

doi:10.11937/bfyy.20224104

基于专用目标的紫斑牡丹单株 评价与筛选

司宝华, 罗建让, 张延龙

(西北农林科技大学 风景园林艺术学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以 64 株紫斑牡丹为试材,对 22 个性状进行测定,采用层次分析法建立科学合理的紫斑牡丹观赏评价体系和油用评价体系,筛选出适合观赏、油用和油观两用的单株,以期为紫斑牡丹的科学利用提供参考依据。结果表明:观赏评价体系中 I 级(优)花朵直立,长势旺盛,各性状表现优良,观赏价值高,包括 12 株;II 级(良)有 16 株,整体性状良好,适合观赏;III 级(一般)包括 22 株,观赏价值较低;IV 级(差)有 14 株,各性状表现较差,不建议使用。在油用评价体系中,I 级优良单株有效蒴果多,单株产量和含油率高,有 10 株;II 级较优单株包含 11 株,某项性状比较突出,选择性使用;III 级一般单株有 27 株,建议保守使用;IV 级劣势植株有 8 株,综合得分低,不建议使用。最终得到 7 株油观两用牡丹,5 株观赏价值较高牡丹和 3 株油用价值较高的紫斑牡丹,为高大型牡丹或油观两用牡丹新品种培育提供材料基础。该研究中构建的评价体系,基本能满足生活中对紫斑牡丹观赏和油用的要求,可以有效地指导紫斑牡丹在园林中的应用。

关键词:紫斑牡丹;观赏评价体系;油用评价体系;层次分析法

中图分类号:S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2023)10-0065-09

紫斑牡丹(*Paeonia rockii*)属于芍药科(*Paeoniaceae*)芍药属(*Paeonia*)牡丹组(*Section Mouton* DC.),其花瓣基部有一明显的深紫色斑块。在牡丹组的 9 个野生种中,紫斑牡丹在我国分布最广,叶形、花色、花期等变异丰富,个体水平表现出极大的差异,在形态上已经完全分化成 2 个具有一定差异的异域亚种^[1-2]。紫斑牡丹结实性好,产籽量高,种子的油脂含量和 α -亚麻酸含量都很高,被称为“脑黄金之最”^[3],2011 年,国家卫生部

将其列入新资源食品。紫斑牡丹的现有研究主要关注在含油率上而忽视其观赏价值,或者只是进行综合评价,而忽略了一些单一性状突出的植株^[4-7]。现代花卉产业发展快速,对生产的专业化程度与目的性要求越来越高,例如观赏牡丹和油用牡丹生产,就是 2 种应用目的与栽培技术明显不同的产业,对品种及其最终产品的要求明显不同。因此,针对专门的应用目标,使用科学方法进行品种评价与筛选,对指导目前我国的牡丹生产具有重要现实意义。

该研究在性状综合调查的基础上,突破以往综合性评价与筛选牡丹的方法^[4-7],以及偏重或强调综合性而忽视特定的应用目标的传统,针对观赏栽培和油用生产的不同要求,通过层次分析法(AHP)分别建立紫斑牡丹观赏评价体系和油用评价体系,对国家西北牡丹种质资源库中的 64 株紫斑牡丹种质进行了单株评价和筛选,以期为紫

第一作者简介:司宝华(1998-),女,硕士研究生,研究方向为牡丹资源的评价。E-mail:729693738@qq.com.

责任作者:罗建让(1978-),男,博士,副教授,现主要从事芍药属植物育种与应用等研究工作。E-mail:luojianrang@nwafu.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金面上资助项目(31971709);陕西省科技计划资助项目(2022NY-146)。

收稿日期:2022-10-10

斑牡丹的科学利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为从甘肃临洮初选的 64 株紫斑牡丹,定植于国家西北牡丹种质资源库 8 年,株龄均为 13 年左右,各性状表现稳定,所有日常管理措施均保持一致。

1.2 试验方法

试验地设于陕西省杨陵区。该地位于陕西省中部,南依秦岭、北眺北山,地势平坦,土地肥沃,海拔 514 m,是我国农业文明发祥地之一。地理坐标为北纬 34°19′19″、东经 108°05′30″,属大陆性季风区半湿润半干旱气候,夏热多雨、冬寒干燥。渭河、漆水河、韦河 3 条河流,以及宝鸡峡二支渠、渭惠渠、高干渠等人工渠系越境而过。年平均气温 12.9℃,年极端最高气温 42℃,年极端最低气温 -19.4℃;年平均降水量 635.1 mm,年平均蒸发量 993.2 mm,年均干燥度 1.09~1.67^[8-10]。

1.3 构建评价体系

1.3.1 项目测定

参考张延龙等^[11]、刘俊娟等^[12]、李艳梅等^[13]、高平等^[14]方法,2021 年花期和果期对主要性状进行观测记录,并标记挂牌,进行初步统计。2022 年花期和果期对 22 项指标进行全面观测,对 64 株紫斑牡丹逐项进行现场观察、测量、填写,并对每个单株拍摄清晰照片备查。

株高、冠幅、枝叶等性状的测量均在具备最佳观赏特征的盛花期进行,以当年生枝基部向上第 3 个叶柄上的叶为准。质量性状结合现场观测情况,以最典型的性状进行记录。为了减少花色、盛花期叶色等性状的变化误差,观测期内于每日 08:00—10:00、16:00—18:00 进行观测,对比英国皇家园林协会 RHS 植物比色卡 RHS Large colour chart (sixth revised edition),记录相关颜色性状。所有质量数据测量 3 次,取平均值。具体测定方法及标准见表 1。

表 1 紫斑牡丹观赏和油用评价指标与评分标准

Table 1 Evaluation indexes and scoring criteria for ornamental and oil use of *Paeonia rockii*

性状 Character	具体测定方法 Specific determination method	赋值标准 Assignment criteria
长势 Growth	目测	强(3分),中(2分),弱(1分)
株形 Plant shape	目测	直立型(3分),半开张型(2分),开张型(1分)
叶色 Leaf color	RHS Large colour chart 比色	深绿(3分),绿色(2分),灰绿、黄绿(1分)
花姿 Flower posture	目测:花朵在植株上着生姿态	直立(3分),侧垂(2分),下垂(1分)
花显示度 Flower display	目测	高于叶面(3分),平于叶面(2分),低于叶面(1分)
花型 Pattern	以盛花期植株开花第 2 天的花朵为准: 单瓣型(单瓣)、荷花型、蔷薇型(复瓣)	重瓣(2分),单瓣(1分)
花色 Decor	RHS Large colour chart 比色	紫色(3分),浅紫(2分),白色(1分)
花香 Floral fragrance	感官:无香、淡香、中香、浓香	浓香(3分),中香(2分),淡香或无(1分)
花期早晚 Florescence early and late	以初开期的记录数据分类,4月7日前为早花植株; 4月18日后为晚花植株;介于中间的为中花植株	早或晚花植株(2分),中花植株(1分)
花径 Flower diameter/cm	卷尺测量。大花类:花径≥15 cm; 中花类:15 cm>花径>12 cm;小花类:花径≤12 cm	大花类(3分),中花类(2分),小花类(1分)
株高 Plant height/cm	卷尺测量	≥120 cm(3分),90~120 cm(2分),≤90 cm(1分)
新生枝长度 Length of new branch/cm	卷尺测量	≥30 cm(3分),25~30 cm(2分),≤25 cm(1分)
新生枝粗度 Diameter of new branch/mm	游标卡尺测量	≥5(3分),4~5(2分),≤4(1分)
花期 Florescence/d	第 1 朵花开放至最后 1 朵花凋谢的持续天数	≥14(3分),7~14(2分),≤7(1分)
分枝数 Number of branches	从植株基部开始计算分枝数量	—
有效果实数 Effective real number	种子发育良好的蓇葖果个数	—
果实质量 Fruit weight/mg	电子天平称重:单株所有蓇葖果的质量	—
单果质量 Single fruit weight/mg	电子天平称质量	—
仁皮比 Kernel-skin ratio	电子天平称质量:种仁/种皮	—
单株产量 Yield per plant	电子天平称质量:单株所有种子的质量	—
出油率 Oil yield	新型核磁共振含油量测定仪测定	—
冠幅 Crown width	卷尺测量:东西×南北	—

1.3.2 构建评价模型

基于观赏和油用目标,分别建立评价模型。参考文献资料^[4,7,13-15]并结合专家的意见,选取新生枝长度、单株着花数、花显示度、花型、花色和花期持续时间等 15 个对观赏价值影响较大的指标构建观赏评价体系;选取有效果实数、果实质量、单株产量、仁皮比和出油率等 9 个对油用影响较大的指标构建油用评价体系。

运用层次分析法^[16],利用 SPSS PRO 在线软件构建紫斑牡丹实生群体观赏评价模型(表 2)和油用评价模型(表 3),模型包含目标层、准则层、标准层和方案层 4 个层次。观赏评价模型中,目标层(A)为紫斑牡丹观赏价值的综合评价,根据评价结果排序,选择出观赏性良好的单株;准则层(B)为确定观赏评价价值的主要准则,即评价的主要性状,分别为整体性状(B1)、枝叶性状(B2)及花部性状(B3);标准层(C)为 15 个具体评价指标,由长势、新生枝长度、花径等 15 个指标组成;方案层(D)为待评价的 64 株紫斑牡丹。油用评价模型中,目标层(T)为紫斑牡丹油用价值的综合评价;准则层(N)分别为生长性状(N1),果实性状(N2)和种子性状(N3);标准层(P)为单株产量、出油率等 9 个具体评价指标。方案层(S)为待评价的 56 株紫斑牡丹。

表 2 紫斑牡丹观赏评价模型			
Table 2 Ornamental evaluation model of <i>Paeonia rockii</i>			
目标层	准则层	标准层	方案层
Target layer	Constraint	Standard layer	Scheme layer
(A)	layer (B)	(C)	(D)
紫斑牡丹观赏 价值评价 A Evaluation of the ornamental value of <i>Paeonia rockii</i> A	整体性状 B1	长势 C1	待评价的紫斑牡丹 D1, D2, D3, ..., D64
		株形 C2	
		株高 C3	
	枝叶性状 B2	新生枝长度 C4	
		新生枝粗度 C5	
		叶色 C6	
	花部性状 B3	花姿 C7	
		单株着花数 C8	
		花显示度 C9	
		花径 C10	
		花型 C11	
		花色 C12	
		花香 C13	
		花期早晚 C14	
		花期持续时间 C15	

表 3 紫斑牡丹油用评价模型			
Table 3 Evaluation model of <i>Paeonia rockii</i> oil			
目标层	准则层	标准层	方案层
Target layer (T)	Nore layer (N)	Par layer (P)	Scheme layer (S)
紫斑牡丹油 用价值评价 T Evaluation of application value of oil of <i>Paeonia rockii</i> T	整体性状 N1	长势 P1	待评价的紫斑牡丹 S1, S2, S3, ..., S56
		分枝数 P2	
		冠幅 P3	
	果实性状 N2	有效果实数 P4	
		果实质量 P5	
		单果质量 P6	
	种子性状 N3	单株产量 P7	
		仁皮比 P8	
		出油率 P9	

1.3.3 评价指标权重计算

使用 1~9 互反比率标度法,参考专家意见和前人研究^[17],建立各评价指标的权重^[18-19],对准则层与标准层各因子的相对重要度进行两两比较。使用 SPSS PRO 在线软件处理数据计算权重,构成判断矩阵,同时进行一致性检验。

1.3.4 性状赋值与综合评价值的计算

参考陈道明等^[20]、张旻桓^[21]、苏纯兰等^[22]的评价方法及评分标准,同时根据陕西关中地区牡丹生长特点、观赏特性和油用价值改进,结合专家意见后,制定标准层各评价指标的评分标准。将观赏评价体系中 15 个性状统一划分为 3 个评分等级,分别为 3、2、1 分,油用评价体系中定量指标使用归一法对数据进行标准化处理,消除不同量纲的影响(表 1)。

在确定各单株各性状相对权重的基础上,将各性状的得分值与相应的权重值带入式(1),得到各单株的目标得分:

$$A = C1 \times W1 + C2 \times W2 + C3 \times W3 + \cdots + Cn \times Wn \quad (1)。$$

式中: C1、C2……Cn 是评价指标得分值; W1、W2……Wn 是相应指标的权重值。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 软件进行数据统计和作图,利用 SPSS 26.0 软件进行差异性显著分析。

2 结果与分析

2.1 观赏价值分析

2.1.1 判断矩阵及权重分析

由表 4 可知,对判断矩阵的一致性进行检查,

获得了各判断矩阵的最大特征根($\lambda_{\max}$),且各层次单排序计算的随机一致性比率(CR 值)均小于0.1,表明所有矩阵均具有满意的一致性,说明建立的判断矩阵是合理的。

权重值的大小反映了评判者对各评价因子的重视、习惯以及喜好程度^[21],根据以下判断矩阵得出紫斑牡丹不同单株观赏评价的中间层各因子所占的权重以及综合评价模型。从表4还可以看出,准则层中3个评价因子的权重值 B1(整体性状)、B2(枝叶性状)和 B3(花部性状)分别为25.83%、10.47%和63.7%,花部性状所占权重

最大,表明在紫斑牡丹初选单株的观赏性状评价中最受重视。因子层中排在前几位的顺序为花姿 C9>长势 C3>单株着花数 C12>花显示度 C13。花姿占比最大,为19.98%,花头直立,才能充分展现花型花色等,如若花头下垂则观赏价值不高;其次为长势占比13.63%,从整体观赏价值出发,选择长势旺盛,枝条粗壮,根系发达的单株是前提;单株着花数越多,呈现花团锦簇的观赏效果越好;花朵高于叶面,充分显现,不埋藏于叶丛,才能更体现观赏价值。总权重值介于0.94%~19.98%,其它指标为一般评价因素。

表4 判断矩阵及各指标权重
Table 4 Judgment matrix and weight of each index

层次模型															组间权重	综合权重	一致性检验	
Hierarch-ical					判断矩阵										Weight	Comprehensive	Consistency	
model					Judgment matrix										value	weight	test	
A-Bi	A	B1	B2	B3														
	整体性状 B1	1	3	1/3											0.258 3		$\lambda_{\max}=3.038 5$	
	枝叶性状 B2	1/3	1	0.2											0.104 7		$CR=0.037<0.1$	
	花部性状 B3	3	5	1											0.637 0			
B1-Ci	B1	C1	C2	C3														
	株高 C1	1	1/3	1/3											0.139 7	0.036 1	$\lambda_{\max}=3.054 ;$	
	株形 C2	3	1	0.5											0.332 5	0.085 9	$CR=0.051<0.1$	
	长势 C3	3	2	1											0.527 8	0.136 3		
B2-Ci	B2	C4	C5	C6														
	新生枝长度 C4	1	1.5	5											0.516 0	0.054 0	$\lambda_{\max}=3.018 ;$	
	新生枝粗度 C5	2/3	1	5											0.393 8	0.041 2	$CR=0.017<0.1$	
	叶色 C6	0.2	0.2	1											0.090 2	0.009 4		
B3-Ci	B3	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15								
	花型 C7	1	1/3	0.2	3	3	1/4	1/3	2	2	0.065 7	0.041 9						
	花色 C8	3	1	0.2	6	3	1/4	0.2	3	3	0.093 7	0.059 7						
	花姿 C9	5	5	1	7	7	3	2	5	7	0.313 7	0.199 8						
	花香 C10	1/3	1/6	1/7	1	0.5	0.2	1/3	1/3	0.5	0.025 8	0.016 4	$\lambda_{\max}=9.828 ;$					
	花径 C11	1/3	1/3	1/7	2	1	0.2	1/3	0.5	3	0.041 5	0.026 4	$CR=0.071<0.1$					
	着花数 C12	4	4	1/3	5	5	1	2	4	7	0.211 7	0.134 9						
	花显示度 C13	3	5	0.5	3	3	0.5	1	5	5	0.166 1	0.105 8						
	花期 C14	0.5	1/3	0.2	3	2	1/4	0.2	1	2	0.050 9	0.032 4						
	花期早晚 C15	0.5	1/3	1/7	2	1/3	1/7	0.2	0.5	1	0.030 9	0.019 7						

2.1.2 观赏评价价值及评价等级

根据紫斑牡丹各初选单株的性状赋值打分结果与各因子的权重值,综合进行加权运算,得出紫斑牡丹各初选单株的观赏性状评价价值及其排名情况。

由表5可知,64株紫斑牡丹最低分为1.344 3分,最高分为2.770 7分,接近最低分的2倍。根据各单株的观赏价值评分,通过Excel 2016软件计算得出各单株的平均数(X)为

1.936 1(分),标准差(S)为0.354 5。 $X+S=2.290 7$ (分), $X-S=1.581 6$ (分),64株最终得分基本遵从正态分析。因此,将64个单株分成4级。Ⅰ级(优):2.290 7分以上,包括7-2、5-1、6-1等12株,占总数的18.75%。该类植株花朵直立,高于叶面,长势旺盛,各性状表现优良,总体观赏性状综合评价价值高;Ⅱ级(良):1.936 1~2.290 7分,包括2-10、6-13等16株,占比25%,该类植株综合性状较Ⅰ级植株稍差,但整体性状

表 5 64 株紫斑牡丹观赏评价价值及其等级
Table 5 Ornamental value and grade of 64 *Paeonia rockii*

排名	编号	综合得分	等级	排名	编号	综合得分	等级
Ranking	Serial number	Comprehensive score	Rank	Ranking	Serial number	Comprehensive score	Rank
1	7-2	2.770 7	I	33	2-6	1.879 9	III
2	5-1	2.646 3	I	34	2-2	1.864 3	III
3	6-1	2.609 5	I	35	4-10	1.862 9	III
4	2-12	2.573 9	I	36	3-1	1.862 2	III
5	2-8	2.560 2	I	37	4-9	1.857 5	III
6	2-9	2.515 8	I	38	3-7	1.852 0	III
7	2-11	2.494 2	I	39	4-5	1.841 5	III
8	6-12	2.450 3	I	40	5-8	1.838 9	III
9	3-11	2.387 4	I	41	3-2	1.800 5	III
10	4-1	2.384 5	I	42	6-11	1.797 0	III
11	1-1	2.374 7	I	43	5-3	1.788 1	III
12	6-4	2.345 5	I	44	4-2	1.769 2	III
13	2-10	2.236 6	II	45	9-3	1.732 8	III
14	6-13	2.226 5	II	46	2-5	1.729 5	III
15	7-5	2.210 2	II	47	8-3	1.682 7	III
16	8-1	2.172 4	II	48	5-6	1.671 6	III
17	6-9	2.135 4	II	49	4-3	1.659 4	III
18	3-12	2.106 9	II	50	4-7	1.590 3	III
19	2-4	2.077 8	II	51	6-7	1.579 3	IV
20	2-1	2.068 4	II	52	2-3	1.565 1	IV
21	9-2	2.037 5	II	53	3-9	1.555 9	IV
22	8-2	2.020 0	II	54	3-5	1.547 4	IV
23	5-5	2.016 6	II	55	7-6	1.526 3	IV
24	6-8	2.013 6	II	56	3-4	1.504 1	IV
25	9-5	2.009 9	II	57	7-7	1.494 3	IV
26	4-8	2.000 6	II	58	5-7	1.481 2	IV
27	6-6	1.997 8	II	59	5-4	1.465 9	IV
28	3-6	1.943 0	II	60	5-2	1.465 8	IV
29	8-5	1.925 2	III	61	3-8	1.447 1	IV
30	6-5	1.911 8	III	62	6-2	1.432 3	IV
31	4-4	1.909 7	III	63	4-6	1.384 6	IV
32	8-6	1.905 5	III	64	2-7	1.344 3	IV

良好,且某些性状表现突出,适合观赏;Ⅲ级(一般):1.581 6~1.936 1 分,包括 8-5、6-5、4-4 等 22 株,占总数的 34.38%,这类植株综合性状一般,观赏性较低,在部分性状上存在一定缺陷,植株占据大多数;Ⅳ级(差):1.581 6 分以下,包括 2-3、2-7 等 14 株,占比 20.31%,这类植株综合分低,各性状表现较差,不建议使用。

2.2 油用价值分析

2.2.1 判断矩阵及权重分析

对判断矩阵的一致性进行检验。结果表明,随机一致性比率均<0.1,表明所有矩阵均具有满意的一致性,说明建立的判断矩阵是合理的。

由表 6 可知,准则层中 3 个评价因子的权重

值 N1(整体性状)、N2(果实性状)和 N3(种子性状)分别为 12.20%、31.96%和 55.84%,种子性状所占权重最大,在紫斑牡丹的油用评价中最受重视。标准层中占比超过 10%的指标有单株产量 P7>出油率 P9>有效果实数 P4>果实质量 P5。总权重值介于 1.43%~24.76%,其它指标为一般评价因素。标准层的以上项目在紫斑牡丹油用性状的评价中占有较大权重,说明这几项性状获得较高打分的初选单株容易得到较高的油用评价价值。

2.2.2 油用评价价值及评价等级

对 56 株紫斑牡丹的数据进行归一化处理,结合各指标的综合权重值计算出每个单株的油用评价价值,并进行排名。

表6 判断矩阵及各指标权重
Table 6 Judgment matrix and weight of each index

层次模型 Hierarchical model		判断矩阵 Judgment matrix			组间权重 Weight value	综合权重 Comprehensive weight	一致性检验 Consistency test
	T	N1	N2	N3			
T-Ni	整体性状 N1	1	1/3	1/4	0.122 0		$\lambda_{\max}=3.018$; $CR=0.017<0.1$
	果实性状 N2	3	1	1/2	0.319 6		
	种子性状 N3	4	2	1	0.558 4		
	N1	P1	P2	P3			
N1-Pi	长势 P1	1	3	4	0.614 4	0.075 0	$\lambda_{\max}=3.074$; $CR=0.07<0.1$
	分枝数 P2	1/3	1	3	0.268 3	0.032 7	
	冠幅 P3	1/4	1/3	1	0.117 2	0.014 3	
	N2	P4	P5	P6			
N2-Pi	有效果实数 P4	1	2	3	0.527 8	0.168 7	$\lambda_{\max}=3.054$; $CR=0.051<0.1$
	果实质量 P5	1/2	1	3	0.332 5	0.106 3	
	单果质量 P6	1/3	1/3	1	0.139 7	0.044 6	
	N3	P7	P8	P9			
N3-Pi	单株产量 P7	1	3	1	0.443 4	0.247 6	$\lambda_{\max}=3.018$; $CR=0.017<0.1$
	仁皮比 P8	1/3	1	1/2	0.169 2	0.094 5	
	出油率 P9	1	2	1	0.387 4	0.216 3	

由表7可知,56株紫斑牡丹油用价值得分差距较大,最低分为0.641分,最高分为4.0064分,超过最低分的6倍。根据各单株的综合评分,通过Excel 2016软件计算得出各单株的平均数(X)为1.7857(分),标准差(S)为0.9119。 $X+S=2.6976$ (分), $X-S=0.8738$ (分)。按照正态分布规律,将56个单株分成4级。从表7可以看出,在参评的所有单株中,2.6976分以上的为Ⅰ级优良单株:包括2-9、6-1、4-1等10株,占总数的17.86%;该类植株有效果实数多,单株产量和含油率高,有巨大的油用育种潜力,其中最优的单株2-9生长健壮,拥有37个有效蒴果,单株产量达到157.618 g,仁皮比达到4.79,出油率接近30%;植株1-1出油率达到35.6%,是这一批中出油率最高的单株。介于1.7857~2.6976分的为Ⅱ级较优单株,包括2-8、2-12等11株,占比19.64%,该类植株整体油用价值较好,某项性状比较突出,选择性使用;介于0.8738~1.7857分的为Ⅲ级一般单株,包括3-11、7-5、4-2等27株,占总数的48.21%,这类植株综合性状一般,植株占据大多数,保守使用;0.8738分以下的为Ⅳ级劣势植株,包括4-6、5-4等8株,占比14.29%,该类植株综合分低,各性状表现较差,不建议使用。

3 讨论与结论

根据评价目标的不同,指标的选取和权重也不尽相同。如在牡丹切花生产中,更注重花枝长度、切花产量、瓶插寿命及耐贮藏性等方面的表现^[23]。盆栽牡丹品种选择时,要求植株矮壮紧凑、花色纯艳、花型整齐、开花量大、花期长^[14]。

建立科学合理的评价体系是优良单株筛选的重点和前提。层次分析法是把评价对象拆解为若干个元素,将这些元素按支配逻辑关系分类,通过决策者构造的判断矩阵并利用两两比较的方式进行系统评价,最终确定决策方案的相对重要性^[24]。近年来,层次分析法作为一种客观可靠的分析方法,在生态修复^[25]、景观评价^[26]、植物综合评价和筛选^[27]等诸多园林领域广泛应用。马安宝等^[28]应用层次分析法,首次建立观赏刺槐和用材刺槐综合评价体系,对13种观赏类刺槐和147种用材类刺槐进行表型综合评价分类,最后选出7种Ⅰ等观赏刺槐和76种Ⅰ等用材类刺槐,为刺槐品种资源的高效开发利用提供参考依据。覃泳智等^[29]借助层次分析法,从杜鹃的形态特征、观赏期特征、适应性3个方面对80个杜鹃品种进行综合分析,选出12个优良品种,迅速有效地丰富了柳州观花灌木品种资源,对柳州地区引

表 7 56 株紫斑牡丹油用评价值及其等级
Table 7 Evaluation value and grade of 56 tree peony oil

排名	编号	综合得分	等级	排名	编号	综合得分	等级
Ranking	Serial number	Comprehensive score	Rank	Ranking	Serial number	Comprehensive score	Rank
1	2-9	4.006 4	I	29	3-2	1.540 8	III
2	6-1	3.963 7	I	30	3-12	1.476 6	III
3	4-1	3.821 8	I	31	9-5	1.476 5	III
4	6-4	3.632 4	I	32	4-10	1.424 3	III
5	2-10	3.560 9	I	33	5-5	1.416 4	III
6	7-2	3.295 1	I	34	6-11	1.373 8	III
7	2-11	3.125 6	I	35	5-8	1.364 5	III
8	1-1	2.934 6	I	36	8-6	1.298 2	III
9	4-3	2.774 6	I	37	4-9	1.244 0	III
10	6-13	2.705 7	I	38	2-6	1.241 6	III
11	3-7	2.455 5	II	39	9-3	1.153 4	III
12	2-8	2.434 8	II	40	7-6	1.124 4	III
13	2-12	2.423 1	II	41	2-1	1.071 8	III
14	2-4	2.412 3	II	42	8-1	1.041 1	III
15	2-5	2.392 9	II	43	2-2	1.007 4	III
16	6-6	2.343 4	II	44	4-7	1.000 4	III
17	3-1	2.292 2	II	45	9-2	0.975 3	III
18	6-12	2.098 0	II	46	3-9	0.949 9	III
19	8-2	1.991 6	II	47	3-4	0.945 6	III
20	5-1	1.923 6	II	48	6-2	0.898 7	III
21	6-9	1.857 4	II	49	4-6	0.870 6	IV
22	3-11	1.724 6	III	50	5-4	0.840 7	IV
23	4-2	1.669 4	III	51	3-5	0.835 3	IV
24	7-5	1.631 4	III	52	5-7	0.787 9	IV
25	4-5	1.610 4	III	53	8-5	0.753 0	IV
26	4-8	1.610 2	III	54	7-7	0.718 4	IV
27	6-7	1.573 9	III	55	5-3	0.693 6	IV
28	6-5	1.569 6	III	56	3-8	0.641 0	IV

种和选育杜鹃优良品种具有重要意义。该研究通过层次分析法,选择与观赏价值相关的 15 个性状和油用潜力相关的 9 个性状作为评价指标,分别构建两两比较的判断矩阵,通过打分确定各指标对单株选择的权重影响,建立了较为科学、合理的紫斑牡丹观赏价值评价体系和紫斑牡丹油用价值评价体系。根据评价结果进行综合分析,适合油观两用的有 7 株,分别为 2-9、6-1、4-1、6-4、7-2、2-11和 1-1,这些植株高大圆润,直立性强,花期长,各项观赏性状表现优良,在繁密绿叶的衬托下,硕大的花朵绚烂绽放,尽显雍容华贵,且秋季结实性良好,有效蒴果多,含油率高,后期可作为重点育种对象。适合观赏的植株有 5-1、2-12、2-8、6-12和 3-11,具有较高的观赏价值,但结实性一般,蒴果直径较小,种子不够饱满,含油率较

低,可作为植物造景优良单株。适合油用的有 2-10、4-3和 6-13,这 3 株结实性好,单株产量高,种子饱满,含油率高,可以作为优质的杂交育种亲本。针对观赏和油用专用目标,部分专一性状表现优良的植株可以留下,为后续培育高大型观赏牡丹或油观两用牡丹新品种提供材料基础,也为后期进行相关性状形成机理研究提供参考依据。

参考文献

[1] 李嘉珏. 中国牡丹与芍药[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
[2] 袁军辉. 紫斑牡丹及延安牡丹起源研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
[3] 郑艳伟. 江南牡丹品种资源调查与引种栽培研究[D]. 临安: 浙江林学院, 2009.
[4] 石欣隆, 刘伟, 张琳, 等. 紫斑牡丹籽产量及籽油品质综合评

- 价[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2020, 41(6): 8, 73-80.
- [5] 崔虎亮. 基于综合性状分析的牡丹油用优良单株筛选[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [6] 王旭, 韩宏伟, 黄冬梅, 等. 29个牡丹品种在秦皇岛地区引种的综合性状评价初报[J]. 河北科技师范学院学报, 2021, 35(4): 15-19.
- [7] 王若晗, 冀含乐, 丁建兰, 等. 国外牡丹品种群独干型专用品种筛选[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(1): 64-68.
- [8] 司仕英, 孟秦语, 孙道阳, 等. 关中地区引种芍药品种的综合性状评价[J]. 西北林学院学报, 2021, 172(6): 134-139.
- [9] 高焕霖, 张廷龙, 樊华烨, 等. 基于地理探测器的杨凌示范区生态环境质量影响因素定量分析[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(5): 185-194.
- [10] 左亚杰, 郭璋, 高文娟, 等. 关中平原土壤重金属生态风险评价: 以杨凌示范区为例[J]. 干旱地区农业研究, 2022, 40(5): 260-267, 276.
- [11] 张延龙, 牛立新, 张庆雨, 等. 中国牡丹种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2020.
- [12] 刘俊娟. 洛阳高山地区牡丹品种的综合性状评价[J]. 南方农业学报, 2019, 50(4): 809-815.
- [13] 李艳梅, 段琳, 杨瑞娟, 等. 洛阳市40个引入的牡丹品种观赏价值评价[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(16): 3978-3982.
- [14] 高平, 刘玉英, 成仿云, 等. 基于专用目标的中原牡丹品种评价与筛选[J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(4): 106-111.
- [15] 章志红, 王玉琴. 常熟市引种牡丹品种调查和综合性评价研究[J]. 浙江林业科技, 2021, 41(5): 57-61.
- [16] 曹茂林. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J]. 江苏科技信息, 2012(2): 39-40.
- [17] 张博, 王照利, 雷方隼. 基于层次分析法和物元分析法的森林资源质量评价: 以延川县为例[J]. 西北林学院学报, 2022, 37(2): 208-215.
- [18] 张瑜, 赵峰, 吴永华, 等. 兰州市园林主要适生观赏树种选择及综合指标数量化评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(4): 255-261.
- [19] 施金竹, 安明态, 黄郎, 等. 基于 AHP 的贵州野生木本观赏植物资源开发利用评价[J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(11): 76-82.
- [20] 陈道明, 丁一巨, 蒋勤, 等. 牡丹品种主要性状的综合评价[J]. 河南农业大学学报, 1992(2): 187-193.
- [21] 张旻桓. 长沙地区引种牡丹品种综合性状评价[J]. 经济林研究, 2015, 33(4): 81-85.
- [22] 苏纯兰, 张尚坤, 胡秋艳, 等. 16种野牡丹科植物栽培性状综合评价[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 94-100.
- [23] 罗浩, 成仿云, 郭鑫, 等. 基于灰色关联度分析法评价筛选紫斑牡丹切花品种[J]. 园艺学报, 2020, 47(11): 2169-2180.
- [24] 郭欣荣, 吕跃进, 王志强. 一种提高正互反判断矩阵一致性水平的新算法[J]. 广西科学, 2007(1): 39-43.
- [25] 向海兵, 林杨, 肖炜. 城市棕地生态修复及其生态与景观效应分析: 以长沙市为例[J]. 现代园艺, 2022, 45(16): 169-171.
- [26] 任静华, 吴威. 基于层次分析法的大学路城市生活性街道景观评价[J]. 山西建筑, 2022, 48(17): 180-183.
- [27] 朱莹, 宋华, 刘恒星, 等. 120个有髯鸢尾品种的园林应用综合评价[J]. 中国园林, 2021, 37(9): 101-105.
- [28] 马安宝, 仲伟国, 董元夫, 等. 基于层次分析法的刺槐品种观赏用材价值综合评价[J]. 山东林业科技, 2022, 52(4): 36-42, 57.
- [29] 覃泳智, 周海将, 刘思. 基于层次分析法的柳州杜鹃花引种价值综合评价[J]. 现代园艺, 2021, 44(21): 17-20.

Evaluation and Screening of *Paeonia rockii* for Specialized Purpose to Use

SI Baohua, LUO Jianrang, ZHANG Yanlong

(College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking 64 *Paeonia rockii* plants as test materials, 22 characters were tested, and a scientific and reasonable evaluation system for ornamental and oil was established by using analytic hierarchy process, the single plant suitable for ornamental, oil-use and oil-view were screened out, in order to provide reference for the scientific utilization of *Paeonia rockii*. The results showed that the flowers of Grade I (excellent) were upright, higher than the leaves, with vigorous growth, good performance of each character, and high ornamental value, included 12 plants. There were 16 plants of Grade II (good), the overall character was good, suitable for ornamental. Grade III (general) included 22 plants with low ornamental value. There were 14 plants in Grade IV (poor), and the performance of each trait was poor, so it was not recommended to be used. In the evaluation system for oil use, there were 10 excellent follicles per plant of Grade I with high yield and oil content. There were 11 excellent

doi:10.11937/bfyy.20223906

芍药 *GPPS* 基因克隆及生物信息学分析

高 凯¹, 左永丽², 卫志鹏³, 王占营¹, 吴 疆⁴, 范丙友²

(1. 洛阳市农林科学院, 河南省牡丹基因开发工程技术中心, 中原学者工作站, 河南 洛阳 471023; 2. 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003; 3. 洛阳绿珠园艺有限公司, 河南 洛阳 471131; 4. 榆林学院 信息工程学院, 陕西 榆林 719000)

摘 要:以芍药根为试材,应用 RT-PCR 技术克隆芍药 *GPPS* 基因并对其进行综合生物信息学分析,研究了该基因在芍药萜类化合物合成途径中的功能,以期对 *GPPS* 基因的功能及其调控芍药萜类物质代谢提供参考依据。结果表明:芍药 *GPPS* 基因 cDNA 全长 1 557 bp,GenBank 登录号为 KP645373,编码 421 个氨基酸,分子量为 46.31 kDa,等电点为 7.63,为不含跨膜结构域和信号肽位点、定位于细胞质的稳定疏水蛋白;BlastP 分析表明芍药 *GPPS* 蛋白质与印楝 *GPPS* 相似性最高,达 78.07%;蛋白质多序列比对分析结果表明 *GPPS* 蛋白质的氨基末端高度变异;分子系统发育分析表明芍药 *GPPS* 与其它植物 *GPPS* 亲缘关系相对较远。

关键词:芍药;*GPPS*;基因克隆;萜类化合物;生物信息学分析

中图分类号:S 682.1⁺2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2023)10-0073-08

芍药(*Paeonia lactiflora* Pall.)为芍药科芍药属多年生草本植物,兼具观赏和药用价值^[1]。我国芍药品种资源丰富,栽培历史悠久。芍药根作为传统的中药材,其性微寒、味苦酸,有养血柔

肝、缓中止痛、敛阴收汗的功能^[2]。芍药根中主要的次生代谢产物是单萜苷类物质,其单萜苷类成分中的主要活性物质是芍药苷和芍药内酯苷^[4]。芍药苷具有镇痛、抗炎、降糖、抗低血压和抗血栓的功效^[5-7],芍药内酯苷具有镇静、镇痛、抗惊厥,提高免疫力,抗抑郁,解毒等作用^[8-10]。

植物萜类化合物通过 2 个途径独立合成,即位于细胞质中的甲羟戊酸(mevalonate pathway, MVA)途径^[11]和位于质体中的脱氧木酮糖-5-磷酸途径(1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate pathway, DXP)^[12]或甲基赤藓醇 4-磷酸途径(methyl-

第一作者简介:高凯(1976-),男,本科,工程师,现主要从事芍药种质资源的收集、利用与应用等研究工作。E-mail:287680362@qq.com.

责任作者:范丙友(1974-),男,博士,教授,现主要从事植物分子生物学等研究工作。E-mail:fanbingyou2005@163.com.

收稿日期:2022-09-22

plants in Grade II, and some traits were prominent and used selectively. There were 27 plants in Grade III, so conservative use was recommended. There were 8 inferior plants of Grade IV, accounting for 14.29%. The comprehensive score was low and it was not recommended to use. Finally, 7 plants with high oil-view value 5 plants with high ornamental value and 3 plants with high oil value were obtained, which provided material basis for the cultivation of new varieties of tall and large peony or oil peony. The evaluation system constructed in this study could basically meet the requirements for ornamental and oil use of *Paeonia rockii*, and could effectively guide the application of *Paeonia rockii* in gardens.

Keywords: *Paeonia rockii*; ornamental evaluation system; oil use evaluation system; analytic hierarchy process