

# 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\*

史祥宾<sup>1,2</sup> 刘凤之<sup>1,2</sup> 程存刚<sup>1,2</sup> 王孝娣<sup>1,2</sup> 王宝亮<sup>1,2</sup> 郑晓翠<sup>1,2</sup> 王海波<sup>1,2\*\*</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100; <sup>2</sup>农业部园艺作物种质资源重点开放实验室, 辽宁兴城 125100)

**摘要** 以3年生‘贝达’砧木设施栽培‘京蜜’葡萄为试材,研究直立、V形和水平3种叶幕形处理下葡萄叶幕微环境、叶片质量及果实品质的差异.结果表明:直立叶幕的总孔隙度和开度显著高于V形叶幕和水平叶幕,叶面积指数、光能截获率和叶幕昼夜温差均显著低于V形叶幕和水平叶幕,后两者间无显著差异.V形叶幕葡萄叶片的栅栏组织厚度显著大于直立叶幕,水平叶幕居中,叶绿素和类胡萝卜素含量显著高于直立叶幕和水平叶幕,后两者间无显著差异.果实品质以V形叶幕最佳,水平叶幕其次,直立叶幕最差.通过GC-MS分析发现,V形叶幕挥发性香气化合物种类最多,为29种,直立叶幕与水平形叶幕分别为17和16种.V形叶幕中‘京蜜’葡萄的特征香气组分除乙醇、反式-2-己烯-1-醇、仲辛酮和甲酸己酯含量较低外,其余含量均较高.芳樟醇(里那醇)含量在直立叶幕和V形叶幕中显著高于水平叶幕,橙花醇含量在V形叶幕中显著高于直立叶幕和水平叶幕,叶醇含量在V形叶幕和水平叶幕中显著高于直立叶幕,香茅醇仅在V形叶幕中检出.V形叶幕设施栽培葡萄的果实香气更浓,更能体现其品种特性.

**关键词** 葡萄; 设施栽培; 高光效; 叶幕形; GC-MS

文章编号 1001-9332(2015)12-3730-07 中图分类号 S663.1 文献标识码 A

**Effects of canopy shapes of grape on canopy microenvironment, leaf and fruit quality in greenhouse.** SHI Xiang-bin<sup>1,2</sup>, LIU Feng-zhi<sup>1,2</sup>, CHENG Cun-gang<sup>1,2</sup>, WANG Xiao-di<sup>1,2</sup>, WANG Bao-liang<sup>1,2</sup>, ZHENG Xiao-cui<sup>1,2</sup>, WANG Hai-bo<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng 125100, Liaoning, China; <sup>2</sup>Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Germplasm Resources Utilization), Ministry of Agriculture, Xingcheng 125100, Liaoning, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2015, 26(12): 3730-3736.

**Abstract:** The effects of three canopy shapes, *i.e.*, vertical canopy, V-shaped canopy and horizontal canopy, on canopy microenvironment, quality of leaves and fruits were studied in the 3-year-old grape ‘Jingmi’ grafted on ‘Beta’ in greenhouse. The results showed that gap fraction and openness of vertical canopy were significantly higher than that of V-shaped canopy and horizontal canopy, and leaf area index, light interception rate and canopy temperature difference between day and night were significantly lower than those of V-shaped canopy and horizontal canopy. There was no significant difference between the latter two treatments. The palisade thickness of V-shaped canopy was significantly greater than that of vertical canopy, and horizontal canopy was in the middle. The chlorophyll and carotenoid contents of V-shaped canopy were significantly higher than those of vertical canopy and horizontal canopy, and those in the latter two treatments had no significant difference. The fruit quality of V-shaped canopy was the best, and that of horizontal canopy was the worst. The results of GC-MS analysis showed that 29 types of volatile aroma compounds were detected in V-shaped canopy, but just 17 and 16 in vertical canopy and horizontal canopy, respectively. In V-shaped canopy, the characteristic aroma in grape ‘Jingmi’ was higher, except ethanol, trans-2-hexene-1-alcohol, 2-octyl ketone and formic acid ester. The linalool content in vertical canopy and

\* 国家“十二五”科技支撑计划项目(2014BAD16B05-2)、国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目(nycytx-30-zp)、农业部“948”重点项目(2011-G28)、国家自然科学基金项目(41101573)和中国农业科学院创新工程项目(CAAS-ASTIP-2015-RIP-04)资助。

\*\* 通讯作者. E-mail: haibo8316@163.com

2015-02-15 收稿, 2015-10-04 接受。

V-shaped canopy was higher than that in horizontal canopy. The nerol content in V-shaped canopy was higher than that in vertical canopy and horizontal canopy, and the leaf alcohol content in V-shaped canopy and horizontal canopy was higher than that in vertical canopy. The citronellol was detected only in V-shaped canopy. In greenhouse, the fruit aroma of V-shaped canopy grape was stronger, and well reflected the variety characteristics.

**Key words:** grape; greenhouse cultivation; high photosynthetic efficiency; canopy type; GC-MS.

‘京蜜’是欧亚种葡萄,亲本为‘京秀’和‘香妃’,是典型的耐弱光品种,需冷量低且早果性好,极丰产,极早熟,是我国设施葡萄促早栽培很有发展前途的优良品种之一<sup>[1]</sup>。叶幕形的确定是葡萄生产管理中的一重要栽培技术,选择适宜的叶幕形是保证葡萄产量和品质的基础<sup>[2]</sup>。目前,生产中葡萄叶幕形多种多样。研究不同叶幕形对葡萄叶幕微环境及果实品质的影响,确定适宜的叶幕形对我国葡萄产业的发展具有积极作用。目前,关于葡萄叶幕形的研究已有较多报道。有研究认为,光能截获率、光谱光质、叶幕温度等叶幕微环境指标的差异是导致不同叶幕形影响果树生长发育的因素<sup>[3-4]</sup>;葡萄栽培中,不同的叶幕形会造成叶幕较大的微生态条件差异,继而影响葡萄产量和品质的形成<sup>[2]</sup>;葡萄果实的香气组分同糖、酸一样是葡萄果实品质的重要因素,决定着果实的风味和口感<sup>[5-6]</sup>。不同叶幕条件下,果实发育及成熟过程中挥发性芳香物质的组成和含量均存在差异,主要受到园区环境条件变化的影响<sup>[7]</sup>。

不同叶幕形条件下,由于葡萄生长势及品种特性的差异,葡萄树体生长发育特征表现不同<sup>[8]</sup>。本文研究了设施内直立、V形和水平3种叶幕‘京蜜’葡萄的叶幕微环境、叶片质量、果实品质等指标的差异,探究设施‘京蜜’葡萄的最佳叶幕形,以期为以‘京蜜’为代表的设施促早栽培葡萄品种叶幕形的确定提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于2011—2013年在辽宁兴城中国农业科学院果树研究所葡萄核心技术试验示范园日光温室中进行。以3年生贝达嫁接‘京蜜’葡萄为试材,设置直立、V形(叶幕与垂直方向呈45°夹角)和水平3种叶幕形处理(图1),树形均为水平龙干形,株行距0.8 m×2 m,双株定植,新梢模式化管理,间距15 cm,尼龙绳缠绕绑缚,其他管理均采用常规方法。由于2011年果实产量偏低,2012和2013年产量稳

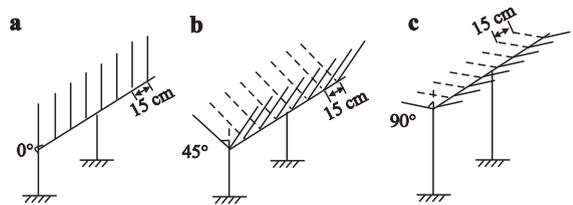


图1 直立叶幕、V形叶幕和水平叶幕的模式

**Fig.1** Patterns of vertical canopy, V-shaped canopy and horizontal canopy.

a) 直立叶幕 Vertical canopy; b) V形叶幕 V-shaped canopy; c) 水平叶幕 Horizontal canopy. 下同 The same below.

定,数据处理采用2012和2013年的平均值。

### 1.2 测定项目与方法

叶幕微环境的测定选择叶幕稳定的果实软化至成熟期(2012年5月26日—6月1日和2013年6月1—7日),利用冠层/半球影像分析系统(Scanopy analysis with fish-eye imaging)测定3种叶幕形的总孔隙度、开度、叶面积指数和叶幕光能截获率(冠层总辐射PPFD和叶幕下总辐射PPFD的差值与冠层总辐射的比值),利用红外测温仪测定各处理果实附近叶幕的温度日变化,8:00—18:00,每2 h测定一次。同时,对3种叶幕的功能叶片取样,10:00取第5节位的功能叶片,每处理30片。参照李芳兰等<sup>[9]</sup>的方法测定海绵组织厚度、叶片厚度和栅栏组织厚度,比叶质量采用称量法,叶绿素含量的测定参照宫兆宁等<sup>[10]</sup>的方法。

果实成熟期(2012年6月21日和2013年6月26日)采样,每处理随机采果实30穗,果粒从果穗上中下3个部位均匀取样,每处理随机取50粒,称量计算单粒质量,3次重复。采用S-CALPRO型数显游标卡尺测量果实纵、横径;可溶性固形物采用折光法<sup>[11]</sup>测量,总糖采用斐林试剂法<sup>[12]</sup>测量,可滴定酸(以酒石酸计)和抗坏血酸参照张志良<sup>[13]</sup>的方法测定;葡萄果实的香气成分采用固相微萃取气质联用(SPME-GC-MS)的方法测定,仪器为美国Supelco公司的手动SPME进样器、萃取头50/30 μm DVB/CAR/PDMS、日本Shimadzu公司的GC-2010/QP 2010Plus气相色谱-质谱联用仪、美国J&W公司的Stabilwax-DA毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm)。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2003 和 DPS 软件对数据进行统计分析. 采用单因素 (one-way ANOVA) 方差分析和 LSD 法进行差异显著性检验 ( $\alpha = 0.05$ ). 利用 Excel 2003 软件作图. 图表中数据为平均值  $\pm$  标准差.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同叶幕形对葡萄叶幕微环境的影响

总孔隙度是整个半球照片中位于天空区域的像素数占整个照片像素的比例, 等于不计权重的总开度, 总孔隙度和开度的大小直接影响光能截获率<sup>[14]</sup>. 由表 1 可以看出, 冠层的总孔隙度和开度呈相同的变化趋势, 直立叶幕均显著高于 V 形叶幕和水平叶幕, 直立叶幕的冠层总孔隙度分别是 V 形叶幕和水平叶幕的 2.7 和 3.2 倍, 开度分别是 2.7 和 3.4 倍, V 形叶幕和水平叶幕间均无显著差异. 叶面积指数和光能截获率呈相反的变化趋势, 直立叶幕显著低于 V 形叶幕和水平叶幕, 直立叶幕的叶面积指数分别为 V 形叶幕和水平叶幕的 56.6% 和 59.4%, 光能截获率分别为 68.7% 和 69.8%, V 形叶幕和水平叶幕间无显著差异.

由图 2 可以看出, 8:00 和 18:00 3 种叶幕的温度无显著差异. 10:00—14:00, 叶幕温度大小为 V 形叶幕 > 水平叶幕 > 直立叶幕, 16:00 叶幕温度大小为水平叶幕 > V 形叶幕 > 直立叶幕. 直立叶幕的最高温度出现在 14:00, 为 30.2 °C, 而 V 形叶幕和水平叶幕的最高温度均出现在 12:00, 分别为 33.7 和 33.4 °C, 显著高于直立叶幕. 测定期间 3 种叶幕的最低温

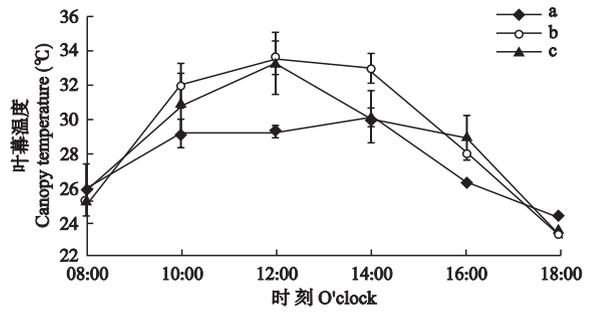


图 2 不同叶幕温度的日变化

Fig.2 Diurnal variation of temperature among different canopies.

度平均为 18.7 °C, 直立叶幕、V 形叶幕和水平叶幕的最大昼夜温差分别为 11.5、14.9 和 14.6 °C, V 形叶幕和水平叶幕的昼夜温差显著高于直立叶幕.

### 2.2 不同叶幕形对葡萄叶片质量的影响

由表 2 可以看出, 不同叶幕形葡萄叶片厚度、海绵组织厚度和鲜比叶质量均无显著差异. 直立叶幕干比叶质量显著低于水平叶幕, V 形叶幕居中, 与直立叶幕和水平叶幕无显著差异. 栅栏组织厚度为 V 形叶幕 > 水平叶幕 > 直立叶幕, 其中, V 形叶幕与直立叶幕间差异显著. 不同叶幕形海绵组织厚度无显著差异.

由表 3 可以看出, 不同叶幕形葡萄叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿素总含量呈相同变化趋势, V 形叶幕显著高于直立叶幕和水平叶幕, 后两者间无显著差异. V 形叶幕叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总含量和类胡萝卜素含量均为直立叶幕和水平叶幕的 1.2 倍.

表 1 不同叶幕形的总孔隙度、开度、叶面积指数及光能截获率

Table 1 Gap fraction, openness, LAI and light interception rate of different canopy shapes

叶幕形 Canopy shape	总孔隙度 Gap fraction (%)	开度 Openness (%)	叶面积指数 LAI	光能截获率 Light interception rate (%)
直立叶幕 Vertical canopy	54.02 $\pm$ 4.80a	58.12 $\pm$ 5.10a	1.77 $\pm$ 0.13b	58.31 $\pm$ 6.00b
V 形叶幕 V-shaped canopy	20.24 $\pm$ 0.80b	21.89 $\pm$ 3.30b	3.13 $\pm$ 0.11a	84.83 $\pm$ 1.30a
水平叶幕 Horizontal canopy	16.61 $\pm$ 4.94b	17.16 $\pm$ 4.98b	2.98 $\pm$ 0.11a	83.58 $\pm$ 4.65a

同列不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different letters in the same column meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

表 2 不同叶幕形葡萄的叶片厚度和比叶质量

Table 2 Thickness and specific leaf mass of grape with different canopy shapes

叶幕形 Canopy shape	叶片厚度 Leaf thickness ( $\mu\text{m}$ )	栅栏组织厚度 Palisade thickness ( $\mu\text{m}$ )	海绵组织厚度 Spongy mesophyll thickness ( $\mu\text{m}$ )	鲜比叶质量 Fresh specific leaf mass ( $\text{mg DM} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	干比叶质量 Dry specific leaf mass ( $\text{mg DM} \cdot \text{cm}^{-2}$ )
直立叶幕 Vertical canopy	167.50 $\pm$ 6.89a	58.33 $\pm$ 6.83b	81.67 $\pm$ 6.83a	19.74 $\pm$ 0.92a	4.91 $\pm$ 0.23b
V 形叶幕 V-shaped canopy	172.50 $\pm$ 7.58a	70.00 $\pm$ 6.32a	73.33 $\pm$ 6.83a	18.51 $\pm$ 0.87a	5.15 $\pm$ 0.15ab
水平叶幕 Horizontal canopy	165.00 $\pm$ 12.25a	63.33 $\pm$ 8.16ab	73.33 $\pm$ 8.16a	19.13 $\pm$ 0.58a	5.44 $\pm$ 0.21a

### 2.3 不同叶幕形对葡萄果实品质的影响

3 种叶幕形葡萄果实横径、纵径及单粒质量均无显著差异,表明不同叶幕形对葡萄果实的大小无显著影响.V 形叶幕的可溶性固形物含量最高,显著高于直立叶幕和水平叶幕,分别高 2.0% 和 1.3%.V 形叶幕与水平叶幕总糖含量无显著差异,但显著高于直立叶幕,分别比直立叶幕高 2.3% 和 1.7%.直立叶幕果实可滴定酸含量最高,V 形叶幕次之,水平叶幕最低,差异达显著水平.V 形叶幕与水平叶幕的糖酸比含量无显著差异,显著高于直立叶幕,分别为直立叶幕的 1.3 和 1.4 倍.果实抗坏血酸含量与糖酸比呈相同变化趋势,V 形叶幕和水平叶幕显著高于直立叶幕,且均为直立叶幕的 1.7 倍.

### 2.4 不同叶幕形对葡萄果实挥发性香气成分的影响

由表 5 可以看出,V 形叶幕的果实挥发性香气化合物种类最多,达 29 种,直立叶幕和水平叶幕的

种类分别为 17 和 16 种.不同叶幕形果实挥发性香气成分不仅种类存在显著差异,而且含量也显著不同.直立叶幕和 V 形叶幕的萜烯类化合物含量较高,分别占香气总量的 33.4% 和 30.8%,而水平叶幕的果实挥发性香气成分中萜烯类化合物含量仅占 1.8%;水平叶幕醛和酮类化合物含量所占比例最高,V 形叶幕次之,直立叶幕最低.酯类化合物含量所占挥发性香气总量的比例在直立叶幕和水平叶幕间无显著差异,均显著高于 V 形叶幕.V 形叶幕其他类挥发性香气化合物所占比例显著高于直立叶幕和水平叶幕.

由表 6 可以看出,不同叶幕形葡萄果实中共有的香气成分即为其特征香气组分,包括乙醇、反式-2-己烯-1-醇、正己醛、2-己烯醛、仲辛酮、丙氨酸氨基乙酯、乙酸己酯、甲酸己酯、叶醇、芳樟醇、橙花醇.‘京蜜’葡萄果实特征香气中,不同叶幕形各香气组分的含量存在差异.水平叶幕果实中乙醇含量最高,

表 3 不同叶幕形葡萄叶片的叶绿素和类胡萝卜素含量

Table 3 Chlorophyll and carotenoid contents of grape with different canopy shapes (mg · g<sup>-1</sup> FM)

叶幕形 Canopy shape	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll	类胡萝卜素 Carotenoid
直立叶幕 Vertical canopy	1.76±0.07b	0.59±0.03b	2.35±0.10b	0.32±0.02b
V 形叶幕 V-shaped canopy	2.21±0.03a	0.72±0.01a	2.93±0.04a	0.38±0.01a
水平叶幕 Horizontal canopy	1.88±0.09b	0.63±0.07b	2.52±0.10b	0.33±0.01b

表 4 不同叶幕形葡萄的果实品质

Table 4 Fruit quality of grape with different canopy shapes

叶幕形 Canopy shape	横径 Berry width (mm)	纵径 Berry length (mm)	单粒质量 Berry mass (g)	可溶性固形物 Soluble solids (%)	总糖 Total sugar (%)	可滴定酸 Titratable acid (%)	糖酸比 TSS/TA	抗坏血酸 Vc (mg · 100 g <sup>-1</sup> )
直立叶幕 Vertical canopy	19.96±1.16a	21.04±1.22a	4.79±0.13a	14.68±0.05c	10.60±0.98b	0.66±0.04a	22.3±1.9b	5.18±0.64b
V 形叶幕 V-shaped canopy	19.29±0.99a	21.56±1.04a	4.84±0.10a	16.72±0.17a	12.88±0.24a	0.56±0.01b	29.9±0.3a	8.89±0.56a
水平叶幕 Horizontal canopy	19.25±0.87a	21.32±0.79a	4.95±0.07a	15.46±0.14b	12.28±0.26a	0.49±0.00c	31.6±0.4a	8.89±0.00a

表 5 不同叶幕形葡萄果实挥发性香气成分

Table 5 Component of volatile aroma compounds in fruit of grape with different canopy shapes

化合物 Compound	直立叶幕 Vertical canopy		V 形叶幕 V-shaped canopy		水平叶幕 Horizontal canopy	
	数量 Amount	%	数量 Amount	%	数量 Amount	%
醇 Alcohol	4	25.7±1.5a	7	20.9±1.5b	4	26.1±1.4a
醛 Aldehyde	2	7.2±0.5b	4	10.2±0.3a	3	10.7±1.5a
酮 Ketone	1	5.4±0.4c	3	14.6±1.3b	3	33.9±3.7a
酸 Acid	1	1.5±0.1a	1	1.8±0.2a	-	-
酯 Ester	3	26.9±1.4a	3	20.1±1.4b	3	26.7±2.8a
萜烯 Alkene	6	33.4±2.8a	7	30.8±3.0a	2	1.8±0.1b
苯的衍生物 Benzene derivative	-	-	1	0.7±0.1	-	-
其他 Others	-	-	3	1.0±0.2a	1	0.8±0.0a
总计 Total	17	100	29	100	16	100

同行不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different letters in the same row meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

表6 设施葡萄果实的特征香气组分

Table 6 Component analysis of characteristic aroma in fruit of grape

化合物 Compound	浓度 Concentration ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		
	直立叶幕 Vertical canopy	V形叶幕 V-shaped canopy	水平叶幕 Horizontal canopy
乙醇 Ethyl alcohol	34.74±1.68b	32.88±0.88b	40.13±1.92a
叶醇 Cis-3-hexen-1-ol	2.05±0.01b	2.90±0.02a	3.62±0.42a
反式-2-己烯-1-醇 Trans-2-hexen-1-ol	16.55±1.68a	9.28±0.13b	14.66±1.23a
正己醛 Hexanal	8.12±0.18b	12.42±0.67a	5.41±0.30c
2-己烯醛 Trans-2-hexenal	7.28±1.98b	13.88±0.72a	9.36±1.17b
仲辛酮 2-Octanone	11.55±1.26c	30.57±1.73b	73.63±4.17a
丙氨酸氨基乙酯 2-amino-N-ethylpropanamide	8.68±0.64b	15.48±0.70a	14.88±0.86a
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	5.34±1.12a	4.28±0.17a	2.01±0.55b
甲酸己酯 Formic acid, hexyl ester	43.65±3.22a	22.88±1.56b	44.53±1.86a
芳樟醇 Linalyl alcohol	55.48±3.99a	51.65±1.97a	3.01±0.19b
橙花醇 Neryl alcohol	1.46±0.09b	1.94±0.07a	1.23±0.16b

显著高于直立叶幕和V形叶幕,后两者无显著差异。直立叶幕和V形叶幕果实中具有玫瑰香味的芳樟醇含量显著高于水平叶幕,分别为水平叶幕的18.4和17.2倍。V形叶幕果实中具有清香和果香味的橙花醇含量显著高于直立叶幕和水平叶幕,V形叶幕和水平叶幕果实叶醇含量显著高于直立叶幕<sup>[15]</sup>。V形叶幕果实中青草味的反式-2-己烯-1-醇含量最低,显著低于其他2种叶幕形。绿叶清香和果香味的正己醛含量为V形叶幕>直立叶幕>水平叶幕,且差异达显著水平;V形叶幕果实中2-己烯醛含量显著高于其他2个叶幕,水平叶幕与直立叶幕间无显著差异。具有苹果香味的仲辛酮含量以水平叶幕最高,分别为V形叶幕和直立叶幕的2.4和6.4倍,直立叶幕果实中仲辛酮含量最低。果香味的丙氨酸氨基乙酯含量以直立叶幕最低,显著低于V形叶幕和水平叶幕;乙酸己酯含量以水平叶幕最低,显著低于直立叶幕和V形叶幕,后两者无显著差异;甲酸己酯含量以V形叶幕最低,显著低于直立叶幕和水平叶幕,后两者无显著差异。

表7 不同叶幕形葡萄非共有的果实香气成分的GC-MS分析

Table 7 GC-MS analysis of components of non-common aroma in fruit of grape

化合物种类 Compound	化合物 Compound	浓度 Concentration ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )			香气特征 Characteristics of aroma
		直立叶幕 Vertical canopy	V形叶幕 V-shaped canopy	水平叶幕 Horizontal canopy	
醇 Alcohol	顺-2-己烯-1-醇 2-hexen-1-ol, (Z)-	-	0.48	-	青草味
	香茅醇 2-octen-1-ol, 3,7-dimethyl-	-	0.57	-	甜玫瑰香味
	[S-(R*,R*)]- $\alpha'$ -4-二甲基- $\alpha'$ -(4-甲基-3-戊烯基)-3-环己烯-1-甲醇. alpha.-methyl-. alpha.-[4-methyl-3-pentenyl] oxiranemethanol	1.66b	3.55a	-	未知
醛 Aldehyde	正庚醇 1-Heptanol	-	2.08a	1.62a	芳香
	乙醛 Acetaldehyde	-	-	5.41	绿叶清香和果香
	壬醛 Nonanal	-	1.19	-	绿叶清香和果香
	癸醛 Decanal	-	2.26	-	绿叶清香和果香
酮 Ketone	甲基庚烯酮 5-hepten-2-one, 6-methyl-	-	1.95a	1.95a	苹果香味
	香叶基丙酮 5,9-undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	-	3.75a	2.29b	苹果香味
酸 Acid	2-己烯-1-醇, 乙酸 2-hexen-1-ol, acetate, (E)-	3.12	-	-	青草味
	3-己烯-1-醇, 乙酸 3-hexen-1-ol, acetate, (Z)-	-	4.35	-	青草味
萜烯 Alkenes	月桂烯. beta.-myrcene	2.61a	1.87a	-	香气气味
	双戊烯 D-limonene	5.03a	3.62b	-	香气气味
	苯并环丁烯 Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	5.51a	7.11a	-	香气气味
	$\alpha$ -法呢烯. alpha.-farnesene	1.38a	1.05a	-	香气气味
	联苯烯 Biphenylene	-	9.03	-	香气气味
苯的衍生物 Benzene derivative	乙基苯 Ethylbenzene	-	1.62	-	芳香
其他 Others	1,2-环氧丙烷 1,2-epoxyundecane	-	-	1.73	刺激气味
	1,4-二氢-1,4-甲桥萘 1,4-methanonaphthalene, 1,4-dihydro-	-	1.14	-	香樟气味
	愈创木酚 Phenol, 2-methoxy-	-	0.54	-	烟熏味、中药味
	2-正戊基呋喃 Furan, 2-pentyl-	-	0.82	-	果香

从不同叶幕形‘京蜜’葡萄非共有的果实香气成分的 GC-MS 分析可以看出,V 形叶幕果实的香气组分最多,共 18 种,醇、醛、酮、酸、萜烯类和苯的衍生物均有检出;直立叶幕果实中共检出 6 种芳香物质,包括醇、酸和萜烯类;水平叶幕果实中检出最少,为 5 种,包括醇、醛、酮类和具有刺激气味的 1,2-环氧丙烷.V 形叶幕和水平叶幕果实中均检出具有绿叶清香和果香的醛类物质和苹果香味的酮类物质,其中甲基庚烯酮含量差异不显著,香叶基丙酮含量以 V 形叶幕显著高于水平叶幕,直立叶幕没有检出,表明直立叶幕降低了果实醛类和酮类芳香物质的含量.直立叶幕和 V 形叶幕果实中均检出具有香脂气味的月桂烯,水平叶幕没有检出,表明水平叶幕降低了果实萜烯类芳香物质的含量.非共有的香气组分主要是花香、果香、香脂气味和芳香气味的物质,只有愈创木酚为烟熏味和中药味,但其检测含量远低于其感官阈值,不会对葡萄的香气产生影响<sup>[5,16]</sup>.

### 3 讨 论

叶幕光环境是影响葡萄果实产量和品质的重要因素.果园光能的截获率与叶面积指数有关,当叶面积指数较大时,叶幕光能截获率增加,光能利用率提高;而当叶面积指数较小时,叶幕的光能利用率明显下降,形成果园光辐射的浪费现象<sup>[17-18]</sup>.光合面积是直接影响群体光合速率的最重要因素,在一定范围内叶面积指数与群体光合速率呈显著正相关,当叶面积指数增加到 3.0~3.5 时,群体光合速率增长缓慢<sup>[19]</sup>.本研究中,V 形叶幕和水平叶幕的叶面积指数分别为 3.13 和 2.98,光能截获率分别为 84.8% 和 83.6%,而直立叶幕的叶面积指数仅为 1.77,光能截获率为 58.3%,显著低于 V 形叶幕和水平叶幕.表明直立叶幕的光合面积小,光能利用率低,造成了严重的光能和空间浪费.V 形叶幕和水平叶幕间的叶面积指数和光能截获率均无显著差异,由于设施内光照强度较低,叶面积指数应低于露地,因此 V 形叶幕和水平叶幕的叶面积指数处于较合理水平.

叶幕温度也是影响葡萄生长发育的重要环境因子.在一定温度范围内,白天温度高光合作用旺盛,产生的光合产物较多.适宜范围内,昼夜温差越大,养分积累越多,果实品质越好<sup>[20]</sup>.本研究表明,V 形叶幕和水平叶幕的白天平均温度及昼夜温差均显著高于直立叶幕,V 形叶幕和水平叶幕葡萄果实的养分累积多于直立叶幕.

栅栏组织是应光合作用而特化出来的细胞,内含较多的叶绿体,是光合作用的主要场所<sup>[21]</sup>.V 形叶幕的葡萄叶片栅栏组织厚度显著高于直立叶幕,水平叶幕居中;V 形叶幕的叶片叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素及总叶绿素含量均显著高于直立叶幕和水平叶幕,表明 V 形叶幕的叶片质量最佳.果实品质方面,果实的可溶性固形物含量以 V 形叶幕>水平叶幕>直立叶幕,差异均达显著水平;V 形叶幕和水平叶幕的总糖含量、糖酸比和抗坏血酸含量无显著差异,但均显著高于直立叶幕.综合果实品质以 V 形叶幕最佳,直立叶幕最差.这与彭宜本等<sup>[22]</sup>的研究结果类似.直立叶幕果实的糖酸比为 19.2,表明果实没有完全成熟,即 V 形叶幕和水平叶幕较直立叶幕的果实成熟期提前.而设施促早栽培果实成熟期越早,经济效益越高,成熟期提前也是设施促早栽培的重要指标.

张大鹏等<sup>[4]</sup>和 Flore<sup>[18]</sup>认为,不同的树形和整形修剪方式改变了叶幕的光照、温度、通风等微气候环境,对葡萄果实香气的影响较大.刘丽媛等<sup>[23]</sup>认为,葡萄果实中的香气物质对香气有重要影响的主要有芳樟醇、香叶醇、香茅醇、橙花醇、脱氢芳樟醇、 $\alpha$ -松油醇等.本研究表明,V 形叶幕的挥发性香气化合物有 29 种,显著多于直立形叶幕的 17 种和水平形叶幕的 16 种.特征香气组分中,V 形叶幕的果实挥发性香气组分除乙醇、青草味的反式-2-己烯-1-醇、苹果香味的仲辛酮和果香味的甲酸己酯含量较低外,其余均较高.其中,直立叶幕和 V 形叶幕的芳樟醇含量显著高于水平叶幕,因此直立叶幕和 V 形叶幕的果实比水平叶幕的果实表现出更浓的品种香气<sup>[24]</sup>.具有清香和果香味的橙花醇含量为 V 形叶幕显著高于直立叶幕和水平叶幕,叶醇含量 V 形叶幕和水平叶幕显著高于直立叶幕.综合表明,设施栽培‘京蜜’葡萄以 V 形叶幕的果实香气更浓,更能体现其品种特性.

### 4 结 论

V 形叶幕和水平叶幕的叶面积指数、光能截获率和叶幕昼夜温差均显著大于直立叶幕,前两者间无显著差异.V 形叶幕叶片的栅栏组织厚度显著大于直立叶幕,叶绿素和类胡萝卜素含量显著高于直立叶幕和水平叶幕.果实品质以 V 形叶幕最佳.V 形叶幕挥发性香气化合物种类最多,为 29 种,直立叶幕与水平叶幕分别仅为 17 和 16 种.其中,V 形叶幕的果实特征香气除乙醇、反式-2-己烯-1-醇、仲辛酮

和甲酸己酯含量较低外,其余各香气组分含量均较高。直立叶幕和V形叶幕果实中具有玫瑰香味的芳樟醇(里那醇)含量显著高于水平叶幕;V形叶幕果实中具有清香和果香味的橙花醇含量显著高于直立叶幕和水平叶幕,V形叶幕和水平叶幕果实的叶醇含量显著高于直立叶幕;具有甜玫瑰香味的香茅醇仅有V形叶幕中检出。综上所述,设施栽培‘京蜜’葡萄以水平龙干树形配合高光效省力化的V形叶幕表现最佳。

#### 参考文献

- [1] Liu F-Z (刘凤之), Wang H-B (王海波). Technical Manual on Promote Early Cultivation of Protected Cultivated Grapevine. Beijing: China Agriculture Press, 2010 (in Chinese)
- [2] Zhang D-P (张大鹏). The status of canopy micro-climate regulation in grapevine production. *Sino-overseas Grapevine & Wine* (葡萄栽培与酿酒), 1989(3): 42-45 (in Chinese)
- [3] Niu Z-M (牛自勉), Sun J-B (孙俊宝), Zhang W-H (张文和), et al. Influence of light microclimate of canopy to the growth and development of fruit plants. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2005(12): 287-289 (in Chinese)
- [4] Zhang D-P (张大鹏), Jiang H-Y (姜红英), Chen X-L (陈星黎), et al. Effects of grapevine training systems on canopy microclimate, net photosynthesis and transpiration. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 1994, **21**(2): 105-110 (in Chinese)
- [5] Wen K-R (温可睿), Huang J-H (黄敬寒), Pan Q-H (潘秋红), et al. Research progress of aromatic compounds and influencing factors in grapes. *Journal of Fruit Science* (果树学报), 2012, **29**(3): 454-460 (in Chinese)
- [6] Zhang M-X (张明霞), Wu Y-W (吴玉文), Duan C-Q (段长青). Progress in study of aromatic compounds in grape and wine. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2008, **41**(7): 2098-2104 (in Chinese)
- [7] Romani RJ, Ku L. Direct gas Chromatographic analysis of volatiles produced by ripening pears. *Journal of Food Science*, 1984, **69**: 51-58
- [8] Liu F-Z (刘凤之), Wang H-B (王海波). Technical Manual on Grape Production. Beijing: China Agriculture Press, 2012 (in Chinese)
- [9] Li F-L (李芳兰), Bao W-K (包维楷), Liu J-H (刘俊华), et al. Eco-anatomical characteristics of *Sophora davidii* leaves along an elevation gradient in upper Minjiang River dry valley. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(1): 5-10 (in Chinese)
- [10] Gong Z-N (宫兆宁), Zhao Y-L (赵雅莉), Zhao W-J (赵文吉), et al. Estimation model for plant leaf chlorophyll content based on the spectral index content. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2014, **34**(20): 5736-5745 (in Chinese)
- [11] Huo G-H (霍光华), Gao Y-Y (高荫榆), He X-L (何小立), et al. Determination of the water-soluble sugars using the refractometer. *Journal of Nanchang University* (Natural Science) (南昌大学学报:理科版), 2002, **26**(2): 128-131 (in Chinese)
- [12] Li J-Q (李家庆). Manual on Fruit and Vegetable Fresh-keeping. Beijing: China Light Industry Press, 2003 (in Chinese)
- [13] Zhang Z-L (张志良). Plant Physiology Experiment Instruction. Beijing: Higher Education Press, 1990
- [14] Song Z-W (宋子炜), Guo X-P (郭小平), Zhao T-N (赵廷宁), et al. A comparison of lighten environmental characteristics for road greening plants communities in Beijing Shunyi District. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2008, **28**(8): 3779-3788 (in Chinese)
- [15] Kalua CM, Boss PK. Evolution of volatile compounds during the development of cabernet Sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, **57**: 3818-3830
- [16] Shang J-Y (商佳胤), Tian S-F (田淑芬), Li S-H (李树海), et al. Differences of leaf canopy of Y frame and vertical trellises on light intensity and qualities of Muscat Hamburg grape. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2013, **40**(7): 1349-1358 (in Chinese)
- [17] Zhang D-P (张大鹏). Index of canopy exposure to light (CE): A parameter for evaluating the potential of canopy light utilization of grapevine training system. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 1995, **22**(4): 324-330 (in Chinese)
- [18] Flore JA. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Horticultural Reviews*, 1989, **11**: 112-139
- [19] Xie Q (谢强), Shi L (石磊), Du F (杜峰), et al. Effects of CO<sub>2</sub> and temperature on canopy photosynthesis of grapevine. *Journal of Shanghai Jiaotong University* (Agricultural Science) (上海交通大学学报:农业科学版), 2007, **25**(2): 110-114 (in Chinese)
- [20] He P-C (贺普超). Grapevine. Beijing: China Agriculture Press, 1999 (in Chinese)
- [21] Zheng X-R (郑湘如). Botany. 2nd Ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2007 (in Chinese)
- [22] Peng Y-B (彭宜本), Liu J-H (刘建辉), Lei Y-X (雷茵霞), et al. Studies of three principal cultivated systems of Thompson Seedless on canopy microclimate in Tulufan area. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报), 1995, **4**(1): 70-73 (in Chinese)
- [23] Liu L-Y (刘丽媛), Liu Y-L (刘延琳), Li H (李华). Research progress of wine aroma. *Food Science* (食品科学), 2011, **32**(5): 310-316 (in Chinese)
- [24] Zhao X-J (赵新节), Sun Y-X (孙玉霞), Wang Y-M (王咏梅), et al. Effects of trellis systems on flavoring compositions in grape wine of *Vitis vinifera* cv. Muscat Hamburg. *Liquor-Making Science & Technology* (酿酒科技), 2007(7): 45-48 (in Chinese)

作者简介 史祥宾,男,1985年生,硕士,助理研究员。主要从事葡萄栽培生理生态研究。E-mail: shixiangbin@163.com

责任编辑 孙菊