

## 48 个葡萄品种果实大小粒性状调查及差异分析

葛孟清<sup>1</sup>, 董天宇<sup>1</sup>, 郑 婷<sup>1</sup>, 上官凌飞<sup>1</sup>, 房经贵<sup>1,①</sup>, 刘崇怀<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095; 2. 中国农业科学院郑州果树研究所, 河南 郑州 450009)

**摘要:** 以中国农业科学院郑州果树研究所葡萄种质资源圃内果实大小粒现象明显的 48 个葡萄 (*Vitis* spp.) 品种为材料, 对各品种的小果率进行了调查, 并对各品种大果和小果的生长性状 (包括果粒纵径、果粒横径、果形指数、单果粒质量和单果粒种子数)、果实品质 (包括果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和花色苷含量) 和横切面解剖结构进行了比较。结果表明: 供试所有葡萄品种的小果率为 13.9%~87.9%, 且在品种间差异较大。供试所有品种大果的果粒纵径、果粒横径和单果粒质量分别为 15.35~30.29 mm、16.16~27.98 mm 和 2.82~14.32 g, 显著 ( $P < 0.05$ ) 高于同一品种小果; 47 个有核品种的大果均有种子, 单果粒种子数为 1~6, 但除‘高妻’ (‘Takatsuma’) 和‘熊岳白’ (‘White Xiongyue’) 外, 其余有核品种的小果均未见种子。供试所有品种大果的果实硬度为 0.52~1.66 kg·cm<sup>-2</sup>, 显著高于同一品种小果; 多数品种大果的可溶性固形物含量 (13.34%~23.08%)、可滴定酸含量 (0.32%~0.99%) 和花色苷含量 (0.22~3.46 mg·g<sup>-1</sup>) 显著低于同一品种小果。果实横切面解剖结构观察结果表明: 同一品种大果和小果间表皮细胞的长度、宽度和面积差异显著; 在 400 倍视野内, 同一品种大果和小果间的表皮细胞数也差异显著, 且大果的表皮细胞数显著高于小果。总体来看, 同一葡萄品种大果和小果间的生长性状、果实品质和解剖结构存在显著差异, 推测其大小粒形成主要由果实发育前期的细胞数量决定。

**关键词:** 葡萄; 果实大小粒; 生长性状; 果实品质; 解剖结构

中图分类号: Q944.59; S663.1; S602.4 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2020)04-0019-09

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2020.04.03

**Investigation and difference analysis on characters of fruit size of 48 grape (*Vitis* spp.) cultivars** GE Mengqing<sup>1</sup>, DONG Tianyu<sup>1</sup>, ZHENG Ting<sup>1</sup>, SHANGGUAN Lingfei<sup>1</sup>, FANG Jinggui<sup>1,①</sup>, LIU Chonghuai<sup>2</sup> (1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2020, 29(4): 19-27

**Abstract:** Taking 48 grape (*Vitis* spp.) cultivars with evident fruit size phenomenon in Grape Germplasm Resources Garden of Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences as materials, small fruit rate of each cultivar was investigated, and growth characters (including fruit vertical diameter, fruit horizontal diameter, fruit shape index, single fruit mass, and seed number of single fruit), fruit quality (including fruit firmness, soluble solid content, titratable acid content, and anthocyanin content), and anatomical structure of transverse section of big and small fruits of each cultivar were compared. The results show that small fruit rate of all grape cultivars tested is 13.9%~87.9%, and the difference among cultivars is relatively big. Fruit vertical diameter, fruit horizontal diameter, and single fruit mass of big fruit of all cultivars tested are 15.35~30.29 mm, 16.16~27.98 mm, and 2.82~14.32 g, respectively, which are significantly ( $P < 0.05$ ) higher than those of small fruit of the same cultivar; big fruits of 47 seeded cultivars have seeds, their seed number of single fruit is 1~6, but except for ‘Takatsuma’ and ‘White Xiongyue’, no seed can be found in small fruits of other seeded cultivars. Fruit firmness of big fruit of all cultivars tested is 0.52~1.66 kg·cm<sup>-2</sup>, which is

收稿日期: 2019-09-01

基金项目: 江苏现代农业(葡萄)产业技术体系建设项目(JATS[2018]279); 江苏省农业科技自主创新项目[CX(18)2008]

作者简介: 葛孟清(1995—), 女, 山东临清人, 博士研究生, 主要从事葡萄种质资源调查与研究。

①通信作者 E-mail: fanggg@njau.edu.cn

significantly higher than that of small fruit of the same cultivar; soluble solid content (13.34%–23.08%), titratable acid content (0.32%–0.99%), and anthocyanin content ( $0.22\text{--}3.46\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) of big fruit of most cultivars are significantly lower than those of small fruit of the same cultivar. The observation result of anatomical structure of transverse section of fruits shows that differences in length, width, and area of epidermal cell between big and small fruits of the same cultivar are significant; in view with 400 times, the difference in number of epidermal cell between big and small fruits of the same cultivar is also significant, and number of epidermal cell of big fruit is significantly higher than that of small fruit. Overall, there are significant differences in growth characters, fruit quality, and anatomical structure between big and small fruits of the same grape cultivar, suggesting that the formation of fruit size is mainly determined by cell number at early stage of fruit development.

**Key words:** grape (*Vitis* spp.); fruit size; growth characters; fruit quality; anatomical structure

葡萄(*Vitis* spp.)在全世界栽培广泛,是世界上加工比例最高、产业链最长且产品最多的果树<sup>[1-5]</sup>。葡萄的果实品质决定了其商品价值和加工利用程度。果粒大小为葡萄重要的果实品质性状,可影响鲜食葡萄的食用品质和酿酒葡萄的酿酒品质<sup>[6-7]</sup>。然而,在实际生产中,许多葡萄品种的果穗和果粒不均匀,呈现出明显的大小粒现象<sup>[8-9]</sup>,导致其商品价值和经济效益下降。

为了探明葡萄果实大小粒的形成机制及其对果实品质的影响,研究者从生理和分子水平上开展了相关研究<sup>[10-13]</sup>,发现葡萄果实大小粒属于多基因控制的数量性状,遗传结构复杂,受到遗传因子和环境因子相互作用的影响<sup>[13]</sup>。虽然已有研究者发现葡萄果实大小粒的形成与品种、气候、植株长势和水肥供应等因子有关<sup>[14]</sup>,但葡萄果实生长和大小粒的调控机制尚不清楚,果实大小粒对葡萄品质的影响研究也不深入,不利于培育果实大小均匀的葡萄,致使由鲜食葡萄果实大小粒导致的产量和品质下降以及由酿酒葡萄果实大小粒导致的葡萄酒加工品质降低等问题一直没有得到很好地解决。

鉴于此,在中国农业科学院郑州果树研究所葡萄种质资源圃内选择48个果实大小粒现象明显的葡萄品种,对各品种的小果率进行调查,并对各品种大果和小果的生长性状(包括果粒纵径、果粒横径、果形指数、单果粒质量和单果粒种子数)、果实品质(包括果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和花色苷含量)和横切面解剖结构进行比较,以期探明葡萄果实大小粒的主要影响因子及果实大小粒对葡萄果实品质的影响,从而为更好地解决葡萄栽培生产中的大小粒问题提供基础研究数据,并为葡萄的种质资源利用及育种亲本选择提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

在中国农业科学院郑州果树研究所葡萄种质资源圃(东经 $113^{\circ}39'$ 、北纬 $34^{\circ}43'$ )内,选择在避雨棚下栽培的48个果实大小粒现象明显的葡萄品种进行研究。该资源圃海拔110.4 m,年均温 $15.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年均空气相对湿度66.0%,年均降水量636.0 mm,7月至8月降水量270.0 mm,占全年降水量的42.5%。供试48个葡萄品种的相关信息见表1。

### 1.2 方法

1.2.1 大小粒确定及小果率统计 根据作者对葡萄种质资源的调查结果<sup>[14]</sup>,对供试每个品种的果粒大小进行分类。将果粒横径和果粒纵径显著低于正常果粒横径和果粒纵径范围的果粒归为小果,其余果粒均归为大果。统计每个果穗上大果和小果的数量,据此计算小果率,计算公式为小果率=(某一果穗的小果数/该果穗的果粒总数) $\times 100\%$ 。

1.2.2 生长性状测定 在供试每个品种的大果和小果中各随机选取20个成熟果粒,用游标卡尺(精度0.01 mm)测量果粒纵径和果粒横径,据此计算果形指数(果粒纵径与果粒横径的比值),并根据刘崇怀等<sup>[15]</sup>制定的标准,按照果形指数(FI)划分果形,即长椭圆形( $1.3\leq\text{FI}<1.6$ )、椭圆形( $1.1\leq\text{FI}<1.3$ )、圆形( $1.0\leq\text{FI}<1.1$ )和扁圆形( $\text{FI}<1.0$ );使用万分之一电子天平称量单果粒质量;统计每个果粒中的种子数,即单果粒种子数。

1.2.3 果实品质测定 在供试每个品种的大果和小果中各随机选择10个成熟果粒,采用M-T扎穿试验法<sup>[16-17]</sup>测定带皮果实的硬度。将果皮和果肉分开,

表1 供试48个葡萄品种的相关信息<sup>1)</sup>  
Table 1 Related information of 48 grape (*Vitis* spp.) cultivars tested<sup>1)</sup>

编号 Code	品种 Cultivar	种名 Species name	用途 Use	编号 Code	品种 Cultivar	种名 Species name	用途 Use
1	高妻 Takatsuma	VL	鲜食 Fresh-eating	25	东部巨选 Kyoho Tobu	VL	鲜食 Fresh-eating
2	黑奥林 Black Olympia	VL	鲜食 Fresh-eating	26	黑峰 Black Peak	VL	鲜食 Fresh-eating
3	高蓓蕾 High Bailey	VV	鲜食 Fresh-eating	27	巨优 Juyou	VL	鲜食 Fresh-eating
4	京优 Jingyou	VL	鲜食 Fresh-eating	28	黑旋风 Heixuanfeng	VL	鲜食 Fresh-eating
5	先锋 Pioneer	VL	鲜食 Fresh-eating	29	红山彦 Beniyamabiko	VL	鲜食 Fresh-eating
6	巴尔干 Balkan	VV	酿酒 Wine-making	30	吉峰 14 号 Jifeng No. 14	VL	鲜食 Fresh-eating
7	高尾 Takao	VL	鲜食 Fresh-eating	31	山东大紫 Shandongdazi	VL	鲜食 Fresh-eating
8	音田 Otda	VV	鲜食 Fresh-eating	32	田野黑 Tano Black	VL	鲜食 Fresh-eating
9	巨峰 Kyoho	VL	鲜食 Fresh-eating	33	伊豆锦 Izunishiki	VL	鲜食 Fresh-eating
10	黑宝石 Heukboseok	VL	鲜食 Fresh-eating	34	信浓红 Shinoho	VL	鲜食 Fresh-eating
11	金后 Golden Queen	VL	鲜食 Fresh-eating	35	早生高墨 Takasumi Early	VL	鲜食 Fresh-eating
12	大玫瑰 Muscat Hamburg Mutation	VV	鲜食 Fresh-eating	36	郑巨 2 号 Zhengju No. 2	VL	鲜食 Fresh-eating
13	霸王 Bawang	VV	鲜食 Fresh-eating	37	布加勒斯特玫瑰 Bucuresti-Muscat	VV	鲜食 Fresh-eating
14	郑果 28 号 Zhengguo No. 28	VV	鲜食 Fresh-eating	38	郑巨 1 号 Zhengju No. 1	VL	鲜食 Fresh-eating
15	公酿 1 号 Gongniang No. 1	AV	酿酒 Wine-making	39	下吉红地球 Xiaji Red Globe	VV	鲜食 Fresh-eating
16	芭拉蒂 Barbara	VV	酿酒 Wine-making	40	郑果 16 号 Zhengguo No. 16	VL	酿酒 Wine-making
17	苏 46 号 Su No. 46	VV	鲜食 Fresh-eating	41	季米亚特 Jimiyate	VV	酿酒 Wine-making
18	海玉珠 Heukgoosul	VL	酿酒 Wine-making	42	吉姆沙瓦尔宁 Kadarka	VV	酿酒 Wine-making
19	克林巴马克 Khoussaine Khelime Barmak	VV	鲜食 Fresh-eating	43	熊岳白 White Xiongyue	VA	酿酒 Wine-making
20	瑞都无核怡 Ruiduwuheyi	VV	酿酒 Wine-making	44	瑞都红玫 Ruiduhongmei	VV	酿酒 Wine-making
21	郑果 2 号 Zhengguo No. 2	VV	鲜食 Fresh-eating	45	曼尔尼什卡 Manernishika	VV	酿酒 Wine-making
22	选拔巨峰 Xuanba Kyoho	VL	鲜食 Fresh-eating	46	粒丽特 Lilite	VV	鲜食 Fresh-eating
23	蓝玉 Lanyu	VL	酿酒 Wine-making	47	考兹乌苏姆 Koz Ousioum	VV	鲜食 Fresh-eating
24	黑×国 Hei×Guo	VV	鲜食 Fresh-eating	48	郑黑 Zhenghei	VL	鲜食 Fresh-eating

<sup>1)</sup> VL: 欧美杂种 *Vitis vinifera* Linn.×*V. labrusca* Linn.; VV: 欧亚种 *V. vinifera*; AV: 山欧杂种 *V. amurensis* Rupr.×*V. vinifera*; VA: 欧山杂种 *V. vinifera*×*V. amurensis*.

称取 0.5 g 果皮,参考 Orak<sup>[18]</sup>的方法测定花色苷含量;将果肉榨汁,用 MASTER-100H ATAGO 手持刻度式折光仪(日本 ATAGO 公司)测定可溶性固形物含量<sup>[19]</sup>,参照 Lamikanra 等<sup>[20]</sup>的方法测定可滴定酸含量(以酒石酸质量分数计)。各指标重复测定 3 次。

1.2.4 横切面解剖结构观察 随机选择‘苏 46 号’(‘Su No. 46’)、‘郑巨 1 号’(‘Zhengju No. 1’)、‘郑果 2 号’(‘Zhengguo No. 2’)和‘金后’(‘Golden Queen’)4 个品种大果和小果的成熟果实各 3 粒,用 FAA 固定液[*V*(甲醛):*V*(乙酸):*V*(体积分数 50%乙醇)=1:1:18]固定,送武汉赛维尔生物科技有限公司进行石蜡包埋,并在赤道处横切,每个果粒制作 1 个切片;用 Panoramic P-MIDI 数字切片扫描仪(匈牙利 3DHISTECH 公司)全景扫描。采用 Image-Pro Plus 6.0 软件,在 400 倍条件下统计每个视野内表皮细胞的数量;每个切片随机选择 5 个完整的表皮细胞,分别测量表皮细胞的长度、宽度和面积。

### 1.3 数据处理及统计分析

采用 Origin 9.0 和 EXCEL 2016 软件进行数据汇总、统计及分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 果实大小粒的生长性状差异

统计结果(表 2)表明:供试 48 个葡萄品种中,‘公酿 1 号’(‘Gongniang No. 1’)的小果率最低(13.9%),而‘巴尔干’(‘Balkan’)的小果率最高(87.9%),各品种间小果率差异较大。大果和小果的果粒纵径分别为 15.35~30.29 和 6.36~22.32 mm,果粒横径分别为 16.16~27.98 和 5.38~22.47 mm,果形指数分别为 0.95~1.47 和 0.92~1.29,单果粒质量分别为 2.82~14.32 和 0.29~3.96 g;并且,同一品种大果和小果间的果粒纵径、果粒横径和单果粒质量差异显著( $P<0.05$ )。

由表2可见:除‘郑果28号’(‘Zhengguo No. 28’),‘吉姆沙瓦尔宁’(‘Kadarka’),‘熊岳白’(‘White Xiongyue’)和‘曼尔尼什卡’(‘Manernishika’)外,其余品种大果的果形指数均大于同一品种小果。进一步统计分析结果表明:在供试48个葡萄品种中,33个品种大果和小果的果形不一致,其余15个品种大果和小果的果形一致。大果和小果果形不一致有5种情况:1)大果圆形、小果扁圆形,包括‘黑奥林’(‘Black Olympia’)和‘红山彦’(‘Beniyamabiko’)等18个品种;2)大果椭圆形、小果扁圆形,包括‘巨优’(‘Juyou’)和‘山东大紫’(‘Shandongdazi’)等7个品种;3)大果椭圆形、小果圆形,包括‘郑黑’(‘Zhenghei’)和‘霸王’(‘Bawang’)等6个品种;4)大果长椭圆形、小果圆

形,只有‘芭拉蒂’(‘Barbara’)1个品种;5)大果扁圆形、小果圆形,只有‘熊岳白’1个品种。大果和小果果形一致有3种情况:1)大果和小果均为圆形,包括‘东部巨选’(‘Kyoho Tobu’)和‘高妻’(‘Takatsuma’)等9个品种;2)大果和小果均为扁圆形,包括‘先锋’(‘Pioneer’)、‘金后’、‘公酿1号’、‘布加勒斯特玫瑰’(‘Bucuresti-Muscat’)和‘吉姆沙瓦尔宁’5个品种;3)大果和小果均为长椭圆形,只有‘蓝玉’(‘Lanyu’)1个品种。

由表2还可见:除无核品种‘瑞都无核怡’(‘Ruiduwuheyi’)外,所有有核品种的大果均有种子,单果粒种子数为1~6,且所有种子发育正常;‘高妻’的小果有2粒种子,‘熊岳白’的小果有1粒种子,其余有核品种的小果均未见种子。

表2 48个葡萄品种大果和小果的生长性状差异( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 2 Difference in growth characters of big and small fruits of 48 grape (*Vitis* spp.) cultivars ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	小果率/% Small fruit rate	果粒纵径/mm Fruit vertical diameter		果粒横径/mm Fruit horizontal diameter		果形指数 Fruit shape index		单果粒质量/g Single fruit mass		单果粒种子数 Seed number of single fruit	
		大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit
1	40.7	24.58±0.25a	16.94±0.51b	23.57±1.80a	16.62±2.04b	1.04±0.03a	1.02±0.12a	7.08±0.49a	1.52±0.00b	1.4±0.5	2.0±0.0
2	58.8	29.73±0.70a	16.37±0.83b	27.98±1.17a	16.82±1.03b	1.06±0.03a	0.97±0.07a	13.84±0.52a	3.08±0.00b	4.0±0.0	—
3	76.0	26.23±0.29a	11.45±0.09b	23.80±1.67a	11.67±0.91b	1.10±0.03a	0.98±0.04a	9.22±0.79a	1.26±0.03b	3.0±0.8	—
4	66.4	27.03±1.14a	13.85±0.51b	25.46±0.63a	14.62±0.93b	1.06±0.03a	0.95±0.04a	10.98±0.67a	2.20±0.06b	2.0±0.0	—
5	51.8	15.35±0.32a	6.36±0.46b	16.16±1.02a	5.38±1.31b	0.95±0.03a	0.95±0.04a	12.03±0.91a	2.82±0.07b	4.0±0.0	—
6	87.9	23.99±0.43a	9.34±0.18b	23.73±0.68a	10.12±0.57b	1.01±0.09a	0.92±0.04a	8.50±0.75a	0.61±0.11b	2.4±0.8	—
7	65.0	28.69±0.01a	17.84±0.30b	25.43±0.79a	17.61±1.12b	1.13±0.00a	1.01±0.03a	11.37±0.12a	3.76±0.08b	3.5±0.7	—
8	35.9	29.24±0.17a	15.54±0.42b	27.60±1.64a	16.01±0.74b	1.06±0.08a	0.97±0.01a	13.38±0.19a	2.51±0.06b	4.0±0.0	—
9	66.3	30.12±0.07a	16.04±0.07b	25.76±1.17a	16.15±0.74b	1.17±0.02a	0.99±0.04a	12.59±0.22a	3.00±0.04b	4.0±0.0	—
10	37.9	26.86±0.37a	15.95±0.06b	24.51±0.58a	16.17±0.62b	1.10±0.03a	0.99±0.04a	10.77±0.40a	2.99±0.06b	3.0±0.0	—
11	39.2	20.11±0.26a	11.51±0.24b	20.38±0.65a	12.57±0.46b	0.99±0.05a	0.92±0.04a	5.55±0.61a	1.28±0.11b	1.0±0.0	—
12	18.9	22.69±0.14a	13.11±0.37b	21.27±1.03a	13.58±0.83b	1.07±0.03a	0.97±0.04a	6.37±0.35a	1.62±0.10b	1.4±0.5	—
13	32.8	29.52±0.82a	17.70±0.52b	26.10±0.73a	17.24±1.04b	1.13±0.03a	1.03±0.04a	12.59±0.96a	3.61±0.00b	4.0±0.0	—
14	75.7	16.79±0.43a	8.75±0.42b	16.72±0.86a	8.62±0.39b	1.00±0.03a	1.02±0.05a	3.18±0.70a	0.41±0.03b	1.0±0.0	—
15	13.9	16.70±0.50a	12.64±0.26b	17.05±0.70a	13.09±0.44b	0.98±0.03a	0.97±0.03a	3.23±0.09a	1.40±0.05b	1.0±0.0	—
16	61.4	25.67±0.84a	14.47±0.14b	19.29±0.92a	13.44±0.30b	1.33±0.03a	1.08±0.03a	5.67±0.09a	1.66±0.18b	1.0±0.0	—
17	71.9	27.70±0.48a	13.12±0.41b	23.77±0.72a	12.68±0.79b	1.17±0.05a	1.03±0.04a	9.87±0.11a	1.45±0.01b	2.0±0.0	—
18	40.0	25.01±0.22a	16.85±0.46b	23.36±0.70a	17.24±0.55b	1.07±0.03a	0.98±0.03a	10.23±0.30a	3.63±0.00b	2.0±0.0	—
19	30.0	24.40±0.27a	11.76±0.11b	19.86±0.76a	12.08±0.24b	1.23±0.03a	0.97±0.04a	6.14±0.10a	1.19±0.01b	1.2±0.4	—
20	38.0	18.52±0.28a	12.72±0.13b	17.24±0.53a	12.59±0.82b	1.07±0.05a	1.01±0.05a	3.58±0.04a	1.30±0.21b	—	—
21	47.0	27.94±0.87a	17.42±0.18b	25.65±0.78a	17.44±1.04b	1.09±0.03a	1.00±0.03a	13.52±0.14a	3.12±0.06b	2.0±0.0	—
22	29.9	29.99±0.67a	17.10±0.12b	27.66±0.68a	17.47±0.77b	1.08±0.00a	0.98±0.07a	14.26±0.20a	3.61±0.18b	5.5±0.8	—
23	15.0	28.75±0.40a	19.58±0.21b	18.69±0.84a	14.52±0.46b	1.47±0.04a	1.30±0.00a	12.60±0.49a	2.90±0.06b	4.0±0.0	—
24	37.0	26.70±1.02a	15.73±0.21b	25.50±0.98a	16.15±0.67b	1.05±0.04a	0.97±0.04a	10.40±0.86a	2.85±0.04b	4.0±0.0	—
25	68.0	27.06±0.49a	17.06±0.47b	25.16±1.16a	16.48±1.22b	1.08±0.03a	1.04±0.04a	10.57±0.69a	2.99±0.06b	4.0±0.0	—
26	34.1	28.75±0.36a	17.10±0.06b	26.92±1.17a	17.05±1.19b	1.07±0.05a	1.00±0.04a	12.58±0.64a	3.63±0.07b	4.0±0.0	—
27	60.9	30.24±0.45a	13.90±0.15b	26.75±1.22a	14.26±0.93b	1.13±0.04a	0.97±0.04a	13.64±0.97a	1.93±0.04b	4.0±0.0	—
28	42.7	29.45±0.28a	16.40±0.22b	27.20±1.17a	16.85±0.75b	1.08±0.05a	0.97±0.03a	13.37±0.86a	3.05±0.06b	4.0±0.0	—
29	53.3	23.82±0.16a	13.51±0.25b	23.05±1.19a	14.42±0.75b	1.03±0.02a	0.94±0.04a	7.99±0.20a	1.82±0.00b	1.0±0.0	—
30	55.7	29.77±0.42a	22.32±0.16b	27.79±1.63a	22.47±1.33b	1.07±0.04a	0.99±0.02a	13.60±0.28a	3.47±0.06b	4.0±0.0	—
31	71.7	29.17±0.07a	15.20±0.09b	25.87±1.52a	15.33±1.09b	1.13±0.06a	0.99±0.03a	12.79±0.17a	2.48±0.22b	4.0±0.0	—
32	40.9	27.30±0.36a	15.19±0.57b	23.31±2.46a	15.28±0.32b	1.17±0.23a	0.99±0.04a	10.47±0.30a	2.57±0.05b	3.0±0.0	—
33	59.0	29.15±0.56a	16.21±0.32b	26.88±1.44a	16.46±0.71b	1.08±0.04a	0.98±0.03a	13.03±0.40a	2.95±0.07b	4.0±0.0	—

续表2 Table 2 (Continued)

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	小果率/% Small fruit rate	果粒纵径/mm Fruit vertical diameter		果粒横径/mm Fruit horizontal diameter		果形指数 Fruit shape index		单果粒质量/g Single fruit mass		单果粒种子数 Seed number of single fruit	
		大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit
34	66.0	29.15±0.52a	16.10±0.23b	26.54±1.00a	16.76±0.49b	1.10±0.03a	0.96±0.03a	12.96±0.40a	3.01±0.03b	2.0±0.0	—
35	43.0	30.29±0.60a	15.16±0.08b	27.56±1.89a	15.35±0.93b	1.10±0.05a	0.99±0.06a	14.32±0.49a	2.49±0.32b	4.5±0.5	—
36	55.7	26.54±0.65a	15.07±0.20b	24.95±0.43a	15.17±0.99b	1.06±0.04a	0.99±0.04a	10.51±0.29a	2.41±0.64b	3.0±0.0	—
37	63.0	24.41±0.66a	9.94±0.08b	24.63±1.31a	10.59±0.85b	0.99±0.03a	0.94±0.05a	9.26±0.19a	0.80±0.00b	3.0±0.0	—
38	67.1	28.01±0.01a	18.11±0.19b	25.81±0.83a	18.02±0.61b	1.09±0.03a	1.01±0.04a	11.93±0.67a	3.96±0.03b	3.0±0.0	—
39	56.0	30.07±0.94a	18.56±0.09b	27.32±1.45a	18.19±0.52b	1.10±0.06a	1.02±0.04a	14.10±0.65a	3.94±0.01b	6.0±0.0	—
40	37.0	26.62±1.08a	15.02±0.50b	23.64±0.78a	14.93±0.72b	1.13±0.04a	1.01±0.06a	9.52±0.29a	2.32±0.00b	2.0±0.0	—
41	29.0	21.30±0.38a	9.81±0.07b	19.32±0.82a	10.03±0.82b	1.10±0.06a	0.98±0.04a	5.15±0.44a	0.69±0.02b	2.0±0.0	—
42	25.4	15.77±0.41a	9.67±0.16b	16.26±0.82a	9.67±0.85b	0.97±0.04a	0.99±0.08a	2.98±0.07a	0.62±0.19b	1.0±0.0	—
43	34.0	16.29±0.18a	12.01±0.22b	16.43±0.65a	11.12±0.70b	0.99±0.03a	1.08±0.05a	2.82±0.07a	0.86±0.00b	1.0±0.0	1.0±0.0
44	79.0	23.35±0.31a	17.40±0.36b	22.73±1.54a	17.02±0.80b	1.03±0.04a	1.02±0.07a	9.23±0.11a	3.36±0.02b	2.0±0.0	—
45	32.1	16.44±0.47a	10.38±0.59b	16.32±1.17a	10.31±0.96b	1.01±0.05a	1.01±0.03a	2.90±0.11a	0.75±0.02b	1.0±0.0	—
46	24.4	23.61±0.76a	11.36±0.33b	19.95±0.29a	10.50±0.65b	1.18±0.04a	1.08±0.09a	6.48±0.31a	1.12±0.04b	1.0±0.0	—
47	78.0	21.58±0.56a	7.20±0.30b	20.42±0.89a	7.69±1.01b	1.06±0.04a	0.94±0.07a	5.66±0.10a	0.29±0.00b	1.0±0.0	—
48	61.3	29.80±0.88a	15.62±0.72b	26.50±2.14a	15.51±0.76b	1.12±0.11a	1.01±0.03a	13.80±0.49a	2.71±0.02b	4.0±0.0	—

<sup>1)</sup>同行中不同小写字母表示同一指标在相同品种的大果和小果间差异显著( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same row indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference in the same index between big and small fruits of the same cultivar. —: 未见种子 No seed can be found.

<sup>2)</sup>1: ‘高妻’ ‘Takatsuma’; 2: ‘黑奥林’ ‘Black Olympia’; 3: ‘高蓓蕾’ ‘High Bailey’; 4: ‘京优’ ‘Jingyou’; 5: ‘先锋’ ‘Pioneer’; 6: ‘巴尔干’ ‘Balkan’; 7: ‘高尾’ ‘Takao’; 8: ‘音田’ ‘Otoda’; 9: ‘巨峰’ ‘Kyoho’; 10: ‘黑宝石’ ‘Heukboseok’; 11: ‘金后’ ‘Golden Queen’; 12: ‘大玫瑰’ ‘Muscat Hamburg Mutation’; 13: ‘霸王’ ‘Bawang’; 14: ‘郑果28号’ ‘Zhengguo No. 28’; 15: ‘公酿1号’ ‘Gongniang No. 1’; 16: ‘芭拉蒂’ ‘Barbara’; 17: ‘苏46号’ ‘Su No. 46’; 18: ‘海玉珠’ ‘Heukgoosul’; 19: ‘克林巴马克’ ‘Khoussaine Khelime Barmak’; 20: ‘瑞都无核怡’ ‘Ruiduwuheyi’; 21: ‘郑果2号’ ‘Zhengguo No. 2’; 22: ‘选拔巨峰’ ‘Xuanba Kyoho’; 23: ‘蓝玉’ ‘Lanyu’; 24: ‘黑×国’ ‘Hei×Guo’; 25: ‘东部巨选’ ‘Kyoho Tobu’; 26: ‘黑峰’ ‘Black Peak’; 27: ‘巨优’ ‘Juyou’; 28: ‘黑旋风’ ‘Heixuanfeng’; 29: ‘红山彦’ ‘Beniyamabiko’; 30: ‘吉峰14号’ ‘Jifeng No. 14’; 31: ‘山东大紫’ ‘Shandongdazi’; 32: ‘田野黑’ ‘Tano Black’; 33: ‘伊豆锦’ ‘Izunishiki’; 34: ‘信浓红’ ‘Shinoho’; 35: ‘早生高墨’ ‘Takasumi Early’; 36: ‘郑巨2号’ ‘Zhengju No. 2’; 37: ‘布加勒斯特玫瑰’ ‘Bucuresti-Muscat’; 38: ‘郑巨1号’ ‘Zhengju No. 1’; 39: ‘下吉红地球’ ‘Xiaji Red Globe’; 40: ‘郑果16号’ ‘Zhengguo No. 16’; 41: ‘季米亚特’ ‘Jimiyate’; 42: ‘吉姆沙瓦尔宁’ ‘Kadarka’; 43: ‘熊岳白’ ‘White Xiongyue’; 44: ‘瑞都红玫’ ‘Ruiduhongmei’; 45: ‘曼尔尼什卡’ ‘Manernishika’; 46: ‘粒丽特’ ‘Lilite’; 47: ‘考兹乌苏姆’ ‘Koz Ousium’; 48: ‘郑黑’ ‘Zhenghei’.

## 2.2 果实大小粒的果实品质差异

2.2.1 果实硬度差异 统计结果(表3)表明:48个葡萄品种大果的果实硬度为 $0.52\sim 1.66\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,其中,‘季米亚特’(‘Jimiyate’)大果的果实硬度最大,‘郑果28号’大果的果实硬度最小。48个葡萄品种小果的果实硬度为 $0.20\sim 1.53\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,其中,‘季米

亚特’小果的果实硬度最大,‘巴尔干’、‘克林巴马克’(‘Khoussaine Khelime Barmak’)、‘早生高墨’(‘Takasumi Early’)和‘郑巨2号’(‘Zhengju No. 2’)4个品种小果的果实硬度相同且最小。并且,各品种大果的果实硬度显著( $P<0.05$ )高于同一品种小果。

表3 48个葡萄品种大果和小果的果实品质差异( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>Table 3 Difference in fruit quality of big and small fruits of 48 grape (*Vitis* spp.) cultivars ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	果实硬度/( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) Fruit firmness		可溶性固形物含量/% Soluble solid content		可滴定酸含量/% Titratable acid content		花色苷含量/( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) Anthocyanin content	
	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit
1	0.78±0.16a	0.48±0.15b	16.38±0.60a	16.60±0.32a	0.53±0.00b	0.56±0.01a	1.86±0.10b	2.73±0.14a
2	1.18±0.16a	0.28±0.04b	19.78±0.44b	21.68±0.45a	0.38±0.00b	0.41±0.00a	2.28±0.32b	2.66±0.33a
3	1.35±0.31a	0.48±0.07b	18.48±0.76b	19.55±0.94a	0.58±0.00b	0.64±0.01a	1.48±0.20b	2.25±0.29a
4	1.01±0.13a	0.60±0.13b	20.04±0.90b	23.16±0.88a	0.32±0.01b	0.43±0.02a	1.81±0.40b	4.83±0.21a
5	0.92±0.16a	0.52±0.11b	17.02±1.45a	17.68±0.80a	0.38±0.02a	0.39±0.00a	1.23±0.05b	1.96±0.00a
6	0.66±0.14a	0.20±0.06b	16.56±1.08a	16.56±0.45a	0.41±0.01b	0.51±0.01a	0.32±0.12b	0.54±0.21a
7	1.06±0.13a	0.32±0.09b	20.92±0.30b	22.30±0.89a	0.49±0.02a	0.49±0.02a	1.58±0.30b	1.95±0.11a
8	1.00±0.12a	0.35±0.09b	18.24±1.10a	18.50±1.12a	0.43±0.02b	0.45±0.01a	1.58±0.10b	2.04±0.23a
9	1.01±0.11a	0.32±0.06b	20.86±0.85b	22.94±1.11a	0.45±0.02a	0.45±0.02a	1.95±0.03b	3.04±0.13a

续表3 Table 3 (Continued)

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	果实硬度/(kg·cm <sup>-2</sup> ) Fruit firmness		可溶性固形物含量/% Soluble solid content		可滴定酸含量/% Titratable acid content		花色苷含量/(mg·g <sup>-1</sup> ) Anthocyanin content	
	大果	小果	大果	小果	大果	小果	大果	小果
	Big fruit	Small fruit	Big fruit	Small fruit	Big fruit	Small fruit	Big fruit	Small fruit
10	1.13±0.10a	0.56±0.30b	21.36±0.80b	24.52±0.47a	0.49±0.00b	0.64±0.01a	1.81±0.00b	3.31±0.01a
11	0.66±0.14a	0.21±0.10b	16.44±0.59a	16.67±0.57a	0.56±0.01b	0.62±0.13a	0.70±0.00b	1.00±0.34a
12	1.05±0.13a	0.44±0.13b	21.70±0.48b	24.54±1.15a	0.45±0.02a	0.45±0.01a	1.23±0.00b	1.85±0.33a
13	1.06±0.12a	0.43±0.17b	20.92±0.59b	21.60±0.90a	0.43±0.03b	0.45±0.12a	0.98±0.00b	1.50±0.22a
14	0.52±0.07a	0.25±0.07b	15.77±0.46a	15.98±0.37a	0.51±0.01b	0.60±0.00a	1.36±0.00b	1.83±0.33a
15	1.01±0.40a	0.53±0.09b	17.49±0.74b	18.12±0.68a	0.83±0.02b	1.03±0.01a	3.46±0.01b	3.80±0.22a
16	0.76±0.09a	0.31±0.01b	16.80±0.49a	17.10±0.73a	0.54±0.02b	0.56±0.03a	0.36±0.00b	0.46±0.43a
17	1.18±0.16a	0.37±0.09b	18.58±0.38a	18.96±1.95a	0.60±0.01b	0.68±0.00a	0.76±0.00b	1.14±0.58a
18	1.00±0.10a	0.48±0.04b	22.32±0.51b	23.20±0.57a	0.54±0.01b	0.56±0.13a	1.46±0.18b	2.69±0.00a
19	0.66±0.05a	0.20±0.00b	17.10±0.33a	17.94±0.33a	0.54±0.05b	0.58±0.04a	0.32±0.01b	0.51±0.00a
20	1.47±0.15a	0.80±0.14b	17.88±0.88b	19.58±0.54a	0.45±0.04b	0.47±0.10a	1.10±0.21b	1.45±0.01a
21	0.78±0.15a	0.40±0.09b	19.60±0.72b	21.00±0.71a	0.41±0.01b	0.49±0.03a	2.30±0.01b	2.75±0.10a
22	1.35±0.18a	0.48±0.00b	19.22±0.39a	19.23±0.62a	0.58±0.02b	0.64±0.02a	1.21±0.01b	1.98±0.20a
23	1.32±0.19a	0.40±0.04b	17.22±0.87a	17.60±0.21a	0.47±0.02b	0.59±0.02a	0.22±0.00b	0.36±0.13a
24	1.01±0.18a	0.26±0.05b	19.88±1.28a	19.92±1.40a	0.51±0.04b	0.75±0.01a	2.06±0.04b	3.00±0.15a
25	1.04±0.12a	0.47±0.06b	15.96±0.61a	16.18±0.65a	0.41±0.20b	0.51±0.01a	1.21±0.03b	1.70±0.20a
26	1.03±0.17a	0.43±0.06b	20.80±0.54b	22.24±0.77a	0.41±0.04b	0.45±0.00a	1.08±0.11b	1.88±0.00a
27	1.29±0.23a	0.50±0.13b	22.78±1.21b	24.70±0.80a	0.39±0.00a	0.39±0.00a	1.64±0.10b	1.95±0.43a
28	0.74±0.26a	0.42±0.04b	18.26±0.43b	19.68±0.73a	0.34±0.00b	0.39±0.13a	1.25±0.21b	1.84±0.22a
29	1.09±0.18a	0.43±0.13b	18.90±0.74b	19.86±0.93a	0.36±0.00b	0.37±0.03a	0.74±0.14b	1.06±0.10a
30	1.24±0.25a	0.66±0.11b	23.08±1.32a	23.36±0.89a	0.38±0.01b	0.41±0.04a	1.70±0.02b	2.50±0.19a
31	0.76±0.23a	0.31±0.10b	18.66±0.70b	19.42±0.49a	0.34±0.01b	0.41±0.00a	1.79±0.11b	3.75±0.32a
32	0.63±0.19a	0.22±0.14b	17.24±0.59b	18.40±1.45a	0.43±0.04b	0.49±0.03a	1.09±0.01b	1.49±0.22a
33	1.01±0.23a	0.48±0.11b	20.12±0.75b	21.74±0.80a	0.34±0.13b	0.38±0.01a	1.05±0.21b	1.59±0.12a
34	1.06±0.13a	0.25±0.09b	20.00±1.20b	23.24±0.87a	0.38±0.01b	0.53±0.05a	1.04±0.30b	2.51±0.01a
35	1.15±0.13a	0.20±0.05b	19.34±1.13a	19.48±1.04a	0.38±0.02b	0.45±0.04a	1.41±0.21b	2.05±0.20a
36	0.91±0.16a	0.20±0.09b	19.62±0.32b	20.72±0.51a	0.41±0.01b	0.47±0.00a	1.31±0.11b	1.71±0.10a
37	1.11±0.17a	0.34±0.09b	16.28±0.40b	17.52±0.88a	0.54±0.00b	0.58±0.00a	1.36±0.24b	2.24±0.23a
38	0.99±0.18a	0.44±0.08b	19.64±0.44b	21.46±0.98a	0.39±0.00b	0.47±0.00a	1.95±0.11b	2.36±0.11a
39	0.98±0.29a	0.89±0.12b	19.10±0.66a	19.16±0.46a	0.34±0.05b	0.41±0.11a	1.13±0.30b	1.54±0.24a
40	1.18±0.17a	0.45±0.10b	18.86±0.89a	18.88±0.65a	0.41±0.05b	0.45±0.05a	1.42±0.20b	2.54±0.45a
41	1.66±0.38a	1.53±0.05b	17.10±0.24a	17.52±0.54a	0.49±0.04b	0.54±0.00a	0.42±0.31b	0.61±0.00a
42	0.96±0.24a	0.52±0.08b	15.40±0.87b	17.02±0.54a	0.62±0.02b	0.68±0.00a	0.84±0.15b	1.35±0.45a
43	1.53±0.41a	1.06±0.32b	16.32±0.94a	16.44±0.54a	0.99±0.10b	1.24±0.01a	0.50±0.05b	0.70±0.42a
44	0.86±0.09a	0.58±0.07b	16.40±0.62b	17.02±0.64a	0.49±0.01a	0.49±0.00a	1.22±0.10b	1.71±0.11a
45	1.56±0.21a	1.32±0.05b	13.34±0.30a	12.36±0.73b	0.79±0.01b	0.81±0.00a	0.39±0.04b	0.66±0.23a
46	0.86±0.03a	0.58±0.00b	16.72±0.25a	16.29±0.42a	0.39±0.00b	0.45±0.01a	1.00±0.11b	1.53±0.34a
47	1.32±0.15a	0.40±0.10b	18.02±0.73a	16.24±0.71b	0.60±0.01b	1.05±0.01a	0.35±0.04b	0.41±0.04a
48	0.96±0.22a	0.32±0.09b	15.94±0.56a	15.92±0.32a	0.41±0.13b	0.45±0.00a	2.33±0.12b	2.86±0.45a

<sup>1)</sup> 同行中不同小写字母表示同一指标在相同品种的大果和小果间差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different lowercases in the same row indicate the significant ( $P < 0.05$ ) difference in the same index between big and small fruits of the same cultivar.

<sup>2)</sup> 1: ‘高妻’ ‘Takatsuma’; 2: ‘黑奥林’ ‘Black Olympia’; 3: ‘高蓓蕾’ ‘High Bailey’; 4: ‘京优’ ‘Jingyou’; 5: ‘先锋’ ‘Pioneer’; 6: ‘巴尔干’ ‘Balkan’; 7: ‘高尾’ ‘Takao’; 8: ‘音田’ ‘Otoda’; 9: ‘巨峰’ ‘Kyoho’; 10: ‘黑宝石’ ‘Heukboseok’; 11: ‘金后’ ‘Golden Queen’; 12: ‘大玫瑰’ ‘Muscat Hamburg Mutation’; 13: ‘霸王’ ‘Bawang’; 14: ‘郑果28号’ ‘Zhengguo No. 28’; 15: ‘公酿1号’ ‘Gongniang No. 1’; 16: ‘芭拉蒂’ ‘Barbara’; 17: ‘苏46号’ ‘Su No. 46’; 18: ‘海玉珠’ ‘Heukgoosul’; 19: ‘克林巴马克’ ‘Khoussaine Khelime Barmak’; 20: ‘瑞都无核怡’ ‘Ruiduwuheyi’; 21: ‘郑果2号’ ‘Zhengguo No. 2’; 22: ‘选拔巨峰’ ‘Xuanba Kyoho’; 23: ‘蓝玉’ ‘Lanyu’; 24: ‘黑×国’ ‘Hei×Guo’; 25: ‘东部巨选’ ‘Kyoho Tobu’; 26: ‘黑峰’ ‘Black Peak’; 27: ‘巨优’ ‘Juyou’; 28: ‘黑旋风’ ‘Heixuanfeng’; 29: ‘红山彦’ ‘Beniyamabiko’; 30: ‘吉峰14号’ ‘Jifeng No. 14’; 31: ‘山东大紫’ ‘Shandongdazi’; 32: ‘田野黑’ ‘Tano Black’; 33: ‘伊豆锦’ ‘Izunishiki’; 34: ‘信浓红’ ‘Shinoho’; 35: ‘早生高墨’ ‘Takasumi Early’; 36: ‘郑巨2号’ ‘Zhengju No. 2’; 37: ‘布加勒斯特玫瑰’ ‘Bucuresti-Muscat’; 38: ‘郑巨1号’ ‘Zhengju No. 1’; 39: ‘下吉红地球’ ‘Xiaji Red Globe’; 40: ‘郑果16号’ ‘Zhengguo No. 16’; 41: ‘季米亚特’ ‘Jimiyaite’; 42: ‘吉姆沙瓦尔宁’ ‘Kadarka’; 43: ‘熊岳白’ ‘White Xiongyue’; 44: ‘瑞都红玫’ ‘Ruiduhongmei’; 45: ‘曼尔尼什卡’ ‘Manernishika’; 46: ‘粒丽特’ ‘Lilite’; 47: ‘考兹乌苏姆’ ‘Koz Ousioum’; 48: ‘郑黑’ ‘Zhenghei’.

2.2.2 可溶性固形物含量差异 统计结果(表3)表明:48个葡萄品种大果的可溶性固形物含量为13.34%~23.08%,其中,‘吉峰14号’(‘Jifeng No. 14’)大果的可溶性固形物含量最高,‘曼尔尼什卡’大果的可溶性固形物含量最低。48个葡萄品种小果的可溶性固形物含量为12.36%~24.70%,其中,‘巨优’小果的可溶性固形物含量最高,‘曼尔尼什卡’小果的可溶性固形物含量最低。‘粒丽特’(‘Lilite’)、‘考兹乌苏姆’(‘Koz Ousioum’)和‘郑黑’小果的可溶性固形物含量低于同一品种大果,其余45个品种小果的可溶性固形物含量均不低于同一品种大果。多数品种大果和小果间的可溶性固形物含量差异显著,其中,‘信浓红’(‘Shinoho’)大果和小果间的可溶性固形物含量相差最大,而‘巴尔干’大果和小果间的可溶性固形物含量相同(16.56%)。

2.2.3 可滴定酸含量差异 统计结果(表3)表明:48个葡萄品种大果的可滴定酸含量为0.32%~0.99%,其中,‘熊岳白’大果的可滴定酸含量最高,‘京优’(‘Jingyou’)大果的可滴定酸含量最低。48个葡萄品种小果的可滴定酸含量为0.37%~1.24%,其中,‘熊岳白’小果的可滴定酸含量最高,‘红山彦’小果的可滴定酸含量最低。‘高尾’(‘Takao’)、‘巨峰’(‘Kyoho’)、‘大玫瑰’(‘Muscat Hamburg Mutation’)、‘巨优’和‘瑞都红玫’(‘Ruiduhongmei’)大果和小果的可滴定酸含量相同,其余43个品种小果的可滴定

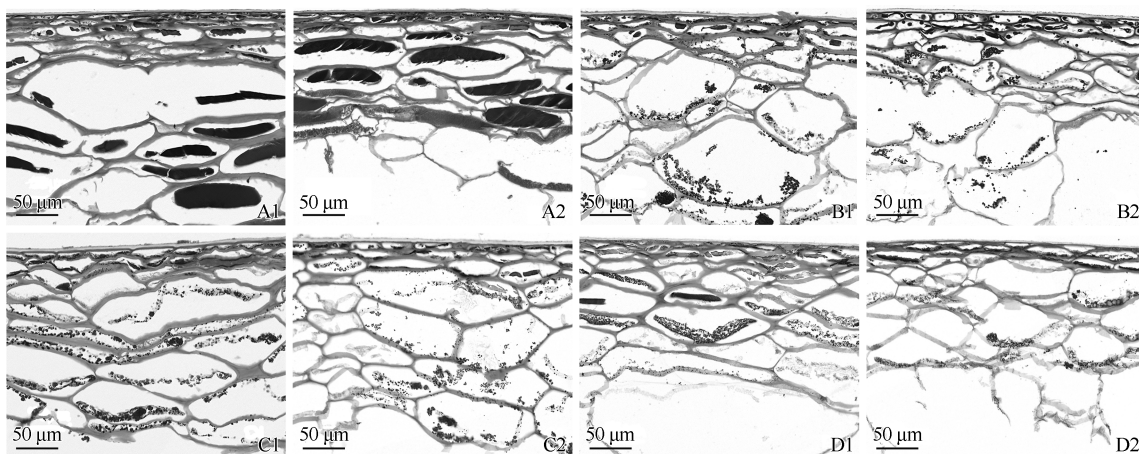
酸含量均显著高于同一品种大果,其中,‘考兹乌苏姆’大果和小果间的可滴定酸含量相差最大。

2.2.4 花色苷含量差异 统计结果(表3)表明:48个葡萄品种的大果花色苷含量为0.22~3.46  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其中,‘公酿1号’的大果花色苷含量最高,‘蓝玉’的大果花色苷含量最低。48个葡萄品种的小果花色苷含量为0.36~4.83  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其中,‘京优’的小果花色苷含量最高,‘蓝玉’的小果花色苷含量最低。并且,48个葡萄品种的小果花色苷含量均显著高于同一品种大果。

### 2.3 果实大小粒的横切面解剖结构差异

‘苏46号’、‘郑巨1号’、‘郑果2号’和‘金后’4个品种大果和小果的成熟果实横切面解剖结构观察结果见图1。由图1可见:4个品种的果皮表面均覆有角质层,表皮层由2~3层致密的扁平状表皮细胞组成;果肉中部分薄壁细胞解体,细胞排列疏松且明显膨大。果实表皮细胞和果肉细胞的形态和密度在不同品种间存在差异,在同一品种的大果和小果间也存在差异。例如:‘苏46号’、‘郑巨1号’和‘金后’的小果薄壁细胞解体现象较大果更明显。

统计结果(表4)表明:同一品种大果和小果间表皮细胞的长度、宽度和面积均差异显著( $P < 0.05$ );在400倍视野内,同一品种大果和小果间的表皮细胞数也差异显著,且4个品种大果的表皮细胞数显著高于小果。



A1: ‘苏46号’大果 Big fruit of ‘Su No. 46’; A2: ‘苏46号’小果 Small fruit of ‘Su No. 46’; B1: ‘郑巨1号’大果 Big fruit of ‘Zhengju No. 1’; B2: ‘郑巨1号’小果 Small fruit of ‘Zhengju No. 1’; C1: ‘郑果2号’大果 Big fruit of ‘Zhengguo No. 2’; C2: ‘郑果2号’小果 Small fruit of ‘Zhengguo No. 2’; D1: ‘金后’大果 Big fruit of ‘Golden Queen’; D2: ‘金后’小果 Small fruit of ‘Golden Queen’.

图1 4个葡萄品种大果和小果的横切面解剖结构

Fig. 1 Anatomical structure of transverse section of big and small fruits of 4 grape (*Vitis* spp.) cultivars

表 4 4 个葡萄品种大果和小果的表皮细胞性状差异 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>Table 4 Difference in characters of epidermal cell of big and small fruits of 4 grape (*Vitis* spp.) cultivars ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	表皮细胞长度/ $\mu\text{m}$ Length of epidermal cell		表皮细胞宽度/ $\mu\text{m}$ Width of epidermal cell		表皮细胞面积/ $\mu\text{m}^2$ Area of epidermal cell		400 倍视野内表皮细胞数 Number of epidermal cell in view with 400 times	
	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit	大果 Big fruit	小果 Small fruit
	C1	32.52±2.65b	33.15±1.71a	4.50±0.57b	6.32±0.41a	146.34±19.22b	209.51±27.62a	32.7±1.7a
C2	39.13±3.27a	33.91±4.97b	7.88±0.61b	8.88±0.65a	308.34±61.24a	301.12±49.91b	30.7±0.5a	25.0±2.9b
C3	48.31±4.87a	39.70±4.69b	8.86±1.74a	7.45±0.89b	428.02±70.78a	295.77±48.19b	33.7±2.5a	29.0±0.8b
C4	25.12±2.07b	35.71±6.58a	6.99±0.90a	5.32±1.40b	175.59±18.15b	189.98±71.80a	36.7±1.2a	27.0±0.8b

<sup>1)</sup> 同行中不同小写字母表示同一指标在相同品种的大果和小果间差异显著 ( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same row indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference in the same index between big and small fruits of the same cultivar.

<sup>2)</sup> C1: ‘苏 46’ ‘Su No. 46’; C2: ‘郑巨 1 号’ ‘Zhengju No. 1’; C3: ‘郑果 2 号’ ‘Zhengguo No. 2’; C4: ‘金后’ ‘Golden Queen’.

### 3 讨 论

果粒大小是影响葡萄果实外观、商品价值和经济价值以及葡萄品种选育的重要性状<sup>[21]</sup>。果实大小和形状是子房和果实在生长过程中多个生理过程相互作用的结果<sup>[22]</sup>。受粉前子房的发育是果实发育的一个重要过程,子房中的细胞是后续细胞分裂的基础,而细胞分裂是决定果实大小的一个关键因子<sup>[7,22]</sup>。在受粉成功后,果实和种子开始发育,随着果实和种子的不断发育,植物体内的激素(包括细胞分裂素、乙烯、脱落酸、生长素和赤霉素)开始相互作用,控制果实发育。本研究中,除无核品种‘瑞都无核怡’外,所有有核品种大果的单果粒种子数均高于同一品种小果,并且,除‘高妻’和‘熊岳白’外,其余有核品种的小果均未见种子。徐海英等<sup>[23]</sup>认为,‘瑞都无核怡’因假单性结实而呈现无核化,推测该品种出现大小粒现象可能与受粉前子房的发育有关<sup>[22]</sup>,也可能与胚发育阶段的种子发育程度有关<sup>[24]</sup>。

果实大小是细胞数量和细胞大小共同作用的结果,而细胞数量和细胞大小由细胞的分裂和扩张共同决定<sup>[25]</sup>。Azzi 等<sup>[26]</sup>发现,细胞的分裂和扩张受到激素信号和碳分配等复杂的相互作用的控制,这些相互作用决定了果实的大小、质量、形状及其他特性。Johnson 等<sup>[27]</sup>认为,同一品种小果细胞体积和质量的增加速度明显慢于大果,导致小果无法长成正常大小的果实。对 4 个葡萄品种大果和小果果实横切面解剖结构的观察结果表明:同一品种大果和小果间的表皮细胞数量差异显著,与 Jiang 等<sup>[28]</sup>对沙梨 [*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai] 的相关研究结果相同,据

此推测葡萄大小粒主要由果实发育前期的细胞数量决定。相关研究结果<sup>[6,22]</sup>表明:果实的实际大小是遗传因子和环境因子相互作用的结果,花芽分化不良、植株营养生长和生殖生长不平衡以及栽培管理措施不合理均可导致葡萄果实发育不良,出现大小粒现象。

研究发现,葡萄果粒越大,花色苷含量反而越低<sup>[29]</sup>。本研究中,供试 48 个葡萄品种小果的花色苷含量均显著高于同一品种大果,与上述研究结果一致。此外,本研究还对同一葡萄品种大果和小果的可溶性固形物含量、可滴定酸含量和果实硬度进行了比较,结果表明:同一品种大果和小果间的可溶性固形物含量、可滴定酸含量和果实硬度总体上差异显著,并且,各品种小果的果实硬度显著低于同一品种大果,多数品种小果的可溶性固形物含量和可滴定酸含量显著高于大果。然而,目前关于葡萄大小粒与果实品质的关系尚不清楚,有待进一步深入研究。另外,葡萄果粒大小受多基因控制<sup>[30]</sup>,但其果实大小粒形成的分子机制仍未可知,需要结合遗传学和功能基因组学等方法开展深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 晁无疾. 中国葡萄品牌建设现状及发展展望[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2016(5): 135-140.
- [2] 姜建福, 孙海生, 刘崇怀, 等. 2000 年以来中国葡萄育种研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010(3): 60-65, 69.
- [3] 孔庆山. 中国葡萄志[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 209-513.
- [4] 刘崇怀, 马小河, 武 岗. 中国葡萄品种[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 48-279.
- [5] 刘崇怀, 孔庆山, 郭景南, 等. 葡萄品种种质资源果实重要经济性状分析[J]. 中国农学通报, 2003, 19(2): 74-76, 79.
- [6] 乐小凤, 唐永红, 鞠延仑, 等. ‘霞多丽’葡萄果粒大小对果实



- 品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 31-38.
- [7] CHIALVA C, EICHLER E, GRISSI C, et al. Expression of grapevine *AINTEGUMENTA*-like genes is associated with variation in ovary and berry size [J]. *Plant Molecular Biology*, 2016, 91: 67-80.
- [8] 段罗顺, 柴丽娜, 蒯传化, 等. 葡萄果实大小粒的影响因素调查及防治方法试验[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014(6): 29-31.
- [9] 刘景林. 露地葡萄果实大小粒发生原因及防治措施[J]. 现代农村科技, 2017(8): 38.
- [10] XIE S, TANG Y, WANG P, et al. Influence of natural variation in berry size on the volatile profiles of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot and Cabernet Gernischt grapes [J]. *PLOS ONE*, 2018, 13(9): e021374.
- [11] WALKER R R, BLACKMORE D H, CLINGELEFFER P R, et al. Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition [J]. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2005, 11: 2-8.
- [12] ROLLE L, TORCHIO F, GIACOSA S, et al. Berry density and size as factors related to the physicochemical characteristics of Muscat Hamburg table grapes (*Vitis vinifera* L.) [J]. *Food Chemistry*, 2015, 173: 105-113.
- [13] WONG D C J, GUTIERREZ R L, DIMOPOULOS N, et al. Combined physiological, transcriptome, and cis-regulatory element analyses indicate that key aspects of ripening, metabolism, and transcriptional program in grapes (*Vitis vinifera* L.) are differentially modulated accordingly to fruit size [J]. *BMC Genomics*, 2016, 17: 416.
- [14] 葛孟清, 董天宇, 樊秀彩, 等. 葡萄浆果质量、体积及相关性状的调查[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2020(1): 22-30.
- [15] 刘崇怀, 沈育杰, 陈俊, 等. 葡萄种质资源描述规范和数据库标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 42.
- [16] BERNSTEIN Z, LUSTIG I. Hydrostatic methods of measurement of firmness and turgor pressure of grape berries (*Vitis vinifera* L.) [J]. *Scientia Horticulturae*, 1985, 25: 129-136.
- [17] 彭永彬, 李玉, 徐鹏程, 等. 葡萄果实硬度及影响硬度的主要因素[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(5): 1227-1234.
- [18] ORAK H H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations [J]. *Scientia Horticulturae*, 2007, 111: 235-241.
- [19] 聂继云, 李静, 徐国锋, 等. 水果可溶性固形物含量测定适宜取汁方法的筛选[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(5): 62-64.
- [20] LAMIKANRA O, INYANG I D, LEONG S. Distribution and effect of grape maturity on organic acid content of red muscadine grapes [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, 43(12): 3026-3028.
- [21] 房经贵, 徐卫东. 中国自育葡萄品种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019: 2-5.
- [22] COLLE M, WEMG Y, KANG Y, et al. Variation in cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit size and shape results from multiple components acting pre-anthesis and post-pollination [J]. *Planta*, 2017, 246: 641-658.
- [23] 徐海英, 张国军, 闫爱玲, 等. 无核葡萄新品种‘瑞都无核怡’ [J]. 园艺学报, 2011, 38(3): 593-594.
- [24] 马丽, 孙凌俊, 赵文东. 无核葡萄胚败育机制研究进展[J]. 中国农学通报, 2018, 34(10): 55-59.
- [25] ZHANG C, TANABE K, WANG S, et al. The impact of cell division and cell enlargement on the evolution of fruit size in *Pyrus pyrifolia* [J]. *Annals of Botany*, 2006, 98: 537-543.
- [26] AZZI L, DELUCHE C, GÉVAUDANT F, et al. Fruit growth-related genes in tomato [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2015, 66(4): 1075-1086.
- [27] JOHNSON L K, MALLADI A. Differences in cell number facilitate fruit size variation in rabbiteye blueberry genotypes [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2011, 136: 10-15.
- [28] JIANG S, AN H, LUO J, et al. Comparative analysis of transcriptomes to identify genes associated with fruit size in the early stage of fruit development in *Pyrus pyrifolia* [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2018, 19: 2342.
- [29] BARBAGALLO M G, GUIDONI S, HUNTER J J, et al. Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syran [J]. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 2011, 32(1): 129-136.
- [30] 房经贵, 刘崇怀. 葡萄遗传育种与基因组学[J]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2013: 56.

(责任编辑: 佟金凤)