

不同果袋对‘阳光玫瑰’葡萄香气组分及合成相关基因表达的影响

王继源,冯 娇,侯旭东,陶建敏*

(南京农业大学园艺学院,南京 210095)

摘要:【目的】探讨不同类型果袋对‘阳光玫瑰’葡萄香气组分及合成相关基因表达的影响,为葡萄生产栽培选择适宜的果袋提供理论指导。【方法】以‘阳光玫瑰’葡萄为材料,套普通单层白纸袋、透明微孔塑料袋、双层外黄内黑纸袋和单层绿纸袋4种不同果袋,以普通单层白纸袋为对照(以下简称白袋、透明袋、黑袋和绿袋)。采用实时荧光定量PCR法分析脱氧木酮糖磷酸合酶基因(*DXS3*)、香叶基二磷酸合酶基因(*GPPS*)、里那醇合成酶基因(*LIS*)的表达变化,利用GC-MS技术测定葡萄香气组分。【结果】与对照相比,套透明袋果实较大,可滴定酸含量偏低,但可溶性固形物含量高,糖酸比高,差异显著;套黑纸袋和绿袋果实可溶性固形物含量较低。套透明袋果实中单萜类物质特征香气里那醇含量丰富,香叶醇、橙花醇、萜品醇等辅助类香气含量也很高,玫瑰香气浓郁;而套黑袋果实则特征香气含量最少;套绿袋果实香气物质种类少。套透明袋果实 *DXS3*、*GPPS* 和 *LIS* 基因表达量上调,促进单萜物质生成,单萜物质含量丰富,而套黑袋抑制了基因表达,推迟了基因表达高峰,影响单萜物质生成。套绿袋果实和对照相比基因表达量没有显著性差异。【结论】套不同的果袋对‘阳光玫瑰’葡萄果实香气组分及合成相关基因表达量的变化有显著的差异。

关键词: 葡萄; 套袋; 基因表达; 香气

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2017)01-0001-11

Effects of bagging treatments with different materials on aroma components and their biosynthetic gene expression in ‘Shine Muscat’ grape berry

WANG Jiyuan, FENG Jiao, HOU Xudong, TAO Jianmin*

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: 【Objective】Aroma is one of the important sensory indexes related to fruit flavor. The flavor of grape berry consists of sweetness, sourness and aroma. Bagging can improve the appearance and internal quality of the fruit. Yet its effect may vary greatly among different bagging materials, which regenerate different microclimates. Temperature and humidity affect enzyme activities and respiration rate, and light intensity affects the supply of assimilates. In this study, experiments were performed to investigate the effects of fruit bagging with 4 types of bags on fruit flavor quality and genes expression in ‘Shine Muscat’ grape in order to understand the regulation mechanisms of aroma biosynthesis and the impact on the expression of key enzyme genes in monoterpene biosynthesis pathway, and to select the appropriate fruit bagging materials for commercial production. The 4 types of bags were the ordinary monolayer white paper bags (white bags for short), transparent micro-porous plastic bags (transparent bags for short), yellow outside black inside double-layer paper bags (black bags for short), and monolayer green paper bags (green bags for short), and bagging with white bags was used as the control. 【Methods】The samples were collected every

收稿日期: 2016-06-28 接受日期: 2016-08-11

基金项目: 国家现代农业葡萄产业技术体系(CARS-30); 国家948重点项目(2016-X19)

作者简介: 王继源,男,在读硕士研究生,主要从事果树生理与分子研究。Tel: 15651676500, E-mail: 913714939@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13905160976, E-mail: tjm266@sina.com

10 days from July 25 for 6 times. The samples were collected randomly from both the shade and sun sides with 3 biological replicates each with about 50–60 berries. The expression of genes including *DXS3*, *GPPS* and *LIS* were analyzed using qRT-PCR. Berry diameters and weight were collected using an electronic vernier caliper and an electronic balance accuracy (0.01 g), respectively. A handheld sugar meter was used to determine the Brix of the berries bagged with the 4 types of bags, and titration method used to determine the titratable acid content. The samples collected on September 5 were used to detect the aroma components with GC-MS. Juice was extracted after cleaning and centrifuged. 8 mL of the clear supernatant was transferred into a 15 mL bottle, to which 3.0 g NaCl and 5 μ L 3-octanol ($818 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) were added as the internal standards. The bottles were sealed, water bathed at 50 $^{\circ}\text{C}$ for 30 min, inserted with a solid-phase micro-extraction head and magnetic stirred at $950 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ and 50 $^{\circ}\text{C}$ for 40 min. After adsorption, the sample was transferred to the gas chromatographic injector set at 220 $^{\circ}\text{C}$ to analyze for 2 min. **【Results】** The quality parameters of fruit included size, weight, sugar-acid ratio and so on. Compared with the control, fruit bagged with transparent bags had a lower content of titratable acidity and a higher content of soluble solids, and therefore their flavor was better. The content of soluble solids in fruit treated with green bags and black bags was lower, and hence their fruit flavor was lighter. *DXS3*, *GPPS* and *LIS* genes were the key genes in monoterpene synthetic pathway. The expression levels of these genes affect monoterpene synthesis, thus affecting the rose flavor. The expression of *DXS3*, *GPPS* and *LIS* were up-regulated with transparent bags, which was beneficial to monoterpene generation. The peaks of *DXS3*, *GPPS* and *LIS* expression were delayed and down-regulated by black bags, which was negative to monoterpene production. Green bags had no significant effect. Fruit bagging significantly influenced the aromatic composition. 37 species of aromatic components were detected in white bag treatment, and 41 were found in fruit treated with transparent bags, 4 more than the control. The number of aromatic components was only 25 in fruit treated with green bags, while it was 33 in black bag treatment. The aromatic components included alcohols, aldehydes, ketones, esters, alkenes, alkanes, phenolic compounds, and others. The relative contents of alcohols and aldehydes were highest and determined the overall fragrance in ‘Shine Muscat’ grapes. The relative contents of ketones, esters and others were lower. Transparent bag treatment increased the species of aromatic components and relative contents of terpenoids such as linalool, cis-linaloxide and geraniol, and strengthened the flavor. The relative contents of terpenoids in fruit bagged with black bags were reduced. The species of aromatic components in fruit bagged with green bags were the fewest. **【Conclusion】** Fruit bagging with different bags had significant difference on aroma components and the expression of key biosynthesis genes in ‘Shine Muscat’ grape.

Key words: Grape; Bagging; Gene expression; Aroma

果实的风味物质由呈香和呈味物质组成,包括糖、酸、酚及芳香性物质等。香气是葡萄的重要感官指标之一。香气的种类和含量决定着葡萄的风味和品种典型性^[1]。玫瑰香型葡萄果实香气中含有丰富的单萜类物质,主要是里那醇、香叶醇、橙花醇、萜品醇和香茅醇,对玫瑰香气贡献最大的是里那醇^[2]。*DXS3*、*GPPS*和*LIS*基因是单萜合成代谢途径中的前

期、中期和晚期关键基因^[3],其中*LIS*基因是里那醇合成酶,这些基因表达量的高低影响着单萜类物质的合成量,从而影响玫瑰风味。

果实套袋技术已广泛应用于葡萄的生产栽培。目前,在苹果、梨、葡萄等果树上已有许多报道,果实套袋可以改善外观质量,减少农药残留,防止病虫害,耐贮藏,有效提高果实的商品性^[4-6]。郭

东花等^[7]对‘阿布白’桃果实香气的研究表明,套袋提高了桃果实中醇类物质的含量,降低了酯类物质的含量;套袋果实之间的特征性香气成分也存在差异,单层外黄内黑纸袋的内酯类物质较其他果袋含量高,可为果实提供丰富的果香味。赵峰等^[8]对‘红富士’苹果的研究表明,未套袋‘红富士’苹果的芳香成分中酯类、醛类和醇类化合物的相对含量均较高,但以酯类化合物含量最高。套袋后‘红富士’苹果果实风味变淡,芳香成分总量减少,而且由于酯类和醇类物质含量均有不同程度的降低,醛类物质含量有所上升,为未套袋果的1.77倍,因此,‘红富士’苹果的特有风味有所改变。杭洁等^[9]对酿酒葡萄‘赤霞珠’和‘蛇龙珠’进行套袋遮光处理,研究表明,遮光处理可抑制样品酿酒葡萄果实醇类物质的释放,促进醛类物质释放。‘赤霞珠’果实中萜烯类含量遮光处理要略高于对照,‘蛇龙珠’葡萄果实中萜烯类含量却相反,说明套袋处理对不同品种葡萄果实萜类物质合成途径的影响有差异性。前人研究表明,套袋不利于香气生成,会减少香气物质的种类和数量,导致风味淡化,但不同类型果袋对鲜食葡萄香气影响在国内鲜有报道。

笔者以‘阳光玫瑰’葡萄为试验材料,套4种不同果袋,一是为了探明不同果袋对‘阳光玫瑰’果实香气组分和特征香气的影响,为提高果实品质、改善风味提供依据;二是为了了解不同果袋对果实中单萜生物合成途径中关键酶基因转录情况的影响,研究香气调控机制;三是为了葡萄生产栽培选择适宜的果袋。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于2015年4—10月在南京农业大学汤山葡萄试验基地进行。平棚架“H”型整形,避雨栽培,行株距为6.0 m×3.0 m。以6 a生‘阳光玫瑰’葡萄为试验材料,供试果袋为:普通单层白纸袋(对照)、透明微孔塑料袋、双层外黄内黑纸袋和单层绿纸袋(以下简称白袋、透明袋、黑袋和绿袋),花后35 d,每种果袋选取长势一致的3株植株,在每株树四个方向进行套袋,挂牌做标记,田间土肥水管理及病虫害防治同常规。

1.2 方法

1.2.1 样品采集 从7月25日开始,每隔10 d取1

次样,共取6次。取样时兼顾阴阳两面,上中下随机采取50~60粒,每一株作为1个重复,共3个生物学重复。采样后立即放入冰盒,带回实验室放于-70℃冰箱保存备用。

于9月5日果实成熟时,采样检测其生理和香气物质。

1.2.2 果实品质分析 用电子游标卡尺测量果实纵横径,用电子天平精度(0.01 g)测定果实单果质量,用RA-250手持式糖度计测定可溶性固形物含量,用酸碱中和滴定法测可滴定酸含量。

1.2.3 果实芳香化合物测定 仪器与试剂:Trace GC-MS 联用仪(Finnigam, USA); 50/30 μmPDMS/DVB/CAR SPME 萃取头(Supelco, USA); 固相微萃取手柄(Supelco, USA); PC-420D 数字型磁力加热搅拌装置(Corning, USA); 3-辛醇标准品。

挥发性成分的提取:将每一份葡萄果实样品进行清洗、破碎、榨汁、离心,取澄清液8 mL置于15 mL顶空瓶中,加入磁力搅拌子、3.0 g NaCl和5 μL 818 mg·L⁻¹的3-辛醇(内标),加盖密封。在50℃下水浴30 min,然后置于磁力搅拌器上,插入萃取头,于50℃吸附40 min,磁力搅拌子转速为950 r·min⁻¹。吸附后,萃取头转移至220℃的气相色谱进样口中以无分流方式热解析2 min进行分析。

程序条件:采用J&W122-4732DB-17 ms(30 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管柱,升温程序为:40℃保持5 min,然后以2℃·min⁻¹升至70℃,保持2 min,以3℃升至120℃,再以5℃·min⁻¹升至150℃,最后以10℃·min⁻¹升至220℃,保持2 min。转移线温度为280℃。质谱检测器采用EI模式,电压为70 eV;离子源温度为230℃;扫描速率为2.88 scan·s⁻¹;质谱检测范围为m/z 29-540,载气为氦气,流速为1.0 mL·min⁻¹。

1.2.4 总RNA的提取和荧光定量PCR 采用RNA提取试剂盒(Foregene)提取果实总RNA,以总RNA为模板利用Takara Prime ScriptTMRT-PCR试剂盒反转录合成cDNA。荧光定量RT-PCR以EF1-α为内参基因,在萜类生物合成途径中的3个关键酶基因的引物参照Martin等^[10]的方法,引物由上海捷瑞生物工程有限公司合成(表1)。PCR 20 μL反应体系为:Takara SYBR Premix Ex Taq(TaKaRa 10 μL,上游引物和下游引物各0.4 μL,稀释10×的cDNA 1 μL和8.2 μL去离子水。反应程序如下:95℃预变性

表 1 荧光定量 PCR 引物序列
Table 1 The primers for qRT-PCR

基因类别 Gene category	基因名称 Gene name	引物序列 Primer sequence(5'→3')
代谢途径前期基因 Gene in the early step of pathway	<i>DXS3</i>	F:GAAGGCTCTGTGAGGGTTT R:TCCTCTGGTGATGCCTGTCT
代谢途径中期基因 Gene in the middle step of pathway	<i>GPPS</i>	F:AGAATCTGGGATTGGCATTCC R:TGGCGGATGTCAGACAATGA
代谢途径晚期基因 Gene in the late step of pathway	<i>LIS</i>	F:TGGGATCTCTCCTGCCTTTT R:GCAGTAGCACAAGCACAACA
内参基因 Reference gene	<i>Efla</i>	F:GAAGTGGGTGCTTGATAGGC R:AACCAAAATATCCGGAGTAAAAGA
	<i>Ubiquitin</i>	F:GTGGTATTATTGAGCCATCCTT R:AACCTCCAATCCAGTCATCTAC

4 min, 95 °C 变性 20 s, 60 °C 退火 20 s, 72 °C 延伸 40 s, 40 个循环。计算公式为 $X = 2^{-\Delta\Delta Ct}$, $\Delta Ct = Ct(\text{目的}$

基因)-Ct(内参基因)。

1.3 数据处理

质谱图采用标准谱库 NIST/WILEY 和相关文献搜索,用峰面积归一法测得相对含量,所测物质用 3-辛醇定量。

试验数据采用 Excel、SPSS17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同果袋对果实品质的影响

由表 2 可以看出,与白袋相比,套透明袋果实纵横径和单果质量最大,其他套袋果实间没有显著性差异。套透明袋果实的可滴定酸含量偏低,但可溶性固形物含量最高,糖酸比高,差异显著;套黑纸袋和绿袋果实可溶性固形物含量较低,糖酸比低。

表 2 不同果袋对‘阳光玫瑰’果实品质的影响

Table 2 Effects of different fruit bags on fruit quality of ‘Shine Muscat’ grape

处理 Treatments	果实纵径 Longitudinal diameter/mm	果实横径 Transverse diameter/mm	单果质量 Average berry mass/g	ω (可滴定酸) Titrable acidity content/%	ω (可溶性固形物) Soluble solids content/%
黑袋 Black bag	31.26±0.14 b	24.16±0.35 a	11.87±0.21 b	0.22±0.04 a	22.01±0.23 c
透明袋 Transparent bag	34.52±0.33 a	25.31±0.23 a	12.51±0.37 a	0.19±0.01 a	28.05±0.31 a
绿袋 Green bag	31.16±0.76 b	23.90±0.28 a	11.75±0.32 b	0.21±0.12 a	22.53±0.45 c
白袋 White bag	32.25±0.42 b	24.34±0.42 a	11.82±0.43 b	0.20±0.03 a	24.25±0.39 b

注:同列数字后不同小写字母表示 5% 显著性差异水平。下同。

Note: Different small letters in the same columns indicate significant difference at $P \leq 0.05$. The same below.

2.2 不同果袋对葡萄果实香气成分的影响

2.2.1 果实香气成分种类和总物质含量比较 由表 3 可以看出,不同果袋处理显著影响了果实中香气成分种类,套白袋葡萄果实香气成分种类有 37 种,套透明袋葡萄果实香气成分种类最多,为 41 种,比

对照多了 4 种;套绿袋抑制了葡萄香气的生成,成分种类最少,为 25 种,比对照少了 12 种;套黑袋葡萄果实香气成分种类有 33 种,比对照少了 4 种。套袋果实香气成分主要是醇、醛、酮、酯、烯炔、烷炔、酚类化合物和其他 8 大类,其中以醇、醛和烷炔类物质最

表 3 不同果袋果实香气成分的分类比较(单位:种类)

Table 3 Numbers of aromatic components detected in different treatments

处理 Treatments	醇 Alcohol	醛 Aldehyde	酮 Ketone	酯 Ester	烯炔 Alkenes	烷炔 Alkanes	酚类化合物 Phenolic compounds	其他 Others	总计 Total
黑袋 Black bag	7	7	1	2	3	10	2	1	33
透明袋 Transparent bag	10	8	2	4	4	10	1	2	41
绿袋 Green bag	6	6	1	1	1	7	2	1	25
白袋 White bag	9	7	2	3	0	13	1	2	37

多。

由表 4 可以看出,醇类和醛类物质是‘阳光玫瑰’葡萄主要芳香物质,决定了葡萄果实的整体香味;酮类、酯类等其他物质含量低,构成葡萄香味的

特异性。套透明袋果实中醇类物质含量最高,与对照相比有显著性差异;4 种不同套袋处理醛类物质含量没有显著差异,酮类、酯类等其他物质含量都有显著性差异。

表4 不同果袋果实香气物质种类含量比较

处理 Treatments	醇 Alcohol	醛 Aldehyde	酮 Ketone	酯 Ester	烯烃 Alkenes	烷烃 Alkanes	酚类化合物 Phenolic compounds	其他 Others	总计 Total
黑袋 Black bag	546.91± 82.15 b	645.79± 75.89 a	0.48± 0.01 b	3.37± 0.25 a	2.53± 0.38 a	2.64± 0.35 b	14.58± 2.47 b	0.12± 0.01 b	1216.42± 162.47 a
透明袋 Transparent bag	916.78± 125.17 a	536.95± 66.78 a	0.75± 0.08 a	3.28± 0.43 a	1.95± 0.27 a	3.00± 0.57 ab	21.53± 4.91 ab	0.45± 0.04 a	1484.69± 201.33 a
绿袋 Green bag	666.73± 90.88 b	630.9± 70.38 a	0.78± 0.08 a	0.39± 0.13 c	0.13± 0.01 b	2.47± 0.48 b	24.41± 4.12 a	0.26± 0.01 a	1326.07± 171.15 a
白袋 White bag	591.07± 86.59 b	620.72± 63.79 a	0.96± 0.15 a	1.44± 0.08 b	0.00± 0.00 c	4.85± 0.85 a	16.58± 2.33 b	0.36± 0.03 a	1235.98± 153.47 a

2.2.2 果实中醇类物质组分分析 由表5可以看出,醇类物质中含量丰富的特征香气物质单萜醇有5种,具有玫瑰木香气的里那醇含量最高,且不同处理中,里那醇质量分数分别为27.86、223.13、79.33、101.94 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$,是葡萄果实中重要的呈味香气,套透明袋的果实中里那醇含量最高,最低的为套黑袋的葡萄果实。同时,套透明袋的果实中还含有较高香气物质含量的有花香气的顺式氧化里那醇、

α -萜品醇,有较多的玫瑰花香气的香叶醇、有青甜的橙花和玫瑰花香气的橙花醇,其质量分数分别为6.53、11.29、7.59、3.74 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 。套黑袋果实特征香气物质含量最低,套绿袋特征香气物质种类最少。除单萜醇类化合物外,具有青草味的己醇也有较高的含量,套透明袋处理偏低。此外,在成熟葡萄果实中,乙醇含量相当高,套透明袋果实中最多,具有“酒化”的效应。

表5 不同果袋果实中主要醇类香气成分

化合物种类 Compound	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	$\omega/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$			
			黑袋 Black bag	透明袋 Transparent bag	绿袋 Green bag	白袋 White bag
醇 Alcohol	乙醇 Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	241.05±43.21 c	529.67±64.56 a	393.59±52.89 bc	305.31±48.75 c
	己醇 Hexanol	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$	259.96±34.78 a	119.54±23.98 b	189.17±28.56 a	170.93±19.55 a
	顺- α,α -5-三甲基-5-乙炔基四氢吡喃-2-甲醇 2-Furanmethanol,5-ethenyltetrahydro-.alpha.,.alpha.-5-trimethyl-,cis-	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	-	6.83±1.25 a	1.19±0.24 b	0.74±0.03 b
	2,2,6-三甲基-6-乙炔基四氢-2H-吡喃-3-醇 2H-pyran-3-ol,6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	-	7.42±1.33 a	0.66±0.15 b	0.12±0.01 b
	反式-金合欢醇 Trans-Farnesolm	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	16.05±2.51	-	-	-
	2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇 2,6-Dimethyl-3,7-octadiene-2,6-diol	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	-	1.04±0.32	-	-
单萜醇 Monoterpene Alcohols	里那醇 Linalool	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	27.86±4.59 c	223.13±30.45 a	79.33±8.73 b	101.94±11.27 b
	α -萜品醇 α -Terpinenol	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	0.72±0.11 c	11.29±1.25 a	2.79±0.25 b	3.46±0.79 b
	香叶醇 Geraniol	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	0.7±1.48 c	7.59±0.03 a	-	2.87±0.02 b
	橙花醇 Cis-Geraniol	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	0.57±0.14 c	3.74±0.05 a	-	1.87±0.23 b
	顺式氧化里那醇 Cis-Linaloloxide	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	-	6.53±0.73 a	-	3.83±0.28 b

注:表中同一行数据中不同字母表示差异达5%显著水平。“-”表示未检测到。

Note: Different letters within the same row indicate significant difference at $P\leq 0.05$. “-” indicates not detected.

2.2.3 果实中醛类物质组分分析 由表6可以看出,醛类物质作为‘阳光玫瑰’果实中主要芳香物质,其中具有绿叶清香和果香的2-己烯醛的含量最高,

且不同套袋处理没有显著性差异。具有青香和果香的2,4-己二烯醛在套黑袋果实中含量最高,与其他3个处理间有显著性差异。套透明袋和套白袋果实

中的具有花香的苯乙醛含量较高。套绿袋和套白袋果实中的具有甜香、柑橘香、花香的癸醛含量较高。

2-己烯醛、2,4-己二烯醛、苯乙醛和癸醛是4个套袋处理所共有的香气成分。

表 6 不同果袋果实中主要醛类香气成分

Table 6 The contents of the main aldehydes from different fruit bagging treatments

化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	$\omega/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$			
		黑袋 Black bag	透明袋 Transparent bag	绿袋 Green bag	白袋 White bag
2-己烯醛 2-Hexenal,(E)-	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$	552.32±57.48 a	521.80±63.22 a	618.04±68.91 a	602.21±59.74 a
2,4-己二烯醛 2,4-Hexadienal,(E,E)-	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}$	89.74±21.73 a	9.21±2.13 b	7.96±1.57 b	11.38±2.75 b
苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	0.96±0.12 c	4.61±0.32 a	2.12±0.25 b	4.45±0.56 a
癸醛 Decanal	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$	0.72±0.28 b	0.73±0.33 b	1.46±0.14 a	1.36±0.45 a
橙花醛 2,6-Octadienal,3,7-dimethyl-,(E)-	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	0.61±0.12 a	0.30±0.05 a	-	-
十五醛 Pentadecanal	$\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}$	0.11±0.01 a	0.30±0.03 a	-	-
金合欢基乙醛 5,9,13-Trimethyl-4,8,12-tetradecatrienal dodecanal	$\text{C}_{17}\text{H}_{32}\text{O}$	-	0.15±0.03 a	-	0.12±0.01 a
壬醛 Nonanal	$\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}$	1.33±0.15 a	-	1.19±0.18 a	0.96±0.13 a
十六醛 Hexadecanal	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}$	-	0.15±0.01 a	0.13±0.01 a	0.24±0.02 a

2.2.4 果实中酮、酯类物质组分分析 由表7可以看出,‘阳光玫瑰’果实香气中酮类物质种类较少,具有青甜香、微玫瑰香气的香叶基丙酮在4个处理中都能检测到,且套白袋果实中含量最多。2-戊基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮为套透明袋果实所特有,2-

十九烷酮为套白袋果实所特有。酯类物质含量较低,套绿袋果实中酯类物质种类和含量最少,只有一种。具有芳香味的邻苯二甲酸二异丁酯含量最高,4个处理中都含有,且套绿袋果实中含量较低。

2.2.5 果实中烷烃、烯烃类物质组分分析 由表8

表 7 不同果袋果实中主要酮、酯类香气成分

Table 7 The contents of the main ketones and esters from different fruit bagging treatments

化合物种类 Compound	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	$\omega/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$			
			黑袋 Black bag	透明袋 Transparent bag	绿袋 Green bag	白袋 White bag
酮 Ketone	香叶基丙酮 Geranyl acetone	$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}$	0.48±0.01 c	0.60±0.04 b	0.78±0.08 ab	0.96±0.12 a
	2-戊基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮	$\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{O}$	-	0.15±0.03	-	-
	3-Methyl-2-pentyl-2-cyclopenten-1-one					
	2-十九烷酮 2-Nonadecanone	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}$	-	-	-	0.12±0.01
酯 Ester	邻苯二甲酸二异丁酯 Phthalic acid,bis-iso-butyl ester	$\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$	3.13±0.21 a	2.38±0.38 a	0.39±0.02 c	1.08±0.03 b
	14-甲基十五烷酸甲酯 14-Methylpentadecanoic acid methyl ester	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	-	0.15±0.05 a	-	0.24±0.02 a
	15-甲基十六烷酸甲酯 Hexadecanoic acid,15-methyl-, methyl ester	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	0.24±0.01 b	0.45±0.03 a	-	-
	邻苯二甲酸正丁异辛酯 1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl octyl ester	$\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_4$	-	0.30±0.02 a	-	0.12±0.01 b

可以看出,烷烃类物质种类也很多,烷烃类、烯烃类物质对葡萄香气也有重要的影响。4种处理中,都含有2种硅氧烷类化合物:十甲基环五硅氧烷和十二甲基环六硅氧烷,而套白袋果实还特有一种硅氧烷类化合物:八甲基环四硅氧烷。套黑袋和透明袋的果实中含有烯烃类化合物种类最多,长叶环烯和长叶烯具有木香;套绿袋果实中只有一种烯烃类物

质:1-十六烯;套白袋果实中没有烯烃类物质。

2.2.6 果实中酚类化合物、其他类香气物质组分分析 由表9可以看出,‘阳光玫瑰’果实香气中酚类物质种类较少,具有刺激味的2,4-二(1,1-二甲苯基)苯酚在4个处理中都有检测到,套透明袋和绿袋果实中香气含量较多;套黑袋和绿袋果实香气中还检测出了有刺激味的2,6-二叔丁基-4-甲基苯

表8 不同果袋果实中主要烷烃、烯烃类香气成分

Table 8 The contents of the main alkanes and alkenes from different fruit bagging treatments

化合物种类 Compound	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	$\omega/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$			
			黑袋 Black bag	透明袋 Transparent bag	绿袋 Green bag	白袋 White bag
烷烃 Alkanes	八甲基环四硅氧烷 Octamethyl-cyclotetrasiloxane	$\text{C}_8\text{H}_{24}\text{O}_4\text{Si}_4$	—	—	—	0.12±0.01
	十甲基环五硅氧烷 Cyclopentasiloxane,decamethyl-	$\text{C}_{10}\text{H}_{30}\text{O}_5\text{Si}_5$	0.60±0.11 a	0.90±0.23 a	0.65±0.15 a	0.84±0.18 a
	十二甲基环六硅氧烷 Cyclohexasiloxane,dodecamethyl-	$\text{C}_{12}\text{H}_{36}\text{O}_6\text{Si}_6$	0.24±0.01 b	0.45±0.03 a	0.26±0.02 b	0.36±0.03 a
	十六甲基环八硅氧烷 Hexadecamethyl-cyclooctasiloxane	$\text{C}_{16}\text{H}_{48}\text{O}_8\text{Si}_8$	—	0.15±0.02 a	0.13±0.01 a	—
	癸烷 Decane	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	0.24±0.03 a	—	—	0.12±0.01 b
	3,6-二甲基-十一烷 3,6-Dimethyl-undecane	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	—	0.3±0.02	—	—
	十一烷 Undecane	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	—	—	0.26±0.05	0.24±0.06
	十二烷 Dodecane	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	0.12±0.02	—	—	—
	十四烷 Tetradecane	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	—	—	—	0.12±0.01
	十五烷 Pentadecane	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	0.24±0.02 b	0.30±0.03 b	0.65±0.12 a	—
	十六烷 Hexadecane	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	0.60±0.11 b	0.30±0.13 b	—	1.73±0.34 a
	十七烷 Heptadecane	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	0.12±0.02	—	—	—
	十九烷 Nonadecane	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	—	—	—	0.36±0.04
	二十烷 Eicosane	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	0.24±0.01 a	—	—	0.24±0.02 a
	二十四烷 Tetracosane	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$	—	—	—	0.24±0.01
	2-甲基十七烷 2-Methylheptadecane	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	0.12±0.02	—	—	0.12±0.01
	2-甲基十八烷 2-Methyloctadecane	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	—	—	—	0.24±0.03
	一氯十九烷 Nonadecane,1-chloro-	$\text{C}_{19}\text{H}_{39}\text{Cl}$	—	0.15±0.01 a	0.13±0.01 a	—
	一氯二十七烷 Heptacosane,1-chloro	$\text{C}_{27}\text{H}_{55}\text{Cl}$	—	0.15±0.01	—	—
	2-甲基十二烷 Dodecane,2-methyl-	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	—	0.15±0.01 a	0.39±0.11 a	0.12±0.03 a
2,4,6-三甲基庚烷 2,4,6-Trimethylheptane	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	0.12±0.01	—	—	—	
3-甲基十五烷 Pentadecane,3-methyl-	—	—	0.15±0.02	—	—	
烯烃 Alkenes	1,3,5,5-四甲基-1,3-环己二烯 1,3-Cyclohexadiene,1,3,5,5-tetramethyl-	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	—	0.30±0.02	—	—
	1-十六烯 1-Cetene	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}$	—	—	0.13±0.01	—
	长叶环烯 Longicyclene	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.72±0.05 a	0.30±0.03 b	—	—
	长叶烯 Longifolene	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	1.57±0.23 a	1.20±0.13 a	—	—
	α -布黎烯 α -Bulnesene	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.24±0.04 a	0.15±0.06 a	—	—

表9 不同果袋果实中主要酚类化合物、其他类香气成分

Table 9 The contents of the main phenolics and other aromatic components from different fruit bagging treatments

化合物种类 Compound	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	$\omega/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$			
			黑袋 Black bag	透明袋 Transparent bag	绿袋 Green bag	白袋 White bag
酚类化合物 Phenolic compounds	2,4-二叔丁基苯酚 Phenol,2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	$\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{O}$	14.34±2.35 b	21.53±4.76 a	24.28±3.97 a	16.58±2.11 b
	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚 Butylated hydroxytoluene	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0.24±0.12 a	—	0.13±0.02 a	—
其他 Others	三苯基氧化膦 Triphenylphosphine oxide	$\text{C}_{18}\text{H}_{15}\text{OP}$	0.12±0.01 b	0.3±0.02 a	0.26±0.01 a	0.24±0.02 a
	1-十八烷基磺酰氯 1-Octadecanesulphonyl chloride	$\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{ClO}_2\text{S}$	—	0.15±0.01	—	—
	溴棕三甲铵 Cetrimonium Bromide	$\text{C}_{19}\text{H}_{42}\text{BrN}$	—	—	—	0.12±0.01

酚,质量分数较低,为0.24、0.13 ng·g⁻¹。其他的化合物种类少,含量低。

2.3 不同果袋对葡萄果实香气相关基因表达的影响

如图 1 所示,在果实发育过程中,与白袋相比,

套透明袋果实的单萜合成前期关键基因 *DXS3* 的表达量在转色期后(花后 80 d)开始缓慢上升,到花后 100 d 左右的时候达到最高峰值,差异显著,之后开始下降。套绿袋果实的基因表达量最高峰值推迟到花后 110 d 左右,与白袋相比没有显著性差异。套黑

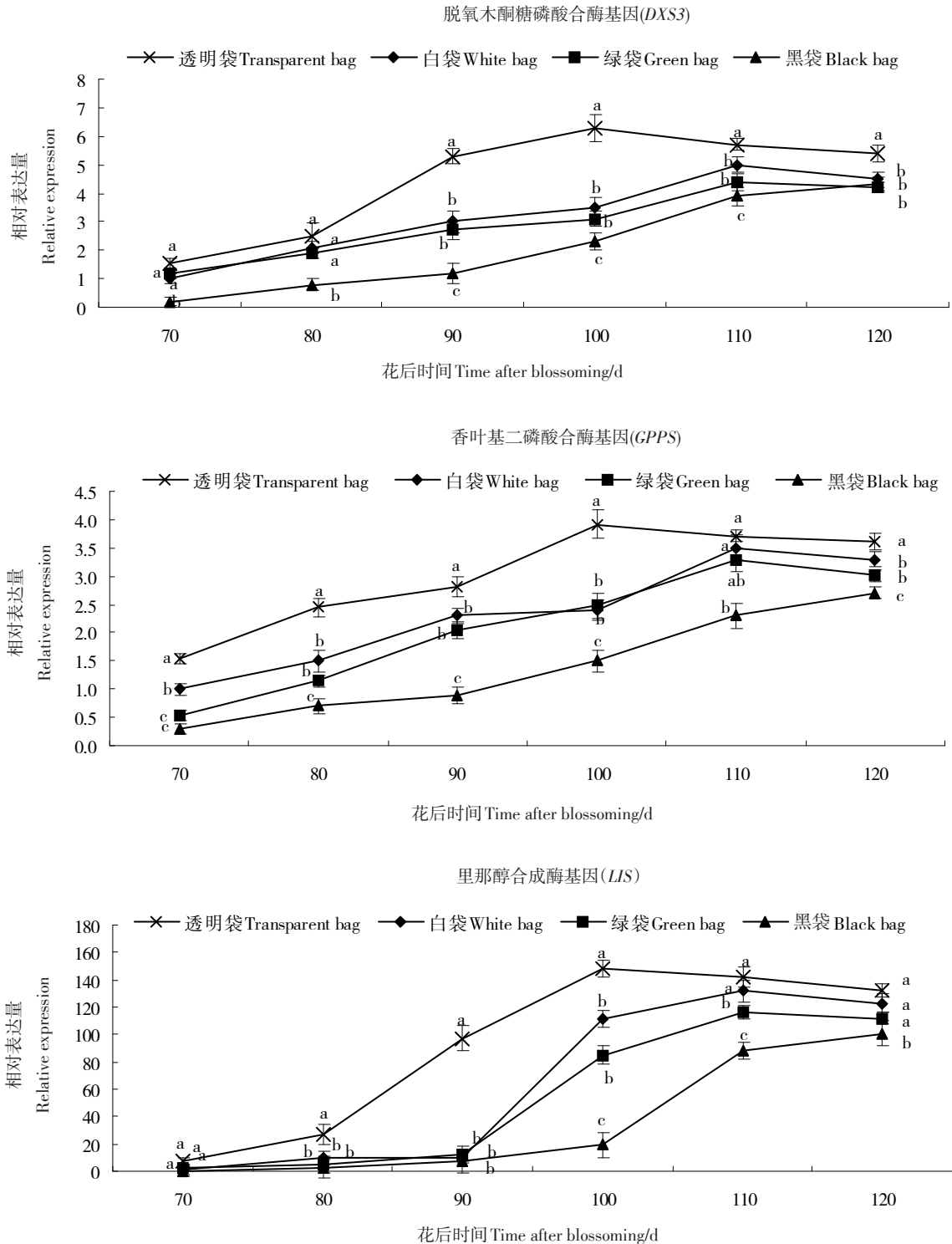


图 1 果实发育过程中单萜合成酶基因的的转录变化

Fig. 1 Changes in the expression levels of monoterpenes biosynthesis genes during berry development

袋果实基因表达量上调缓慢,且显著低于对照。

与白袋相比,套透明袋果实的合成途径中期的 *GPPS* 基因表达量在转色期后缓慢上升,花后 100 d 左右达到峰值,差异显著。套绿袋果实的基因表达量最高峰值出现时期被推迟,最高峰值与白袋相比没有显著性差异,而套黑袋果实的表达量持续上调。

与白袋相比,套透明袋果实在合成途径后期的 *LIS* 基因表达量于花后 80 d 后开始急剧上升,于花后 100 d 达到最大量,峰值最高,差异显著。绿袋基因表达量花后 90 d 之前都在缓慢上升,最高出现在花后 110 d。黑袋基因表达缓慢且峰值显著低于白袋。

以上结果说明,相较于白袋处理,透明袋处理促进了香气合成相关基因的表达, *DXS3*、*GPPS* 和 *LIS* 基因表达量上调,有利于香气的合成,丰富单萜物质。黑纸袋处理延缓了葡萄的生长发育,抑制了香气相关基因的表达。套绿袋果实基因表达量变化与对照没有显著性差异。

3 讨论

果实套袋后,其生长发育的微域环境发生改变,影响了果实品质^[11-12]。王少敏等^[13]研究结果表明,套袋降低了果实中可溶性固形物、糖类等物质的含量。本试验中,与对照相比,套透明袋果实中可溶性固形物含量最高,套黑袋和绿袋果实中含量较低,这可能与不同果袋的透光率有关。透光率高的果袋可以促进葡萄果实的生长,增强其光合作用,提高果实含糖量,果实质量增大^[14]。透光率低的果袋减弱了光合同化物的来源,源强降低,不利于向果实运输养分,减少了果实碳同化物积累^[15-17]。本研究中,不同果袋果实可滴定酸含量无显著变化($P < 0.05$),可溶性固形物的高低影响着糖酸比,不同的糖酸比使果实整体口感有所不同,改变了果实甜度风味^[18]。

果实香气挥发性化合物主要是由醇类、酯类、醛类、酮类、内酯和萜类化合物等构成^[19]。不同水果独特的芳香味道取决于该水果的特征香气浓度与香气阈值^[20]。玫瑰香型葡萄果实香气中含有丰富的单萜类物质,主要是里那醇、香叶醇、橙花醇、萜品醇和香茅醇,对玫瑰香气贡献最大的是里那醇^[2]。本研究中,与对照相比,套透明袋果实中里那醇含量丰富,香叶醇、橙花醇、萜品醇等辅助类香气含量也很高,玫瑰香气浓郁;而套黑袋果实则特征香气含量最少;套绿袋果实香气物质种类少。李芳芳等^[21]研究报

道,套袋不利于梨果实香气物质的形成,比起套单层白袋,套紫色塑料膜袋综合性能更好。李慧峰等^[22]报道,不同材质果袋对苹果香气影响有差异,套塑膜袋果实香气总含量略低于不套袋果实,套双层纸袋果实香气总含量为不套袋果实香气总量的 59.97%,套反光膜袋果实香气总含量为不套袋果实香气总量的 79.67%。这种差异可能与不同材质果袋的透光率、温度、湿度等微域环境有关。Zhang 等^[23]认为,弱光会抑制玫瑰香型葡萄单萜的积累,醇、醛等物质生成减少,风味变淡。至于不同果袋对葡萄香气的影响机制,有待深入研究。

玫瑰香型葡萄果实中含有丰富的萜类物质,挥发性的萜类化合物物主要由异戊二烯(C5)、单萜(C10)和倍半萜烯(C15)构成,其中最为丰富的是单萜类化合物^[24],其主要合成途径是甲基磷酸赤藓糖途径(methyl-erythritol-4-phosphate pathway, MEP)^[25-26],最主要的单萜类物质是里那醇,对玫瑰香气的贡献值最大^[2,27]。*DXS3*、*GPPS* 和 *LIS* 基因是单萜合成代谢途径中的前期、中期和晚期关键基因^[3]。前人研究表明^[28],*DXS3* 与单萜物质积累规律相一致,转色期后持续上升至成熟期,之后下降。*GPPS* 基因表达量上调,促进相应单萜底物 GPP 的合成,有利于单萜物质的生成^[29]。本研究表明,与对照相比,套透明袋果实 *DXS3*、*GPPS* 表达量最高,促进单萜物质生成,*LIS* 基因的大量表达使得玫瑰香型葡萄特征香气里那醇含量提高,而套黑袋抑制了基因表达,推迟了基因表达高峰,影响单萜物质生成。套绿袋和对照果实基因表达量没有显著性差异。这与所测单萜类物质含量相一致。

综上所述,与对照相比,套透明袋果实较大,糖酸比高,香气合成相关基因表达量高,单萜类物质含量高,玫瑰香味浓郁;套黑纸袋果实香气合成受抑制,基因表达量下调;套绿袋果实香气种类最少,基因表达量无显著性差异。

参考文献 References :

- [1] 周建梅. 鲜食葡萄香气物质的组成和代谢调控[D]. 泰安: 山东农业大学, 2013.
ZHOU Jianmei. Analysis on the constituents and metabolic regulations of aroma in table grapes[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2013.
- [2] FENOLL J, MANSO A, HELLIN P, RUIZ L, FLORES P. Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat

- Hamburg during ripening[J]. Food Chemistry, 2009, 114 (2): 420-428.
- [3] MARTIN D M, CHIANG A, LUND S T, BOHLMANN J. Biosynthesis of wine aroma: transcript profiles of hydroxymethylbutenyl diphosphate reductase, geranyl diphosphate synthase, and linalool/nerolidol synthase parallel monoterpenol glycoside accumulation in Gewürztraminer grapes[J]. Planta, 2012, 236(3): 919-929.
- [4] 厉恩茂, 史大川, 徐月华, 陈锋, 翟衡. 套袋苹果不同类型果袋内温、湿度变化特征及其对果实外观品质的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 208-212.
- LI Enmao, SHI Dachuan, XU Yuehua, CHEN Feng, ZHAI Heng. Changing characteristics of temperature and humidity in different type bags for bagging apple and their effects on fruit appearance quality[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19 (1): 208-212.
- [5] 徐义流, 张金云, 伊兴凯, 高正辉, 陈加红. 果实套袋对砀山地区砀山酥梨果实品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2008, 35 (3): 301-306.
- XU Yiliu, ZHANG Jinyun, YI Xingkai, GAO Zhenghui, CHEN Jiahong. Effects of bagging on the quality of Dangshan Suli pear in Dangshan area[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2008, 35(3): 301-306.
- [6] 赵建波, 罗俊霞, 肖蓉萍, 王峰, 吕士伟. 套袋对葡萄果实品质影响的试验[J]. 落叶果树, 2004, 36(5): 13-15.
- ZHAO Jianbo, LUO Junxia, XIAO Rongping, WANG Feng, LÜ Shiwei. The effects of bagging on the quality grapes[J]. Deciduous Fruits, 2004, 36(5): 13-15.
- [7] 郭东花, 范崇辉, 李高潮, 白红, 石佩, 贺会强, 柴琳, 连昭远. 不同果袋对‘阿布白’桃果实香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 232-237.
- GUO Donghua, FAN Chonghui, LI Gaochao, BAI Hong, SHI Pei, HE Huiqiang, CHAI Lin, LIAN Zhaoyuan. Effects of bagging on the aroma components of ‘Abubai’ peaches[J]. Food Science, 2016, 37(2): 232-237.
- [8] 赵峰, 王少敏, 高华君, 孙山. 套袋对红富士苹果果实芳香成分的影响[J]. 果树学报, 2006, 23 (3): 322-325.
- ZHAO Feng, WANG Shaomin, GAO Huajun, SUN Shan. Effect of bagging on the content of aromatic substances of Red Fuji apple [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23 (3): 322-325.
- [9] 杭洁, 蒋玉梅, 李霁昕, 米兰, 陈玉蓉, 何英霞, 周安玲, 尚乐, 胡研云. 遮光处理对转色至完熟期间‘赤霞珠’和‘蛇龙珠’葡萄果实品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 272-279.
- HANG Jie, JIANG Yumei, LI Jixin, MI Lan, CHEN Yurong, HE Yingxia, ZHOU Anling, SHANG Le, HU Yanyun. Effects of shading on quality of ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Cabernet Gernischt’ during veraison to maturity period[J]. Food Science, 2016, 37 (4): 272-279.
- [10] MARTIN D M, AUBOURG S, SCHOWEY M B, DAVIET L, SCHALK M, TOUB O, LUND S T, BOHLMANN J. Functional annotation, genome organization and phylogeny of the grapevine (*Vitis vinifera*) terpene synthase gene family based on genome assembly, FLcDNA cloning, and enzyme assays[J]. BMC Plant Biology, 2010, 10: 226.
- [11] 张建光, 邸葆, 李英丽, 张健强, 孙建设, 刘玉芳. 微域环境及外源物质对苹果果实 5'-核苷酸酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 191-196.
- ZHANG Jianguang, DI Bao, LI Yingli, ZHANG Jianqiang, SUN Jianshe, LIU Yufang. Effect of microenvironments and exogenous substance application on 5'-nucleotidase activities in apple peel [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(2): 191-196.
- [12] 张建光, 王惠英, 王梅, 孙建设, 刘玉芳, SCHRADER L. 套袋对苹果果实微域生态环境的影响[J]. 生态学报, 2005, 25 (5): 1082-1087.
- ZHANG Jianguang, WANG Huiying, WANG Mei, SUN Jianshe, LIU Yufang, SCHRADER L. Effect of bagging on microenvironments of apple fruits[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (5): 1082-1087.
- [13] 王少敏, 高华君, 张骁兵. 套袋对红富士苹果色素及糖酸含量的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29 (3): 263-265.
- WANG Shaomin, GAO Huamin, ZHANG Xiaobing. Effects of bagging on soluble sugars and organic acids contents of red Fuji apple [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29 (3): 263-265.
- [14] XU H X, CHEN J W, XIE M. Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and antioxidant capacity in loquat[J]. Journal of the Science Food and Agriculture, 2010, 90 (11): 1783-1788.
- [15] 郝燕燕, 任宏伟, 郭平毅. 苹果果实套袋对光合同化物积累与转化的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 233-239.
- HAO Yanyan, REN Hongwei, GUO Pingyi. Effects of bagging on the accumulation and transformation of photosynthates in apple fruits[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(2): 233-239.
- [16] HIRATSUKA S, YOKOYAMA Y, NISHIMURA H, MIYAZAKI T, NADA K. Fruit photosynthesis and phosphoenolpyruvate carboxylase activity as affected by lightproof fruit bagging in Satsuma Mandarin[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2012, 137(4): 215-220.
- [17] LI S H, GENARD M, BUSSI C, HUGUET J G. Fruit quality and leaf photosynthesis in response to microenvironment modification around individual fruit by covering the fruit with plastic in nectarine and peach trees[J]. Journal of Horticulture Science Biotechnology, 2001, 76(1): 61-69.
- [18] ZAMPINI M, WANTLING E, PHILLIPS N, SPENCE C. Multisensory flavor perception: Assessing the influence of fruit acids and color cues on the perception of fruit-flavored beverages[J]. Food Quality and Preference, 2008, 19(3): 335-343.
- [19] SONG J, FORNEY C F. Flavour volatile production and regulation in fruit[J]. Canadian Journal Plant Science, 2008, 88 (8) : 537-550.

- [20] EL HADI M A M, ZHANG F J, WU F F, ZHOU C H, TAO J. Advances in fruit aroma volatile research[J]. *Molecules*, 2013, 18(7): 8200-8229.
- [21] 李芳芳, 何子顺, 陶书田, 张绍铃, 张虎平. 套袋对‘库尔勒香梨’果实糖酸组分与香气成分的影响[J]. *园艺学报*, 2014, 41(7): 1443-1450.
LI Fangfang, HE Zishun, TAO Shutian, ZHANG Shaoling, ZHANG Huping. Effects of bagging on soluble sugars, organic acids, and aroma compounds in *Pyrus sinkiangensis* ‘Korla Xiangli’ fruit[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2014, 41(7): 1443-1450.
- [22] 李慧峰, 王海波, 李林光, 吕德国, 杨建明. 套袋对‘寒富’苹果果实香气成分的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(4): 843-847.
LI Huifeng, WANG Haibo, LI Linguang, LÜ Deguo, YANG Jianming. Effects of bagging on ‘Hanfu’ apple aroma compounds[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2011, 19(4): 843-847.
- [23] ZHANG H H, FAN P G, LIU C X, WU B H, LI S H, LIANG Z C. Sunlight exclusion from Muscat grape alters volatile profiles during berry development[J]. *Food Chemistry*, 2014, 164: 242-250.
- [24] DUDAREVA N, NEGRE F, NAGEGOWA D A, ORLOVA I. Plant volatiles: recent advances and future perspectives[J]. *Critical Reviews in Plant Science*, 2006, 25(5): 417-440.
- [25] BOHLMANN J, KEELING C I. Terpenoid biomaterials[J]. *Plant Journal*, 2008, 54(4): 656-669.
- [26] DUDAREVA N, KLEMPHEN A, MUHLEMANN J K, KAPLAN L. Biosynthesis function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds[J]. *New Phytologist*, 2013, 198(1): 16-32.
- [27] 涂崔, 潘秋红, 朱保庆, 吴玉文, 王志群, 段长青. 葡萄与葡萄酒单萜化合物的研究进展[J]. *园艺学报*, 2011, 38(7): 1397-1406.
TU Cui, PAN QiuHong, ZHU Baoqing, WU Yuwen, WANG Zhiqun, DUAN Changqing. Progress in study of monoterpene compounds in grape and wine[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(7): 1397-1406.
- [28] 孙磊, 朱保庆, 孙晓荣, 许晓青, 王晓玥, 张国军, 闫爱玲, 徐海英. ‘亚历山大’葡萄果实单萜生物合成相关基因转录及萜类物质积累规律[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(7): 1379-1386.
SUN Lei, ZHU Baoqing, SUN Xiaorong, XU Xiaoqing, WANG Xiaoyue, ZHANG Guojun, YAN Ailing, XU Haiying. Terpenes biosynthesis related gene transcript profiles and terpenes accumulation of ‘Alexandria’ grape[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(7): 1379-1386.
- [29] 邓晓军. 植物气味生物工程研究(II): 植物挥发性萜类代谢分析及其调控[D]. 上海: 中国科学院研究生院(上海生命科学研究院), 2005.
DENG Xiaojun. Metabolic engineering on biogenic volatile organic compounds released from plants(II): analysis and manipulation on volatile terpenoid flux of *Arabidopsis*[D]. Shanghai: University of Chinese Academy of Sciences (Shanghai Institutes for Biological Sciences), 2005.

.....•征订启事•.....

欢迎订阅2017年《果树学报》

《果树学报》是中国农业科学院郑州果树研究所主办的国家级学术期刊, 分别被有关权威期刊评价机构评为中国精品科技期刊、中国农林水产类权威学术期刊、中文园艺学核心期刊、中国科技核心期刊, 已被中国科学引文数据库来源期刊(核心库农业科学类Q1)、美国化学文摘(CA)、日本科学技术振兴机构数据库(JST)、英国CABI等20余种国内外重要数据库收录。2016年10月《中国科技期刊引证报告》(核心版)中本刊总被引频次2781, 影响因子为1.157; 12月中国科学文献计量评价研究中心(中国知网)中本刊复合影响因子为1.603, 期刊综合影响因子为1.292。已成为国内外有影响的学术期刊之一。《果树学报》着重选发密切结合我国果树科研、教学、生产实际, 反映学科学术水平和发展动向的优秀稿

件, 及时报道重大科研成果、阶段性成果和科研进展情况。栏目设置有种质资源·遗传育种·分子生物学、栽培·生理·生态、植物保护·果品质量与安全、贮藏·加工、专论与综述、技术与方法、新品种选育报告等。读者对象为果树学科的科研人员、高等农业院校师生及基层果树管理技术人员。月刊, 每期128页码, 定价20元, 全年12期共240元。邮发代号: 36-93, 国际代号BM/1107。欢迎投稿, 欢迎订阅。

编辑部地址: 河南省郑州市航海东路南 中国农业科学院郑州果树研究所

邮编: 450009 电话: 0371-63387308

E-mail: guoshuxuebao@caas.cn

在线投稿系统: <http://gskk.cbpt.cnki.net>