花后90 d和120 d酿造的葡萄酒均提供了24种香气; 对ILSP而言, 花后90 d与花后120 d的两种酒样的香气种类分别为27种和28种。

表2 3个采收期两种架式爱格丽干白葡萄酒香气含量的比较
Table 2 Comparisons of aroma contents in Ecolly dry white wines at three harvesting times from two trellises

序号	香气成分	样品含量/mg					
		SCCT ₈₀ ^a	ILSP ₈₀	SCCT ₉₀	ILSP ₉₀	SCCT ₁₂₀	ILSP ₁₂₀
1	异丁醇	0.028 4 ^a	0.006 8 ^a	0.014 5 ^a	0.010 4 ^a	0.006 3 ^a	0.010 7 ^a
2	异戊醇	0.351 9 ^a	0.219 4 ^a	0.133 7 ^a	0.091 5 ^a	0.080 3 ^a	0.361 7 ^a
3	正戊醇	ND	0.009 3 ^a	0.013 2 ^a	0.011 9 ^a	0.009 6 ^a	ND
4	2,3-丁二醇	0.042 4 ^a	0.056 3 ^a	0.031 2 ^a	0.022 7 ^a	0.040 7 ^a	0.023 5 ^a
5	苯乙醇	0.241 8 ^a	0.213 6 ^a	0.234 0 ^a	0.179 0 ^a	0.207 9 ^a	0.567 3 ^b
6	4-羟基苯乙醇	0.047 4 ^a	0.037 1 ^a	0.041 9 ^a	0.021 7 ^a	0.032 2 ^a	0.020 4 ^a
7	3-甲硫基丙醇	0.046 7 ^a	0.041 9 ^a	0.133 2 ^a	0.029 5 ^a	0.069 7 ^a	0.029 7 ^a
8	正己醇	ND	0.010 7 ^a	0.029 6 ^a	0.006 2 ^a	0.006 ^a	0.012 4 ^b

续表2

序号	香气成分	样品含量/mg					
		SCCT ₈₀ ^a	ILSP ₈₀	SCCT ₉₀	ILSP ₉₀	SCCT ₁₂₀	ILSP ₁₂₀
1	辛酸	0.068 1 ^a	0.033 7 ^a	0.029 8 ^a	0.025 4 ^a	0.034 5 ^a	0.202 8 ^a
2	癸酸	0.178 7 ^a	0.068 9 ^a	0.167 3 ^a	0.091 5 ^a	0.175 7 ^a	0.300 1 ^a
3	癸烯酸	0.056 8 ^a	0.040 8 ^a	0.069 6 ^a	0.051 8 ^a	0.057 8 ^a	0.227 1 ^a
4	月桂酸	0.035 0 ^a	ND	0.036 8 ^a	0.011 9 ^a	0.031 2 ^a	0.018 6 ^a
5	肉豆蔻酸	0.011 0 ^a	0.011 4 ^a	0.021 5 ^a	0.012 5 ^a	0.006 0 ^a	0.024 1 ^a
6	棕榈酸	0.034 6 ^a	0.025 0 ^a	0.075 4 ^a	0.027 6 ^a	0.025 3 ^a	0.033 0 ^a
1	乙酸乙酯	0.297 0 ^a	0.312 8 ^a	0.302 6 ^a	0.174 7 ^a	0.175 3 ^a	0.112 2 ^a
2	乙酸异丁酯	0.015 4 ^a	0.006 2 ^a	ND	ND	ND	0.008 2 ^a
3	3-甲基-乙酸丁酯	0.351 9 ^a	0.151 9 ^a	0.034 1 ^a	0.021 5 ^a	0.020 6 ^a	0.540 5 ^a
4	乙酸苯乙酯	0.205 5 ^a	0.609 3 ^b	0.042 5 ^a	0.051 7 ^a	0.136 2 ^a	0.151 3 ^a
1	2-甲基丙酸乙酯	0.006 1 ^a	0.006 5 ^a	ND	0.005 8 ^{ab}	ND	0.014 8 ^b
2	丁酸乙酯	0.011 0 ^a	0.008 5 ^a	0.007 6 ^a	0.007 3 ^a	0.009 1 ^a	0.014 8 ^a
3	庚酸乙酯	0.008 5 ^a	ND	ND	ND	ND	0.017 3 ^b
4	辛酸乙酯	0.455 3 ^a	0.277 8 ^a	0.183 3 ^a	0.184 9 ^a	0.227 4 ^a	1.531 1 ^b
5	癸酸乙酯	0.105 5 ^a	0.155 6 ^a	0.100 3 ^a	0.102 0 ^a	0.118 7 ^a	0.761 1 ^a
6	琥珀酸二乙酯	0.033 2 ^a	0.016 9 ^a	ND	0.003 9 ^a	ND	0.008 5 ^a
7	月桂酸乙酯	0.015 3 ^{bc}	ND	0.008 4 ^{abc}	0.006 9 ^{ab}	0.016 9 ^c	0.015 7 ^{bc}
8	棕榈酸乙酯	0.011 1 ^a	0.008 2 ^a	0.010 4 ^a	0.006 9 ^a	ND	ND
9	亚油酸乙酯	0.014 5 ^a	ND	ND	0.010 0 ^a	0.006 5 ^a	0.013 7 ^a
1	水杨酸甲酯	0.011 6 ^a	0.011 1 ^a	0.036 5 ^b	0.039 8 ^b	0.009 3 ^a	0.015 1 ^a
2	苯甲酸半酯	ND	0.007 3 ^a	0.014 9 ^a	0.007 9 ^a	ND	0.014 3 ^a
3	棕榈酸异丁酯	ND	0.019 5 ^a	ND	ND	0.005 2 ^a	ND

注: *. 80、90 和 120 分别代表采样时间: 花后 80、90、120 d。下同。
ND. 未检出。

2.2 高级醇

表3 3个采收期两种架式爱格丽干白葡萄酒各类香气含量的比较
Table 3 Comparisons of the total amounts of various groups of aroma compounds in Ecolly dry white wines at three harvesting times from two trellises

香气成分	SCCT ₈₀		ILSP ₈₀		SCCT ₉₀		ILSP ₉₀		SCCT ₁₂₀		ILSP ₁₂₀	
	含量/mg	比例/%	含量/mg	比例/%	含量/mg	比例/%	含量/mg	比例/%	含量/mg	比例/%	含量/mg	比例/%
高级醇	0.758 5	28.25	0.595 1	25.10	0.631 3	43.00	0.373	36.00	0.452 8	34.00	1.025 8	19.90
有机酸	0.384 1	14.31	0.179 7	7.60	0.400 4	27.20	0.220 8	21.30	0.330 6	24.80	0.905 8	17.60
乙酸酯	0.869 9	32.40	1.080 1	45.60	0.076 6	5.20	0.073 3	7.00	0.156 8	11.80	0.812 1	15.80
乙醇酯	0.660 5	24.60	0.473 5	20.00	0.31	21.10	0.321 9	31.10	0.378 6	28.40	2.377	46.20
其他酯	0.011 6	0.43	0.037 9	1.60	0.051 4	3.50	0.047 7	04.60	0.014 5	1.10	0.029 4	0.60
汇总	2.684 6	100.00	2.366 3	100.00	1.469 7	100.00	1.036 7	100.00	1.333 3	100.00	5.150 1	100.00

就SCCT而言, 3个采收期的爱格丽干白葡萄酒的高级醇含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的28.25%、43.00%和34.00%; 而ILSP的3个采收期的干白葡萄酒的高级醇含量分别占白葡萄酒香气成分总量的25.10%、36.00%和19.90%(表3)。除了花后80 d的SCCT葡萄酒和花后120 d的ILSP葡萄酒中没有发现正戊醇, 及花后80 d的SCCT葡萄酒中没有发现正己醇外, 其他的架式和采收时间酿造的葡萄酒中均检测到了所有常见的高级醇, 表明架式对高级醇种类无明显差异影响。

葡萄酒香气化合物的浓度源于由架式改善的作为香气前体的浆果化合物及其含量^[6], 这在加工或存储过程中被释放, 从而提高葡萄酒香气的复杂性^[7]。按照Bayonove

等^[8], 醇类、脂肪酸和酯类都是发酵的产物。这些醇与相应的酯类一起积极贡献了葡萄酒的果香特征^[9]。最近的研究已经证实, 一些高级醇, 如丁醇、异丁醇、戊醇、异戊醇、己醇、苯甲醇、苯乙醇和己烯醇对葡萄酒香气都有贡献^[10]。而李华等^[11]研究发现, 2-甲基-1-丙醇、2-甲基-1-丁醇、1-己醇、异戊醇、3-甲硫基-1-丙醇赋予了葡萄酒特定的风味特征; 苯乙醇、4-羟基苯乙醇是酵母代谢产物, 而苯乙醇在葡萄酒中含量很高, 赋予葡萄酒浓郁独特的玫瑰香味特征。恰巧, 在葡萄酒中还发现了异丁醇、异戊醇和苯乙醇这3种重要的高级醇。它们各自的含量在各个样品酒中的分配是一致的, 架式调节着它们在爱格丽干白葡萄酒中的分配, SCCT更有利于高级醇的形成(表2)。

2.3 有机酸

在SCCT下, 3个采收期的爱格丽干白葡萄酒的有机酸含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的14.31%、27.20%和24.80%; 在ILSP下, 3个采收期的爱格丽干白葡萄酒的有机酸含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的7.60%、21.30%和17.60%(表3)。除了在花后80 d ILSP下酿造的葡萄酒中没有发现月桂酸外, 其他的架式和采收时间均检测到了有机酸。

有研究认为, 葡萄酒中有机酸的积累取决于葡萄果实的成分和发酵条件^[12], 葡萄酒中的丁酸、己酸、辛酸和癸酸来源于有机酸代谢的偶碳化合物^[13]。通常表现为不愉快的气味, 由于他们能够抑制对应芳香酯的水解, 所以少量的这些酸对葡萄酒的香气平衡起着重要作用^[14]。此外, 也有人在葡萄酒中发现了异丁酸、异戊酸、癸烯酸和月桂酸。本实验酒样中检测出了6种偶数碳原子有机酸, 辛酸、癸酸、癸烯酸、月桂酸、肉豆蔻酸和棕榈酸。低浓度辛酸和癸酸具有奶酪和奶油的风味, 而在高浓度时呈现腐败和刺激味。Shinohara^[15]研究发现4~10 mg/L的C₆~C₁₀有机酸能够给葡萄酒带来适度的和愉悦的香气, 而高于20 mg/L就会产生不良气味。本研究中, 10 mL酒样中的C₆~C₁₀有机酸含量范围为0.202 8 mg(辛酸)~0.178 7 mg(癸酸), 即有机酸的质量浓度范围为11.168 7~12.675 0 mg/L, 远远低于20 mg/L, 所以对葡萄酒不会产生负面作用。其中前2次酿造的葡萄酒中, SCCT的C₆~C₁₀有机酸含量高于ILSP, 最后一次酿造的SCCT葡萄酒中的C₆~C₁₀有机酸含量低于ILSP。

葡萄果实和葡萄酒的成分受到修剪架式的影响^[16]。因此, 有机酸浓度的积累强烈的受到架式的影响。较早的采收配合配套的架式能够控制辛酸的浓度。试验中, SCCT的作用是突出的。从表2可以看出, SCCT酒样中的癸酸浓度在整个实验期间是稳定的, 而ILSP酒样中的癸酸浓度随着采收推迟而上升。由于C₈~C₁₄有机酸具有抗菌功能^[17], 所以当提前采收时, SCCT葡萄酒中癸烯酸的

含量高于ILSP。而SCCT葡萄酒中月桂酸的含量在整个试验中均高于ILSP。棕榈酸作为弱极性化合物, 尽管含量很少, 对于干白葡萄酒的味感平衡具有调节作用^[18]。但是进一步的研究较少。

2.4 酯类

酯类在香气成分中共检测到16种, 占的比例最大。在SCCT下, 3个采收期的酒样中的乙酸酯和乙醇酯含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的57.01%、26.31%和40.16%; 而在ILSP酒样中分别为65.66%、38.12%和61.92%(表3)。其中, 第1次采收的两种架式的乙酸酯均多于乙醇酯, 但是SCCT酒样中的乙酸酯含量和比例比ILSP的少, 而乙醇酯多于ILSP。还发现, 后两批酒样中的乙酸酯含量和比例均少于乙醇酯。同时, 在第2次酿造的葡萄酒中, 两种架式酒样的乙酸酯的含量和比例相当, 而乙醇酯的含量差异不大, 比例相差却在10.19%。在第3次酿造的酒样中, ILSP酒样中的乙酸酯和乙醇酯含量和比例均比SCCT酒样中的大(表3)。

就乙醇酯而言, 花后80 d的SCCT酒样中发现了9种, ILSP酒样中只发现了6种。花后90 d和花后120 d SCCT酒样中均发现了5种, 而在ILSP酒样中也均发现了8种。所有酒样中均检测到了丁酸乙酯、辛酸乙酯和癸酸乙酯。其次是月桂酸乙酯, 在5个样品中被检测到。2-甲基丙酸乙酯、琥珀酸二乙酯、棕榈酸乙酯和亚油酸乙酯在4个样品中被检测到。庚酸乙酯最少, 只在两个样品中被检测到。对于乙酸酯, 除了乙酸异丁酯只在3个样品中被检测到外, 其他3个乙酸酯在各个酒样中均有数据显示。

尽管第3类酯——其他酯类很少, 它们的作用不能被忽略。3个采收期的SCCT酒样中此类酯含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的0.43%、3.50%和1.10%; 而此类酯在3个采收期的ILSP酒样中含量分别占爱格丽干白葡萄酒香气成分总量的1.60%、4.60%和0.60%(表3)。ILSP更有利于此类酯的积累。两种架式均有利于水杨酸甲酯的积累, 其次是苯甲酸苄酯和棕榈酸异丁酯。

酯类大部分在葡萄酒发酵和陈酿过程中产生。乙醇和脂肪酸能够合成乙醇酯(ethanol esters), 而乙酸和高级醇能够酯化成乙酸酯(acetate esters)^[19]。它们使葡萄酒的香气更复杂浓厚, 降低葡萄酒的品种香气特性, 使各种气味趋于平衡、融合、协调。如丁酸乙酯、棕榈酸乙酯和辛酸乙酯具有典型的果香味, 乙酸苯乙酯具有愉悦的花香^[20]。就这一点来说, ILSP更有利于葡萄酒的香气向更浓厚的方向转化, 使葡萄酒的各种气味趋于平衡、融合、协调(表2和3)。理论上, 葡萄酒中每合成一个酯类都需要一个有机酸和一个醇的参与。所以, 在花后80 d的ILSP葡萄酒中没有发现月桂酸乙酯, 是因为本样品中没有月桂酸产生(表2)。丁酸乙酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、乙酸异戊酯和2-乙酸苯乙酯

是年轻葡萄酒的典型特征香气^[21]。在本研究中,乙酸异丁酯和琥珀酸二乙酯在每个酒样中分布不明显且含量不高,但是也为葡萄酒的香气特征做出了贡献^[13]。

采收越早,乙酸酯积累的越多,并且两种架式之间的乙酸酯含量差异越大。随着采收的推迟,两者的差异不断缩小(32.40%和45.60%、5.20%和7.00%、11.80%和15.80%)。乙酸酯的产量受到乙酸含量的显著影响^[22]。果实在阳光下的暴露会降低葡萄酒中的乙酸和酒精浓度^[23]。由于SCCT的果实始终暴露在阳光下,所以,其乙酸的积累量始终低于ILSP的积累量,生成的乙酸酯也少。因此,架式调节着乙酸酯在葡萄酒中的积累。由表1、3可以看出,在花后90 d之前,SCCT和ILSP酒样中乙酸酯的合成分别与相应的总酸浓度成正比。随着采收的延迟,总酸的浓度开始下降,乙酸酯的合成量也下降;乙酸酯的合成降低了乙酸在总酸中的浓度,进而降低了总酸浓度。实验中SCCT葡萄酒中的总酸含量低于ILSP葡萄酒中的总酸含量,所以合成的乙酸酯含量也呈相应的变化趋势。因此,在花后90 d之前,架式和采收时间通过调节总酸在葡萄和葡萄酒中的积累,影响乙酸酯的合成。花后90 d之后,SCCT酒样中乙酸酯的合成仍与相应的总酸浓度成正比,而ILSP酒样中乙酸酯的合成与相应的总酸浓度出现了相反的趋势。这可能与架式导致的不同的微环境变化引起的葡萄与葡萄酒中乙酸酯和总酸浓度的变化有关,具体的机理需要进一步的研究。

与乙酸酯相似,乙醇酯的合成也受到架式和采收时间的影响。乙醇酯的合成与底物乙醇的体积分数成正比(表1和3)。乙醇促成了乙醇酯的合成。两种架式的乙醇酯的合成均与采收时间有关。SCCT酒样中的乙醇酯含量随着采收的延迟呈先下降后上升,但总体呈下降趋势;ILSP酒样中的乙醇酯含量也是先下降后上升,总体呈上升趋势。采收越早,SCCT酒样能获得更高的乙醇酯含量,晚采,ILSP酒样可以获得较高的乙醇酯。由于采收早,SCCT的葡萄叶片接受的光照充足,葡萄的潜在酒度积累快,获得的葡萄酒酒度较高,所以合成的乙醇酯含量高。推迟采收,ILSP的葡萄叶片获得的光照因光线的倾斜开始增强,所以,推迟采收可以提高ILSP葡萄的潜在酒度和葡萄酒的酒度,合成的乙醇酯含量也得到提高。因此,要获得较高的乙酸酯,必须将架式和适宜采收时间合理搭配。

总之,架式影响着葡萄生长的微环境,进而决定了香气种类的差异^[24]。与ILSP相比,花后90 d SCCT叶幕有利于充分利用光照,能够更好地提供葡萄与葡萄酒中香气物质或者其前体积累的微环境。而结果部位越接近地面,果实受微环境的影响越明显^[25]。SCCT结果部位低于ILSP,所以微环境对SCCT果实的影响比ILSP明显,导致

了当天SCCT葡萄酒中香气的含量高于ILSP葡萄酒中香气的含量(表3),但是SCCT葡萄酒香气种类少于ILSP。花后120 d酿造的葡萄酒的香气种类数及其相似,再一次表明,架式明显影响着葡萄酒香气物质及其前体种类的积累。但是SCCT葡萄酒香气总量远远低于ILSP葡萄酒香气总量(表3)。在采收期推迟的前提下,结果部位越低,果实越容易受到微环境的影响。随着结果部位的提高,果实受微环境的影响越小^[24]。所以,对于同一个品种而言,葡萄酒香气种类和含量除了受到采收时间的影响外,还受到架式的影响,架式决定了结果部位的高度,它们影响了葡萄生长的微环境^[25]。

3 结 论

架式与采收时间结合,可丰富葡萄酒的香气物质,改善葡萄酒的香气特征。提前采收(花后80 d)时,SCCT能够积累更多的高级醇、有机酸和乙醇酯含量;推迟采收(花后120 d)时,ILSP能够提供更好的高级醇、有机酸、乙酸酯、乙醇酯和其他酯。

参考文献:

- [1] 李华,王华,房玉林.一种爬地龙式葡萄种植方法:中国,201010013581[P].2010-06-30.
- [2] ESCUDERO A, GOGORZA B, MELUS M A, et al. Characterization of the aroma of a wine from Maccabeo. Key role played by compounds with low odor activity values[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(11): 3516-3524.
- [3] REYNOLDS A G, HEUVEL J E V. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2009, 60(3): 251-268.
- [4] RYAN J M, REVILLA E. Anthocyanin composition of Cabernet Sauvignon and Tempranillo grapes at different stages of ripening[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(11): 3372-3378.
- [5] 李华.小容器酿造葡萄酒[J].酿酒科技,2002(4):70-71.
- [6] FRAGASSO M, ANTONACCI D, PATI S, et al. Influence of training system on volatile and sensory profiles of primitivo grapes and wines[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2012, 63(4): 477-486.
- [7] WINTERHALTER P, SEFTON M A, WILLIAMS P J. Volatile C₁₃-norisoprenoid compounds in Riesling wine are generated from multiple precursors[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1990, 41(4): 277-283.
- [8] BAYONOVE C L, BAUMES R L, CROUZET J, et al. Aromas[M]. Paris: Lavoisier Tec & Doc, 1998: 163-235.
- [9] SWIEGERS J H, BARTOWSKY E J, HENSCHKE P A, et al. Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2005, 11(2): 139-173.
- [10] VILANOVA M, MARTINEZ C. First study of determination of aromatic compounds of red wine from *Vitis vinifera* cv. Castañal grown in Galicia (NW Spain)[J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(4): 431-436.
- [11] 李华,李佳,王华,等.昌黎原产地域赤霞珠干红葡萄酒香气成分研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(6):94-98.

- [12] SCHREIER P, JENNINGS W G. Flavor composition of wines: a review[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1979, 12(1): 59-111.
- [13] ETAIO I, ALBISU M, OJEDA M, et al. Sensory quality control for food certification: a case study on wine. method development[J]. Food Control, 2010, 21(4): 533-541.
- [14] VIANA F, GIL J V, GENOVES S, et al. Rational selection of non-*Saccharomyces* wine yeasts for mixed starters based on ester formation and enological traits[J]. Food Microbiology, 2008, 25(6): 778-785.
- [15] SHINOHARA T. Gas chromatographic analysis of volatile fatty acids in wines[J]. Agricultural Biology and Chemistry, 1985, 49(7): 2211-2212.
- [16] MAIN G L, MORRIS J R. Impact of pruning methods on yield components and juice and wine composition of Cynthiana grapes[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2008, 59(2): 179-187.
- [17] BARDI L, CRIVELLI C, MARZONA M. Esterase activity and release of ethyl esters of medium-chain fatty acids by *Saccharomyces cerevisiae* during anaerobic growth[J]. Canadian Journal of Microbiology, 1998, 44(12): 1171-1176.
- [18] LIBERATORE M T, PATI S, NOBILE M A D, et al. Aroma quality improvement of Chardonnay white wine by fermentation and ageing in barrique on lees[J]. Food Research International, 2010, 43(4): 996-1002.
- [19] SAERENS S, DELVAUX F, VERSTREPEN K J, et al. Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2008, 74(2): 454-461.
- [20] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 32-33.
- [21] OLIVEIRA J M, OLIVEIRA P, BAUMES R L, et al. Changes in aromatic characteristics of *Loureiro* and *Alvarinho* wines during maturation[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2008, 21(8): 695-707.
- [22] ANTONELLI A, CASTELLARI L, ZAMBONELLI C, et al. Yeast influence on volatile composition of wines[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(3): 1139-1144.
- [23] ZOECKLEIN B W, WOLF T K, DUNCAN N W, et al. Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1992, 43(2): 139-148.
- [24] SPAYD S E, TARARA J M, MEE D L, et al. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2002, 53(3): 171-182.
- [25] 满丽婷, 赵文东, 郭修武, 等. 不同架式晚红葡萄浆果膨大期光合特性研究[J]. 河南农业科学, 2009(3): 82-85.