

基于HS-SPME-GC-MS技术分析意大利葡萄果实香气

李 凯¹, 商佳胤^{1*}, 王学智², 张 娜¹, 王超霞², 王 丹¹, 张 鹤¹, 田淑芬²

(1. 天津市农业科学院林业果树研究所, 天津 300384; 2. 天津农学院园艺园林学院, 天津 300384)

摘 要: 采用顶空固相微萃取(HS-SPME)及气相色谱-质谱技术(GC-MS), 内标-标准曲线定量、气味活性值分析及果实香气轮廓分析等方法, 对天津产区玫瑰香型葡萄品种意大利的果实香气成分进行分析, 研究其风味特性。结果显示: 共检测出43种香气化合物, 主要成分为醇类、醛类、萜烯类和酯类化合物, 其中以1-己醇、反式-2-己烯-1-醛、反式-2-己烯-1-醇、里那醇、乙酸乙酯和正己醛为主。其果实香气主要由12种活性呈香成分贡献, 气味活性值由高到低依次为: 里那醇、正己醛、反式-2-己烯-1-醛、1-辛烯-3-醇、苯乙醛、己酸乙酯、反式-2-己烯-1-醇、正庚醛、香茅醇、丁酸乙酯、1-己醇和香叶醇。香气轮廓直观地显示其果实香气主要由植物类、水果类、花卉类和脂肪类气味构成, 4种气味系列强度较为均衡。

关键词: 意大利葡萄; 顶空固相微萃取; 香气成分; 气味活性值; 香气轮廓

中图分类号: S663.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)04-0106-07

Analysis on Aroma Components of Grape Italia by HS-SPME-GC-MS

LI Kai¹, SHANG Jiayin^{1*}, WANG Xuezh², ZHANG Na¹, WANG Chaoxia², WANG Dan¹, ZHANG He¹, TIAN Shufen²
(1. Forestry and Pomology Institute, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384; 2. Horticulture and Landscape Architecture College, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China)

Abstract: A comprehensive analysis of the aroma components of Italia grapes, a muscat-flavor grapes grown in Tianjin, was conducted using headspace solid phase micro-extraction (HS-SPME), gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), along with methods such as internal standard-standard curve quantification, odor activity value analysis and aroma profile analysis. The results showed that a total of 43 aroma components with alcohols, aldehydes, terpenes, and esters being the major components. The main compounds identified included 1-hexanol, *trans*-2-hexen-1-al, *trans*-2-hexen-1-ol, linalool, ethyl acetate, and hexanal. Odor activity value results showed that aroma of grape Italia was mainly contributed by 12 kinds of active aroma components, including linalool, hexanal, *trans*-2-hexen-1-al, 1-octen-3-ol, phenylacetaldehyde, ethyl hexanoate, *trans*-2-hexen-1-ol, heptanal, citronellol, ethyl butyrate, 1-hexanol and geraniol (OAV from high to low). The visualized aroma profile showed that aroma of grape Italia was composed of plants, fruits, flowers and fats flavor, with a balanced intensity across the four odor series.

Key words: Grape Italia; Headspace solid phase microextraction (HS-SPME); Aroma component; Odor activity value(OAV); Aroma profile

香气成分是考量葡萄果实内在品质的重要因素之一^[1-2], 优雅浓郁的香气可以极大地提高果品

收稿日期: 2020-07-14

基金项目: 天津市林果现代农业产业技术体系项目(ITTFPRS2018005); 国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-29)

作者简介: 李 凯(1987-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事葡萄栽培与酿酒研究工作。

通讯作者: 商佳胤, 男, 硕士, 副研究员, E-mail: shangjiayin2007@163.com

的消费吸引力和市场竞争力。尤其在鲜食葡萄和葡萄酒产业中, 香气是衡量品质的重要因素, 香味浓郁的葡萄及葡萄酒更受消费者喜爱^[3]。葡萄品种通常被划分为3种香气类型: 玫瑰香型、草莓香型和中性香型^[4], 前人围绕玫瑰香、京亚、京秀等品种的研究表明品种间香气成分种类及其含量存在较大差异^[5-9], 赤霞珠、巨峰、蛇龙珠等品种在不同产地香气物质的积累也存在差异^[10-12], 而玫瑰香型葡萄品种意大利的果实香气研究少见报

道。意大利葡萄为优良晚熟品种,具有浓郁玫瑰香味^[13],随着休闲观光果园的兴起,其在天津的栽培面积也在逐渐增加。研究天津产区意大利葡萄果实中香气成分的种类及其含量,对选育有典型香气特征的优良葡萄品种具有重要的理论与实践意义。

本研究采用顶空固相微萃取(HS-SPME)及气相色谱-质谱(GC-MS)技术提取检测天津产区意大利葡萄的果实香气成分,利用内标-标准曲线法定量,以气味活性值(OAV)分析果实活性呈香成分,并用香气轮廓分析果实气味构成,为了解玫瑰香型葡萄品种的果实香气特性提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 果实及取样

参照历年物候期,并根据可溶性固形物含量综合判断葡萄成熟期,果实样品于2019年8月23日采自天津市农业科学院武清基地,日光温室内促早栽培,可溶性固形物含量为18.2%(Brix)。采样时在每个果穗随机采6粒果实,包括阴阳两面的上中下部位,共采集30粒,重复3次。样品采集后用液氮速冻,存于-80℃冰箱备用。

1.1.2 设备与试剂

无水乙醇和氯化钠(色谱纯),国药集团化学试剂有限公司;44种香气标准物质均购自西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;5977A-7890B GC-MS联用仪(Agilent,美国);CTC自动进样装置(Agilent,美国);50/30 μm DVB/CAR/PDMS型极性萃取头(Supelco,美国);HP-5MS毛细管色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm , Agilent,美国)。

1.2 方 法

1.2.1 样品预处理

样品在室温下解冻后榨汁,加入焦亚硫酸钾,

使二氧化硫终浓度达到60 mg/L,避免样品氧化。取8 mL待测混合液加入20 mL顶空瓶内,加入2.4 g氯化钠和8 μL 2-辛醇(无水乙醇稀释至180 mg/L)作为内标物,加螺旋盖密封。

1.2.2 色谱条件

采用纯度 $\geq 99.999\%$ 的高纯氦气,载气流速为1.0 mL/min,分流比为5:1;升温程序:先在35℃保持2 min,以4℃/min升至200℃,再以30℃/min快速升至250℃,保持5 min。

1.2.3 质谱条件

离子源温度:230℃;传输线温度:250℃;电子轰击源:70 eV;扫描范围:30~300 amu;溶剂延迟时间为2 min。

1.2.4 定性定量分析

数据采集:样品采用CTC装置自动完成萃取及进样程序,SPME程序设定:45℃先预热5 min;继续在45℃萃取50 min,萃取时磁力搅拌子间歇运行,转速为250 r/min,间歇程序为转5 s停2 s;萃取后自动进样,进样口温度设置为250℃,解吸2 min。标准品总离子流图见图1。定性分析:先利用安捷伦公司的未知物分析软件对待定性成分进行未知物分析,分析方法中检索谱库为NIST 11.L,匹配因子高于80(最高100)的化合物作为初步定性结果;然后将该化合物的标准品在相同GC-MS条件下进样,获取标准品色谱图,再次比对保留时间和质谱图,确认最终定性结果。定量分析:将43种标准品混配并逐级稀释(1-2-4-8-16),获得5个浓度梯度的混标液;取8 mL混标液加入20 mL顶空瓶内,加入2.4 g氯化钠和8 μL 2-辛醇(无水乙醇稀释至180 mg/L)作为内标物,进样采集数据;通过安捷伦定量分析软件绘制标准曲线并定量分析,每个化合物的标准曲线均由5个浓度值及其峰面积绘制。

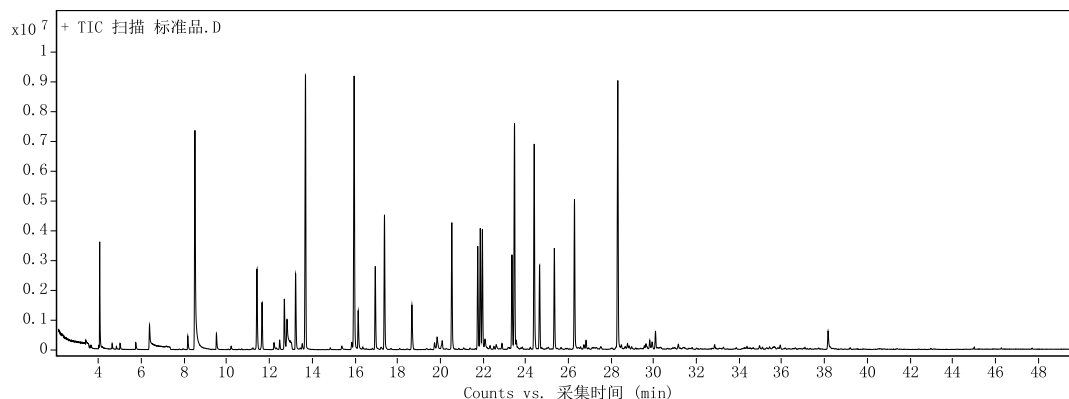


图1 标准品的GC/MS总离子流图

1.2.5 气味活性值

气味活性值(odor activity value, OAV)是香气成分实际浓度值与嗅觉阈值的比值^[14]。气味活性值高于1的成分被视为果实香气的重要贡献成分,即活性呈香成分。

1.2.6 果实香气轮廓

参照前人葡萄酒香气轮盘^[15]及葡萄酒品尝培训教材中的香气分类^[16],同时归类汇总本研究中涉及化合物的气味描述词,将香气划分为花卉类、水果类

等8个气味系列。每一活性呈香成分对应单个或多个气味系列,将其气味活性值赋予相对应的气味系列,利用8个气味系列及其获赋的累计气味活性值构建葡萄果实的香气轮廓图^[17-18]。

2 结果与分析

2.1 香气定量分析

天津产区意大利葡萄果实中共定性定量出43种香气化合物,总离子流图见图2,包括11种

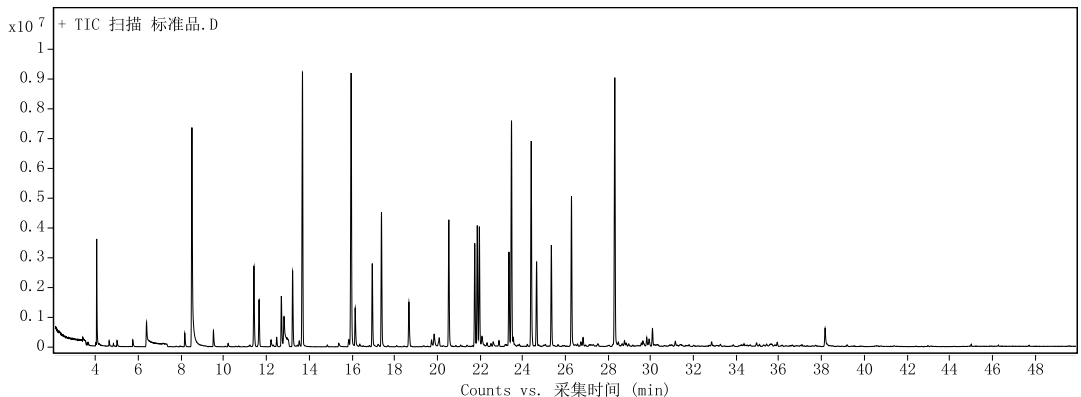


图2 意大利葡萄果实的GC/MS总离子流图

醇类、12种酯类、8种萜烯类、7种醛类、3种酮类、1种芳香烃类和1种脂肪酸类。如表1所示,醇类化合物的浓度最高,醛类次之,然后是萜烯类;酯

类化合物数量最多,浓度低于萜烯类。由单个化合物浓度来看(表2),1-己醇和反式-2-己烯-1-醇是浓度最突出的醇类化合物;酯类中乙酸乙酯浓度最高,癸酸乙酯浓度次之,而其他酯类化合物浓度相对较低(<10 μg/L);萜烯类中里那醇浓度最为突出;醛类中浓度较高的是反式-2-己烯-1-醛和正己醛。综合分析,1-己醇、反式-2-己烯-1-醇、反式-2-己烯-1-醛、反式-2-己烯-1-醇、里那醇、乙酸乙酯和正己醛是浓度较高的6种香气化合物,是意大利葡萄果实的主要香气成分。

2.2 活性呈香成分分析

意大利葡萄果实中香气成分较多,浓度差别很大,且嗅觉阈值也不一样^[5, 19-23](表2)。果实香

表1 意大利葡萄果实香气成分种类、数量及浓度

化合物	数量	浓度(μg/L)	占总浓度百分比(%)
醇类	11	1 018.27±42.69	44.11±1.85
酯类	12	255.75±7.91	11.08±0.34
萜烯类	8	450.74±20.92	19.53±0.91
醛类	7	569.02±16.52	24.65±0.72
其他类	5	14.59±0.59	0.63±0.03
总计	43	2 308.37±88.63	100.00

注:数据为“平均值±标准差”,下同

表2 意大利葡萄果实香气成分浓度

编号	化合物	保留时间(min)	匹配因子	标准品浓度范围(μg/L)	水中阈值(μg/L) ^[5, 19-29]	果实中浓度(μg/L)
醇类						
V1	3-甲基-1-丁醇	4.041	99.24	12.50~200.00	300	11.15±0.35
V2	2-甲基-1-丁醇	4.136	99.36	3.12~50.00	300	4.45±0.11
V3	正戊醇	4.836	96.30	12.50~200.00	40 00	25.77±0.96
V4	反式-2-己烯-1-醇	7.774	91.20	125.00~2 000.00	100	247.46±8.34
V5	1-己醇	7.862	96.77	125.00~2 000.00	500	649.04±29.55
V6	1-庚醇	11.637	95.52	3.12~50.00	425	5.06±0.22
V7	1-辛烯-3-醇	11.911	97.80	3.12~50.00	1	8.00±0.30
V8	2-乙基己醇	13.785	98.50	3.12~50.00	270	0.27±0.01
V9	苯甲醇	14.006	95.40	12.50~200.00	10 000	52.58±2.16
V10	1-辛醇	15.428	95.20	3.12~50.00	110	4.65±0.31

续表 2

编号	化合物	保留时间(min)	匹配因子	标准品浓度范围(μg/L)	水中阈值(μg/L) ^[5,19-29]	果实中浓度(μg/L)
V11	2-苯乙醇	16.926	99.00	62.50~1 000.00	1 100	9.84±0.38
	酯类					
V12	乙酸乙酯	2.254	98.20	1 875.00~30 000.00	5 000	155.31±4.16
V13	丁酸乙酯	5.737	98.98	7.50~120.00	1	1.35±0.02
V14	乙酸丁酯	6.140	99.30	1.25~20.00	66	0.46±0.01
V15	己酸乙酯	12.702	91.85	1.25~20.00	1	6.94±0.19
V16	乙酸己酯	13.223	95.52	1.25~20.00	670	5.98±0.17
V17	乙酸庚酯	16.953	95.17	1.25~20.00	320	8.98±0.24
V18	辛酸甲酯	17.428	95.35	1.25~20.00	200	4.92±0.16
V19	水杨酸甲酯	19.857	90.51	1.25~20.00	40	0.13±0
V20	辛酸乙酯	20.055	98.09	1.25~20.00	194	9.92±0.36
V21	乙酸苯乙酯	22.108	98.55	1.25~20.00	480	6.17±0.22
V22	壬酸乙酯	23.488	96.99	1.25~20.00	377	6.34±0.13
V23	癸酸乙酯	26.727	94.86	6.25~100.00	6 300	49.24±2.25
	萜烯类					
V24	β-蒎烯	12.318	90.42	12.50~200.00	140	86.14±3.97
V25	柠檬烯	13.679	97.68	3.12~50.00	10	7.65±0.41
V26	异松油烯	15.956	97.85	1.25~20.00	200	5.77±0.19
V27	(+)-4-萜烯	15.968	97.70	1.25~20.00	770**	8.45±0.32
V28	里那醇	16.432	98.93	62.50~1 000.00	6	224.65±8.99
V29	α-松油醇	19.751	96.13	12.50~200.00	330	10.85±0.54
V30	香茅醇	21.119	96.25	6.25~100.00	40	58.46±3.25
V31	香叶醇	22.036	83.22	12.50~200.00	40	48.77±3.30
	醛					
V32	正戊醛	3.292	93.70	3.12~50.00	12	2.23±0.11
V33	正己醛	5.592	96.80	31.25~500.00	4.5	133.13±2.19
V34	反式-2-己烯-1-醛	7.265	94.90	125.00~2 000.00	17	393.00±12.56
V35	正庚醛	8.987	98.80	3.12~50.00	3	4.93±0.23
V36	苯甲醛	11.082	99.00	3.12~50.00	350	7.39±0.25
V37	苯乙醛	14.291	94.30	3.12~50.00	4	28.31±1.18
V38	壬醛	16.610	99.60	1.25~20.00	1	0.03±0
	其他					
V39	6-甲基-5-庚烯-2-酮	12.230	83.90	3.12~50.00	50	9.28±0.32
V40	2-辛酮	12.352	89.70	3.12~50.00	5	2.49±0.14
V41	2-十一烷酮	23.363	88.94	1.25~20.00	7	0.91±0.04
V42	苯乙烯	8.508	98.49	0.62~10.00	37	0.02±0
V43	辛酸	20.085	93.67	0.62~10.00	3 000	1.91±0.09

注：“**”表示参照 3-萜烯

气浓郁度取决于香气成分的浓度和阈值,只有浓度高于阈值($OAV \geq 1$),该成分才被判定为活性呈香成分^[30]。据此分析,意大利葡萄果实中只有 12 种化合物为活性呈香成分(表 3):3 种醇类、2 种酯类、3 种萜烯类和 4 种醛类。醇类包括 1-己醇、反式-2-己烯-1-醇和 1-辛烯-3-醇,它们均为果实贡献植物类气味,此外,1-己醇还贡献花卉类和水果类气味,1-辛烯-3-醇还贡献脂肪类气味。酯

类包括丁酸乙酯和己酸乙酯,它们的阈值非常低,即使浓度很低也可呈香,主要为果实贡献水果类气味,而浓度最高的乙酸乙酯因其阈值极高(5 000 μg/L),并不能有效呈香。萜烯类活性呈香成分包括里那醇、香茅醇和香叶醇,其中里那醇在所有活性呈香成分中 OAV 最高(37.44),主要贡献花卉类和水果类气味。醛类中活性呈香成分为正己醛、反式-2-己烯-1-醛、苯乙醛和正庚醛,其中正己醛和反

表3 活性呈香成分的气味活性值(OAV)

化合物	水中阈值(μg/L) ^[5, 19-23]	香气描述 ^[22-23, 25-26, 30-37]	香系	OAV
1-己醇	500	花香、青草、树脂、甜香	1, 2, 3	1.30±0.06
反式-2-己烯-1-醇	100	草本绿植, 树叶、胡桃木	3	2.47±0.08
1-辛烯-3-醇	1	蘑菇, 青草、鱼腥味	3, 4	8.00±0.30
丁酸乙酯	1	苹果、菠萝、香蕉	2	1.35±0.02
己酸乙酯	1	水果, 青苹果、香蕉、类似红酒	2	6.94±0.19
里那醇	6	花香、柑橘、甜香、类似葡萄、薰衣草	1, 2	37.44±1.50
香茅醇	40	玫瑰	1	1.46±0.08
香叶醇	40	橙花, 玫瑰、天竺葵	1	1.22±0.08
正己醛	4.5	青草, 动物脂油、脂肪, 鱼腥味	3, 4	29.58±0.49
反式-2-己烯-1-醛	17	青草, 绿叶	3	23.12±0.74
正庚醛	3	柑橘类植物、脂肪、不新鲜的, 鱼干	3, 4	1.64±0.08
苯乙醛	4	山楂花、蜂蜜、甜香, 玫瑰	1, 2	7.08±0.30

注: 气味系列: 1. 花卉类; 2. 水果类; 3. 植物类; 4. 脂肪类; 5. 化学类; 6. 香料类; 7. 烘焙类; 8. 矿物类

式-2-己烯-1-醛 OAV(>23)仅低于里那醇, 主要贡献植物类和脂肪类气味。综合分析, 意大利葡萄果实香气主要由 12 种活性呈香成分贡献, 其中里那醇、正己醛和反式-2-己烯-1-醛是重要贡献成分。

2.3 果实香气轮廓分析

香气轮廓图可以简单直观地反映出葡萄果实香气组成。由图 3 可知, 意大利葡萄果实香气主要由花卉类、水果类、植物类和脂肪类气味构成, 气味系列强度依次为植物类>水果类>花卉类>脂肪类, 植物类气味强度高于 60, 水果类和花卉类气味强度在 50 左右, 脂肪类气味强度接近 40, 4 种气味系列的强度差异不大。

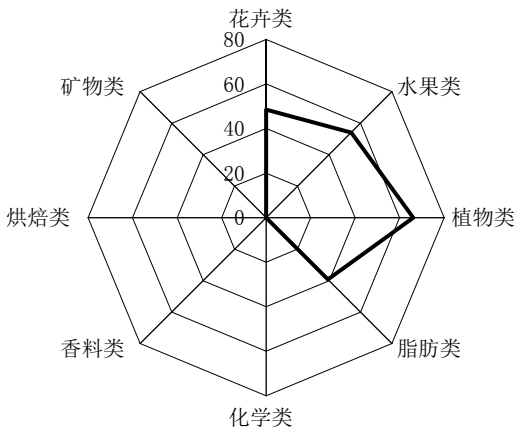


图3 意大利葡萄果实香气轮廓

3 讨 论

葡萄品种按照香气类型通常被划分为3种类型: 玫瑰香型、草莓香型和中性香型^[4], 意大利葡萄为玫瑰香型品种^[13]。萜类物质是玫瑰香型的典型化合物, 其中单萜的含量最为丰富, 常见的单

萜醇类有里那醇、香叶醇、橙花醇、香茅醇和α-萜品醇^[38], 通过对玫瑰香葡萄果实发育过程中单萜化合物种类、含量变化及香气贡献值的研究, 认为里那醇是香气贡献最大的单萜化合物^[5]; 里那醇和香叶醇是玫瑰香味的主要呈香物质^[39-40]。本研究中意大利葡萄果实中共检测出 8 种萜烯类成分, 其中里那醇、香茅醇和香叶醇是活性呈香成分, 为果实贡献花卉类和水果类气味, 其中里那醇在所有检出化合物中香气贡献最大。

酯类成分是草莓香味的特征香气物质, 其对形成美洲葡萄特有的香味具有重要作用^[41-42]。研究表明草莓香型品种夏黑、藤稔、巨峰的主要香气贡献化合物分别是芳樟醇和 C₁₃ 类、2-甲基丁酸乙酯、丁酸乙酯^[18]。本研究中酯类成分虽然数量最多, 但浓度普遍较低, 除乙酸乙酯和癸酸乙酯外, 其余浓度均低于 10 μg/L, 只有丁酸乙酯和己酸乙酯为活性呈香成分且 OAV 较低(<7)。

C₆ 化合物是葡萄果实中重要的风味化合物, 对于评价葡萄品质、判定原产地等方面具有重要价值, 这类化合物主要包括己醛、己醇、2-己烯醛等^[43]。本研究中 C₆ 化合物同样也为意大利葡萄果实香气做出了重要贡献, 其中 1-己醇、反式-2-己烯-1-醛和反式-2-己烯-1-醇浓度在所有检出化合物中位列前 3, 正己醛位列第 6, 并且 4 种化合物均为活性呈香成分, 尤其正己醛和反式-2-己烯-1-醛具有高气味活性值(>23), 仅低于里那醇, 是意大利葡萄果实中植物类气味和脂肪类气味的重要来源。

4 结 论

天津产区意大利葡萄果实中共检测出 43 种

香气化合物,定量结果显示,主要成分为醇类、醛类、萜烯类和酯类化合物,其中以1-己醇、反式-2-己烯-1-醛、反式-2-己烯-1-醇、里那醇、乙酸乙酯和正己醛为主。气味活性值结果显示,其果实香气主要由12种活性呈香成分贡献,气味活性值由高到低依次为:里那醇、正己醛、反式-2-己烯-1-醛、1-辛烯-3-醇、苯乙醛、己酸乙酯、反式-2-己烯-1-醇、正庚醛、香茅醇、丁酸乙酯、1-己醇和香叶醇。香气轮廓直观地显示其果实香气主要由植物类、水果类、花卉类和脂肪类气味构成,4种气味系列强度较为均衡。

参考文献:

- [1] Selli S, Cabaroğlu T, Canbas A, et al. Effect of skin contact on the aroma composition of the musts of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Bornova and Narince grown in Turkey[J]. Food Chemistry, 2003, 81(3): 341-347.
- [2] Roubelakis-angelakis K A. Grapevine molecular physiology and biotechnology[M]. New York: Springer Verlag, 2009: 293-330.
- [3] 李记明,宋长冰,贺普超.葡萄与葡萄酒芳香物质研究进展[J].西北农业大学学报,1998,26(5):105-109.
- [4] Yang C X, Wang Y J, Liang Z C, et al. Volatiles of grape berries evaluated at the germplasm level by headspace-SPME with GC-MS[J]. Food Chemistry, 2009, 114(3): 1106-1114.
- [5] Fenoll J, Manso A, Hellín P, et al. Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat Hamburg during ripening[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2): 420-428.
- [6] Yang C X, Wang Y J, Wu B H, et al. Volatile compounds evolution of three table grapes with different flavor during and after maturation[J]. Food Chemistry, 2011, 128(4): 823-830.
- [7] Schwab W, Wuest M. Understanding the constitutive and induced biosynthesis of mono- and sesquiterpenes in grapes (*vitis vinifera*): a key to unlocking the biochemical secrets of unique grape aroma profiles[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(49): 10591-10603.
- [8] Cacho J, Moncayo L, Palma J C, et al. The impact of grape variety on the aromatic chemical composition of non-aromatic Peruvian pisco[J]. Food Research International, 2013, 54: 373-381.
- [9] Fan W, Xu Y, Jiang W, et al. Identification and quantification of impact aroma compounds in 4 non floral *Vitis vinifera* varieties grapes[J]. Journal of Food Science, 2010, 75: S81-S88.
- [10] 赵悦,孙玉霞,孙庆扬,等.不同产地酿酒葡萄“赤霞珠”果实中挥发性香气物质差异性研究[J].北方园艺,2016(4):23-28.
- [11] 周建梅,曹耀鹏,贾名波,等.山东不同产区巨峰葡萄香气物质分析[J].中外葡萄与葡萄酒,2013(2):16-20.
- [12] 商敬敏,牟京霞,刘建民,等. GC-MS法分析不同产地酿酒葡萄的香气成分[J].食品与机械,2011,27(5):52-57.
- [13] 李树海,王芝学,王士环,等.葡萄品种在天津的引种表现[J].落叶果树,2004(2):21-22.
- [14] Guth H. Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(8): 3027-3032.
- [15] Noble A C, Arnold R A, Buechsenstein J, et al. Modification of a standardized system of wine aroma terminology[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1987, 38(2): 143-146.
- [16] McMahon C, Scadding G K. Le Nez du Vin—a quick test of olfaction[J]. Clinical Otolaryngology and Allied Sciences, 1996, 21(3): 278-280.
- [17] Wu Y, Duan S, Zhao L, et al. Aroma characterization based on aromatic series analysis in table grapes[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 31116.
- [18] 张文文,吴玉森,陈毓谨,等.3种巨峰系葡萄的香气特征[J].上海交通大学学报(农业科学版),2018,36(5):51-59,66.
- [19] Pino J A, Mesa J. Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2006, 21(2): 207-213.
- [20] Buttery R G, Turnbaugh J G, Ling L C. Contribution of volatiles to rice aroma[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1988, 36(5): 1006-1009.
- [21] Buttery R, Seifert R, Guadagni D, et al. Characterization of additional volatile components of tomato[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1971, 19(3): 524-529.
- [22] Qian M C, Wang Y. Seasonal variation of volatile composition and odor activity value of 'Marion'(*Rubus spp. hyb*) and 'Thornless Evergreen'(*R. Laciniatus* L.) blackberries[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(1): C13-C20.
- [23] Yang C, Luo L, Zhang H, et al. Common aroma-active components of propolis from 23 regions of China[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(7): 1268-1282.
- [24] Pino J A, Queris O. Analysis of volatile compounds of mango wine[J]. Food Chemistry, 2011, 125(4): 1141-1146.
- [25] Peinado R A, Moreno J, Bueno J E, et al. Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration[J]. Food Chemistry, 2004, 84(4): 585-590.
- [26] Franco M, Peinado R A, Medina M, et al. Off-vine grape drying effect on volatile compounds and aromatic series in must from Pedro Ximénez grape variety[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(12): 3905-3910.
- [27] Van G L J. Complications of odor threshold values in air, water and other media[M]. Van Setten Kwadraat: Houten, The Netherlands, 2011: 270.
- [28] Tamura H, Fukuda Y, Padayuttawat A. Characterization of citrus aroma quality by odor threshold values[A]. Biotechnology for Improved Foods and Flavor[C]. Washington D C: American Chemical Society, 1996: 282-294.
- [29] Rosen A A, Ettinger R T S B. Relationship of river water odor to specific organic contaminants[J]. Journal (Water Pollution Control Federation), 1963, 35(6): 777-782.
- [30] Genovese A, Lamorte S A, Gambuti A, et al. Aroma of Aglianico and Uva di Troia grapes by aromatic series[J]. Food Research International, 2013, 53(1): 15-23.
- [31] Acree T, Arn H. Flavournet and human odor space[J/OL]. Datu

- Inc, 2004[2020-3-31]. <http://www.flavornet.org>.
- [32] Song C Z, Liu M Y, Meng J F, et al. Influence of foliage-sprayed zinc sulfate on grape quality and wine aroma characteristics of Merlot[J]. European Food Research and Technology, 2016, 242(4): 609-623.
- [33] Mahattanatawee K, Perez-cacho P R, Davenport T, et al. Comparison of three lychee cultivar odor profiles using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-sulfur detection[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(5): 1939-1944.
- [34] Giri A, Osako K, Ohshima T. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing[J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 621-631.
- [35] Peinado R A, Mauricio J C, Moreno J. Aromatic series in sherry wines with gluconic acid subjected to different biological aging conditions by *Saccharomyces cerevisiae* var. *capensis*[J]. Food Chemistry, 2006, 94(2): 232-239.
- [36] Gómez-míguez M J, Gómez-míguez M, Vicario I M, et al. Assessment of colour and aroma in white wines vinifications: Effects of grape maturity and soil type[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(3): 758-764.
- [37] Cullere L, Escudero A, Cacho J, et al. Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality spanish aged red wines[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(6): 1653.
- [38] 何明茜. 葡萄香气物质在两类杂交群体中的遗传规律[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [39] Barbera D, Avellone G, Filizzola F, et al. Determination of terpene alcohols in Sicilian Muscat wines by HS-SPME-GC-MS[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2013, 27: 541-547.
- [40] 谭伟, 唐晓萍, 董志刚, 等. 4个四倍体玫瑰香味鲜食葡萄品种与其亲本果实香气成分分析[J]. 果树学报, 2017, 34(4): 435-443.
- [41] Larsen M, Poll L, Olsen C E. Evaluation of the aroma composition of some strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) cultivars by use of odour threshold values[J]. Zeitschrift Fur Lebensmittel Untersuchung Und Forschung, 1992, 195(6): 536-539.
- [42] Burattl S, Rizzolo A, Benedetti S, et al. Electronic nose to detect strawberry aroma changes during osmotic dehydration[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(4): E184-E189.
- [43] Oliveira J M, Faria M, Sá F, et al. C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin[J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 563(1): 300-309.

(责任编辑: 王 昱)

(上接第105页)

3.2 结 论

试验结果表明, 黄秋葵绿羊角品种种植密度过大或过小都会对群体冠层结构及产量产生不利影响。选择C(45 cm×60 cm)种植密度, 群体冠层结构指标优于其他处理, 利于增产, 提高经济效益。

参考文献:

- [1] Fatokun C A. Wide hybridization in okra[J]. Theoretical and applied Genetics, 1987, 74(4): 483-486.
- [2] 刘彩文. 黄秋葵北方陆地栽培管理技术[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2018, 20(4): 9-10.
- [3] 张振贤, 程智慧. 高级蔬菜生理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 143.
- [4] 董云松. 对作物群体结构及物质生产影响因素的分析[J]. 吉林农业, 2013(6): 270.
- [5] 郑丕尧. 作物生理学导论[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 37-42.
- [6] Hatfield J L, Baker J M. Effects of Row Spacing on Yield and yield Components of okra(*Ablemoschus esculentus*) and Mixture Groundnut(*Archis hypogaea*)[J]. Agronomy, 2005, 4(4): 304-307.
- [7] 曹毅, 任吉君, 李春梅, 等. 不同种植密度对红秋葵生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2008(3): 34-35.
- [8] 鲍新华. 吉林-长春-四平城市经济带表土环境质量评价与生态地球化学分区[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [9] 齐华, 梁熠, 赵明, 等. 栽培方式对玉米群体结构的调控效应[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 134-139.
- [10] 王洪君, 王雪, 王楠, 等. 吉林省西部不同行距水稻群体冠层结构及产量的关系[J]. 东北农业科学, 2017, 42(5): 1-5.
- [11] 高晓飞, 谢云, 王晓岚. 冬小麦冠层消光系数日变化的实验研究[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 137-140.
- [12] 齐军航, 张晓明, 潘莹. 不同播期对黄秋葵产量及品质的影响[J]. 南方农业, 2017, 35(11): 17-18.
- [13] Wull schleger S D, Oosterhuis D M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls[J]. Crop Science, 1990, 30: 1259-1264.
- [14] 赵阳佳, 张震东, 南张杰, 等. [J]. 种植密度与施氮量对春玉米产量和品质的影响[J]. 东北农业科学, 2020, 45(1): 17-20, 67.
- [15] 刘丽新, 姚天旭, 张文韬, 等. 基于群体生长及微气象因子对苏打盐碱稻区不同水稻产量层次差异解析[J]. 东北农业科学, 2023, 48(2): 6-12.
- [16] 宋聚红, 王海山, 吴然, 等. 种植密度对黄秋葵生长势、抗病性和产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(3): 47-49.

(责任编辑: 王 昱)