

不同梅品种花果特性分析与评价

王爽^{1,2}, 董彬^{1,2}, 王艺光^{1,2}, 赵宏波^{1,2}

(1. 浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省园林植物种质创新与利用重点实验室, 浙江 杭州 311300)

摘要: 【目的】梅 *Prunus mume* 是花果兼用型植物, 在国内广泛应用。评价不同梅品种, 为花果兼用梅品种选育以及梅果实加工利用提供依据。【方法】以梅 28 个品种为研究对象, 测定其花部性状、结实量、果实品质指标, 运用主成分分析与聚类分析法进行综合评价。【结果】28 个梅品种花径为 19.14–31.38 mm, 花瓣数量为 5–23 枚, 花色以白色品种占比最大。不同梅品种结实量差异较大, 其中‘丽江照水’‘玉龙红翡’‘玉龙绯雪’易结实。不同梅品种果实外观品质与内在品质均存在差异。对 28 个品种进行主成分分析, 16 个指标简化为 4 个公因子, 方差解释百分比为 80.77%; 综合得分表明: ‘蝶羽重’‘骨里红’‘单粉垂枝’‘红颜朱砂’‘ZAFU-CZ02’‘江梅’‘丽江照水’得分较高; 对 28 个品种进行系统聚类分析, 结果表明: 当欧氏距离为 24 时, 梅品种可分为 6 类。综合主成分与聚类分析结果, 筛选出‘单粉垂枝’‘丽江照水’‘骨里红’‘红颜朱砂’4 个优良的花果兼用梅品种。【结论】不同梅品种花部性状、结实量及果实品质均存在差异。综合花部性状、结实量、果实品质可知: ‘单粉垂枝’‘丽江照水’花单瓣, 易结实, 果实综合品质最佳, 适宜作为果品加工的花果兼用梅品种; ‘骨里红’‘红颜朱砂’花色艳丽, 半重瓣, 较易结实, 适宜作为实生选种的花果兼用梅品种。图 6 表 6 参 30

关键词: 梅品种; 花果兼用; 主成分分析; 聚类分析; 综合评价

中图分类号: S603; S685.17 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2024)01-0113-11

Analysis and evaluation of flower and fruit characteristics of different *Prunus mume* cultivars

WANG Shuang^{1,2}, DONG Bin^{1,2}, WANG Yiguang^{1,2}, ZHAO Hongbo^{1,2}

(1. College of Landscape and Architecture, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Germplasm Innovation and Utilization for Garden Plants, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] *Prunus mume* is an ornamental and fruit plant widely cultivated in China. The aim of this study is to select and evaluate *P. mume* cultivars with both flower and fruit functions, so as to provide basis for fruit processing and utilization. [Method] The 28 *P. mume* cultivars were selected as research object. Flower traits, fruiting capacity, fruit quality indexes were measured and evaluated by principal component analysis and cluster analysis. [Result] The flower diameter of 28 cultivars ranged from 19.14 to 31.38 mm, with 5–23 petals. White cultivars accounted for the largest proportion. There were significant differences in fruit setting among *P. mume* cultivars, with ‘Lijiang Zhaoshui’, ‘Yulong Hongfei’ and ‘Yulong Feixue’ being more prone to fruit setting. In addition, there were differences in fruit appearance and internal quality among different *P. mume* cultivars. Principal component analysis was conducted on 28 cultivars, and 16 indexes

收稿日期: 2023-03-17; 修回日期: 2023-07-03

基金项目: “十四五”浙江省花卉新品种选育重大科技专项 (2021C02071-1)

作者简介: 王爽 (ORCID: 0000-0002-2318-1161), 从事梅花育种研究。E-mail: 2268953753@qq.com。通信作者: 赵宏波 (ORCID: 0000-0003-4714-8240), 教授, 博士, 从事观赏植物遗传育种研究。E-mail: zhaohb@zafu.edu.cn

were simplified into 4 common factors, with a variance explanation percentage of 82.72%. The comprehensive scores showed that ‘Die Yuchong’, ‘Gu Lihong’, ‘Danfen Chuizhi’, ‘Hongyan Zhusha’, ‘ZAFU-CZ02’, ‘Jiangmei’ and ‘Lijiang Zhaoshui’ had higher scores. Cluster analysis showed that when the Euclidean distance was 24, *P. mume* cultivars could be divided into 6 groups. Based on the results of principal component and cluster analysis, 4 excellent varieties for both flower and fruit use were selected, including ‘Danfen Chuizhi’, ‘Lijiang Zhaoshui’, ‘Gu Lihong’, and ‘Hongyan Zhusha’. [Conclusion] There are differences in flower traits, fruit setting and fruit quality among different *P. mume* cultivars. According to the comprehensive characteristics of the flower, fruit yield, and fruit quality, it can be concluded that ‘Danfen Chuizhi’ and ‘Lijiang Zhaoshui’ are easy to bear fruit and have the best comprehensive fruit quality. They are excellent suitable for both flower and fruit. ‘Gu Lihong’ and ‘Hongyan Zhusha’ have bright flower color, with semi double petals and easy to bear fruit. They are suitable for flower and fruit production. [Ch, 6 fig. 6 tab. 30 ref.]

Key words: *Prunus mume* cultivars; ornament and fruit production; principal component analysis; cluster analysis; comprehensive evaluation

梅 *Prunus mume* 为蔷薇科 Rosaceae 李属 *Prunus* 小乔木, 花期 1—3 月, 果期 5—6 月, 是中国重要的传统名花与嘉果, 已有 3000 多年的栽培历史^[1-2]。梅分布于中国、韩国、日本等国家, 在中国 17 个省有栽培^[3]。根据栽培目的不同, 梅分为花梅与果梅, 花梅观赏价值高, 果梅可进行果实加工利用, 花果兼用梅兼顾梅花观赏与果实加工, 是梅育种的五大目标之一, 相比单一用途而言, 应用周期延长, 经济效益大增, 具有良好的应用前景^[4-5]。梅花花朵观赏价值高, 花瓣、花色种类丰富, 品种繁多, 是中国重要的早春观赏花木。截至 2017 年, 梅国际登录品种为 486 种^[6]。梅果实可药食两用, 不仅营养价值高, 富含有机酸、糖类、矿质元素、维生素等营养成分, 还含有酚类等生物活性物质及较高的抗氧化活性, 其果实提取物具有抑菌、抗骨质疏松、抗癌等功效^[7-10]; 梅果实具有高酸低糖的特点, 被誉为强碱性健康食品, 不宜生食, 常被加工为果脯、青梅酒、果汁与果酱等形式消费^[11-14]。中国梅育种专家运用实生选种、芽变选种、杂交育种等方法, 在青岛、武汉、南京、丽江等地展开了花果兼用梅品种选育, 筛选出几十种花果兼用梅品种, 近年来又选育出‘玉龙红翡’‘南农丰羽’等花果兼用品种。目前筛选出的一些品种结实能力不强, 未达到食用或加工的标准, 高产量、花重瓣、花色艳丽、果实可供加工利用的花果兼用梅品种较少, 亟待选育^[15-17]。浙江、云南、江苏是中国重要的梅种质资源分布地区。云南是梅的原产地, ‘丽江照水’‘玉龙红翡’‘玉龙绯雪’分布于此。浙江梅种质资源圃收集了 60 种花梅品种, 江苏梅种质资源圃收集了 50 种花梅品种。在前期调查的基础上, 本研究选取了 28 个结实的梅品种作为研究对象进行分析及评价, 旨在为花果兼用梅的品种选育及梅果实加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2021—2022 年, 选取浙江杭州、云南丽江、江苏新沂等 3 个梅种质资源圃中 28 个结实的梅品种作为试验材料(表 1), 于盛花期采集花朵测定花部表型性状, 于果实退绿期测定果实品质。随机采集每个品种树冠东西南北 4 个方向 30 个成熟度、大小均匀一致的果实, 采后 24 h 内运回实验室。一部分果实用于果实外观品质的测定, 另一部分切成小块, 液氮速冻放入 -80 °C 冰箱中保存, 用于果实内在品质的测定。

1.2 测定方法

1.2.1 花部性状测定方法 记录各品种的花径、花瓣数量、花色参数, 参考李冉馨等^[18]的标准进行分级: 花径 (d) >36 mm 为极大、 $28 < d \leq 36$ mm 为大、 $23 < d \leq 28$ mm 为中、 $17 < d \leq 23$ mm 为小、 $d \leq 17$ mm 为极小; 花瓣数量 (N) ≥ 45 枚为极重瓣品种, $26 \leq N \leq 44$ 枚为重瓣品种, $15 \leq N \leq 25$ 枚为半重瓣品种, $9 \leq N \leq 14$ 枚为复瓣品种, $5 \leq N \leq 8$ 枚为单瓣品种; 花色采用 CR-10 型便携式色差仪测定, 记录各品种

表 1 梅品种名及采收地点

Table 1 Name and harvest place of *P. mume* cultivars

采收地点	经纬度	品种名
浙江杭州	30°15'N, 119°43'E	‘单粉垂枝’ ‘ZAFU-CZ01’ ‘ZAFU-CZ02’ ‘ZAFU-CZ03’ ‘江梅’ ‘ZAFU-JM01’ ‘ZAFU-JM02’ ‘ZAFU-JM03’ ‘久观绿萼’ ‘素玉绿萼’ ‘红颜朱砂’ ‘骨里红’ ‘南农晚朱砂’ ‘蝶羽重’
云南丽江	26°44'N, 100°15'E	‘丽江照水’ ‘玉龙红翡’ ‘玉龙绯雪’
江苏新沂	34°20'N, 118°32'E	‘七星梅’ ‘雪梅’ ‘虎丘晚粉’ ‘粉霞’ ‘素白宫粉’ ‘轮迳’ ‘昆明小跳枝’ ‘粉红朱砂’ ‘重瓣粉朱’ ‘三轮玉蝶’ ‘长蕊单绿’

花色参数 L^* 、 a^* 、 b^* 。以上指标每个品种 5 次生物学重复。

1.2.2 结实情况调查 参考史寒昀等^[19]的文献(略加改动),将结实量划分为易结实、较易结实、少量结实、偶结实等 4 类。

1.2.3 果实外观品质测定方法 采用电子数显游标卡尺测定果实横径、纵径、侧径,并计算果形指数,果形指数=纵径/横径^[20]。单果质量、核质量采用千分之一电子天平测定,测定完成后计算果实可食率,可食率=(单果质量-核质量)/单果质量×100%^[18]。以上指标 5 次生物学重复。

1.2.4 果实内在品质测定方法 果实的可溶性固形物质量分数(%)采用手持折光仪(LH-T20)测定;果实总酸质量分数(%)采用酸碱滴定法测定^[18];可溶性总糖质量分数(%)采用蒽酮比色法测定^[21];可溶性蛋白质量分数($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[22]。以上指标均为 3 次生物学重复。

1.3 数据分析

数据均用 Excel 2016 进行统计整理,用平均值±标准差表示,并运用 SPSS 21.0 进行主成分分析,利用 Origin 2021 进行相关性分析、聚类分析绘图。

2 结果与分析

2.1 不同梅品种花部性状分析

不同梅品种的花部性状存在差异(表 2 及图 1)。28 个梅品种的花径为 19.14~31.38 mm,其中 53.57% 的梅品种花径分布在 23.00~28.00 mm,42.86% 的梅品种花径分布在 17.00~23.00 mm,28.00~35.00 mm 的大花品种占比仅为 3.57%。花径较大的品种为‘蝶羽重’‘单粉垂枝’‘江梅’‘骨里红’。28 个梅品种花瓣数量分布范围为 5~23 枚,单瓣品种与半重瓣品种占比各为 50.00%。28 个梅品种中白色品种占比最大,为 50.00%,其次为粉色、紫红色品种,占比分别为 28.57% 与 10.71%。花色参数 L^* 分布范围为 32.9~89.3,白色品种如‘江梅’‘久观绿萼’及跳枝品种‘昆明小跳枝’明度较高,而‘红颜朱砂’‘骨里红’‘南农晚朱砂’等紫红色品种明度较低; a^* 分布范围为-1.9~41.4, a^* 较高的品种为‘红颜朱砂’‘骨里红’‘南农晚朱砂’,白色品种 a^* 较低,有的为负值,如‘江梅’‘久观绿萼’‘七星梅’‘素玉绿萼’等; b^* 分布范围为-1.4~18.3,多数品种 b^* 为正值, b^* 最高的品种为‘素玉绿萼’,最低品种为‘骨里红’。

2.2 不同梅品种结实情况分析

对梅品种结实量进行调查发现:28 个梅品种均有一定的结实量,且不同梅品种结实量存在差异(表 3)。易结实与较易结实的品种有‘丽江照水’‘玉龙红翡’‘玉龙绯雪’等 11 个品种,其余品种结果量较少,‘粉红朱砂’‘久观绿萼’属于偶结实品种。

2.3 不同梅品种果实外观品质分析

对 28 个梅品种果实外观品质进行测定,结果表明:不同品种间果实横径、纵径、侧径、果形指数、单果质量、可食率存在差异(图 2~3 和表 4)。由图 3 和表 4 可知:28 个品种果实横径为 22.41~36.88 mm,纵径为 22.59~36.83 mm,侧径为 21.25~34.49 mm,变异系数较小,分别为 11.42%、11.56%、10.58%。单果质量为 6.56~27.91 g,变异系数为 30.68%。横径、纵径、侧径、单果质量、核质量最大的品种均为‘蝶羽重’,最小的品种为‘三轮玉蝶’。果形指数为纵径与横径之比,其变化范围为 0.92~1.20,集中分布于 0.95~1.05。‘江梅’果形指数最小,‘ZAFU-CZ03’果形指数最大,说

表2 28个梅品种花部性状

Table 2 Flower traits of 28 *P. mume* cultivars

品种名	花径/mm	花瓣数量/枚	L^*	a^*	b^*	花色
‘ZAFU-CZ01’	25.19±1.29	16±2	87.8±0.5	0.4±0.1	12.1±1.5	白色
‘ZAFU-CZ02’	25.14±1.86	5±0	78.3±1.6	11.9±2.3	1.7±1.2	浅粉色
‘ZAFU-CZ03’	22.60±1.94	5±0	82.2±0.9	1.6±0.3	8.1±2.3	白色
‘ZAFU-JM01’	22.78±1.88	5±1	86.3±0.5	-0.8±0.3	9.9±2.4	白色
‘ZAFU-JM02’	19.36±2.25	5±0	86.6±1.6	-1.9±0.5	13.4±1.7	白色
‘ZAFU-JM03’	19.14±0.71	5±0	86.5±0.8	-0.6±0.2	10.7±1.7	白色
‘单粉垂枝’	27.59±0.41	5±0	80.0±1.5	6.8±1.2	8.5±0.6	浅粉色
‘蝶羽重’	31.38±0.86	17±1	84.0±0.9	5.0±1.3	4.9±1.3	浅粉色
‘粉红朱砂’	24.57±2.05	17±1	51.2±3.2	41.4±2.4	1.1±0.8	紫红色
‘粉霞’	19.80±0.60	18±2	71.9±1.7	19.7±1.8	3.0±0.8	粉色
‘骨里红’	25.46±1.48	17±2	50.5±3.3	34.0±4.8	-1.4±1.0	紫红色
‘红颜朱砂’	24.21±1.59	18±2	47.0±1.3	42.4±0.7	1.2±0.2	紫红色
‘虎丘晚粉’	23.43±1.38	21±3	61.6±7.6	30.9±6.5	0.9±0.3	粉色
‘江梅’	26.95±2.17	5±0	87.2±1.3	-1.8±0.1	12.2±2.7	白色
‘久观绿萼’	27.08±1.39	17±2	88.9±2.3	-1.7±0.3	14.7±2.9	白色
‘昆明小跳枝’	22.45±2.10	16±1	85.4±1.7	3.7±1.4	6.7±1.4	复色
‘丽江照水’	23.72±2.07	5±0	77.2±2.5	10.8±3.3	5.1±2.2	粉色
‘轮迳’	21.73±2.89	17±1	84.2±0.9	4.5±2.7	7.9±1.3	复色
‘南农晚朱砂’	21.90±0.91	5±1	32.9±2.0	34.6±2.0	1.4±0.8	紫红色
‘七星梅’	25.59±1.78	6±1	86.3±1.3	-0.3±0.7	11.2±1.7	白色
‘三轮玉蝶’	23.86±0.77	15±0	87.8±0.9	0.1±1.0	10.1±0.7	白色
‘素白宫粉’	21.99±1.23	16±2	80.8±1.9	8.7±2.0	5.4±1.7	粉色
‘素玉绿萼’	21.61±1.29	15±1	89.3±1.7	-1.5±0.3	18.3±2.4	白色
‘雪梅’	23.25±0.69	5±0	83.7±1.6	2.5±2.4	8.3±1.5	白色
‘玉龙绯雪’	24.72±3.87	5±0	77.8±1.6	8±0.6	4.5±3.2	白色
‘玉龙红翡’	21.95±1.38	5±0	83.9±1.4	1.6±1.1	8.7±2.5	白色
‘长蕊单绿’	22.00±1.18	5±0	86.6±1.0	-1.3±0.2	9.2±2.6	白色
‘重瓣粉朱’	23.52±1.15	23±1	63.3±3.4	30.6±3.0	1.5±1.5	粉色

说明：数值为平均值±标准差。



图1 28个梅品种花朵

Figure 1 Flowers of 28 *P. mume* cultivars

表 3 28 个梅品种结实情况调查

Table 3 Investigation on fruit load of 28 *P. mume* cultivars

结实情况	描述	品种
易结实	2 a均结实，结实量为5~10 kg·株 ⁻¹ 或10 kg·株 ⁻¹ 以上	‘丽江照水’ ‘玉龙红翡’ ‘玉龙绯雪’
较易结实	2 a均结实，结实量为1~5 kg·株 ⁻¹	‘单粉垂枝’ ‘江梅’ ‘红颜朱砂’ ‘骨里红’ ‘ZAFU-JM01’ ‘素玉绿萼’ ‘南农晚朱砂’ ‘ZAFU-CZ01’
少量结实	2 a均结实，结实量小于1 kg·株 ⁻¹	‘雪梅’ ‘ZAFU-JM02’ ‘ZAFU-JM03’ ‘重瓣粉朱’ ‘粉霞’ ‘虎丘晚粉’ ‘昆明小跳枝’ ‘轮违’ ‘七星梅’ ‘三轮玉蝶’ ‘素白官粉’ ‘长蕊单绿’ ‘ZAFU-CZ02’ ‘ZAFU-CZ03’ ‘蝶羽重’
偶结实	仅观测到1 a结实，结实量小于1 kg·株 ⁻¹	‘久观绿萼’ ‘粉红朱砂’

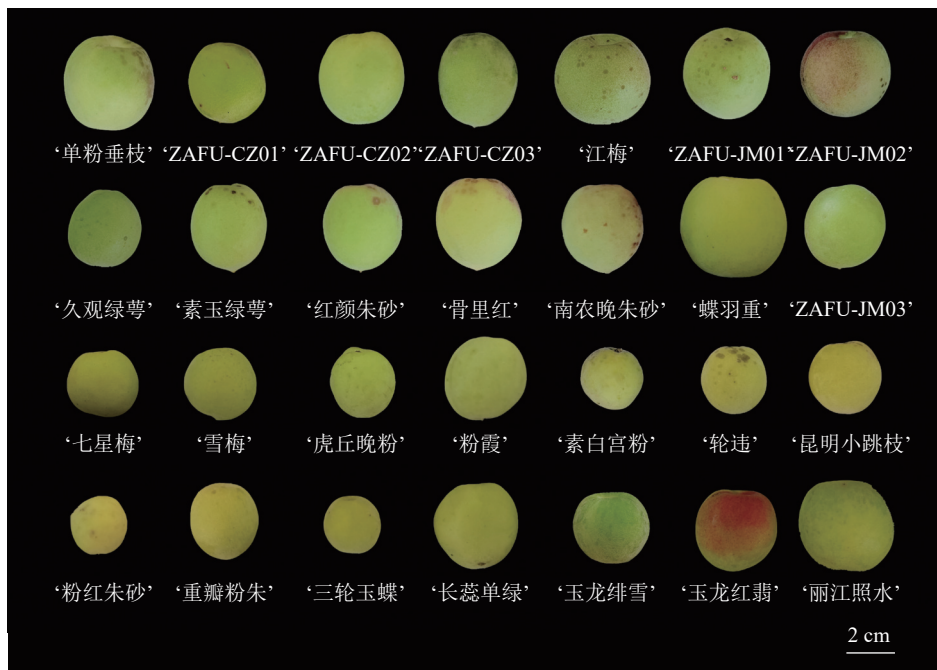


图 2 28 个梅品种的果实

Figure 2 Fruits of 28 *P. mume* cultivars

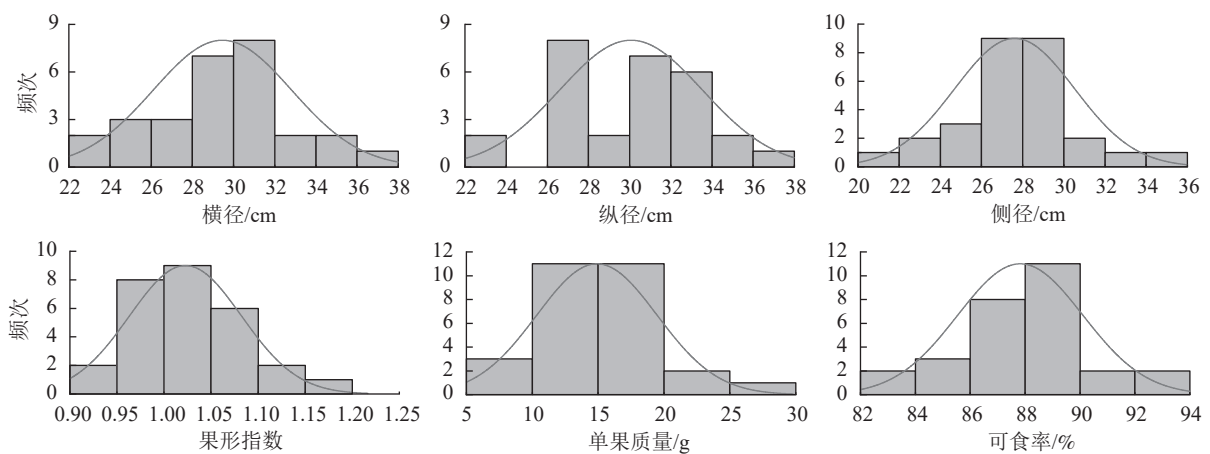


图 3 梅果实外观品质指标频次分布

Figure 3 Frequency distribution of appearance quality indexes of *P. mume* fruits

明江梅果实为扁圆形，而‘ZAFU-CZ03’为长圆形。28 个品种的可食率变异系数最小，多数品种分布在 86.00%~90.00%，以‘江梅’最高，可食率为 92.91%，最低的品种为‘三轮玉蝶’，可食率为 82.93%。

表4 梅果实品质指标变异情况

品质指标	横径/ mm	纵径/ mm	侧径/ mm	果形指数	单果质 量/g	核质量/ g	可食率/ %	可溶性固形物 质量分数/%	总酸质量 分数/%	可溶性总糖 质量分数/%	可溶性蛋白质量 分数/(mg·g ⁻¹)
极小值	22.41	22.59	21.25	0.92	6.56	1.00	82.93	6.20	4.51	0.42	2.78
极大值	36.88	36.83	34.49	1.20	27.91	2.91	92.91	14.30	7.00	3.30	9.95
均值	29.46	30.07	27.61	1.02	14.91	1.75	87.82	9.14	5.81	1.46	5.68
标准差	3.36	3.47	2.92	0.06	4.57	0.47	2.28	2.11	0.71	0.78	2.05
变异系数/%	11.42	11.56	10.58	5.83	30.68	26.66	2.60	23.07	12.24	53.22	36.02

2.4 不同品种果实内在品质分析

28个梅品种果实可溶性固形物、总酸、可溶性总糖、可溶性蛋白质量分数存在差异(表4、图4)。果实可溶性固形物质量分数是果实糖、酸等溶于水的物质的质量分数的总和^[23], 28个品种的可溶性固形物质量分数为6.20%~14.30%, 变异系数为23.07%, 多数品种集中为7.0%~8.0%, 其中质量分数最高的品种为‘粉红朱砂’, 最低品种为‘ZAFU-JM03’。总酸质量分数为4.51%~7.00%, ‘粉红朱砂’最高, ‘蝶羽重’最低, 多数品种集中为5.0%~6.0%。可溶性总糖质量分数变异系数最大, 多数品种为0.5%~1.5%, 其中‘昆明小跳枝’最高, ‘ZAFU-CZ03’最低。可溶性蛋白质量分数变异系数为36.02%, 多数品种为3.0~6.0 mg·g⁻¹, 质量分数最低的为‘蝶羽重’, 最高的为‘素白粉’。

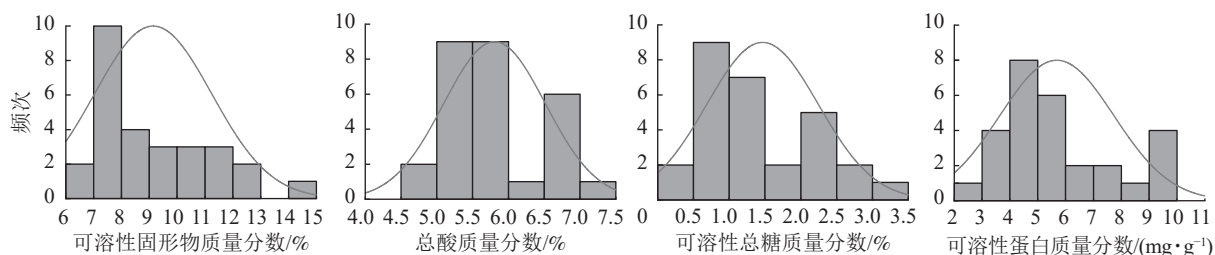


图4 梅果实内在品质指标频次分布

Figure 4 Frequency distribution of nutrition quality indexes of *P. mume* fruits

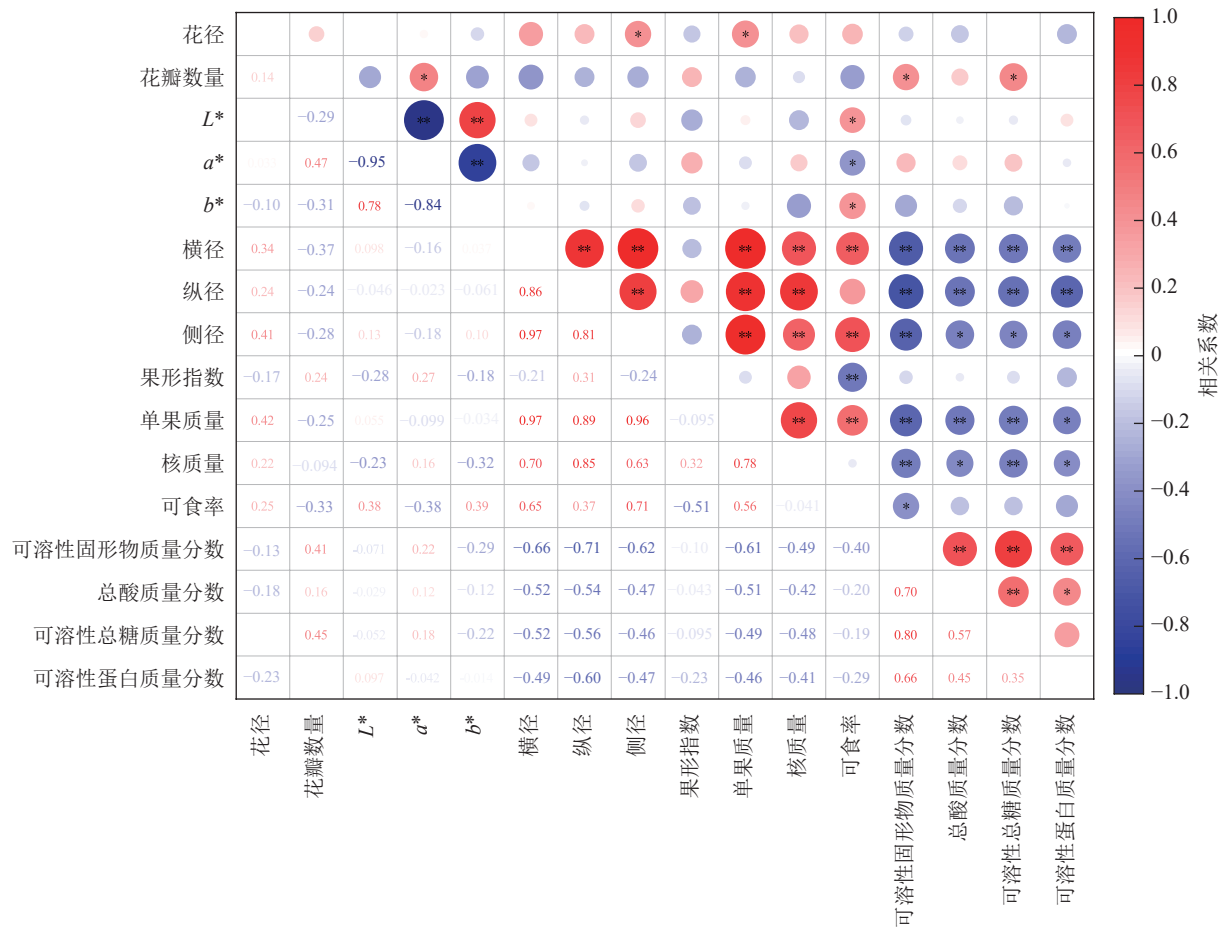
2.5 品质指标相关性分析

由图5可知: 梅花部性状与果实品质指标存在相关性。花径与侧径、单果质量呈显著正相关($P < 0.05$); 花瓣数量与 a^* 、可溶性固形物质量分数呈极显著正相关($P < 0.01$); L^* 与 a^* 呈极显著负相关, 与 b^* 呈极显著正相关, 与可食率呈显著正相关($P < 0.05$); 果实横径、纵径、侧径与单果质量、核质量、可食率呈极显著正相关, 与可溶性固形物、总酸、可溶性蛋白质量分数呈极显著负相关($P < 0.01$); 果形指数与可食率呈极显著负相关($P < 0.01$); 可食率与可溶性固形物质量分数呈显著负相关($P < 0.05$); 可溶性固形物质量分数与总酸、可溶性蛋白质量分数呈极显著正相关($P < 0.01$), 与可溶性总糖质量分数呈显著正相关($P < 0.05$); 总酸质量分数与可溶性蛋白质量分数呈极显著正相关($P < 0.01$)。以上结果表明16个指标信息具有重叠性, 适宜运用主成分分析评价。

2.6 主成分分析

由表5可知: 对28个品种的16个花部性状与果实品质指标进行主成分分析, 提取了4个特征根大于1的公因子, 累计方差解释百分比为80.772%, 反映了绝大部分原始信息。主成分1方差贡献率为41.43%, 代表横径、纵径、侧径、单果质量、核质量以及可溶性固形物、总酸、可溶性总糖和可溶性蛋白质量分数, 主成分2的方差贡献率为21.37%, 代表 L^* 、 a^* 、 b^* ; 主成分3方差贡献率为11.18%, 代表花径、果形指数; 主成分4方差贡献率为6.80%, 代表花瓣数量。

根据表5可得综合评价模型为 $F = 41.429\%F_1 + 21.366\%F_2 + 11.183\%F_3 + 6.794\%F_4$, 并计算各品种的主成分得分。主成分综合得分及排名情况如表6中所示, 综合得分越高, 表明此品种综合品质越好。由表6可知: ‘蝶羽重’ ‘骨里红’ ‘单粉垂枝’ ‘红颜朱砂’ ‘ZAFU-CZ02’ ‘江梅’ ‘丽江照水’ 得分较高, 较为优良, 而 ‘三轮玉蝶’ ‘粉红朱砂’ ‘素白粉’ ‘轮违’ ‘虎丘晚粉’ 等品种得分较低, 综合品质较差。



*P<0.05, **P<0.01。

图 5 梅品质指标相关性分析

Figure 5 Correlation analysis of *P. mume* quality indexes

表 5 梅品质指标主成分载荷值、特征向量、特征值、贡献率

Table 5 Principal component loading values, characteristic values and contribution rates of *P. mume* quality indexes

组分	F ₁		F ₂		F ₃		F ₄	
	载荷值	特征向量	载荷值	特征向量	载荷值	特征向量	载荷值	特征向量
花径(x ₁)	0.338	0.131	0.110	0.059	0.564	0.421	0.438	0.420
花瓣数量(x ₂)	-0.402	-0.156	0.441	0.239	0.223	0.167	0.602	0.577
L*(x ₃)	0.150	0.058	-0.873	-0.472	-0.066	-0.050	0.268	0.257
a*(x ₄)	-0.245	-0.095	0.887	0.480	0.188	0.140	-0.154	-0.147
b*(x ₅)	0.168	0.065	-0.847	-0.458	-0.281	-0.210	0.258	0.248
横径(x ₆)	0.947	0.368	0.025	0.014	0.246	0.184	-0.126	-0.121
纵径(x ₇)	0.899	0.349	0.295	0.160	-0.093	-0.070	0.050	0.048
侧径(x ₈)	0.919	0.357	-0.020	-0.011	0.332	0.248	-0.031	-0.029
果形指数(x ₉)	-0.049	-0.019	0.524	0.284	-0.625	-0.468	0.341	0.327
单果质量(x ₁₀)	0.930	0.361	0.133	0.072	0.254	0.190	-0.038	-0.037
核质量(x ₁₁)	0.698	0.271	0.524	0.284	-0.092	-0.069	-0.057	-0.055
可食率(x ₁₂)	0.593	0.230	-0.474	-0.256	0.439	0.328	-0.025	-0.024
可溶性固形物(x ₁₃)	-0.839	-0.326	0.018	0.010	0.376	0.281	-0.025	-0.024
总酸(x ₁₄)	-0.662	-0.257	-0.078	-0.042	0.270	0.202	-0.121	-0.116
可溶性总糖(x ₁₅)	-0.682	-0.265	0.014	0.007	0.479	0.358	0.240	0.230
可溶性蛋白(x ₁₆)	-0.616	-0.239	-0.243	-0.131	0.152	0.114	-0.396	-0.380
特征根	6.629		3.419		1.789		1.087	
方差贡献率/%	41.429		21.366		11.183		6.794	
累计方差贡献率/%	41.429		62.795		73.978		80.772	

表6 28个梅品种主成分得分及排名

Table 6 Scores and rankings of principal components of 28 *P. mume* cultivars

品种	F_1	F_2	F_3	F_4	综合得分	排名
‘蝶羽重’	5.624	1.397	2.208	1.976	3.010	1
‘骨里红’	1.669	3.235	1.163	-0.176	1.501	2
‘单粉垂枝’	3.204	-1.030	1.606	-0.578	1.247	3
‘红颜朱砂’	1.007	3.351	0.110	0.069	1.150	4
‘ZAFU-CZ02’	2.036	1.657	-0.913	-0.054	1.092	5
‘江梅’	3.000	-2.296	1.970	0.426	1.001	6
‘丽江照水’	1.825	-0.102	1.674	-2.499	0.752	7
‘南农晚朱砂’	0.508	3.756	-1.845	-1.621	0.696	8
‘ZAFU-CZ03’	1.651	0.937	-3.450	0.621	0.541	9
‘粉霞’	0.274	1.530	-0.528	-0.229	0.366	10
‘重瓣粉朱’	-1.215	2.554	0.506	0.999	0.167	11
‘长蕊单绿’	1.245	-1.024	-0.566	-1.096	0.159	12
‘素玉绿萼’	1.223	-1.069	-2.362	1.404	0.110	13
‘ZAFU-JM01’	0.574	-0.819	0.100	0.394	0.101	14
‘ZAFU-JM03’	1.800	-2.007	-1.270	-1.191	0.094	15
‘玉龙红翡’	0.945	-1.344	-0.391	-0.794	0.007	16
‘久观绿萼’	0.386	-1.246	-0.507	2.065	-0.023	17
‘ZAFU-CZ01’	0.135	-1.292	-0.073	1.346	-0.137	18
‘ZAFU-JM02’	0.736	-2.147	-0.919	-0.949	-0.321	19
‘玉龙绯雪’	-0.805	-0.495	-0.353	-0.845	-0.536	20
‘七星梅’	-0.448	-2.238	0.968	-0.228	-0.571	21
‘雪梅’	-1.381	-1.523	-0.059	-0.366	-0.929	22
‘虎丘晚粉’	-3.626	2.204	0.312	0.642	-0.953	23
‘昆明小跳枝’	-3.100	-0.915	1.381	0.495	-1.292	24
‘轮迳’	-3.204	-1.002	0.258	0.428	-1.484	25
‘素白宫粉’	-3.590	-0.304	0.401	-0.210	-1.522	26
‘粉红朱砂’	-5.768	1.667	1.683	-0.485	-1.878	27
‘三轮玉蝶’	-4.704	-1.431	-1.105	0.456	-2.347	28

2.7 聚类分析

对28种梅品种的果实品质指标进行系统聚类分析(图6),当欧氏距离为24时,28个品种可分为6类。第1类包括‘单粉垂枝’‘江梅’‘丽江照水’等9个品种,花为单瓣,白色或淡粉色,果实单果质量较大,可溶性固形物、总酸、可溶性总糖质量分数适中,是较为优良的花果兼用梅品种;第2类品种为‘蝶羽重’,花瓣重瓣,花径、单果质量最大,但果实可溶性固形物、总酸、可溶性总糖、可溶性蛋白质量分数较低;第3类品种包含‘久观绿萼’‘素玉绿萼’等11个品种,此类品种多为白色品种,花瓣重瓣或单瓣,单果质量偏小,可溶性总糖、总酸质量分数适中;第4类品种有‘粉红朱砂’‘骨里红’‘红颜朱砂’3个品种,此类品种为朱砂品种群,花色为紫红色,花瓣半重瓣;第5类品种以‘南农晚朱砂’为代表,花色为紫红色,花瓣单瓣,果实单果质量适中,可溶性总糖、总酸质量分数适中;第6类为‘粉霞’‘虎丘晚粉’‘重瓣粉朱’,此类品种花瓣半重瓣,花色为粉色,果实单果质量适中,可溶性固形物、总酸、可溶性总糖质量分数较高。

3 讨论

花果兼用梅兼具观赏性与食用加工特性,具有良好的景观效益与经济效益,是梅遗传改良五大育种方向之一。前人研究表明:梅品种自然坐果率低,梅不同品种间结实能力相差较大,‘江梅’‘玉蝶’‘宫粉’品种群结实能力较强,影响其结实的主要因素为雌蕊退化比例高,自花不实,异花授粉不亲和以及花期温度较低^[23-25]。本研究表明:梅结实品种以白色单瓣品种最多,花径大、重瓣、花色艳丽观赏价值高且结实能力强的花果兼用梅品种少。后续研究中可利用多种育种方式,如杂交育种及实生选种等手段进行花果兼用梅新品种的选育。

果实品质包括外观品质与内在品质等指标。本研究调查的品种单果质量集中为 10~20 g, 有 13 个品种单果质量为 15~25 g, 达中等大小标准, 大于 25 g 的品种仅 1 种。多数品种可食率为 85%~90%, 与房经贵等^[26]研究基本一致。果实糖酸质量分数反映果实的风味品质, 周杰等^[27]研究表明: 青岛梅园果实可溶性固形物质量分数为 8.00%~15.00%, 总糖质量分数为 0.72%~6.84%, 总酸质量分数为 1.70%~6.10%。与青岛梅园相比, 本研究测定的 28 个品种果实的总糖质量分数偏低, 这可能与品种及栽培环境有关。王玉霞等^[28]对不同地区青梅的蛋白质质量分数进行测定发现, 不同地区青梅的蛋白质质量分数为 0.37%~0.74%, 与本研究结果基本一致。

主成分分析是通过降维的方法将较多的指标转化成较少的指标进行分析的方法^[29]。本研究中主成分 1 单果质量、果径贡献率最大, 主成分 2 花色参数贡献最大, 主成分 3 花径、果形指数贡献率最大, 主成分 4 花瓣数量贡献率最大。聚类分析是根据样品的多个测量指标, 把相似程度较大的样品聚为一类的分析方法^[30]。本研究根据花部性状与果实特征将 28 个梅品种分为 6 类。主成分从综合评价的角度筛选综合品质表现优良的品种, 聚类分析从品种相似度进行评价, 主成分分析结合聚类分析可筛选出优良的品种。本研究筛选出的‘丽江照水’‘单粉垂枝’‘红颜朱砂’‘骨里红’既可观花观果又可果加工为果脯、青梅酒等产品, 在农业观光园中具有广阔的应用前景, 但由于本研究仅对不同品种进行了花部性状、果实外观及基本内在成分分析, 并未对功能性成分、抗病性进行评价, 未来可综合考虑这些因素进行花果兼用梅的品种选育。

4 结论

不同梅品种花部性状、结实情况及果实品质均存在差异, 综合花部性状、结实量、果实品质因素, 本研究 28 个梅品种中, ‘单粉垂枝’‘丽江照水’花单瓣易结实, 综合品质最佳, 适宜作为果品加工的花果兼用梅品种, ‘红颜朱砂’‘骨里红’花色艳丽, 半重瓣且较易结实, 适宜作为实生选种的花果兼用梅品种。

5 参考文献

- [1] 陈俊愉. 中国梅花的研究(I)梅之原产地与梅花栽培历史[J]. 园艺学报, 1962, 1(1): 69 - 78, 99 - 102.
CHEN Junyu. Studies on *Prunus mume* in China (I) Origin and cultivation history of *Prunus mume* [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1962, 1(1): 69 - 78, 99 - 102.
- [2] 刘青林. 梅花起源与品种演化问题初探[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(2): 78 - 82.
LIU Qinglin. Discussion on the origin and cultivar evolution of Mei [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1996, 18(2): 78 - 82.
- [3] 姜翠翠, 叶新福, 方智振, 等. 我国果梅研究进展概述[J]. 东南园艺, 2017(5): 26 - 31.
JIANG Cuicui, YE Xinfu, FANG Zhizhen, et al. Research progress on Japanese apricot (*Prunus mume*) in China [J]. *Southeast Horticulture*, 2017(5): 26 - 31.
- [4] 高志红, 章镇, 蔡斌华. 中国花果兼用型梅品种研究[J]. 中国园林, 2002, 18(6): 82 - 84.
GAO Zhihong, ZHANG Zhen, CAI Binhua. Study on cultivars of Mei flower (*Prunus mume*) for fruits and ornamental [J].

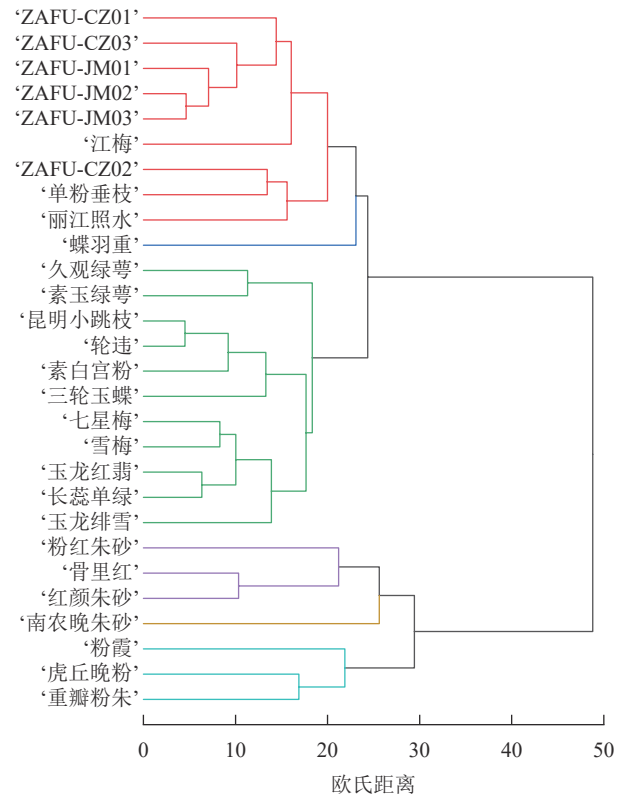


图 6 基于品质指标的梅品种聚类分析

Figure 6 Cluster analysis of *P. mume* cultivars based on quality indexes

- Journal of Chinese Landscape Architecture*, 2002, **18**(6): 82 – 84.
- [5] 晏晓兰, 刘小祥, 陶冬枝, 等. 武汉梅园花果兼用梅花品种性状表现及栽培初探[J]. 北京林业大学学报, 2007, **29**(增刊1): 45 – 47.
YAN Xiaolan, LIU Xiaoxiang, TAO Dongzhi, *et al.* Preliminary study on characteristics and cultivation of Mei flower cultivars for both blossoms and fruits in Wuhan Mei Garden [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, **29**(suppl 1): 45 – 47.
- [6] 陈瑞丹, 包满珠, 张启翔. 国际梅品种登录工作19年——业绩与前景[J]. 北京林业大学学报, 2017, **39**(增刊1): 1 – 4.
CHEN Ruidan, BAO Manzhu, ZHANG Qixiang. Nineteen years in international registration for mei flower (*Prunus mume*): achievements and prospects [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2017, **39**(suppl 1): 1 – 4.
- [7] MITANI T, OTA K, INABA N, *et al.* Antimicrobial activity of the phenolic compounds of *Prunus mume* against enterobacteria [J]. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 2018, **41**(2): 208 – 212.
- [8] BAILLY C. Anticancer properties of *Prunus mume* extracts (Chinese plum, Japanese apricot) [J/OL]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2020, **246**: 112215[2023-02-17]. doi:10.1016/j.jep.2019.112215.
- [9] 马嫻, 罗鸣, 殷晓翠, 等. 果梅的化学成分及应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, **39**(4): 337 – 341, 352.
MA Yuan, LUO Ming, YIN Xiaocui, *et al.* Research advances in chemical components of *Prunus mume* and its applications [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, **39**(4): 337 – 341, 352.
- [10] CHO C W, PARK Y S, YAN X T, *et al.* Quantitation of phenolic compounds related to antioxidant and antiosteoporosis activities in ripe and unripe maesil (*Prunus mume*) [J/OL]. *Journal of Food Quality*, 2020, **5**[2023-02-17]. doi: 10.1155/2020/8818799.
- [11] 杨文博, 刘慧, 刘杰超, 等. 加工条件对青梅果脯营养成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, **8**(12): 4669 – 4674.
YANG Wenbo, LIU Hui, LIU Jiechao, *et al.* Effects of different processing methods on the nutrient content of *Prunus mume* [J]. *Journal of Food Safety and Quality Testing*, 2017, **8**(12): 4669 – 4674.
- [12] KIM H W, HAN S H, LEE S W, *et al.* Effect of isomaltulose used for osmotic extraction of *Prunus mume* fruit juice substituting sucrose [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2018, **27**(6): 1599 – 1605.
- [13] LUO Wei, TAPPI S, WANG Chunfang, *et al.* Study and optimization of high hydrostatic pressure (HHP) to improve mass transfer and quality characteristics of candied green plums (*Prunus mume*) [J/OL]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2018, **42**(11): e13769[2023-02-17]. doi: 10.1111/jfpp.13769.
- [14] HAN Xueyuan, PENG Qi, YANG Huanyi, *et al.* Influence of different carbohydrate sources on physicochemical properties and metabolites of fermented greengage (*Prunus mume*) wines [J/OL]. *LWT*, 2020, **121**: 108929[2023-02-17]. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108929.
- [15] 汪诗珊, 王保根, 郭立春, 等. 南京花果兼用新优梅花品种选育研究[J]. 北京林业大学学报, 2013, **35**(增刊1): 42 – 46.
WANG Shishan, WANG Baogen, GUO Lichun, *et al.* New cultivar breeding of *Prunus mume* for both ornamental value and fruit production in Nanjing [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2013, **35**(suppl 1): 42 – 46.
- [16] 马开峰, 张启翔. 花果兼用梅新品种‘玉龙红翡’[J]. 园艺学报, 2018, **45**(增刊2): 2823 – 2824.
MA Kaifeng, ZHANG Qixiang. A new cultivar of *Prunus mume* ‘Yulong Hongfei’ used for both ornamental value and fruit production [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2018, **45**(suppl 2): 2823 – 2824.
- [17] 高志红, 倪照君, 侍婷, 等. 花果兼用型梅新品种‘南农丰羽’[J]. 园艺学报, 2022, **49**(增刊2): 259 – 260.
GAO Zhihong, NI Zhaojun, SHI Ting, *et al.* A novel cultivar of *Prunus mume* ‘Nannong Fengyu’ for ornamental value and fruit production [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2022, **49**(suppl 2): 259 – 260.
- [18] 李冉馨, 李彦, 王佳, 等. 花果兼用梅新品种选育研究[J]. 北京林业大学学报, 2012, **34**(增刊1): 61 – 68.
LI Ranxin, LI Yan, WANG Jia, *et al.* New cultivar breeding of *Prunus mume* for both ornamental value and fruit production [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2012, **34**(suppl 1): 61 – 68.
- [19] 史寒昀, 傅晓峰, 朱军, 等. 梅花山花果兼用梅品种的选育研究[J]. 安徽农业科学, 2015, **43**(8): 139 – 142.
SHI Hanyun, FU Xiaofeng, ZHU Jun, *et al.* Breeding of plum varieties with flowers and fruits in plum blossom mountain [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, **43**(8): 139 – 142.
- [20] 刘玉霞, 杨佳鑫, 徐兴龙, 等. 梅花果实品质及抑菌、抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2019, **40**(1): 77 – 84.
LIU Yuxia, YANG Jiaxin, XU Xinglong, *et al.* Quality characteristics, antibacterial and antioxidant activity of *Prunus mume*

- fruits [J]. *Food Science*, 2019, **40**(1): 77 – 84.
- [21] 位杰, 吴翠云, 蒋媛, 等. 蒽酮法测定红枣可溶性糖含量条件的优化[J]. 食品科学, 2014, **35**(24): 136 – 140.
WEI Jie, WU Cuiyun, JIANG Yuan, *et al.* Sample preparation optimization for determination of soluble sugar in red jujube fruits by anthrone method [J]. *Food Science*, 2014, **35**(24): 136 – 140.
- [22] 曲春香, 沈颂东, 王雪峰, 等. 用考马斯亮蓝测定植物粗提液中可溶性蛋白质含量方法的研究[J]. 苏州大学学报(自然科学版), 2006, **22**(2): 82 – 85.
QU Chunxiang, SHEN Songdong, WANG Xuefeng, *et al.* Method research of measuring soluble protein contents of plant rough extraction using coomassie brilliant blue [J]. *Journal of Suzhou University (Natural Science Edition)*, 2006, **22**(2): 82 – 85.
- [23] 郑涛, 苏柯星, 丛桂芝, 等. 树上干杏和梅杏果实品质分析与综合评价[J]. 食品与发酵工业, 2021, **47**(9): 201 – 207.
ZHENG Tao, SU Kexing, CONG Guizhi, *et al.* Quality analysis and comprehensive evaluation of the ‘Shushanggan’ apricots and apricots [J]. *Food and Fermentation Industry*, 2021, **47**(9): 201 – 207.
- [24] 陈霞, 郭立春, 陈翔高, 等. 观花型梅花品种的开花结实特性[J]. 中国城市林业, 2008, **6**(3): 71 – 73.
CHEN Xia, GUO Lichun, CHEN Xianggao, *et al.* Characteristics of flowering and fruiting of flower-appreciation plum [J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2008, **6**(3): 71 – 73.
- [25] 陈翔高, 房伟民, 李百建, 等. 梅树结实不稳定因素的观察研究[J]. 中国农学通报, 1997, **13**(3): 27 – 29.
CHEN Xianggao, FANG Weimin, LI Baijian, *et al.* Observation and study on unstable factors of *Prunus mume* fruit-setting [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 1997, **13**(3): 27 – 29.
- [26] 房经贵, 乔玉山, 章镇, 等. 我国果梅品种资源若干果实性状的数量分布及其评价标准探讨[J]. 果树学报, 2002, **19**(3): 175 – 179.
FANG Jinggui, QIAO Yushan, ZHANG Zhen, *et al.* Study on the quantitative distribution of some fruit quantitative characters of Japanese apricot (*Armeniaca mume* Sieb.) cultivars and their evaluation criteria [J]. *Journal of Fruit Science*, 2002, **19**(3): 175 – 179.
- [27] 周杰, 庄淑琴, 邹文东, 等. 青岛梅园花果兼用梅品种果实性状研究[J]. 北京林业大学学报, 2017, **39**(增刊1): 39 – 45.
ZHOU Jie, ZHUANG Shuqin, ZOU Wendong, *et al.* Fruit characters of Mei flower cultivars for fruits and ornamental purposes in Qingdao Mei Garden [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2017, **39**(suppl 1): 39 – 45.
- [28] 王玉霞, 张超, 范冬晓. 不同地区青梅果品品质比较分析[J]. 西南农业学报, 2014, **27**(3): 1248 – 1251.
WANG Yuxia, ZHANG Chao, FAN Dongxiao. Analysis of green plum fruit quality from different regions [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2014, **27**(3): 1248 – 1251.
- [29] 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.
MU Hongmei, YU Qiang, LI Qingyu, *et al.* Synthetic evaluation of fruit quality of common pears (*Pyrus communis* L.) based on principal component analysis in Yantai areas [J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, **36**(8): 1084 – 1092.
- [30] 严鑫, 吴巨友, 贡鑫, 等. 不同产地圆黄梨果实品质差异分析[J]. 果树学报, 2021, **38**(12): 2082 – 2090.
YAN Xin, WU Juyou, GONG Xin, *et al.* Analysis of fruit quality of Wonhwang pear from different regions [J]. *Journal of Fruit Science*, 2021, **38**(12): 2082 – 2090.