

陈宇华, 陈剑锋, 钟声远, 等. 金鱼草 DUS 测试数量性状分析与分组性状判定 [J]. 福建农业学报, 2023, 38 (8): 944-952.
CHEN Y H, CHEN J F, ZHONG S Y, et al. DUS Traits and Classification of *Antirrhinum majus* L. [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 38 (8): 944-952.

金鱼草 DUS 测试数量性状分析与分组性状判定

陈宇华^{1,2}, 陈剑锋^{1,2}, 钟声远^{1,2}, 钟海丰^{1,2}, 刘中华^{1,2*}

(1. 福建省农业科学院作物研究所, 福建 福州 350013; 2. 农业农村部植物新品种测试
福州分中心, 福建 福州 350013)

摘要:【目的】验证国际植物新品种保护联盟 (UPOV) 发布的金鱼草品种特异性、一致性和稳定性 (DUS) 测试指南中数量性状在我国的适应性, 为建立金鱼草种质数量性状的科学评价方法、研制适应我国生态气候的金鱼草 DUS 测试指南奠定基础。【方法】以 UPOV 发布的金鱼草新品种测试指南 (TG/221/1) 为标准, 对 40 份金鱼草种质开展种植试验, 对植株、叶、花等部位的 13 个主要数量性状进行数据采集, 应用 SPSS 软件对采集数据进行变异程度、数量性状分级和主成分分析。【结果】11 个指南性状与 2 个非指南性状种间变异系数为 16.9%~65.9%, 种内变异系数为 5.3%~12.2%, 符合指南性状的选择标准; 通过最小显著差法得到 13 个性状的表达状态分级, 可作为金鱼草种质鉴定和 DUS 指南研制的参考; 通过主成分分析法得到 4 个重要因子并新增了 2 个指南分组性状。【结论】通过金鱼草种质数量性状数据分析, 初步确定了各性状不同分级的数值范围, 验证了 UPOV 指南在我国的适应性并对其中花序长度的分级数量进行优化, 新增主茎长度和主茎一级分枝数量作为指南分组性状候选, 为我国金鱼草指南的研制提供支持。

关键词: 金鱼草; DUS; 数量性状; 分组性状

中图分类号: S682

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2023) 08-0944-09

DUS Traits and Classification of *Antirrhinum majus* L.

CHEN Yuhua^{1,2}, CHEN Jianfeng^{1,2}, ZHONG Shengyuan^{1,2}, ZHONG Haifeng^{1,2}, LIU Zhonghua^{1,2*}

(1. *Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China*; 2. *Fuzhou Sub-center for New Plant Variety Tests, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Fuzhou, Fujian 350013, China*)

Abstract: 【Objective】Applicability of the guidelines recently released by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) for quantitative DUS traits determination and classification of *Antirrhinum majus* L. in China was examined. 【Method】An experimental planting of 40 germplasms of *A. majus* L. was conducted following the guidelines TG/221/1 issued by the UPOV. Thirteen DUS traits of the plants, leaves, flowers, and other parts were collected to statistically analyze their variations, classes, and principal components using SPSS for the application on the plant varieties in China. 【Result】The variation coefficients that met the selection criteria set by the guidelines were 16.91%-65.87% among different species and 5.29%-12.18% within a same species on 11 traits, which were specified by the guidelines, as well as two additional ones identified by this study. The expressions of these 13 traits differentiated by least significant difference could all be applied to adequately identify the germplasms and for the DUS guideline development on *A. majus* L. in China. In addition to the 4 factors listed in the UPOV guidelines, the principal component analysis suggested 2 new criteria for the plant classification. 【Conclusion】The current UPOV guidelines provide quantitative DUS traits of *A. majus* L. germplasms for the species classification. A close examination with a specially designed experimentation revealed additional criteria on inflorescence length, plant height, and number of primary branches on the plant for establishing guidelines applicable in China.

Key words: *Antirrhinum majus* L.; DUS; quantitative trait; trait classification

收稿日期: 2023-04-28 修回日期: 2023-07-13

作者简介: 陈宇华 (1991—), 男, 助理实验师, 硕士, 主要从事蔬菜、花卉的种质资源研究, E-mail: 550189102@qq.com

* 通信作者: 刘中华 (1976—), 男, 副研究员, 主要从事植物新品种 DUS 测试研究, E-mail: 40464817@qq.com

基金项目: 福建省科技计划属公益类专项 (2020R10310012); 农业农村部申请保护品种 DUS 测试及已知品种库维护项目 (202135010400019); 福建省农业科学院青年科技创新团队项目 (CXTD0078); 福建省农业高质量发展超越“5511”协同创新工程项目 (XTCXGC2021016)

0 引言

【研究意义】金鱼草 (*Antirrhinum majus* L.) 为玄参科金鱼草属植物, 又称狮子花、龙头花, 原产欧洲地中海区域^[1]。金鱼草花色丰富、种类繁多、花期长, 可作为景观、切花花卉, 在城市绿化和居家园艺中被广泛使用。金鱼草可作为一种模式植物, 在研究花器官分化、基因克隆、生理生化等发挥着重要作用^[2-5]。美国、日本、荷兰等西方国家已经育成如马里兰、摩纳哥、彩虹糖等一系列金鱼草品种并获得品种权授权, 产生了巨大的经济效益。根据《中华人民共和国种子法》, 特异性、一致性和稳定性测试 (简称 DUS 测试) 是农作物申请品种权保护、审定和登记的必要条件^[6]。植物新品 DUS 测试指南是开展 DUS 测试的基础, 也是植物种属列入我国品种保护名录的前提。目前国内虽已育成一些金鱼草新品种, 但由于国内尚未有金鱼草 DUS 测试指南导致金鱼草未被列入植物新品种保护名录, 育种者品种权没有办法得到有效保护, 制约了金鱼草种质创新和国内外品种交流, 为此研制适应我国生态气候的金鱼草 DUS 测试指南具有重要意义。【前人研究进展】数量性状作为 DUS 测试中的一大类性状, 同质量性状一样在描述与鉴定品种、研究种质资源等方面发挥着重要作用^[7-8]。但数量性状表现易受环境影响, 变异在一定范围呈连续性^[9], 与假质量性状相比, 要表达状态相对明确的质量性状, 必需利用数量性状进行准确、客观、科学地对不同品种进行描述与鉴定, 为此需要通过大量的种植试验, 对数量性状的变异程度进行统计分析并分级^[10-11]。褚云霞等^[12]以 30 份萱草品种为材料, 采集不同时期和生长季的数量性状数据并进行分析与对比, 确定第 2 个生长季能充分反映萱草的品种特性, 优化了叶、花相关性状测量时期和部位, 并通过相关性预测花直径。邓姗等^[13]测量 74 份玉簪品种的 19 个数量性状并进行分析和对比, 确定了叶柄宽度、花序梗长度、苞片性状和花相关性状的测量状态及部位, 优化了原指南中对植株叶片和花序的观察时期。赵洪等^[14]采集 113 个上海鲜食玉米品种的表型数据并析其遗传多样性, 发现其中 90% 的品种多样性指数低于 1.50, 说明上海地区鲜食玉米品种遗传背景较为单一。纪军建等^[15]通过对申请品种保护的 153 份谷子品种的 14 个数量性状进行分级和评价, 建立了 3~7 和 4~6 的不完整分级尺度, 并对现有谷子新品种 DUS 测试指南一些数量性状的分级标准提出修改建议。【本研究切入点】数量性状作为植物品种的

一大类性状, 相关研究在小麦 (*Triticum aestivum* L.)、玉米 (*Zea mays* L.)、甘薯 (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)、玉簪 (*Hosta* Tratt.)、萱草 (*Heimerocallis*) 等众多油粮作物和观赏植物中均有报道^[8-17], 却在金鱼草相关研究中鲜见报道。【拟解决的关键问题】本研究以国际植物新品种保护联盟发布的金鱼草 DUS 测试指南为标准^[18], 收集 40 份金鱼草种质, 以植株的叶、花部位的 13 个主要数量性状数据为基础对其变异程度进行相关性和主成分分析, 确定了各个数量性状的区间范围并根据主成分分析结果优化分组性状的选择, 以期为国内金鱼草新品种测试指南研制奠定基础, 促进国内金鱼草品种选育和品种鉴定标准化的发展。

1 材料和方法

1.1 试验材料

研究所用的 40 份金鱼草种质资源 (表 1) 种植于福建省农业科学院作物研究所资源圃内。金鱼草种质于 2021 年 10 月 9 日播种在 08 孔穴盘育苗, 待花苗长至 4 叶 1 心时进行定植, 设计 2 个重复, 每个重复 40 株; 根据部分品种的 1 年预试验结果, 为保证植株间的生长不受影响, 以预试验测得金鱼草株幅为依据, 规划每小区 2 畦, 每畦定植 2 行, 行株距 80 cm×80 cm; 期间浇水、施肥和施药等田间种植管理均一致; 本试验于 2022 年 6 月 31 日完成全部性状观测。

1.2 数据采集

对金鱼草各部位性状观测以 UPOV 发布的金鱼草 DUS 测试指南 (TG/221/1) 为标准, 结合蝴蝶兰属、兰属和郁金香属等多种花卉 DUS 测试指南及 DUS 测试总论对测量部位、时期和一般性原则的规定, 在盛花期对金鱼草各部位的 13 个主要数量性状进行数据采集^[19-23]。数据采集以 2 个重复共 80 株典型单株为个体, 每个重复随机取 5 株, 每株每个性状采集 1 个数据, 每个性状共采集 10 个数据, 采集的原始数据需精确到小数点后 1 位。各性状的测量方法见表 2。

1.3 统计分析

1.3.1 金鱼草数量性状变异和相关性分析

通过 Excel 计算 40 份金鱼草种质资源的 13 个数量性状的平均值、变异区间、品种内变异系数和品种间变异系数; 利用 SPSS 计算出金鱼草种质资源 13 个数量性状两两之间的相关系数。

1.3.2 金鱼草数量性状表达状态划分

按照 UPOV 发布的金鱼草 DUS 测试指南所规定

表 1 40 份金鱼草种质资源
Table 1 40 Germplasms of *A. majus* L.

序号 Number	种质资源 Germplasm resource	来源地 Origin	序号 Number	种质资源 Germplasm resource	来源地 Origin
1	阿波罗-象牙白 Apollo-Ivory	美国 America	21	马里兰-贝壳粉色 Maryland-Shell pink	美国 America
2	阿波罗-棕红色 Apollo-Brownish red	美国 America	22	马里兰-火焰 Maryland-Flames	美国 America
3	波托马克-白色 Potomac-White	美国 America	23	马里兰-深紫色 Maryland-Dark purple	美国 America
4	彩虹糖-橙色 Rainbow sugar-Orange	日本 Japan	24	美人鱼-品红 Mermaid-Magenta	美国 America
5	彩虹糖-红色 Rainbow sugar-Red	日本 Japan	25	梦得高-橙黄双色 Montego-Orange yellow	美国 America
6	传奇-黄色 Legend-Yellow	日本 Japan	26	梦得高-红晕 Montego-Flush	美国 America
7	号角-橘红色 Horn-Orange red	美国 America	27	摩纳哥-紫罗兰 Monaco-Violet	美国 America
8	花雨-丁香紫色 Flower rain-Lilac purple	日本 Japan	28	神箭-红黄双色 Divine arrow-Red yellow	美国 America
9	花雨-酒红双色 Flower rain-Wine red	日本 Japan	29	诗韵-猩红橙色 Poetic rhyme-Scarlet orange	日本 Japan
10	花雨-珊瑚双色 Flower rain-Coral	日本 Japan	30	双子座-古铜色 Gemini-Bronze	荷兰 Holland
11	火箭-红色 Rocket-Red	美国 America	31	跳跳糖-深紫色 Pop rocks-Dark purple	日本 Japan
12	火箭-渐变玫瑰红色 Rocket-Gradient rose red	美国 America	32	童音-黄色 Child voice-Yellow	荷兰 Holland
13	火箭-金黄色 Rocket-Gold	美国 America	33	香蒂尔-天鹅绒 Chantil-Velvet	日本 Japan
14	火箭-柠檬黄色 Rocket-Lemon yellow	美国 America	34	早生诗韵-粉红色 Early poetry rhyme-Pink	日本 Japan
15	火箭-青铜色 Rocket-Bronze	美国 America	35	至日-橙黄三色 Solstice-Orange three colors	美国 America
16	锦绣-酒红色 Splendid-Wine red	美国 America	36	重瓣双子座-黄色渐变 Double gemini-Yellow gradient	荷兰 Holland
17	凉爽-鲑红色 Cool-Salmon red	美国 America	37	重瓣双子座-紫色 Double Gemini Purple	荷兰 Holland
18	玲珑-桃色 Exquisite-Peach	美国 America	38	紫花卷 Purple flower roll	美国 America
19	玲珑-霞光 Exquisite-Sunglow	美国 America	39	自由经典-淡紫色 Libery-lavender	美国 America
20	玲珑-紫罗兰 Exquisite-Violet	美国 America	40	自由经典-猩红 Libery-Scarlet	美国 America

的各性状表达状态分级, 根据金鱼草种质资源 13 个数量性状的统计数据, 采用最小显著差法, 对各性状分级的区间范围进行划分。以各个性状的平均值作为中间分级区间的中点、以大于 2 倍 $LSD_{0.05}$ 的数值为区间的跨度, 结合测试实际操作性, 分别确定各个性状不同分级的取值区间, 并统计各分级在本研究中的频数与频率。

1.3.3 金鱼草数量性状主成分分析和分组性状筛选

利用 SPSS 将原始数据进行处理, 通过降维将多个性状变量线性变换为少数几个重要成分, 以减少数据的复杂性。将本研究的 13 个数量性状进行主成分分析, 有助于利用其结果筛选适合的指南分组性状。

2 结果与分析

2.1 金鱼草数量性状差异和相关性分析

40 个金鱼草种质资源 13 个数量性状的最大值、最小值、变异区间、品种内和品种间变异系数见表 3。结果显示, 供试金鱼草种质资源在 13 个数量

性状上具有丰富的品种间差异, 其变异系数为 16.9%~65.9%, 其中植株高度 (T1)、主茎长度 (T3) 和主茎直径 (T4) 3 个性状变异系数达到 50% 以上; 品种内差异保持相对稳定, 变异系数为 5.3%~12.2%, 仅有叶宽度 (T7) 和花序长度 (T8) 2 个性状变异系数略大于 10%, 说明同品种的不同植株在 13 个数量性状上表现出较好的一致性。

利用 SPSS 分析 13 个数量性状之间的相关性, 见表 4。结果表明: T1 和 T2、T3、T4、T6、T7、T8 之间存在极显著正相关关系, 相关系数为 0.469~0.993; T2 和 T8 为显著正相关, 和 T3 为极显著正相关, 相关系数为 0.601; T3 和 T8 为显著正相关, 和 T4、T6、T7 为极显著正相关, 相关系数为 0.562~0.656; T4 和 T12、T13 为显著正相关, 和 T6、T7、T10 为极显著正相关, 相关系数为 0.465~0.852; T6 和 T11 为显著正相关, 和 T9、T10、T12、T13 为极显著正相关, 相关系数为 0.414~0.807; T7 和 T9 为显著正相关, 和 T10、T12、T13 为极显著正相关,

表 2 金鱼草数量性状及其测量方法
Table 2 Quantitative DUS traits and determinations for *A. majus* L.

性状代码 Trait Number	性状 Traits	单位 Unit	测量方法 Measurement methods
T1	植株高度* Height of plant*	cm	测量地面至植株顶部的高度 Measure the height from the ground to the top of the plant
T2	植株株幅* Width of plant*	cm	测量植株最大宽度 Measure the maximum width of the plant
T3	主茎长度 Length of main stem	cm	测量主茎基部至花序初始位置长度 Measure the length from the base of main stem to the initial position of inflorescence
T4	主茎直径 Diameter of main stem	mm	测量植株中部位置主茎粗度 Measure the main stem thickness at the middle of the plant
T5	主茎一级分枝数量 Number of primary branches on main stem	个	测量主茎上一级分支数量 Measure the number of primary branches on the main stem
T6	叶长度 Length of leaf	cm	测量主茎中部最大叶片长度 Measure the length of the maximum leaf in the middle of main stem
T7	叶宽度 Width of leaf	cm	测量主茎中部最大叶片宽度 Measure the width of the maximum leaf in the middle of main stem
T8	花序长度 Length of inflorescence	cm	测量花序第一朵花至花序顶端长度 Measure the length from the first flower of inflorescence to the top
T9	花长度 Length of flower	cm	测量自然状态下花朵长度 Measure the length of flowers in natural state
T10	花宽度 Width of Flower	cm	测量自然状态下花朵宽度 Measure the width of flowers in natural state
T11	花冠筒长度 Length of corolla tube	cm	测量花冠筒底部至裂片分离处的长度 Measure the length from the bottom of corolla tube to the separation of lobes
T12	上唇宽度 width of Upper lip	cm	花朵上唇平展的宽度 The width of the flower's upper lip
T13	下唇中尖瓣宽度 Width of middle cusp lobe on lower lip	cm	花朵下唇中尖瓣平展的宽度 The spreading width of the middle cusp of the lower lip

标注*的性状为本研究新增的非指南性状。

* indicates new trait not included in current UPOV guidelines.

相关系数为 0.462~0.483；T9 和 T10、T11、T12、T13 为极显著正相关，相关系数为 0.404~0.939；T10 和 T11、T12、T13 为极显著正相关，相关系数为 0.59~0.714；T11 与 T12 为显著正相关，和 T13 为极显著正相关，相关系数为 0.487；T12 和 T13 为极显著正相关，相关系数为 0.878；仅有 T5 和其他任一性状均无显著性相关。

2.2 金鱼草数量性状表达状态划分

根据 UPOV 发布的金鱼草 DUS 测试指南，结合实际田间种植试验数据，通过计算每个性状的平均值和 $LSD_{0.05}$ ，对每个性状不同表达状态的取值区间进行划分，最后得到其数量性状表达状态划分（表 5）。本研究数量性状表达状态分级以 UPOV 金鱼草指南为基础，并根据实际测量所得数据进行调整，以下 13 个性状中植株高度（T1）和植株株幅（T2），无 UPOV 指南作为参考，是根据实际测量数据的变异范围和 $LSD_{0.05}$ 的值，将其分为 9 级；花序长度

（T8）性状在指南中是 9 级，但经过实际测试后改为 7 级。各性状表达状态从 1 级至 9 级依次递增。

2.3 金鱼草数量性状主成分分析和分组性状筛选

利用 SPSS 将金鱼草种质资源 13 个数量性状进行降维，得到各成分贡献率（表 6）。4 个成分贡献率分别为 41.98%、28.76%、7.62% 和 6.44%，累计贡献率达 84.80%。以这 4 个成分构建 13 个数量性状的成分矩阵，结果表明（表 6）：成分 1 中包含叶长度、花宽度、叶宽度、主茎直径、下唇中尖瓣宽度、上唇宽度和花长度等 7 个性状，主要为叶、花相关性状，命名为叶花因子。成分 2 包含植株高度、主茎长度、植株株幅和花序长度等 4 个性状，均与植株整体相关，命名为植株因子。成分 3 中仅有花冠筒长度 1 个性状，命名为花冠筒因子。成分 4 中仅有主茎一级分枝数量 1 个性状，命名为分枝因子。

以这 4 个成分构建 13 个数量性状的成分矩阵（表 7），归纳出金鱼草指南的分组性状分别为植株

表 3 金鱼草种质资源数量性状变异情况
Table 3 Variation on quantitative DUS traits of *A. majus* L. germplasms

性状 Trait	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	极差 Range	品种内变异系数 Coefficient of variation within varieties/%	品种间变异系数 Coefficient of variation among varieties/%
T1	124.8	16.8	54	108	7.3	54.9
T2	64.6	25.4	39.7	39.2	8.7	21.3
T3	113.0	11.1	42.7	101.9	9.1	65.9
T4	11.3	2.0	4.2	9.3	7.4	59.1
T5	41.7	7.8	16.8	33.9	9.3	45.5
T6	13.2	5.0	8.0	8.2	7.5	24.3
T7	4.1	1.1	2.4	3.0	10.2	28.9
T8	18.8	6.7	11.7	12.1	12.0	28.6
T9	4.2	1.9	3.1	2.3	7.7	19.4
T10	4.1	1.8	2.8	2.3	9.4	18.4
T11	3.2	1.4	1.7	1.8	5.3	16.9
T12	4.8	2.0	3.3	2.8	7.0	22.6
T13	1.7	0.7	1.1	1.0	9.2	21.9

表 4 金鱼草数量性状相关性分析
Table 4 Correlation coefficients of quantitative DUS traits of *A. majus* L.

性状 Trait	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
T1	1												
T2	0.605**	1											
T3	0.993**	0.601**	1										
T4	0.635**	0.263	0.656**	1									
T5	0.246	0.182	0.218	0.156	1								
T6	0.549**	0.314	0.562**	0.852**	0.289	1							
T7	0.573**	0.199	0.587**	0.732**	0.310	0.807**	1						
T8	0.469**	0.376*	0.376*	0.019	0.307	0.083	0.118	1					
T9	-0.253	-0.315	-0.251	0.250	0.119	0.414**	0.356*	-0.209	1				
T10	0.198	0.239	0.191	0.465**	0.198	0.645**	0.479**	0.014	0.637**	1			
T11	0.040	0.156	0.012	0.161	0.198	0.340*	0.198	0.167	0.404**	0.590**	1		
T12	-0.159	-0.245	-0.145	0.329*	0.193	0.500**	0.483**	-0.263	0.939**	0.714**	0.346*	1	
T13	-0.109	-0.088	-0.101	0.385*	0.126	0.555**	0.462**	-0.216	0.847**	0.726**	0.487**	0.878**	1

*. 表示在 P 值小于 0.05 水平, 显著相关性; **. 表示在 P 值小于 0.01 水平, 极显著相关。

* Indicates significant correlation at $P < 0.05$; ** Indicates highly significant correlation at $P < 0.01$.

高度、主茎一级分枝数量、叶长度、花冠筒长度。

3 讨论

3.1 金鱼草种质数量性状变异分析

本研究收集的金鱼草种质资源 40 份, 其中涵盖

了匍匐、丛生和单茎 3 种株型, 在植株高度、主茎长度和主茎直径等性状上有代表性; 花形态上有开放和闭合、花瓣类型上有单瓣和重瓣两两组合 4 种类型。因此, 这 40 份金鱼草种质能够较为广泛地涵盖现有种质的绝大部分种类, 使得本研究所采集的

表 5 金鱼草种质资源数量性状表达状态分级
Table 5 Classification on expressions of quantitative DUS traits of *A. majus* L. germplasms

性状 Trait	性状表达状态分级及范围 Expression status grading and range of traits								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	(0, 20]	(20, 30]	(30, 40]	(40, 50]	(50, 60]	(60, 70]	(70, 80]	(80, 90]	(90, +∞)
T2	(0, 26]	(26, 30]	(30, 34]	(34, 38]	(38, 42]	(42, 46]	(46, 50]	(54, 58]	(58, +∞)
T3	(0, 15]	(15, 25]	(25, 35]	(35, 45]	(45, 55]	(55, 65]	(65, 75]	(75, 85]	(85, +∞)
T4	(0, 2]	(2, 3]	(3, 4]	(4, 5]	(5, 6]	(6, 7]	(7, 8]	(8, 9]	(9, +∞)
T5	(0, 4]	(4, 8]	(8, 12]	(12, 16]	(16, 20]	(20, 24]	(24, 28]	(28, 32]	(32, +∞)
T6	(0, 3.5]	(3.5, 5]	(5, 6.5]	(6.5, 8]	(8, 9.5]	(9.5, 11]	(11, 12.5]	(12.5, 14]	(14, +∞)
T7	(0, 1]	(1, 1.5]	(1.5, 2]	(2, 2.5]	(2.5, 3]	(3, 3.5]	(3.5, 4]	(4, 4.5]	(4.5, +∞)
T8	(0, 5]	(5, 8]	(8, 11]	(11, 14]	(14, 17]	(17, 20]	(20, +∞)		
T9	(0, 1.5]	(1.5, 2]	(2, 2.5]	(2.5, 3]	(3, 3.5]	(3.5, 4]	(4, 4.5]	(4.5, 5]	(5, +∞)
T10	(0, 1]	(1, 1.5]	(1.5, 2]	(2, 2.5]	(2.5, 3]	(3, 3.5]	(3.5, 4]	(4, 4.5]	(4.5, +∞)
T11	(0, 1.1]	(1.1, 1.3]	(1.3, 1.5]	(1.5, 1.7]	(1.7, 1.9]	(1.9, 2.1]	(2.1, 2.3]	(2.3, 2.5]	(2.5, +∞)
T12	(0, 2]	(2, 2.5]	(2.5, 3]	(3, 3.5]	(3.5, 4]	(4, 4.5]	(4.5, 5]	(5, 5.5]	(5.5, +∞)
T13	(0, 0.4]	(0.4, 0.6]	(0.6, 0.8]	(0.8, 1]	(1, 1.2]	(1.2, 1.4]	(1.4, 1.6]	(1.6, 1.8]	(1.8, +∞)

表 6 金鱼草种质数量性状总方差结果

Table 6 Total variance on quantitative DUS traits of *A. majus* L. germplasms

成分 Component	特征根 Characteristic-root	贡献率 Contribution rate/%	累积贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	5.46	41.98	41.98
2	3.74	28.76	70.74
3	0.99	7.62	78.36
4	0.84	6.45	84.80

表 7 金鱼草种质数量性状成分矩阵

Table 7 Component matrix of quantitative DUS traits of *A. majus* L. germplasms

性状代码 Trait number	成分 Component			
	1	2	3	4
T6	0.92	0.14	-0.15	-0.07
T10	0.86	-0.17	0.23	-0.15
T7	0.84	0.15	-0.26	0.06
T4	0.83	0.17	-0.32	-0.04
T13	0.79	-0.51	0.03	-0.13
T12	0.73	-0.61	-0.06	0.09
T9	0.67	-0.66	0.05	0.10
T1	0.38	0.87	-0.04	-0.02
T3	0.39	0.86	-0.11	-0.06
T2	0.27	0.71	0.09	-0.45
T8	0.11	0.65	0.46	0.23
T11	0.56	-0.10	0.71	-0.06
T5	0.44	0.37	0.00	0.71

数据更加具有代表性和广泛性，以此为基础进行数据分析得到的结论更有说服力。为了更好地评价和鉴定植物新品种，DUS 测试指南对指南性状的差异有特殊要求，它需要列入指南中的性状能够有足够的品种间变异以区分待测群体与已知品种，又需要有足够稳定的种内变异以筛除性状表现不稳定、不一致的待测群体^[24-26]。试验中金鱼草的 13 个数量性状，包括植株高度 (T1) 和植株株幅 (T2) 2 个本试验增加的非指南性状，在 40 份种质中表现出较为丰富的品种间差异和较稳定的种内差异，可以有效区分种质的特异性 (可区别性) 和一致性，这符合作为 DUS 测试指南性状的要求。但是，对指南性状的选择也应考虑到测试效率，如植株高度 (T1) 和主茎长度 (T3) 在极显著水平的相关系数

高达 0.993，这使得 2 个性状在实际测试中的表现高度一致，为了提高测试效率，可在二者之间选择主茎长度作为指南性状。

目前，我国尚未发布金鱼草 DUS 测试指南，本

研究所采用的标准为 UPOV 所发布。本研究一方面验证国际指南在我国生态气候条件下的适用性,一方面也对其进行符合测试实际的调整与修改,其试验结果可为我国研制自己的金鱼草 DUS 测试指南奠定基础^[27]。

3.2 金鱼草种质数量性状表达状态

相比质量性状,数量性状更易受到栽培条件、环境的影响,同一品种不同年度的表现都可能有差异。即使是已经在 UPOV 发布的测试指南,也可能存在不适应部分国家和地区的情况。通过对 40 份金鱼草种质资源的实地测试和数据采集并经过统计与分析,对 UPOV 指南部分性状的表达状态进行调整,使分级标准更适合实际情况是十分必要。因此,即使在已有国际标准的情况下,编制一个符合我国气候条件的测试指南仍然是十分必要的,指南的编著一方面是该植物进行品种保护和 DUS 测试的前提条件,另一方面也是 DUS 测试人员提高测试效率、确保准确性和缩短测试周期的必然要求^[28]。在本研究中,根据金鱼草种质的实际表现,同时也考虑未来育种发展的可能性,对花序长度性状进行适当的调整,将 UPOV 指南中的 9 级调整为 7 级而非 5 级。

同时,实际测试对各个性状表达状态的划分也不是一成不变的,在测试中有可能发生性状均值的偏移和区间范围的变化^[29]。本研究中初步确定的 13 个数量性状表达状态划分可以作为一个参考和范例,在实际试验中则需要研究者根据实际情况进行校正和对照。

3.3 金鱼草 DUS 指南分组性状筛选

DUS 测试指南分组性状是测试指南的重要组成部分,能够在测试前将待测品种进行分类,结合育种过程从而有效的筛选近似品种,有助于减少测试工作量,提高授权速度^[30]。分组性状可以是质量性状,也可以是能够有效鉴别品种的假质量性状或数量性状。在 UPOV 发布的金鱼草指南中 5 个分组性状,分别为植株生长习性、植株茎干姿态、花类型、上唇主色和下唇中尖瓣主色,均为质量性状或假质量性状。本研究通过对 13 个金鱼草数量性状进行降维得到 4 个重要因子,归纳出 4 个与其紧密联系的分组性状,分别为主茎长度、主茎一级分枝数量、叶长度和花冠筒长度。结合测试实际,植株高度和主茎一级分枝数量品种间差异性更为丰富,叶长度和花冠筒长度的品种间差异较前者小。因此,建议将主茎长度和主茎一级分枝数量 2 个性状加入指南分组性状,能够更有效区分品种。

4 结论

物种的 DUS 测试指南是国家开展品种保护工作的必要条件,是指导 DUS 测试得以科学、规范、准确开展的前提。数量性状是 DUS 测试指南的重要组成部分,也是种质资源研究的重要性状,对数量性状的分析有助于提高指南的适用性和准确性。本研究通过对 40 份金鱼草种质资源的 13 个数量性状进行数据采集,分析其变异情况和相关性,结合实际测试与已发布的 UPOV 指南对各性状的表达状态进行划分,优化了该指南中花序长度的分级数量,最后通过主成分分析新增主茎长度和主茎一级分枝数量作为分组性状。本研究可为我国金鱼草指南的研制奠定必要的基础。

参考文献:

- [1] 陈宇华,陈剑锋,钟声远,等. 20份金鱼草种质资源花色性状鉴定与分析[J]. 福建农业科技, 2022, 53 (7): 1-7.
CHEN Y H, CHEN J F, ZHONG S Y, et al. Identification and analysis of flower color traits of 20 Germplasm resources of *Antirrhinum majus* [J]. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2022, 53 (7): 1-7. (in Chinese)
- [2] 李彤,邵慧慧,韩嘉宁,等. 金鱼草AmPIF4基因克隆及调控花香物质合成释放功能分析[J]. 西北植物学报, 2021, 41 (12): 1994-2001.
LI T, SHAO H H, HAN J N, et al. Isolation and characterization of AmPIF4 gene in the regulating floral scent synthesis and release in snapdragon [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2021, 41 (12): 1994-2001. (in Chinese)
- [3] 曾紫凤,孙欢,郭雪,等. 金鱼草中央细胞中线粒体DNA拷贝数的定量[J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24 (4): 452-455.
ZENG Z F, SUN H, GUO X, et al. Quantification of mitochondrial DNA copies in central cells of *antirrhinum majus* [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2016, 24 (4): 452-455. (in Chinese)
- [4] 赵印泉,周斯建,彭培好,等. 植物花香代谢调节与基因工程研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19 (4): 381-390.
ZHAO Y Q, ZHOU S J, PENG P H, et al. Research advances in metabolic regulation and genetic engineering of floral scent [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2011, 19 (4): 381-390. (in Chinese)
- [5] YANG Y Y, TIAN Y N, LI H C, et al. Mitigation of gravitropic bending of snapdragon cut flowers through SNP treatment via ROS asymmetry elimination and auxin sensitivity reduction [J]. *Scientia Horticulturae*, 2023, 313: 111890.
- [6] 褚云霞,陈海荣,邓姗,等. 中外植物新品种保护DUS审查方式之比较与借鉴[J]. 种子, 2016, 35 (6): 70-74.
CHU Y X, CHEN H R, DENG S, et al. The comparison and revelation on the DUS testing methods of protection of plant new varieties among

- China and foreign countries [J]. *Seed*, 2016, 35 (6) : 70–74. (in Chinese)
- [7] 林夕, 周仙莉, 张红岩, 等. 青海菜用蚕豆改良效果评价及主要数量性状遗传效应分析 [J]. *种子*, 2022, 41 (2) : 40–45.
LIN X, ZHOU X L, ZHANG H Y, et al. Evaluation of improvement effect and genetic effect analysis of main quantitative traits of vegetable broad bean in Qinghai [J]. *Seed*, 2022, 41 (2) : 40–45. (in Chinese)
- [8] 杨磊, 贾平平, 靳娟, 等. 118个枣品种表型性状多样性分析 [J]. *植物资源与环境学报*, 2023, 32 (1) : 50–60.
YANG L, JIA P P, JIN J, et al. Analysis on phenotypic trait diversity of 118 *Ziziphus jujuba* cultivars [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2023, 32 (1) : 50–60. (in Chinese)
- [9] 李娟, 孔德章, 焦爱霞, 等. 基于贵州地区玉米DUS测试数量性状变异与分级标准研究 [J]. *种子*, 2021, 40 (10) : 34–40.
LI J, KONG D Z, JIAO A X, et al. Study on quantitative trait variation and grading standard of maize by DUS test in Guizhou region [J]. *Seed*, 2021, 40 (10) : 34–40. (in Chinese)
- [10] 谢文辉, 赵文武, 王雷挺, 等. 22份百脉根种质资源表型数量性状的遗传多样性分析 [J]. *草地学报*, 2023, 31 (1) : 173–179.
XIE W H, ZHAO W W, WANG L T, et al. Genetic diversity analysis of 22 lotus corniculatus germplasm resources based on phenotypic quantitative traits [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2023, 31 (1) : 173–179. (in Chinese)
- [11] 姚祝芳, 张雄坚, 杨义伶, 等. 177份甘薯地方资源表型性状的遗传多样性分析 [J]. *作物学报*, 2022, 48 (9) : 2228–2241.
YAO Z F, ZHANG X J, YANG Y L, et al. Genetic diversity of phenotypic traits in 177 sweetpotato Landrace [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2022, 48 (9) : 2228–2241. (in Chinese)
- [12] 褚云霞, 何玉祥, 邓姗, 等. 萱草属DUS测试中数量性状的测量方法研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2022, 27 (1) : 67–78.
CHU Y X, HE Y X, DENG S, et al. Study on the measurement of quantitative characteristics in DUS testing of *Hemerocallis* [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27 (1) : 67–78. (in Chinese)
- [13] 邓姗, 陈海荣, 任丽, 等. 玉簪属品种DUS测试中数量性状的测定方法探索 [J]. *植物遗传资源学报*, 2020, 21 (2) : 347–358.
DENG S, CHEN H R, REN L, et al. Measurement method for the quantitative traits used in DUS testing of *Hosta*(*Hosta* tratt.) [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2020, 21 (2) : 347–358. (in Chinese)
- [14] 赵洪, 张靖立, 褚云霞, 等. 基于DUS测试性状的上海鲜食玉米遗传多样性分析 [J]. *玉米科学*, 2022, 30 (3) : 24–31.
ZHAO H, ZHANG J L, CHU Y X, et al. Genetic diversity analysis of fresh maize based on DUS characters in Shanghai [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2022, 30 (3) : 24–31. (in Chinese)
- [15] 纪军建, 付国庆, 寇淑君, 等. 谷子新品种DUS测试数量性状分级及遗传多样性研究 [J]. *种子*, 2022, 41 (9) : 17–27.
JI J J, FU G Q, KOU S J, et al. Quantitative character classification and genetic diversity of new millet varieties based on DUS testing [J]. *Seed*, 2022, 41 (9) : 17–27. (in Chinese)
- [16] 李晓荣, 张中平, 孙永海, 等. 西南麦区96份小麦育种材料重要农艺性状的遗传多样性分析 [J]. *南方农业学报*, 2021, 52 (9) : 2358–2368.
LI X R, ZHANG Z P, SUN Y H, et al. Genetic diversity of 96 wheat breeding materials in the southwest wheat region based on important agronomic traits [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2021, 52 (9) : 2358–2368. (in Chinese)
- [17] 陈永忠, 许彦明, 张震, 等. 油茶果实主要数量性状分析及育种指标体系筛选 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2021, 41 (3) : 1–9.
CHEN Y Z, XU Y M, ZHANG Z, et al. Analysis of fruit main quantitative traits and selection of breeding index in *Camellia oleifera* [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2021, 41 (3) : 1–9. (in Chinese)
- [18] International Union for the Protection of New Plant Varieties. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability (*Antirrhinum majus* L.):TG/221/1 [S]. Geneva. Switzerland: UPOV, 2005.
- [19] 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 蝴蝶兰: NY/T 2230—2012[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [20] 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 兰属: NY/T 2441—2013[S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [21] 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 郁金香属: NY/T 2226—2012[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [22] 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 石斛属: NY/T 2758—2015[S]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [23] 唐浩. 植物品种特异性 一致性 稳定性测试总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [24] 张中润, 黄伟坚, 黄海杰, 等. 腰果品种DUS测试指南的研制 [J]. *热带作物学报*, 2022, 43 (5) : 948–954.
ZHANG Z R, HUANG W J, HUANG H J, et al. Development of test guideline of distinctness, uniformity and stability for cashew(*Anacardium occidentale* L.) [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2022, 43 (5) : 948–954. (in Chinese)
- [25] 成晓丹, 魏宇昆, 黄艳波, 等. 鼠尾草属品种DUS测试指南的研制 [J]. *园艺学报*, 2020, 47 (S2) : 3154–3163.
CHENG X D, WEI Y K, HUANG Y B, et al. Study on test guideline of distinctness, uniformity and stability for *Salvia* [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2020, 47 (S2) : 3154–3163. (in Chinese)
- [26] 李栋梁, 符瑞佩, 云勇, 等. 叶子花属植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南研制 [J]. *分子植物育种*, 2022, 20 (17) : 5855–5863.
LI D L, FU R K, YUN Y, et al. Guideline development for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of new varieties of *Bougainvillea* [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2022, 20 (17) : 5855–5863. (in Chinese)
- [27] 褚云霞, 陈海荣, 邓姗, 等. 观赏植物品种DUS测试指南的研制 [J]. *上海农业学报*, 2018, 34 (6) : 81–87.
CHU Y X, CHEN H R, DENG S, et al. Development of the guidelines for the tests of distinctness, uniformity and stability of ornamental plant [J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2018, 34 (6) : 81–87. (in Chinese)

- [28] 褚云霞, 邓姗, 陈海荣, 等. 中国草本花卉DUS测试现状 [J]. *中国农业大学学报*, 2020, 25 (2): 34-43.
- CHU Y X, DENG S, CHEN H R, et al. Present status of DUS testing for herbaceous ornamentals in China [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25 (2): 34-43. (in Chinese)
- [29] 冯俊杰, 赵文达, 张新全, 等. 引种日本多花黑麦草标准品种DUS性状变异分析及应用 [J]. *中国农业科学*, 2022, 55 (12): 2447-2460.
- FENG J J, ZHAO W D, ZHANG X Q, et al. DUS traits variation analysis and application of standard varieties of *Lolium multiflorum* introduced from Japan [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2022, 55 (12): 2447-2460. (in Chinese)
- [30] 钟声远, 钟海丰, 陈宇华, 等. 建兰品种资源数量性状与分组性状的DUS判定 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2022, 50 (3): 115-124.
- ZHONG S Y, ZHONG H F, CHEN Y H, et al. DUS evaluation of quantitative and grouping characteristics of *Cymbidium ensifolium* [J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2022, 50 (3): 115-124. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)