

避雨栽培对酿酒葡萄果实品质和香气物质的影响

迟明¹, 刘美迎¹, 宁鹏飞², 张振文^{1,3,*}

(1.西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2.山西尧京酒业有限公司, 山西 临汾 041500;

3.陕西省葡萄与葡萄酒工程中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以欧亚种酿酒葡萄“赤霞珠”为试材, 研究避雨栽培对葡萄果实基本品质和香气物质的影响。结果表明, 与常规栽培模式相比, 避雨栽培可以增加葡萄果实还原糖、总酚和单宁的含量, 但降低了果实总花色素含量。常规栽培和避雨栽培的葡萄果实中分别检测出26种和31种香气物质, 包括高级醇、酯类、脂肪酸、萜烯和降异戊二烯类等。与常规栽培相比, 避雨栽培的葡萄果实香气物质总量提高了59.22%, 提高的香气物质种类包括高级醇、酯类、醛类、酸类及挥发性酚类物质, 其中, 乙酸乙酯、2-己烯醛、己醇、(E)-2-己烯-1-醇含量显著升高, 而己酸乙酯、乙酸己酯、壬醛、1-辛烯-3-醇、辛酸、癸酸是避雨栽培果实中检测到的独有特征香气成分。因此, 避雨栽培种植模式有助于葡萄果实品质的提高和香气物质的合成。

关键词: 避雨栽培; 酿酒葡萄; 果实品质; 香气物质

Effect of Rain-Shelter Cultivation on Fruit Quality and Aroma Components in Wine Grape (*Vitis vinifera* L.)

CHI Ming¹, LIU Meiyang¹, NING Pengfei², ZHANG Zhenwen^{1,3,*}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 2. Yaojing Winery Co. Ltd., Linfen 041500, China;

3. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling 712100, China)

Abstract: The physical and chemical quality of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*) grape berries was investigated, and the aroma components of Cabernet Sauvignon berries from grapevines cultivated under rain-shelter and conventional conditions were qualitatively and quantitatively analyzed. The results showed that the rain-shelter cultivation could increase the contents of reducing sugar, total phenolics and tannins in grape berries, but reduce total anthocyanins content when compared with the conventional cultivation. Thirty-one and 26 aroma compounds, including high alcohols, esters, fatty acids, terpenes and norisoprenoids, were detected in rain-shelter and conventionally cultivated grapes, respectively. The total content of aroma components including high alcohols, esters, aldehydes, acids and volatile phenols in rain-shelter cultivated grapes was higher than that in the conventionally cultivated ones, with a significant increase observed in the contents of 2-hexenal, hexanol and (E)-2-hexen-1-ol. Ethyl hexoate, hexyl acetate, nonanal, 1-octen-3-ol, octanoic acid and n-decanoic acid were the unique characteristic aroma constituents detected in rain-shelter cultivated grapes. These results suggested that the mode of rain-shelter cultivation promotes in the biosynthesis of aroma compounds in grapes.

Key words: rain-shelter cultivation; wine grape; fruit quality; aroma components

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607006

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 07-0027-06

引文格式:

迟明, 刘美迎, 宁鹏飞, 等. 避雨栽培对酿酒葡萄果实品质和香气物质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 27-32.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607006. <http://www.spkx.net.cn>

CHI Ming, LIU Meiyang, NING Pengfei, et al. Effect of rain-shelter cultivation on fruit quality and aroma components in wine grape (*Vitis vinifera* L.)[J]. Food Science, 2016, 37(7): 27-32. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607006. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-07-05

基金项目: 国家现代农业(葡萄)产业技术体系建设专项(CARS-30-zp-9)

作者简介: 迟明(1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事酿酒葡萄栽培研究。E-mail: chiming101@163.com

*通信作者: 张振文(1960—), 男, 教授, 博士, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: zhangzhw60@nwsuaf.cn.com

避雨栽培属于果树设施栽培,是一种在树冠顶部设置薄膜等设施,以达到避雨的方法,主要应用于多雨地区葡萄、樱桃、李等果树生产中^[1-3]。葡萄避雨栽培目前主要应用于南方地区鲜食葡萄^[4],有效克服了降雨量过多引发的众多问题,可明显减轻葡萄病害、提高果实品质、扩大栽培范围,取得良好的经济效益^[5]。

近些年,国外关于葡萄转色期后应用避雨措施的报道日益增加,众多研究结果表明,葡萄园的微气候受避雨栽培模式的影响较大。首先,由于覆盖材料和材质的不同,避雨栽培会影响植物所接收的光照条件^[6],此外塑料膜表面的灰尘、水滴和叶片表面的灰尘也会影响光照强度^[7]。避雨栽培可以减弱风速^[8],进而改变葡萄园内的空气湿度^[9],并降低果穗周围的气温^[7]。酿酒葡萄的品质由许多因素决定,包括糖、单宁、酸、酚类、香气成分的含量及组成等^[10],其中香气成分的组成和含量决定了酿酒葡萄的香气和感官品质以及葡萄酒的风味和典型性^[11]。酿酒葡萄中的香气成分由醇类、酯类、萜烯类、降异戊二烯类、醛类、烯类等化合物以及有机酸类化合物等组成^[12],这些香气物质在葡萄果实成熟中的变化极其复杂,不仅受品种的影响,还与果实的生长环境,包括气候、土壤和栽培技术有着密切的关系^[13]。此外,葡萄果实成熟度的不同,也会造成所形成的芳香成分有所差异^[14]。酿酒葡萄原料的控制对葡萄酒的质量有较大的影响,但实践中往往只对葡萄进行简单的理化分析,如含糖量、总酸、pH值来评价葡萄的品质,往往忽略香气物质对葡萄风味物质的影响。基于国内外关于避雨栽培对葡萄果实香气物质组分影响的报道并不多见,本实验主要目的就是通过研究避雨栽培对酿酒葡萄果实基本理化指标和香气物质组分的影响,来考察避雨栽培在酿酒葡萄上应用的可行性,从而为提高多雨地区酿酒葡萄果实品质提供理论与实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选用品种为2009年定植的欧亚种(*Vitis. vinifera* L.)酿酒葡萄赤霞珠(Cabernet Sauvignon)。本实验在陕西省泾阳县瓦窑沟村(北纬34°65',东经108°75')葡萄园进行,该园为丘陵半丘陵地形,属暖温带大陆性季风气候,年平均气温13℃,年均降水量548.7 mm,年平均日照时数2 195.2 h,无霜期年均213 d。实验于2012年进行,共设2组处理:常规栽培和避雨栽培。常规栽培赤霞珠葡萄于2012年9月5日采收,而避雨栽培处理采收则于2012年9月13日进行。处理植株均为单干双层双臂整形,其中避雨栽培采用简易避雨方式。即沿葡萄种植方向搭设避雨棚,膜材料为0.05 mm无色无滴聚乙烯膜,8月初

覆膜,采收后除去。每处理组设3组重复,每组10株,采用随机区组排列,其他田间管理相同。

硫酸铜、酒石酸钾钠 广东西陇化工有限公司;亚硝酸钠、氯化铝、氢氧化钠、福林-肖卡试剂、碳酸钠、甲基纤维素、氯化钾、醋酸钠、甲醇 天津市博迪化工有限公司;(+) -儿茶素、干没食子酸 美国Sigma公司;硫酸铵、甲基纤维素、浓盐酸 天津市天力化学试剂有限公司,以上试剂均为分析纯。4-甲基-2-戊醇(色谱纯,下同)、己醇、香茅醇、乙酸乙酯、 β -大马酮、香叶基丙酮 美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 仪器与设备

Agilent 6890气相色谱仪 美国安捷伦公司;5804R低温冷冻离心机 德国Eppendorf公司;UV-1800型分光光度计 日本岛津公司;FD-1C-50台式冻干机 北京博医康实验仪器有限公司;KQ-300DE数控超声波清洗器 昆山舒美超声仪器有限公司;HJ-5型数显恒温磁力多功能搅拌器 常州万合仪器制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 葡萄果皮酚类物质和果实中香气物质的提取方法

果皮酚类物质提取方法: -40℃条件下冷冻葡萄150粒,立即剥取葡萄皮,液氮冷冻粉碎成粉末装于培养皿中,在冻干机中冻干24 h,取出装于自封袋中,存放于-80℃冰箱待测。提取时称取1 g干粉于50 mL离心管中(离心管要用黑胶带或锡箔纸包裹),加入20 mL盐酸-甲醇溶液(60%甲醇-0.1%盐酸)(1:20, *m/V*),于水温30℃,40 W条件下超声提取30 min,再于4℃,10 000 r/min条件下离心10 min,收集上清液于丝口瓶中。然后在沉淀物中加入20 mL盐酸-甲醇重复以上提取步骤2次,合并3次所有上清液摇匀保存于-80℃冰箱中备用,以上操作均要避光操作。

果实香气物质提取方法: 参照张明霞^[15]的方法,采用顶空固相微萃取方法提取葡萄果实中的香气物质。具体如下: 50 g葡萄果实液氮冷冻破碎后去籽,加入1 g交联聚乙烯吡咯烷酮(crosslinking polyvinylpyrrolidone, PVPP)(去多酚并防止样品氧化)后打碎,放入离心管,静置2 h后8 000 r/min离心10 min,取上清液5 mL于15 mL样品瓶中,再加入1.00 g NaCl、10 μ L内标(1.038 g/L 4-甲基-2-戊醇)和磁力转子,迅速用带有聚四氟乙烯隔垫的样品瓶盖拧紧后置于磁力搅拌加热台上,40℃条件下搅拌加热30 min,样品瓶中的气液香气物质达到平衡,将已活化或热解析过的PDMS/CAR/DVB萃取探头插入样品瓶的顶空部分,萃取探头距离液面1 cm。在40℃搅拌加热条件下,吸附30 min,使样品瓶中的香气物质达到气固和气液平衡,之后将萃取探头插入气相色谱的进样口,进样口温度为250℃,热解析25 min。每个样品重复提取测定两次。

1.3.2 相关指标测定方法

还原糖含量测定：采用斐林试剂热滴定法^[16]测定，结果以葡萄糖计。

总酸含量测定：采用酸碱中和滴定法^[17]测定，结果以酒石酸计。

酚类物质含量测定：总酚含量采用Folin-酚法测定^[18]，以没食子酸（mg/g，果皮干粉）表示；单宁含量采用甲基纤维素法测定^[19]，以儿茶素（mg/g，果皮干粉）表示；花色苷含量采用pH值示差法测定^[20]，以二甲花翠素-3-葡萄糖苷（mg/g，果皮干粉）表示。

香气成分测定：采用气相色谱与质谱联用（gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS）测定。参照张明霞^[15]的方法对样品中的香气物质进行测定。具体如下：使用的毛细管柱为HP-INNOWAX毛细管色谱柱（60 m×0.25 mm，0.25 μm）。载气为高纯氦气，流速为1 mL/min；固相微萃取手动进样，采用不分流模式，插入气相色谱的进样口，进样口温度为250℃，热解析25 min。柱温箱的升温程序为：40℃保持5 min，然后以3℃/min的速率升温至200℃，200℃保持2 min。质谱接口温度为280℃，离子源温度为230℃，电离方式EI，离子能量70 eV，质量扫描范围为 m/z 20~350 u。香气物质的定性和定量分析：使用ChemStation分析软件，参照张明霞^[15]的方法对样品中的香气物质进行定性及定量分析。在利用质谱全离子扫描图谱的基础上，依据已有标样的色谱保留时间和质谱信息，与NIST05标准谱库进行比对，对葡萄中的香气物质进行定性分析。利用已有的标样制备葡萄果实中所含有的香气物质的标准曲线，以测定前加入的4-甲基-2-戊醇为内标物，利用标准曲线对葡萄果实中的该香气物质进行定量分析；没有标样的香气物质根据化学结构相似、碳原子数相近的原则进行定量。香气物质的单位以μg/L计。

1.4 数据处理

使用SPSS 16.0分析软件，采用Duncan's新复极差法对数据进行显著性检验。每个处理测定3个重复，结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 避雨栽培对葡萄果实基本品质的影响

表1 避雨栽培对赤霞珠葡萄果实基本品质的影响
Table 1 Effect of rain-shelter cultivation on chemical composition of Cabernet Sauvignon berries

栽培方式	还原糖含量/ (g/L)	总酸含量/ (g/L)	糖酸比/ (g/L)	总酚含量/ (mg/g)	单宁含量/ (mg/g)	总花色苷含量/ (mg/g)
常规栽培	199.21±5.57 ^b	5.79±0.72 ^a	35.28±0.32 ^b	32.87±6.31 ^a	31.30±1.96 ^b	12.90±2.22 ^a
避雨栽培	208.74±2.95 ^a	5.57±0.43 ^a	38.08±0.54 ^a	39.49±3.24 ^a	42.15±4.03 ^a	8.74±0.71 ^b

注：同列小写字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

由表1可知，避雨栽培的赤霞珠果实还原糖含量高过常规栽培果实4.78%，且差异显著（ $P < 0.05$ ）。常规栽培赤霞珠果实总酸含量高于避雨栽培果实，但二者差异未达显著水平。避雨栽培葡萄果实糖酸比高出常规栽培果实7.94%，差异显著（ $P < 0.05$ ）。另外，避雨栽培提高了果实的总酚和单宁含量，但降低了总花色苷量，且2个处理在单宁和总花色苷含量之间存在显著性差异（ $P < 0.05$ ）。

2.2 避雨栽培对赤霞珠果实香气成分的影响

对常规和避雨栽培赤霞珠葡萄果实香气成分进行GC-MS分析，结果如表2所示，常规栽培果实中香气成分为26种，避雨栽培果实中香气成分为31种，主要分为酯类、醇类、醛类、酸类、萜烯类、降异戊二烯类、酮类和其他类。在常规栽培和避雨栽培的果实中香气物质总量分别为3 026.67、4 819.15 μg/L。避雨栽培可以提高赤霞珠葡萄果实香气物质的种类和总量。

表2 避雨栽培对葡萄果实香气物质的影响
Table 2 Effect of rain-shelter cultivation on the contents of aroma compounds in grape berries

挥发性香气化合物	保留时间/min	香气描述	含量/($\mu\text{g/L}$)	
			常规栽培	避雨栽培
酯类				
乙酸乙酯	6.39	甜美、水果味	313.64 $\pm$ 31.26 ^b	585.90 $\pm$ 45.87 ^a
己酸乙酯	15.96	果香、茴香味	—	2.66 $\pm$ 0.31
乙酸己酯	18.00	苹果、草莓、梨、花香	—	5.87 $\pm$ 0.46
辛酸乙酯	24.50	甜香、花香、果香、香蕉、梨味	微量	5.20 $\pm$ 0.29
种类			2	4
酯类总量			313.64 $\pm$ 31.26 ^b	599.63 $\pm$ 46.67 ^a
醛类				
正己醛	10.67	苹果、青草、油脂味	672.60 $\pm$ 45.38 ^b	969.90 $\pm$ 77.51 ^a
2-己烯醛	15.71	青草、果香味	1 278.50 $\pm$ 102.37 ^b	2 132.22 $\pm$ 159.94 ^a
辛醛	18.00	花香、果香、油脂味	4.86 $\pm$ 0.24 ^a	4.70 $\pm$ 0.31 ^a
壬醛	22.74	青草香、微辣味	—	15.86 $\pm$ 0.96
正癸醛	27.11	烘烤、扁桃味	21.50 $\pm$ 1.93 ^a	21.03 $\pm$ 1.52 ^a
种类			4	5
醛类总量			1 977.46 $\pm$ 142.31 ^b	3 143.71 $\pm$ 231.38 ^a
醇类				
(E)-3-己烯-1-醇	21.50	青草香、花香	微量	—
(Z)-3-己烯-1-醇	22.41	香草、青草、苦味、油脂味	32.88 $\pm$ 3.06 ^a	40.48 $\pm$ 4.75 ^a
己醇	21.06	青草香	102.10 $\pm$ 8.39 ^b	148.20 $\pm$ 12.64 ^a
(Z)-2-己烯-1-醇	23.69	青草、香草香	4.00 $\pm$ 0.52 ^b	10.42 $\pm$ 0.93 ^a
(E)-2-己烯-1-醇	23.37	青草、香草香	252.91 $\pm$ 21.34 ^b	386.60 $\pm$ 33.62 ^a
2-乙基己醇	26.70	果香味	0.74 $\pm$ 0.03 ^a	0.77 $\pm$ 0.05 ^a
1-辛烯-3-醇	25.00	蘑菇味	—	0.80
正辛醇	29.43	浓郁的柑橘、玫瑰味	4.36 $\pm$ 0.39 ^a	4.28 $\pm$ 0.31 ^a
2-庚醇	19.54	果香味、霉味	1.82 $\pm$ 0.11 ^a	1.91 $\pm$ 0.16 ^a
苯甲醇		花香	39.77 $\pm$ 0.33 ^a	41.89 $\pm$ 0.39 ^a
苯乙醇	42.96	花香、玫瑰香	99.74 $\pm$ 8.39 ^a	101.38 $\pm$ 7.93 ^a
种类			10	10
醇类总量			538.32 $\pm$ 49.68 ^b	736.73 $\pm$ 65.24 ^a
酸类				
己酸	40.63	奶酪、腐败、脂肪味	101.92 $\pm$ 12.39 ^a	68.38 $\pm$ 7.34 ^b

续表2

挥发性香气化合物	保留时间/min	香气描述	含量/($\mu\text{g/L}$)	
			常规栽培	避雨栽培
辛酸	47.80	腐败、奶酪、脂肪酸味	—	91.20
癸酸	54.35	油脂味	—	60.86
乙酸		酸味、油脂味	仅能定性	2.00
种类			2	4
酸类总量			101.92 ± 9.38^b	222.44 ± 19.67^a
萜烯类及降异戊二烯类				
β -紫罗兰酮		果香味	2.08 ± 0.19^a	2.10 ± 0.16^a
香叶醇	40.45	花香、麝香味	46.84 ± 4.13^a	47.25 ± 3.93^a
大马酮	39.20	甜美的花香味	2.19 ± 0.19^a	2.33 ± 0.21^a
香叶基丙酮	40.70	花香	2.64 ± 0.19^a	2.63 ± 0.20^a
种类			4	4
萜烯类及降异戊二烯类总量			53.75 ± 4.08^a	54.31 ± 4.31^a
挥发性酚类				
苯酚	46.30		8.00 ± 0.73^b	9.03 ± 0.80^a
苯甲醛	28.52	果香, 草莓味	16.89 ± 1.36^a	16.79 ± 1.12^a
苯乙醛		甜美、水果味	16.69 ± 1.06^b	19.34 ± 1.37^a
水杨酸甲酯	38.52		微量	17.17 ± 1.69
种类			4	4
挥发性酚类总量			41.58 ± 1.73^b	62.33 ± 3.80^a
总量			$3\,026.67 \pm 251.37^b$	$4\,819.15 \pm 334.59^a$

注：—，未检测出。

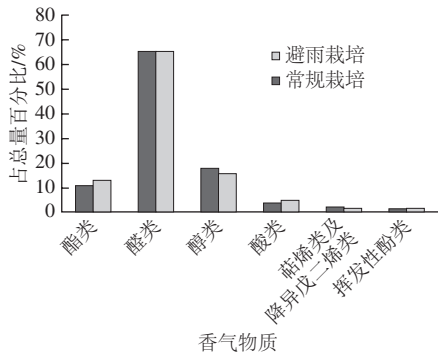


图1 果实中不同种类香气物质所占比例

Fig.1 Proportions of different classes of aroma compounds in grape berries

由图1可知，在常规栽培和避雨栽培两种栽培方式的葡萄果实香气物质中均检测到醛类物质的含量最高，分别占香气总量的比例为65.33%和65.23%。由表2可知，避雨栽培果实中检测到5种醛类物质，常规栽培赤霞珠葡萄中只检测到4种，未检测到壬醛。避雨栽培的葡萄果实中醛类物质总量比常规栽培高出58.98%，其中含量较多的为2-己烯醛和正己醛（表2），均以避雨栽培中含量较高，且达到显著差异（ $P < 0.05$ ）。

醇类物质在葡萄果实香气中所占比例仅次于醛类物质，而常规栽培和避雨栽培果实香气成分中醇类物质分别占香气总量分别为17.79%和15.29%（图1）。由表2可知，两种处理下葡萄果实中醇类物质总量为避雨栽培（736.73 $\mu\text{g/L}$ ）大于常规栽培（538.32 $\mu\text{g/L}$ ），且差异显著，同时醇类物质中以(E)-2-己烯-1-醇、苯乙醇、己醇

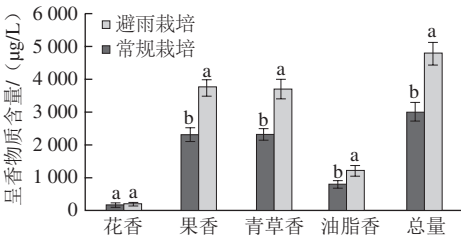
为主，这3种物质在避雨栽培果实中含量均高于常规栽培。此外，避雨栽培葡萄果实中检测到少量具有蘑菇香气的1-辛烯-3-醇，而在常规栽培种并未检出。

酯类物质在葡萄果实中由脂肪酸和醇在酯酶催化作用下形成，能赋予葡萄和葡萄酒浓郁的果香和花香味^[21]。本研究两种不同栽培方式的葡萄果实中的酯类物质含量均仅次于醇类物质，常规栽培和避雨栽培果实中酯类占香气总量的比例分别为10.36%和12.44%（图1）。两个处理检测出的酯类物质均以乙酸乙酯为主，常规栽培与避雨栽培果实中含量分别为313.64 $\mu\text{g/L}$ 和589.90 $\mu\text{g/L}$ ，且二者差异显著。此外，避雨栽培果实中检测到4种酯类物质，常规栽培赤霞珠葡萄中只检测到2种，未检测到己酸乙酯和乙酸己酯，且只检测到微量的辛酸乙酯。

常规栽培赤霞珠果实中检测到己酸和乙酸2种酸类物质，其中乙酸只能定性。避雨栽培葡萄果实中检测到4种酸类物质，为己酸、辛酸、癸酸和乙酸，避雨栽培独有的特征香气辛酸、癸酸能赋予果实更浓郁的奶酪味和油脂味。避雨栽培果实酸类物质总量为222.44 $\mu\text{g/L}$ ，占香气物质总量的4.62%（图1），其含量高出常规栽培葡萄果实香气所含香气物质总量的118.25%。

萜烯类和降异戊二烯类物质具有花香和植物香等香味，阈值较低，其含量在发酵过程中不易受酿酒酵母的影响，是葡萄品种香气的重要组成部分^[22]。常规栽培和避雨栽培赤霞珠果实中均检测到萜烯类的香叶醇和降异戊二烯类物质 β -紫罗兰酮、大马酮、香叶基丙酮4种，其中香叶醇的含量最高，分别为46.84 $\mu\text{g/L}$ 和47.25 $\mu\text{g/L}$ ，两处理之间没有显著差异。常规栽培和避雨栽培葡萄果实中萜烯类及降异戊二烯类香气物质总量分别为53.75 $\mu\text{g/L}$ 和54.31 $\mu\text{g/L}$ ，无显著差异。避雨栽培模式并未影响赤霞珠葡萄果实应有的品种香气特征。

在常规栽培和避雨栽培两种栽培方式的葡萄果实香气物质中检测到挥发性酚类物质的含量和所占比例最低（表2、图1）。由表2可知，常规栽培葡萄果实香气物质中只检测到痕量的水杨酸甲酯，且苯乙醛含量为避雨栽培（19.34 $\mu\text{g/L}$ ）显著大于常规栽培（16.69 $\mu\text{g/L}$ ）。常规栽培和避雨栽培葡萄果实香气物质中挥发性酚类物质含量分别为41.58、62.33 $\mu\text{g/L}$ ，两个处理之间具有显著性差异（ $P < 0.05$ ）。



小写字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。

图2 两种处理对同种香气呈香物质含量的影响

Fig.2 Effect of cultivation mode on the contents of individual and total aroma compounds

图2为葡萄果实在不同的栽培模式下表现出的几种香气类型的差异,很明显地看出葡萄果实的花香味在两种栽培模式下差异表现不显著,这是由于呈现花香味的辛醛、正辛醇、苯甲醇、苯乙醇和萜烯类物质中的香叶醇和大马酮等几类香气物质含量不受避雨栽培的影响,而避雨栽培却可以显著提高果实的果香、青草香和油脂味。此外,酯类、醛类、醇类中的2-乙基己醇、正辛醇和2-庚醇以及降异戊二烯类中的 β -紫罗兰酮主要呈现果香味,醛类物质中的正己醛、2-己烯醛和壬醛,醇类物质中的3-己烯-1-醇、2-己烯-1-醇呈现出绿色的青草气味,醛类物质中的正己醛和辛醛,醇类物质中的(Z)-3-己烯-1-醇和酸类物质呈现出油脂味。综合表2实验结果可知,避雨栽培可以明显提高葡萄果实中具有果香味的乙酸乙酯,具有青草香气的2-己烯醛、正己醛、乙醇和2-己烯-1-醇,并产生了特征香气辛酸和癸酸,从而提高了葡萄果实中的油脂味,这说明避雨栽培可赋予果实更浓郁的果香、青草香和油脂味。

3 讨论和结论

研究人员发现^[8-9,23-25],与露地栽培相比,避雨栽培改变了葡萄园小气候,对空气温度、湿度、蒸汽压影响较小,但显著降低了光照强度、风速和土壤水分,这些变化共同作用,最终表现为减缓糖分积累,推迟采收期^[26-28]。与本研究结果一致。光照对果实有机酸代谢存在影响;温度对苹果酸合成与分解间平衡存在影响,在一定范围内,温度越低苹果酸越高^[29]。避雨栽培果实总酸下降慢,可能与避雨栽培减少了光照强度、降低了叶幕层和果穗温度有关。葡萄果实中酚类物质含量受多种因素影响,如品种^[30]、成熟度^[31]、架式^[32]、光照^[33-34]、温度^[35]等。本研究中,高温多雨的环境使得露地栽培的葡萄果实总酚和单宁含量偏低,与研究结果一致^[1,7]。葡萄果实中花色素从转色期开始合成,一般认为,弱光限制花色素的积累^[33-34],Detoni等^[36]发现避雨栽培显著降低了赤霞珠果实花色素含量,与本研究结果一致,这可能与避雨栽培减弱果穗光照条件有关。

酿酒葡萄果实中的香气成分对于葡萄酒香气品质具有重要意义。果实香气物质总体的含量受果实成熟度的影响^[37],成熟度好的果实香气物质含量高,本研究中可能由于避雨栽培的葡萄果实成熟度好于常规栽培果实,避雨栽培果实中大部分香气物质含量均较高,特别是一些具有令人愉悦的花香与果香味的酯类、醇类和挥发性的酚类物质均显著高于常规栽培果实,这些物质对其相应葡萄酒典型风味的形成具有积极的意义。此外,光照强度对香气物质的合成也具有重要的影响。光照充足时葡萄果实香气物质含量较高^[38],且果穗受光量比整株葡

萄受光量对香气的影响更大^[39]。受光程度高的果实,萜烯类物质如香叶醇、芳樟醇、橙花醇等的含量较高,而一些C6化合物如己醛、己烯醛的含量则较低^[40]。本研究中,常规栽培的果实,由于受光程度高于避雨栽培,因此,C6醛、醇类化合物如正己醛、2-己烯醛、顺-2-己烯醇、反-2-己烯醇等含量均较低。而避雨栽培和常规栽培果实的萜烯类物质的总量差异并不显著,这可能由于与受光程度相比,果实的成熟度更易影响萜烯类香气物质的合成。

综上所述,避雨栽培提高了酿酒葡萄果实中还原糖、总酚和单宁的含量,并降低了总花色苷量。对果实香气物质而言,避雨栽培增加了果实中酯类、醛类和酸类物质的种类,且香气物质中的酯类、醇类、醛类、酸类物质和挥发性的苯酚含量均高于常规栽培葡萄果实。其中,具有果香味和青草味的乙酸乙酯、2-己烯醛、己醇、(E)-2-己烯-1-醇的合成量升高,而已酸乙酯、乙酸己酯、壬醛、1-辛烯-3-醇、辛酸、癸酸是避雨栽培果实的特征香气成分,避雨栽培可赋予果实中更浓郁的果香、青草香和油脂味。

参考文献:

- [1] NOVELLO V, PALMA L. Growing grapes under cover[J]. Acta Horticulturae, 2008, 785(44): 353-362. DOI:10.17660/ActaHortic.2008.785.44.
- [2] POLAT A A, DURGAC C, CALISKAN O. Effect of protected cultivation on the precocity, yield and fruit quality in loquat[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 104(2): 189-198. DOI:10.1016/j.scienta.2004.08.010.
- [3] BØRVE J, STENSVAND A. Use of a plastic rain shield reduces fruit decay and need for fungicides in sweet cherry[J]. Plant Disease, 2003, 87(5): 523-528. DOI:10.1094/PDIS.2003.87.5.523.
- [4] 戴美松,姜卫兵,庄猛,等.江南地区大棚促成:避雨栽培下葡萄品种光合特性的比较[J].园艺学报,2006,33(1):17-22.
- [5] 孙其宝,俞飞飞,孙俊,等.避雨设施栽培对巨峰系葡萄生长结果特性和抗病性的影响[J].安徽农业科学,2006,34(9):1846-1848. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2006.09.042.
- [6] 杜红斌,周健,张付春,等.日光温室塑料棚膜透光率比较[J].塔里木大学学报,2006,18(2):12-14. DOI:10.3969/j.issn.1009-0568.2006.02.003.
- [7] 王学娟,徐冬雪,王秀芹,等.避雨栽培对‘赤霞珠’葡萄果实品质影响的对比研究[J].中国农学通报,2011,27(29):114-118.
- [8] CARDOSO L S, BERGAMASCHI H, COMIRAN F, et al. Micrometeorological alterations in vineyards by using plastic covering[J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2008, 43(4): 441-447. DOI:10.1590/S0100-204X2008000400001.
- [9] RANA G, KATERJI N, INTRONA M, et al. Microclimate and plant water relationship of the “overhead” table grape vineyard managed with three different covering techniques[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 102(1): 105-120. DOI:10.1016/j.scienta.2003.12.008.
- [10] JIANG W G, LI J M, XU Y, et al. Analysis of aroma components in four red grape varieties[J]. Food Science, 2011, 32(6): 225-229.
- [11] PALOMO E S, PÉREZ-COELLO M S, DÍAZ-MAROTO M C, et al. Contribution of free and glycosidically-bound volatile compounds

- to the aroma of muscat "a petit grains" wines and effect of skin contact[J]. Food Chemistry, 2006, 95(2): 279-289. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.01.012.
- [12] 张明霞, 吴玉文, 段长青. 葡萄与葡萄酒香气物质研究进展[J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 2098-2104. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2008.07.030.
- [13] 刘丽媛, 刘延琳, 李华. 葡萄酒香气化学研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 310-316.
- [14] CHAPMAN D M, MATTHEWS M A, GUINARD J X. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different crop yields[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2004, 55(4): 325-334.
- [15] 张明霞. 葡萄酒香气变化规律研究: 着重于关键酿造工艺对葡萄酒香气的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2007: 13.
- [16] 王华. 葡萄酒分析检测[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 125-127.
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 160-162.
- [18] JAYARAKASHA 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. DOI:10.1016/S0308-8146(00)00298-3.
- [19] SMITH P A, MERCURIO M D, DAMBERGS R G, et al. Grape and wine tannin—are there relationships between tannin concentration and variety, quality, and consumer preference[C]//Conference Proceedings 13th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide: The Australian Wine Research Institute, 2007: 189-192.
- [20] STOJANOVIC J, SILVA J L. Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries[J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 898-906. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.02.044.
- [21] BELY M, RINALDI A, DUBOURDIEU D. Influence of assimilable nitrogen on volatile acidity production by *Saccharomyces cerevisiae* during high sugar fermentation[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2003, 96(6): 507-512. DOI:10.1016/S1389-1723(04)70141-3.
- [22] GUTH H. Identification of character impact odorants of different white wine varieties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(8): 3022-3026. DOI:10.1021/jf9608433.
- [23] 栗进朝, 段罗顺, 张晓申. 避雨对葡萄病害和光照强度的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 847-850.
- [24] CONCEICAO M, MARIN F. Microclimate conditions inside an irrigated vineyard covered with a plastic screen[J]. Revista Brasileira de Fruticultura, 2009, 31(2): 423-431. DOI:10.1590/S0100-29452009000200016.
- [25] CHAVARRIA G, CARDOSO L S, BERGAMASCHI H, et al. Microclimate of vineyards under protected cultivation[J]. Ciência Rural, 2009, 39(7): 2029-2034. DOI:10.1590/S0103-84782009005000147.
- [26] NOVELLO V. Use of plastic sheet covering to advance ripening and to delay harvesting of table grape[C]//International Symposium on table grape (abstracts), La Serena, CRI Intihuasi, 28 Nov-1 Dic 2000. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000: 187-197.
- [27] KARA S, ÇOBAN H. An investigation on conservation of grape on the vine protected cultivation[J]. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2002, 39(3): 25-32.
- [28] CHAVARRIA G, SANTOS H P, ZANUS M C, et al. Grapevine maturation of Moscato Giallo under plastic cover[J]. Revista Brasileira de Fruticultura, 2010, 32(1): 151-160. DOI:10.1590/S0100-29452010005000014.
- [29] CONDE C, SILVA P, FONTES N, et al. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality[J]. Food, 2007, 1(1): 1-22.
- [30] GONZÁLEZ-NEVES G, CHARAMELO D, BALADO J, et al. Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513(1): 191-196. DOI:10.1016/j.aca.2003.11.042.
- [31] KENNEDY J, MATTHEWS M, WATERHOUSE A. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2002, 53(4): 268-274.
- [32] 张军贤, 张振文. 架式与新梢留量对赤霞珠葡萄酒中单体酚的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(18): 3784-3790. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2010.18.012.
- [33] SPAYD S, TARARA J, MEE D, 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.
- [34] RISTIC R, DOWNEY M, IAND P, et al. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2007, 13(2): 53-65. DOI:10.1111/j.1755-0238.2007.tb00235.x.
- [35] COHEN S, TARARA J, KENNEDY J. Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 621(1): 57-67. DOI:10.1016/j.aca.2007.11.029.
- [36] DETONI A, CLEMENTE E, FORNARI C. Productivity and quality of grape "Cabernet Sauvignon" produced in organic system under plastic covering[J]. Revista Brasileira de fruticultura, 2007, 29(3): 530-534. DOI:10.1590/S0100-29452007000300023.
- [37] REYNOLDS A G, WARDLE D A. Yield component path analysis of Okanagan Riesling vines conventionally pruned or subjected to simulated mechanical pruning[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1993, 44: 173-179.
- [38] SKINKIS P A, BORDELON B P, BUTZ E M. Effects of sunlight exposure on berry and wine monoterpenes and sensory characteristics of Traminette[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2010, 61(2): 147-156.
- [39] BUREAU S M, BAUMES R L, RAZUNGLES A J. Effects of vine or bunch shading on the glycosylated flavor precursors in grapes of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(4): 1290-1297. DOI:10.1021/jf990507x.
- [40] JI T, DAMI I E. Characterization of free flavor compounds in Traminette grape and their relationship to vineyard training system and location[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(4): C262-C267. DOI:10.1111/j.1750-3841.2008.00736.x.