# 基于层次分析(AHP)-灰色关联分析的 盆栽荷花早花品种的综合评价与筛选

常宝亮1,陈俊杰1,钱 萍2,沈志国3,王永江3,金奇江1,王彦杰1,徐迎春1,①

(1. 南京农业大学园艺学院 农业农村部景观农业重点实验室, 江苏 南京 210095;

2. 杭州西湖风景名胜区灵隐管理处, 浙江 杭州 310007; 3. 浙江伟达园林工程有限公司, 浙江 杭州 311201)

摘要:以盆栽荷花(Nelumbo nucifera Gaertn.)8个花部性状和4个生长性状为评价因子,运用层次分析(AHP)法和灰色关联分析法相结合的方法对初选的30个荷花早花品种进行综合评价。结果表明:运用层次分析法得到荷花早花品种各性状的权重,其中初花时间所占权重最大,为0.2646;着花数量、花叶协调性和株高所占权重也较大,分别为0.1355、0.1210和0.1147、该结果与预期目标一致。基于灰色关联分析和聚类分析,供试30个荷花早花品种分为优秀、良好和一般3个等级,分别含6、16和8个品种。优秀级品种'钱塘骄阳'('Qiantangjiaoyang')、'湘湖映红'('Xianghuyinghong')、'湘湖凤蝶'('Xianghufengdie')、'越城芙蕖'('Yuechengfuqu')、'俊愉莲'('Junyulian')和'湘湖烟雨'('Xianghuyanyu')的花期早,观赏性高,其中,'钱塘骄阳'表现最优,5月24日初花,花叶协调性好,着花数量多达15.6个。本研究建立的综合评价体系可对荷花早花品种进行科学评价,并筛选出自然花期早且观赏价值高的荷花早花品种。

关键词:荷花;早花品种;品种筛选;层次分析法;灰色关联分析法

中图分类号: Q944.58; S602.4; S682.32 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)03-0054-07 DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.03.07

Comprehensive evaluation and selection of potted early flowering cultivars of *Nelumbo nucifera* based on analytic hierarchy process (AHP)-grey correlation analysis CHANG Baoliang<sup>1</sup>, CHEN Junjie<sup>1</sup>, QIAN Ping<sup>2</sup>, SHEN Zhiguo<sup>3</sup>, WANG Yongjiang<sup>3</sup>, JIN Qijiang<sup>1</sup>, WANG Yanjie<sup>1</sup>, XU Yingchun<sup>1,①</sup> (1. Key Laboratory of Landscape Agriculture, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Lingyin Management Office of Hangzhou West Lake Scenic Area, Hangzhou 310007, China; 3. Zhejiang Weida Garden Engineering Co., Ltd., Hangzhou 311201, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(3): 54–60

**Abstract:** Taking 8 floral characters and 4 growth characters of potted *Nelumbo nucifera* Gaertn. as evaluation factors, 30 early flowering cultivars of *N. nucifera* were comprehensively evaluated by using analytic hierarchy process (AHP) and grey correlation analysis methods. The results show that the weights of characters of early flowering cultivars of *N. nucifera* were obtained by using AHP method, in which the weight of initial flowering time is the largest, which is 0.264 6; the weights of number of flowers, coordination between flower and leaf, and plant height are also relatively large, which are 0.135 5, 0.121 0, and 0.114 7, respectively. This result is consistent with the expected goal. Based on grey correlation analysis and clustering analysis, 30 early flowering cultivars tested of *N. nucifera* can be

收稿日期: 2020-11-23

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31772146; 31971710; 32071829); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(KYZZ201919); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介:常宝亮(1996—),男,吉林白城人,硕士研究生,主要从事水生植物及生态修复方面的研究。

①通信作者 E-mail: xyc@njau.edu.cn

引用格式:常宝亮,陈俊杰,钱 萍,等.基于层次分析(AHP)-灰色关联分析的盆栽荷花早花品种的综合评价与筛选[J].植物资源与环境学报,2021,30(3):54-60.

divided into 3 grades, namely excellent, good, and general, which include 6, 16, and 8 cultivars respectively. 6 excellent cultivars of 'Qiantangjiaoyang', 'Xianghuyinghong', 'Xianghufengdie', 'Yuechengfuqu', 'Junyulian', and 'Xianghuyanyu' have early blooming period and high ornamental value, in which 'Qiantangjiaoyang' has the best characteristics. 'Qiantangjiaoyang' begins to bloom on May 24th, and has a good coordination between flower and leaf, and its flower number reaches 15.6. The comprehensive evaluation system established in this study can be used to scientifically assess the early flowering cultivars of *N. nucifera* with early natural blooming period and high ornamental value.

**Key words:** Nelumbo nucifera Gaertn.; early flowering cultivar; cultivar selection; analytic hierarchy process method; grey correlation analysis method

荷花(Nelumbo nucifera Gaertn.)为中国十大传统 名花中惟一的水生花卉,其文化底蕴深厚,香气浓郁, 姿态优雅,观赏价值高[1],是夏季开花的代表花卉。 近年来,随着中国生态文明建设的快速推进,荷花在 湿地公园建设以及湖塘河道等水体的生态治理中发 挥越来越重要的作用,产业发展前景良好[2]。然而, 大部分荷花品种在6月下旬进入初花期,7月初进入 盛花期,此时天气炎热,不利于人们赏花和荷花观光 旅游业发展。如能选育出5月下旬至6月上旬开花 的早花品种应用于荷花旅游景区,则能提早荷花观赏 期,满足人们在怡人的温度下观赏荷花的需求。目 前,采用人工调控花期的方法可使荷花提早开花[3], 但需要加温和补光等处理,能耗较大,生产成本 高[4],无法满足大量展示的需要。解决这一问题的 根本途径是选育荷花早花品种,建立荷花早花品种评 价体系。

数学评价方法在园艺领域已广泛应用<sup>[5-7]</sup>,其中,层次分析(AHP)法是一种具有定性和定量相结合优势的决策方法<sup>[8]</sup>,灰色关联分析法是一种分析供试选项与理想选项的相近或相异程度作为衡量因子间关联程度的方法<sup>[9]</sup>。层次分析法和灰色关联分析法相结合,既可以避开层次分析法不能充分利用各性状全部信息的局限性,又能避开灰色关联分析法中性状指标权重由人为赋值、较为主观的缺点,从而使分析结果更具科学性和合理性。该方法已在盆栽多头小菊(Chrysanthemum×morifolium Ramat.)株系选择<sup>[10]</sup>、多头切花菊立面装饰适宜品种筛选<sup>[11]</sup>以及郁金香(Tulipa gesneriana Linn.)品种评价和筛选<sup>[12]</sup>中科学运用并取得了良好结果。

近2年,作者所在研究团队对248个盆栽荷花品种的开花时间观测时发现一批初花期较早的荷花品种,可在5月下旬至6月初进入初花期,但关于其花

期、观赏性状及生长性状等特征尚不清楚。为此,本研究以荷花早花品种为评价目标,运用层次分析法和灰色关联分析法相结合的方法,对初选的30个荷花早花品种进行系统观测,并在初花时间早这一主要性状之外,兼顾其他11个观赏性相关性状,以筛选出自然花期早、观赏性优良的荷花品种并建立评价体系,为荷花早花品种的开发应用提供科学依据。

### 材料和方法

#### 1.1 材料

在浙江省风景园林学会水生植物伟达研究所 (浙江伟达园林工程有限公司)荷花基地内初选出30 个盆栽荷花早花品种,包括'星月点翠' ' 钱 Xingyuediancui') 塘 ( 'Qiantangchunchao '), 城 月 , 山 ( 'Chengshanqiuyue '), 湘 湖 明 月 ' Xianghumingyue '), 湘 湖 鸣 '越 Xianghumingcui '), ('Yuechengfuqu')、'跨湖桥'('Kuahuqiao')、'钱塘 骄阳'('Qiantangjiaoyang')、'荷塘晓月' Hetangxiaoyue ') 丹 阳 点 绛, Danyangdianjiang ')、 ' 湘 湖 ('Xianghulianyi')、'湘湖烟雨'('Xianghuyanyu')、 '白菊花'('Baijuhua')、'光辉'('Guanghui')、'钱 塘奇观'('Qiantangqiguan')、'舒云'('Shuyun')、 '锦绣江南'('Jinxiujiangnan')、'湘湖映红' ('Xianghuyinghong')、 '湘 湖 Xianghuyulu')、 '钱 塘 ('Qiantangchaoyong')、'俊愉莲'('Junyulian')、'湘 湖流霞'('Xianghuliuxia')、'披针粉' ('Pizhenfen')、'城山粉黛'('Chengshanfendai')、

( # 之 恋 ' ('Wuzhilian')、'湘 湖 仙 子'
( Xianghuxianzi ')、'钱 塘 春 晓'
( Qiantangchunxiao ')、'湘 湖 凤 蝶'
( 'Xianghufengdie')、'湘湖秀'('Xianghuxiu')和 '粉燕子'('Fenyanzi')。

于 2020 年 4 月 5 日上盆(口径 53.5 cm、高 36.0 cm)种植,基质为该基地内园土。每个品种选择相对一致的种藕,每盆种植 1 支,每个品种 5 盆。采取常规栽培管理措施。

### 1.2 方法

1.2.1 各性状的观测方法 采用 NY/T 2756—2015<sup>[13]</sup>中的方法对供试荷花早花品种的花色、花叶协调性、花态、瓣型、着花数量、株高和抗病虫害能力7个指标进行记录。其他性状中,初花时间为植株第1朵花完全开放的时间;群体花期为单盆荷花的开花持续时间;于盛花期使用直尺(精度 0.1 cm)测量花的最大直径,每盆测量 3 朵,计算平均值,记为花径;使用直尺(精度 0.1 cm)测量植株顶平面最长距离与最短距离,计算平均值,记为冠幅;各品种的成活率为成活盆数所占比例。

于 2020 年 5 月 15 日至 2020 年 9 月 15 日每天

拍照及测量,获取各品种的生长开花数据。系统记录 30个荷花早花品种的初花时间、花色、花径、花叶协 调性、花态、瓣型、着花数量和群体花期8个花部性状 指标,以及株高、冠幅、抗病虫害能力和成活率4个生 长性状指标。

1.2.2 层次分析 将评价荷花的层次结构模型分为 3 层。第 1 层为目标层(A):观赏性优良的荷花早花品种;第 2 层为中间层(C):包括花部性状( $C_1$ )和生长性状( $C_2$ )2个方面;第 3 层为指标层(P):包括初花时间( $P_1$ )、花色( $P_2$ )、花径( $P_3$ )、花叶协调性( $P_4$ )、花态( $P_5$ )、瓣型( $P_6$ )、着花数量( $P_7$ )、群体花期( $P_8$ )、株高( $P_9$ )、冠幅( $P_{10}$ )、抗病虫害能力( $P_{11}$ )和成活率( $P_{12}$ )12个荷花观赏性相关性状。

为构建判断矩阵,根据  $1\sim9$  比率标度法<sup>[14]</sup>,利用  $1\sim9$  数值及倒数表示同一层次中某一指标相对于另一指标的重要程度。结合筛选目的及专家意见,各评价因子对荷花观赏性的重要程度进行两两比较,构建各层判断矩阵共 3 个,并进行一致性检验(表 1)。其中, $\lambda_{max}$ 为判断矩阵的最大特征根,CR 为随机一致性比率,当 CR 小于 0.1 时,认为各指标权重合理,判断矩阵满足一致性检验。

表 1 判断矩阵及一致性检验<sup>1)</sup>
Table 1 Judgment matrix and consistency test <sup>1)</sup>

					判断矩阵			权重 Weight	一致性检验 Consistency test			
				Ju	dgment mat	rix				$(W_k)$	$\lambda_{\max}$	CR
А-С	A	$C_1$	$C_2$									
	C <sub>1</sub>	1	3							0.750 0	2.000 0	0.000 0
	$C_2$	1/3	1							0.250 0		
C <sub>1</sub> -P	$C_1$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$			
	$P_1$	1	7	5	3	7	5	3	4	0.352 8	8.286 8	0.029 1
	$P_2$	1/7	1	1/2	1/5	1	1/3	1/4	1/2	0.036 7		
	$P_3$	1/5	2	1	1	2	1	1/3	2	0.086 7		
	$P_4$	1/3	5	1	1	5	3	1	3	0.161 3		
	$P_5$	1/7	1	1/2	1/5	1	1/3	1/5	1/2	0.035 7		
	$P_6$	1/5	3	1	1/3	3	1	1/2	2	0.087 9		
	$P_7$	1/3	4	3	1	5	2	1	5	0.180 7		
	$P_8$	1/4	2	1/2	1/3	2	1/2	1/5	1	0.058 1		
C <sub>2</sub> -P	$C_2$	$P_9$	$P_{10}$	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>							
	$P_9$	1	2	3	3					0.458 6	4.045 8	0.017 0
	$P_{10}$	1/2	1	2	1					0.226 3		
	$P_{11}$	1/3	1/2	1	1					0.143 6		
	$P_{12}$	1/3	1	1	1					0.171 4		

<sup>1)</sup> A:目标层 Target layer; C:中间层 Intermediate layer; P:指标层 Index layer; C<sub>1</sub>: 花部性状 Floral character; C<sub>2</sub>: 生长性状 Growth character;  $\lambda_{max}$ :最大特征根 Maximum characteristic root; CR:随机一致性比率 Random consistency ratio. P<sub>1</sub>:初花时间 Initial flowering time; P<sub>2</sub>:花色 Flower color; P<sub>3</sub>:花径 Flower diameter; P<sub>4</sub>:花叶协调性 Coordination between flower and leaf; P<sub>5</sub>:花态 Flower posture; P<sub>6</sub>:瓣型 Petal type; P<sub>7</sub>:着花数量 Number of flowers; P<sub>8</sub>:群体花期 Florescence of population; P<sub>9</sub>:株高 Plant height; P<sub>10</sub>:冠幅 Crown width; P<sub>11</sub>:抗病虫害能力 Disease and insect resistance; P<sub>12</sub>:成活率 Survival rate.

1.2.3 理想品种的确定 根据本研究目的,以供试 30 个荷花早花品种 12 个性状的实际测度值为基础,以各品种各性状的最优值构建理想品种。对于数值 越大品种越优良的指标采取上限测度的方法,如着花数量、冠幅、群体花期和成活率等,取所有品种中该指标的最大值;对于数值需要在合理范围内的指标采用适中测度的方法,如株高,以适宜人们正常观赏为最优值;对于数值越小(早)品种越优良的指标采用下限测度的方法,如初花时间,取所有品种中该指标的最小(早)值。

1.2.4 灰色关联分析 根据观察和测量结果对部分 指标赋值:1)初花时间(6月2日及以前赋值5,6月 3日至6月8日赋值4,6月9日至6月14日赋值3, 6月15日至6月20日赋值2,6月21日及以后赋值 1);2)花色(红色、粉色、黄色和白色赋值1,淡紫堇色 和复色赋值3,洒锦色赋值5);3)花叶协调性(花低 于叶、花叶等高和花高于叶分别赋值1、3和5);4)花 态(碟状、碗状和杯状赋值1,叠球状赋值3,飞舞状赋 值5);5)瓣型(单瓣、半重瓣、重瓣、重台和千瓣分别 赋值1、2、3、4 和 5);6)株高(100 cm<P9≤120 cm 赋 值 5,80 cm<P9≤100 cm 或 120 cm<P9≤140 cm 赋值 4.60 cm<P9≤80 cm 或 140 cm<P9≤160 cm 赋值 3. 40 cm<P9≤60 cm 或 160 cm<P9≤180 cm 赋值 2, P9≤40 cm 或 P9>180 cm 赋值 1):7)抗病虫害能力 (弱、较弱、一般、较强和强分别赋值 1、2、3、4 和 5);8) 成活率(0%<P12≤20% 赋值 1,20%<P12≤40% 赋 值 2,40% <P12 ≤60% 赋值 3,60% <P12 ≤80% 赋值 4, 80%<P12≤100%赋值 5)。然后对数据进行无量纲 化处理。

灰色 关 联 系 数 的 计 算 公 式 为, $\xi_{0i}(k) = \min_{i} \min_{k} |x_{0}(k) - x_{i}(k)| + \rho \max_{i} \max_{k} |x_{0}(k) - x_{i}(k)| \over |x_{0}(k) - x_{i}(k)| + \rho \max_{i} \max_{k} |x_{0}(k) - x_{i}(k)|},$ 式中, $|x_{0}(k) - x_{i}(k)|$ 表示理想品种第 k 个性状无量纲化处理的测度值与第 i 个品种该性状测度值的差值的绝对值; $\rho$  为分辨系数,本研究取 0.5。加权灰色关联度的计算公式为  $r_{0i} = \sum_{k=1}^{n} \xi_{0i}(k) \cdot W_{k}$ ,式中, $W_{k}$ 为第 k 个性状的权重,n 为性状数量(12)。

采用 EXCEL 2019 软件进行数据统计,采用 SPSS 26.0 统计分析软件进行 K-means 聚类分析,对供试 30 个荷花早花品种进行等级划分。

### 2 结果和分析

#### 2.1 各性状权重的排序

在层次分析法确定的荷花早花品种生长性状和 花部性状的权重分别为 0.25 和 0.75,说明花部性状 为主要评价因子,同时兼顾生长性状。再基于 C-P 层次各指标的权重,计算指标层相对于目标层的权 重,排序结果见表2。由表2可见:相对于目标层,初 花时间(P<sub>1</sub>)所占权重最大,为0.2646,符合早花筛选 这一主要目标;着花数量 $(P_7)$ 、花叶协调性 $(P_4)$ 和株 高(P。)所占权重也较大,分别为 0.135 5、0.121 0 和 0.114 7,表明除满足初花时间外,还需有较多的着花 数量、良好的花叶协调性和合适的株高,其中,花叶协 调性为本研究新采用的指标;剩余指标所占权重较 低,瓣型 $(P_6)$ 、花径 $(P_3)$ 、冠幅 $(P_{10})$ 、群体花期 $(P_8)$ 、 成活率(P,,)、抗病虫害能力(P,,)、花色(P,)和花态 (P<sub>5</sub>) 所占权重依次为 0.066 0、0.065 0、0.056 6、 0.043 6、0.042 8、0.035 9、0.027 5 和 0.026 8。上述结 果符合本次评价目标。

## 2.2 加权灰色关联度计算结果及荷花早花品种评价

供试 30 个荷花早花品种和理想品种(X<sub>0</sub>,母序列)12 个观赏性相关性状的测度值见表 3。对数据进

表 2 指标层相对于目标层的权重<sup>1)</sup>
Table 2 Weight of index layer to target layer<sup>1)</sup>

	_		-	
 指标		排序		
1日7小 Index	相对于 C <sub>1</sub> 层	相对于 C <sub>2</sub> 层	相对于目标层	Sort
	To $C_1$ layer	To $C_2$ layer	To target layer	
P <sub>1</sub>	0.352 8		0.264 6	1
$P_2$	0.036 7		0.027 5	11
$P_3$	0.086 7		0.065 0	6
$P_4$	0.161 3		0.121 0	3
$P_5$	0.035 7		0.026 8	12
$P_6$	0.087 9		0.066 0	5
$P_7$	0.180 7		0.135 5	2
$P_8$	0.058 1		0.043 6	8
$P_9$		0.458 6	0.114 7	4
$P_{10}$		0.226 3	0.056 6	7
$P_{11}$		0.143 6	0.035 9	10
$P_{12}$		0.171 4	0.042 8	9

 $<sup>^{1)}</sup>$   $C_1$ : 花部性状 Floral character;  $C_2$ : 生长性状 Growth character.  $P_1$ : 初花时间 Initial flowering time;  $P_2$ : 花色 Flower color;  $P_3$ : 花径 Flower diameter;  $P_4$ : 花叶协调性 Coordination between flower and leaf;  $P_5$ : 花态 Flower posture;  $P_6$ : 瓣型 Petal type;  $P_7$ : 着花数量 Number of flowers;  $P_8$ : 群体花期 Florescence of population;  $P_9$ : 株 高 Plant height;  $P_{10}$ : 冠幅 Crown width;  $P_{11}$ : 抗病虫害能力 Disease and insect resistance;  $P_{12}$ : 成活率 Survival rate.

表 3 供试 30 个荷花早花品种和理想品种 12 个观赏性相关性状的测度值<sup>1)</sup>
Table 3 Measure values of 12 ornamental related characters of 30 early flowering cultivars tested and ideal cultivar of *Nelumbo nucifera* Gaertn.<sup>1)</sup>

编号 No.	品种 Cultivar	$P_1^{(2)}$	$P_{2}^{\ 3)}$	$P_3/cm$	${P_4}^{4)}$	$P_5^{(5)}$	$P_6^{\ 6)}$	$P_7$	$\mathrm{P_8/d}$	$P_9^{7)}$	$P_{10}/cm$	$P_{11}^{\ \ 8)}$	$P_{12}^{\ \ 9)}$
$X_0$	理想品种 Ideal cultivar	5	3	30.5	5	5	4	20.0	104	5	95.5	5	5
$\mathbf{X}_1$	星月点翠 Xingyuediancui	2	1	9.0	1	1	1	1.3	12	1	47.0	1	1
$X_2$	钱塘春潮 Qiantangchunchao	1	1	20.0	5	1	1	8.0	77	5	81.3	5	5
$X_3$	城山秋月 Chengshanqiuyue	5	1	12.0	3	1	1	19.0	96	4	76.3	5	3
$X_4$	湘湖明月 Xianghumingyue	5	1	13.0	5	1	3	11.8	103	4	66.9	3	5
$X_5$	湘湖鸣翠 Xianghumingcui	2	1	14.6	3	5	3	20.0	90	4	68.8	5	5
$X_6$	越城芙蕖 Yuechengfuqu	4	1	24.0	5	1	4	8.0	84	4	95.5	5	4
$X_7$	跨湖桥 Kuahuqiao	3	1	22.0	3	1	1	8.2	88	3	83.1	5	4
$X_8$	钱塘骄阳 Qiantangjiaoyang	5	1	30.5	5	5	1	15.6	99	5	93.8	4	5
$X_9$	荷塘晓月 Hetangxiaoyue	1	1	9.0	3	1	1	7.7	69	1	73.0	5	3
$X_{10}$	丹阳点绛 Danyangdianjiang	4	1	11.0	1	1	2	3.8	28	1	65.0	2	1
$X_{11}$	湘湖涟漪 Xianghulianyi	5	1	9.0	5	1	2	2.3	90	1	59.0	3	3
$X_{12}$	湘湖烟雨 Xianghuyanyu	4	3	16.0	3	1	2	11.7	85	1	59.0	2	2
$X_{13}$	白菊花 Baijuhua	4	1	9.0	3	5	3	10.5	98	1	65.8	4	3
$X_{14}$	光辉 Guanghui	2	1	9.0	5	3	3	6.6	84	2	68.0	4	3
$X_{15}$	钱塘奇观 Qiantangqiguan	3	1	18.5	3	1	1	10.2	86	5	86.1	3	5
$X_{16}$	舒云 Shuyun	2	3	19.0	5	1	2	7.3	81	4	74.6	4	4
$X_{17}$	锦绣江南 Jinxiujiangnan	4	1	27.0	5	1	2	8.3	84	1	83.3	4	5
$X_{18}$	湘湖映红 Xianghuyinghong	4	1	20.0	5	1	3	10.4	96	4	78.8	5	5
$X_{19}$	湘湖玉露 Xianghuyulu	4	1	16.0	5	1	1	3.4	104	1	59.5	3	3
$X_{20}$	钱塘潮涌 Qiantangchaoyong	2	1	18.0	1	1	3	6.2	84	2	76.0	3	5
$X_{21}$	俊愉莲 Junyulian	4	1	15.0	3	3	3	11.4	91	2	74.0	4	5
$X_{22}$	湘湖流霞 Xianghuliuxia	3	1	15.0	5	1	1	3.5	81	1	53.0	1	1
$X_{23}$	披针粉 Pizhenfen	1	1	22.0	5	1	2	4.3	24	2	68.7	5	4
$X_{24}$	城山粉黛 Chengshanfendai	5	1	16.3	1	1	1	10.0	93	3	81.4	4	4
$X_{25}$	舞之恋 Wuzhilian	5	3	18.0	5	1	1	5.4	85	3	87.6	4	5
$X_{26}$	湘湖仙子 Xianghuxianzi	2	1	17.0	3	1	1	10.0	80	4	76.5	3	2
$X_{27}$	钱塘春晓 Qiantangchunxiao	4	1	14.0	5	1	3	8.6	99	4	73.4	5	5
$X_{28}$	湘湖凤蝶 Xianghufengdie	4	1	21.0	5	5	1	10.4	95	4	83.8	5	5
$X_{29}$	湘湖秀 Xianghuxiu	3	3	17.0	1	1	1	4.0	86	2	87.5	4	4
$X_{30}$	粉燕子 Fenyanzi	3	1	9.0	3	1	1	3.0	12	1	42.0	1	1

<sup>1)</sup> P<sub>1</sub>: 初花时间 Initial flowering time; P<sub>2</sub>: 花色 Flower color; P<sub>3</sub>: 花径 Flower diameter; P<sub>4</sub>: 花叶协调性 Coordination between flower and leaf; P<sub>5</sub>: 花态 Flower posture; P<sub>6</sub>: 瓣型 Petal type; P<sub>7</sub>: 着花数量 Number of flowers; P<sub>8</sub>: 群体花期 Florescence of population; P<sub>9</sub>: 株高 Plant height; P<sub>10</sub>: 冠幅 Crown width; P<sub>11</sub>: 抗病虫害能力 Disease and insect resistance; P<sub>12</sub>: 成活率 Survival rate.

行无量纲化处理,结合灰色关联系数进行加权处理,得出加权灰色关联度 $(r_i)$ ,使用 $r_i$ 值对各荷花早花品种进行评价(表4)。

加权灰色关联度值介于 0~1 之间,该值越大,表示其与理想品种间的相关性越强,也表明其评价越

高。采用 K-means 聚类分析将 30 个荷花早花品种分为优秀、良好和一般 3 个等级,分别有 6、16 和 8 个品种。排名第 1 的'钱塘骄阳'( $X_8$ )的  $r_i$ 值为0.962,其初花时间、花径、花叶协调性、花态、株高和成活率6 个性状与理想品种一致,与理想品种最为接近。优

<sup>2) 1: 6</sup>月21日及以后 June 21st and after; 2: 6月15日至6月20日 From June 15th to June 20th; 3: 6月9日至6月14日 From June 9th to June 14th; 4: 6月3日至6月8日 From June 3rd to June 8th; 5: 6月2日及以前 June 2nd and before.

<sup>&</sup>lt;sup>3)</sup>1: 红色、粉色、黄色和白色 Red, pink, yellow, and white; 3: 淡紫堇色和复色 Lilac pansy and multicolor.

<sup>4)1.</sup> 花低于叶 Flower is lower than leaf; 3: 花叶等高 Flower and leaf are of the same height; 5: 花高于叶 Flower is higher than leaf.

<sup>&</sup>lt;sup>5)</sup>1: 碟状、碗状和杯状 Dish-shape, bowl-shape, and cup-shape; 3: 叠球状 Sphericity; 5: 飞舞状 Flying-shape.

<sup>6) 1:</sup> 单瓣 Single petal; 2: 半重瓣 Semi-double petal; 3: 重瓣 Double petal; 4: 重台 Duplicated petal.

<sup>7) 1:</sup> P9≤40 cm 或 P9>180 cm P9≤40 cm or P9>180 cm; 2: 40 cm<P9≤60 cm 或 160 cm<P9≤180 cm 40 cm<P9≤60 cm or 160 cm<P9≤180 cm; 3: 60 cm<P9≤80 cm 或 140 cm<P9≤160 cm 60 cm<P9≤80 cm or 140 cm<P9≤160 cm; 4: 80 cm<P9≤100 cm 或 120 cm<P9≤140 cm 80 cm<P9≤100 cm or 120 cm<P9≤140 cm; 5: 100 cm<P9≤120 cm.

<sup>8) 1:</sup>弱 Weak; 2:较弱 Relatively weak; 3:一般 Common; 4:较强 Relatively strong; 5:强 Strong.

 $<sup>^{9)}1:\ 0\% &</sup>lt; P12 \leq 20\%\ ;\ 2:\ 20\% < P12 \leq 40\%\ ;\ 3:\ 40\% < P12 \leq 60\%\ ;\ 4:\ 60\% < P12 \leq 80\%\ ;\ 5:\ 80\% < P12 \leq 100\%.$ 

表 4 供试荷花早花品种的加权灰色关联度 $(r_i)$ 

Table 4 Weighted grey correlation degree  $(r_i)$  of early flowering cultivars tested of Nelumbo nucifera Gaertn.

编号 No.	品种 Cultivar	$r_i$	等级 Grade	编号 No.	品种 Cultivar	$r_i$	等级 Grade
X <sub>8</sub>	钱塘骄阳 Qiantangjiaoyang	0.962	优秀 Excellent	X <sub>4</sub>	湘湖明月 Xianghumingyue	0.916	良好 Good
$X_{18}$	湘湖映红 Xianghuyinghong	0.942	优秀 Excellent	X <sub>24</sub>	城山粉黛 Chengshanfendai	0.907	良好 Good
$X_{28}$	湘湖凤蝶 Xianghufengdie	0.939	优秀 Excellent	X <sub>25</sub>	舞之恋 Wuzhilian	0.904	良好 Good
$X_6$	越城芙蕖 Yuechengfuqu	0.937	优秀 Excellent	$X_2$	钱塘春潮 Qiantangchunchao	0.904	良好 Good
$X_{21}$	俊愉莲 Junyulian	0.935	优秀 Excellent	X <sub>20</sub>	钱塘潮涌 Qiantangchaoyong	0.898	良好 Good
$X_{12}$	湘湖烟雨 Xianghuyanyu	0.933	优秀 Excellent	X <sub>14</sub>	光辉 Guanghui	0.897	良好 Good
$X_{27}$	钱塘春晓 Qiantangchunxiao	0.927	良好 Good	X <sub>22</sub>	湘湖流霞 Xianghuliuxia	0.897	良好 Good
$X_{17}$	锦绣江南 Jinxiujiangnan	0.926	良好 Good	X 29	湘湖秀 Xianghuxiu	0.889	一般 General
$X_3$	城山秋月 Chengshanqiuyue	0.925	良好 Good	$X_9$	荷塘晓月 Hetangxiaoyue	0.887	一般 General
$X_7$	跨湖桥 Kuahuqiao	0.922	良好 Good	X 19	湘湖玉露 Xianghuyulu	0.885	一般 General
$X_5$	湘湖鸣翠 Xianghumingcui	0.922	良好 Good	X <sub>11</sub>	湘湖涟漪 Xianghulianyi	0.874	一般 General
X <sub>15</sub>	钱塘奇观 Qiantangqiguan	0.919	良好 Good	$\mathbf{X}_1$	星月点翠 Xingyuediancui	0.865	一般 General
$X_{16}$	舒云 Shuyun	0.919	良好 Good	X <sub>10</sub>	丹阳点绛 Danyangdianjiang	0.860	一般 General
$X_{26}$	湘湖仙子 Xianghuxianzi	0.919	良好 Good	X <sub>23</sub>	披针粉 Pizhenfen	0.848	一般 General
$X_{13}$	白菊花 Baijuhua	0.917	良好 Good	X <sub>30</sub>	粉燕子 Fenyanzi	0.848	一般 General

秀级的品种还有'湘湖映红'( $X_{18}$ )、'湘湖凤蝶'( $X_{28}$ )、'越城芙蕖'( $X_6$ )、'俊愉莲'( $X_{21}$ )和'湘湖烟雨'( $X_{12}$ ),各项性状表现也处于较高水平,可根据实

际生产和应用选择合适的品种。6个优秀级荷花早 花品种花部观赏性优良(图1),且与常规品种相比, 这6个品种的初花时间整体提前1周左右。



A:'钱塘骄阳''Qiantangjiaoyang'; B:'湘湖映红''Xianghuyinghong'; C:'湘湖凤蝶''Xianghufengdie'; D:'越城芙蕖''Yuechengfuqu'; E:'俊愉莲''Junyulian'; F:'湘湖烟雨''Xianghuyanyu'.

图 1 6 个优秀等级荷花早花品种的花部形态 Fig. 1 Floral morphology of 6 excellent early flowering cultivars of Nelumbo nucifera Gaertn.

### 3 讨论和结论

观赏荷花主要应用于夏季观赏,但目前,国内对荷花早花品种的筛选还没有完整的评价体系和标准,

且在实际生产中,由于调查人员的个人经验、喜好以及审美标准的不同,对荷花品种性状的评价不够全面和客观。因此,建立荷花评价体系十分必要。形成统一的综合评价标准,不仅能为建立荷花品种体系提供理论基础,还能促进荷花的深入研究。目前,已有多

种方法应用于荷花评价体系中<sup>[15-17]</sup>,其中,层次分析法在荷花观赏性评价<sup>[18]</sup>、引种筛选<sup>[19]</sup>以及切花品种综合评价和良种筛选<sup>[20]</sup>中已取得科学的结果,但层次分析法通常采用人工赋值,不能够完全利用品种信息,将其与灰色关联分析法相结合能够优势互补,构建出更为科学的评价体系。

本研究结合层次分析法和灰色关联分析法建立 荷花早花品种的综合评价体系。由于荷花早花品种 评价以初花时间和观赏性为主,荷花早花品种应具有 以下特点:初花时间明显早于一般品种、花朵颜色视 觉吸引力强、花形姿态优美、整盆荷花长势良好及整 体观赏性高等。综合研究目的及专家意见后,初花时 间、着花数量、花叶协调性和株高4个指标符合荷花 早花品种的筛选标准。供试30个荷花品种中,'钱塘 骄阳'、'湘湖映红'、'湘湖凤蝶'、'越城芙蕖'、'俊 愉莲'和'湘湖烟雨'为优秀级的荷花早花品种,这 6个荷花品种的花色涵盖了红色、粉色和白色3种色 系,半重瓣、重瓣或重台品种多,其中,'钱塘骄阳'的 初花时间最早至当年5月24日,远远满足筛选需求。 以上6个荷花品种整体上花叶协调性高、着花数量 多、株高适宜,综合性状优良,为观赏性高、整体效果 好的荷花早花品种,普遍符合研究目的,其中排名第 1的'钱塘骄阳'为2019年培育出的荷花新品种[21], 观赏性相关性状总体表现优异,说明最初的人工筛选 取得了较好的效果。

在前期的生产实践中发现,除荷花不同品种间的 开花期具有较大差异外,荷花花期还受天气等环境因 子影响。因此,在科学的评价体系筛选荷花早花品种 的基础上,结合环境和栽培管理措施,可获得优秀的 荷花早花品种。荷花品种的持续优化一直是研究重 点,应结合荷花花期调控分子机制的研究,为进一步 培育早花新品种提供参考。

### 参考文献:

- [1] 王其超,张行言,胡春根.荷花品种分类新系统[J].武汉植物学研究,1997,15(1):19-26.
- [2] 王其超,张行言.荷花发展前景:从中国视角展望[J].中国园林,2011,27(1):50-53.
- [3] 刘艺平, 黄志远, 梁 露, 等. 生长素 IAA 对荷花花期调控的影响[J]. 河南农业科学, 2019, 48(11): 141-145.

- [4] 李春牛, 周锦业, 关世凯, 等. 叶子花花期调控研究进展[J]. 河南农业科学, 2015, 44(10): 8-11, 28.
- [5] 罗会婷, 贾晓东, 翟 敏, 等. 76 株薄壳山核桃实生单株的果实品质差异及综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26 (1): 47-54.
- [6] 吴盼婷,王江民,沈佳逾,等.不同菊花品种根系、地上部和叶片相关指标分析及抗逆性评价[J]. 植物资源与环境学报,2017,26(2):46-54.
- [7] ZHANG M, HUANG H, WANG Q, et al. Cross breeding new cultivars of early-flowering multiflora chrysanthemum based on mathematical analysis [J]. HortScience, 2018, 53(4): 421-426.
- [8] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 148-153.
- [9] 谭学瑞,邓聚龙. 灰色关联分析: 多因素统计分析新方法[J]. 统计研究, 1995(3): 46-48.
- [10] 王 青, 戴思兰, 何 晶, 等. 灰色关联法和层次分析法在盆 栽多头小菊株系选择中的应用[J]. 中国农业科学, 2012, 45 (17); 3653-3660.
- [11] 马婉茹,房伟民,王海滨,等. 多头切花菊立面装饰适宜品种 筛选[J]. 南京农业大学学报, 2020, 43(3): 438-445.
- [12] 熊亚运,夏文通,王 晶,等.基于观赏价值和种球再利用的 郁金香品种综合评价与筛选[J].北京林业大学学报,2015,37(1):107-114.
- [13] 中华人民共和国农业部. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南: 莲属: NY/T 2756—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [14] 朱德宁, 韩 宇, 房伟民, 等. 多花型园林小菊品质评价与品种筛选[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(2): 266-274.
- [15] 冀含乐,韩 鲲. 基于层次分析法的荷花引种价值综合评价 [J]. 现代园艺, 2019(1): 15-16.
- [16] 刘光杨,周 炜,白竹谊,等.耐阴小型荷花品种筛选研究 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(10): 186-193.
- [17] 刘 丽. 盆栽荷花评价及栽培措施对其形态生理特征的影响 [D]. 湘潭: 湖南科技大学化学化工学院, 2019: 35-46.
- [18] 李 欣,姜红卫,李静会,等. 苏州地区荷花资源观赏性初步评价[J]. 江西农业学报, 2012, 24(12): 49-52.
- [19] 吴燕燕,白岳峰,林夏斌,等.武夷山地区观赏荷花品种引种价值综合评价[J].西南林业大学学报,2016,36(1):106-113.
- [20] 闵 睫,刘凤栾,田代科,等. 荷花切花品种的综合评价及良种筛选[J]. 南方农业学报, 2019, 50(8): 1792-1800.
- [21] 吕存红,王 珍,陈利鸿.观赏荷花新品种'钱塘骄阳'[J].园 艺学报,2019,46(S2):2883-2884.

(责任编辑:张明霞)