

杨 贞,孙 翊,杨柳燕,等. 基于层次分析法的上海地区矾根品种应用性评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(22):139–145.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2022.22.020

基于层次分析法的上海地区矾根品种应用性评价

杨 贞,孙 翊,杨柳燕,李 心,王 楨,张永春

(上海市农业科学院林木果树研究所/上海市设施园艺技术重点实验室,上海 201403)

摘要:为筛选出适宜在上海地区推广应用的矾根优良品种,采用层次分析法对收集到的 20 个矾根品种资源的应用性进行综合评价。以叶部观赏性状、花部观赏性状和生长性状作为 3 个性状类别,确定进行矾根应用性评价的 3 级 15 个指标,建立其综合评价模型。根据评价结果可将供试的 20 个矾根品种分为 5 个等级,其中 I 级(分值 ≥ 4.50)有西瓜、灰皮诺 2 个品种,观赏性状优秀且越夏成活率高,十分适合在上海地区进行栽培和应用;II 级(分值 $4.00 \sim < 4.50$)包括花毯等 4 个品种,越夏成活率高,观赏性状优良,有较高的应用推广价值;III 级(分值 $3.50 \sim < 4.00$)包括甜茶等 6 个品种,具有一定的推广应用价值;IV 级(分值 $3.00 \sim < 3.50$)包括樱桃可乐等 4 个品种,观赏价值以及适应性一般;V 级(分值 < 3.00)包括皇家梅子等 4 个品种,越夏成活率低,综合应用价值最低,不适合在上海地区进行露地推广应用。综合分析认为,西瓜、灰皮诺、花毯、磨砂紫罗兰、里奥、上海是适宜在上海地区进行推广应用的矾根优良品种。

关键词:矾根;层次分析法;上海地区;应用性评价

中图分类号:S688.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2022)22–0139–06

矾根(*Heuchera* spp.)是虎耳草科矾根属(*Heuchera*)观赏植物的统称,为多年生彩叶草本花卉^[1]。矾根耐阴、耐寒,喜冷凉通风的环境,能耐 $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温^[2–3],但越夏相对困难。矾根作为彩叶植物,叶色丰富,被誉为“花园的调色板”,具有重要的观赏应用价值,多用于绿地、林下花境、花带、花坛、地被、庭院绿化、组合盆栽等^[4–6]。现矾根已在我国北京、山东、辽宁、河北等地区得到推广应用,但在南方地区的江苏省南京市、浙江省杭州市等地应用相对较少^[7]。层次分析法(AHP)是一种用于研究多因素问题的系统化、层次化的科学分析方法,可将定量因素与定性因素相结合,客观、有效地反映各因素的影响效果。近年来,AHP 法已逐渐应用于观赏植物的品质资源评价,其中在夏娟^[8]、石蒜^[9]、荷花^[10]、蝴蝶兰^[11]、百合^[12]、苦苣苔科^[13]、景天属^[14]、玉簪^[15]、樱花^[16]、月季^[17]等花卉上都有相关研究报道。AHP 法也广泛应用于某一地区观赏性植物的适应性评价,对该地区观赏性植物的

引进和应用具有指导意义^[18–21]。王巧良等以 AHP 法筛选出了在杭州地区冬季绿墙应用表现较好的矾根品种^[22]。然而许多矾根品种在上海地区露地越夏后,并不能表现其最佳观赏性,甚至发生植株死亡,严重制约了其推广应用范围,而关于这方面的研究目前未见报道。本研究对 20 个矾根品种进行物候期观测,并利用层次分析法对其叶部观赏性状、花部观赏性状和生长性状进行综合分析评价,以期筛选出适合上海地区气候条件且观赏性状优良的矾根品种,为其在上海地区的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

上海市地处中国东部($30^{\circ}40' \sim 31^{\circ}53' \text{N}$, $120^{\circ}52' \sim 122^{\circ}12' \text{E}$),长江入海口,东临东海,北、西与江苏、浙江两省相接。属亚热带季风气候,四季分明,日照充分,雨量充沛。上海气候温和湿润,春秋较短,冬夏较长。2013 年,全市平均气温 $17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,日照 $1\,885.9\text{ h}$,降水量 $1\,173.4\text{ mm}$ 。全年 60% 以上的雨量集中在 5—9 月的汛期。

1.2 试验材料

试验材料为种植于上海市农业科学院青浦种质资源圃的 20 个矾根品种(表 1)。

1.3 评价方法

试验地点为上海市农业科学院青浦基地(胜利

收稿日期:2022–01–07

基金项目:上海市科技兴农项目[编号:沪农科推字(2019)第 1–8 号]。

作者简介:杨 贞(1990—),女,江苏徐州人,硕士,助理研究员,从事花卉育种与分子生物学研究。E-mail:17349711050@163.com。

通信作者:张永春,博士,江西吉安人,研究员,主要从事花卉栽培与种质创新研究。E-mail:saasflower@163.com。

表 1 供试材料

序号	品种名称	序号	品种名称
1	布朗李皇家	11	桃色火焰
2	里奥	12	力量之源
3	金发女郎	13	午夜玫瑰
4	皇家梅子	14	蜜桃芭菲
5	花毯	15	灰皮诺
6	疯狂	16	地球天使
7	上海	17	西瓜
8	日出	18	磨砂紫罗兰
9	甜茶	19	樱桃可乐
10	好莱坞	20	闪秋

路 886 号),每个砭根品种种植不少于 30 个单株。栽培条件:株行距为 35 cm × 35 cm,基质为珍珠岩:草炭=1:4,遮阴度为 60%(5 月 1 日至 9 月 30 日进行遮阴)。在生长季观察其生长情况、病虫害和抗逆性情况。

对与应用性相关的指标进行测定。以国际植物新品种保护联盟(International Union for The Protection of New Varieties of Plants,UPOV)编制的砭根属植物新品种 DUS(特异性、一致性和稳定性)测试指南(TG/280/1)为参考,对不同品种的叶色、叶片密度、花色进行观测和记录,其中颜色测定使用 RHS 比色卡。花期观测采用每 7 d 左右观察记录 1 次各个品种的开花状况,始花期是指一般 10% ~

20% 花朵开放的情况,盛花期是指一般 30% 花朵开放至 70% 花朵凋谢的情况,末花期是指一般 80% ~ 90% 花朵凋谢的情况。于 5 月上旬进行叶部观赏性状以及株高、冠幅的测量。于盛花期进行花部观赏性状的测定。对不同品种的越夏情况进行观察,并于 9 月底统计其越夏成活率。株高、冠幅、叶长、叶宽、花序数量、花序长、花序宽、总花长、小花直径,采用直尺、卷尺和游标卡尺进行测量,每个品种测定 30 个单株,用 Excel 软件进行数据输入和分析。

1.3.1 综合评价层次模型的构建 收集和整理大量相关资料,并以此作为参考和依据,在广泛征求同行专家意见的基础上,依据砭根本身的特点,选取影响砭根品种在上海地区园林应用价值的 15 项具体指标,建立层次评价模型。模型共包括 3 层:目标层 A(上海地区砭根品种应用性综合评价)、约束层 B(叶部观赏性状、花部观赏性状、生长性状)、标准层 C(叶色、叶长、叶宽等 15 个综合评价砭根应用价值的评价指标)(表 2)。

1.3.2 评分标准的建立 在参考观赏植物应用综合评价相关文献和广泛征求同行专家意见的基础上,依据砭根本身的特点,对每个评价指标制定 5 分制评价标准(表 2)。

1.3.3 判断矩阵的构造及一致性检验 根据上述建立的层次模型,通过征求专家意见和集体讨论,充分考虑砭根种质资源的特性,采用 1~9 比率标度

表 2 砭根品种应用性综合评价模型及评分标准

目标层(A)	约束层(B) 性状类别	标准层(C) 评价指标	评价分值				
			5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
上海地区砭根品种应用性综合评价(A)	叶部观赏性状(B ₁)	叶色(C ₁)	叶色亮丽,叶纹清晰	叶色亮丽,叶纹不明	叶色偏暗,叶纹清晰	叶色暗淡,叶纹不明	叶色叶纹混杂
		叶长(C ₂)	≥7.00 cm	6.01 ~ 6.99 cm	5.01 ~ 5.99 cm	4.01 ~ 4.99 cm	≤4.00 cm
		叶宽(C ₃)	≥7.00 cm	6.01 ~ 6.99 cm	5.01 ~ 5.99 cm	4.01 ~ 4.99 cm	≤4.00 cm
		叶片密度(C ₄)	≥7	6	5	4	≤3
	花部观赏性状(B ₂)	花色(C ₅)	颜色鲜艳	颜色较鲜艳	颜色鲜明	颜色柔和	颜色暗淡
		花期长短(C ₆)	≥4 个月	3.1 ~ 3.9 个月	2.1 ~ 3 个月	1.1 ~ 2 个月	≤1 个月
		盛花期长短(C ₇)	≥4 个月	3.1 ~ 3.9 个月	2.1 ~ 3 个月	1.1 ~ 2 个月	≤1 个月
		花序数量(C ₈)	≥12.00 个	9.00 ~ 11.99 个	6.00 ~ 8.99 个	3.00 ~ 5.99 个	≤2.99 个
		花序长(C ₉)	≥30.00 cm	23.00 ~ 29.99 cm	16.00 ~ 22.99 cm	9.00 ~ 15.99 cm	≤8.99 cm
		花序宽(C ₁₀)	≥9.00 cm	7.00 ~ 8.99 cm	5.00 ~ 6.99 cm	3.00 ~ 4.99 cm	≤2.99 cm
		总花长(C ₁₁)	≥60.00 cm	50.00 ~ 59.9 cm	40.00 ~ 49.99 cm	30.00 ~ 39.99 cm	≤29.99 cm
		小花直径(C ₁₂)	≥0.85 cm	0.70 ~ 0.84 cm	0.55 ~ 0.69 cm	0.40 ~ 0.54 cm	≤0.39 cm
	生长性状(B ₃)	株高(C ₁₃)	≥16.00 cm	14.00 ~ 15.99 cm	12.00 ~ 13.99 cm	10.00 ~ 11.99 cm	≤9.99 cm
		冠幅(C ₁₄)	≥35.00 cm	30.00 ~ 34.99 cm	25.00 ~ 29.99 cm	20.00 ~ 24.99 cm	≤19.99 cm
		越夏成活率(C ₁₅)	≥90.0%	70.0% ~ 89.9%	50.0% ~ 69.9%	30.0% ~ 49.9%	≤29.9%

注:叶片密度数值为《砭根属植物新品种 DUS 测试指南(UPOV 编制)》的相应测试代码。下同。

法构建判断矩阵(表 3)。通过对各项指标两两比较,构造出 A-B、B-C 共 4 个矩阵(表 4)。计算判断矩阵的一致性比率(CR)小于 0.1,否则应进一步调整,使得整个模型层次满足一致性,保证评价结果的合理性和有效性,最终得出各因素的相对权重(表 4)。

2 结果与分析

2.1 砷根应用性相关重要指标的测定和分析

对 20 个砷根品种应用性相关重要指标进行测定和测量,结果见表 4、表 5。砷根叶色观察和测定

表 3 评价的标度	
标度	含义
1	表示 2 个因素相比,具有相同重要性
3	表示 2 个因素相比,前者比后者稍重要
5	表示 2 个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示 2 个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示 2 个因素相比,前者比后者极端重要
2、4、6、8	上述两相邻判断的中值
倒数 Reciprocal	因 i 与 j 比较的判断 b_{ij} ,则因素 j 与 i 比较的判断 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

表 4 20 个砷根品种应用性相关重要指标测定

序号	品种名称	叶色目测	RHSCC 比色值	叶纹清晰度	花色目测	RHSCC 比色值	叶片密度的评分值	初花期	盛花期	末花期	越夏成活率(%)
1	布朗李皇家	灰色	201A	叶纹清晰	红色	N57A	5	4 月上旬	4 月中旬至 7 月上旬	7 月中旬	52.38
2	里奥	橘红色	N34A	叶纹不明	黑色	N155B	5	4 月上旬	4 月中旬至 7 月底	8 月初	100.00
3	金发女郎	紫红色	59A	叶纹不明	黄色	11A	6	4 月上旬	4 月中旬至 5 月下旬	5 月底至 6 月初	58.82
4	皇家梅子	紫红色	59D	叶纹清晰	白色	155A	5	4 月上旬至中旬	4 月下旬至 5 月下旬	6 月上旬至 6 月中旬	57.89
5	花毯	绿色	144A	叶纹清晰	紫红色	62A	5	4 月上旬	4 月中旬至 5 月底	6 月上旬	100.00
6	疯狂	灰绿色	189B	叶纹清晰	紫红色	63B	5	4 月上旬	4 月中旬至 8 月上旬	8 月中旬	76.36
7	上海	紫色	N79A	叶纹清晰	白色	155A	6	4 月上旬	4 月中旬至 5 月底	6 月上旬	100.00
8	日出	黄色	11A	叶纹不明	紫红色	62A	5	4 月上旬	4 月中旬至 5 月初	5 月上旬	96.88
9	甜茶	橘红色	31B	叶纹不明	棕色	N200D	6	4 月上旬	4 月中旬至 6 月中旬	6 月下旬	72.73
10	好莱坞	灰紫色	N187D	叶纹清晰	紫红色	62A	6	4 月上旬	4 月中旬至 5 月中旬	5 月下旬	96.15
11	桃色火焰	紫红色	59D	叶纹清晰	白色	155A	5	4 月中旬	4 月下旬至 5 月底	6 月上旬	0.00
12	力量之源	黄绿色	151C	叶纹清晰	白色	N155A	6	4 月上旬	4 月中旬至 5 月底	6 月上旬	68.57
13	午夜玫瑰	紫色	N77A	叶纹不明	灰橘色	176B	5	4 月中旬	4 月下旬至 5 月底	6 月上旬	82.14
14	蜜桃芭菲	紫红色	62A	叶纹不明	红色	37B	4	4 月下旬	5 月上旬至 5 月底	6 月上旬	0.00
15	灰皮诺	紫红色	62D	叶纹清晰	紫红色	N74C	7	4 月下旬	5 月上旬至 6 月底	7 月上旬至 8 月初	100.00
16	地球天使	灰色	201C	叶纹清晰	红色	48C	7	4 月上旬	4 月中旬至 7 月上旬	7 月中旬至 8 月初	80.56
17	西瓜	红色	47A	叶纹清晰	白色	155A	6	4 月上旬至中旬	4 月下旬至 7 月上旬	7 月中旬	100.00
18	磨砂紫罗兰	棕色	200A	叶纹清晰	白色	N155C	4	5 月上旬	5 月中旬至 7 月下旬	8 月初	100.00
19	樱桃可乐	紫红色	60C	叶纹不明	红色	39A	4	4 月上旬	4 月中旬至 5 月底	6 月上旬	80.95
20	闪秋	黄绿色	152A	叶纹清晰	红色	51A	5	4 月底至 5 月初	5 月上旬至 6 月底	7 月上旬	30.43

结果表明,砷根品种的叶色具有较强的多样性,其中紫红色品种数量最多。大部分品种的叶片色彩亮丽,但也有灰色、棕色等偏暗叶色的品种。叶纹较清晰的品种数量超过一半。灰皮诺和地球天使是叶片密度最大的 2 个品种,其叶片空间分布最紧凑,磨砂紫罗兰和樱桃可乐的叶片密度最小,它们的叶片空间分布最稀疏。不同品种间的花色差异也较明显,白色、红色和紫红色是较常见的花色类型。其中,花毯、疯狂和地球天使的花色最鲜艳,观赏价值较高。大部分砷根品种的初花期集中在 4 月上旬,闪秋的初花期最晚,为 4 月底至 5 月初。盛花期集中在 4 月中旬至 5 月底,疯狂的盛花期最长,可持续约 3 个半月,最短的是日出,仅 20 d 左右。它

们分别是总花期最长和最短的品种,分别长达 4 个月和不足 1 个月。有 6 个品种的最高越夏成活率可达 100%,分别是里奥、花毯、灰皮诺、上海、西瓜、磨砂紫罗兰,而桃色火焰的适生性最差,越夏成活率为 0%。根据测量结果可知,砷根品种的株型呈丘形为主,绝大部分品种的冠幅大于株高,株高范围是 7.01 ~ 23.01 cm,冠幅范围是 19.55 ~ 43.18 cm。综合而言,西瓜的株型最大,日出的株型最小。砷根品种的叶长与叶宽相近,叶长范围是 2.34 ~ 9.02 cm,叶宽范围是 2.03 ~ 10.66 cm。其中,西瓜的叶片最大,樱桃可乐的最小。砷根的花序数量在品种间差异较大,最少的是金发女郎,仅 2.77 个,最多的是西瓜,为 17.03 个。砷根具有较长的花序轴,

其花序总长度为 24.97 ~ 75.57 cm。开花部分呈棒状或圆锥形,花序长度范围是 5.92 ~ 35.37 cm,宽度范围是 1.84 ~ 15.10 cm。矾根花朵小巧,直径在 0.31 ~ 0.89 cm。依据 20 个矾根品种应用性相关重要指标的测定和测量值,以均衡分布和便于操作为

原则,制定矾根品种应用性综合评价模型标准层中各评价指标的 5 分制评价标准(表 2)。在 15 个评价指标中,除叶色、花色和叶片密度外,均给出相应的数值范围,可以最大限度地增加利用该方法进行矾根品种应用性评价的客观性。

表 5 20 个矾根品种应用性相关重要指标测量

序号	品种名称	株高 (cm)	冠幅 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	花序数量 (个)	花序总长 (cm)	花序宽 (cm)	花序长 (cm)	小花直径 (cm)
1	布朗李皇家	14.07±1.04	26.76±1.67	4.96±0.70	4.88±0.72	11.63±1.45	51.69±1.24	4.14±0.30	25.12±2.27	0.81±0.12
2	里奥	13.46±3.00	27.02±2.60	5.07±0.74	4.63±0.69	3.00±1.12	35.21±2.67	3.15±0.60	11.20±2.29	0.50±0.11
3	金发女郎	15.54±2.95	34.52±1.97	3.63±0.37	3.74±0.38	2.77±1.40	24.97±3.65	2.84±0.29	5.92±1.50	0.42±0.13
4	皇家梅子	12.10±2.49	19.55±1.11	7.41±0.66	6.66±0.56	2.33±1.17	37.26±3.18	3.77±0.93	35.37±3.20	0.85±0.18
5	花毯	12.12±2.55	19.89±2.04	6.00±0.82	5.18±0.85	5.53±1.98	29.23±1.85	3.70±0.48	9.84±1.46	0.83±0.16
6	疯狂	13.34±2.96	21.18±2.49	5.23±0.53	5.33±0.49	3.60±1.30	33.31±2.80	3.83±0.87	14.21±2.88	0.84±0.20
7	上海	14.14±1.64	33.04±1.32	4.79±0.54	4.66±0.52	6.93±1.81	34.55±1.91	2.75±0.32	11.19±0.96	0.87±0.12
8	日出	7.01±2.72	22.15±2.76	6.19±0.46	5.87±0.44	6.23±2.69	32.80±2.83	1.84±0.22	9.05±2.22	0.72±0.14
9	甜茶	14.10±4.60	30.96±4.23	6.47±0.74	6.19±0.66	3.10±1.68	28.11±4.23	3.00±0.56	7.17±1.33	0.89±0.15
10	好莱坞	10.48±2.02	19.70±3.58	5.33±0.55	5.13±0.47	7.47±1.40	43.26±1.46	4.50±0.66	14.48±1.85	0.80±0.11
11	桃色火焰	14.07±1.04	31.26±2.26	6.51±0.58	6.09±0.57	4.10±1.44	50.38±1.48	5.94±0.29	24.91±2.86	0.88±0.11
12	力量之源	13.39±1.98	28.29±3.15	7.57±0.77	6.76±0.56	3.43±1.24	29.67±4.74	3.37±0.66	10.66±2.51	0.80±0.16
13	午夜玫瑰	14.14±3.64	26.44±2.42	6.18±0.45	5.88±0.47	9.40±1.45	42.93±8.56	4.20±0.75	20.15±3.58	0.41±0.06
14	蜜桃芭菲	16.68±1.43	24.93±1.92	7.56±0.46	7.43±0.44	7.57±0.81	42.10±3.53	6.82±0.93	21.06±3.26	0.31±0.05
15	灰皮诺	11.57±1.23	43.18±4.32	6.51±0.58	6.09±0.57	6.97±1.18	54.95±5.47	6.61±1.14	17.04±3.51	0.61±0.07
16	地球天使	13.37±1.78	32.98±2.53	4.21±0.35	4.44±0.21	14.77±1.38	72.27±3.59	15.10±1.93	31.98±3.45	0.78±0.04
17	西瓜	17.74±1.46	37.78±3.20	9.02±1.58	10.66±1.21	17.03±1.88	61.31±5.66	7.41±0.86	20.84±2.78	0.68±0.05
18	磨砂紫罗兰	15.45±2.28	36.54±3.97	6.38±0.69	6.10±0.74	11.67±2.27	75.57±9.27	6.78±1.31	26.99±4.05	0.31±0.03
19	樱桃可乐	23.01±5.41	22.58±1.55	2.34±0.13	2.03±0.14	11.33±2.18	27.20±2.49	2.77±0.39	10.09±1.26	0.78±0.09
20	闪秋	11.33±1.37	28.26±1.90	5.61±0.44	5.17±0.42	7.63±1.02	57.16±2.89	9.42±1.13	19.62±1.92	0.42±0.07

2.2 权重分析及一次性检验

由表 6 可知,4 个判断矩阵的一致性检验结果均为一致($CR<0.1$)。在层次分析标准层各评价指标中,权重排名前 5 的为越夏成活率(0.439 6)、叶色(0.210 1)、冠幅(0.114 7)、叶片密度(0.079 4)、株高(0.037 4)。由于许多矾根品种在上海地区越夏困难,因此越夏成活率是上海地区矾根应用价值评价最重要的指标。叶色的权重排名第二,矾根为赏叶类植物,叶色是其重要的评价指标。矾根的花朵相对较小,在矾根品种综合评价体系中花观赏性状所占权重较小。

2.3 矾根品种综合评价体系赋分总排序

根据制定的矾根品种应用性综合评价模型标准层中各评价指标的 5 分制评价标准(表 2),对 20 个矾根品种的 15 个评价指标分别进行分值评定(表 7)。并根据权重(表 6)计算出 20 个矾根品种的综合评价分值。以综合评价分值为唯一指标,对供测的 20 个矾根种质资源进行从高到低的排序,并将 20 个矾根品种分为 5 个等级(表 8)。其中 I 级

(分值 ≥ 4.50)有西瓜、灰皮诺 2 个品种,叶色鲜艳,观赏性状优秀且越夏成活率高,十分适合在上海地区进行栽培和应用;Ⅱ级($4.00\leq$ 分值 <4.50)共计 4 种,分别是花毯、磨砂紫罗兰、里奥和上海,越夏成活率高,观赏性状优良,有较高的应用推广价值;Ⅲ级($3.50\leq$ 分值 <4.00)共计 6 种,分别是甜茶、日出、地球天使、好莱坞、午夜玫瑰和力量之源,具有一定的推广应用价值;Ⅳ级($3.00\leq$ 分值 <3.50)共计 4 种,分别是樱桃可乐、疯狂、金发女郎和布朗李皇家,观赏价值和在上海地区适应性一般,须考虑在特定季节或特殊立地条件下进行应用;Ⅴ级(分值 <3.00)共计 4 种,分别是皇家梅子、闪秋、桃色火焰和蜜桃芭菲,越夏成活率低,在上海地区综合应用价值最低,不适合在上海地区进行露地推广应用。

3 讨论与结论

3.1 讨论

矾根属种质资源性耐寒、耐旱、喜阴,绝大部分

表 6 矾根应用性综合评价的判断矩阵、评价指标权重及一致性检验

层次模型	判断矩阵					相对上层的权重	C 层相对 A 层的权重	一致性检验				
	B _i	B ₁	B ₂	B ₃								
A – B	B ₁	1	5	1/2		0.333 2		0.012				
	B ₂	1/5	1	1/7		0.075 1						
	B ₃	2	7	1		0.591 7						
层次模型	B ₁ C _j	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄							
B ₁ – C	C ₁	1	7	7	5		0.630 6	0.210 1	0.077			
	C ₂	1/7	1	1	1/5		0.065 5	0.021 8				
	C ₃	1/7	1	1	1/5		0.065 5	0.021 8				
	C ₄	1/5	5	5	1		0.238 3	0.079 4				
层次模型	B ₂ C _j	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂			
B ₂ – C	C ₅	1	4	2	5	6	7	8	3	0.328 4	0.024 6	0.027
	C ₆	1/4	1	1/3	2	3	4	5	1/2	0.106 7	0.008 0	
	C ₇	1/2	3	1	4	5	6	7	2	0.232 2	0.017 4	
	C ₈	1/5	1/2	1/4	1	2	3	4	1/3	0.071 3	0.005 4	
	C ₉	1/6	1/3	1/5	1/2	1	2	2	1/4	0.045 6	0.003 4	
	C ₁₀	1/7	1/4	1/6	1/3	1/2	1	2	1/5	0.032 8	0.002 5	
	C ₁₁	1/8	1/5	1/7	1/4	1/2	1/2	1	1/6	0.024 4	0.001 8	
	C ₁₂	1/3	2	1/2	3	4	5	6	1	0.158 7	0.011 9	
层次模型	B ₃ C _j	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅								
B ₃ – C	C ₁₃	1	1/4	1/9						0.063 3	0.037 4	0.061
	C ₁₄	4	1	1/5						0.193 9	0.114 7	
	C ₁₅	9	5	1						0.742 9	0.439 6	

表 7 矾根品种综合评价值

序号	品种名称	评价分值(分)															综合
		叶色	叶长	叶宽	叶片密度	花色	花期	盛花期	花序数量	花序长	花序宽	总花长	小花直径	株高	冠幅	越夏成活率	
1	布朗李皇家	3	2	2	3	4	2	2	4	4	2	4	4	4	3	3	3.01
2	里奥	4	3	2	3	2	4	4	2	2	2	2	2	3	3	5	4.04
3	金发女郎	4	1	1	4	3	2	2	1	1	1	1	2	4	4	3	3.29
4	皇家梅子	3	5	4	3	3	2	1	1	5	2	2	5	3	1	3	2.81
5	花毯	5	3	3	3	5	2	2	2	2	2	1	4	3	1	5	4.09
6	疯狂	3	3	3	3	5	5	4	2	2	2	2	4	3	2	4	3.41
7	上海	3	2	2	4	2	2	2	3	2	1	2	5	4	4	5	4.03
8	日出	4	4	3	3	2	1	1	3	2	1	2	4	1	2	5	3.85
9	甜茶	4	4	4	4	2	3	2	2	1	1	1	5	4	4	4	3.89
10	好莱坞	3	3	3	4	4	2	1	3	2	2	3	4	2	1	5	3.68
11	桃色火焰	3	4	4	3	2	2	2	2	4	3	4	5	4	4	1	2.29
12	力量之源	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2	1	4	3	3	3	3.51
13	午夜玫瑰	4	4	3	3	2	2	2	4	3	2	3	2	4	3	4	3.65
14	蜜桃芭菲	4	5	5	2	2	2	1	3	3	3	3	1	5	2	1	2.21
15	灰皮诺	5	4	4	5	2	4	2	3	3	3	4	3	2	5	5	4.66
16	地球天使	3	2	2	5	5	4	3	5	5	5	5	4	3	4	4	3.76
17	西瓜	5	5	5	4	2	3	3	5	3	4	5	3	5	5	5	4.76
18	磨砂紫罗兰	3	4	4	2	2	3	3	4	4	3	5	1	4	5	5	4.07
19	樱桃可乐	4	1	1	2	4	2	2	4	2	1	1	4	5	2	4	3.45
20	闪秋	3	3	3	3	4	3	2	3	3	5	4	2	2	3	2	2.53

表 8 矾根品种综合评价及其等级划分

等级	品种名称 (综合评价分值)
I	西瓜(4.76)、灰皮诺(4.66)
II	花毯(4.09)、磨砂紫罗兰(4.07)、里奥(4.04)、上海(4.03)
III	甜茶(3.89)、日出(3.85)、地球天使(3.77)、好莱坞(3.68)、午夜玫瑰(3.65)、力量之源(3.51)
IV	樱桃可乐(3.45)、疯狂(3.41)、金发女郎(3.29)、布朗李皇家(3.01)
V	皇家梅子(2.81)、闪秋(2.53)、桃色火焰(2.29)、蜜桃芭菲(2.21)

品种易于在上海地区露地越冬,能够在冬季为园林景观增添亮丽色彩^[22]。但在夏季,矾根的叶片会出现明显的斑点甚至枯死,这在叶片为黄绿色系的品种中较严重,5 月份左右就会出现叶片受到灼伤的现象,所以在夏天遮阴必不可少。而尽管有遮阴措施保护,部分深色叶品种在夏季也会出现叶片枯萎的现象,且老叶和成熟叶先于幼叶发生,严重影响其观赏效果。露地越夏困难的问题导致园林绿化中常将矾根作为一二年生花卉使用,大大制约了其应用范围。本研究结果表明,在遮阴条件下,许多矾根品种在上海地区均能够顺利露地越夏。因此,在适宜的品种选择及小环境保护条件下,矾根在上海地区园林应用中可作为多年生花卉使用,可以进一步拓宽其推广和应用潜力。

综合前人研究成果和本试验观察到的现象^[2,5,23],发现光照强度、温度和土壤湿度都可能是矾根在上海地区越夏困难的主要限制因素。遮阴环境可能会使得金叶连翘、花叶锦带、金焰绣线菊等彩叶植物丧失观赏特性^[24],而许多矾根品种的叶色也具有一定的季相变化^[25]。今后在这些方面应开展更加深入的研究,进一步细化不同矾根品种的最适光照、温度和湿度条件,筛选、培育出较耐高光强、耐湿热的品种,以期为矾根的栽培管理以及园林推广和应用奠定良好的基础。

3.2 结论

本研究采用层次分析法建立综合评价模型对矾根在上海地区的应用性进行评价。通过综合评价模型的建立,进行定量与定性分析,得到其综合应用价值排序,将 20 个矾根品种分为 5 个等级,科学系统地评价并筛选出矾根种质资源,弥补了人们以非定量因素主观评价矾根的不足,可以保证较全面、较客观地反映矾根种质资源在上海地区的应用价值。筛选出较适合上海地区推广应用的矾根品

种共 6 个,分别是西瓜、灰皮诺、花毯、磨砂紫罗兰、里奥和上海。本研究能够为矾根品种特性的深入分析、新品种选育时亲本的选择及其在上海及周边地区的园林应用提供参考依据。

参考文献:

[1]殷丽青,谢苗苗,孙 翊,等. 彩叶植物矾根的研究进展[J]. 上海农业学报,2018,34(1):138-143.

[2]谢英赞,马立辉,刘 杨,等. 矾根紫色宫殿对重庆地区夏季高温的生理响应[J]. 西南农业学报,2018,31(10):2104-2109.

[3]许红娟,张 丽,陈之林,等. 不同彩叶矾根品种苗期在贵州冬季生长适应性比较[J]. 种子,2016,35(9):104-107.

[4]刘桂茹,孙婉茹,闰庆伟. 新优耐阴宿根花卉及其在园林绿化中的应用[J]. 天津科技,2016,43(9):94-96.

[5]许红娟,陈之林,石乐娟,等. 4 种彩叶矾根的光合特性及在贵州的适应性[J]. 贵州农业科学,2018,46(11):101-106.

[6]许红娟,陈之林,杨 澜,等. 五种彩叶矾根苗期在贵州冬季生长适应性比较[J]. 北方园艺,2016(24):61-65.

[7]卜顺法,方连明,陆锦明,等. 优良地被植物“矾根”组织培养技术及其在景观绿化中的应用[J]. 上海农业科技,2020(3):73-74.

[8]蔡美萍,袁 媛,陈清西. 83 个夏鹃品种园林应用综合评价[J]. 南方农业学报,2018,49(8):1588-1595.

[9]李青竹,杨柳燕,许俊旭,等. AHP 层次分析法对上海石蒜属资源的综合评价[J]. 黑龙江农业科学,2019(8):22-25.

[10]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.

[11]陈和明,吕复兵,李 佐,等. 蝴蝶兰品质性状综合评价体系的构建[J]. 中国农业大学学报,2017,22(8):83-94.

[12]宁云芬,贾 蕊,荣 涛,等. 基于层次分析法的盆栽东方百合品种综合评价体系构建[J]. 南方农业学报,2017,48(4):669-674.

[13]廖美兰,林 茂,周修任,等. AHP 法对 42 种苦苣苔科植物观赏性状综合评价[J]. 农业研究与应用,2018,31(1):9-15.

[14]荆 瑞,冯 黎,张 洁,等. 基于 AHP 的北京地区景天属植物园林应用综合评价[J]. 河南农业科学,2016,45(10):128-133.

[15]张京伟,孙纪霞,张英杰,等. 基于 AHP 的玉簪品种适应性分析与评价[J]. 河南农业科学,2017,46(9):110-113,117.

[16]李秀芬,朱建军,李水根,等. 基于模糊层次分析法的早樱种质资源评价[J]. 上海农业学报,2020,36(4):6-13.

[17]武荣花,刘 引,卜燕华,等. 北京地区 138 个月季品种夏秋观赏效果综合评价[J]. 中国园林,2021,37(10):118-122.

[18]陈 刚,吕 东,赵 明,等. 基于层次分析法的干旱半干旱区 15 种引进观赏植物适应性[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(1):186-191.

[19]王丽华,李 波,陈文凯,等. 亚高山野生乡土木本植物观赏价值评价体系构建[J]. 应用与环境生物学报,2021,27(3):541-548.

[20]唐玉情,孙 飞,刘海龙,等. 基于 AHP 法黑龙江多宝山铜业矿山排土场植物筛选[J]. 植物研究,2021,41(5):700-711.

[21]刘本本,孙清琳,柳 鑫,等. 基于群决策和层次分析法的雄安新区公园绿地植物综合评价体系构建与物种筛选[J/OL]. 应

汪园,熊雨舟,王世岩,等. 不同施硒方法对豇豆豆荚中硒形态与含量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(22):145-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.22.021

不同施硒方法对豇豆豆荚中硒形态与含量的影响

汪园^{1,2,3},熊雨舟^{1,2,3},王世岩^{1,2,3},饶中^{1,3},程华^{1,3},熊银^{1,3},程水源^{1,2,3},李丽^{1,3,4}

(1. 武汉轻工大学/国家富硒农产品加工技术与研发专业中心,湖北武汉 430023; 2. 武汉轻工大学生命科学与技术学院,湖北武汉 430023;
3. 武汉轻工大学硒科学与工程现代产业学院,湖北武汉 430023; 4. 粮食作物种质创新与遗传改良湖北省重点实验室,湖北武汉 430023)

摘要:为了确定改善豇豆硒营养的硒肥调控措施,以矮蔓豇豆美国无架豆、有架豇豆之豇 28/2 为试验材料,以亚硒酸钠(Na_2SeO_3)、纳米硒(SeNPs)为硒源,在 2 个不同的生长季节分别开展硒强化栽培的定点试验。在第 1 季,将外源硒浓度设置为 0、0.1、0.5、1.0、2.5、3.0 mmol/L,研究不同硒浓度、不同硒源对豇豆豆荚中硒形态、硒含量的影响;在第 2 季,将外源硒浓度设置为 0、0.5、2.5 mmol/L,比较不同施肥次数、不同采摘时间对豇豆豆荚中总硒含量的影响。结果表明,2 个豇豆品种豆荚的硒含量均随施入的外源硒浓度的增加而增加,在相同浓度下, Na_2SeO_3 对豆荚硒含量的提升效果更为明显。用不同外源硒处理后,豇豆豆荚中硒的主要存在形态为 MeSeCys 、 SeMet ,在有架豇豆豆荚中,这 2 种形态硒含量占总硒含量的比例分别为 15.20% ~ 36.53%、63.47% ~ 74.64%,在矮蔓豇豆豆荚中,这 2 种形态硒含量的占比分别为 14.50% ~ 32.31%、55.00% ~ 100.00%;无机硒形态均只能在高浓度处理组中被检测到。用 2 种硒源的硒处理后,低浓度硒处理组的矮蔓豇豆第 2 茬采摘的豆荚中总硒含量与第 1 茬相比略有降低,而高浓度处理组中与此相反,其中 2.5 mmol/L 纳米硒处理组中第 2 茬采摘的豆荚中硒含量显著升高;有架豇豆的表现与矮蔓豇豆不同,2.5 mmol/L 纳米硒处理组中第 2 茬采摘的豆荚中硒含量显著下降。在 2 种硒源处理下,与初花期施 1 次硒相比,结荚期追施 1 次硒对豆荚中硒含量有一定的提升效果,但在高浓度亚硒酸钠处理组中,2 次施肥会造成豆荚中硒含量的下降。由结果可知,叶片喷施纳米硒、亚硒酸钠处理能够有效提高豇豆豆荚的总硒含量,且豆荚中的硒形态以 SeMet 、 MeSeCys 为主,通过豇豆叶片吸收的硒优先转化为有机硒;不同外源硒种类、施用浓度、植物基因型对豇豆豆荚累积的硒形态、含量有明显影响;用 2.5 mmol/L SeNPs 在豇豆初花期进行叶面喷施(如有必要可在结荚期追施 1 次)是最佳处理。

关键词:长豇豆;品种;纳米硒;亚硒酸钠;施用浓度

中图分类号:S643.406 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)22-0145-08

硒(Se)是人类和动物必需的微量营养素,它是
硒酶、硒蛋白的活性中心,参与多种生理和代谢过

程,具有抗氧化、免疫调节和拮抗作用,每天摄取足
量的硒是维持人类健康、预防疾病和延缓衰老所必
需的^[1]。据估计,全球有 15% 的人口(5 亿 ~ 11 亿)
缺乏硒,而中国约有 1.05 亿人可能因缺硒面临着健
康隐患^[2]。调查发现,与 20 年前生活在同一地理区
域的居民相比,当前居民头发中的硒含量下降了
24% ~ 46%^[3],有 39% ~ 61% 的中国居民日硒摄入
量低于世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/
FAO)的推荐值(26 ~ 34 $\mu\text{g}/\text{d}$)^[4]。因此,在缺硒地
区通过生物强化方式提高作物可食用部分硒元素
的生物有效浓度,并通过它们进入食物链,进而改

收稿日期:2021-11-27

基金项目:2019 年湖北省技术创新专项(重大项目)(编号:
2019ABA113);粮食作物种质创新与遗传改良湖北省重点实验室
开放课题(编号:2020lzij09)。

作者简介:汪园(1996—),男,湖北荆州人,硕士研究生,主要从事
豆科植物富硒机理研究。E-mail:2390446193@qq.com。

通信作者:程水源,博士,教授,主要从事硒资源评价与利用研究,
E-mail:s-y-cheng@sina.com;李丽,博士,副教授,研究方向
为植物资源与富硒机理研究,E-mail:lily7819@whpu.edu.cn。

用与环境生物学报:1-14[2021-11-20]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=YYHS2021041300V&uniplatform=NZKPT&v=q70-SxtcQV0ZDnoX22fPlsC56TFopoveyYeKRVaa_DQUz-ZAt1D7uHSTu0abwJOK.

[22]王巧良,南歆格,史琰,等. 基于 AHP 法的矾根品种综合评价——以冬季杭州地区绿墙应用为例[J]. 河南农业科学,

2019,48(9):137-142.

[23]黄少玲,汪华清,周意峰,等. 矾根在东莞地区引种驯化过程中的夏季适应性研究[J]. 热带林业,2016,44(4):4-7.

[24]温韦华,陈燕,刘东焕,等. 10 种园林植物的耐阴性比较研究[J]. 中国园林,2018,34(9):104-108.

[25]许琳. 矾根在园林绿化中的应用[J]. 现代园艺,2018(7):100-101.