

马宗桓,贺雅娟,李蔚,等.施氮时期对‘马瑟兰’葡萄果实芳香物质组分与含量的影响[J].中国沙漠,2021,41(4):247-256.

## 施氮时期对‘马瑟兰’葡萄果实芳香物质组分与含量的影响

马宗桓<sup>1a</sup>,贺雅娟<sup>1a</sup>,李蔚<sup>1b</sup>,李文芳<sup>1a</sup>,郭艳兰<sup>2</sup>,  
左存武<sup>1a</sup>,毛娟<sup>1a</sup>,陈佰鸿<sup>1a</sup>

(1.甘肃农业大学 a.园艺学院, b.食品科学与工程学院,甘肃兰州 730070; 2.武威市林业科学研究院,甘肃武威 733000)

**摘要:**采用顶空固相微萃取技术(HS-SPME)、气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对‘马瑟兰’葡萄果实中芳香物质成分进行分析,分别在萌芽期、新梢旺长期、开花期、果实第1次膨大期、副梢旺长期和果实第二次膨大期一次性施入氮肥,以不施氮肥作为对照(CK),研究不同施氮时期对果实芳香物质组分及含量的影响。结果表明:‘马瑟兰’葡萄果实中共检测出40种芳香物质成分,总含量为1 789.49—3 320.29  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其中有11种特征香气成分,以醇类和醛类化合物为主,氮素施用时期对果实芳香物质的成分和含量均有显著的影响;施氮可改变果实的香味特征,果实第二次膨大期施氮果实中芳香物质总含量最高且种类较多,有利于提高醇类、醛类及烷烃类化合物含量;该处理改变了果实以草香味为主的香味特征,此时花香和脂膏香最为浓郁;开花期施氮果实中草香、脂膏香和花香基本平衡,同时增加了果香味的比例。通过氮素施用时期可调控葡萄果实芳香物质的形成,进而改善果实的酿造品质。

**关键词:**‘马瑟兰’葡萄;施肥时期;芳香物质;特征香气

文章编号: 1000-694X(2021)04-247-10

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2021.00067

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

### 0 引言

葡萄是世界广泛栽培的果树,为落叶藤本植物。中国是葡萄生产大国,葡萄产量约占全球葡萄产量的20%<sup>[1]</sup>,2007—2016年中国葡萄产量快速增长,成为国内第四大水果,2018年,中国的葡萄栽培面积已超过70万 $\text{hm}^2$ ,产量也已超过1 300万t,是改革开放初期的78倍。目前,中国葡萄栽培面积世界排名第二,产量居世界首位<sup>[2-4]</sup>。

芳香物质是水果的标志性特征,是构成葡萄品质的主要指标。葡萄果实香味由多种化合物组成,主要有萜烯类、C13-降异戊二烯衍生类、芳香族化合物、挥发性脂肪族化合物、吡嗪类化合物和含硫化合物<sup>[5]</sup>。不同葡萄品种呈现出不同的香味,葡萄

的成熟度、土壤条件、光照强度等环境因素与栽培管理技术也会影响芳香物质的形成<sup>[6]</sup>。气候变化对酿酒葡萄果实芳香物质积累的影响明显大于葡萄园的海拔,随着葡萄园海拔的增加,酿酒葡萄果实中吡嗪类和直链脂肪醛类物质的含量显著升高,因此应适当延迟采收以减少果实的生青味<sup>[7]</sup>。魏志峰等<sup>[8]</sup>对葡萄果穗进行套袋处理后,果袋内外光照强度、温度、湿度和透光率产生差异,能够显著影响果实的外观品质与芳香化合物的种类。魏玲玲等<sup>[9]</sup>对‘阳光玫瑰’葡萄果实在盛花期后1周进行单穗不同留果量处理,结果表明每穗保留40个果粒能够明显改善果实的外观品质,并且有利于葡萄果实后期芳香物质的积累。史祥宾等<sup>[10]</sup>以‘京蜜’葡萄为试验材料,提出高光效省力化“V”形叶幕设施栽

收稿日期:2021-01-02; 改回日期:2021-04-03

资助项目:甘肃农业大学招博士科研启动基金项目(GAU-KYQD-2019-18);甘肃农业大学伏羲青年英才项目(GAUfx-04Y05);甘肃省科技重大专项(18ZD2NA006);陇原青年创新创业人才项目

作者简介:马宗桓(1988—),男,甘肃会宁人,讲师,主要研究方向为果树逆境生理与生长调控。E-mail: mazohu@163.com

通信作者:陈佰鸿(E-mail: bhch@gsau.edu.cn)

培葡萄的果实香气更浓,更能体现品种特性。史星雲等<sup>[11]</sup>指出,施肥处理能够显著提高葡萄果实芳香物质的含量、改变果实中芳香物质种类,提高酿酒葡萄品质。可见,环境调控能够有效刺激葡萄果实中挥发性成分的合成,进而影响果实的风味与感官品质。

前人研究主要在氮肥种类及施入总量对果实芳香物质形成的影响方面,不同施氮时期如何影响芳香物质的形成还未见报道。本研究以‘马瑟兰’为供试材料,在不同生长发育时期一次性施入氮素,对采收期葡萄果实芳香物质成分及含量进行测定,分析施氮时期对成熟期果实中芳香物质种类和含量的影响,以期对氮素调控酿酒葡萄芳香物质合成,进而为酿造高品质葡萄酒提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

#### 1.1.1 试验材料

试验于2016—2019年在甘肃省武威市林业科学研究院进行,该试验基地海拔1 632 m,日照充足且昼夜温差大、土层深厚、透气良好,年降雨量为191 mm,年平均气温6.9 °C,气候凉爽,无霜期150 d,试验地原料土壤为中性到弱碱性的砾质沙壤土。以‘马瑟兰’葡萄作为供试品种,树龄为9年生,株行距为0.5 m×3 m,无主蔓扇形整形,每株选留5个结果枝,结果枝各留1穗果。试验地采用滴灌方式进行灌水,年灌水量为4 800 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O的施入量分别为120 kg·hm<sup>-2</sup>和240 kg·hm<sup>-2</sup>,分别在萌芽前施入总施肥量的40%、新梢生长期施入20%、果实膨大期施入30%、果实转色前施入10%,施入时,在距离葡萄主干30 cm开沟,均匀施入后灌水。

#### 1.1.2 试验设计

共设置6个施氮时期,分别为S1(萌芽期)、S2(新梢旺长期)、S3(开花期)、S4(果实第1次膨大期)、S5(副梢旺长期)和S6(果实第2次膨大期),分别在对应生育期一次性施入尿素300 kg·hm<sup>-2</sup>,其他时期均不再施入氮肥,以不施入氮肥作为空白对照(CK)。单行作为一个处理,每行定值120株,每个处理设置3次生物学重复,共21行,连续3年施肥处

理并在第3年(2019年)采样,分析不同处理芳香物质特征。在果实成熟期选取大小一致、着色均匀、无病虫害、无机械损伤的果穗,每行取10个果穗作为一个重复,每个处理共取30个果穗,采样后立即带回实验室。从每个果穗的上、中、下3个部位随机选取30粒果实,液氮速冻后-80 °C下保存待测。

### 1.2 仪器与设备

1310-ISQ型气相色谱-质谱联用仪(Thermo Scientific,美国);75 μm CAR/PDMS手动SPME进样手柄、萃取头(上海安谱科学仪器有限公司);HH-S型恒温水浴锅(金坛市恒丰仪器厂)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 果实芳香物质的测定

果实芳香物质的测定参照Wang等<sup>[12]</sup>的方法并加以改进。从超低温冰箱内取出葡萄样品,去除果梗、葡萄籽,称取100 g放入小型榨汁机打成匀浆,加入1 g PVPP和0.5 g D-葡萄糖酸内酯,4 °C下超声提取30 min,8 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min,取上清液备用。吸取10 mL上清液转入20 mL进样瓶中,加入2.4 g氯化钠和50 μL浓度为88.2 ppm的2-辛醇(内标物),并放入磁力搅拌转子,用硅胶隔垫加盖密封。用DVB/CAR/PAMS纤维萃取头于40 °C下萃取30 min,后用GC-MS进样分析,每个处理设置3次生物学重复。

#### 1.3.2 气相质谱条件

进样量1 μL,不分流进样。进样口温度为240 °C;程序升温为:初始温度40 °C下保持2 min,以3 °C·min<sup>-1</sup>升至210 °C后,再以5 °C·min<sup>-1</sup>升至240 °C并保持5 min。电离方式EI;电离电压为70 eV,在35—350 m·z<sup>-1</sup>的质量范围内进行扫描。最后将检测出的化合物通过NIST和Wiley质谱库检索比对鉴别<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.3 计算芳香物质各组分的含量

根据前人已有的研究报道得出各挥发性物质的气味描述及阈值<sup>[14-18]</sup>(化合物气味阈值均为在水中的阈值浓度),分析果实芳香物质特征;参考Wu等<sup>[14]</sup>的方法将葡萄果实的芳香物质分为7个芳香系列(图2)。

$$\text{芳香物质各组分含量} = \frac{\text{各组分的峰面积/内标的峰面积} \times \text{内标浓度} \times 0.05 \times 1000}{\text{样品量}}$$

香气值 = 某种化合物的含量/该化合物的香气阈值

## 1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件对试验数据进行统计处理,采用 SPSS 20 软件进行单因素方差分析来对比其差异显著性,利用 Origin 2018 软件构建葡萄果实香气轮廓图。

## 2 结果与分析

### 2.1 葡萄果实主要芳香物质成分

如表 1 所列,共检测出 8 大类 40 种芳香物质成分,分别为 10 种醇、9 种醛、3 种酯、3 种酮、5 种酚、3 种酸、6 种烷烃类和 1 种烯烃类。各处理之间芳香物

质组分与含量均存在显著性差异,S2、S3、S4、S5 和 S6 处理后芳香物质种类与对照相比显著增加,其中 S3 处理后芳香物质种类最多,有 28 种,S1 处理后芳香物质种类与对照相比显著减少,为 21 种;7 个处理下芳香物质总量 1 789.49—7 719.33  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其中对照芳香物质总含量显著高于其他处理,达 7 719.33  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其余处理下芳香物质总含量从大到小依次是 S6、S5、S2、S1、S4、S3,其对应含量分别为 7 719.33、3 320.29、2 728.87、2 250.64、2 171.74、2 167.70、1 789.49  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。从图 1 可知,每个处理下醛类、醇类和烷烃类含量较高,其累计含量占总含量的 92% 以上,而酯类、酮类、酚类、酸类和烯烃类含量均较低,其含量与总含量的比值为 0.05%—4.97%。

表 1 施氮时期处理后对‘马瑟兰’葡萄果实中芳香物质含量的影响

Table 1 Contents of volatile substances in 'Marselan' grape berries after different nitrogen application periods

芳香物质组分	阈值 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	香味描述	香系	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )						
				CK	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1-壬醇	50	玫瑰-橙香	2	6.49 <sup>abc</sup>	3.64 <sup>c</sup>	5.28 <sup>bc</sup>	4.88 <sup>bc</sup>	8.58 <sup>ab</sup>	7.77 <sup>abc</sup>	9.69 <sup>a</sup>
苯乙醇	1 100	花香,玫瑰味,蜂蜜味	2	53.25 <sup>a</sup>	10.69 <sup>c</sup>	47.17 <sup>a</sup>	15.91 <sup>bc</sup>	71.77 <sup>a</sup>	43.25 <sup>ab</sup>	63.31 <sup>a</sup>
反式-2-己烯-1-醇	100	草本香,青菜味	1	285.78 <sup>ab</sup>	71.19 <sup>c</sup>	180.71 <sup>cd</sup>	98.53 <sup>dc</sup>	144.86 <sup>cde</sup>	198.75 <sup>bc</sup>	300.58 <sup>a</sup>
香叶醇	40	柠檬味,花香,橙子味,玫瑰味,天竺葵香	2	98.84 <sup>ab</sup>	45.15 <sup>c</sup>	85.43 <sup>b</sup>	42.21 <sup>c</sup>	114.81 <sup>a</sup>	86.68 <sup>ab</sup>	92.38 <sup>ab</sup>
叶醇	70	青草味,草本香,青菜味,脂肪,苦味	1,7	46.09 <sup>b</sup>	15.06 <sup>c</sup>	27.6 <sup>c</sup>	—	—	—	63.43 <sup>a</sup>
正己醇	500	花,青菜,鲜草味,草木	1,2	858.22 <sup>a</sup>	99.57 <sup>f</sup>	260.17 <sup>d</sup>	176.77 <sup>e</sup>	291.53 <sup>cd</sup>	344.15 <sup>c</sup>	547.4 <sup>b</sup>
6,6-二甲基二环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醇				6.99 <sup>a</sup>	—	—	—	7.29 <sup>a</sup>	3.61 <sup>a</sup>	7.79 <sup>a</sup>
2-庚醇	70	果香,草本香	1,3	—	—	—	—	—	—	5.50
1-十六烷醇				—	—	—	—	—	—	5.96
反式-2-辛烯-1-醇				2.02	—	—	—	—	—	—
醇类共计				1 357.68	245.30	606.36	338.30	638.84	684.21	1 096.04
醇类百分比				17.59%	11.30%	26.94%	18.90%	29.47%	25.07%	33.01%
苯甲醛	350	芳香,焦糖味	2,3,4,5	191.14 <sup>bc</sup>	198.73 <sup>b</sup>	132.21 <sup>c</sup>	188.23 <sup>bc</sup>	196.99 <sup>bc</sup>	391.59 <sup>a</sup>	210.54 <sup>b</sup>
苯乙醛	4	花香,玫瑰味	2	16.47 <sup>b</sup>	7.71 <sup>b</sup>	5.30 <sup>b</sup>	22.97 <sup>b</sup>	45.59 <sup>b</sup>	49.32 <sup>a</sup>	48.63 <sup>a</sup>
反式-2-己烯醛	17	青草,草木	1	3 440.98 <sup>a</sup>	1 095.00 <sup>bc</sup>	814.32 <sup>bcd</sup>	638.68 <sup>d</sup>	786.10 <sup>cd</sup>	926.40 <sup>bcd</sup>	1 165.90 <sup>b</sup>
3-己烯醛	0.25	青草	1	82.38	—	—	—	—	—	—
己醛	4.5	绿色蔬菜	1	2224.15 <sup>a</sup>	444.15 <sup>b</sup>	451.06 <sup>b</sup>	274.86 <sup>b</sup>	280.40 <sup>b</sup>	456.62 <sup>b</sup>	645.52 <sup>b</sup>
壬醛	1	脂肪,柑橘,青菜,果味	1,3	—	15.08 <sup>b</sup>	12.62 <sup>b</sup>	38.50 <sup>ab</sup>	36.88 <sup>ab</sup>	64.39 <sup>a</sup>	—
(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛				5.03 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	5.65 <sup>a</sup>
癸醛	0.1	肥皂,油脂味		—	—	—	—	1.29	—	—
(E,E)-2,4-己二烯醛				55.41	—	—	—	—	—	—
醛类共计				6 015.56	1 760.67	1 415.51	1 163.24	1 347.25	1 888.32	2 076.24

续表1

芳香物质组分	阈值 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	香味描述	香系	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )						
				CK	S1	S2	S3	S4	S5	S6
醛类百分比				77.93%	81.07%	62.89%	65.00%	62.15%	69.20%	62.53%
酯类										
十四酸乙酯	4 000			—	—	2.27 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>	—	—	—
棕榈酸异丙酯				—	—	3.72 <sup>a</sup>	3.87 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>	4.71 <sup>a</sup>	—
乙酸仲丁酯				—	—	—	—	—	9.61	—
酯类共计				—	—	5.99	5.80	3.84	14.32	—
酯类百分比				—	—	0.27%	0.32%	0.18%	0.52%	—
$\beta$ -紫罗酮	0.007	脂膏香,玫瑰香味,紫罗兰香	2,6	4.12 <sup>a</sup>	1.15 <sup>c</sup>	0.88 <sup>c</sup>	1.03 <sup>c</sup>	0.44 <sup>c</sup>	0.61 <sup>c</sup>	2.17 <sup>b</sup>
甲基庚烯酮		新鲜的青香,柑橘样气息		—	9.59 <sup>a</sup>	24.68 <sup>a</sup>	19.79 <sup>a</sup>	23.05 <sup>a</sup>	12.28 <sup>a</sup>	7.28 <sup>a</sup>
香叶基丙酮	60	青香,花香	1,2	—	7.37 <sup>a</sup>	11.07 <sup>a</sup>	11.44 <sup>a</sup>	—	—	—
酮类共计				4.12	18.11	36.63	32.26	23.49	12.89	9.45
酮类百分比				0.05%	0.83%	1.63%	1.80%	1.08%	0.47%	0.28%
2,4-二叔丁基苯酚		特殊的香味		7.04 <sup>a</sup>	1.71 <sup>b</sup>	1.37 <sup>b</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.59 <sup>b</sup>	1.38 <sup>b</sup>	1.15 <sup>b</sup>
2,6-二叔丁基对甲酚				133.20 <sup>a</sup>	63.53 <sup>b</sup>	55.17 <sup>b</sup>	84.73 <sup>b</sup>	—	—	—
苯酚	5 500	药味的		2.88 <sup>a</sup>	1.37 <sup>bc</sup>	0.97 <sup>c</sup>	1.12 <sup>c</sup>	2.01 <sup>abc</sup>	1.71 <sup>bc</sup>	2.38 <sup>ab</sup>
邻甲酚				3.19 <sup>a</sup>	0.91 <sup>c</sup>	1.73 <sup>abc</sup>	1.16 <sup>bc</sup>	2.86 <sup>ab</sup>	1.99 <sup>abc</sup>	3.11 <sup>a</sup>
间甲酚				—	—	—	—	—	—	1.33
酚类共计				146.31	67.52	59.24	89.01	7.46	5.08	7.97
酚类百分比				1.90%	3.11%	2.63%	4.97%	0.34%	0.19%	0.24%
乙酸	60 000	醋酸气味		—	—	—	3.82 <sup>b</sup>	—	9.13 <sup>a</sup>	—
反式-2-己烯酸	1 000	脂肪,腐臭味	7	—	—	—	—	1.81	—	—
己酸	3 000	腐臭味,奶酪味,脂肪味,汗味	7	—	—	—	—	33.92	—	—
酸类共计				—	—	—	3.82	35.73	9.13	—
酸类百分比				—	—	—	0.21%	1.65%	0.33%	—
十二烷				82.98 <sup>a</sup>	21.96 <sup>b</sup>	60.80 <sup>ab</sup>	78.40 <sup>ab</sup>	47.66 <sup>ab</sup>	36.55 <sup>ab</sup>	61.43 <sup>ab</sup>
十六烷				9.59 <sup>a</sup>	6.99 <sup>ab</sup>	4.55 <sup>b</sup>	6.37 <sup>ab</sup>	7.93 <sup>ab</sup>	4.19 <sup>b</sup>	5.06 <sup>b</sup>
十四烷				—	—	12.20 <sup>ab</sup>	4.49 <sup>b</sup>	—	22.12 <sup>a</sup>	14.35 <sup>ab</sup>
十七烷				—	—	—	2.82	—	—	—
三十二烷				—	—	—	—	21.11 <sup>a</sup>	13.58 <sup>a</sup>	—
正十三烷				97.08 <sup>a</sup>	51.19 <sup>b</sup>	44.56 <sup>b</sup>	57.04 <sup>b</sup>	34.39 <sup>b</sup>	34.84 <sup>b</sup>	49.75 <sup>b</sup>
烷烃类共计				189.65	80.14	122.11	149.12	111.09	111.28	130.59
烷烃类百分比				2.46%	3.69%	5.43%	8.33%	5.12%	4.08%	3.93%
双戊烯				6.01 <sup>ab</sup>	—	4.80 <sup>a</sup>	7.94 <sup>a</sup>	—	3.64 <sup>a</sup>	—
烯烃类共计				6.01	—	4.80	7.94	—	3.64	—
烯烃类百分比				0.08%	—	0.21%	0.44%	—	0.13%	—
总计				7 719.33	2 171.74	2 250.64	1 789.49	2 167.70	2 728.87	3 320.29

气味系列:1,草香;2,花香;3,果香;4,甜香;5,烤香;6,脂膏香;7,脂肪香。—表示未检测出该化合物。同行数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

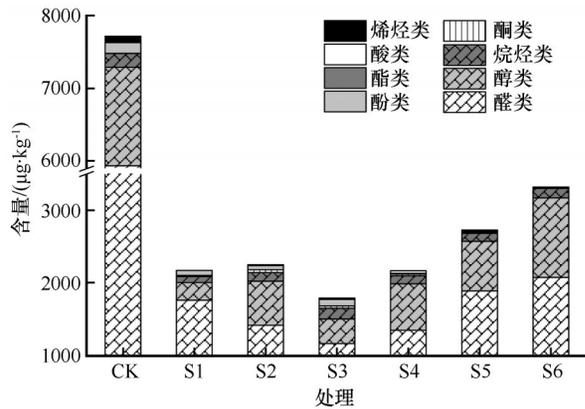


图1 施肥时期对‘马瑟兰’葡萄果实中各种芳香物质含量的影响

Fig.1 The contents of various volatile substances in 'Marselan' grape berries after different fertilization periods

醛类和醇类是‘马瑟兰’葡萄果实中重要的芳香物质,且这两类化合物在果实芳香物质总含量中所占比重较大,醛类占芳香物质总含量的62.15%—81.07%,醇类占芳香物质总含量的11.30%—33.01%。施氮处理后共检测到醛及醇类物质共9种,分别为苯甲醛、苯乙醛、反式-2-己烯醛、己醛、1-壬醇、苯乙醇、反式-2-己烯-1-醇、香叶醇和正己醇。S5处理后果实中苯甲醛含量显著高于其他处理,为 $391.59 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,S5、S6处理后果实中苯乙醛含量与其他处理相比显著提高,其中S2处理后该化合物含量最低,为 $5.30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,约为S5处理的10.75%;反式-2-己烯醛和己醛的含量在对照处理下均显著高于其余处理,且在对照处理下这两种化合物含量均显著高于其他种类化合物,含量分别为 $3440.98 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $2224.15 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,累计含量占该处理中芳香物质总量的73.34%。果实中苯乙醇和香叶醇两种芳香物质成分均属于花香味香气类型,二者含量在S1和S3处理后均显著低于对照处理,每种化合物含量平均降低了 $40 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。从醛类和醇类化合物组分可以看出,2-庚醇和1-十六烷醇是S6处理独有的芳香物质组分,含量分别为 $5.50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $5.96 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;(E,E)-2,4-己二烯醛、3-己烯醛和反式-2-辛烯-1-醇是CK独有的芳香物质组分,含量分别为 $5.03$ 、 $82.38 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $2.02 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;癸醛具有特殊的油脂气味,是S4处理独有的芳香物质组分,含量为 $1.29 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

烷烴类、酮类和酚类物质在不同施氮时期处理下均能检测到,但3类化合物含量存在显著差异。不同处理下烷烴类物质含量 $80.14$ — $189.65 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其

中共有成分为十二烷、正十三烷和十六烷,十七烷是S3处理独有的芳香物质组分,含量为 $2.82 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。共检测到3种酮类化合物,分别为 $\beta$ -紫罗酮、甲基庚烯酮和香叶基丙酮。随着施氮时期的推迟,果实中酮类物质总含量呈现出先升高后降低的趋势,在S2处理时达到最大值,为 $36.63 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,在S3处理时酮类物质含量略有下降,但该类物质的相对含量达到最大值(1.80%); $\beta$ -紫罗酮在各处理后均能检测到,但是含量存在显著差异,在S1、S2、S3、S4和S5处理下 $\beta$ -紫罗酮含量显著低于S6和对照处理;香叶基丙酮和甲基庚烯酮在施氮处理后均能检测到且含量无显著性差异,但在对照中未检测出。2,4-二叔丁基苯酚、苯酚和邻甲酚在各处理后均能检测到,且随着施氮时期的推迟,2,4-二叔丁基苯酚含量呈现出波动性变化;2,6-二叔丁基对甲酚含量在对照处理时最大,为 $133.2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,随着施氮时期的推迟总体上表现出下降趋势,且在S1处理后迅速下降,在S4—S6处理后未检测到,间甲酚是S6处理独有的芳香物质组分。十四酸乙酯和棕榈酸异丙酯分别出现在S2、S3和S2、S3、S4、S5处理果实中,且含量无显著性差异;乙酸仲丁酯为S5处理的独有芳香物质组分。乙酸出现在S3和S5处理后,且后者含量显著高于前者;己酸和反式-2-己烯酸是S4处理的独有芳香物质组分。

## 2.2 葡萄果实中特征芳香物质成分

不同处理‘马瑟兰’果实中共检测出40种芳香物质,各类芳香物质含量存在差异,香叶醇、苯乙醛、反式-2-己烯醛、己醛和 $\beta$ -紫罗酮为各处理共有特征芳香物质成分,构成草香、花香和脂膏香为主体的香味特征。

由表2可知,本研究中共鉴定出11种特征芳香物质,包括3种醇、7种醛和1种酮,醇和醛类物质是草本香、花香味的主要贡献者,其中苯甲醛散发的芳香和焦糖味又能增强葡萄果实中的甜味和烤香味。醇类化合物有反式-2-己烯-1-醇、香叶醇和正己醇,该类物质的香气值均在S6处理后达到最大值,但与对照相比无显著性差异,香叶醇的香气值在各处理中均大于1,而正己醇含量只有在对照和S6处理后大于其阈值,对葡萄果实香气产生作用。苯乙醛、反式-2-己烯醛和己醛的香气值在各处理后均大于1,但香气值存在显著性差异,说明这3种醛类化

合物对不同施氮时期处理后的葡萄果实香气贡献有所不同,其中己醛贡献最大、其次为反式-2-己烯醛,苯乙醛的贡献最小。CK、S4和S5处理与其他处理相比表现出一定的特异性,S5处理后果实中苯甲醛的香气值大于1,而其他处理苯甲醛的香气值均

小于1;S4处理后果实中癸醛的香气值以及对照中3-己烯醛的香气值均大于1,而其他处理未检测到这两种物质。在所有处理中均检测到 $\beta$ -紫罗酮且香气值均大于1,说明此化合物是‘马瑟兰’葡萄的特征成分且不受施氮时期的调控。

表2 不同施氮时期处理后‘马瑟兰’葡萄特征芳香物质成分及香气值

Table 2 The characteristic aroma components and aroma values of 'Marselan' grapes at different nitrogen application periods

芳香物质组分	香气值						
	CK	S1	S2	S3	S4	S5	S6
反式-2-己烯-1-醇	2.86	0.71	1.81	0.99	1.45	1.99	3.01
香叶醇	2.47	1.13	2.14	1.06	2.87	2.17	2.31
正己醇	1.72	0.20	0.52	0.35	0.58	0.69	1.09
苯甲醛	0.55	0.57	0.38	0.54	0.56	1.12	0.60
苯乙醛	4.12	1.93	1.33	5.74	11.40	12.33	12.16
反式-2-己烯醛	202.41	64.41	47.90	37.57	46.24	54.49	68.58
己醛	494.26	98.70	100.24	61.08	62.31	101.47	143.45
3-己烯醛	329.52	—	—	—	—	—	—
壬醛	—	15.08	12.62	38.50	36.88	64.39	—
癸醛	—	—	—	—	12.90	—	—
$\beta$ -紫罗酮	588.57	164.29	125.71	147.14	62.86	87.14	310.00

### 2.3 葡萄果实的香气轮廓

为进一步有效了解不同施氮时期‘马瑟兰’葡萄果实芳香物质组分总体分布状况,使用香气值和葡萄酒香气轮盘建立‘马瑟兰’葡萄的香气轮廓图。在检测出的芳香物质中香叶醇、苯乙醛、反式-2-己烯醛、己醛和 $\beta$ -紫罗酮为共有特征芳香物质成分,构成草香、花香和脂膏香为主体的香味特征(图2)。  
‘马瑟兰’葡萄的香型以草香为主,其次为花香、脂膏香,不同施氮时期处理后以花香、草香、脂膏香和果香为主,但浓郁程度各不相同。S1处理后果实中草香最为浓郁,其次为花香和脂膏香,但与对照相比果香味有所增加;S2处理后果实中花香与脂膏香同时减少,而草香和果香与S1相比无显著变化;S3处理后果实中以花香和脂膏香为主,其次为草香,果香型香气值与前者处理相比显著增加;S4处理后花香型与脂膏香型的香气值显著降低,果实香味以草香为主,其次为花香、脂膏香和果香;S5处理后果实中各香型的分布情况与S4相同,但各香味类型的香气值均有所增加;S6处理改变了果实香味分布情

况,其中花香型和脂膏香型的香气值与其他施氮时期相比显著增加,且在该处理下二者香味最为浓郁,其次为草香,但无果香味。

### 3 讨论与结论

葡萄酒中芳香物质超过1 300种,主要包括醇类、醛类、酮类、酸类等,其中芳香物质的来源既受到葡萄果实本身的影响,也受到葡萄酒发酵处理过程及陈酿方式的影响,而葡萄品种本身的影响决定了葡萄酒的口感结构及风味<sup>[19-20]</sup>。本研究发现,‘马瑟兰’葡萄果实中芳香物质成分在6个不同施氮时期处理下均以醇类和醛类化合物为主,占芳香物质总量的83.81%—95.54%,而酯类化合物含量较低;果实第二次膨大期施氮肥‘马瑟兰’果实中芳香物质总量及香气值显著高于其他施氮时期,为3 320.29  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其中开花期施氮处理果实中芳香物质总量最低,为1 789.49  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,但芳香物质种类最多。

Encarna等<sup>[21]</sup>发现在葡萄成熟期芳香物质变化过程中 $\text{C}_6$ 化合物含量很高且对葡萄芳香物质成分

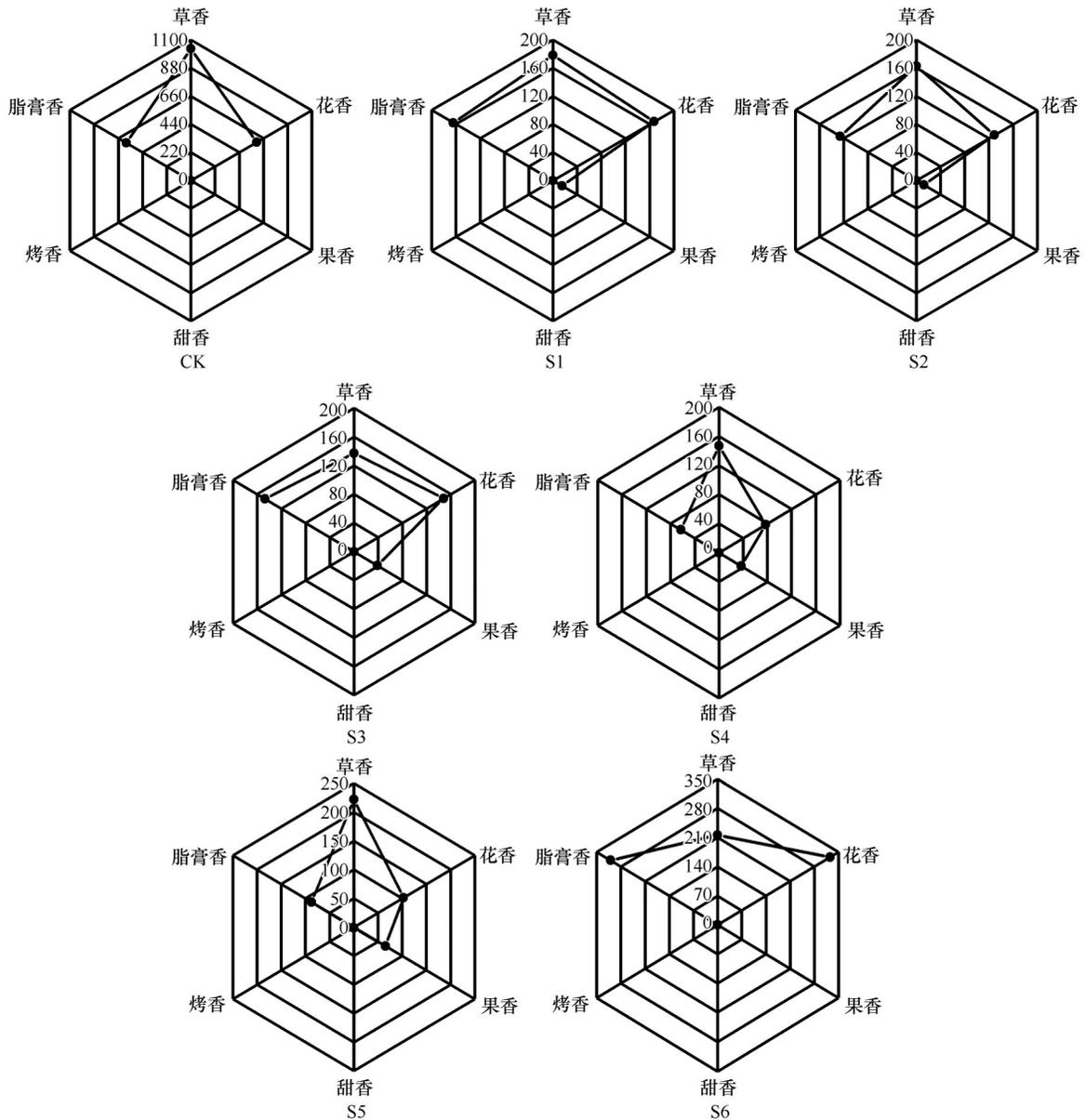


图2 ‘马瑟兰’葡萄的香气轮廓图

Fig.2 Aroma component profile of ‘Marselan’ grapes

贡献较大,因此该类化合物可作为判断葡萄果实最佳成熟期的重要指标。本研究中醇类、醛类物质含量最高,其中C<sub>6</sub>醇和C<sub>6</sub>醛类化合物总量是其他醇类、醛类物质总含量的3—15倍,且随着施氮时期的推迟此类化合物含量呈现出先降低后升高的趋势,在开花期施氮时含量最低,为1 188.84 μg·kg<sup>-1</sup>。C<sub>6</sub>化合物含量较高在樱桃<sup>[22-23]</sup>、海棠<sup>[24]</sup>、木瓜<sup>[25]</sup>、杏<sup>[26]</sup>等不同果实中都有研究报道,Wu等<sup>[14]</sup>认为C<sub>6</sub>化合物是所有葡萄品种的基础芳香物质,本研究中C<sub>6</sub>化合物总量占芳香物质含量的66.43%—88.81%,这与前人研究结果一致,康文怀等<sup>[27]</sup>对不同品种酿酒葡萄浆果中C<sub>6</sub>醛、醇类化合物含量进行对比分析,发

现‘赤霞珠’、‘梅鹿辄’和‘品丽珠’果实中C<sub>6</sub>醛、醇类化合物的相对含量均大于80%。本试验在‘马瑟兰’葡萄果实中检测出的C<sub>6</sub>醇和C<sub>6</sub>醛类化合物分别为反式-2-己烯-1-醇、叶醇、正己醇、反式-2-己烯醛、己醛和(E,E)-2,4-己二烯醛,其中反式-2-己烯醛含量在不同施氮时期处理及对照中均显著高于其他芳香物质,且该芳香物质组分表现出青草、草木气味,由于其阈值较低而含量较高,因此对果实的草香味贡献较大,这与前人研究结果一致<sup>[27-30]</sup>。

张劲等<sup>[29]</sup>利用OAV法分析‘桂葡3号’葡萄果实中的芳香物质,结果表明检测到39种芳香物质成分,其中有7种成分的OAV值较高,可视为该品种

的特征芳香物质成分,分别为丁酸乙酯、2-丁烯酸乙酯、异丁酸乙酯、己酸乙酯、己醛、4-羟基-2-丁酮和戊酸乙酯,这与本试验结果存在差异,可能是品种不同造成的差异。本研究中不同施氮时期处理后有11种特征芳香物质成分,其中有5种共有特征芳香物质成分,分别为香叶醇、苯己醛、反式-2-己烯醛、己醛和 $\beta$ -紫罗酮,且 $\beta$ -紫罗酮和己醛的香气值最高,这两种化合物分别呈现出脂膏香、玫瑰香、紫罗兰香和青草、草木、绿色蔬菜气味,这与史星云等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。张文文等<sup>[30]</sup>检测3种巨峰系葡萄的芳香物质含量,发现己醛、3-己烯醛、(E)-2-己烯醛、壬醛、癸醛、 $\beta$ -大马酮和 $\beta$ -紫罗兰酮的气味活性值均较高,且不同葡萄品种的特征芳香物质成分有所差异,各自的特征芳香物质成分与共有特征芳香物质成分共同决定其香气特征。山东不同产区‘巨峰’葡萄(E)-2-己烯醇、2-己烯醛、乙酸乙酯、酞酸二乙酯、香叶基丙酮和二苯并咪唑为特征芳香物质成分,且适当增加施肥量能够显著提高芳香物质总量和脂肪族类物质含量,产区因素是影响该葡萄品种芳香物质组分与含量的主要原因<sup>[30]</sup>。本研究中共同特征芳香物质成分组成了‘马瑟兰’葡萄果实的基础芳香物质,不同施氮时期处理后果实中各自的独有特征芳香物质成分形成了处理间的特异性。施氮不同改变了‘马瑟兰’果实以草香为主的香味特征,施氮时期后延果实草香味所占比重逐渐减小,花香和脂膏香比重逐渐增大,开花期施氮果实草香、花香和脂膏香味基本平衡,同时在该时期施氮后,果实中果香味逐渐增加,果实第1次膨大期施氮肥果实果香味占比达到最大,果实第二次膨大期施氮处理后果实无果香味,而脂膏香和花香味占比最大,草香味占比明显减小。可见,氮肥施用时期可改变‘马瑟兰’果实以草香味为主的香味特征,在果实品质改善研究中具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 韩爱华,贺雪娇,张放.2007—2016年全球葡萄、猕猴桃与樱桃生产变动分析[J].中国果业信息,2018,35(6):18-32.
- [2] 张放.2016年全国水果生产统计分析(二)[J].中国果业信息,2018,35(2):20-28.
- [3] 左倩倩,郑婷,纪薇,等.中国地方葡萄品种分布及收集利用现状[J].中外葡萄与葡萄酒,2019(5):76-80.
- [4] 张放.2017年我国进出口苹果、梨、葡萄和桃加工品情况简析[J].中国果业信息,2019,36(1):23-35.
- [5] Roubelakis-Angelakis K A. Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology [M]. New York, USA: Springer Verlag, 2009: 293-330.
- [6] 温可睿,黄敬寒,潘秋红,等.葡萄香气物质及其影响因素的研究进展[J].果树学报,2012,29(3):454-460.
- [7] 杨晓帆,高媛,韩梅梅,等.云南高原区酿酒葡萄果实香气物质的积累规律[J].中国农业科学,2014,47(12):2405-2416.
- [8] 魏志峰,李秋利,高登涛,等.不同颜色果袋对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质及香气物质的影响[J].经济林研究,2019,37(4):35-43.
- [9] 魏玲玲,王武,郑焕,等.单穗不同留果量对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质及香气物质积累的影响[J].南京农业大学学报,2019,42(5):818-826.
- [10] 史祥宾,刘凤之,程存刚,等.不同叶幕形对设施葡萄叶幕微环境、叶片质量及果实品质的影响[J].应用生态学报,2015,26(12):3730-3736.
- [11] 史星云,徐珊珊,张兆铭,等.不同施肥量对酿酒葡萄“马瑟兰”果实香气成分的影响[J].林业科技通讯,2019(9):59-67.
- [12] Wang X J, Tao Y S, Wu Y, et al. Aroma compounds and characteristics of noble-rot wines of Chardonnay grapes artificially botrytized in the vineyard[J]. Food Chemistry, 2017, 226(1): 41-50.
- [13] Fellman J K. Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits[J]. HortScience A Publication of the American Society for Horticultural Science, 2000, 32(3): 1026-1033.
- [14] Wu Y S, Duan S Y, Zhao L P, et al. Aroma characterization based on aromatic series analysis in table grapes[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 31116.
- [15] Pino J A. Odour-active compounds in mango (*Mangifera indica* L. cv. Corazon)[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2012, 47(9): 1944-1950.
- [16] Pino J A, Mesa J. Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma[J]. Flavour & Fragrance Journal, 2010, 21(2): 207-213.
- [17] Vilanova M, Genisheva Z, Bescansa L, et al. Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages[J]. Phytochemistry, 2012, 74(1): 196-205.
- [18] Fenoll J, Manso A, Hellin 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.
- [19] 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(7):2098-2104.
- [20] 赵胜建,郭紫娟,马爱红,等.酿酒葡萄新品种“马瑟兰”引种栽培及酿酒特性简介[J].中外葡萄与葡萄酒,2012(3):38-40.
- [21] Encarna G, Adrian M, Jose L. Changes in volatile compounds during maturation of some grape varieties[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1995, 67(2): 229-233.
- [22] 张序,姜远茂,彭福田,等.‘红灯’甜樱桃果实发育进程中香气成分的组成及其变化[J].中国农业科学,2007(6):1222-1228.
- [23] Girard K. Physicochemical characteristics of selected sweet

- cherry cultivars [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46(2): 471–476.
- [24] 李晓磊, 沈向, 王磊, 等. 海棠不同品种果实香气物质分析[J]. *中国农业科学*, 2008(6): 1742–1748.
- [25] 李自峰, 张可群, 朱丽琴, 等. 曹州木瓜果实香气物质的研究[J]. *林业科学*, 2007(7): 22–29.
- [26] 陈美霞, 陈学森, 周杰, 等. 杏果实不同发育阶段的香味组分及其变化[J]. *中国农业科学*, 2005(6): 1244–1249.
- [27] 康文怀, 徐岩, 崔彦志. 不同酿酒葡萄品种C<sub>6</sub>醛、醇风味化合物的比较[J]. *食品科学*, 2010, 31(8): 252–256.
- [28] 于立志, 马永昆, 张龙, 等. GC–O–MS法检测句容产区巨峰葡萄香气成分分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(8): 196–200.
- [29] 张劲, 秦晓媛, 杨莹, 等. 桂葡3号葡萄浆果特征香气成分分析[J]. *南方农业学报*, 2015, 46(5): 871–875.
- [30] 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.

## Effects of nitrogen application periods on aroma components and contents of "Marselan" wine grape in the mature period

Ma Zonghuan<sup>1a</sup>, He Yajuan<sup>1a</sup>, Li Wei<sup>1b</sup>, Li Wenfang<sup>1a</sup>, Guo Yanlan<sup>2</sup>, Zuo Cunwu<sup>1a</sup>,  
Mao Juan<sup>1a</sup>, Chen Baihong<sup>1a</sup>

(1. a. College of Horticulture / b. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Wuwei Academy of Forestry Science, Wuwei 733000, Gansu, China)

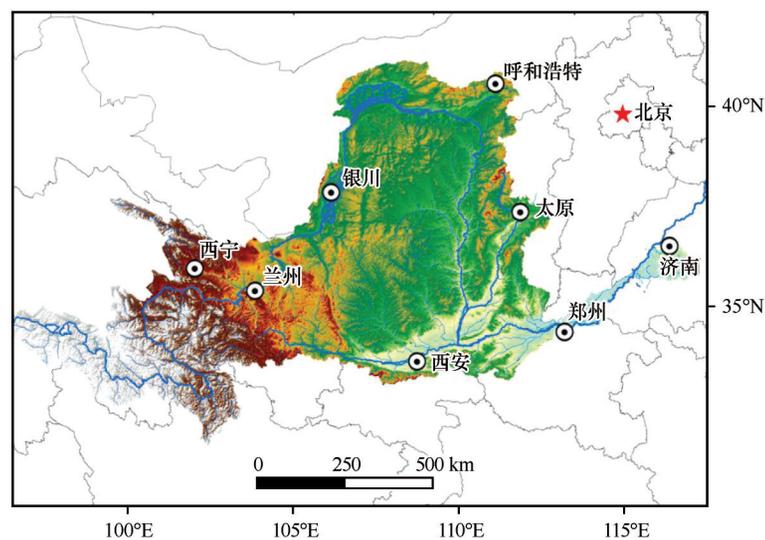
**Abstract:** Head space solid-phase micro extraction (HS-SPME) and gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) were used to analyze the aroma components of wine grape berries of *Vitis vinifera* L. 'Marselan' at different nitrogen application periods. A total of six different nitrogen application periods were set up in the experiment to determine the effects on the aroma components and content of the variety, namely the germination stage, new shoot vigorous growth stage, flowering stage, the first expansion stage of fruit, secondary shoot vigorous growth stage and the second expansion stage of fruit, no nitrogen fertilizer was used as the control (CK). The results showed that forty volatile components were detected at different nitrogen application periods in 'Marselan' wine grapes, with a total content of 1 789.49—3 320.29  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , there were eleven characteristic aroma components identified out of forty volatile components. Compared with other nitrogen application periods, S6 treatment had the highest total content of volatile substances and more types, which was beneficial to increase the content of alcohols, aldehydes and alkanes; at this time the treatment changed the distribution characteristics of fruit aroma, the flower aroma and fat paste aroma were the most rich, followed by grass aroma, the fruit aroma after the treatment of other nitrogen application period was mainly grass aroma, followed by flower aroma and fat paste aroma, and the aroma value of fruit aroma was lower.

**Key words:** 'Marselan' wine grape; fertilization period; aroma components; characteristic aroma

## 黄河流域生态保护和高质量发展专栏

《中国沙漠》创刊于1981年,是中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国治沙暨沙业学会、中国地理学会主办的主要面向沙漠科学的综合性地理期刊,连续入选“中文核心期刊”“中国科技核心期刊”“CSCD来源期刊”“RCCSE中国核心学术期刊”等。《中国沙漠》主要栏目有“沙漠与沙漠化”、“古气候与环境演变”、“生物与土壤”、“天气与气候”、“水文与水资源”、“生态与经济”、“黄河流域生态保护和高质量发展”。

黄河是中华民族的母亲河,黄河流域是我国重要的生态屏障和重要的经济地带,在我国社会经济发展和生态安全方面具有十分重要的地位。2019年9月18日,习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上发表重要讲话,确立黄河流域生态保护和高质量发展为重大国家战略。



作为一家地处黄河流域的地理期刊,《中国沙漠》开设了“黄河流域生态保护和高质量发展专栏”。一方面,该专栏面向重要学术会议(如2021年中国地理编辑出版年会“黄河流域生态保护和高质量发展”分论坛、中国地理学会黄河分会2021年学术年会、2021年“草地水土保持与黄河流域生态修复”研讨会)组织专辑,计划每年出版一到两辑,每辑论文10篇左右。另一方面,该专栏欢迎自由来稿,录用后安排尽快发表。

《中国沙漠》将尽力为作者提供优质服务。(1)投稿后一个月左右完成审稿。(2)稿件录用后一个月内完成网络优先出版。网络优先出版论文已完成所有编辑出版流程,与正式出版论文完全一致,卷期号、页码、DOI齐全。(3)保证论文编校质量。《中国沙漠》编辑校对人员素质过硬,曾获得全国出版专业技术人员资格考试甘肃省第一名和全国报刊编校技能大赛甘肃赛区个人第一名,被评为“甘肃省技术标兵”和“全国优秀地理编辑”。(4)优秀论文免收版面费。(5)为优秀论文安排个性化宣传推送。