

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2021. 02. 014

## 引种无核葡萄在昆明地区的表现及 果实品质综合评价\*

张海明<sup>1</sup>, 邵建辉<sup>2,3</sup>, 曹慧玲<sup>1</sup>, 王淼<sup>3,4</sup>, 朱怡凡<sup>3,4</sup>, 朱书生<sup>2</sup>, 何霞红<sup>2</sup>, 马春花<sup>1,3</sup>

(1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 云南 昆明 650201; 3. 云南农业大学云南省高校葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 云南 昆明 650201; 4. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 为丰富昆明地区鲜食葡萄品种的栽培多样性, 对 17 个引种无核葡萄品种在昆明地区的栽培特性和果实品质进行调查和综合评价。结果表明: (1) 根据 17 个品种的熟性可分为极早熟、早熟、中熟、晚熟和极晚熟 5 类, 植株长势差异较大, 具有丰富的遗传多样性, 蕴含着良好的选择潜力; (2) 17 个品种的形态指标变异系数介于 13.43% ~ 43.49%, 其中百粒重和单粒质量变异系数最大; (3) 可将成熟时的 17 个品种的果实色泽分为 4 类, 即黄绿色、粉红色、红色和蓝墨色, 可滴定酸 TA 是果实品质综合评价的重要指标之一; (4) 各品种的穿刺力 ( $F_{sk}$ ) 介于 2.38 ~ 5.65 N, 穿刺能量 ( $W_{sk}$ ) 介于 4.24 ~ 13.35 mj, 不同品种在硬度和口感上存在较大变异; (5) 通过建立无核葡萄综合品质评价模型, 得到 17 个品种的优良度排序, 筛选出综合品质优良的品种是‘美丽无核’‘紫甜无核’和‘郑果大无核’, 最差的品种是‘希姆劳特’‘康能无核’‘金星无核’, 同时可将 17 个品种聚为 6 类, 较好地地区分开了不同优良度的品种。

**关键词:** 无核葡萄; 栽培特性; 果实综合品质; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S 663.1 文献标识码: A 文章编号: 1672-8246 (2021) 02-0099-10

### The Performance and Fruit Quality Evaluation of Introduced Seedless Grapes in Kunming

ZHANG Hai-ming<sup>1</sup>, SHAO Jian-hui<sup>2,3</sup>, CAO Hui-ling<sup>1</sup>, WANG Miao<sup>3,4</sup>, ZHU Yi-fan<sup>3,4</sup>,  
ZHU Shu-sheng<sup>2</sup>, HE Xia-hong<sup>2</sup>, MA Chun-hua<sup>1,3</sup>

(1. College of Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, P. R. China; 2. Key Laboratory of Agro-Biodiversity and Pest Management of Education Ministry of China, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, P. R. China; 3. Grape and Wine Engineering & Technology Research Center, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, P. R. China; 4. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, P. R. China)

**Abstract:** In order to enrich the cultivation diversity of table grape varieties in Kunming, the cultivation characteristics and comprehensive fruit quality of 17 seedless grape varieties introduced in Kunming were investigated and evaluated. The results showed, (1) 17 seedless grape varieties were five kinds including early maturity, maturity, mid-rip, late-maturing, very late ripening. So they have good genetic potential because plant growth vigour have obvious difference and abundant genetic diversity. (2) Their coefficient of variation of morphological indicators is between 13.43 ~ 43.49 in which the coefficient of variation of 100-seed weight and single seed weight are maximum. External fruit color were four kinds including yellow green, pink, red and blue-ink. (4)  $F_{sk}$  is between 2.38 ~ 5.65 N,

\* 收稿日期: 2020-12-10

基金项目: 云南农业大学博士科研启动基金 (A2002473), 云南农业大学葡萄种质资源评价研究 (K2400195), 云南省教育厅科技研究基金项目 (2020J0259)。

第一作者简介: 张海明 (1992—), 女, 硕士, 主要从事葡萄资源评价研究。E-mail: 919143749@qq.com

通信作者简介: 马春花 (1979—), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事园艺植物资源评价和利用研究。E-mail: pony0207@126.com

*Wsk* is between 4.24 ~ 13.35 mj. Hardness and tasted have obvious variation among different varieties. Based on the established comprehensive quality evaluation model of seedless grapes, the rankings of 17 seedless grape varieties were obtained, and the varieties with the best comprehensive quality were selected as 'beauty seedless', 'Zitian seedless' and 'Zhengguo big seedless', the worst varieties are 'Himrod', 'Canadice' and 'Venus Seedless'. 17 seedless grape varieties were classified into six categories by cluster analysis with 12 indicators as used by PCA. These results will lay a theoretical foundation for enriching the cultivation diversity of table grape varieties in Kunming.

**Key words:** seedless grape; cultivation characteristics; comprehensive fruit quality; principal component analysis; cluster analysis

因气候优势明显, 云南省鲜食葡萄 (*Vitis vinifera*) 产业发展迅速, 截至 2018 年, 云南省葡萄种植面积已达  $4.1 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>, 葡萄总产量约为  $101.26 \times 10^4$  t, 仅次于香蕉 (*Musa nana*), 成为云南省第二大水果。但自 2016 年以来, 云南葡萄总产量已连续两年大幅下滑, 累计达 33.14% (数据来源于 2019 年云南统计年鉴), 这可能与葡萄产业品种结构不合理、优良品种储备不足、上市时间过于集中和市场风险抵御能力薄弱等问题有关<sup>[1]</sup>。可见云南省葡萄产业急需合理引导, 加强良种储备。云南省在葡萄引种、选种方面的研究主要集中于干热河谷地区 (如元谋、红河等地), 近年来筛选出 '爱神玫瑰' '月光无核' '火焰无核' '克伦森无核' 和 '红艳无核' 等无核品种<sup>[2-5]</sup> 以及 '早玫瑰' '阳光玫瑰' 等有核葡萄品种<sup>[2,6]</sup>。多数研究偏重于引种葡萄的栽培适应性、结实特性和果实基本品质方面的评价, 对葡萄颜色、果皮和果肉的物性特征研究较少, 尚未建立一套完整的无核葡萄果实品质综合评价体系。

目前, 果实品质的综合评价方法主要有模糊数学<sup>[7]</sup>、隶属函数法<sup>[8]</sup>、因子分析法<sup>[9]</sup>、灰色关联法<sup>[10]</sup>、主成分分析法<sup>[11-13]</sup> 和层次分析法<sup>[14]</sup> 等, 其中采用主成分分析法获得的评价结果比较接近真实情况, 已广泛应用于猕猴桃 (*Actinidia chinensis*)<sup>[15-16]</sup>、苹果 (*Malus pumila*)<sup>[17]</sup>、荔枝 (*Litchi chinensis*)<sup>[18]</sup>、葡萄<sup>[11-13]</sup>、西洋梨 (*Pyrus communis*)<sup>[19]</sup> 等果实品质的评价, 这为无核葡萄果实品质综合评价体系的

建立提供了基础。

由于云南立体气候差异明显, 不同地区在筛选葡萄品种时存在较大变数。近年来, 昆明及周边地区葡萄产业发展迅速, 但葡萄引种、选种方面的相关研究工作开展较少。作为鲜食葡萄的主力军, 无核葡萄凭借食用方便的优势越来越受消费者和研究人员的青睐<sup>[20]</sup>, 但是云南各地无核葡萄栽培主要以 '夏黑无核' 和 '无核白鸡心' 为主, 品种单一 (均为早熟品种), 上市集中, 这无疑增大了市场风险。因此无核葡萄的引种、选育和评价工作就显得尤为重要。本研究以种质资源圃内引种的 17 个无核葡萄作为研究材料, 通过对各品种物候期、生长和结实习性的调查, 测定果实 (穗) 基本形态、颜色、质地和风味特征, 通过主成分分析法选取具有代表性的成分因子, 建立无核葡萄果实品质综合评价体系, 筛选出适宜昆明地区发展的优良无核葡萄品种, 为本地区葡萄产业发展提供借鉴和参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

本研究中 17 个无核葡萄品种 (表 1) 于 2014 年引种于中国科学院北京植物研究所, 扦插定植于云南农业大学农科教实践教学基地葡萄种质资源圃内, 采用避雨栽培模式, 东西行向, 株行距为 1.0 m × 2.0 m, 架型为水平篱架, 扇形整枝, 常规管理。

表 1 17 个无核葡萄品种的基本分类

Tab. 1 Classification of 17 seedless grape cultivars

类型	品种名称
欧美杂交种 ( <i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i> L.)	'金星无核' (Venus Seedless)、'康能无核' (Canadice)、'昆诺无核' (Queenora seedless)、'布朗无核' (Brawn Seedless)、'希姆劳特' (Himrod)
欧亚种 ( <i>V. vinifera</i> L.)	'红光无核' (Flame seedless)、'紫甜无核' (Zitian seedless)、'美丽无核' (Beauty seedless)、'郑果大无核' (Zhengguo big seedless)、'紫香无核' (Zixiang seedless)、'红宝石无核' (Ruby seedless)、'红脸无核' (Blush seedless)、'克伦森无核' (Crimson seedless)、'莎巴珍珠' (Pearl of csaba)、'无核白' (Thompson seedless)、'森田尼无核' (Centennial seedless)、'优无核' (Superior seedless)

## 1.2 试验设计

本研究采用田间调查与实验室分析相结合的方法。自2018年3月起，每周对葡萄品种的物候期和生长结实特性进行调查和记录。葡萄坐果后，全部进行套袋（白色纸袋）处理。在葡萄达到商品成熟度时从每个品种植株的曝光面和遮阴面各随机剪取5个果穗，标记好后放入冰盒内，迅速带回实验室。先称量并记录每个品种的单穗质量，然后分3次从每个果穗的上、中和下部各随机剪取1个果粒，共收集2批样品，每批30个果粒。第一批样品用于测量果粒的纵径、横径、单粒质量和CIRG色度指标（ $L^*$ ， $a^*$ ， $b^*$ ），之后进行穿刺测试；第二批样品用于进行TPA测试。将2批测定后的样品混合榨汁测定可溶性固形物（SSC）和可滴定酸（TA）含量。

## 1.3 测定方法

用数显游标卡尺测量葡萄果粒的纵径和横径；用电子天平测定单穗质量和单粒质量；用手持数显糖酸度计（日本，Atago PAL-3型）测定果实的SSC和TA含量；用手持式色差计（Konika-Minolta CM 2300d）测定葡萄果实赤道处的CIRG色度空间指标 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值，每颗果粒测定3个不同位点，结果取平均值，并计算色度（ $C$ ）、色调 $h^\circ = \arctangent(b^*/a^*)$ 以及葡萄颜色指数 $CIRG = (180 - h^\circ) / (L^* + C)$ 。CIRG评价果实色泽的标准参照Carreno等<sup>[21]</sup>的方法： $CIRG < 2$ 为黄绿， $2 < CIRG < 4$ 为粉红， $4 < CIRG < 5$ 为红色， $5 < CIRG < 6$ 为深红， $CIRG > 6$ 为蓝黑。

利用美国FTC TMS-PRO物性分析仪进行质地分析：分别用直径为2 mm的圆柱形探头P/2和直径为100 mm的圆柱形探头P/100对葡萄果粒进行穿刺和质地剖面分析（TPA）测试。穿刺测试参照马庆华等<sup>[22]</sup>的方法，略有改动：将果粒平放在测定平板上，采用P/2探头穿刺果实赤道中部，测试速度设定为1 mm/s，触发力为5 g，记录穿刺力（ $F_{sk}$ ）、穿刺能量（ $W_{sk}$ ）和杨氏模量（ $E_{sk}$ ）指标。 $F_{sk}$ 表征果皮刚性，可定义为探针刺穿果皮需要的力； $W_{sk}$ 定义为刺穿果皮所消耗的能量； $E_{sk}$ 表征为穿刺单位厚度的果皮所需要的力<sup>[23]</sup>。TPA测试参照张昆明等<sup>[24]</sup>的方法，略有改动：采用P/100探头，测前、测中和测后速度均设定为1 mm/s，葡萄果肉受压变形25%，触发力为5 g，记录弹性、咀嚼性、胶粘性、粘附性和凝聚性等果肉质地参数。每个葡萄品种的穿刺和TPA测试各重

复30次。质地剖面分析（TPA）中的硬度和弹性指标反映了果实的抗压能力及形变恢复能力；内聚性指标反映出果实对第二次压缩的抵抗能力，弹性和胶粘性共同构成了果实的咀嚼特性，粘附性则反映了果实的黏着作用<sup>[25-26]</sup>。

## 1.4 统计分析

采用Excel 2010对原始数据进行标准化处理；采用SPSS 20数据分析软件进行主成分分析，依据特征值大于1的原则确定主成分数量，并按最大方差法对因子进行旋转，计算各主成分得分。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试品种物候期和生长、结实特性对比分析

表2显示，17个供试无核葡萄品种的萌芽期集中在3月24日—31日，始花期在4月14日—21日，坐果期在5月5日—19日，各品种在这3个生长阶段上的差异并不大；转色期集中在6月9日—7月28日，成熟期在7月7日—9月8日。从萌芽到成熟的天数为99~169 d。根据葡萄成熟期分类标准<sup>[27]</sup>，将17个无核葡萄品种的熟性分为极早熟、早熟、中熟、晚熟和极晚熟品种。‘金星无核’和‘莎巴珍珠’最早进入转色期，‘克伦森无核’最晚；‘昆诺无核’成熟期最短，其次为‘金星无核’‘康能无核’‘希姆劳特’，‘红脸无核’和‘克伦森无核’成熟期最长，属于极晚熟品种。

17个无核品种的植株长势差异较大，从弱到极强均有分布，‘莎巴珍珠’长势最弱；‘布朗无核’‘美丽无核’‘克伦森无核’等品种长势最强。‘康能无核’‘布朗无核’‘紫甜无核’‘红宝石无核’和‘希姆劳特’等品种结果枝比率最高，均达到100%；而‘优无核’‘郑果大无核’‘红脸无核’‘无核白’‘美丽无核’‘紫香无核’等品种的结果枝比率较低，均不足50%。结果系数以‘康能无核’和‘布朗无核’最大，‘优无核’和‘紫甜无核’最小。果穗形状除‘红宝石无核’和‘康能无核’分别为分枝形和圆柱形外，其他均为圆锥形。果穗松紧程度介于松—中—紧，其中‘紫香无核’和‘红宝石无核’的果穗偏松；‘昆诺无核’等8个品种偏中等；‘金星无核’等7个品种的果穗偏紧。果实形状以近圆形居多，其次为椭圆形、长椭圆形、倒卵形和鸡心形。总的来看，17个供试无核葡萄品种具有丰富的遗传多样性，蕴含着良好的选择潜力。

表2 17个无核葡萄品种在昆明地区的物候期及生长、结实特性

Tab. 2 Phenological stages, growth and fruiting characteristics of 17 seedless grape varieties in Kunming

品种	萌芽期 /月-日	始花期 /月-日	坐果期 /月-日	转色期 /月-日	成熟期 /月-日	萌芽-成熟 /d
<sup>R</sup> 金星无核'	03-24	04-14	05-19	06-09	07-07	106
<sup>R</sup> 康能无核'	03-24	04-14	05-05	06-16	07-07	106
<sup>R</sup> 昆诺无核'	03-31	04-14	05-05	06-16	07-07	99
<sup>R</sup> 布朗无核'	03-24	04-14	05-19	06-23	07-14	113
<sup>R</sup> 红光无核'	03-31	04-21	05-19	06-16	07-21	113
<sup>R</sup> 紫甜无核'	03-24	04-21	05-05	06-30	08-11	141
<sup>R</sup> 美丽无核'	03-24	04-14	05-12	06-23	08-04	134
<sup>R</sup> 紫香无核'	03-24	04-21	05-12	07-07	08-11	141
<sup>R</sup> 红宝石无核'	03-24	04-21	05-12	07-14	08-25	155
<sup>R</sup> 红脸无核'	03-24	04-21	05-19	07-21	09-08	169
<sup>R</sup> 克伦森无核'	03-31	04-21	05-12	07-28	09-08	162
<sup>W</sup> 莎巴珍珠'	03-24	04-21	05-19	06-09	07-14	113
<sup>W</sup> 希姆劳特'	03-24	04-21	05-05	06-16	07-07	106
<sup>W</sup> 无核白'	03-24	04-21	05-19	06-23	07-28	127
<sup>W</sup> 郑果大无核'	03-24	04-14	05-05	06-16	08-04	134
<sup>W</sup> 森田尼无核'	03-31	04-21	05-12	06-16	07-28	120
<sup>W</sup> 优无核'	03-24	04-21	05-19	06-16	08-25	155

品种	熟性 评价	植株 长势	结果枝 比率/%	结果 系数	果穗 形状	果穗松 紧程度	果实 形状
<sup>R</sup> 金星无核'	极早熟	中等	85	1.55	圆锥形	紧	近圆形
<sup>R</sup> 康能无核'	极早熟	中等	100	1.86	圆柱形	紧	近圆形
<sup>R</sup> 昆诺无核'	极早熟	极强	66	1.20	圆锥形	中	近圆形
<sup>R</sup> 布朗无核'	早熟	强-极强	100	1.86	圆锥形	中	近圆形
<sup>R</sup> 红光无核'	早熟	极强	93	1.08	圆锥形	紧	近圆形
<sup>R</sup> 紫甜无核'	中熟	强	100	1.00	圆锥形	紧	长椭圆形
<sup>R</sup> 美丽无核'	中熟	强-极强	52	1.17	圆锥形	中	长椭圆形
<sup>R</sup> 紫香无核'	中熟	强	53	1.25	圆锥形	松	倒卵形
<sup>R</sup> 红宝石无核'	晚熟	中等	100	1.61	分枝形	松	椭圆形
<sup>R</sup> 红脸无核'	极晚熟	中等	40	1.06	圆锥形	中	长椭圆形
<sup>R</sup> 克伦森无核'	极晚熟	强-极强	66	1.10	圆锥形	中	长椭圆形
<sup>W</sup> 莎巴珍珠'	早熟	弱-中等	93	1.62	圆锥形	中	近圆形
<sup>W</sup> 希姆劳特'	极早熟	中等	100	1.73	圆锥形	中	椭圆形
<sup>W</sup> 无核白'	中熟	强-极强	42	1.17	圆锥形	紧	近圆形
<sup>W</sup> 郑果大无核'	中熟	中等-强	57	1.25	圆锥形	中	椭圆形
<sup>W</sup> 森田尼无核'	早熟	强-极强	53	1.10	圆锥形	紧	鸡心形
<sup>W</sup> 优无核'	晚熟	强-极强	13	1.00	圆锥形	紧	椭圆形

注:<sup>R</sup>代表红色葡萄品种,<sup>W</sup>代表白色葡萄品种,下同。

## 2.2 供试品种基本形态指标对比分析

如表3所示,17个无核葡萄品种的平均穗长差异较大,分布于12.21~28.93 cm,以‘红宝石无核’果穗最长,‘优无核’最短。单穗质量介于126.66~451.44 g,大于400 g的品种有‘紫甜无核’和‘森田尼无核’;300~400 g之间的品种有‘金星无核’‘红光无核’‘美丽无核’‘红宝石无核’‘无核白’和‘优无核’;其他品种穗形较小,平均穗重不到300 g。单粒质量介于1.65~6.89 g,其中‘美丽无核’‘郑果大无核’‘森田尼无核’

和‘优无核’4个品种的果粒较大,平均在5.00 g以上;‘金星无核’‘康能无核’和‘布朗无核’果粒较小,均不足2.00 g。果形指数介于0.95~1.64之间,其中‘红脸无核’‘美丽无核’‘克伦森无核’和‘森田尼无核’等品种果形指数较大,均大于1.40,果形偏长。17个无核葡萄品种的形态指标变异系数介于13.43%~43.49%,其中百粒重和单粒质量变异系数最大。

## 2.3 供试品种着色和成熟指标对比分析

供试品种着色和成熟指标对比分析见表4。

表3 17个无核葡萄品种的形态指标

Tab.3 The morphological indicators of 17 seedless table grape varieties

品种	穗长/cm	单穗质量/g	单粒质量/g	纵径/mm	横径/mm	果形指数
<sup>R</sup> 金星无核'	23.53±3.45	342.80±73.91	1.71±0.25	13.30±0.88	13.99±0.73	0.95±0.05
<sup>R</sup> 康能无核'	14.64±2.11	126.66±28.82	1.65±0.28	14.02±0.85	13.63±0.91	1.03±0.03
<sup>R</sup> 昆诺无核'	16.77±1.53	167.28±49.31	2.36±0.40	14.63±1.09	15.38±0.90	0.95±0.05
<sup>R</sup> 布朗无核'	14.72±1.33	152.38±27.90	1.72±0.20	14.33±0.89	13.90±0.87	1.03±0.02
<sup>R</sup> 红光无核'	21.68±2.38	319.08±84.50	3.09±0.21	16.36±0.68	16.82±0.57	0.97±0.04
<sup>R</sup> 紫甜无核'	24.95±2.78	451.44±54.44	4.84±0.38	23.83±1.89	18.45±1.16	1.29±0.08
<sup>R</sup> 美丽无核'	21.62±1.13	391.29±141.77	5.93±0.53	27.50±1.82	19.76±1.75	1.40±0.10
<sup>R</sup> 紫香无核'	19.70±2.95	165.35±45.89	3.27±0.47	18.04±1.07	15.86±0.90	1.14±0.06
<sup>R</sup> 红宝石无核'	28.93±3.80	315.12±58.55	2.80±0.51	18.56±1.56	15.78±0.90	1.18±0.06
<sup>R</sup> 红脸无核'	24.47±2.77	78.83±53.41	4.59±0.62	24.98±1.85	17.86±0.75	1.40±0.08
<sup>R</sup> 克伦森无核'	19.20±2.61	283.39±52.36	4.05±0.46	25.39±1.40	16.41±0.82	1.55±0.07
<sup>W</sup> 莎巴珍珠'	21.43±2.00	261.81±41.73	4.18±0.58	19.36±1.43	18.33±0.77	1.06±0.06
<sup>W</sup> 希姆劳特'	17.64±2.44	202.55±44.53	2.18±0.28	16.40±0.88	14.63±0.73	1.12±0.03
<sup>W</sup> 无核白'	22.73±5.52	383.44±164.70	2.02±0.27	14.61±1.08	13.29±1.13	1.10±0.08
<sup>W</sup> 郑果大无核'	15.70±1.02	252.90±49.65	5.29±0.73	22.58±1.58	18.98±0.88	1.19±0.08
<sup>W</sup> 森田尼无核'	25.13±2.63	438.89±89.75	5.06±0.77	29.46±3.34	17.96±1.33	1.64±0.15
<sup>W</sup> 优无核'	12.21±0.91	300.05±37.70	6.89±0.85	26.45±1.87	20.88±0.95	1.27±0.07
平均值	20.30	278.43	3.63	19.99	16.58	1.19
标准差	4.40	99.34	1.58	5.23	2.23	0.20
变异系数/%	21.67	35.68	43.49	26.19	13.43	16.82

表4 17个无核葡萄品种的CIE 1976颜色和成熟度指标

Tab.4 Indices of CIE (1976) color spaces and maturity characters of 17 seedless table grape varieties

品种	亮度 <i>L</i> <sup>*</sup>	红绿 <i>a</i> <sup>*</sup>	蓝黄 <i>b</i> <sup>*</sup>	色度 <i>C</i>	色调角 <i>h</i> <sup>o</sup>	颜色指数 <i>CIRG</i>	可溶性固 形物 SSC	可滴定酸 TA	固酸比 SSC/TA
<sup>R</sup> 金星无核'	31.62±2.61	8.06±1.21	4.60±1.95	9.57±1.30	29.08±12.01	3.71±0.59	18.47±1.01	0.55±0.05	33.62±4.52
<sup>R</sup> 康能无核'	31.90±1.91	7.70±1.48	5.20±1.66	9.67±1.32	33.81±11.04	3.54±0.41	20.43±0.45	0.74±0.06	27.75±2.75
<sup>R</sup> 昆诺无核'	25.41±1.18	2.53±1.15	-1.48±0.68	3.15±0.86	-32.75±18.26	7.47±0.69	19.30±0.24	0.70±0.04	27.51±1.22
<sup>R</sup> 布朗无核'	34.34±2.74	2.47±3.03	9.47±3.09	10.50±2.37	0.43±0.96	4.06±0.41	17.23±0.15	0.53±0.02	32.33±1.19
<sup>R</sup> 红光无核'	30.40±2.60	7.88±1.60	4.87±1.87	9.61±0.97	32.07±13.90	3.74±0.50	12.90±0.44	0.52±0.04	24.95±2.75
<sup>R</sup> 紫甜无核'	25.16±1.79	4.36±2.11	-0.99±0.70	4.69±1.86	-20.06±18.58	6.86±1.33	14.07±0.15	0.68±0.06	20.86±1.62
<sup>R</sup> 美丽无核'	23.76±1.27	0.69±0.55	-1.77±0.48	2.02±0.49	-61.96±20.05	9.46±0.83	14.10±0.78	1.18±0.03	11.90±0.60
<sup>R</sup> 紫香无核'	26.33±2.38	2.04±1.13	-1.16±0.89	2.66±1.18	-31.77±20.25	7.42±1.00	17.23±0.25	1.30±0.18	13.46±1.87
<sup>R</sup> 红宝石无核'	30.88±2.43	6.74±1.32	2.16±1.23	7.34±1.25	16.86±10.19	4.32±0.46	16.10±0.78	0.80±0.05	20.23±2.38
<sup>R</sup> 红脸无核'	28.81±2.27	8.72±1.07	2.58±1.15	9.22±1.16	16.08±7.16	4.35±0.45	17.17±0.25	0.99±0.04	17.37±0.87
<sup>R</sup> 克伦森无核'	28.76±2.00	13.11±1.75	4.11±1.06	13.81±1.93	17.39±3.44	3.87±0.37	19.43±1.01	0.67±0.03	29.15±0.85
<sup>W</sup> 莎巴珍珠'	39.62±1.67	-3.39±0.57	16.03±1.43	16.40±1.39	102.09±2.38	1.40±0.07	17.07±0.32	0.93±0.03	18.36±0.23
<sup>W</sup> 希姆劳特'	43.67±1.99	-3.82±0.34	10.22±1.85	10.95±1.66	111.45±4.87	1.26±0.08	18.47±0.32	0.70±0.04	26.33±1.93
<sup>W</sup> 无核白'	42.50±1.81	-3.48±0.46	13.38±1.69	13.85±1.61	104.86±2.81	1.34±0.06	17.97±0.70	0.78±0.05	23.27±2.42
<sup>W</sup> 郑果大无核'	51.53±1.80	-2.64±0.94	19.16±1.33	19.39±1.29	99.98±10.26	1.13±0.15	12.80±0.26	0.59±0.03	23.63±3.62
<sup>W</sup> 森田尼无核'	41.90±2.65	-3.69±1.06	14.55±1.89	15.13±1.95	104.37±4.04	1.33±0.12	15.20±0.56	0.70±0.06	21.53±3.23
<sup>W</sup> 优无核'	49.42±1.41	-3.18±0.69	16.51±1.36	16.86±1.31	101.09±2.52	1.19±0.06	14.80±0.60	0.56±0.03	26.50±2.24
均值	34.47	2.59	6.91	10.28	36.65	3.91	16.63	0.76	23.46
标准差	8.42	5.26	6.76	5.04	55.47	2.51	2.25	0.22	5.87
变异系数/%	24.41	202.76	97.92	49.05	151.35	64.12	13.55	28.86	25.04

表4列出了17个无核葡萄品种的CIRG色空间指标( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$ ,  $h^*$ )、颜色指数(CIRG)和葡萄果实的糖酸含量特征。果实色泽是表征果实外观质量和新鲜度的一个重要指标<sup>[28]</sup>。按CIRG果实颜色分类标准<sup>[21]</sup>,可将成熟时的‘郑果大无核’‘莎巴珍珠’‘希姆劳特’‘无核白’‘森田尼无核’和‘优无核’6个白色品种颜色归类为黄绿色;将‘金星无核’‘康能无核’‘红光无核’和‘克伦森无核’归类为粉红色;将‘布朗无核’‘红宝石无核’和‘红脸无核’归类为红色;将‘昆诺无核’‘紫甜无核’‘美丽无核’和‘紫香无核’归为蓝黑色。各指标中,以 $a^*$ 的变异系数最大, $h^*$ 次之,表征葡萄色度和色调的CIRG的变异系数达到64.12%,说明品种间颜色类型和深度均跨度较大;各葡萄品种成熟时的SSC分布在12.80%~20.50%,其中‘康能无核’最高,‘郑果大无核’最低,SSC大于15.00%的有12个品种,小于15%的有5个品种;各品种的TA含量分布在

0.52%~1.30%,以‘红光无核’含量最低,‘紫香无核’最高;固酸比分布在11.90~33.62之间,以‘金星无核’最高,‘美丽无核’最低。这3个指标中以TA变异系数最大,固酸比次之,SSC最小,说明TA是果实品质综合评价的重要指标之一。

#### 2.4 供试品种物性指标对比分析

表5列出了17个无核葡萄品种的穿刺和TPA测试结果,前者表征葡萄果皮的刚度和韧性,后者表征果实的抗压能力、形变恢复能力及咀嚼特性。穿刺测试结果显示各品种的穿刺力( $F_{sk}$ )介于2.38~5.65 N,穿刺能量( $W_{sk}$ )介于4.24~13.35 mj,其中‘布朗无核’ $F_{sk}$ 和 $W_{sk}$ 最大,表明果皮不易破裂、韧性好,而‘红光无核’两者值最小,说明果皮很容易破裂,韧性很差;杨氏模量( $E_{sk}$ )介于0.58~4.48 N/mm,以‘优无核’最大,‘西姆劳特’最小,表明果皮的刚性差异很大;变异系数介于23.73%~31.23%,最小为 $E_{sk}$ ,最大为 $W_{sk}$ 。

表5 17个无核葡萄品种的穿刺和TPA特征

Tab.5 Physical properties of 17 seedless table grape varieties

品种名	穿刺测试			TPA 测试					
	果皮穿刺力 /N	穿刺能量 /mj	杨氏模量 /N·mm <sup>-1</sup>	硬度 /N	弹性 /mm	咀嚼性 /mj	内聚性	胶粘性 /N	粘附性 /mj
R‘金星无核’	3.45±0.39	7.11±0.90	0.74±0.12	3.06±0.56	2.41±0.15	4.89±0.89	0.69±0.08	2.07±0.61	0.029±0.005
R‘康能无核’	2.98±0.64	6.41±1.74	0.61±0.13	3.37±0.69	2.47±0.26	4.80±1.45	0.54±0.13	1.86±0.49	0.032±0.007
R‘昆诺无核’	3.64±0.66	8.24±2.25	0.69±0.08	4.76±0.67	3.15±0.30	8.53±1.80	0.56±0.09	2.67±0.43	0.027±0.002
R‘布朗无核’	5.65±1.27	13.35±4.30	0.94±0.42	3.75±0.53	2.78±0.11	6.53±0.97	0.61±0.08	2.26±0.43	0.027±0.004
R‘红光无核’	2.38±0.40	4.24±1.19	0.67±0.09	4.81±1.06	2.55±0.26	5.68±1.21	0.47±0.05	2.22±0.39	0.027±0.007
R‘紫甜无核’	2.65±0.32	5.24±1.17	0.66±0.06	13.16±1.58	4.67±0.19	26.18±3.65	0.43±0.04	5.60±0.67	0.055±0.006
R‘美丽无核’	4.87±0.77	9.60±2.43	1.11±0.14	16.98±2.28	4.05±0.27	7.74±0.97	0.46±0.03	7.55±1.23	0.038±0.005
R‘紫香无核’	3.87±0.70	8.72±2.06	0.71±0.11	5.29±1.04	2.65±0.26	7.70±1.65	0.55±0.04	2.90±0.54	0.026±0.005
R‘红宝石无核’	5.18±0.79	10.19±2.05	1.10±0.21	10.78±2.24	3.67±0.33	14.82±3.36	0.38±0.05	4.02±0.83	0.042±0.006
R‘红脸无核’	3.37±0.65	6.68±1.72	0.81±0.14	3.43±0.65	2.76±0.11	5.76±0.68	0.63±0.05	2.09±0.24	0.033±0.004
R‘克伦森无核’	4.81±0.50	10.26±1.27	1.04±0.14	13.70±2.84	3.57±0.22	19.73±3.23	0.41±0.05	5.52±0.81	0.029±0.005
W‘莎巴珍珠’	3.38±0.57	7.15±1.65	0.77±0.16	5.66±1.56	2.94±0.23	8.49±2.25	0.52±0.09	2.89±0.74	0.025±0.004
W‘希姆劳特’	2.76±0.45	5.78±1.58	0.58±0.12	2.60±0.33	2.13±0.12	3.52±0.78	0.59±0.12	1.51±0.45	0.028±0.000
W‘无核白’	2.93±0.48	6.75±1.56	0.60±0.06	4.01±0.64	2.67±0.11	5.27±0.97	0.49±0.04	1.97±0.33	0.028±0.004
W‘郑果大无核’	5.05±0.78	11.09±2.49	1.02±0.22	17.05±3.94	3.19±0.25	19.19±5.73	0.35±0.02	5.93±1.39	0.024±0.004
W‘森田尼无核’	2.49±0.39	5.00±1.16	0.63±0.10	8.62±1.40	3.52±0.22	12.06±1.48	0.40±0.04	3.43±0.41	0.041±0.005
W‘优无核’	3.50±0.61	5.55±1.59	1.13±0.14	20.91±2.84	1.05±0.14	7.55±1.90	0.34±0.01	7.01±0.86	0.018±0.004
均值	3.70	7.73	0.81	8.35	2.95	9.91	0.50	3.62	0.03
标准差	1.00	2.41	0.19	5.73	0.79	6.21	0.10	1.89	0.01
变异系数/%	27.06	31.23	23.73	68.60	26.84	62.66	20.13	52.27	27.09

各品种TPA测试指标变化区间:硬度为2.60~20.91 N,弹性为1.05~4.67 mm,咀嚼性为3.52~26.18 mj,内聚性为0.34~0.69,胶黏性为

1.51~7.55 N,粘附性为0.02~0.06 mj,各指标变异系数为26.84%~68.60%。其中硬度、咀嚼性和胶黏性的变异系数较大,均在50%以上,表

明不同品种在硬度和口感上存在较大差异，蕴含着选择潜力。其中‘紫甜无核’的弹性、咀嚼性和粘附性等指标均最大，‘希姆劳特’的硬度、咀嚼性和胶黏性均最小，‘优无核’的果实硬度最大，但弹性、内聚性和粘附性指标均最小。然而，不同葡萄品种在不同品质性状上各有优势，很难对其整体品质进行综合衡量，需采用主成分分析法对葡萄果实的主要品质指标进行综合评价。

## 2.5 17个无核葡萄品种品质指标的主成分分析

### 2.5.1 品质指标主成分因子的确定

主成分分析是通过降维方式将原有的多重变量转换成彼此不相关但又能综合体现原有指标的新指标<sup>[29]</sup>，能有效避免性状间的相互影响，较人为打分评价更为科学<sup>[30]</sup>。综合前人经验并结合实际生产需求，选择了涵盖果实基本形态、糖酸、着色、质地和口感特征的12个品质指标进行主成分分析。

表6 4个主成分的旋转成分矩阵、特征值、方差贡献率和累积贡献率

Tab.6 Rotated component matrix, eigenvalues, variance contribution rates and cumulative contribution rates

品质指标	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
单粒质量	0.97	0.01	0.12	-0.01
横径	0.96	0.02	0.13	-0.03
纵径	0.88	0.17	0.14	-0.01
可溶性固形物	-0.76	-0.17	0.05	0.04
弹性	0.14	0.91	0.19	0.19
粘附性	0.04	0.90	0.17	-0.27
咀嚼性	0.45	0.72	-0.27	0.23
可滴定酸	0.05	-0.02	0.97	0.07
固酸比	-0.44	-0.16	-0.82	0.09
颜色指数	-0.11	0.50	0.62	0.21
穿刺力	0.06	0.03	0.05	0.98
穿刺能量	-0.12	0.06	0.04	0.98
特征值	3.67	2.50	2.20	2.15
贡献率/%	30.62	20.82	18.33	17.91
累积贡献率/%	30.62	51.43	69.76	87.67

为了更好地对主成分进行提取，将数据经方差最大正交旋转法获得解释的总方差和旋转成分矩阵，选择特征值大于1的前4个主成分，其方差累积贡献率达到了87.67%，能够较好地反映果实品质性状的大部分信息（表6）。第1主成分（PC1）方差贡献率为30.62%，代表指标有单粒质量、横径、纵径和SSC，这些指标影响着葡萄果粒的大小和甜度，可定义为果粒形态和甜度特征；第2主成

分（PC2）方差贡献率为20.82%，代表指标有弹性、粘附性、咀嚼性，这些指标影响着葡萄的口感，可定义为口感特征；第3主成分（PC3）方差贡献率为18.33%，代表指标有TA、固酸比和CIRG，影响着葡萄的着色、酸度和糖酸平衡，可定义为颜色和风味特征；第4主成分（PC4）方差贡献率为17.91%，代表指标有Fsk和Wsk，可定义为果皮刚性和韧性特征。

### 2.5.2 17个无核葡萄品种的主成分得分及综合评价

因各主成分的方差贡献率不同，在进行果实品质综合评价时，应考虑各主成分的权重。本研究以4个主成分对应的方差贡献率占总累积贡献率的比率作为各自权重，与对应主成分得分进行线性加权求和构建鲜食葡萄果实品质综合评价模型，即： $F = 0.349F_1 + 0.237F_2 + 0.209F_3 + 0.204F_4$ ，利用该模型计算各品种的综合得分（F），进行优良度排序，结果如表7所示。综合得分较高、排名前三的是‘美丽无核’‘紫甜无核’‘郑果大无核’，这三者均为中熟品种，属于果粒大、果皮刚性强、果肉致密性强、红色品种颜色深、整体商品性状较好的类型；得分较低的3个品种依次是‘希姆劳特’‘金星无核’‘康能无核’，均为极早熟品种，属于自然果粒偏小、红色品种颜色浅淡，尽管甜度较高，但果肉致密性差、肉质偏软、整体商品性状较差的类型。

## 2.6 17个无核葡萄品种的聚类分析

选用主成分分析筛选的12个主要品质性状对17个无核葡萄品种做系统聚类分析，分析结果如图1所示。在聚类重新标定距离以10为临界值时，可将17个无核葡萄品种聚类为6大类，其中‘布朗无核’‘昆诺无核’‘红光无核’‘无核白’‘希姆劳特’‘金星无核’和‘康能无核’聚为第I类；‘郑果大无核’‘克伦森无核’和‘红宝石无核’聚为第II类；‘紫甜无核’单独聚为第III类；‘森田尼无核’和‘优无核’聚为第IV类；‘红脸无核’‘莎巴珍珠’和‘紫香无核’聚为第V类；‘美丽无核’单独聚为第VI类。

结合主成分综合得分，第VI类和第III类的‘美丽无核’和‘紫甜无核’综合得分分别为1.82和1.08，分别排在第1和第2位，这两个红色品种的果粒大、颜色深，均为蓝黑色，硬度和弹性较大，综合品质最好；第II类的3个葡萄品种的综合得分均大于0.4，分别排在第3~5位，这3个品种的果粒较大，果皮韧性和刚度、果肉硬度和

咀嚼性较高,但2个红色品种着色一般,综合品质不错;第IV、V类的5个品种分别排在第6~10位,综合品质中等;第I类的7个品种的综合得分

较低,分别排在第11~17位,这一类葡萄果粒整体偏小、果肉整体偏软,且红色品种除‘昆诺无核’外均比较浅淡。

表7 17个无核葡萄品种主成分得分、综合得分及排名

Tab.7 Comprehensive quality score and ranking of 17 seedless grape varieties

品种	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	综合得分 $F$	排名
R‘金星无核’	-2.34	-0.36	-1.25	-0.32	-1.23	16
R‘康能无核’	-2.68	-0.50	-0.04	-0.89	-1.24	17
R‘昆诺无核’	-2.02	0.48	0.19	0.30	-0.49	12
R‘布朗无核’	-1.99	-0.14	-1.31	2.86	-0.42	11
R‘红光无核’	0.22	-0.37	-0.88	-1.90	-0.58	13
R‘紫甜无核’	1.29	4.70	-0.70	-1.63	1.08	2
R‘美丽无核’	2.02	0.82	3.22	1.18	1.82	1
R‘紫香无核’	-0.80	-0.66	3.29	0.38	0.33	7
R‘红宝石无核’	-0.47	1.39	0.19	1.53	0.52	4
R‘红脸无核’	0.91	-0.95	1.61	-0.56	0.31	8
R‘克伦森无核’	0.26	0.95	-1.17	1.82	0.44	5
W‘莎巴珍珠’	0.71	-0.85	0.74	-0.46	0.11	10
W‘希姆劳特’	-1.50	-1.12	-0.41	-1.34	-1.15	15
W‘无核白’	-1.90	-0.61	0.01	-0.94	-1.00	14
W‘郑果大无核’	2.78	-0.54	-1.66	2.27	0.96	3
W‘森田尼无核’	1.98	0.77	-0.56	-1.75	0.40	6
W‘优无核’	3.54	-3.01	-1.26	-0.56	0.14	9

注:  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  主成分得分为各品种因子得分与对应因子方差算术平方根之积。

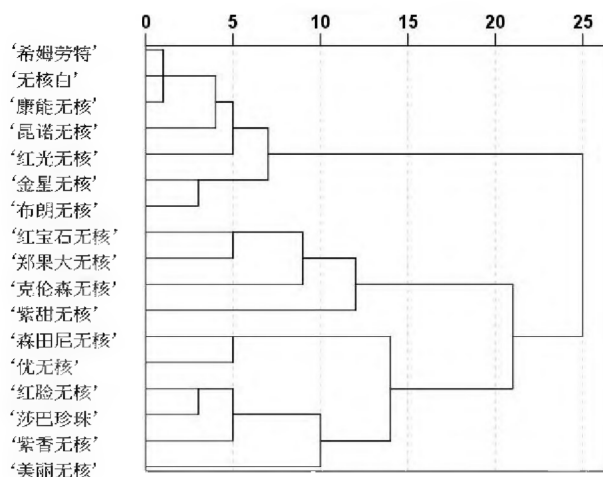


图1 17个无核葡萄品种的聚类分析图

Fig.1 Cluster analysis of 17 seedless grape varieties

### 3 讨论与结论

果实品质的评价是对品种全面评价的基础和前提<sup>[9]</sup>,但因生产目标、葡萄类型、用途和关注点不同,人们在评价鲜食葡萄果实品质时所选择的评价指标体系往往存在较大差异<sup>[7,9,11]</sup>。如刘美迎等<sup>[7]</sup>采用层次分析法评价陕西渭北地区的14个红色鲜食葡萄品种时选择产量、果穗和果粒形态、果

实风味和花色素苷含量等指标;白世践等<sup>[9]</sup>在采用因子分析法对新疆吐鲁番地区15个无核葡萄品种进行综合评价时,选择的评价指标除了果穗和果粒形态、果实风味和营养成分外,还根据当地的生产需求,增加了制干品质相关指标;林蝉蝉等<sup>[11]</sup>在采用主成分分析法综合评价陕西杨凌12个红色鲜食葡萄品种时,选择的指标比较全面,除单粒质量、果实颜色、风味特征、出汁率和营养成分外,还将果肉质地也纳入评价指标体系。

本研究结合前人经验,比较系统地对17个无核葡萄品种从物候期、生长结实特性、果穗和果粒形态、果皮和果肉质地、颜色和风味特征等方面进行了调查和测定,分别获得了7个描述各品种生长结实特性与果穗形态的基本信息,以及24个与果穗、果粒、外观、质地和风味相关的数据。对于评价指标较多的情况,一般可采用主成分分析对指标进行降维,简化评价因子,更加合理有效地对葡萄品质进行综合评价<sup>[9]</sup>。为提高分析的有效性和准确度,结合生产实际,排除无法确定对葡萄品质起正向或负向作用的指标,如穗长、单穗质量;以及计算过程指标  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $C$ 、 $h^\circ$ ,选择能够最大程度描述果粒基本特征的单粒质量、纵径和横径;表征果实风味的可溶性固形物(SSC)、可滴



定酸(TA)和固酸比;可综合描述葡萄色度和色调的颜色指数(CIRG);以及表征果皮刚性和韧性的穿刺力(Fsk)、穿刺能量(Wsk)以及质地剖面分析(TPA)中与口感特征密切相关的咀嚼性、弹性和粘附性等指标进行主成分分析,共提取了4个主成分,累计方差贡献率达到87.67%,构建了无核葡萄果实品质综合评价模型,筛选出表现优良的无核葡萄品种‘美丽无核’‘紫甜无核’‘郑果大无核’‘红宝石无核’和‘克伦森无核’,表现较差的品种有‘希姆劳特’‘金星无核’和‘康能无核’。在聚类分析中,‘美丽无核’和‘紫甜无核’分别单独聚为一类,‘郑果大无核’‘红宝石无核’和‘克伦森无核’3个品种聚为一类,而‘希姆劳特’‘金星无核’和‘康能无核’与其他4个排位靠后的品种聚为一类,较好地把不同优良度的品种区分开来。但对同一类别的品种无法再做更为详细的区分,需要结合主成分分析以完成对本次供试17个无核葡萄品种的果实综合品质评价。

研究发现,‘美丽无核’在昆明地区表现为中熟品种,这与其在元谋干热河谷区表现出的早熟特性不同<sup>[31]</sup>,可能与两地的气候类型差异有关;在昆明地区的结果枝率和结果系数虽略低于在元谋干热河谷区的表现,但自然果粒大小和单果重均优于元谋产地<sup>[31]</sup>;该品种的可溶性固形物和固酸比在供试品种中偏低,可滴定酸含量偏高,说明该品种的成熟度还有提升潜力,建议可以适当延长挂树时间,从而提高果实风味。‘紫甜无核’在昆明地区表现出果粒大、颜色深、易着色等优良特性,这与该品种在芜湖地区避雨栽培下的引种表现一致<sup>[32]</sup>,其风味品质也可以通过延长挂树时间来提高。‘森田尼无核’也称‘无核白鸡心’,是云南特色优良早熟无核葡萄品种之一,在本次综合评价中‘森田尼无核’综合得分排在第6位。另外排名靠前的白色品种只有‘郑果大无核’,而该品种为中熟品种,成熟度略晚于‘森田尼无核’,其果粒大小、果皮刚度、韧性和果肉致密度均优于‘森田尼无核’,但可溶性固形物和可滴定酸含量均偏低,果实风味偏淡,建议昆明地区在葡萄栽培中提高栽培管理措施、适当控制产量,以提高果实风味物质的积累。‘克伦森无核’在昆明地区长势强,属于极晚熟品种,果粒较大、果皮刚性和韧性均较强、果肉硬脆、风味良好,但果面着色不均匀,与张永辉等<sup>[4]</sup>在云南干热河谷区的引种表现基本一致,在实际生产中需要加强栽培管理措施,提高葡

萄着色水平。‘希姆劳特’在昆明地区作为极早熟品种在成熟期间极易发生落粒,且自然果粒偏小,虽然风味好,但果皮刚性弱,不耐运输,与黄建全等<sup>[33]</sup>在广西的引种表现一致,‘金星无核’和‘康能无核’也存在类似的情况,均不宜作为昆明市主栽品种发展。

#### 参考文献:

- [1]杨顺林,郭淑萍,李佛莲.云南鲜食葡萄产业概况与发展对策[J].中外葡萄与葡萄酒,2019(2):3-6.
- [2]张武,杨顺林,陆晓英,等.适宜云南不同生态条件下栽培的鲜食葡萄品种[J].中国热带农业,2015(1):53-58.
- [3]张永辉,刘力水,周友缘,等.克伦森无核葡萄在云南干热河谷区引种表现及关键栽培技术[J].热带农业科学,2018,38(9):14-17.
- [4]郭淑萍,陈艳林,李佛莲,等.5个早熟葡萄品种在云南元谋的引种表现[J].热带农业科学,2019,39(5):45-48.
- [5]张永辉,龚向光,谭炜,等.红艳无核在云南干热河谷区的引种表现[J].果农之友,2019(7):7,10.
- [6]张永辉,张伟,李静,等.“阳光玫瑰”葡萄在云南干热河谷区引种表现及高效栽培技术[J].中国南方果树,2017,46(6):140-142.
- [7]刘美迎,李小龙,梁苗,等.基于模糊数学和聚类分析的鲜食葡萄品种综合品质评价[J].食品科学,2015,36(13):57-64.
- [8]邵建辉,马春花,祖艳群,等.转色初期喷施BTH对‘红地球’葡萄着色和果实品质的影响[J].果树学报,2017,34(12):1556-1565.
- [9]白世践,李超,王爱玲,等.吐鲁番地区无核葡萄主要品质性状因子分析与综合评价[J].西北农业学报,2016,25(1):92-102.
- [10]华明艳,宋兰芳,崔少杰,等.天津引种“京香”系列草莓新品种的灰色关联度分析[J].北方园艺,2017(16):71-74.
- [11]林蝉蝉,何舟阳,单文龙,等.基于主成分与聚类分析综合评价杨凌地区红色鲜食葡萄果实品质[J/OL].果树学报. <https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsxh.20190428>. 2020-04-25.
- [12]Rolle L, Giacosa S, Gerbi V, et al. Comparative study of texture properties, color characteristics, and chemical composition of ten white table-grape varieties[J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2011, 62(1):49-56.
- [13]李芳菲,王莎,谷世超,等.叶面喷施ABA和PDJ对‘巨峰’葡萄果实着色及品质的影响[J].果树学报,2020,37(3):362-370.

- [14] 黄正金, 卫云丽, 张春红, 等. 基于层次分析法的5个黑莓杂交品系综合评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(1): 135-140.
- [15] Mlwat A, Maguire K. Canopy management and dry matter of 'Hayward' Kiwifruit[J]. Acta Horticulturae, 2007, 753(753): 333-340.
- [16] 赵治兵, 谢国芳, 曹森, 等. 基于主成分分析评价不同基地“贵长”猕猴桃品质特性[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(5): 144-148.
- [17] Chashnidela B, Hajnajari H. Relationships of morphological traits and ripening time during juvenile phase in apple[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144: 29-35.
- [18] Wu J F, Zhang C Y, Chen J Z, et al. Morphological diversity within litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) based on leaf and branch traits[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 207: 21-27.
- [19] 牟红梅, 于强, 李庆余, 等. 基于主成分分析的烟台地区西洋梨果实品质综合评价[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1084-1092.
- [20] 贾彦丽, 温陟良. 无核果实研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(S1): 68-71.
- [21] Carreno J, Martinez A, Almela L, et al. Measuring the color of table grapes[J]. Color Research & Application, 1996, 21(1): 50-54.
- [22] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. 中国农业大学, 2011, 44(6): 1210-1217.
- [23] 刘旭, 杨丽, 张芳芳, 等. 酿酒葡萄成熟期间果实质地特性和花色苷含量变化[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 105-109.
- [24] 张昆明, 张平, 李志文, 等. 葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律的TPA表征[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 353-358.
- [25] 姜松, 王海鸥. TPA质构分析及测试条件对苹果TPA质构分析的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 68-71.
- [26] 张群, 叶纯, 唐翊, 等. 预处理方式对提子类葡萄贮藏期间质地的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 132-136.
- [27] 张振文. 葡萄品种学[M]. 西安: 西安地图出版社, 2000: 27-28.
- [28] Hernanz D, Angeles F R, Melendezmartnez A J, et al. Multivariate statistical analysis of the coloranthocyanin relationships in different soilless-grown strawberry genotypes[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(8): 2735-2741.
- [29] 潘治利, 罗元奇, 艾志录, 等. 不同小麦品种醇溶蛋白的组成与速冻水饺面皮质构特性的关系[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 242-248.
- [30] 赵晓梅, 张谦, 过利敏, 等. 新疆主栽杏品种经济性状主成分分析及优良品种的选择[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(12): 2426-2430.
- [31] 郭淑萍, 李佛莲, 张永辉, 等. 6个引进无核葡萄品种在元谋的栽培情况[J]. 热带农业科学, 2019, 39(6): 6-9.
- [32] 汪大圣, 宋卫兵, 管月义. 芜湖市优良鲜食葡萄引种表现及栽培技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2019(1): 23-28.
- [33] 黄建全, 聂松青, 温晓敏, 等. “希姆劳特”葡萄在天津地区的引种表现及栽培技术[J]. 北方园艺, 2017(4): 43-45.

(编辑: 李甜江)

[上接第83页]

- [27] Assaha D V M, Liu L, Ueda A, et al. Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.) [J]. Journal of Environmental Biology, 2016, 37(1): 107-114.
- [28] Kakar K U, Ren X L, Nawaz Z, et al. A consortium of rhizobacterial strains and biochemical growth elicitors improve cold and drought stress tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Biology, 2016, 18(3): 471-483.
- [29] 石开明, 吴强盛. 干旱胁迫对山桐子种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2018, 15(10): 14-19, 4.
- [30] Bouslama M, Schapaugh W T J. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance[J]. Crop Science, 1984, 24(5): 933-937.
- [31] 宋鑫玲, 田玉杰, 曹洪勋, 等. PEG模拟干旱胁迫对纤维用亚麻种子萌发的影响[J]. 黑龙江科学, 2013, 4(9): 79-82.
- [32] 李志萍, 张文辉, 崔豫川. PEG模拟干旱胁迫对栓皮栎种子萌发及生长生理的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(10): 2043-2049.
- [33] 汪磊, 谭美莲. PEG模拟干旱对胡麻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 227-231.
- [34] 江瑞涛, 龚小梅, 张嘉玉. 干旱胁迫对沙冬青种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 宁夏农林科技, 2015, 56(12): 18-21.

(编辑: 李甜江)