

菱属品种 DUS 测试指南的研制

方明雅¹ 石林¹ 郑寨生¹ 邱英雄² 姚祥坦³ 陈小央⁴ 陈海荣⁵ 王凌云¹

(¹浙江省金华市农业科学研究院/浙江省特色水生蔬菜育种与栽培重点实验室,金华 321000;²中国科学院武汉植物园,湖北武汉 430000;³浙江省嘉兴市农业科学研究院,嘉兴 314000;⁴浙江省种子管理站,杭州 310000;
⁵农业农村部植物新品种测试(上海)分中心,上海 201415)

摘要: DUS 测试指南是植物品种特异性(Distinctness)、一致性(Uniformity)和稳定性(Stability)测试的重要标准,是植物品种保护、品种审定、品种登记的工作基础。菱是我国南方地区重要的水生蔬菜,其品种资源丰富,差异明显,但目前尚未制定出菱属品种 DUS 测试指南。本研究共收集了我国 201 份菱种质资源,参照农业行业标准筛选出 24 个菱属品种作为标准品种。在 4 个生长周期的种植试验中,对标准品种的性状进行观察和测试,通过数据采集、分析,最终筛选出 34 个代表性状用于菱属品种 DUS 测试指南的研制。本研制中选用和测试的菱属品种质量性状和假质量性状具有显著的品种专一性和特异性,使用中值平均标准差法和最小显著差法(LSD, Least significant difference)分析菱属品种数量性状,结果表明所选择的数量性状真实可靠,能准确地对不同菱属品种数量性状进行分级。本研究为菱属品种 DUS 测试和品种权实质审查工作提供科学依据。

关键词: 菱属品种; DUS 测试; 性状分级

Study on Test Guideline of Distinctness, Uniformity and Stability for *Trapa L.*

FANG Mingya¹, SHI Lin¹, ZHENG Zhaisheng¹, QIU Yingxiong², YAO Xiangtan³,
CHEN Xiaoyang⁴, CHEN Hairong⁵, WANG Lingyun¹

(¹Jinhua Academy of Agricultural Sciences/Provincial Key Laboratory of Characteristic Aquatic Vegetable Breeding and Cultivation, Jinhua 321000, Zhejiang ; ²Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430000 ; ³Jiaying Academy of Agricultural Sciences, Jiaying 314000, Zhejiang ; ⁴Zhejiang Seed Management Station, Hangzhou 310000 ;
⁵Shanghai Station for DUS Testing Center of New Plants Varieties, Ministry of Agriculture, Shanghai 201415)

菱属(*Trapa L.*)为千屈菜科(Lythraceae)菱亚科(Trapoideae)一年生浮水草本植物,主要分布在亚洲和非洲的热带与温带地区,及欧洲的东南部与中部地区,而在北美则为入侵植物^[1]。菱的果实俗称菱角、沙角、龙角、水栗等,菱角果仁中富含淀粉、蛋白质、皂苷类、植物甾醇类和脂肪等物质,营养价值极高^[2],可作蔬菜熟食,亦可作水果鲜食,菱的嫩茎也可作为蔬菜食用。菱在我国的采集食用和栽培历史悠久,在中国黄河、长江流域,至少有 21 个新石

器时代遗址中都发现了菱角遗存。其中,有许多遗址中出土的菱角遗存在数量上甚至超过了水稻,而浙江余姚的田螺山遗址更是表现出了人为驯化的痕迹;这些发现说明菱角可能是远古先民最早驯化的作物之一,与稻作农业的发展关联密切,是先民重要的淀粉来源^[3]。至唐宋时期,以太湖流域为中心的江南地区,如湖州平原,更是进一步形成了乌菱等特化品种^[4]。目前,菱角在我国浙江、湖北、湖南、江苏等十几个省广泛栽培,种植面积达 4 万 hm²,年产量达数十万 t^[4]。菱不仅具有食用价值,我国更是自古就有将菱果入药的传统,在《本草纲目》《齐民要术》等典籍上都有记载菱果实可补脾胃,强股膝,安中补

五脏、解丹石毒^[2]。而菱角壳提取物中也含有单宁类、黄酮类及糖苷类、生物碱、皂苷类、甾体和酚类化合物等,是现代药理学研究的重点部位^[5]。

菱品种繁多,按果实形态分类可达上百种,即使是同一品种,也会因为其所处的水体环境差异而形态各异^[6]。而菱品种权的审查须通过植物品种 DUS 测试,即对菱新品种的特异性(Distinctness)、一致性(Uniformity)和稳定性(Stability)进行测试^[7]。DUS 测试是依据 DUS 测试性状进行相关农艺性状调查,测试性状包括数量性状、质量性状和假质量性状等,而性状记录包括群体记录(G)和个体记录(S),群体目测(VG)是指对一批植株或植株的某器官或部位进行目测,获得一个群体记录;个体测量(MS)是指对一批植株或植株的某器官或部位进行逐个测量,获得一组个体记录。

2000 年以来,国家不断加强国内植物种质资源普查和品种保护力度,水生蔬菜相关科研单位在菱种质资源保护和品种选育上做了大量工作,但在品种认定、保护上缺乏相关的技术和规范依据。因此,为了确保我国菱属品种认定和保护有技术可用,有标准可循,需要制定菱属品种 DUS 测试指南,这对菱属品种新品种选育和利用具有重要的意义,同时,也为后期菱属品种资源收集、育种、品种权保护等提供技术标准和信息服务。

1 材料与方法

1.1 指南研制的依据 以《中国植物新品种保护条例》为《植物品种特异性(可区别性)、一致性和稳定性测试指南—菱》(以下简称菱属品种 DUS 测试指南)的研制准则,根据 GB/T 19557.1—2004《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南—总则》(以下简称《总则》)以及相关国家标准的规定,开展研制工作。根据育种相关文献资料,结合中国菱属资源保存和育种现状等,筛选了便于观测、操作简单的菱属植物测试性状,优选了国内性状稳定、公知公用的菱标准品种,科学地分析出菱属性状分级表述代码,制定出符合中国国情的菱属品种 DUS 测试指南,为我国开展菱属品种测试与授予新品种权提供重要依据和技术保障。

1.2 指南研制的流程 通过查询国内外菱属相关文献和资料,确定中国菱属品种 DUS 测试指南适用范围、繁殖材料的要求、性状观测方法和数量以及各

性状状态表达的规范描述^[5]。根据规定,结合我国菱种质资源特点、育种方向和栽培管理水平,编写菱属品种 DUS 测试指南。根据菱属品种 DUS 测试指南,选取代表品种,对代表品种相关性状进行测试和分析。

1.3 供试材料 通过阅读大量国内外文献资料、会议交流等途径,厘清菱属品种种质资源分布情况、栽培情况、新品种选育等重要信息。供试材料为金华市农业科学研究院(国家水生蔬菜育种创新基地、浙江省水生蔬菜种质资源圃)收集保存的菱属品种资源和通过野外收集、购买、交换等途径收集到的菱属品种资源材料,共计 201 份,参照菱属品种 DUS 测试指南,按照“性状稳定、公知公用”的原则,筛选出 24 份作为菱属品种 DUS 测试代表品种(表 1)。

表 1 供试材料

编号	名称	编号	名称
1	乌菱	13	驼背白菱
2	石公码头野菱	14	金菱 1 号
3	苏州水红菱	15	弓角菱
4	牟山湖刺菱	16	益阳红菱
5	格菱	17	两角红菱
6	广州红菱	18	扁担菱
7	粉菱	19	洪泽弓菱
8	永康菱	20	大扒菱
9	四角野菱	21	细果野菱
10	绍兴水红菱	22	牛角菱
11	钝角菱	23	南湖菱
12	四角青菱	24	四瘤菱

1.4 性状选择和田间试验 于 2018 年对所收集的 24 份菱属品种种质资源进行观察测定,按照《总则》中测试性状选择的依据和特点^[5],通过与其自身性状入圃登记信息比较和品种间的相互比较分析,参照国内其他物种标准中的性状选择,再结合植物学分类相关原则,确定了本指南的测试性状和分组性状,并进行测试记录。于 2018—2022 年每年 4—10 月在菱全生育期内对菱相关性状进行统计调查(表 2)。每年 4 月调查菱苗期性状,5—6 月调查植株性状,7—8 月调查花的性状,9—10 月调查果实性状。连续 4 年对 24 份菱属品种测试品种开展性状测试和拍照留档。

测试具体要求:在无特殊情况下,测试于同一地点进行,该地点至少3年以上没有种植过菱角。每个小区不少于30株,小区设4行,株行距80~100cm,共设2个重复。测试地点应具有土层深厚、土壤肥沃、水位适宜、灌水方便、适宜菱生长等特点。菱各生育阶段描述见表2。

表2 菱生育阶段

代码	观测时期	描述
0	萌芽期	50%的成熟种子萌动发芽
10	幼苗期	50%的成熟种子生长形成第1个菱盘
20	营养生长期	主茎菱盘形成后到现蕾为止
30	始花期	30%的菱盘至少有1朵花开放
40	盛花期	50%的菱盘至少有1朵花开放
45	嫩菱果采收始期	第1次采收充分膨大的嫩菱果时
55	老菱果采收始期	第1次采收充分成熟的老菱果时
65	老菱果采收末期	最后1次采收充分成熟的老菱果时

1.5 数据采集和分析 个体观测性状(VS、MS)、菱盘取样数量不少于10个;群体观测性状(VG、MG)应观测整个小区或规定大小的混合样本。群体或个体测量的数量性状的最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数利用Excel 2016进行处理,不同数量性状的差异用变异系数来表示。

1.6 菱属品种 DUS 测试的判定标准和应用 待测品种应明显区别于所有已知品种。在测试中,当待测品种至少在1个性状上与最为近似的品种具有明显且可重现的差异时,即可判定待测品种具备特异性(可区别性)。在进行菱属品种 DUS 测试试验中,种子繁殖的材料测试周期至少为2个独立的生长周期的种植试验,从而判别该菱属品种是否满足特异性差异^[8]。95%以上的接受概率以及5%的群体标准是判定品种间一致性的需求。当样本数量为60株时,最多可以允许有2个异型植株。如果已有1个菱属品种具备以上所述的一致性判定,则判定该品种具备稳定性特点。通常情况下,稳定性不必开展独立测试试验。

2 结果与分析

2.1 分组性状和标准品种的确定

2.1.1 分组性状 本测试指南在36个性状中,选定了3个分组性状,分别是叶:上表面紫色斑有无(性状7)、菱(果实):果角个数(性状12)、菱(果实):嫩

菱果皮颜色(性状13)。其中,叶:上表面紫色斑有无(性状7)为质量性状,表达状态为“有”和“无”,菱(果实):果角个数(性状12)为数量性状,表达状态为“无”“两个”和“四个”,菱(果实):嫩菱果皮颜色(性状13)为假质量性状,表达状态为“白绿色”“绿色”“绿泛粉红色”和“红色”。

2.1.2 标准品名 依据彭静等^[5]指定的《菱种质资源描述规范和数据标准》筛选标准品种,通过对菱属品种资源性状类型的测定和分析,筛选出具有代表性的标准品种16个(表3)。所选品种具有代表性、公知公用、易获得且性状稳定等特点,另外,标准品种性状应尽可能直观,但并不是所有性状或性状的表达状态均需要设置对应的标准品种和性状^[9]。考虑到菱属品种资源的保护,没有将细果野菱等濒危野生种列入其中。

表3 标准品种

编号	名称	编号	名称
1	广东红菱	9	粉菱
2	苏州水红菱	10	洪泽弓菱
3	绍兴水红菱	11	扁担菱
4	南湖菱	12	大扒菱
5	永康菱	13	钝角菱
6	牟山湖刺菱	14	驼背白菱
7	益阳红菱	15	格菱
8	乌菱	16	弓角菱

2.2 测试性状的选择与确定 测试性状的选择依据包括:品种间性状差异表现明显;性状是由特定的基因或基因组合决定的;性状需具有一定的可重复性和稳定性;在品种间具有被准确识别的特征。参考中国测试指南研究规范和菱属品种种质资源保存、育种现状,并根据多年菱属品种种质资源性状田间观测经验,本指南优选确定了36个测试性状(表4),根据性状类型分为质量性状(QL)、数量性状(QN)、假质量性状(PQ)。另外,由于部分性状具有不易量化的特点,将其归为假质量性状,并采用群体目测的方法收集数据,再以标准品种为参照划分等级。

质量性状(图1):8个。分别为叶片:上表面紫色斑(性状7);叶片:叶背颜色(性状8);果实:果皮刻纹(性状19);果实:果皮瘤状物(性状20);熟性

表4 测试性状

性状编号	性状	表达状态	观测方法	分级或备注
1	植株:茎秆颜色	黄绿色 1 黄褐色 2 紫红色 3	VG	3
2	叶片:形状	近菱形 1 圆菱形 2 卵状三角形 3 近椭圆形 4	VG	4
3	叶片:长度(mm)	极短 1 短 2 中 3 长 4 极长 5	MS	5
4	叶片:宽度(mm)	极窄 1 窄 2 中 3 宽 4 极宽 5	MS	5
5	叶片:叶缘形状	深锯齿 1 浅锯齿 2 圆齿 3	VG	3
6	叶片:叶基形状	楔形 1 截形 2	VG	2
7	叶片:上表面紫色斑	有 1 无 2	VG	2
8	叶片:叶背颜色	黄绿色 1 黄褐色 2 紫红色 3	VG	3
9	叶柄:颜色	黄绿色 1 黄褐色 2 紫红色 3	VG	3
10	叶柄:长度(mm)	极短 1 短 2 中 3 长 4 极长 5	MS	5
11	气囊:形状	椭圆形 1 纺锤形 2 长条形 3	VG	3
12	果实:果角个数	无 1 两个 2 四个 3	VG	3
13	果实:嫩菱果皮颜色	白绿色 1 绿色 2 绿泛粉红色 3 红色 4	VG	4
14	果实:肩角姿态	上弯 1 斜上伸 2 平伸 3 平伸后下弯 4 斜下伸 5 下弯 6	VG	6
15	果实:肩角尖端形状	锐尖 1 圆钝 2	VG	2
16	果实:腰角姿态	上弯 1 平伸 2 斜向下 3	VG	3
17	果实:腰角形状	披针形 1 圆锥形 2 扁舌形 3	VG	3
18	果实:果形	三角形 1 菱形 2 近锥形 3 弓形 4 元宝形 5	VG	5
19	果实:果皮刻纹	无 1 有 2	VG	2
20	果实:果皮瘤状物	无 1 有 2	VG	2
21	果实:果冠	无 1 明显 2 突出 3	VG	3
22	果实:鲜重(g)	微小 1 小 2 中 3 大 4 巨大 5	MS	5
23	果实:干重(g)	微小 1 小 2 中 3 大 4 巨大 5	MS	5
24	果实:体积(cm ³)	小型 1 中型 2 大型 3 巨型 4	MS	4
25	果实:单个菱盘结果数	少 1 中 2 多 3	MS	3
26	熟性	早 1 中 2 晚 3	MG	3
27	果实:肩角位置	上 1 中 2 下 3	VG	3
28	果实:肩角尖端倒刺	无 1 有 2	VG	2
29	果实:腰角尖端倒刺	无 1 有 2	VG	2
30	花:花瓣颜色	白色 1 粉红色 2	VG	2
31	花:萼片颜色	黄绿色 1 黄绿带红色 2	VG	2
32	花:花柄颜色	黄绿色 1 淡红色 2 紫红色 3	VG	3
33	花:花柄绒毛	有 1 无 2	VG	2
34	植株:菱盘大小(mm)	极少 1 少 2 中 3 多 4 极多 5	MS	5
35	菱白绢病抗性	高抗 1 抗病 3 中抗 5 感病 7 高感 9	VG	5
36	可采收时长(d)	短 1 中 2 长 3	MG	3

MG:群体测量; MS:个体测量; VG:群体目测; VS:个体目测

(性状 26);果实:肩角尖端倒刺(性状 28);果实:腰角尖端倒刺(性状 29);花:花柄绒毛(性状 33)。

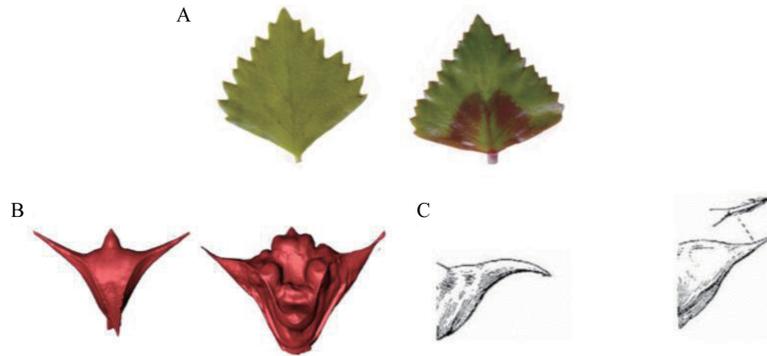
假质量性状(图 2): 19 个。分别为:植株:茎秆颜色(性状 1);叶片:叶缘形状(性状 5);叶片:形状(性状 2);叶片:叶基形状(性状 6);叶柄:颜色(性状 9);气囊:形状(性状 11);果实:果角个数(性状 12);果实:嫩菱果皮颜色(性状 13);果实:肩角姿态(性状 14);果实:肩角尖端形状(性状 15);果实:腰角姿态(性状 16);果实:腰角形状(性状 17);果实:果形(性状 18);果实:果冠(性状 21);果实:肩角位置(性状 27);花:花瓣颜色(性状 30);花:萼片颜色(性状 31);花:花柄颜色(性状 32);菱白绢病抗性(性状 35)。由于菱角仅存在无角菱、两角菱和四角菱 3 种类型,品种间差异没有明显的连续性,因此,

将该性状归类为假质量性状。

数量性状(图 3):共 9 个。分别为:叶片:长度(性状 3);叶片:宽度(性状 4);叶柄:长度(性状 10);果实:鲜重(性状 22);果实:干重(性状 23);果实:体积(性状 24);果实:单个菱盘结果数(性状 25);植株:菱盘大小(性状 34);可采收时长(性状 36)。

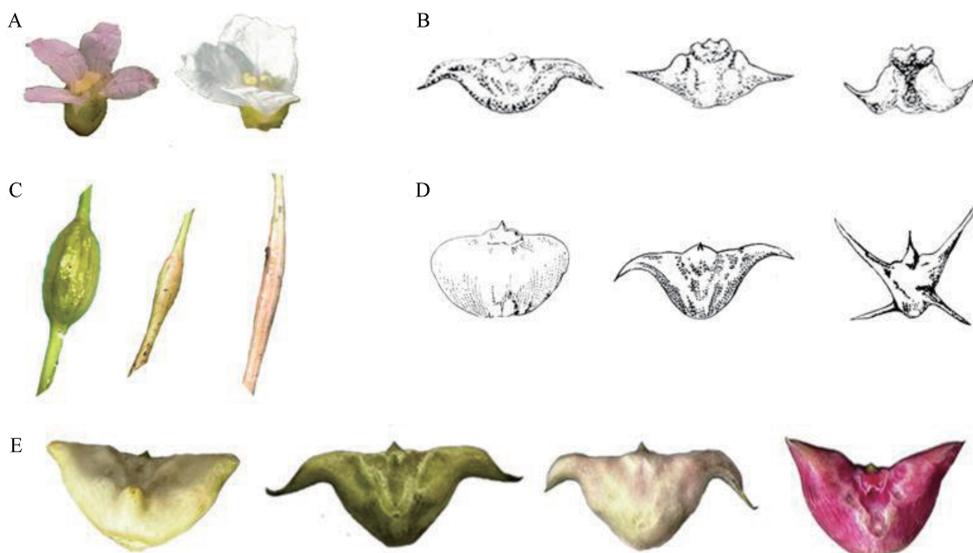
2.3 数量性状分级和分析 本指南采用群体观测或个体测量方法对测试品种的 9 个数量性状的平均值、标准差、极值、极差、中值、变异系数进行统计分析,数据参数如表 5 所示。由于受栽培密度和栽培地面积影响,菱盘数存在较大的变异性,因此,本指南剔除了植株:单株菱盘数这一性状。

分析发现各数量性状的变异系数在 21.77%~77.88% 之间,变异系数由大至小依次为:果实:体积



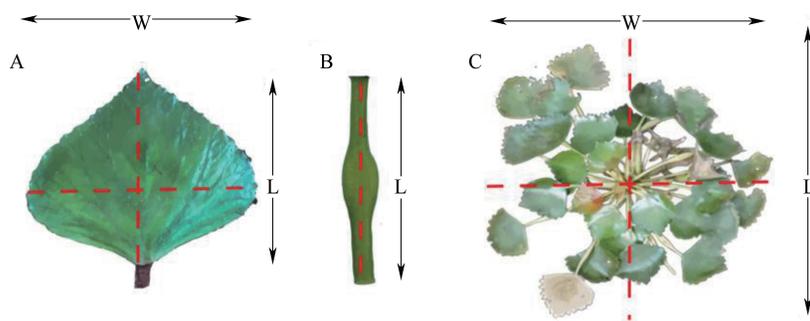
A: 叶片:上表面紫色斑(性状 7); B: 果实:果皮瘤状物(性状 20); C: 果实:肩角尖端倒刺(性状 28)

图 1 质量性状表型



A: 花:花瓣颜色(性状 30); B: 果实:肩角位置(性状 27); C: 气囊:形状(性状 11);
D: 果实:果角个数(性状 12); E: 果实:嫩菱果皮颜色(性状 13)

图 2 假质量性状



A: 菱叶长宽; B: 叶柄长度; C: 菱盘大小; W: 宽度; L: 长度

图3 数量性状

(性状 24)、果实:鲜重(性状 22)、果实:干重(性状 23)、果实:单个菱盘结果数(性状 25)、植株:菱盘大小(性状 34)、叶柄:长度(性状 10)、叶片:宽度(性状 4)、叶片:长度(性状 3)、可采收时长(性状 36)。结果表明,菱属品种种质资源的果实、叶片、植株等核心表型性状上具有较大差异,存在十分丰富的形态指标多样性和遗传多样性。

据数量性状数据参数、标准品种和研究人员对菱属品种种质资源的研究经验,并参考在朱顶红^[10]、

枣树^[11]、小麦^[12]等植物 DUS 测试指南中关于数量性状的分级方法,对 9 个数量性状进行分级,将叶片:长度(性状 3)、叶片:宽度(性状 4)、叶柄:长度(性状 10)、果实:鲜重(性状 22)、果实:干重(性状 23)、植株:菱盘大小(性状 34)分为 5 个连续分布的分级范围,将果实:体积(性状 24)分为 4 个连续分布的分级范围,将果实:单个菱盘结果数(性状 25)、可采收时长(性状 36) 2 个性状分为 3 个连续分布的分级范围(表 6)。

表 5 数量性状的相关数据参数

性状编号	平均值	标准差	最小值	最大值	中值	变异系数(%)
3	52.65	12.92	21.67	88.64	51.35	24.54
4	62.74	18.12	16.95	97.56	63.61	28.88
10	81.85	25.10	29.87	151.21	80.09	30.67
22	10.39	7.81	0.35	29.36	9.12	75.20
23	2.95	1.90	0.15	7.88	2.79	64.29
24	8944.98	6966.35	411.14	26300.17	7229.21	77.88
25	5.23	2.34	0	13.00	5.00	44.80
34	294.96	120.51	13.80	527.00	308.50	40.86
36	33.48	7.29	50.00	20.00	30.00	21.77

3、4、10、34 单位为 mm; 22、23 单位为 g; 24 单位为 cm³; 25 单位为个; 36 单位为 d; 下同

表 6 指南个体/群体测量数量性状的分级

性状编号	分级				
	1	2	3	4	5
3	≤ 40.2	40.2~48.9	48.9~56.1	56.1~64.2	>64.2
4	≤ 45.7	45.7~54.3	54.3~69.6	69.6~83.0	>83.0
10	≤ 56.7	56.7~73.0	73.0~86.7	86.7~110.6	>110.6
22	≤ 2.0	2.0~7.3	7.3~11.8	11.8~18.6	>18.6
23	≤ 0.9	0.9~1.4	1.4~4.0	4.0~5.1	>5.1
24		≤ 2608.7	2608.7~8124.5	8124.5~17433.0	>17433.0
25		<4.5	4.5~6.0	6.0~7.5	
34	≤ 237.4	237.4~287.4	287.4~353.8	353.8~410.1	>410.1
36		<17.4	17.4~25.5	25.5~33.7	

果实大小(果实:鲜重(性状22)、果实:体积(性状24))与菱角产量和品种关系紧密,本研制过程中,对选定的24个标准品种的果实鲜重分析表明果实大小呈现显著的品种特异性。基于标准品种的果实:鲜重分为5个等级:鲜果重 ≤ 2.0 ,微型果; $2.0 < \text{鲜重} \leq 7.3$,小型果; $7.3 < \text{鲜重} \leq 11.8$,中型果; $11.8 < \text{鲜重} \leq 18.6$,大型果;鲜重 >18.6 ,巨型果。同时,菱角果实:干重(性状23)也同样分为微型果、小型果、中型果、大型果和巨型果5个等级。植株:菱盘大小(性状34)也与产量密切相关,根据分级,将菱盘按照大小划分为5个等级,即:菱盘 ≤ 237.4 ,微型盘; $237.4 < \text{菱盘} \leq 287.4$,小型盘; $287.4 < \text{菱盘} \leq 353.8$,中型盘; $353.8 < \text{菱盘} \leq 410.1$,大型盘;菱盘 >410.1 ,巨型盘(表6)。

根据计算结果,利用SPSS 22.0对菱属品种资源各数据性状进行分析,结果显示(表7),叶片:长度(性状3)和叶片:宽度(性状4)、果实:鲜重(性状

22)、果实:干重(性状23)、果实:体积(性状24)、植株:菱盘大小(性状34)均呈极显著正相关关系,叶片:宽度(性状4)和叶柄:长度(性状10)、果实:干重(性状23)、植株:菱盘大小(性状34)呈极显著正相关关系,和果实:鲜重(性状22)、果实:体积(性状24)之间呈显著正相关关系;叶柄:长度(性状10)和植株:菱盘大小(性状34)之间呈极显著正相关关系,和果实:干重(性状23)呈显著正相关关系;果实:鲜重(性状22)与果实:干重(性状23)、果实:体积(性状24)、植株:菱盘大小(性状34)之间呈极显著正相关关系;果实:干重(性状23)与果实:体积(性状24)、植株:菱盘大小(性状34)呈极显著正相关关系;果实:体积(性状24)与植株:菱盘大小(性状34)呈极显著正相关关系;其他未提及数量性状之间不具有相关性。此外,果实:单个菱盘结果数(性状25)、可采收时长(性状36)与任何性状均不具有任何相关性。

表7 菱属品种种质资源数量性状之间相关系数

性状编号	3	4	10	22	23	24	25	34	36
3	1								
4	0.607**	1							
10	0.252	0.681**	1						
22	0.553**	0.476*	0.205	1					
23	0.651**	0.645**	0.407*	0.649**	1				
24	0.683**	0.493*	0.210	0.900**	0.739**	1			
25	-0.241	-0.040	0.114	-0.348	-0.370	-0.298	1		
34	0.625**	0.824**	0.528**	0.538**	0.722**	0.529**	-0.163	1	
36	0.169	0.301	-0.040	0.114	0.081	0.074	0.179	0.313	1

**表示在0.01水平相关性极显著; *表示在0.05水平相关性显著

3 讨论

菱是千屈菜科菱亚科菱属植物(*Trapa* spp., Lythraceae),可以分为细果野菱(*Trapa incisa*)和欧菱(*Trapa natans*)2个种,200余个亚种,广泛分布于欧亚非三大洲^[13]。菱在长江中下游地区被作为经济作物广泛种植,据记载,在谷类作物未被作为主要粮食作物前,曾将菱角作为主要的粮食作物之一^[3]。菱属植物除果仁作为淀粉代粮外,菱角壳也因其具有种类丰富的多糖、多酚、油酸等代谢产物而被收录在《中国药典》中,并在治疗胃、泌尿生殖系统、肝、肾和脾等疾病上发挥主要作用^[14]。因此,菱

属植物在遗传育种和药理学研究方向上潜力巨大。

欧菱内存在2种染色体倍性,即二倍体欧菱与四倍体欧菱,细果野菱则均为二倍体^[15]。基因组与生物信息学研究结果显示,二倍体欧菱与细果野菱的分化发生在约1百万年前,气候动荡导致两物种在更新世中晚期通过杂交形成异源四倍体欧菱。而现有的栽培菱均为二倍体欧菱,并起源于长江流域^[5]。细果野菱则由于城市化进程和自然水域遭到破坏,已经成为国家二级濒危保护植物^[13]。菱种质资源丰富,品种间因起源和栽培环境差异而表现出性状差异,而菱属品种资源收集保护工作滞后,导致菱属品

种鉴定指南研制存在困难。本研究基于全国范围内的种质资源收集,并结合菱这一江南特色水生蔬菜资源保护、市场需求和育种需要,研制出适用于菱属品种 DUS 测试的指南,测试性状经过反复筛选,操作性更强、更简便,能极好地达到农作物 DUS 测试的效果。

本指南共设置 7 个菱属品种叶片性状、17 个果实性状和 12 个其他性状,并根据菱的生产特点,挑选出叶和果实部分的性状来判定菱属品种的一致性、稳定性和特异性。统计结果显示,菱的植株、叶部位和果实部位的性状稳定性高,质量性状和大部分假质量性状在同一品种中稳定性高,品种间差异明显。本指南所筛选的果实:鲜重、果实:干重、果实:体积、果实:单个菱盘结果数、植株:菱盘大小、可采收时长 6 个数量性状与菱产量具有密切的相关性。众所周之,数量性状易受环境影响,并伴随年度间、区域间差异,通过对这 6 组数量性状的相关性分析表明,果实:鲜重、果实:体积、果实:干重与植株:菱盘大小存在显著正相关性。这一结果表明,菱盘越大,植株供给果实的养分越足,物质积累量也越大,果实也就越大^[16]。因此,DUS 测试分析表明,菱盘大小是制约菱角果实产量的关键因素之一。同时,植株:菱盘大小与叶片:长度、叶片:宽度之间也呈正相关,这些测试结果也说明,菱角品种的叶片、叶柄性状可以作为高产菱角的选育指标之一。而参试菱属品种间的数量性状之间具有较大差异,表明菱属品种间的形态指标多样性和遗传多样性丰富,对于选育高产、稳产的菱新品种,本指南提供了良好的理论基础。

本指南相较于前人制定并发布的《菱种质资源描述规范和数据标准》,减少了大量的数量性状,如:根:根系长度、花:花柄长度、果:果柄长度等与产量相关性弱的性状。基于 24 份标准材料测试结果,本指南还充分考虑到测试员的可操作性,调整了 2 个性状的表达状态和 1 个性状的观测方法,如叶片的观测应选取植株中部的成熟叶片,果实大小由测量果实横纵径改为称量果实质量。菱部分性状受栽培管理环境的影响极大,为品种间 DUS 测试带来了困难,而本指南中选用的质量性状和假质量性状受环境因素影响小,稳定性高,有利于测试中的实际操作。本指南中针对菱属品种选育中的关键性状的筛选,有利于提升菱属新品种 DUS 测试的科学性,也为选育稳产、高产的菱属品种提供了更加明确的测试方案。

本测试指南的制定,紧跟国家种业面临植物新品种知识产权保护、激励育种原始创新、保障粮食安全的新形势。菱属品种 DUS 测试指南的研制有助于保护菱属新品种,对菱属品种培育也将起到积极的促进作用。同时,菱属品种 DUS 测试指南的研制也对推动菱属尽快纳入我国农业植物品种保护名录,进而开展菱属新品种测试,申请品种权保护奠定了基础。

参考文献

- [1] Lu R S, Chen Y, Zhang X Y, Feng Y, Comes H P, Li Z, Zheng Z S, Yuan Y, Wang L Y, Huang Z J, Guo Y, Sun G P, Kenneth M O, Chen J, Qiu Y X. Genome sequencing and transcriptome analyses provide insights into the origin and domestication of water caltrop (*Trapa* spp., Lythraceae). *Plant Biotechnology Journal*, 2022, 20 (4): 761-776
- [2] 陈百泉, 张倩, 王微, 黄嫒, 康文艺. 南湖菱壳中 α -葡萄糖苷酶抑制活性成分研究. *中国中药杂志*, 2012, 37 (10): 1408-1411
- [3] 王兴, 萧良, 李相传, 梁嘉琪. 浙江晚中新世菱角果实化石的发现及意义. *地质评论*, 2019, 4 (65): 91-92
- [4] 蔡颖, 关保华, 安树青, 申瑞玲, 蒋金辉, 董蕾. 克隆植物乌菱对底泥磷含量及植株密度的表型可塑性响应. *植物生态学报*, 2007, 31 (8): 599-606
- [5] 彭静, 柯卫东. 菱种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013
- [6] 赵有为, 曹暗生, 薛林宝. 中国水生蔬菜作物品种资源分类的初步研究. *江苏农学院学报*, 1989, 10 (3): 15-20
- [7] 钟淮钦, 钟海丰, 黄敏玲, 林兵. 中国农业植物新品种保护与 DUS 测试技术发展现状. *热带作物学报*, 2017, 38 (6): 1155-1162
- [8] 成晓丹, 魏宇昆, 黄艳波, 史春羽, 慈惠婷, 王顺利, 张秀新. 鼠尾草属品种 DUS 测试指南的研制. *园艺学报*, 2020, 47 (S2): 3153-3162
- [9] 唐浩. 植物新品种特异性、一致性、稳定性测试总论. 北京: 中国农业出版社, 2017
- [10] 褚云霞, 邓姗, 黄志城, 顾晓君, 李寿国, 张永春, 陈海荣. 朱顶红新品种 DUS 测试数量性状筛选与分级. *植物遗传资源学报*, 2016, 17 (3): 466-474
- [11] 刘平, 刘孟军, 周俊义, 毕平. 枣树数量性状的分布类型及其概率分级指标体系. *林业科学*, 2003, 39 (6): 77-82
- [12] 王立新, 常利芳, 李宏博, 季伟, 刘丽华, 赵昌平. 小麦区试品系 DUS 测试的分子标记. *作物学报*, 2010, 36 (7): 1114-1125
- [13] 王月丰, 丁炳扬, 胡仁勇, 金明龙. 菱属植物形态性状的可塑性及其分类学意义. *浙江大学学报: 理学版*, 2006, 33 (5): 567-577
- [14] 王洪斌, 陈云舒, 严守雷, 梅大佐, 赵道华, 张剑雄, 王清章, 李洁. 菱角梗、菱角壳提取物抑菌活性及其活性成分分析. *食品工业科技*, 2021, 42 (3): 61-67
- [15] 丁炳扬, 金孝锋. 中国菱属(菱科)植物的分类研究. *广西植物*, 2020, 40 (1): 1-15
- [16] 陈茜午, 张永虎, 温蕊. 56 份谷子品种(系)表型性状比较分析. *种子*, 2020, 39 (8): 50-60

(收稿日期: 2023-06-06)