

## 重瓣型子莲品种的综合评价与筛选

卢学礼<sup>1</sup>, 刘凤军<sup>2</sup>, 李 军<sup>2</sup>, 靖 晶<sup>2</sup>, 王彦杰<sup>1</sup>, 金奇江<sup>1</sup>, 徐迎春<sup>1,①</sup>

(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 国家林业和草原局华东地区花卉生物学重点实验室, 江苏 南京 210095;

2. 苏州市农业科学院 江苏太湖地区农业科学研究所, 江苏 苏州 215155)

**摘要:** 以 68 个重瓣型荷花 (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 品种为材料, 运用层次分析 (AHP) 法对其植株整体特征、花部特征、结实和果实特征以及莲蓬特征 4 个方面共 22 个指标进行综合评价, 建立重瓣型子莲品种的综合评价体系。结果表明: 花部特征以及结实和果实特征是影响重瓣型荷花综合评价的关键因子, 权重较高。根据综合得分对供试 68 个重瓣型荷花品种进行分级, 其中, I 级包括‘满堂红’(‘Mantanghong’)、‘星空牡丹’(‘Xingkong Mudan’)、‘粉千叶’(‘Fenqianye’), 综合得分较高, 分别为 4.437、4.152 和 4.006, 可作为重瓣型子莲初筛品种或育种材料, 为预期理想品种。对 3 个初筛重瓣型子莲品种与 3 个主栽子莲品种‘金芙蓉 1 号’(‘Jinfurong 1’)、‘建选 35 号’(‘Jianxuan 35’) 和‘太空莲 36 号’(‘Space Lotus 36’) 的鲜莲子品质比较后发现, 3 个初筛重瓣型子莲品种鲜莲子的横径和质量总体上显著小于 3 个主栽子莲品种, 但在营养品质方面均具有一定的可食用性, 其中, ‘满堂红’外观品质较好, 但食味表现不足, ‘星空牡丹’外观品质不足, 但食味表现较佳, ‘粉千叶’综合表现不足。综上所述, 建议将‘满堂红’和‘星空牡丹’作为重瓣型子莲品种进行后续研究。

**关键词:** 重瓣型子莲; 层次分析法; 观赏性; 莲子品质

中图分类号: Q948.8; S682.32 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)03-0093-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.03.11

**Comprehensive evaluation and screening of double-petalled seed lotus cultivars** LU Xueli<sup>1</sup>, LIU Fengjun<sup>2</sup>, LI Jun<sup>2</sup>, JING Jing<sup>2</sup>, WANG Yanjie<sup>1</sup>, JIN Qijiang<sup>1</sup>, XU Yingchun<sup>1,①</sup> (1. Key Laboratory of Landscape Agriculture, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Flower Biology in East China, State Forestry and Grassland Administration, College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Institute of Taihu Agricultural Sciences, Jiangsu Province, Suzhou Academy of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(3): 93-100

**Abstract:** Taking 68 double-petalled lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) cultivars as materials, 22 indexes of four aspects namely overall plant characteristics, floral characteristics, fruit setting and fruit characteristics, and lotus seedpod characteristics were comprehensively evaluated by using analytic hierarchy process (AHP) method, and the comprehensive evaluation system of double-petalled seed lotus cultivars was established. The results show that floral characteristics and fruit setting and fruit characteristics are the key factors affecting the comprehensive evaluation of double-petalled lotus with relatively high weight. The 68 double-petalled lotus tested are graded according to the comprehensive scores, in which grade I contains ‘Mantanghong’, ‘Xingkong Mudan’, and ‘Fenqianye’. Their comprehensive scores are relatively high, which are 4.437, 4.152, and 4.006 respectively, and they can be used as preliminary screening cultivars or breeding materials of double-petalled seed lotus and are the expected ideal cultivars. After comparing the fresh lotus seeds quality of three primary screening double-

收稿日期: 2022-01-08

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31772346; 31971710; 320171829); 江苏省农业自主创新资金项目[CX(19)3119]; 中央高校基本科研业务费资源专项(KYZZ2022004); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 卢学礼(1996—), 男, 甘肃武威人, 硕士研究生, 主要从事水生植物及水体生态修复方面的研究。

①通信作者 E-mail: xyc@njau.edu.cn

引用格式: 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.

petalled seed lotus cultivars with three main cultivated seed lotus cultivars ‘Jinfurong 1’, ‘Jianxuan 35’, and ‘Space Lotus 36’, it is found that the horizontal diameter and mass of fresh lotus seeds of three primary screening double-petalled seed lotus cultivars are significantly smaller than those of three main cultivated seed lotus cultivars in general, but they all have edible quality to some extent regarding nutritional quality. Among them, the fresh lotus seed of ‘Mantanghong’ has the better appearance quality but insufficient taste performance, that of ‘Xingkong Mudan’ has insufficient appearance quality but the better taste performance, and that of ‘Fenqianye’ has insufficient comprehensive performance. Taken together, it is suggested that ‘Mantanghong’ and ‘Xingkong Mudan’ can be used as double-petalled seed lotus cultivars for further study.

**Key words:** double-petalled seed lotus; analytic hierarchy process; ornamental value; lotus seed quality

莲(*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 又称荷花, 园艺学中按栽培类型可分为子莲、藕莲和花莲3类。子莲和藕莲分别以收获莲子和藕为主, 食用价值高, 但其花几乎都为单瓣, 且花色单一, 观赏性差; 花莲以观赏为主, 尤以重瓣型荷花观赏价值最高, 但重瓣型荷花大多结实能力差<sup>[1,2]</sup>, 无法满足莲子生产要求, 食用价值低。重瓣型子莲品种如‘金芙蓉1号’(‘Jinfurong 1’)、‘子莲1号’(‘Seed Lotus 1’)、‘超新星’(‘Chaoxing’)和‘武植子2号’(‘WBG S2’)<sup>[3-5]</sup>等, 不仅具有较高的观赏价值, 还可收获莲子, 兼具食用价值, 具有广阔的应用前景。

已有的花莲相关研究多倾向于观赏性<sup>[6]</sup>和园林生态应用<sup>[7]</sup>等方面, 子莲相关研究则倾向于产量和栽培技术<sup>[8]</sup>等方面。由于涉及赏花和食子兼用荷花品种的研究较少, 重瓣型子莲种质资源发掘和利用不足, 育种进度缓慢。目前, 重瓣型子莲品种仅‘金芙蓉1号’的生产和应用较广, 远远无法满足产业需求, 亟待培育出更多重瓣型子莲新品种。

种质资源评价方法较多, 如灰色关联度分析法、模糊数学法、主成分分析法和层次分析(analytic hierarchy process, AHP)法等, 其中, 层次分析法是一种多方案、多目标的决策分析方法, 能够将多目标复杂问题简单化, 该方法逻辑清晰、准确性高, 能够根据评价对象和实际应用等因子, 通过层层对比筛选出与评价目标关系紧密的指标, 在园艺植物的综合评价中应用普遍<sup>[9]</sup>。例如: 在兰科(*Orchidaceae*)植物观赏性状综合评价<sup>[10]</sup>、马铃薯(*Solanum tuberosum* Linn.)抗旱性评价<sup>[11]</sup>及盆栽荷花早花品种筛选<sup>[12]</sup>等研究中均取得良好结果。

鉴于此, 本文以68个重瓣型荷花品种为实验材料, 系统调查其观赏性、结实性和莲子品质等指标, 运用层次分析法进行综合评价, 深度挖掘重瓣型子莲品

种特有优势, 以期筛选出理想的重瓣型子莲品种或育种材料用于生产。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料为南京农业大学荷花种质资源圃保存的68个重瓣型荷花品种(表1)以及目前生产上3个主栽子莲品种‘金芙蓉1号’、‘建造35号’(‘Jianxuan 35’)、‘太空莲36号’(‘Space Lotus 36’)。于2021年4月, 每个品种栽种于1个方池(面积1.5 m×1.5 m), 每个方池栽种大小相近的种藕5支, 正常水肥管理。

### 1.2 方法

1.2.1 植株基本性状的观测方法 于2021年6月至8月观测植株基本性状, 包括9个质量性状和13个数量性状。参照《中国荷花品种图志》<sup>[13]</sup>中的分类标准对9个质量性状进行分类和记录, 其中, 株型、叶姿、花叶协调性、花色系、花态和香味于盛花期进行观察, 成熟莲蓬形状、莲蓬心皮孔是否规整和莲蓬表面是否平整于初花后50 d进行观察。

参考曾绍校等<sup>[14]</sup>的方法测量鲜莲子(初花后20 d, 鲜嫩状态)和干莲子(初花后50 d, 于植株上自然转色, 成熟状态)的横径和纵径; 使用电子天平(精度0.01 g)分别称量鲜莲子和干莲子的质量(以10个莲子为1组, 称量后取平均值); 使用直尺(精度0.1 cm)分别测量花径(盛花期花朵长径和短径的平均值)和成熟莲蓬直径(初花后50 d莲蓬长径和短径的平均值); 统计盛花期单朵花的花瓣数、花丝数和心皮数。上述数量性状均3次重复。统计丰花性(生长期每个方池内开花总数)。

于盛花期, 每个品种选取正常无损伤的花苞3~5

表1 供试重瓣型荷花品种名称

Table 1 Names of test double-petalled lotus cultivars

序号 No.	品种 Cultivar	序号 No.	品种 Cultivar	序号 No.	品种 Cultivar	序号 No.	品种 Cultivar
1	玉斑白 Yubanbai	18	依依仙子 Yiyi Xianzi	35	小披针红 Xiao Pizhenhong	52	赤碗 Chiwan
2	极光 Jiguang	19	云彩 Yuncai	36	红粉佳人 Hongfen Jiaren	53	大洒锦 Dasajin
3	欢庆 Huanqing	20	新锦莲 Xinjinlian	37	太空骄阳 Taikong Jiaoyang	54	太阳花 Taiyanghua
4	翠微之照 Cuiwei Zhizhao	21	精彩 13 Jingcai 13	38	粉魁 Fenkui	55	玉碗 Yuwan
5	紫光阁 Ziguangge	22	星空牡丹 Xingkong Mudan	39	满堂红 Mantanghong	56	卓越 13X Zhuoyue 13X
6	大龙珠 Dalongzhu	23	惊艳 Jingyan	40	粉千叶 Fenqianye	57	梨花白 Lihuabai
7	金丰牡丹 Jinfeng Mudan	24	雪翠 13B Xuecui 13B	41	粉面桃花 Fenmian Taohua	58	普者黑白荷 Puzhehei Baihe
8	玉碟金珠 Yudie Jinzhu	25	清丽 Qingli	42	娇容醉杯 Jiaorong Zuobei	59	风荷新曲 Fenghe Xinqu
9	新统帅 Xintongshuai	26	丹顶玉阁 Danding Yuge	43	粉芙蓉 Fenfurong	60	神女姿 Shennvzi
10	红菊 Hongju	27	云腾霞蔚 Yunteng Xiawei	44	井冈山 Jinggangshan	61	西厢待月 Xixiang Daiyue
11	红衣锦绣 Hongyi Jinxiu	28	圣火 13 Shenghuo 13	45	红蜻蜓 14 Hongqingting 14	62	俊杰 Junjie
12	红斗球 Hongdouqiu	29	国色天香 Guose Tianxiang	46	露华浓 13 Luhuanong 13	63	瑞翠影 Ruicuiying
13	桃园春色 Taoyuan Chunse	30	深情 Shenqing	47	Blushing Bridge	64	娇容 Jiaorong
14	锦上添花 Jinshang Tianhua	31	粉苹果 Fenpingguo	48	Da Bear	65	红舞裙 Hongwuqun
15	风暴 13 Fengbao 13	32	滴血 Dixue	49	江南碧菡 Jiangnan Bihan	66	芙蓉秋色 Furong Qiuse
16	黄河万里 Huanghe Wanli	33	锦绣 Jinxiu	50	Princess Ellen	67	红莺蝶彩 Hongying Diecai
17	中美友谊牡丹莲 Zhongmeiyouyi Mudanlian	34	披针红 Pizhenhong	51	荷露 Helu	68	丽菊 Liju

个挂牌标记,约初花后 50 d 统计其结实总数,根据公式“结实率=(结实总数/可授粉柱头总数)×100%”计算结实率。

1.2.2 鲜莲子营养成分及矿质元素含量的测定方法于初花后 20 d,采摘所需品种同一成熟期的莲蓬 3~5 个,将其中的莲子剥皮去芯后,用于营养成分和矿质元素含量测定。参照王三根<sup>[15]</sup>122-127 的方法分别测定直链淀粉、支链淀粉和总淀粉含量;分别采用 GB 5009.3—2016、GB 5009.4—2016、GB/T 5009.10—2003、GB 5009.5—2016 和 GB 5009.86—2016 中的方法测定水分含量、灰分含量、粗纤维含量、蛋白质含量和 V<sub>C</sub> 含量;采用 Folin-Ciocalteu 比色法<sup>[16]</sup>测定多酚含量;参照王三根<sup>[15]</sup>120-121 的方法测定可溶性糖含量;称取 0.1 g 莲子样品,加入 5 mL 浓硝酸,使用 MARS 6 微波消解仪(美国 CEM 公司)于 180 °C 消解 1 h 后,使用 iCAP 7400 等离子体发射光谱仪(美国 Thermo Fisher Scientific 公司)检测 Ca、P、Zn 和 Fe 含量。上述指标均重复测定 3 次。

1.2.3 层次分析模型建立 为了对重瓣型荷花的综合价值进行更加全面、客观的评价,通过咨询专家,采用层次分析法,将重瓣型荷花综合评价层次分析模型分为 4 层,建立完全相关的综合评价体系。第 1 层:目标层(A),为重瓣型荷花综合评价;第 2 层:约束层

(C<sub>i</sub>),包括植株整体特征(C<sub>1</sub>)、花部特征(C<sub>2</sub>)、结实和果实特征(C<sub>3</sub>)以及莲蓬特征(C<sub>4</sub>);第 3 层:标准层(P<sub>i</sub>),其中,植株整体特征包括株型(P<sub>1</sub>)、叶姿(P<sub>2</sub>)、花叶协调性(P<sub>3</sub>)和丰花性(P<sub>4</sub>),花部特征包括花色系(P<sub>5</sub>)、花态(P<sub>6</sub>)、花瓣数(P<sub>7</sub>)、花径(P<sub>8</sub>)、香味(P<sub>9</sub>)、花丝数(P<sub>10</sub>)和心皮数(P<sub>11</sub>),结实和果实特征包括结实率(P<sub>12</sub>)、鲜莲子纵径(P<sub>13</sub>)、鲜莲子横径(P<sub>14</sub>)、鲜莲子质量(P<sub>15</sub>)、干莲子纵径(P<sub>16</sub>)、干莲子横径(P<sub>17</sub>)和干莲子质量(P<sub>18</sub>),莲蓬特征包括成熟莲蓬形状(P<sub>19</sub>)、莲蓬心皮孔是否规整(P<sub>20</sub>)、莲蓬表面是否平整(P<sub>21</sub>)和成熟莲蓬直径(P<sub>22</sub>);第 4 层:方案层(D),为重瓣型荷花综合得分。

结合重瓣型荷花各性状的实际情况,参考黄祥等<sup>[17]</sup>和侯秋梅等<sup>[18]</sup>研究中层次分析法流程,采用 1~9 比例标度法比较同一层次的 2 个因子,2 个因子同等重要标度为 1,一个因子比另一个因子稍微重要、明显重要、强烈重要和极端重要分别标度为 3、5、7 和 9,2、4、6 和 8 分别为达到 1、3、5、7 和 9 标度间中间程度的标度。

对各层次模型建立判断矩阵,进行一致性检验,计算各指标权重和总权重。采用 5 分制赋分标准(表 2)对各指标进行赋分,然后依据权重计算各指标得分,各品种所有指标得分之和即综合得分。

表2 重瓣型荷花品种植株基本性状的赋分标准

Table 2 Assignment criteria for plant basic traits of double-petalled lotus cultivars

性状 Trait	分值 Score				
	1	2	3	4	5
株型 Plant type (P <sub>1</sub> )			中小株型 Small-medium plant type		大株型 Large plant type
叶姿 Leaf posture (P <sub>2</sub> )	反转形 Inverted shape		平展形 Flat shape		凹形 Concave shape
花叶协调性 Coordination between flower and leaf (P <sub>3</sub> )	花低于叶 Flowers are lower than leaves		花叶高度相近 Flowers and leaves are about the same height		花高于叶 Flowers are higher than leaves
丰花性 Flower abundance (P <sub>4</sub> )	P <sub>4</sub> <20	20≤P <sub>4</sub> <25	25≤P <sub>4</sub> <30	30≤P <sub>4</sub> <35	P <sub>4</sub> ≥35
花色系 Flower color series (P <sub>5</sub> )	白色系 White series	洒锦色系 Variegated series	粉色系, 黄色系 Pink series, yellow series	复色系 Multicolor series	红色系 Red series
花态 Flower posture (P <sub>6</sub> )				碟状 Dish shape	碗状 Bowl shape
花瓣数 Petal number (P <sub>7</sub> )	P <sub>7</sub> <80	80≤P <sub>7</sub> <100	100≤P <sub>7</sub> <120	120≤P <sub>7</sub> <140	P <sub>7</sub> ≥140
花径 Flower diameter (P <sub>8</sub> )	P <sub>8</sub> <10.0 cm	10.0 cm≤P <sub>8</sub> <13.0 cm	13.0 cm≤P <sub>8</sub> <16.0 cm	16.0 cm≤P <sub>8</sub> <19.0 cm	P <sub>8</sub> ≥19.0 cm
香味 Fragrance (P <sub>9</sub> )			清淡 Light		浓烈 Strong
花丝数 Filament number (P <sub>10</sub> )	P <sub>10</sub> <70	70≤P <sub>10</sub> <140	140≤P <sub>10</sub> <210	210≤P <sub>10</sub> <280	P <sub>10</sub> ≥280
心皮数 Carpel number (P <sub>11</sub> )	P <sub>11</sub> <8	8≤P <sub>11</sub> <11	11≤P <sub>11</sub> <14	14≤P <sub>11</sub> <17	P <sub>11</sub> ≥17
结实率 Seed setting rate (P <sub>12</sub> )	P <sub>12</sub> <20%	20%≤P <sub>12</sub> <30%	30%≤P <sub>12</sub> <40%	40%≤P <sub>12</sub> <50%	P <sub>12</sub> ≥50%
鲜莲子纵径 Vertical diameter of fresh lotus seed (P <sub>13</sub> )	P <sub>13</sub> <1.4 cm	1.4 cm≤P <sub>13</sub> <1.6 cm	1.6 cm≤P <sub>13</sub> <1.8 cm	1.8 cm≤P <sub>13</sub> <2.0 cm	P <sub>13</sub> ≥2.0 cm
鲜莲子横径 Horizontal diameter of fresh lotus seed (P <sub>14</sub> )	P <sub>14</sub> <1.0 cm	1.0 cm≤P <sub>14</sub> <1.1 cm	1.1 cm≤P <sub>14</sub> <1.2 cm	1.2 cm≤P <sub>14</sub> <1.3 cm	P <sub>14</sub> ≥1.3 cm
鲜莲子质量 Fresh lotus seed mass (P <sub>15</sub> )	P <sub>15</sub> <1.6 g	1.6 g≤P <sub>15</sub> <2.0 g	2.0 g≤P <sub>15</sub> <2.4 g	2.4 g≤P <sub>15</sub> <2.8 g	P <sub>15</sub> ≥2.8 g
干莲子纵径 Vertical diameter of dry lotus seed (P <sub>16</sub> )	P <sub>16</sub> <1.2 cm	1.2 cm≤P <sub>16</sub> <1.3 cm	1.3 cm≤P <sub>16</sub> <1.4 cm	1.4 cm≤P <sub>16</sub> <1.5 cm	P <sub>16</sub> ≥1.5 cm
干莲子横径 Horizontal diameter of dry lotus seed (P <sub>17</sub> )	P <sub>17</sub> <0.7 cm	0.7 cm≤P <sub>17</sub> <0.8 cm	0.8 cm≤P <sub>17</sub> <0.9 cm	0.9 cm≤P <sub>17</sub> <1.0 cm	P <sub>17</sub> ≥1.0 cm
干莲子质量 Dry lotus seed mass (P <sub>18</sub> )	P <sub>18</sub> <0.6 g	0.6 g≤P <sub>18</sub> <0.9 g	0.9 g≤P <sub>18</sub> <1.2 g	1.2 g≤P <sub>18</sub> <1.5 g	P <sub>18</sub> ≥1.5 g
成熟莲蓬形状 Mature lotus seedpod shape (P <sub>19</sub> )	喇叭形 Trumpet shape	扁圆形 Oblate circle shape	碗形 Bowl shape	伞形 Umbrella shape	倒圆锥形 Inverted cone shape
莲蓬心皮孔是否规整 Carpel hole of lotus seedpod regular or not (P <sub>20</sub> )			规整 Regular		不规整 Irregular
莲蓬表面是否平整 Surface of lotus seedpod flat or not (P <sub>21</sub> )			近平展 Nearly flat		凸 Convex
成熟莲蓬直径 Diameter of mature lotus seedpod (P <sub>22</sub> )	P <sub>22</sub> <4.0 cm	4.0 cm≤P <sub>22</sub> <5.0 cm	5.0 cm≤P <sub>22</sub> <6.0 cm	6.0 cm≤P <sub>22</sub> <7.0 cm	P <sub>22</sub> ≥7.0 cm

### 1.3 数据处理

采用 EXCEL 2019 软件进行数据统计, 采用 SPSS 26 统计分析软件中的 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 评价体系及权重分析

通过整理计算得到各层次的矩阵及指标的权重, 并对矩阵进行一致性检验, 然后计算得出各指标的总权重, 结果见表 3。结果显示: 通过对比约束层的权

重, 花部特征 (C<sub>2</sub>) 以及结实和果实特征 (C<sub>3</sub>) 是重瓣型荷花品种综合评价的关键因子, 对评价结果影响最大, 植株整体特征 (C<sub>1</sub>) 的权重最低, 说明该指标仅作为重瓣型荷花品种综合评价的辅助因子。在标准层中, 总权重较大的指标有花色系 (P<sub>5</sub>)、花态 (P<sub>6</sub>)、结实率 (P<sub>12</sub>)、鲜莲子质量 (P<sub>15</sub>)、干莲子质量 (P<sub>18</sub>) 和成熟莲蓬形状 (P<sub>19</sub>), 表明这些指标是重瓣型荷花品种综合评价中的关键指标。

### 2.2 综合评价结果

对 68 个重瓣型荷花品种的标准层指标进行赋分, 按其权重分别计算 68 个重瓣型荷花品种的综合

表 3 判断矩阵及一致性检验<sup>1)</sup>

Table 3 Judgment matrix and consistency test<sup>1)</sup>

		判断矩阵 Judgment matrix							权重 Weight ( $W_i$ )	总权重 Total weight ( $W_i'$ )	一致性检验 $\lambda_{max}$	Consistency test CI CR	
A-C <sub>i</sub>	A	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>								
	C <sub>1</sub>	1	1/5	1/7	1/2				0.063 4		4.020	0.007	0.008
	C <sub>2</sub>	5	1	1/2	3				0.300 9				
	C <sub>3</sub>	7	2	1	5				0.525 4				
	C <sub>4</sub>	2	1/3	1/5	1				0.110 4				
C <sub>1</sub> -P <sub>i</sub>	C <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>								
	P <sub>1</sub>	1	3	1/4	1/7				0.105 2	0.006 7	4.142	0.047	0.053
	P <sub>2</sub>	1/3	1	1/4	1/8				0.057 9	0.003 7			
	P <sub>3</sub>	4	4	1	1/2				0.285 7	0.018 1			
	P <sub>4</sub>	7	8	2	1				0.551 2	0.034 9			
C <sub>2</sub> -P <sub>i</sub>	C <sub>2</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>					
	P <sub>5</sub>	1	2	4	4	7	6	5	0.353 0	0.106 2	7.498	0.083	0.061
	P <sub>6</sub>	1/2	1	2	3	6	5	4	0.226 2	0.068 1			
	P <sub>7</sub>	1/4	1/2	1	1	6	5	4	0.150 1	0.045 2			
	P <sub>8</sub>	1/4	1/3	1	1	5	4	3	0.126 3	0.038 0			
	P <sub>9</sub>	1/7	1/6	1/6	1/5	1	1/3	1/4	0.027 6	0.008 3			
	P <sub>10</sub>	1/6	1/5	1/5	1/4	3	1	1/3	0.044 9	0.013 5			
	P <sub>11</sub>	1/5	1/4	1/4	1/3	4	3	1	0.072 0	0.021 7			
C <sub>3</sub> -P <sub>i</sub>	C <sub>3</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>15</sub>	P <sub>16</sub>	P <sub>17</sub>	P <sub>18</sub>					
	P <sub>12</sub>	1	8	8	7	8	8	7	0.547 5	0.287 7	7.052	0.009	0.006
	P <sub>13</sub>	1/8	1	1	1/2	1	1	1/2	0.058 7	0.030 8			
	P <sub>14</sub>	1/8	1	1	1/2	1	1	1/2	0.058 7	0.030 8			
	P <sub>15</sub>	1/7	2	2	1	2	2	1	0.108 8	0.057 2			
	P <sub>16</sub>	1/8	1	1	1/2	1	1	1/2	0.058 7	0.030 8			
	P <sub>17</sub>	1/8	1	1	1/2	1	1	1/2	0.058 7	0.030 8			
	P <sub>18</sub>	1/7	2	2	1	2	2	1	0.108 8	0.057 2			
C <sub>4</sub> -P <sub>i</sub>	C <sub>4</sub>	P <sub>19</sub>	P <sub>20</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>								
	P <sub>19</sub>	1	6	7	5				0.622 3	0.068 7	4.182	0.061	0.068
	P <sub>20</sub>	1/6	1	3	1/2				0.119 9	0.013 2			
	P <sub>21</sub>	1/7	1/3	1	1/5				0.055 7	0.006 1			
	P <sub>22</sub>	1/5	2	5	1				0.202 1	0.022 3			

<sup>1)</sup> A: 目标层 Target layer; C<sub>i</sub>: 约束层 Constraint layer; P<sub>i</sub>: 标准层 Standard layer; C<sub>1</sub>: 植株整体特征 Overall plant characteristics; C<sub>2</sub>: 花部特征 Floral characteristics; C<sub>3</sub>: 结实和果实特征 Fruit setting and fruit characteristics; C<sub>4</sub>: 莲蓬特征 Lotus seedpod characteristics; P<sub>1</sub>: 株型 Plant type; P<sub>2</sub>: 叶姿 Leaf posture; P<sub>3</sub>: 花叶协调性 Coordination between flower and leaf; P<sub>4</sub>: 丰花性 Flower abundance; P<sub>5</sub>: 花色系 Flower color series; P<sub>6</sub>: 花态 Flower posture; P<sub>7</sub>: 花瓣数 Petal number; P<sub>8</sub>: 花径 Flower diameter; P<sub>9</sub>: 香味 Fragrance; P<sub>10</sub>: 花丝数 Filament number; P<sub>11</sub>: 心皮数 Carpel number; P<sub>12</sub>: 结实率 Seed setting rate; P<sub>13</sub>: 鲜莲子纵径 Vertical diameter of fresh lotus seed; P<sub>14</sub>: 鲜莲子横径 Horizontal diameter of fresh lotus seed; P<sub>15</sub>: 鲜莲子质量 Fresh lotus seed mass; P<sub>16</sub>: 干莲子纵径 Vertical diameter of dry lotus seed; P<sub>17</sub>: 干莲子横径 Horizontal diameter of dry lotus seed; P<sub>18</sub>: 干莲子质量 Dry lotus seed mass; P<sub>19</sub>: 成熟莲蓬形状 Mature lotus seedpod shape; P<sub>20</sub>: 莲蓬心皮孔是否规整 Carpel hole of lotus seedpod regular or not; P<sub>21</sub>: 莲蓬表面是否平整 Surface of lotus seedpod flat or not; P<sub>22</sub>: 成熟莲蓬直径 Diameter of mature lotus seedpod.  $\lambda_{max}$ : 最大特征根 Maximum characteristic root; CI: 矩阵一致性检验指标 Matrix consistency test index; CR: 矩阵一致性检验比率 Matrix consistency test ratio.

得分(S)并划分等级。结果(表 4)显示: I 级( $S \geq 4.0$ )包括‘满堂红’(‘Mantanghong’)、‘星空牡丹’(‘Xingkong Mudan’)和‘粉千叶’(‘Fenqianye’),综合得分分别为 4.437、4.152 和 4.006,这 3 个品种赏食性表现好,综合价值高,是潜在的重瓣型子莲品种,可作为初筛品种或育种材料进一步考察。II 级( $3.0 \leq S < 4.0$ )包括‘深情’(‘Shenqing’)、‘粉魁’

(‘Fenkui’)和‘娇容醉杯’(‘Jiaorong Zuibe’)等 22 个品种,赏食性表现较好,综合价值较高,可能个别指标表现不佳,进一步筛选后,可作为备用育种材料;III 级( $2.5 \leq S < 3.0$ )包括 30 个品种,赏食性表现和综合价值中等,可能多个指标表现不足;IV 级( $S < 2.5$ )包括 13 个品种,赏食性表现和综合价值一般,完全不能用于重瓣型子莲品种,不建议推广应用。

表4 重瓣型荷花品种的综合得分及等级<sup>1)</sup>Table 4 Comprehensive scores and grades of double-petalled lotus cultivars<sup>1)</sup>

品种 Cultivar	C	G	品种 Cultivar	C	G	品种 Cultivar	C	G
满堂红 Mantanghong	4.437	I	红舞裙 Hongwuqun	3.079	II	雪翠 13B Xuecui 13B	2.663	III
星空牡丹 Xingkong Mudan	4.152	I	卓越 13X Zhuoyue 13X	3.059	II	太空娇阳 Taikong Jiaoyang	2.662	III
粉千叶 Fenqianye	4.006	I	黄河万里 Huanghe Wanli	2.973	III	西厢待月 Xixiang Daiyue	2.600	III
深情 Shenqing	3.918	II	红蜻蜓 14 Hongqingting 14	2.939	III	大酒锦 Dasajin	2.582	III
粉魁 Fenkui	3.842	II	披针红 Pizhenhong	2.926	III	小披针红 Xiao Pizhenhong	2.581	III
娇容醉杯 Jiaorong Zuibei	3.834	II	红衣锦绣 Hongyi Jinxiu	2.926	III	风荷新曲 Fenghe Xinqu	2.581	III
井冈山 Jinggangshan	3.791	II	荷露 Helu	2.907	III	露华浓 13 Luhuanong 13	2.566	III
紫光阁 Ziguangge	3.785	II	新锦莲 Xinjinlian	2.906	III	梨花白 Lihuabai	2.554	III
芙蓉秋色 Furong Qiuse	3.732	II	大龙珠 Dalongzhu	2.885	III	欢庆 Huanqing	2.506	III
Blushing Bridge	3.610	II	红鸢蝶彩 Hongying Diecai	2.875	III	红粉佳人 Hongfen Jiaren	2.476	IV
粉面桃花 Fenmian Taohua	3.587	II	滴血 Dixue	2.858	III	玉碗 Yuwan	2.462	IV
赤碗 Chiwan	3.542	II	红斗球 Hongdouqiu	2.810	III	俊杰 Junjie	2.403	IV
精彩 13 Jingcai 13	3.441	II	神女姿 Shennvzi	2.800	III	新统帅 Xintongshuai	2.375	IV
云腾霞蔚 Yunteng Xiawei	3.398	II	依依仙子 Yiyi Xianzi	2.785	III	玉碟金珠 Yudie Jinzhu	2.369	IV
国色天香 Guose Tianxiang	3.391	II	红菊 Hongju	2.749	III	风暴 13 Fengbao 13	2.317	IV
清丽 Qingli	3.331	II	太阳花 Taiyanghua	2.742	III	丽菊 Liju	2.297	IV
圣火 13 Shenghuo 13	3.237	II	锦绣 Jinxiu	2.736	III	普者黑白荷 Puzhehei Baihe	2.297	IV
娇容 Jiaorong	3.226	II	惊艳 Jingyan	2.734	III	玉斑白 Yubanbai	2.255	IV
江南碧菡 Jiangnan Bihan	3.147	II	中美友谊牡丹莲 Zhongmeiyouyi Mudanlian	2.723	III	云彩 Yuncai	2.234	IV
Da Bear	3.130	II	锦上添花 Jinshang Tianhua	2.702	III	翠微之照 Cuiwei Zhizhao	2.210	IV
Princess Ellen	3.116	II	瑞翠影 Ruicuiying	2.696	III	极光 Jiguang	2.101	IV
桃园春色 Taoyuan Chunse	3.096	II	粉苹果 Fenpingguo	2.676	III	金丰牡丹 Jinfeng Mudan	2.087	IV
丹顶玉阁 Danding Yuge	3.093	II	粉芙蓉 Fenfurong	2.668	III			

<sup>1)</sup> C: 综合得分 Comprehensive score; G: 等级 Grade.

### 2.3 初筛重瓣型子莲品种鲜莲子品质评价

为考量 3 个初筛重瓣型子莲品种‘满堂红’、‘星空牡丹’和‘粉千叶’的鲜莲子品质,将其与 3 个主栽子莲品种‘金芙蓉 1 号’、‘建选 35 号’和‘太空莲 36 号’进行对比,进一步评价其食用价值。

2.3.1 鲜莲子果实特征和结实率的比较 结果(表 5)表明:‘星空牡丹’鲜莲子纵径与‘金芙蓉 1 号’和‘建选 35 号’无显著差异;‘粉千叶’鲜莲子纵径与‘金芙蓉 1 号’无显著差异;‘满堂红’鲜莲子纵径显著小于 3 个主栽子莲品种。3 个初筛重瓣型子莲品种鲜莲子横径显著小于 3 个主栽子莲品种。3 个初筛重瓣型子莲品种鲜莲子质量(2.66~3.10 g)显著小于‘建选 35 号’和‘太空莲 36 号’(分别为 4.70 和 3.87 g),但与‘金芙蓉 1 号’总体差异不显著。3 个初筛重瓣型子莲品种结实率为 68.18%~79.35%,其中,‘满堂红’结实率较高(79.35%),‘星空牡丹’和‘粉千叶’的结实率明显低于 3 个主栽子莲品种

(76.44%~88.50%)。

2.3.2 鲜莲子营养品质的比较 结果(表 6)显示:‘满堂红’鲜莲子直链淀粉含量显著高于其他 5 个品种;‘星空牡丹’鲜莲子直链淀粉含量与‘金芙蓉 1 号’和‘太空莲 36 号’无显著差异,但显著高于‘建选 35 号’;‘粉千叶’鲜莲子直链淀粉含量最低,为 9.18%,显著低于其他 5 个品种。‘金芙蓉 1 号’鲜莲子支链淀粉含量最低,其他 5 个品种间鲜莲子支链淀粉含量无显著差异。‘满堂红’鲜莲子总淀粉含量最高,为 69.32%,显著高于其他 5 个品种;‘星空牡丹’鲜莲子总淀粉含量次之,显著高于‘金芙蓉 1 号’和‘建选 35 号’;‘粉千叶’鲜莲子总淀粉含量最低,为 30.15%,显著低于其他 5 个品种。

‘粉千叶’鲜莲子水分含量最高,‘满堂红’最低,二者间差异显著;‘星空牡丹’鲜莲子水分含量与 3 个主栽子莲品种差异不显著。3 个初筛重瓣型子莲品种和 3 个主栽子莲品种间鲜莲子的灰分、多酚和粗纤

表 5 初筛重瓣型子莲品种与主栽子莲品种鲜莲子果实特征和结实率的比较 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 5 Comparison on fruit characteristics and seed setting rate of fresh lotus seeds of primary screening double-petalled seed lotus cultivars and main cultivated seed lotus cultivars ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	VD/cm	HD/cm	m/g	R/%
MTH	2.05±0.03d	1.39±0.03b	3.10±0.06c	79.35
XKMD	2.11±0.12bcd	1.29±0.08c	2.74±0.07d	70.41
FQY	2.06±0.08cd	1.34±0.01bc	2.66±0.13d	68.18
JFR1	2.17±0.02bc	1.82±0.02a	2.70±0.03d	88.50
JX35	2.20±0.01b	1.82±0.01a	4.70±0.03a	76.44
SL36	2.37±0.02a	1.77±0.02a	3.87±0.01b	85.30

<sup>1)</sup> VD: 鲜莲子纵径 Vertical diameter of fresh lotus seed; HD: 鲜莲子横径 Horizontal diameter of fresh lotus seed; m: 鲜莲子质量 Fresh lotus seed mass; R: 结实率 Seed setting rate. 同列中不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same column indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference.

<sup>2)</sup> MTH: ‘满堂红’ ‘Mantanghong’; XKMD: ‘星空牡丹’ ‘Xingkong Mudan’; FQY: ‘粉千叶’ ‘Fenqianye’; JFR1: ‘金芙蓉 1 号’ ‘Jinfurong 1’; JX35: ‘建造 35 号’ ‘Jianxuan 35’; SL36: ‘太空莲 36 号’ ‘Space Lotus 36’.

维含量均无显著差异。‘满堂红’和‘建造 35 号’鲜莲子可溶性糖含量较高,二者间无显著差异,但显著高于其他 4 个品种;其他 4 个品种间鲜莲子可溶性糖含量无显著差异。‘金芙蓉 1 号’鲜莲子的蛋白质和  $V_c$  含量显著高于其他 5 个品种;其他 5 个品种间鲜莲子的蛋白质和  $V_c$  含量无显著差异。

‘粉千叶’鲜莲子 Ca 含量最低,仅  $672.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;其他 5 个品种鲜莲子 Ca 含量较高,为  $1\ 211.09\sim 1\ 505.37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,总体差异不显著。3 个初筛重瓣型子莲品种鲜莲子 P 含量显著高于 3 个主栽子莲品种,其‘满堂红’鲜莲子 P 含量最高,‘星空牡丹’居中,‘粉千叶’最低,三者间差异显著。3 个初筛重瓣型子莲品种鲜莲子 Zn 含量显著低于‘金芙蓉 1 号’和‘建造 35 号’,其中,‘粉千叶’鲜莲子 Zn 含量最低,为  $2.66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。‘满堂红’和‘星空牡丹’

表 6 初筛重瓣型子莲品种与主栽子莲品种鲜莲子营养品质的比较 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 6 Comparison on nutritional quality of fresh lotus seeds of primary screening double-petalled seed lotus cultivars and main cultivated seed lotus cultivars ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	直链淀粉含量/% Amylose content	支链淀粉含量/% Amylopectin content	总淀粉含量/% Total starch content	水分含量/% Water content	灰分含量/% Ash content	多酚含量/% Polyphenol content	粗纤维含量/% Crude fiber content
MTH	48.92±1.74a	20.39±0.99a	69.32±1.60a	66.58±0.91d	1.80±0.07a	1.05±0.14a	1.07±0.06a
XKMD	30.60±1.48b	20.83±0.14a	51.43±1.56b	73.98±0.63bc	1.69±0.04a	0.99±0.11a	1.06±0.13a
FQY	9.18±0.73d	20.96±0.11a	30.15±0.69d	88.78±0.85a	1.72±0.07a	0.99±0.06a	1.07±0.05a
JFR1	26.66±1.19bc	14.97±5.63b	41.64±5.73c	74.78±2.37bc	1.65±0.02a	1.10±0.08a	1.01±0.08a
JX35	21.80±4.23c	17.87±2.75ab	39.67±6.91c	71.50±7.53cd	1.77±0.13a	1.08±0.11a	1.02±0.05a
SL36	27.49±7.15bc	20.46±2.75a	47.95±8.60bc	79.84±5.21b	1.68±0.07a	1.03±0.12a	1.03±0.13a

  

品种 <sup>2)</sup> Cultivar <sup>2)</sup>	可溶性糖含量/% Soluble sugar content	蛋白质含量/% Protein content	$V_c$ 含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) $V_c$ content	Ca 含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Ca content	P 含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) P content	Zn 含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Zn content	Fe 含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Fe content
MTH	5.30±0.22a	7.80±0.03b	42.89±4.09b	1 362.58±34.32ab	4 516.52±270.08a	8.78±0.19c	34.63±2.03a
XKMD	4.03±0.10b	7.20±0.10b	42.80±3.52b	1 222.52±99.81b	4 023.00±240.07b	10.38±0.42c	33.40±3.57a
FQY	3.69±0.08b	7.68±0.10b	51.47±4.68b	672.79±26.79c	3 524.38±48.44c	2.66±0.07d	17.92±0.64c
JFR1	3.44±0.25b	11.55±1.11a	98.61±18.70a	1 505.37±240.52a	2 435.51±185.96de	13.29±1.69b	15.58±0.65c
JX35	6.20±1.07a	7.62±1.72b	63.56±2.93b	1 359.65±213.14ab	2 653.59±321.48d	15.36±2.03a	25.60±1.21b
SL36	3.55±0.85b	7.89±0.64b	60.96±21.55b	1 211.09±78.30b	2 184.14±42.19e	9.76±0.17c	22.53±1.83b

<sup>1)</sup> 同列中不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same column indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference.

<sup>2)</sup> MTH: ‘满堂红’ ‘Mantanghong’; XKMD: ‘星空牡丹’ ‘Xingkong Mudan’; FQY: ‘粉千叶’ ‘Fenqianye’; JFR1: ‘金芙蓉 1 号’ ‘Jinfurong 1’; JX35: ‘建造 35 号’ ‘Jianxuan 35’; SL36: ‘太空莲 36 号’ ‘Space Lotus 36’.

鲜莲子 Fe 含量显著高于其他 4 个品种,‘粉千叶’和‘金芙蓉 1 号’鲜莲子 Fe 含量较低。

### 3 讨 论

本文采用层次分析法对 68 个重瓣型荷花品种的观赏性、结实性和莲子品质进行综合评价,综合评价

结果理想,说明该方法适用于重瓣型荷花种质资源综合评价。初步筛选出的‘满堂红’、‘星空牡丹’和‘粉千叶’3 个重瓣型子莲品种,在观赏方面多为红色系、粉色系碗状花态,在花径、花瓣数、香味、丰花性和花叶协调性方面均具有较好的表现。这 3 个初筛重瓣型子莲品种在具有良好的植株整体特性与高观赏价值的同时,又克服了重瓣型荷花不结实、少结实的特

性<sup>[19]</sup>,结实率高达68.18%~79.35%,且鲜莲子横径、纵径和质量等指标在供试重瓣型荷花品种中表现突出。进一步对比鲜莲子品质后发现,鲜莲子果实特征方面,3个重瓣型子莲品种鲜莲子的横径和质量总体上显著小于3个主栽子莲品种,即鲜莲子横径较小,质量较轻,而鲜莲子质量主要受横径限制,推测可能与种质遗传基础或莲子生长发育中营养供给有关<sup>[20]</sup>。同时,考虑到子莲栽培时往往为同一品种大规模栽培,其结实率更多为自交结实,而本研究中的结实率则包括小环境下的杂交与自交,故大面积栽培时,其结实率可能会降低。鲜莲子营养品质方面,3个初筛重瓣型子莲品种与3个主栽子莲品种在鲜莲子灰分、多酚和粗纤维含量方面无显著差异,且除‘金芙蓉1号’外,其他5个品种鲜莲子的支链淀粉、蛋白质和V<sub>C</sub>含量也无显著差异,3个初筛重瓣型子莲品种的其他营养指标,如可溶性糖和矿质元素含量等,与3个主栽子莲品种分别具有不同的良好表现。整体来看,3个初筛重瓣型子莲品种在营养品质方面具备一定的可食用性。

进一步比较3个初筛重瓣型子莲品种,‘满堂红’鲜莲子外观品质总体最佳,最接近子莲品种,但直链淀粉和总淀粉含量过高,水分含量过低,其中,直链淀粉含量是影响鲜莲子食用时黏性、柔软性、固体物溶解性、光泽和颜色的主要因子,是食味品质的重要指标<sup>[14,21]</sup>,‘满堂红’鲜莲子食用时颗粒感较明显<sup>[22]</sup>,食味表现不足;‘星空牡丹’鲜莲子外观品质略低于‘满堂红’,但直链淀粉、总淀粉和水分含量表现较好,鲜莲子食用时口感脆甜有弹性,食味表现较佳;‘粉千叶’鲜莲子外观品质明显差于‘满堂红’,且直链淀粉和总淀粉含量过低,水分含量过高,矿质元素含量等均表现不佳。

综合考虑莲子生长状况及营养品质,‘满堂红’和‘星空牡丹’可作为重瓣型子莲品种后续研究的主要对象,后续应着重研究提高莲子质量的栽培措施,促使莲子饱满、均匀。另外,在重瓣型子莲品种的选育中,还应考虑到品种适应性、抗病性和物候期等方面的指标。

#### 参考文献:

- [1] 林敏,牛沐奇,杨俊杰,等.荷花品种杂交结实率研究[J].乡村科技,2020(20):70-71.  
[2] 李欣,姜红卫,刘敬阳,等.不同类型荷花杂交、开放授粉、自

- 交结实性及出苗率研究[J].江西农业学报,2013,25(4):43-45.  
[3] 常宝亮,刘凤军,姜红卫,等.9个子莲品种观赏性和莲子品质的综合评价[J].植物资源与环境学报,2021,30(6):58-63.  
[4] 朱红莲,匡晶,刘正位,等.子莲新品种超新星的创制及比较试验[J].长江蔬菜,2020(24):53-55.  
[5] 杨东,刘艳玲,邓显豹,等.观花食子兼用莲新品种‘武植子2号’[J].园艺学报,2021,48(S2):2955-2956.  
[6] 闵睫,刘凤荣,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.  
[7] 施沁璇,孙博峰,胡晓波,等.水生植物对养殖池塘重金属污染底泥的修复作用[J].安全与环境学报,2018,18(5):1956-1962.  
[8] 刘正位,匡晶,朱红莲,等.莲属植物资源和育种研究进展[J].园艺学报,2020,47(9):1845-1858.  
[9] ISHIZAKA A, LABIB A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(11): 14336-14345.  
[10] 苏梓莹,李澜,张茜莹,等.广东省特有兰科植物观赏性综合评价[J].热带作物学报,2020,41(8):1560-1565.  
[11] 秦军红,张婷婷,孟丽丽,等.引进马铃薯种质资源抗旱性评价[J].植物遗传资源学报,2019,20(3):574-582.  
[12] 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.  
[13] 王其超,张行言.中国荷花品种图志[M].北京:中国林业出版社,2005:58-66.  
[14] 曾绍校,张怡,梁静,等.中国22个莲子品种外观品质和淀粉品质的研究[J].中国食品学报,2007,7(1):74-78.  
[15] 王三根.植物生理学实验教程[M].北京:科学出版社,2017.  
[16] 吕群金,衣杰荣,丁勇.Folin-Ciocalteu比色法测定杨桃的多酚含量[J].湖南农业科学,2009(7):99-101.  
[17] 黄祥,杨梅花,楚光明,等.耐寒睡莲种质资源分析及观赏性评价[J].分子植物育种,2022,20(4):1348-1357.  
[18] 侯秋梅,周薇,吴楠,等.玫瑰种质资源的综合评价与品种优选[J].种子,2021,40(7):69-73.  
[19] LIU F, QIN M, MIN J, et al. Effects of parent species type, flower color, and stamen petaloidy on the fruit-setting rate of hybridization and selfing in lotus (*Nelumbo*) [J]. Aquatic Botany, 2021, 172: 103396.  
[20] 王玲,王硕,薛建华,等.中国野生莲莲子的形态变异[J].河北农业大学学报,2013,36(1):16-20.  
[21] TU Y, YAN S, LI J. Impact of harvesting time on the chemical composition and quality of fresh lotus seeds [J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2020, 61(4): 735-744.  
[22] ZHU F. Structures, properties, and applications of lotus starches [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 63: 332-348.

(责任编辑:张明霞)