



上海地区郁金香引种栽培与品种综合评价

张晗, 过雪莹, 沈强, 唐东芹

引用本文:

张晗,过雪莹,沈强,唐东芹. 上海地区郁金香引种栽培与品种综合评价[J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(2): 201–210.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4588>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

金缕梅科红花荷属野生资源及其园林开发潜力评估

Wild Resource of *Rhodoleia*(Hamamelidaceae) and Garden Development Potential Evaluation

热带亚热带植物学报. 2022, 30(5): 727–734 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4559>

木芙蓉对淹水胁迫的响应及其耐涝性综合评价

Response of *Hibiscus mutabilis* to Waterlogging Stress and Comprehensive Evaluation of Waterlogging Tolerance

热带亚热带植物学报. 2022, 30(2): 202–212 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4428>

六个品种花椰菜花球的营养成分分析与评价

Nutrient Analysis and Evaluation of Six Cauliflower Varieties

热带亚热带植物学报. 2022, 30(3): 349–356 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4471>

云南莲瓣兰主栽品种SSR指纹图谱的构建和遗传差异分析

Construction of SSR Fingerprint and Genetic Variance Analysis on *Cymbidium tortisepalum* Cultivars in Yunnan Province

热带亚热带植物学报. 2015(3): 236–244 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.03.002>

睡莲属62个栽培种花朵挥发性成分GC-MS分析

Volatile Components in Flowers of 62 *Nymphaea* Cultivars by GC-MS

热带亚热带植物学报. 2022, 30(4): 567–574 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4498>

向下翻页, 浏览PDF全文

上海地区郁金香引种栽培与品种综合评价

张晗^{1,2*}, 过雪莹^{1*}, 沈强³, 唐东芹^{1**}

(1. 上海交通大学设计学院, 上海 200240; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 上海鲜花港, 上海 201304)

摘要: 通过建立郁金香(*Tulipa gesneriana*)品种评价体系, 筛选生长适应性好、观赏价值高, 适宜应用于园林景观的郁金香品种。对 29 个郁金香进口品种在上海地区进行引种栽培, 观察记录其物候期, 并对植株高、冠幅等 12 个生长特性, 以及开花整齐度、花型、花色等 32 个观赏特性进行了观测。从观测指标中筛选出了包括开花整齐度、花色均匀度、花色等 27 个评价指标, 使用层次分析法与灰色关联度分析法建立了评价体系。综合评价将 29 个品种分成了 4 个等级: I 级包含 10 个品种, II 级 12 个品种, 而 III 级和 IV 级包含品种数较少, 分别只有 4 和 3 个品种。I、II 级品种普遍具有较高的观赏价值, 同时适应性较强, 适合今后推广应用上海及周边地区园林绿化。这对筛选适于上海及周边地区园林种植的郁金香品种有重要的指导作用, 建立的评价体系对评价其他郁金香品种在园林中应用也有积极参考意义。

关键词: 郁金香; 引种栽培; 观赏特性; 品种评价

doi: 10.11926/jtsb.4588

Introduction Cultivation and Comprehensive Evaluation of Tulip Varieties in Shanghai

ZHANG Han^{1,2*}, GUO Xueying^{1*}, SHEN Qiang³, TANG Dongqin^{1**}

(1. School of Design in Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shanghai Flower Port, Shanghai 201304, China)

Abstract: The aim was to establish an evaluation system to screen tulip varieties with good growth adaptability and high ornamental value, which are suitable for landscape application. Twenty-nine imported varieties of *Tulipa gesneriana* were introduced and planted in Shanghai, the phenological period, 12 growth characteristics (plant height, plant width, etc.), and 32 ornamental characteristics (flower uniformity, flower type, flower color, etc.) were observed and measured. From all observed characteristics, 27 evaluation indexes (flowering uniformity, flower color, flower color uniformity, etc.) were further chosen to establish a comprehensive evaluation system based on AHP (analytical hierarchy process) and GRA (grey relation analysis). The results showed that 29 varieties could be divided into 4 grades according the comprehensive evaluation, grade I included 10 varieties, grade II had 12 varieties, grade III and IV only 4 and 3 varieties, respectively. The varieties in grade I and II generally possessed high ornamental value and strong adaptability, which were suitable for popularization and application in landscaping in Shanghai and surrounding areas in the future. These had an important guide in screening suitable tulip varieties for gardens in Shanghai and surrounding areas. The established evaluation system also has a positive reference significance for evaluating the application of other tulip varieties in landscape.

Key words: *Tulipa gesneriana*; Introduction and cultivation; Ornamental characteristics; Variety evaluation

收稿日期: 2021-12-10 接受日期: 2022-03-07

基金项目: 上海市农委科技兴农项目([2020]1-1, [2019]1-8)资助

This work was supported by the Project for Agricultural Development by Science and Technology of Shanghai Agricultural Commission (Grant No. [2020]1-1, [2019]1-8).

作者简介: 张晗(2000年生), 女, 硕士研究生, 研究方向为城市生态水文研究。E-mail: 2715010671@qq.com

* 共同第一作者

** 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dqtang@sjtu.edu.cn

郁金香(*Tulipa gesneriana*), 别名洋荷花、草麝香, 是百合科(Liliaceae)郁金香属多年生球根植物, 其花型独特, 花色丰富, 栽培品种众多, 具有非常高的园林应用价值, 在国内外享有盛誉, 广泛应用于国内外园林绿地, 同时, 也是良好的切花和盆花材料。郁金香首次在中国的引种报道是在 1987 年, 李瑞华等^[1]在郑州对来自荷兰的 24 个品种进行栽培。近二、三十年以来, 我国各地掀起了郁金香引种及园林应用高潮, 不少城市也陆续开展了郁金香引种栽培和相关研究^[2-6]。上海对郁金香的报道最早见于 2006 年, 沈强等^[3]对引种的 282 个进口郁金香品种进行了观察记录, 主要涉及物候期、茎高与结籽情况, 但记录指标较少, 也没有生态适应性和观赏价值综合评价的信息。

传统的引种栽培往往是分别记录一定数量的性状指标并单独分析, 难以实现对优良品种的全面评判。而利用数学方法对植物的众多栽培品种进行综合评价则可以综合各项指标信息, 提出更为科学的优良品种评判依据。其中, 层次分析法(analytical hierarchy process, AHP)是目前应用最为广泛的一种数学方法, 在宿根花卉^[7], 桂花(*Osmanthus fragrans*)^[8]、香石竹(*Dianthus caryophyllus*)^[9]等观赏植物品种评价中得到很好验证。此外, 灰色关联度分析法(grey relation analysis, GRA)需要的样本数量较少^[10], 分析过程简便, 目前也已经被广泛地应用于观赏植物与作物的品种评价中^[10-20]。针对郁金香的品种评价已有少量报道, 高星等^[21]对北京地区郁金香常见品种的 28 个观赏性状进行编码、统计与聚类分析。熊亚运等^[22]采用 AHP-GRA 分析法, 从观赏价值与品种更新 2 个方面

选取了 10 个指标, 建立了郁金香品种评价系统, 进而从受试品种中筛选优良品种。可见, 无论是从指标选择还是方法应用仍有完善的空间。

上海地区郁金香的应用一直居全国首列, 每年花费大量外汇进口数量巨大的种球, 因此, 科学筛选郁金香品种、指导引种实践显得尤为重要。通过系统记录引进品种的生态适应性、生长特性以及观赏性状, 综合各项指标筛选适宜的品种, 可以有效地指导制定科学的引种和推广计划。本研究以 29 个郁金香进口品种为对象, 定期对其物候期、生长特性与观赏特性进行系统观测, 在此基础上, 利用 AHP-GRA 分析法建立了综合评价系统, 筛选优良品种, 旨在为郁金香引进品种在上海地区园林中的应用提供科学依据, 同时, 也为后续针对适生品种开展本土化栽培研究提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料与种植

试验所用的 29 个郁金香(*Tulipa gesneriana*)品种为荷兰进口(表 1), 其中重瓣品种 6 个, 单瓣品种 23 个。于 2020 年 11—12 月将种球露天定植于上海市闵行区上海交通大学试验农场, 采用常规的水肥管理。每个品种种植 4 行, 共 30 株, 株×行距为 7×14 cm, 定植深度为 10 cm。试验地位于北纬 31.03298°, 东经 121.43492°, 海拔 1 m, 地势平缓。种植地土壤 pH 值为 7.53, EC 为 736 μS/cm, 有机质含量为 433.00 g/100 g, 速效氮、速效钾、速效磷的含量分别为 1.95、10.08 和 1.67 g/100 g。

表 1 郁金香进口品种

Table 1 List of 29 imported varieties of *Tulipa gesneriana*

序号 No.	品种 Variety	类型 Type	瓣型 Petal style	种球大小 Bulb size (cm)
1	‘阿波罗精选’ ‘Apeldoorn Elite’ (AE)	达尔文杂交型 Darwin hybrid	单瓣 Single	11/+
2	‘阿维尼翁’ ‘Avignon’ (Av)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
3	‘贝利西娅’ ‘Belicia’ (Bl)	重瓣早花型 Double early	重瓣 Double	11/+
4	‘红葡萄酒’ ‘Burgundy Lace’ (BL)	百合花型 Lily-flowered	单瓣 Single	11/+
5	‘巴拉克·奥巴马’ ‘Barrack Obama’ (BO)	百合花型 Lily-flowered	单瓣 Single	12/+
6	‘协奏曲’ ‘Concerto’ (C)	福斯特型 Fosteriana	单瓣 Single	12/+
7	‘糖果俱乐部’ ‘Candy Club’ (CC)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
8	‘卡拉凯尔’ ‘Caracare’ (Cr)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
9	‘多多哥’ ‘Dordogne’ (Dd)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
10	‘迪斯尼巴黎’ ‘Disneyland Paris’ (DP)	绿花型 Viridiflora	重瓣 Double	11/+
11	‘重影’ ‘Double You’ (DY)	重瓣晚花型 Double late	重瓣 Double	11/+
12	‘复活节庆典’ ‘Easter Parade’ (EP)	考夫曼型 Kaufmanniana	单瓣 Single	12/+

续表(Continued)

序号 No.	品种 Variety	类型 Type	瓣型 Petal style	种球大小 Bulb size (cm)
13	‘流苏冬至’ ‘Fringed Solstice’ (FS)	流苏型 Fringed	单瓣 Single	12/+
14	‘玛丽特’ ‘Inimitable’ (In)	凯旋型 Triumph	单瓣 Single	11/+
15	‘神秘范伊克’ ‘Mystic van Eijk’ (ME)	达尔文杂交 Darwin hybrid	单瓣 Single	11/+
16	‘重瓣小黑人’ ‘Negrito Double’ (ND)	重瓣晚花型 Double late	重瓣 Double	11/+
17	‘橙色钻石’ ‘Orange Diamond’ (OD)	福斯特型 Fosteriana	重瓣 Double	11/+
18	‘橙色范依克’ ‘Orange Van Eijk’ (OE)	达尔文杂交 (Darwin hybrid)	单瓣 Single	11/+
19	‘桔色辉光’ ‘Orange Glow’ (OG)	凯旋型 Triumph	单瓣 Single	12/+
20	‘彼兰德’ ‘Pirand’ (Pr)	福斯特型 Fosteriana	单瓣 Single	12/+
21	‘普瑞斯玛’ ‘Purissima’ (Ps)	福斯特型 Fosteriana	单瓣 Single	12/+
22	‘夜皇后’ ‘Queen of Night’ (QN)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
23	‘皇家十号’ ‘Royal Ten’ (RT)	凯旋型 Triumph	单瓣 Single	11/+
24	‘阳光公主’ ‘Sunny Prince’ (SP)	凯旋型 Triumph	单瓣 Single	11/+
25	‘施华洛世奇’ ‘Swarovski’ (Sw)	单瓣晚花型 Single late	单瓣 Single	11/+
26	‘美丽殿堂’ ‘Temple of Beauty’ (TB)	百合花型 Lily-flowered	单瓣 Single	12/+
27	‘桌上舞’ ‘Table Dance’ (TD)	重瓣晚花型 Double late	重瓣 Double	11/+
28	‘世界真爱’ ‘World’s Favorite’ (WF)	达尔文杂交 Darwin hybrid	单瓣 Single	11/+
29	‘白色奇迹’ ‘White Marvel’ (WM)	凯旋型 Triumph	单瓣 Single	11/+

1.2 观测指标与测定方法

于2021年2月开始定期对29个品种进行物候观测,并观测生长特性和观赏特性共计44个性状指标,其中数量指标27个,定性指标17个。所有测量均设10个重复(随机选择10株)。

物候期观测参考《中国物候观测方法》^[23]进行,每3d记录1次,如遇物候转折期,变化非常明显时则每天观测1次。花物候期以开花天数(花期)表示,为从初花期到末花期历时的总天数。

生长特性共选取12个反映其适生性、营养生长状况和种球更新能力的性状:植株健康状况、出苗率、株高、冠幅、叶片数量、叶绿素含量、地下部分总质量、种球个数、最大种球的质量和周径、繁殖系数、周径系数,其中,叶绿素含量使用便携式TPS-2型叶绿素仪(英国Hansatech公司生产)测定,其余数量指标采用刻度尺测量或电子天平称量,定性指标采用田间目测。种球相关指标在收获种球后进行测定,繁殖系数=收获后种球数/定植种球数×100%。

观赏特性对郁金香的应用非常重要,因此,本研究从群体、叶部、花部等3个层面分别对其进行描述与观测,共选取了32个观赏特性。群体层面包括开花整齐度、植株整齐度、开花天数、花色均匀度、开花率5个性状;叶部层面包括叶长、叶宽、叶型、叶缘、叶色、叶片有无白粉6个性状;花部层面包括花型、花径、花朵颜色、花朵次要颜色、

次要颜色出现位置、花朵颜色比色值、花瓣长度、花瓣宽度、花色明度L*、花色色相a*、花色色相b*、花色彩度C*、花色色调h°、花朵颜色数量、花瓣边缘类型、花葶高、花葶粗、最大花朵数、花药颜色、花瓣雨淋后表现、花朵枯萎方式21个性状。定性性状采用田间目测,数量性状使用仪器进行测量。其中,花色的量化指标采用SC-10手持式色差仪(深圳市三恩驰科技有限公司)测定,获得各品种花色的亮度L*值、红绿色度a*值和黄青色度b*值,并计算花色的彩度C*值和色相角h°值^[24]。

1.3 评价方法

采用递阶层次-灰色关联度分析法(AHP-GRA)对郁金香品种进行综合评价。基于上述指标观测与分析,结合文献确定AHP评价指标,通过构造判断矩阵来确定指标的权重,从而构建AHP评价模型^[25]。同时,采用灰色关联度法,分析创建出了一个“参考品种”,其各个指标都是最优情况,将所有受试品种与“参考品种”相比较得出评价结果,从而综合评价品种优劣^[26-27]。部分评价指标,如花型、花朵颜色、花朵颜色数量、花瓣边缘类型、花葶高的不同表现型没有好坏之分,但大众对郁金香的特定表现型有偏好,为客观反映其对实际应用的影响,研究时对这些指标进行了大众喜好度的问卷调查,大众喜好度越高,则相应赋值越大,共回收111份有效问卷。

采用Microsoft Office Excel 2016软件对数据进

行整理和统计分析。

2 结果和分析

2.1 物候期观察

29 个郁金香品种的物候存在较大差异。大多数品种集中在 2 月 15—26 日出苗，少数 3 月初才出苗，最迟的 3 月 15 日。其中，‘协奏曲’与‘彼兰德’的生长物候期最早，恰逢农历新年，未能记录其出苗期、展叶期与生命周期，而‘玛丽特’出苗最晚，与最早的品种相差超过 1 个月。各品种地上部分枯萎期从 4 月 12 日到 5 月 15 日，所以郁金香品种的整

个生命周期也存在差异。

从图 1 可见，‘协奏曲’与‘彼兰德’是开花最早的 2 个品种，‘红葡萄酒’则开花最晚；大多数品种的花期集中在 3 月 1 日到 4 月 22 日。从现蕾期到初花期，各品种经历时间略有不同，但均在 12 d 内完成转换。花期从初花期开始到末花期结束，是游人欣赏郁金香的最佳时间。各品种的花期也有明显差异，其中‘彼兰德’最长，达 25 d，‘普瑞斯玛’与‘重瓣小黑人’次之，为 24 d，‘皇家十号’的花期也较长，为 22 d，其他品种多为 13~19 d，而‘多多哥’的花期最短，仅 9 d。‘糖果俱乐部’与‘橙色钻石’花量太少，无法统计花期。

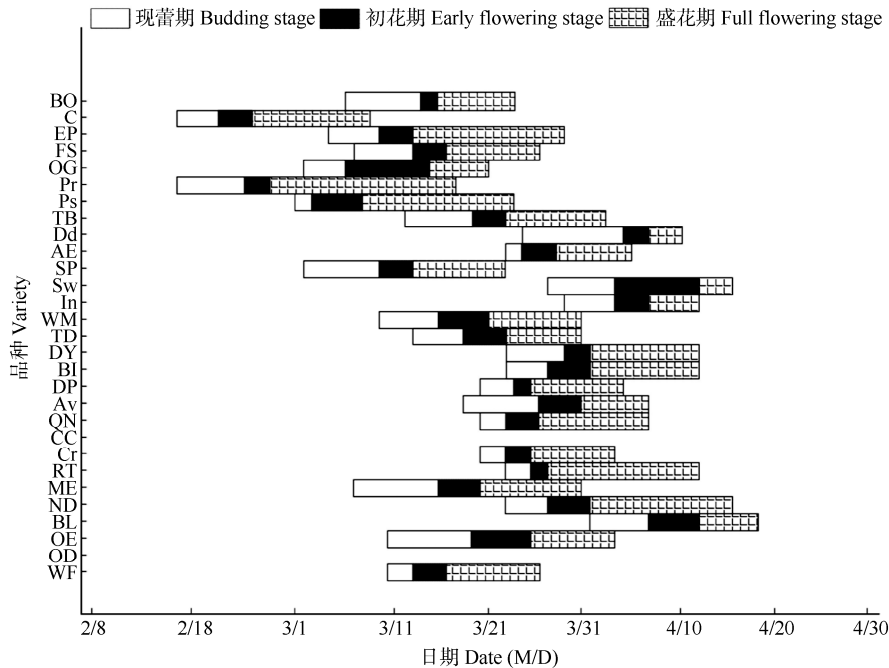


图 1 29 个郁金香品种的花物候期。品种缩写见表 1。下同

Fig. 1 Flower phenology of 29 *Tulipa gesneriana* varieties. Variety abbreviation see Table 1. The same below

2.2 生长特性和观赏特性观测

2.2.1 生长特性分析

大多数品种都能顺利出苗，其中 7 个品种出苗率高达 100%，仅有 5 个品种低于 90%，且只有 1 个品种‘玛丽特’在 50%以下。从出苗后植株生长情况来看，‘彼兰德’、‘协奏曲’、‘复活节庆典’、‘桔色辉光’、‘普瑞斯玛’、‘流苏冬至’、‘神秘范伊克’、‘橙色范伊克’、‘重影’、‘重瓣小黑人’和‘红葡萄酒’等 11 个品种表现良好，且出苗率均高于 90%。所有品种中，‘糖果俱乐部’与‘玛丽特’的生长特性表现最差，‘糖果俱乐部’绝大部分植株出现叶片发紫，植

株矮小的情况。

29 个品种的种球更新能力存在差异。其中，‘巴拉克·奥巴马’的地下部分总质量、最大种球质量和周径等均最大，分别达 56.45、34.02 g 和 14.12 cm，而‘糖果俱乐部’的均为最小。‘阳光公主’的繁殖能力最强，繁殖系数达 7.40，此外还有 5 个品种的繁殖系数大于 5，而‘施华洛世奇’仅为 1.67。周径系数总体变化不大，多数在 1 左右。

2.2.2 观赏特性

(1) 群体观赏特性。‘橙色钻石’与‘糖果俱乐部’的开花率极低，无法对除开花率以外的群体观赏性

状进行观测, 仅完整记录了 27 个品种的相关指标。大部分品种的开花整齐度良好, 花色均匀度表现均较好, 仅‘流苏冬至’和‘巴拉克·奥巴马’的花色不均匀, 群体中植株花色差异较大。开花天数差异比较明显。

用花葶高的变异系数表示植株整齐度, 系数越大说明植株越参差不齐, 整齐度就越差。结果表明, 整体上整齐度较高, 最差的是‘卡拉凯尔’(23.61%), 其次是‘糖果俱乐部’(23.32%), 最高的是‘流苏冬至’(6.12%)。‘彼兰德’、‘协奏曲’、‘复活节庆典’、‘桔色辉光’、‘普瑞斯玛’、‘流苏冬至’、‘神秘范伊克’、‘橙色范伊克’、‘重影’和‘重瓣小黑人’10 个品种的开花率达 100%, ‘橙色钻石’仅为 6.90%, ‘糖果俱乐部’则未观察到开花。

(2) 叶部观赏特性。总体上看, 品种间叶部性

状的多态性比群体观赏性小。

(3) 花部观赏特性。田间观测记录了 29 个品种的花部性状(图 2), 其中, ‘橙色钻石’与‘糖果俱乐部’因开花率低而无法统计, 因此, 这 2 个品种没有测定花径等数量性状。大多数品种的花径小于 10 cm, 仅 4 个品种大于 10 cm, 其中‘彼兰德’的最大, 为 13.59 cm, 其花瓣也最大(9.79 cm), 花径最小的是‘阳光公主’, 是唯一一个小于 5 cm 的品种。花瓣长度和宽度分别为 4.63~9.79、3.05~6.03 cm, 与花径并不呈线性关系, 说明其花瓣排列不同可能会影响外观尺度。29 个品种中单色花有 15 个, 复色花 14 个, 没有 3 个及以上颜色的品种。花葶较高的品种有‘巴拉克·奥巴马’与‘美丽殿堂’, 达 51.77 和 51.30 cm, 而最矮的‘阳光公主’仅有 12.17 cm, 此外, 还有 3 个品种花葶高小于 15 cm, 分别是‘桌上



图 2 29 个郁金香品种的花部性状

Fig. 2 Flower characteristics of 29 *Tulipa gesneriana* varieties

舞’、‘重影’和‘重瓣小黑人’。重瓣的品种花型均为碗状，单瓣品种花型为杯状或高脚杯状。多个花朵生于枝顶的品种(多头品种)比花朵单生枝顶的品种(单头品种)少，仅有 5 个，其中‘糖果俱乐部’的最大头数多达 6 个。花瓣边缘形态有 3 种：光滑、波浪形与流苏形，其中流苏形的只有‘流苏冬至’和‘红葡萄酒’(图 2)。

郁金香的花色多样，通过色差仪量化数据可更

科学地描述其花色表型。在所有品种中，L*值最大，即颜色亮度最高的是白色品种‘普瑞斯玛’；L*值最小，颜色亮度最低的是深紫色的‘夜皇后’。C*值最大，即颜色最鲜艳的是‘桔色辉光’，花为橙色；C*值最小，颜色最淡的是‘白色奇迹’，花为白色。h°值越大说明颜色越偏黄，越小说明颜色越偏紫，所有品种中，h°值最大和最小的分别是橙色的‘桔色辉光’和紫红色的‘重瓣小黑人’。

表 2 郁金香的花色表型量化

Table 2 Numerical value of petal color of *Tulipa gesneriana*

项目 Item	L*	a*	b*	C*	h°
均值 Mean	59.52	27.15	27.67	42.60	43.46
方差 Variance	14.89	19.12	21.19	22.05	26.10
变异系数 Coefficient variation (CV) %	25.02	70.42	76.58	51.76	60.06
最大值(品种) Maximum (Variety)	81.13 (Pr)	53.05 (WF)	69.91 (EP)	71.19 (OG)	80.84 (EP)
最小值(品种) Minimum (Variety)	22.56 (QN)	4.90 (Pr)	-3.50 (TD)	9.36 (WM)	-16.11 (ND)

2.3 评价模型的建立

以观赏价值与生态适应性 2 方面的性状指标为基础，参考前人的郁金香评价指标，以表达信息全面，信息不冗余这一角度出发筛选出了 27 个代表

指标，构建了递阶层次结构模型。针对指标权重分配进行了专家意见调查，构造了判断矩阵，矩阵一致性检验结果符合要求，可以用于递阶层次模型(表 3)。

表 3 递阶层次结构模型与权重分配

Table 3 Model of hierarchy construction

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	指标权重 Index weight	方案层 Scheme layer
29 个进口郁金香品种的综合评价	观赏价值 (C1)	群体 (D1)		需要进行综合评价的品种
		植株整齐度 (P1)	0.042 4	
		开花率 (P2)	0.173 5	
		开花整齐度 (P3)	0.093 9	
		花期天数 (P4)	0.056 5	
		花色均匀度 (P5)	0.099 4	
		叶 (D2)		
		叶缘 (P6)	0.011 2	
		叶色 (P7)	0.032 6	
		叶长 (P8)	0.004 0	
		叶型 (P9)	0.007 7	
		花 (D3)		
		花型 (P10)	0.063 4	
		花径 (P11)	0.037 1	
	花色 (P12)	0.089 9		
	花色数量 (P13)	0.030 1		
	花瓣边缘类型 (P14)	0.015 2		
	花葶高 (P15)	0.012 8		
	花葶粗 (P16)	0.008 8		
	最大花朵数 (P17)	0.017 6		
	花朵枯萎方式 (P18)	0.003 8		
生态适应性 (C2)	生长状况 (D4)	出苗率 (P19)	0.043 7	
		植株健康状况 (P20)	0.060 7	
		株高 (P21)	0.017 1	

续表(Continued)

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	指标权重 Index weight	方案层 Scheme layer
29 个进口郁金香品种的综合评价	生态适应性 (C2)	冠幅 (P22)	0.012 0	
		小叶数量 (P23)	0.004 6	
	生理指标 (D5)	叶绿素含量 (P24)	0.018 3	
		种球更新 (D6)	子代种球重量 (P25)	0.007 3
		繁殖系数 (P26)	0.029 0	
		周径系数 (P27)	0.007 3	

结合品种性状指标观测结果、性状指标分级与大众喜好度调查结果, 对应数量性状的评价指标赋

值为实际测量值; 对应质量性状的评价指标进行分级赋值(表 4)。

表 4 质量性状评价指标赋值

Table 4 Evaluation indices assignment of qualitative characters

指标层 Index layer	赋值 Assignment					指标性质 Index nature
	5	4	3	2	1	
P3		开花整齐	较整齐	较不整齐	不整齐	正
P5			均匀	较均匀	不均匀	正
P6			深波	浅波	平展	正
P7				蓝绿	绿	正
P9		条状披针形	卵状披针形	卵型	阔卵型	正
P11		素色淡雅	柔和清亮	鲜艳浓烈	神秘深沉	正
P15				光滑边缘	其他	正
P16			杯型	高脚杯型	碗型	正
P18			掉落	轻度皱缩后掉落	皱缩	正
P20	强健	较强健	良	较差	差	正

2.4 综合评价分析

评价需要建立一个“参考品种”, 参考品种相当于评价系统中的标杆, 其所有指标均取值为评价系统中所有品种的最优值。受试品种与“参考品种”的灰色关联系数越接近 1, 说明受试品种与“参考品种”越接近, 是优良品种。按照等级标准与评价结

果(表 5)将品种进行分级, 29 个品种可划为 4 个等级。I 级的灰色关联系数>0.7, 有 10 个品种, II 级的灰色关联系数为 0.6~0.7, 有 12 个品种, III 级的灰色关联系数为 0.5~0.6, 有 4 个品种, IV 级的灰色关联系数<0.5, 有 3 个品种。各品种分值差异较大, 其中最高的为‘彼兰德’(0.798 1), 而最低的‘糖

表 5 29 个郁金香品种的综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation results of 29 *Tulipa* varieties

品种 Variety	评分 Score	排名 Ranking	评级 Grade	品种 Variety	评分 Score	排名 Ranking	评级 Grade	品种 Variety	评分 Score	排名 Ranking	评级 Grade
Pr	0.798 1	1	I	Cr	0.612 9	20	II	WF	0.619 6	18	II
C	0.689 5	12	II	AE	0.590 3	23	III	TB	0.620 2	17	II
Ps	0.742 4	4	I	Bl	0.627 8	15	II	TD	0.553 1	25	III
OG	0.770 1	2	I	CC	0.316 0	29	IV	BO	0.659 1	13	II
SP	0.602 7	21	II	RT	0.715 3	8	I	DP	0.586 3	24	III
EP	0.754 3	3	I	ND	0.724 5	6	I	In	0.470 2	27	IV
FS	0.717 7	7	I	Dd	0.529 8	26	III	QN	0.618 3	19	II
ME	0.705 2	10	I	OD	0.345 9	28	IV	DY	0.695 8	11	II
WM	0.709 7	9	I	Sw	0.640 1	14	II	BL	0.625 1	16	II
OE	0.735 2	5	I	Av	0.600 6	22	II				

果俱乐部’仅 0.316 0。I 级品种的生态适应性、群体观赏价值等各个方面均表现优秀, 是良好的花海或花坛景观的应用品种, 其中‘彼兰德’、‘橙色辉光’和‘复活节庆典’等品种排前三。I 级品种的种球更新能力好, 收获的最大种球周径大于 12 cm, 一般第 2 年能够再次正常开花, 重复利用。II 级品种生态适应性表现整体较好, 但某些方面有欠缺, 如‘巴拉克·奥巴马’、‘美丽殿堂’的花葶过高, 易倾倒或花枝低垂, 这些品种可以考虑用于切花; 而‘阳光公主’与‘重影’则植株矮小, 适合盆栽种植。III 级与 IV 级品种整体来看, 生态适应性表现差, 植株长势差, 出苗率、开花率低, 尤其是 IV 级的 3 个品种‘玛丽特’、‘糖果俱乐部’与‘橙色钻石’, 不适合用于上海园林绿化。

3 结论和讨论

在上海市闵行区引种栽培 29 个进口郁金香品种, 从生长特性与观赏特性 2 方面分别选取了 12 和 32 个性状进行观测, 选取的性状较为完整体现了品种信息。不同品种间的生长特性与观赏特性差异大, 多样性高, 观测结果为建立郁金香品种综合评价体系提供了坚实的基础。在获得全面性状数据基础上, 使用层次分析-灰色关联度分析法建立了郁金香品种综合评价体系。以郁金香品种的园林绿化应用为目的, 建立了递阶层次模型, 计算出各评价指标的分配权重。然后用灰色关联度分析法, 对评价指标数据进行了分级标准化的处理, 将品种的优劣比较转换为与参考品种灰色关联度的比较, 更加全面地利用了数据信息, 客观地进行品种间的对比。结果符合实际, 能够反映郁金香品种的优劣。

引种是重要的种质资源利用手段, 为植物品种推广应用提供了科学依据, 引种过程中观测的性状越多, 对品种的了解越全面, 但由于人力物力的限制, 引种观察中不可能对所有的性状进行观测, 因此必须做出取舍。植物引种栽培研究中^[3,5,7], 物候期受到普通关注, 完整记录品种的物候期对于后续的栽培利用有很大意义。沈强等^[3]曾于 2004 年在上海鲜花港引种种植并记录了‘阿波罗精选’、‘协奏曲’、‘普瑞斯玛’、‘红葡萄酒’、‘阿维尼翁’、‘小黑人’等 6 个品种的物候期。本研究中的种植时间与之相近, 上述 6 个品种的物候期普遍提前, 可能是气候变暖导致了物候期提前。除物候期外, 引种研究

也通常会记录植物品种的生态适应性。例如抗病性, 抗虫性, 植株生长状况, 球根植物如郁金香、百合(*Lilium brownii*)还需要关注种球、鳞茎的生长、退化情况。对用途不同的植物进行引种观察, 研究中关注的性状有所偏重, 如引种食用植物更加关注的是食用部分的品质与重量, 而引种观赏植物则聚焦于与品种的观赏价值相关的性状, 如花、叶的颜色、形状与尺寸。

本研究中建立的评价体系信息全面, 很好地完成了对 29 个进口郁金香品种的评价, 但当使用这一评价体系对更优的品种进行评价时, 可能会有评价指标“突破边界”的事件发生, 因为永远存在指标的更优值, 如出现更优美的花型, 更大的花径, 可以对评价体系进行优化更新, 将更优品种加入评价体系中。本研究 29 个品种与“参考品种”的灰色关联度均小于 0.8, 这与前人^[10-20]的研究结果相似, 推测可能有 2 点原因: (1) 由于使用全部最优指标建立的“参考品种”拥有所有品种的优点, 是最为理想最为优秀的品种, 其他品种难以与其相比; (2) 实际上, 受试品种往往会存在某些方面的缺陷, 如‘彼兰德’、‘桔色辉光’、‘复活节庆典’的花型不属于评分最高的杯型, ‘普瑞斯玛’出苗率比其他优良品种低。

前人评价郁金香的研究中, 往往存在选取指标较少, 或评价方法有缺陷等问题^[22,28-31]。本研究在评价体系的建立中, 选取了层次分析-灰色关联度分析法, 将 2 种分析方法综合, 取长补短; 从观测的 44 个性状中筛选了 27 个有代表性, 能呈现整体信息的评价指标对郁金香品种进行综合评价, 但评价指标之间有相关性, 因此存在信息冗余。本研究通过筛选, 尽量避免了该情况的发生, 例如花葶与株高 2 个评价指标尽管都反映了植株高度的相关信息, 但是一个与品种的观赏价值相关, 一个与品种的生长状况相关。

主成分分析法也是一种常用于评价的方法, 它一般可以反映性状的主要信息, 因此冗余信息被过滤, 指标信息更加精简。但是主成分分析也存在限制, 对选取的性状进行主成分分析时, 会存在方差贡献率较低的情况。马秀花等曾基于 20 个表型性状对 62 份郁金香种质资源进行评价, 并选用了主成分分析法, 结果表明前 6 个主成分贡献率达到 73.70%^[31]。我们针对上述 27 个评价指标也进行了主成分分析, 但选取 6 个主成分时, 方差贡献率仅

达到了63%,不能反映指标的完整信息,可能是生态适应性观赏价值两方面的指标间相关性小,信息难以用较少的(6个)主成分进行完整概括,因此主成分分析并不是特别适合。可见,即使是同一种方法也要根据实际情况加以应用。

参考文献

- [1] LI R H, YANG Q S, ZHANG H R, et al. A study on introducing some cultivars of *Tulipa gesneriana* [J]. *Acta Agric Boreali-Sin*, 1987, 2(3): 99–106. [李瑞华, 杨秋生, 张宏若, 等. 郁金香引种研究 [J]. 华北农学报, 1987, 2(3): 99–106. doi: 10.3321/j.issn:1000-7091.1987.03.018.]
- [2] SONG X M, LIAO Y Z, CHEN P, et al. Experimental study on introduction and cultivation of tulip in Nanchang, Jiangxi [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2013, 25(5): 38–41. [宋小民, 廖元柱, 陈萍, 等. 江西南昌郁金香引种栽培试验研究 [J]. 江西农业学报, 2013, 25(5): 38–41. doi: 10.3969/j.issn.1001-8581.2013.05.011.]
- [3] SHEN Q, CHEN Y P, SHI Y M. Study on adaptabilities of tulips introduced from the Netherlands [J]. *J Shanghai Jiaotong Univ (Agric Sci)*, 2006, 24(2): 168–176. [沈强, 陈亚平, 史益敏. 上海地区郁金香引种与物候期观察 [J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2006, 24(2): 168–176. doi: 10.3969/j.issn.1671-9964.2006.02.012.]
- [4] HAN H J, WANG X D, ZHANG H Y, et al. Study on cultivar screening of potted *Tulips* in Harbin city [J]. *Territ Nat Resour Study*, 2011, 33(5): 64–66. [韩红娟, 王晓冬, 张华艳, 等. 哈尔滨市郁金香盆栽品种筛选试验研究 [J]. 国土与自然资源研究, 2011, 33(5): 64–66. doi: 10.3969/j.issn.1003-7853.2011.05.026.]
- [5] HU X Y, LEI J J, YANG Y G. Study on the introduction and experiment in *Tulip* cultivation [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2006, 34(18): 4568–4570. [胡新颖, 雷家军, 杨永刚. 郁金香引种栽培研究 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34(18): 4568–4570. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2006.18.034.]
- [6] SU H. Practical technology of Tulips planting in Xinjiang [J]. *Mod Landscape Archit*, 2014, 11(8): 39–41. [苏华. 郁金香在新疆种植的实用技术 [J]. 现代园林, 2014, 11(8): 39–41.]
- [7] FENG P B. The ornamental appraisal on introduction of perennial flowers Shanghai areas and studies on heat and cold resistance [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2003. [封培波. 上海地区引种宿根花卉观赏性评价及耐热、抗寒研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2003.]
- [8] YI Y J, YUAN W J, DONG M F, et al. Applying AHP to appraise *Osmanthus fragrans* cultivars in Henan Province [J]. *J Henan Univ (Nat Sci)*, 2004, 34(4): 23–29. [伊艳杰, 袁王俊, 董美芳, 等. 运用AHP法综合评价河南部分桂花品种 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2004, 34(4): 23–29. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2004.04.016.]
- [9] HUANG X F, LIU H X, JIN Y Q, et al. The research of ornamental characteristics evaluation of *Dianthus caryophyllus* [J]. *J Nanjing Norm Univ (Nat Sci)*, 2012, 35(4): 84–89. [黄雪方, 刘海霞, 金雅琴, 等. 香石竹观赏性评价研究 [J]. 南京师大学报(自然科学版), 2012, 35(4): 84–89.]
- [10] YANG Z, ZHANG X Q, LI X L, et al. Applying grey correlative degree analysis to comprehensively evaluate growth performance of 17 types of alfalfa with different fall-dormancy grades [J]. *Acta Pratac Sin*, 2009, 18(5): 67–72. [杨墨, 张新全, 李向林, 等. 应用灰色关联度综合评价17个不同休眠级苜蓿的生产性能 [J]. 草业学报, 2009, 18(5): 67–72. doi: 10.3321/j.issn:1004-5759.2009.05.010.]
- [11] DU S H, ZANG D K, SUN J W. Comprehensive evaluation on *Chaenomeles* ornamental cultivars by grey-relational grade method [J]. *Shandong Agric Sci*, 2011(1): 12–15. [杜淑辉, 臧德奎, 孙居文. 木瓜属观赏品种的灰色关联度综合评价 [J]. 山东农业科学, 2011(1): 12–15. doi: 10.3969/j.issn.1001-4942.2011.01.004.]
- [12] GAO X L, LIAO W H, WANG S S, et al. Relationships among major agronomic traits and nutritional characters of pea based on correlation/grey relational analysis [J]. *Crops*, 2016, 32(5): 56–60. [高小丽, 廖文华, 王姗姗, 等. 豌豆主要农艺和品质性状的相关性及灰色关联度分析 [J]. 作物杂志, 2016, 32(5): 56–60. doi: 10.16035/j.issn.1001-7283.2016.05.010.]
- [13] XIE Y, GUO S H. Grey correlation degree analysis and comprehensive evaluation of agronomic characters in *Foxtail millet* cultivars [J]. *Mol Plant Breed*, 2021, 19(6): 2064–2072. [解云, 郭世华. 谷子品种农艺性状的灰色关联度分析及综合评价 [J]. 分子植物育种, 2021, 19(6): 2064–2072. doi: 10.13271/j.mpb.019.002064.]
- [14] WANG Y J, LIU S W, WANG C, et al. Evaluation on comprehensive performance of 12 *Silage maize* varieties by grey relational degree analysis [J]. *Shandong Agric Sci*, 2020, 52(10): 78–82. [王玉建, 刘世伟, 王聪, 等. 应用灰色关联度法评价12个青贮玉米品种的综合性能 [J]. 山东农业科学, 2020, 52(10): 78–82. doi: 10.14083/j.issn.1001-4942.2020.10.012.]
- [15] MA B M. Application of grey relational degree analysis in evaluation of *Osmanthus* species [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2020, 47(2): 106–108. [马炳美. 灰色关联度分析在桂花品种评价中的应用 [J]. 福建林业科技, 2020, 47(2): 106–108. doi: 10.13428/j.cnki.fjlk.2020.02.021.]
- [16] XIE W J, TANG Y W, SONG J, et al. Comprehensive evaluation of *Rhododendron* varieties based on grey-relational grade method [J]. *J Henan Agric Univ*, 2017, 51(4): 513–520. [解玮佳, 唐毓玮, 宋杰, 等. 基于灰色关联度分析法的高山杜鹃品种综合评价 [J]. 河南农业大学学报, 2017, 51(4): 513–520. doi: 10.16445/j.cnki.1000-2340.2017.

- 04.011.]
- [17] JIA Y, ZHAO J L, PAN Y Z, et al. Collection and evaluation of *Primula* species of western Sichuan in China [J]. Genet Resour Crop Evol, 2014, 61(7): 1245–1262. doi: 10.1007/s10722-014-0108-3.
- [18] ZHANG B B, SHEN Z J, MA R J, et al. Grey relational analysis and fuzzy synthetic discrimination of antioxidant components in peach fruit [J]. Arch Biol Sci, 2018, 70(3): 449–458. doi: 10.2298/ABS171209005Z.
- [19] MIR S A, PADMA T. Evaluation and prioritization of rice production practices and constraints under temperate climatic conditions using Fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) [J]. Span J Agric Res, 2016, 14(4): e0909. doi: 10.5424/sjar/2016144-8699.
- [20] ZHOU L, MU T H, MA M M, et al. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making [J]. J Integr Agric, 2019, 18(1): 231–245. doi: 10.1016/S2095-3119(18)62137-9.
- [21] GAO X, LÜ T, ZANG F Q, et al. Classification of the *Tulipa gesneriana* L. common varieties in Beijing by numerical taxonomy [J]. Mol Plant Breed, 2017, 15(7): 2863–2873. [高星, 吕彤, 臧凤岐, 等. 北京地区郁金香常见品种的数量分类 [J]. 分子植物育种, 2017, 15(7): 2863–2873. doi: 10.13271/j.mpb.015.002863.]
- [22] XIONG Y Y, XIA W T, WANG J, et al. Comprehensive evaluation and screening of tulip cultivars based on their ornamental value and reuse of bulbs [J]. J Beijing For Univ, 2015, 37(1): 107–114. [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. doi: 10.13332/j.cnki.jbfu.2015.01.010.]
- [23] XING X Y, HAO P Y, LI G H, et al. Seasonal dynamic of plant phenol-phases in Beijing: A case study in Beijing Botanical Garden [J]. Chin J Plant Ecol, 2018, 42(9): 906–916. [邢小艺, 郝培尧, 李冠衡, 等. 北京植物物候的季节动态特征——以北京植物园为例 [J]. 植物生态学报, 2018, 42(9): 906–916. doi: 10.17521/cjpe.2018.0113.]
- [24] ZHU J Y, TANG D Q, LI X. Analysis of composition and content of anthoxanthins in petals of *Freesia hybrid* [J]. Chin J Trop Crops, 2021, 42(4): 1136–1144. [朱佳意, 唐东芹, 李欣. 小苍兰花瓣花黄色素组成和含量分析 [J]. 热带作物学报, 2021, 42(4): 1136–1144. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2021.04.033.]
- [25] MOHANTY B K, SINGH N. Fuzzy relational equations in analytical hierarchy process [J]. Fuzzy Sets Syst, 1994, 63(1): 11–9.
- [26] WANG H, WANG D A, FANG Z G, et al. A quality overall design approach for complex products by integrating fuzzy QFD and grey relational decision-making: A quality competitiveness perspective [J]. J Grey Syst, 2021, 33(1): 59–73.
- [27] YANG B H, JIANG J M, ZHAO J S. Case-based classification model based on information diffusion and interval gray relational analysis [J]. Grey Syst Theory Appl, 2022, 12(1): 174–196. doi: 10.1108/GS-08-2020-0115.
- [28] KHALEGI A, KHADIVI A, ZONNEVELD B J M. Morphological variations among and within species of wild tulip (*Tulipa* L.) from Iran [J]. Genet Resour Crop Evol, 2018, 65(8): 2241–2266. doi: 10.1007/s10722-018-0688-4.
- [29] XING G M, QU L W, ZHANG Y Q, et al. Collection and evaluation of wild tulip (*Tulipa* spp.) resources in China [J]. Genet Resour Crop Evol, 2017, 64(4): 641–652. doi: 10.1007/s10722-017-0488-2.
- [30] ZONNEVELD B J M. The systematic value of nuclear genome size for “all” species of *Tulipa* L. (*Liliaceae*) [J]. Plant Syst Evol, 2009, 281(1/2/3/4): 217–245. doi: 10.1007/s00606-009-0203-7.
- [31] MA X H, TANG N, TANG D C, et al. Phenotypic genetic diversity and ornamental value comprehensive evaluation in tulip resources [J]. Mol Plant Breed, 2021, 19(4): 1320–1336. [马秀花, 唐楠, 唐道城, 等. 郁金香的表型遗传多样性及观赏价值综合评价 [J]. 分子植物育种, 2021, 19(4): 1320–1336. doi: 10.13271/j.mpb.019.001320.]