

河南省鄢陵县 190 个蜡梅品种(品系) 花表型多样性分析及综合评价

赵彦贝¹, 王秀军¹, 王 静¹, 张纪堂², 周 丹¹, 李庆卫^{1,①}

(1. 北京林业大学园林学院, 北京 100083; 2. 鄢陵县林业局, 河南 许昌 461200)

摘要: 通过连续调查分析, 整理出河南省鄢陵县具有代表性的 190 个蜡梅 [*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link] 品种(品系, 下同), 对其 16 个花表型性状(包括 10 个质量性状和 6 个数量性状)进行变异水平、多样性及相关性分析, 同时对 190 个品种进行聚类分析和综合评价, 以期为鄢陵县蜡梅分类、资源库建立以及新优品种研发、鉴定和推广应用提供科学依据。结果表明: 鄢陵县蜡梅花型以喇叭型和碗型为主, 中被片主要为黄色、椭圆形、先端钝且直伸或外曲、边缘平展, 内被片斑晕主要为晕心, 爪和花蕾的颜色主要为黄色; 质量性状的变异系数(CV)为 44.80%~174.00%, 其中, 花蕾颜色的 CV 值最大, 中被片先端形状的 CV 值最小; 质量性状的 Shannon-Weaver 多样性指数(H')为 0.86~1.65, 其中, 花型的 H' 值最大, 中被片先端形状的 H' 值最小。6 个数量性状的 CV 值为 10.99%~30.67%, 其中, 花径的 CV 值最大, 花被片数的 CV 值最小; 6 个数量性状的 H' 值为 1.37~1.98, 其中, 花被片数的 H' 值最大, 雄蕊数的 H' 值最小。总体上看, 质量性状的 CV 值明显大于数量性状, H' 值小于数量性状。相关性分析结果显示: 6 个数量性状间存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)相关关系, 少部分质量性状间存在显著或极显著相关关系, 质量性状与数量性状间也存在一定的相关关系。聚类分析结果表明: 190 个蜡梅品种聚为 3 组, 分别包含 85、40 和 65 个蜡梅品种; 各组均可进一步分为 2 个亚组。通过层次分析法(AHP)构建蜡梅综合评价体系, 筛选出花径、中被片颜色、着花量和花香作为蜡梅花表型性状评价的重要指标。‘鄢国晴雪’(‘Yanguo Qingxue’)、‘紫气东来’(‘Ziqi Donglai’)、‘白雪公主’(‘Baixue Gongzhu’)、‘卷帘新韵’(‘Juanlian Xinyun’)、‘大花冬绿’(‘Dahua Donglu’)等 60 个品种综合得分排名靠前、观赏价值较高。综上所述, 鄢陵县 190 个蜡梅品种的变异程度高, 具有较高的表型多样性; ‘鄢国晴雪’等品种具有很高的推广应用价值。

关键词: 蜡梅; 花表型多样性; 聚类分析; 相关性分析; 综合评价

中图分类号: Q944; S685.99 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2024)04-0050-11
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2024.04.06

Flower phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 190 cultivars (lines) of *Chimonanthus praecox* from Yanling County of Henan Province ZHAO Yanbei¹, WANG Xiujun¹, WANG Jing¹, ZHANG Jitang², ZHOU Dan¹, LI Qingwei^{1,①} (1. College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Yanling County Forestry Bureau, Xuchang 461200, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2024, 33(4): 50-60

Abstract: Through continuous survey and analysis, 190 representative cultivars (lines, the same below) of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province were sorted out, and the variation level, diversity and correlation analyses of 16 flower phenotypic traits (containing 10 qualitative traits and 6 quantitative traits) were conducted, meanwhile, cluster analysis and comprehensive evaluation were conducted for 190 cultivars, and thus providing a scientific basis for classification,

收稿日期: 2023-10-10

基金项目: 国家林业和草原局课题蜡梅(修订)(2020-LY-008); 北京园林绿化增彩延绿科技创新工程(2019-KJC-02-10)

作者简介: 赵彦贝(1998—), 女, 布依族, 贵州六盘水人, 硕士研究生, 主要从事园林植物资源遗传育种方面的研究。

①通信作者 E-mail: lqw6809@bjfu.edu.cn

引用格式: 赵彦贝, 王秀军, 王 静, 等. 河南省鄢陵县 190 个蜡梅品种(品系)花表型多样性分析及综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2024, 33(4): 50-60.

establishment of resource bank, as well as research and development, identification, and popularization and application of new and excellent cultivars of *C. praecox* in Yanling County. The results show that the flower types of *C. praecox* from Yanling County are mainly trumpet type and bowl type, the middle tepals are mainly yellow, oval, blunt at the apex and straight or outcurve, with flat edge, the inner tepal spottings are mainly intermedium, and the colors of the claws and buds are mainly yellow; the coefficient of variation (*CV*) of qualitative traits are 44.80%–174.00%, in which, those of bud color and middle tepal apex shape are the largest and the smallest, respectively; the Shannon-Weaver diversity index (*H'*) of qualitative traits are 0.86–1.65, in which, those of flower type and middle tepal apex shape are the largest and the smallest, respectively. The *CV* values of 6 quantitative traits are 10.99%–30.67%, in which, those of flower diameter and tepal number are the largest and the smallest respectively; the *H'* values of 6 quantitative traits are 1.37–1.98, in which, those of tepal number and stamen number are the largest and the smallest, respectively. In general, the *CV* values of qualitative traits are obviously greater than those of quantitative traits, while the *H'* values are lower than those of quantitative traits. The correlation analysis result shows that there are significant ($P<0.05$) or extremely significant ($P<0.01$) correlations between 6 quantitative traits, there are also significant or extremely significant correlations between a few qualitative traits, and there are certain correlations between qualitative traits and quantitative traits. The cluster analysis result shows that 190 cultivars of *C. praecox* are clustered into 3 groups, containing 85, 40, and 65 cultivars, respectively; each group can be further divided into 2 subgroups. A comprehensive evaluation system for *C. praecox* is constructed by using analytic hierarchy process (AHP), and flower diameter, middle tepal color, flowering amount, and flower scent are identified as important indexes for the evaluation of flower phenotypic traits of *C. praecox*. The comprehensive scores of 60 cultivars such as 'Yanguo Qingxue', 'Ziqi Donglai', 'Baixue Gongzhu', 'Juanlian Xinyun', and 'Dahua Donglü' are ranking among the top, and they have relatively high ornamental values. In conclusion, the variation degree of 190 cultivars of *C. praecox* from Yanling County is high, and they have relatively high phenotypic diversity; cultivars such as 'Yanguo Qingxue' have high promotional value.

Key words: *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link; flower phenotypic diversity; cluster analysis; correlation analysis; comprehensive evaluation

蜡梅 [*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link] 为蜡梅科 (Calycanthaceae) 蜡梅属 (*Chimonanthus* Lindl.) 植物,栽培历史悠久,是中国的传统名花和冬季香花树种,具有很高的观赏价值、经济价值和文化价值^[1]。鄢陵为中国著名的花木之都,是蜡梅的重要产地之一^[2],享有“鄢陵蜡梅冠天下”之美誉^[3]。笔者通过文献资料查阅和实地走访考察,发现鄢陵县持续开展蜡梅的收集、引种驯化和培育等工作,汇集了中国不同地区的蜡梅品种资源,目前,该县蜡梅苗木、盆景等产业经营发展良好^[4]。然而鄢陵县蜡梅品种资源鉴定和分类不明确,蜡梅品种资源的发掘、种质资源的收集、基因库的建立等基础科研相对薄弱,新优品种的培育和园林推广应用还需进一步落实^[5]。因此,调查并梳理蜡梅种质资源,掌握鄢陵县蜡梅种质遗传多样性,对于蜡梅种质资源的管理和创新利用等具有十分重要的理论意义和参考价值。

表型作为各种形态特征的组合,是生物遗传变异和环境综合作用的表征,因此表型变异是遗传多样性

研究的重要内容^[6-7]。表型多样性研究具有简捷、直观等特点,在植物遗传多样性研究方面应用广泛,如斑茅 (*Saccharum arundinaceum* Retz.)^[8]、菊花 (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)^[9] 和观赏石榴 (*Punica granatum* Linn.)^[10] 等。层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 是一种对非定量事件作定量分析的简便方法,通过构造有序的递阶层次结构,对待选目标进行评价^[11],在观赏园艺植物种质资源分析和综合评估方面应用广泛^[12],近年来已逐渐应用到蜡梅品种的评价和筛选中^[13-15],但目前在鄢陵县蜡梅种质资源评价方面应用较少^[2,16],尚缺乏系统性的品种性状特征记录、完整的品种分类体系,以及品种资源在产业化应用方面的深入研究。本研究对鄢陵县 190 个蜡梅品种(品系,下同)的 16 个花表型性状进行统计和多样性分析,并利用层次分析法对收集的蜡梅品种进行综合性评价,旨在筛选出优良的蜡梅品种,为蜡梅的分类、资源库建立以及新优品种研发、鉴定和推广应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试蜡梅种植于河南省鄢陵县园艺场蜡梅基地、世界蜡梅园、鄢陵梅园、新科梅园、鄢陵县国家花木博览园蜡梅基地、花艺蜡梅资源圃、姚家蜡梅苑,从2018年冬季开始对上述蜡梅种植园区进行调查,记录蜡梅品种190个(附录I),其中,素心品种群、晕心品种群和红心品种群各50、86和54个品种。

1.2 方法

1.2.1 花表型性状的选取、赋值和测定 通过查阅相关文献资料和实地观测,发现蜡梅的花表型性状在种群内或种群间均表现出显著差异,而叶和果性状变异较小^{[16],[17]50-51,[18]}。因此,经过1~2 a的观察记录,确保各品种单株的表型性状具备一定的稳定性、一致性及特异性,最终选取16个稳定的花表型性状作为品种间差异分析的关键指标,以2 a数据的平均值为标准,进行表型多样性分析。

以《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 蜡梅》(LY/T 2098—2013)和《UPOV 蜡梅测试指南》(2012)为参考标准,对质量性状采用等级数量编码的方法进行记录:花型分为磬口型、荷花型、碗型、钟型、喇叭型和盘碟型,分别对应0、1、2、3、4和5级;中被片颜色分为金黄色、黄色、浅黄色、黄白色、白色、黄绿色、紫色和红色,分别对应0、1、2、3、4、5、6和7级;中被片形状分为长条形、披针形、椭圆形、卵圆形和阔卵形,分别对应0、1、2、3和4级;中被片先端形状分为圆、钝和尖,分别对应0、1和2级;中被片先端状态分为内曲、直伸、外曲和外卷,分别对应0、1、2和3级;中被片边缘状态分为内扣、波皱和平展,分别对应0、1和2级;内被片斑晕情况分为素心、晕心和红心,分别对应0、1和2级;爪颜色分为白色、黄色、红色、绿色和紫色,分别对应0、1、2、3和4级;花蕾颜色分为黄色、浅黄色、黄白色、绿色、紫红色和红色,分别对应0、1、2、3、4和5级;开花早晚分为早花、中花和晚花,分别对应0、1和2级。同一立地条件下,每个蜡梅品种的花期较为稳定。早花类蜡梅品种初花期在11月上中旬,盛花期在11月末至12月上中旬;中花类蜡梅品种初花期主要在12月下旬,盛花期在1月上中旬;晚花类蜡梅品种初花期在2月上中旬,盛花期在2月中下旬。中被片颜色、花蕾颜色、爪

颜色以英国皇家园林协会(RHS)标准比色卡为依据进行观察记录,以盛花期向阳面的颜色为标准,各指标均重复统计10次。

用游标卡尺(精度0.01 cm)测量花径、中被片长度(中被片平展时的长度)、中被片宽度(中被片平展时中部最宽处的宽度),计算中被片长宽比(中被片长度与中被片宽度的比值);统计花被片数、中被片数、雄蕊数。在长势基本一致的植株上选取10朵大小均匀且具有代表性的花朵进行直接测定,结果取平均值。

质量性状的分布频度以某一等级性状出现的样株数占样株总数的百分比表示;数量性状计算最小值、最大值、平均值、标准差,并计算16个表型性状的变异系数和Shannon-Weaver多样性指数^{[17]55}。

1.2.2 层次分析 根据蜡梅育种目标和观赏性状特征,在结合相关文献^[13-15]及广泛征求种植企业、种植户、专家和消费者等的意见后,综合生态、经济和社会价值等多维度因子,确定最终评价指标,建立层次结构模型。将优良蜡梅品种的选择作为层次分析的第1层即目标层(A);第2层即准则层(B)由花期(B1)、花数量性状(B2)、花形态性状(B3)、整体观赏效果(B4)4个一级指标构成;第3层即指标层(C),其中,花期包括花期长短(C1)、开花早晚(C2),花数量性状包括花径(C3)、花被片数(C4),花形态性状包括中被片颜色(C5)、内被片颜色(C6)、花型(C7)、花香(C8),整体观赏效果包括着花量(C9)、冠型冠姿(C10)、分枝密度(C11)。第4层即评估对象层(D),为待评价的190个蜡梅品种。

结合190个蜡梅品种各表型性状的实际情况,参考文献[19]中的层次分析流程对准则层和指标层中同一层次的指标进行两两比较,同等重要、稍微重要、明显重要、强烈重要和极端重要分别标度为1、3、5、7和9,2、4、6和8为中间程度的标度。构建判断矩阵并进行一致性检验,当随机一致性比率(CR)小于0.10时,表明构建的判断矩阵具有一致性。计算各层级每个指标的权重值,并对11个花表型性状进行排序。

参考文献[13-15]并结合实际情况,制定11个花表型性状的评分标准(表1),根据该评分标准对供试190个蜡梅品种的11个花表型性状进行打分,依据权重计算各表型性状的得分,某品种所有指标得分之和即该品种的综合得分,根据综合得分对供试190

表1 用于河南省鄢陵县蜡梅综合评价的11个花表型性状的评分标准¹⁾Table 1 The scoring standard of 11 flower phenotypic traits used for comprehensive evaluation of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province¹⁾

性状 Trait	各分值的评判标准 Evaluation standard of each score				
	1	2	3	4	5
C1/d	C1≤30	30<C1<45	C1≥45		
C2	晚花 Late	中花 Middle	早花 Early		
C3/cm	C3≤1.5	1.5<C3<3.0	C3≥3.0		
C4	C4≤15	15<C4<20	C4≥20		
C5	黄白色 Yellow-white	白色和黄绿色 White and yellow-green	浅黄色和黄色 Pale yellow and yellow	金黄色 Golden yellow	紫色和红色 Purple and red
C6	红心 Patens	晕心 Intermedius	素心 Concolor		
C7	磬口型 Chime mouth type	碗型和钟型 Bowl type and bell type	喇叭型 Trumpet type	盘碟型 Disc type	荷花型 Lotus type
C8	无香 No fragrance	淡香 Light fragrance	香 Fragrance	浓香 Strong fragrance	
C9	25≤C9<40	40≤C9<50	C9≥50		
C10	直立 Upright	稍开展 Open slightly	开展 Open		
C11	疏 Sparse	中等 Middle	密 Dense		

¹⁾ C1: 花期长短 Flowering duration; C2: 开花早晚 Blooming date; C3: 花径 Flower diameter; C4: 花被片数 Tepal number; C5: 中被片颜色 Middle tepal color; C6: 内被片斑晕情况 Inner tepal spotting condition; C7: 花型 Flower type; C8: 花香 Floral scent; C9: 着花量 Flowering amount; C10: 冠形冠姿 Crown types; C11: 分枝密度 Branch root density.

个蜡梅品种进行排序。

1.3 数据处理和分析

利用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析、Pearson 相关性分析、主成分分析,利用 Origin 2023 软件进行 Ward 聚类分析。在主成分分析和聚类分析前对获得的数量性状数据进行分级标准化转换,根据平均值(\bar{X})和标准差(δ)进行分级,共分为 10 级,其中,1 级小于或等于 $\bar{X}-2\delta$,10 级大于 $\bar{X}+2\delta$,种间每级差 0.5 δ 。质量性状按分级赋值进行统计^[20]。

2 结果和分析

2.1 蜡梅花表型性状的变异和多样性分析

2.1.1 质量性状的变异和多样性分析 鄢陵县 190 个蜡梅品种 10 个质量性状的分布频度、变异系数(CV)和 Shannon-Weaver 多样性指数(H')见表 2。结果显示:鄢陵蜡梅的花型以喇叭型(28.95%)和碗型(27.37%)为主,中被片黄色(38.95%)、椭圆形(59.47%)、先端钝(58.42%)且直伸(37.89%)或外曲(36.32%)、边缘平展(51.58%)的品种数量较多,内被片斑晕以晕心(45.26%)为主,爪颜色以黄色(34.21%)为主,花蕾颜色以黄色(68.95%)为主,开花早晚以中花(47.37%)为主。

10 个质量性状的 CV 值为 44.80%~174.00%,其中,花蕾颜色的 CV 值最大,中被片先端形状的 CV 值

最小,中被片颜色、开花早晚和内被片斑晕情况的 CV 值较大,分别为 94.48%、72.73%和 72.62%。

10 个质量性状的 H' 值为 0.86~1.65,其中,花型的 H' 值最高(1.65),其次为中被片颜色(1.54),说明鄢陵县 190 个蜡梅品种的花型和中被片颜色多样性较高,且分布较为均衡;中被片先端形状和花蕾颜色的 H' 值小于 1,分别为 0.86 和 0.99,表明鄢陵县 190 个蜡梅品种这 2 个性状的数值分布比较不均衡。

2.1.2 数量性状的变异和多样性分析 鄢陵县 190 个蜡梅品种 6 个数量性状的统计量、CV 值和 H' 值见表 3。结果显示:蜡梅的花径、花被片数、中被片数、中被片长度、中被片长宽比和雄蕊数的变幅分别为 0.75~3.75 cm、13~23、5~13、0.89~2.50 cm、1.22~4.58、5~9。

6 个数量性状的变异系数为 10.99%~30.67%,明显小于质量性状。其中,花径的变异系数最大;其次是中被片长宽比(23.60%),花被片数的变异系数最小。6 个数量性状的 H' 值为 1.37~1.98,整体上大于质量性状。其中,花被片数的 H' 值最大,其次是花径(1.84),雄蕊数的 H' 值最小。

2.2 相关性分析

对鄢陵县 190 个蜡梅品种的 16 个花表型性状进行相关性分析,结果见图 1。结果显示:蜡梅花表型性状间存在不同程度的相关性。6 个数量性状间均存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)相关关系,说

表2 河南省鄱陵县蜡梅10个花质量性状的分布频度、变异系数(CV)和Shannon-Weaver多样性指数(H')

Table 2 Distribution frequency, coefficient of variation (CV), and Shannon-Weaver diversity index (H') of 10 flower qualitative traits of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province

性状 Trait	在各级的分布频度/% ¹⁾ Distribution frequency at each grade ¹⁾								CV/%	H'
	0	1	2	3	4	5	6	7		
花型 Flower type	7.89	7.37	27.37	18.42	28.95	10.00			49.32	1.65
中被子颜色 Middle tepal color	25.26	38.95	17.89	10.00	4.21	2.63	0.53	0.53	94.48	1.54
中被子形状 Middle tepal shape	14.74	6.32	59.47	12.63	6.84				53.76	1.21
中被子先端形状 Middle tepal apex shape	6.32	58.42	35.26						44.80	0.86
中被子先端状态 Middle tepal apex state	7.89	37.89	36.32	17.89					52.72	1.24
中被子边缘状态 Middle tepal edge state	22.63	25.79	51.58						63.09	1.03
内被子斑晕情况 Inner tepal spotting condition	26.32	45.26	28.42						72.62	1.07
爪颜色 Claw color	5.79	34.21	29.47	30.00	0.53				50.57	1.28
花蕾颜色 Bud color	68.95	13.16	5.79	11.05	0.53	0.53			174.00	0.99
开花早晚 Blooming date	26.00	47.37	26.32						72.73	1.06

¹⁾ 花型的0~5级分别代表磬口型、荷花型、碗型、钟型、喇叭型和盘碟型 Grade 0-5 of flower type represent chime mouth type, lotus type, bowl type, bell type, trumpet type, and disc type, respectively; 中被子颜色的0~7级分别代表金黄色、黄色、浅黄色、黄白色、白色、黄绿色、紫色和红色 Grade 0-7 of middle tepal color represent golden yellow, yellow, pale yellow, yellow-white, white, yellow-green, purple, and red, respectively; 中被子形状的0~4级分别代表长条形、披针形、椭圆形、卵圆形和阔卵形 Grade 0-4 of middle tepal shape represent long trip, lanceolate, ellipsoid, oval, and euryovate, respectively; 中被子先端形状的0~2级分别代表圆、钝和尖 Grade 0-2 of middle tepal apex shape represent round, blunt, and sharp, respectively; 中被子先端状态的0~3级分别代表内曲、直伸、外曲和外卷 Grade 0-3 of middle tepal apex state represent incurvation, straight, outcurve, and revolute, respectively; 中被子边缘状态的0~2级分别代表内扣、波皱和平展 Grade 0-2 of middle tepal edge state represent internal buckle, rippled, and flat, respectively; 内被子斑晕情况的0~2级分别代表素心、晕心和红心 Grade 0-2 of inner tepal spotting condition represent concolor, intermedius, and patens, respectively; 爪颜色的0~4级分别代表白色、黄色、红色、绿色和紫色 Grade 0-4 of claw color represent white, yellow, red, green, and purple, respectively; 花蕾颜色的0~5级分别代表黄色、浅黄色、黄白色、绿色、紫红色和红色 Grade 0-5 of bud color represent yellow, pale yellow, yellow-white, green, red-purple, and red, respectively; 开花早晚的0~2级分别代表早花、中花和晚花 Grade 0-2 of blooming date represent early, middle, and late, respectively.

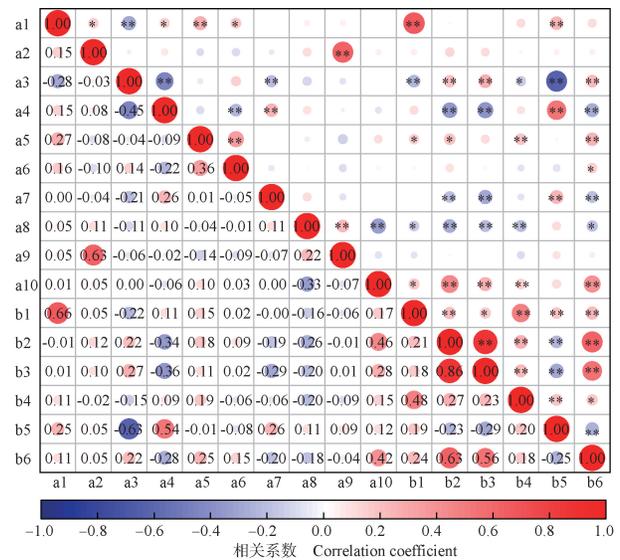
表3 河南省鄱陵县蜡梅6个花数量性状的统计量、变异系数(CV)和Shannon-Weaver多样性指数(H')

Table 3 Statistic, coefficient of variation (CV), and Shannon-Weaver diversity index (H') of 6 flower quantitative traits of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province¹⁾

统计量 Statistic	b1/cm	b2	b3	b4/cm	b5	b6
最小值 Minimum	0.75	13	5	0.89	1.22	5
最大值 Maximum	3.75	23	13	2.50	4.58	9
平均值 Average	1.98	16.6	8.2	1.49	2.24	6.3
SD	0.61	1.8	1.4	0.28	0.53	1.0
CV/%	30.67	10.99	17.57	18.56	23.60	16.70
H'	1.84	1.98	1.73	1.77	1.75	1.37

¹⁾ SD: 标准差 Standard deviation. b1: 花径 Flower diameter; b2: 花被子片数 Tepal number; b3: 中被子片数 Middle tepal number; b4: 中被子片长度 Middle tepal length; b5: 中被子片长宽比 Length to width ratio of middle tepal; b6: 雄蕊数 Stamen number.

明数量性状间相互影响较大。质量性状中,有10对呈极显著相关,3对呈显著相关;其中,花型与中被子颜色、中被子先端形状和中被子边缘状态呈显著正相关,与中被子形状和中被子先端状态分别呈极显著负相关和正相关;开花早晚仅与爪颜色呈极显著负相关;中被子颜色仅与花蕾颜色呈极显著正相关。在6个数量性状与10个质量性状间,花型与花径和中被子片长宽比呈极显著正相关;中被子形状与6个数量



a1: 花型 Flower type; a2: 中被子颜色 Middle tepal color; a3: 中被子形状 Middle tepal shape; a4: 中被子先端形状 Middle tepal apex shape; a5: 中被子先端状态 Middle tepal apex state; a6: 中被子边缘状态 Middle tepal edge state; a7: 内被子斑晕情况 Inner tepal spotting condition; a8: 爪颜色 Claw color; a9: 花蕾颜色 Bud color; a10: 开花早晚 Blooming date; b1: 花径 Flower diameter; b2: 花被子片数 Tepal number; b3: 中被子片数 Middle tepal number; b4: 中被子片长度 Middle tepal length; b5: 中被子片长宽比 Length to width ratio of middle tepal; b6: 雄蕊数 Stamen number. *: P<0.05; **: P<0.01.

图1 河南省鄱陵县蜡梅16个花表型性状的相关性

Fig. 1 Correlation of 16 flower phenotypic traits of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province

性状存在显著或极显著相关性; 中被片先端形状和内中被片斑晕情况与花被片数、中被片数和雄蕊数呈极显著负相关, 与中被片长宽比呈极显著正相关; 中被片先端状态与花径和花被片数呈显著正相关, 与中被片长度和雄蕊数呈极显著正相关; 中被片边缘状态仅与雄蕊数呈显著正相关; 爪颜色和开花早晚与除中被片长宽比外的 5 个数量性状分别呈显著或极显著相关; 中被片颜色和花蕾颜色与 6 个数量性状均无显著相关性。

2.3 聚类分析

基于 16 个花表型性状对鄢陵县 190 个蜡梅品种进行聚类分析, 结果(图 2)表明: 190 个蜡梅品种聚为 3 组, 组 I 包含 85 个品种, 组 II 包含 40 个品种, 组 III 包含 65 个品种。组 I 可进一步分为亚组 I₁ 和 I₂, 各包含 32 和 52 个品种; 组 II 可进一步分为亚组 II₁ 和 II₂, 各包含 9 和 31 个品种; 组 III 可进一步分为亚组 III₁ 和 III₂, 各包含 44 和 21 个品种。各组蜡梅不同表型性状的均值见表 4。



图 2 基于 16 个花表型性状的河南省鄢陵县 190 个蜡梅品种(品系)的聚类图
 Fig. 2 Dendrogram of 190 cultivars (lines) of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province based on 16 flower phenotypic traits

由表4可见,组I中被片形状的分级均值明显大于组II和组III,中被片先端形状、花蕾颜色的分级均值及中被片长宽比均值明显小于组II和组III;总体表现为中被片形状以椭圆形、卵圆形为主,中被片先端形状以圆或钝为主,花蕾颜色以黄色为主,少数为浅黄色或绿色。其中,亚组I₁的总体特征为中被片长度较短(0.89~1.77 cm),中被片先端形状多数为直伸,少数平展,中被片边缘状态平展;亚组I₂的总体特征为花被片数和中被片数较多,均值分别为18.2和9.5,中被片长宽比较小,均值为1.93,中被片先端形状圆或钝。

组II花型、中被片颜色、花蕾颜色的分级均值及花径、中被片长度的均值明显大于组I和组III,总体表现为花型以喇叭型和盘碟型为主,具有较大的花径和中被片长度,中被片颜色 and 花蕾均以浅黄色为主。其中,亚组II₁的总体特征为中被片长宽比较大,中被片颜色丰富以黄绿色为主;亚组II₂的总体特征为花径较大,中被片长度较长。

组III中被片先端状态、中被片边缘状态、开花早

晚的分级均值及花被片数、中被片数、雄蕊数的均值明显低于组I和组II,内被片斑晕情况、爪颜色的分级均值明显高于组I和组II,此组品种的花径较小,中被片先端形状为钝或圆,中被片颜色主要为黄色,多为早花或中花。其中,亚组III₁花型主要为钟型和喇叭型,花被片和中被片数较少;亚组III₂以磬口型和碗型的花型为主,花径较小,中被片长度较短,雄蕊数较少。

2.4 综合评价

2.4.1 各花表型性状权重排序 通过一致性指标对构建的判断矩阵进行一致性检验,得到的随机一致性比率(CR)为0.0668,表明该判断矩阵具有一致性,可用于本研究所构建的层次结构模型。准则层和指标层的权重分析结果(表5)显示:在准则层中,花形态性状的权重值最大,为0.3780,其次为花数量性状(0.3110),说明花形态性状和数量性状在优良蜡梅品种选择中具有重要作用。在指标层中,花径、中被片颜色、着花量和花香的权重较大,总权重值分别为0.2298、0.1737、0.1034和0.1029,排名前4,是蜡梅花表型性状评价的主要指标。

表4 基于聚类分析结果的河南省鄆陵县190个蜡梅品种(品系)不同组花表型性状的均值($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 4 Averages of flower phenotypic traits of 190 cultivars (lines) in different groups of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province based on cluster analysis result ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

组别 Group	花型 Flower type	中被片颜色 Middle tepal color	中被片形状 Shape of middle tepal	中被片先端形状 Middle tepal apex shape	中被片先端状态 Middle tepal apex state	中被片边缘状态 Middle tepal edge state	内被片斑晕情况 Inner tepal spotting condition	爪颜色 Claw color
I	2.4±1.2	1.4±1.2	2.5±0.8	1.0±0.5	1.9±0.9	1.4±0.8	0.8±0.7	1.6±0.9
I ₁	2.6±1.0	1.1±0.8	2.3±0.6	0.9±0.2	2.1±0.8	2.0±0.2	1.0±0.7	1.8±0.9
I ₂	2.3±1.3	1.5±1.3	2.6±0.9	1.0±0.6	1.8±1.0	1.1±0.8	0.7±0.7	1.4±1.0
II	4.2±0.9	2.0±1.9	1.4±1.0	1.4±0.5	1.8±0.7	1.4±0.7	1.1±0.7	1.7±0.9
II ₁	3.9±0.9	4.7±1.6	2.0±0.5	1.6±0.5	1.8±0.7	1.7±0.7	0.7±0.9	3.0±0.5
II ₂	4.2±0.9	1.2±1.1	1.3±1.1	1.4±0.5	1.8±0.8	1.3±0.6	1.2±0.6	1.3±0.6
III	2.6±1.5	1.2±0.9	1.5±0.9	1.6±0.5	1.2±0.7	1.1±0.9	1.3±0.7	2.4±0.7
III ₁	3.2±1.1	1.2±1.0	1.3±0.9	1.6±0.5	1.5±0.5	1.5±0.8	1.2±0.7	2.5±0.6
III ₂	1.2±1.2	1.0±0.9	1.9±0.8	1.7±0.5	0.7±0.6	0.2±0.5	1.4±0.7	2.0±0.7

组别 Group	花蕾颜色 Bud color	开花早晚 Blooming date	花径/cm Flower diameter	花被片数 Tepal number	中被片数 Middle tepal number	中被片长度/cm Middle tepal length	中被片长宽比 Length to width ratio of middle tepal	雄蕊数 Stamen number
I	0.5±0.8	1.2±0.6	1.82±0.44	17.5±1.7	8.9±1.4	1.47±0.27	1.96±0.36	6.6±1.0
I ₁	0.3±0.8	1.1±0.5	1.68±0.45	16.4±1.2	8.0±0.8	1.31±0.25	2.01±0.28	6.2±0.9
I ₂	0.6±0.8	1.3±0.7	1.91±0.41	18.2±1.6	9.5±1.4	1.58±0.24	1.93±0.39	6.9±0.9
II	0.9±1.5	1.3±0.7	2.76±0.53	17.1±1.4	8.4±1.1	1.66±0.26	2.45±0.41	6.8±1.0
II ₁	3.3±0.7	1.1±0.9	2.33±0.58	16.7±1.6	8.0±1.1	1.55±0.21	2.48±0.53	6.6±0.7
II ₂	0.2±0.6	1.3±0.6	2.89±0.45	17.2±1.4	8.5±1.0	1.69±0.27	2.44±0.37	6.9±1.1
III	0.6±1.1	0.6±0.7	1.70±0.41	15.0±1.0	7.1±1.0	1.41±0.25	2.48±0.61	5.5±0.6
III ₁	0.7±1.2	0.4±0.6	1.81±0.40	15.0±0.8	7.1±1.0	1.40±0.23	2.54±0.66	5.6±0.7
III ₂	0.5±1.0	0.9±0.7	1.46±0.32	14.9±1.1	1.0±1.0	1.43±0.29	2.34±0.47	5.2±0.4

¹⁾ 质量性状的均值为分级均值 The averages of qualitative traits are grade averages.

表 5 河南省鄆陵县 190 个蜡梅品种(品系)综合评价体系中各指标的权重值

Table 5 Weight value of each index in comprehensive evaluation system of 190 *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link cultivars (lines) from Yanling County of Henan Province

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	权重值 Weight value	指标层 Index layer	分权重值 Sub-weight value	总权重值 Total weight value	排序 Sort
优良蜡梅品种 Superior cultivar of <i>C. praecox</i>	花期 Flowering stage (B1)	0.147 7	花期长短 Flowering duration (C1)	0.588 6	0.086 9	5
			开花早晚 Blooming date (C2)	0.411 4	0.060 8	8
	花数量性状 Flower quantitative trait (B2)	0.311 0	花径 Flower diameter (C3)	0.738 9	0.229 8	1
			花被片数 Number of tepal (C4)	0.261 1	0.081 2	6
			花形态性状 Flower morphological trait (B3)	0.378 0	中被片颜色 Middle tepal color (C5)	0.459 5
	内被片斑晕情况 Inner tepal spotting condition (C6)	0.086 0	0.032 5		10	
	整体观赏效果 Overall ornamental effect (B4)	0.163 3	花型 Flower type (C7)	0.182 4	0.068 9	7
			花香 Floral scent (C8)	0.272 1	0.102 9	4
			着花量 Flowering amount (C9)	0.633 4	0.103 4	3
			冠形冠姿 Crown types (C10)	0.260 5	0.042 5	9
			分枝密度 Branch root density (C11)	0.105 2	0.017 2	11

2.4.2 综合评价结果 190 个蜡梅品种的综合得分在 0.997~3.063 之间。最终评选出分值排名前 60 的蜡梅品种(表 6), ‘鄆国晴雪’(‘Yanguo Qingxue’), ‘紫气东来’(‘Ziqi Donglai’), ‘白雪公主’(‘Baixue Gongzhu’), ‘卷帘新韵’(‘Juanlian Xinyun’), ‘大花冬绿’(‘Dahua Donglü’), ‘白花红心’(‘Baihua Hongxin’), ‘白雪’(‘Baixue’), ‘淡妆蝶舞’(‘Danzhuang Diewu’), ‘外冈’(‘Waigang’), ‘鄆

红’(‘Yanhong’)的综合得分较高,在花径、着花量、冠形冠姿、花色及花香等方面具有较高的观赏价值。

综合得分与 16 个花表型性状的相关性分析结果(表 7)显示:综合得分与花型、中被片颜色、花蕾颜色、开花早晚、花径、花被片数、中被片数、中被片长度和雄蕊数呈极显著($P<0.01$)正相关,与中被片先端状态和中被片长宽比呈显著($P<0.05$)正相关,而与中被片形状呈显著负相关。

表 6 河南省鄆陵县排名前 60 的蜡梅品(品系)种综合得分

Table 6 Comprehensive scores of top 60 of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link cultivars (lines) from Yanling County of Henan Province

排名 No.	品种(品系) Cultivar (line)	综合得分 Comprehensive score	排名 No.	品种(品系) Cultivar (line)	综合得分 Comprehensive score	排名 No.	品种(品系) Cultivar (line)	综合得分 Comprehensive score
1	鄆国晴雪 Yanguo Qingxue	3.063	21	十八瓣 Shiba Ban	2.315	41	长红水袖 Changhong Shuixiu	2.129
2	紫气东来 Ziqi Donglai	2.968	22	金剑舟 Jin Jianzhou	2.295	42	金盏红艳 Jinzhan Hongyan	2.129
3	白雪公主 Baixue Gongzhu	2.960	23	舞袖 Wuxiu	2.284	43	羽衣红心 Yuyi Hongxin	2.124
4	卷帘新韵 Juanlian Xinyun	2.941	24	绿碗素心 Lüwan Suxin	2.283	44	黄剑 Huangjian	2.104
5	大花冬绿 Dahua Donglü	2.933	25	玉钟 Yuzhong	2.283	45	红拂 Hongfu	2.104
6	白花红心 Baihua Hongxin	2.836	26	吊钟素心 Diaozhong Suxin	2.271	46	黄盘红丝 Huangpan Hongsi	2.104
7	白雪 Baixue	2.776	27	虎素 Husu	2.270	47	黄金枝 Huangjin Zhi	2.103
8	淡妆蝶舞 Danzhuang Diewu	2.641	28	霞染黄颜 Xiaran Huangyan	2.246	48	鸿运长被 Hongyun Changbei	2.101
9	外冈 Waigang	2.625	29	飞帘 Feilian	2.246	49	菊素 Jusu	2.098
10	鄆红 Yanhong	2.615	30	鄆白 Yanbai	2.211	50	玉彩 Yucai	2.094
11	丝红淡玉 Sihong Danyu	2.576	31	冰玉 Bingyu	2.203	51	鄆玉 Yanyu	2.086
12	晶玉 Jingyu	2.490	32	麸金 Fujin	2.202	52	早红 Zaohong	2.080
13	金龙探爪 Jinlong Tanzhua	2.433	33	白花素心 Baihua Suxin	2.190	53	剑紫 Jianzi	2.078
14	砚池霞衣 Yanchi Xiayi	2.420	34	金盏花 Jinzhan Hua	2.186	54	轻舞飞扬 Qingwu Feiyang	2.069
15	金香红韵 Jinxiang Hongyun	2.410	35	金盘紫 Jinpan Zi	2.186	55	江南白 Jiangnan Bai	2.060
16	蜡红丝 La Hongsi	2.396	36	金蝶浅韵 Jindie Qianyun	2.173	56	虎蹄红丝 Hutu Hongsi	2.048
17	鹅黄红丝 Ehuang Hongsi	2.378	37	皱被红丝 Zhoubei Hongsi	2.173	57	小家碧玉 Xiaojia Biyu	2.040
18	玉盘红润 Yupan Hongrun	2.364	38	金殿紫 Jindian Zi	2.173	58	晚素 Wansu	2.017
19	金焰 Jinyan	2.349	39	黛玉 Daiyu	2.165	59	卷被素心 Juanbei Suxin	1.990
20	绿花 Lühua	2.331	40	金玉红妆 Jinyu Hongzhuang	2.144	60	凝眉依栏 Ningmei Yilan	1.987

表7 河南省鄱陵县蜡梅16个花表型性状与综合得分的相关系数¹⁾Table 7 Correlation coefficients between 16 floral phenotypic traits and comprehensive scores of *Chimonanthus praecox* (Linn.) Link from Yanling County of Henan Province¹⁾

性状 Trait	与综合得分的相关系数 Correlation coefficient with comprehensive score	性状 Trait	与综合得分的相关系数 Correlation coefficient with comprehensive score
花型 Flower type	0.668 **	花蕾颜色 Bud color	0.229 **
中被子颜色 Middle tepal color	0.523 **	开花早晚 Blooming date	0.293 **
中被子形状 Middle tepal shape	-0.159 *	花径 Flower diameter	0.788 **
中被子先端形状 Middle tepal apex shape	0.093	花被子数 Tepal number	0.385 **
中被子先端状态 Middle tepal apex state	0.157 *	中被子数 Middle tepal number	0.317 **
中被子边缘状态 Middle tepal edge state	0.032	中被子长度 Length of middle tepal	0.390 **
内被子斑晕情况 Inner tepal spotting condition	-0.091	中被子长宽比 Length to width ratio of middle tepal	0.178 *
爪颜色 Claw color	-0.106	雄蕊数 Stamen number	0.332 **

¹⁾ * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

3 讨 论

3.1 蜡梅花表型性状的变异及多样性

植物表型多样性是遗传多样性与环境多样性的综合表现。变异系数可反映表型性状变异范围,数值越大则变异程度越大。当变异系数大于10%时,表明该表型性状在品种间存在较大差异^[21]。本研究结果显示:河南省鄱陵县蜡梅16个花表型性状的变异系数介于10.99%~174.00%之间,均大于10%,表明鄱陵蜡梅品种的花表型性状存在极其丰富的变异;此外,蜡梅花质量性状的变异系数明显大于数量性状,这与靖相密^[22]、28-29的研究结果一致,表明蜡梅花质量性状的变异程度较大。Shannon-Weaver多样性指数可以反映表型性状变异情况,数值越高则多样性越丰富^[23]。本研究中,10个花质量性状的Shannon-Weaver多样性指数为0.86~1.65,6个花数量性状的Shannon-Weaver多样性指数为1.37~1.98,说明鄱陵县蜡梅品种的16个花表型性状多样性较为丰富,并且,数量性状的多样性水平整体高于质量性状,这与赵凯歌^[24]的研究结果类似,因此,在蜡梅优质资源筛选时应侧重考虑数量性状的变化。

本研究中,变异系数和Shannon-Weaver多样性指数没有呈现一定的相关性,如质量性状中花蕾颜色的变异系数最大,其Shannon-Weaver多样性指数却较小,数量性状中花被子数的变异系数最小,其Shannon-Weaver多样性指数却最大。在其他植物的表型遗传多样性研究中也有类似情况^[25-26]。变异系数主要反映变异程度,而Shannon-Weaver多样性指

数不仅反映了变异程度,还受到基因频率分布的影响^[17]、60-61。因此,蜡梅品种间不同表型特征的数据分布情况可能导致这2个指标的差异。此外,将数量性状分等级后,极端变异类型的频率降低,导致Shannon-Weaver多样性指数也降低。因此,在评价表型多样性时,应将二者结合考虑。

3.2 蜡梅分类性状选择

表型性状数量分类学在研究植物分类与遗传多样性方面具有重要作用,在荷花(*Nelumbo nucifera* Gaertn.)^[27]、欧洲油菜(*Brassica napus* Linn.)^[28]等植物中被广泛应用。利用表型性状相关性可以通过一种表型性状间接选择另一种表型性状,从而提高选择效率,缩短育种时间^[29]。本研究中蜡梅花表型性状间存在不同程度的相关性,特别是数量性状之间的相关性较为显著。这些表型性状间的紧密关联对于蜡梅的品种选育和分类具有一定的指导性。

本研究基于16个花表型性状可将190个蜡梅品种分为3组6亚组,组II中被子颜色分级均值高、花径大;亚组I₁中被子长度较短;亚组I₂花被子数和中被子数较多,表明中被子性状在蜡梅品种分类中具有较为重要的作用。目前,中被子数未被作为分析表型多样性的性状依据,可能是中被子与内被子难以区分。但实地调研发现内被子基部具有明显长爪,无中、外被子,故本研究将中被子数作为分析的数量性状之一。其次,花型在表型性状聚类中具有重要作用,如花型为喇叭型和盘碟型的品种聚为亚组II₁,花型为磬口型和碗型的品种聚为亚组III₂。花型相同的品种优先被聚类在靖相密^[22]、29-31的研究中得到证实。已有相关研究^[30-33]根据内被子斑晕情况对蜡梅品种

群进行分类,分为素心类、晕心类和红心类。内被片斑晕情况在表型性状分类中的重要地位在本研究也得到证实。此外,在6个亚组中,中被片边缘状态、雄蕊数、中被片长宽比、开花早晚等性状相同的品种存在明显聚类情况。除根据中被片边缘内扣、平展或波皱状态被聚类的情况未见报道外,其他表型性状在相关研究^[34-35]中均得到证实。

3.3 鄢陵县蜡梅品种综合评价

利用层次分析法(AHP)构造有序的递阶层次结构,对待选目标进行评价,在系统分析和综合评估中应用广泛^[11]。本研究中蜡梅的花径、中被片颜色、着花量和花香的权重值较大,与程红梅等^[13]、芦建国等^[14]和宋兴荣等^[15]的研究结果一致,说明这4个表型性状是蜡梅综合评价的重要指标。在实地走访调研时也了解到种植户和消费者希望未来蜡梅优良品种培育能在花量、花色及花径等方面有重大突破。190个蜡梅品种排名前60的品种中晕心类蜡梅占比较大,达43.3%,并且在花色、花径及花香等方面分级均值较高,具有较高的观赏价值。本研究发现综合得分与花型、中被片颜色、花蕾颜色、开花早晚、花径、花被片数、中被片数、中被片长度和雄蕊数呈极显著正相关,可将这9个表型性状作为蜡梅优良亲本选择和品种改良的评价指标,以提高蜡梅的育种效率。

结合聚类分析结果,综合评价得分高的品种聚集在组II,表型特征为中被片颜色丰富,花径较大,中被片较长,花型以喇叭型和盘碟型为主,整体观赏价值较高。‘鄢国晴雪’等综合得分高、观赏性佳的蜡梅品种可作为遗传改良的基础材料。

参考文献:

- [1] 陈龙清,赵凯歌,杜永芹,等.蜡梅属品种国际登录(2016—2018)[J].中国园林,2020,36(增刊):40-43.
- [2] 芦建国,荣娟.鄢陵蜡梅品种资源调查及其产业开发利用[J].中国野生植物资源,2012,31(3):50-53.
- [3] 张文科.鄢陵蜡梅纵谈[J].北京林业大学学报,2007,29(增刊1):146-149.
- [4] 张纪堂,王静,张春萍,等.‘素心’蜡梅中花被片变色现象研究[J].中国园林,2020,36(增刊):52-54.
- [5] 董文辉,郑红建,李玉峰.许昌鄢陵蜡梅生产现状及产业化发展对策[J].河南林业科技,2013,33(4):31-32.
- [6] MACKAY T F C, LANGLEY C H. Molecular and phenotypic variation in the *achaete-scute* region of *Drosophila melanogaster*[J]. Nature, 1990, 348(9): 64-66.
- [7] SMITS W K, KUIPERS O P, VEENING J W. Phenotypic variation in bacteria: the role of feedback regulation[J]. Nature Reviews Microbiology, 2006, 4: 259-271.
- [8] 王春芳,余兴华,王先宏,等.基于主要表型性状的不同采集地斑茅种质资源遗传多样性分析[J].热带作物学报,2020,41(6):1108-1116.
- [9] 郭方其,吕萍,吴超,等.基于表型性状的切花多头菊种质资源遗传多样性分析[J].分子植物育种,2020,18(18):6205-6215.
- [10] 火艳,招雪晴,黄厚毅,等.观赏石榴表型遗传多样性分析[J].浙江农林大学学报,2020,37(5):939-949.
- [11] 张瑶.北京国家森林公园游憩资源评价研究[D].北京:北京农学院,2020:5-6.
- [12] 封培波,胡永红,张启翔,等.上海露地宿根花卉景观价值的综合评价[J].北京林业大学学报,2003,25(6):84-87.
- [13] 程红梅,周耘峰,窦维奇.蜡梅品种园艺学性状综合评价模型及其应用[J].北京林业大学学报,2010,32(增刊2):160-165.
- [14] 芦建国,李娜.重庆蜡梅品种资源及综合评价[J].江苏农业科学,2011,39(5):222-224.
- [15] 宋兴荣,袁蒲英,何相达.蜡梅专用型品种评价体系的建立与应用[J].林业科技,2022,47(6):10-16.
- [16] 赵冰,张启翔.鄢陵蜡梅园艺品种调查及现状分析[J].江苏农业科学,2008,36(2):224-226.
- [17] 荣娟.豫中地区蜡梅品种调查及花部表型多样性研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [18] 张群.合肥地区蜡梅品种资源的现状及其数量分类研究[D].合肥:安徽农业大学,2010:12-15.
- [19] 卢学礼,刘凤军,李军,等.重瓣型子莲品种的综合评价与筛选[J].植物资源与环境学报,2022,31(3):93-100.
- [20] 曾郅涵,李庆卫,遆羽静.甘肃省张掖市野生沙枣的表型多样性及观赏性分析[J].植物资源与环境学报,2021,30(4):12-21.
- [21] 余斌,杨宏羽,王丽,等.引进马铃薯种质资源在干旱半干旱区的表型性状遗传多样性分析及综合评价[J].作物学报,2018,44(1):63-74.
- [22] 靖相密.基于ISSR标记的蜡梅遗传多样性研究[D].南京:南京林业大学,2008.
- [23] 胡尧.川渝茶树品种及70份新品系的遗传多样性研究[D].成都:四川农业大学,2020:36-37.
- [24] 赵凯歌.用形态标记和分子标记研究蜡梅栽培种质的遗传多样性[D].武汉:华中农业大学,2007:47-52.
- [25] 傅巧娟,李春楠,陈一,等.我国主栽一串红资源的表型多样性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(2):294-299.
- [26] 苏群,杨亚涵,田敏,等.49份睡莲资源表型多样性分析及综合评价[J].西南农业学报,2019,32(11):2670-2681.
- [27] 吴芳芳,原鑫,苏少文,等.荷花品种的花器官表型性状及花色多样性分析[J].河南农业大学学报,2020,54(1):24-29,37.
- [28] TSUGE K, CHEN R K, YOSHIOKA Y, et al. Assessment of genetic diversity based on phenotypic traits and microsatellite markers in *Brassica napus* L. landrace in the Kanto region, Japan

- (Norabona)[J]. The Horticulture Journal, 2020, 89(1): 12-21.
- [29] 芮文婧, 王晓敏, 张倩男, 等. 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2018, 45(3): 561-570.
- [30] 陈龙清, 鲁涤非. 蜡梅品种分类研究及武汉地区蜡梅品种调查[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(增刊1): 103-107.
- [31] 邵金彩. 北京地区蜡梅种质资源调查与耐盐生理研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2017: 9-17.
- [32] 王森博. 蜡梅品种分类及系统构建研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013: 29-49.
- [33] 芦建国. 蜡梅品种图志[M]. 南京: 东南大学出版社, 2018: 52-54.
- [34] 熊 钢. 江苏地区蜡梅品种资源调查及孢粉学研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2009: 57-61.
- [35] 赵 冰, 张启翔. 蜡梅种质资源表型多样性[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(5): 10-13, 35.
- (责任编辑: 吴芯夷)

附录 I Appendix I

素心品种群 Concolor group: ‘小磬口’ ‘Xiao Qingkou’; ‘金珠’ ‘Jinzhū’; ‘鄮白’ ‘Yanbai’; ‘金碗素心’ ‘Jinwan Suxin’; ‘凤飞舞’ ‘Feng Feiwu’; ‘卵被金碗’ ‘Luanbei Jinwan’; ‘早蜡’ ‘Zaola’; ‘银磬口’ ‘Yin Qingkou’; ‘钟山白’ ‘Zhongshan Bai’; ‘金盘’ ‘Jinpan’; ‘长瓣银盏’ ‘Changban Yinzhan’; ‘阳光’ ‘Yangguang’; ‘金钟素心’ ‘Jinzhong Suxin’; ‘玉壶冰心’ ‘Yuhu Bingxin’; ‘素玉碗’ ‘Su Yuwan’; ‘白雪’ ‘Baixue’; ‘白花素心’ ‘Baihua Suxin’; ‘金满丝晕’ ‘Jinman Siyun’; ‘绿碗素心’ ‘Lüwan Suxin’; ‘外冈’ ‘Waigang’; ‘磬口素心’ ‘Qingkou Suxin’; ‘金杯’ ‘Jinbei’; ‘金钟黄’ ‘Jinzhong Huang’; ‘黄剑’ ‘Huangjian’; ‘许荷’ ‘Xuhe’; ‘多被素心’ ‘Duobei Suxin’; ‘光辉’ ‘Guanghui’; ‘金蓓’ ‘Jinbei’; ‘长被素心’ ‘Changbei Suxin’; ‘翡翠’ ‘Feicui’; ‘大花波皱’ ‘Dahua Bozhou’; ‘绿花’ ‘Lühua’; ‘卷被素心’ ‘Juanbei Suxin’; ‘金厚实’ ‘Jin Houshi’; ‘金披风’ ‘Jin Pifeng’; ‘剪波素心’ ‘Jianbo Suxin’; ‘冰玉’ ‘Bingyu’; ‘金蝶’ ‘Jindie’; ‘黄玉球’ ‘Huang Yuqiu’; ‘玉钟’ ‘Yuzhong’; ‘吊钟素心’ ‘Diao Zhong Suxin’; ‘江南白’ ‘Jiangnan Bai’; ‘扬州黄’ ‘Yangzhou Huang’; ‘素佛手’ ‘Su Foshou’; ‘菊素’ ‘Jusu’; ‘晚素’ ‘Wansu’; ‘浅黄晚素’ ‘Qianhuang Wansu’; ‘白雪公主’ ‘Baixue Gongzhu’; ‘大花冬绿’ ‘Dahua Donglü’; ‘黄金枝’ ‘Huangjin Zhi’

晕心品种群 Intermedius group: ‘霞光’ ‘Xianguang’; ‘银狗牙’ ‘Yin Gouya’; ‘凝眉依栏’ ‘Ningmei Yilan’; ‘银红’ ‘Yinhong’; ‘绿爪浅晕’ ‘Lüzhua Qianyun’; ‘鹅黄霞冠’ ‘Ehuang Xiaguan’; ‘晕边红丝’ ‘Yunbian Hongsi’; ‘紫心磬口’ ‘Zixin Qingkou’; ‘冰皇后’ ‘Bing Huanghou’; ‘飞帘’ ‘Feilian’; ‘墨狗牙’ ‘Mo Gouya’; ‘玉簪’ ‘Yuzan’; ‘金碟韵心’ ‘Jindie Yunxin’; ‘荷风绿秀’ ‘Hefeng Lüxiu’; ‘鹅黄红丝’ ‘Ehuang Hongsi’; ‘金杯黄蕊’ ‘Jinbei Huangrui’; ‘小家碧玉’ ‘Xiaojia Biyu’; ‘黄斑’ ‘Huangban’; ‘卵被点晕’ ‘Luanbei Dianyun’; ‘金晃’ ‘Jinhuang’; ‘金钟晕尖’ ‘Jinzhong Yunjian’; ‘胭脂’ ‘Yan zhi’; ‘娇容’ ‘Jiaorong’; ‘金荷紫纹’ ‘Jinhe Ziwen’; ‘淡妆黄颜’ ‘Dan Zhuang Huangyan’; ‘素衣淡妆’ ‘Suyi Dan Zhuang’; ‘金碗抱心’ ‘Jinwan Baoxin’; ‘虎蹄红丝’ ‘Huti Hongsi’; ‘长被微晕’ ‘Changbei Weiyun’; ‘金磬檀香’ ‘Jinqing Tanxiang’; ‘金盏花’ ‘Jin zhan Hua’; ‘红霞’ ‘Hongxia’; ‘金碗檀香’ ‘Jinwan Tanxiang’; ‘金蝶浅韵’ ‘Jindie Qianyun’; ‘红拂’ ‘Hongfu’; ‘黄盘红丝’ ‘Huangpan Hongsi’; ‘皱被红丝’ ‘Zhoubei Hongsi’; ‘红丝金莲’ ‘Hongsi Jinlian’; ‘麸金’ ‘Fujin’; ‘浅晕金蝶’ ‘Qianyun Jindie’; ‘小叮当’ ‘Xiao Dingdang’; ‘贵妃醉酒’ ‘Guifei Zuijiu’; ‘玉碗藏红’ ‘Yuwan Zanghong’; ‘腮红’ ‘Saihong’; ‘象牙红丝’ ‘Xiangya Hongsi’; ‘状元钟’ ‘Zhuangyuan Zhong’; ‘卷云’ ‘Juanyun’; ‘虎素’ ‘Husu’; ‘玉玲珑’ ‘Yu Linglong’; ‘吟荷’ ‘Yinhe’; ‘粉面含春’ ‘Fenmian Hanchun’; ‘素晚紫斑’ ‘Suwan Ziban’; ‘金碗浅斑’ ‘Jinwan Qianban’; ‘冰焰’ ‘Bingyan’; ‘玛瑙’ ‘Manao’; ‘黄灯笼’ ‘Huang Denglong’; ‘黛玉’ ‘Daiyu’; ‘黄褐’ ‘Huanghe’; ‘金紫峰’ ‘Jin Zifeng’; ‘淡妆绿蕾’ ‘Dan Zhuang Lülei’; ‘多被晕卷’ ‘Duobei Yunjuan’; ‘红心波皱’ ‘Hongxin Bozhou’; ‘飞黄’ ‘Feihuang’; ‘犹抱琵琶’ ‘Youbao Pipa’; ‘十八瓣’ ‘Shiba Ban’; ‘卷被晕心’ ‘Juanbei Yunxin’; ‘丝红淡玉’ ‘Sihong Danyu’; ‘飞燕’ ‘Feiyan’; ‘轻舞飞扬’ ‘Qingwu Feiyang’; ‘玉盘红润’ ‘Yupan Hongrun’; ‘铃铛’ ‘Lingdang’; ‘雏鸟出巢’ ‘Chuniao Chuchao’; ‘金缕醉花’ ‘Jinlü Zuihua’; ‘金玉红妆’ ‘Jinyu Hongzhuang’; ‘闭月羞花’ ‘Bi yue Xiuhua’; ‘玉娇容’ ‘Yu Jiaorong’; ‘蜡红丝’ ‘La Hongsi’; ‘新贵妃’ ‘Xin Guifei’; ‘卷帘新韵’ ‘Juanlian Xinyun’; ‘淡妆蝶舞’ ‘Dan Zhuang Diwu’; ‘鸿运长被’ ‘Hongyun Changbei’; ‘金莲红玉’ ‘Jinlian Hongyu’; ‘金香红韵’ ‘Jinxiang Hongyun’; ‘舞袖’ ‘Wuxiu’; ‘鄮玉’ ‘Yanyu’; ‘晶玉’ ‘Jingyu’

红心品种群 Patens group: ‘朝霞’ ‘Zhaoxia’; ‘廖瓣怡然’ ‘Liaoban Yiran’; ‘长波红丝’ ‘Changbo Hongsi’; ‘金盘玉蕊’ ‘Jinpan Yurui’; ‘银莲花’ ‘Yin Lianhua’; ‘黄颜丹心’ ‘Huangyan Danxin’; ‘墨荷’ ‘Mohe’; ‘尖被红心’ ‘Jianbei Hongxin’; ‘奇艳’ ‘Qiyán’; ‘墨红’ ‘Mohong’; ‘砚池霞衣’ ‘Yanchi Xiayi’; ‘银盘紫’ ‘Yinpan Zi’; ‘早红’ ‘Zaohong’; ‘小花’ ‘Xiaohua’; ‘小径浓内’ ‘Xiaojing Nongnei’; ‘轻舞红娘’ ‘Qingwu Hongniang’; ‘冰盏红心’ ‘Bingzhan Hongxin’; ‘白被醉心’ ‘Bai bei Zuixin’; ‘墨迹’ ‘Moji’; ‘瑶池仙子’ ‘Yaochi Xianzi’; ‘银紫’ ‘Yinzi’; ‘墨钟’ ‘Mozhong’; ‘金殿紫’ ‘Jindian Zi’; ‘红心兔耳’ ‘Hongxin Tu'er’; ‘金剑舟’ ‘Jin Jianzhou’; ‘紫玉钻’ ‘Zi Yuzuan’; ‘狗牙’ ‘Gouya’; ‘墨中点金’ ‘Mozhong Dianjin’; ‘金盘紫’ ‘Jinpan Zi’; ‘金龙紫穴’ ‘Jinlong Zixue’; ‘金剑红心’ ‘Jinjian Hongxin’; ‘紫心如梦’ ‘Zixin Rumeng’; ‘冰凌还笑’ ‘Bingling Huanxiao’; ‘口红’ ‘Kouhong’; ‘冰铃’ ‘Bingling’; ‘长红水袖’ ‘Changhong Shuixiu’; ‘玉冠’ ‘Yuguan’; ‘洛阳’ ‘Luoyang’; ‘霞染黄颜’ ‘Xiaran Huangyan’; ‘白花红心’ ‘Baihua Hongxin’; ‘少被’ ‘Shaobei’; ‘金屋藏娇’ ‘Jinwu Cangjiao’; ‘剑紫’ ‘Jianzi’; ‘卷帘金杯’ ‘Juanlian Jinbei’; ‘玉彩’ ‘Yucái’; ‘出水芙蓉’ ‘Chushui Furong’; ‘金云蔽日’ ‘Jinyun Biri’; ‘羽衣红心’ ‘Yuyi Hongxin’; ‘金龙探爪’ ‘Jinlong Tanzhua’; ‘金盏红艳’ ‘Jin zhan Hongyan’; ‘鄮国晴雪’ ‘Yanguo Qingxue’; ‘紫气东来’ ‘Ziqi Donglai’; ‘金焰’ ‘Jinyan’; ‘鄮红’ ‘Yanhong’