

## 慈姑种质资源表型性状多样性分析

李峰, 李双梅, 黄新芳, 柯卫东, 钟兰, 黄来春

(武汉市蔬菜科学研究所, 武汉 430065)

**摘要:**对保存在国家种质武汉水生蔬菜资源圃内慈姑 41 份地方品种、26 份野生资源的遗传多样性进行了分析。结果表明:各性状多样性指数均较大,数量性状遗传多样性指数(1.840~2.039)高于质量性状(1.033~1.382),说明这些慈姑种质资源具有广泛的遗传多样性,且数量性状遗传变异更丰富;与慈姑种质资源产品相关的性状变异系数较高(24.16%~62.01%),利用现有资源选育球茎大、产量高的品种成为可能。基于慈姑资源 13 个表型性状的聚类分析,将 67 份慈姑种质资源分为 3 类,第 I 类为野生资源类群,该类可进一步分为 3 个亚类,第 II 类为栽培黄慈姑类群,第 III 类为栽培乌慈姑类群,该类亦可进一步分为 2 个亚类,大类或亚类间亲缘关系较远,在慈姑杂交育种时宜选择类群间或者亚类间的材料为亲本。

**关键词:**慈姑;种质资源;遗传多样性;聚类分析

## Phenotypic Diversity Analysis of Arrowhead Germplasm Resources

LI Feng, LI Shuang-mei, HUANG Xin-fang, KE Wei-dong, ZHONG Lan, HUANG Lai-chun

(Wuhan Vegetable Research Institute, Wuhan 430065)

**Abstract:** In order to improve efficiency in selecting arrowhead cultivars as parents and provide a guidance in choosing best parental combination for crossing, the genetic diversity was studied in 41 traditional cultivars and 26 wild resources conserved in Wuhan National Germplasm Repository for Aquatic Vegetables. The result showed that the genetic diversity index of all traits were relatively large. The genetic diversity index of quantitative traits (1.840-2.039) was higher than that of the quality traits (1.033-1.382). This indicated that these resources had wide genetic diversity and it was probable to select bigger corm and higher yield variety. Clustering analysis based on 13 phenotypic traits demonstrated that 67 arrowhead germplasm were classified into 3 categories. The first category was wild resources, which was classified into 3 sub-categories. The second category was cultivated yellow arrowhead. The third category was cultivated grey arrowhead, which was classified into 2 sub-categories. The genetic relationship was relatively far between categories or sub-categories. The materials in different categories or sub-categories should be chose as parents for crossing.

**Key words:** Arrowhead; Germplasm resources; Genetic diversity; Cluster analysis

慈姑为泽泻科慈姑亚属中的多年生草本植物,作为蔬菜栽培者华夏慈姑(*Sagittaria trifolia* var. *sinensis*)为野慈姑(*Sagittaria trifolia* Linn.)的变种<sup>[1]</sup>,以球茎供食用,为我国特别是南方主要的水生蔬菜之一。慈姑在中国、日本、朝鲜以及东南亚均有栽培,以中国栽培较多,主要分布在长江流域及其以南的沿海各省<sup>[2]</sup>,每年栽培面积 2 万  $\text{hm}^2$  左右,国家种质武汉水生蔬菜资源圃收集保存广西、云南、贵州、广东、湖北、浙江、江苏、安徽、四川、河北、陕西等地资源 100

余份,植物学分类上包括华夏慈姑和野慈姑原变种,园艺学分类上主要包括栽培慈姑和野生资源<sup>[3]</sup>,资源类型丰富。

慈姑栽培过程中采用球茎进行无性繁殖,我国各地栽培品种多为地方品种。近年来,我国各地持续开展慈姑的传粉生物学与人工杂交技术研究<sup>[4-7]</sup>。本试验对国家种质武汉水生蔬菜资源圃保存的慈姑资源表型性状进行多样性分析,以期对慈姑杂交组合亲本选配提供参考,提高慈姑育种效率。

收稿日期:2011-10-19 修回日期:2011-11-23

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903017)

作者简介:李峰,硕士,高级农艺师。E-mail: fun-lee@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试 67 份材料为收集自我国各地的地方品种

表 1 供试材料代号、名称及类型

Table 1 Codes names and types of arrowhead germplasm resources in this experiment

代号	种质名称	来源地	种质类型	代号	种质名称	来源地	种质类型
No.	Name	Origin	Type	No.	Name	Origin	Type
1	S-81	广西阳朔	野生资源	35	荔浦野慈姑	广西南宁	野生资源
2	S-85	广西阳朔	野生资源	36	溧阳慈姑	江苏溧阳	地方品种
3	安陆尖叶慈姑	湖北安陆	野生资源	37	六合慈姑	江苏六合	地方品种
4	安宁慈姑	云南安宁	野生资源	38	名山万古乡慈姑	四川雅安	野生资源
5	八街慈姑	云南安宁	地方品种	39	南宁白慈	广西南宁	地方品种
6	白洋淀慈姑-1#	河北白洋淀	野生资源	40	南阳慈姑	河南南阳	野生资源
7	包家花园慈姑	江西南昌	地方品种	41	普洱慈姑	云南呈贡	野生资源
8	宝应慈姑	江苏宝应	地方品种	42	曲江慈姑	云南建水	野生资源
9	博白尖叶慈姑	广西博白	野生资源	43	陕西慈姑	陕西西安	野生资源
10	博白金马铃慈姑	广西博白	野生资源	44	上海慈姑	上海	地方品种
11	博白圆叶	广西博白	野生资源	45	绍兴慈姑	浙江绍兴	地方品种
12	长种慈姑	江苏宝应	地方品种	46	沈荡慈姑	浙江海盐	地方品种
13	巢湖慈姑-2#	安徽巢湖	地方品种	47	石碑家慈姑	云南呈贡	地方品种
14	呈贡慈姑	云南呈贡	地方品种	48	石屏慈姑	云南石屏	地方品种
15	澄江慈姑	云南澄江	地方品种	49	苏州黄	江苏苏州	地方品种
16	大足慈姑	四川大足	地方品种	50	随州慈姑	湖北随州	野生资源
17	丹阳慈姑	江苏丹阳	地方品种	51	随州小叶慈姑	湖北随州	野生资源
18	富民款庄慈姑	云南富民	地方品种	52	棠梨店慈姑	河南舞阳	野生资源
19	高湖慈姑	湖北汉川	地方品种	53	谢湾慈姑	湖北汉川	地方品种
20	贵港油塘慈姑	广西博白	野生资源	54	心大坪慈姑	广西阳朔	野生资源
21	贵阳乌慈	贵州贵阳	地方品种	55	秀林慈姑	湖北石首	野生资源
22	邯郸马头镇慈姑	河北邯郸	野生资源	56	阳朔野慈姑	广西阳朔	野生资源
23	汉阳慈姑	湖北汉阳	地方品种	57	宜良慈姑	云南宜良	野生资源
24	黑龙潭慈姑	云南昆明	野生资源	58	玉溪慈姑	云南玉溪	地方品种
25	红鞘慈姑	云南玉溪	地方品种	59	皂市家慈	湖北天门	地方品种
26	洪泽慈姑	江苏洪泽	地方品种	60	湛江南柳村慈姑	广东湛江	野生资源
27	湖州双塘慈姑	浙江湖州	地方品种	61	朱兰慈姑	河南南阳	野生资源
28	淮安慈姑	江苏淮安	地方品种	62	资阳慈姑	四川资阳	地方品种
29	黄泥坝慈姑	湖北恩施	野生资源	63	紫鞘慈姑	广西梧州	地方品种
30	惠水乌慈	江西南昌	地方品种	64	钟祥野慈姑	湖北钟祥	野生资源
31	监利野慈姑	湖北监利	野生资源	65	杨柳慈姑	安徽庐江	地方品种
32	建水慈姑-1#	云南建水	地方品种	66	刮老乌	江苏南京	地方品种
33	金鸡坡慈姑	江西九江	地方品种	67	淮阴慈姑	江苏淮阴	地方品种
34	荆门慈姑	湖北荆门	地方品种				

和野生资源,其中地方品种 41 份,野生资源 26 份,材料名称、来源地和类型见表 1。以上材料均保存在国家种质武汉水生蔬菜资源圃。

### 1.2 试验设计

试验在武汉市蔬菜科学研究所内进行,采用无重复连续观察 2 年的方法。材料分别于 2009 年和 2010 年定植于规格 2m × 3m 并具保水和隔离功能

的试验池中,每池定植 6 株,常规田间管理。

### 1.3 性状调查

在多年慈姑资源研究和生产实际的基础上,选择株高、叶片形状、叶上裂片长度、叶上裂片宽度、叶下

裂片长度、叶下裂片宽度和叶片宽度等地上部分性状和球茎形状、球茎皮色、球茎横径、球茎纵径、单个球茎质量、小区产量等地下部分性状作为调查性状,于每年7月中旬调查地上部分性状,并于翌年3月中旬调查地下部分性状。取两年平均值作为分析数据。

#### 1.4 数据处理

数据用 Excel 软件计算质量性状的频率分布和遗传多样性指数 ( $H'$ ), 以及计算数量性状的平均值 ( $\bar{x}$ )、最小值 (Min)、最大值 (Max)、标准差 ( $s$ )、极差 (Range)、变异系数 ( $CV$ ) 和遗传多样性指数 ( $H'$ )。遗传多样性指数采用 Shannon-Weaver 信息指数, 以衡量种质资源群体遗传多样性大小, 计算公式  $H' = -\sum P_i \ln P_i$  (其中  $P_i$  为某一性状在第  $i$  个级别出现的频率), 其中数量性状的  $P_i$  计算, 先在  $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$  区间等份划分为 10 等级, 然后统计各性状在各等级的分布频率。在对质量性状赋值和对数量性状标准化处理后, 应用 SAS9.0 软件按离差平方和 (Ward) 法进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 慈姑种质资源多样性形态

由 67 份慈姑种质资源的 3 个质量性状遗传多样性分析可以看出: 慈姑种质的叶片形状多箭形和阔箭形, 二者分别占 37.3% 和 50.7%; 球茎形状多卵圆形和圆球形, 分别占 46.3% 和 40.3%; 球茎皮色则分布较均匀, 均介于 22.4% ~ 28.4% 之间。慈姑种质资源的 3 个质量性状遗传多样性指数相当, 介于 1.033 ~ 1.382 之间, 其中球茎皮色最高, 达

1.382, 其后依次为球茎形状、叶片形状 (表 2)。

表 2 慈姑种质资源 3 个质量性状的遗传多样性分析  
Table 2 Analysis of genetic diversity for 3 quality traits of arrowhead germplasm resources

性状 Trait	遗传多样性 指数 $H'$	频率分布 (%) Frequency distribution			
		1	2	3	4
叶片形状	1.033	3.0	37.3	50.7	9.0
球茎形状	1.064	3.0	46.3	40.3	10.4
球茎皮色	1.382	22.4	28.4	23.9	25.4

叶片形状: 1 = 细箭形; 2 = 箭形; 3 = 阔箭形; 4 = 戟形。球茎形状: 1 = 纺锤形; 2 = 卵圆形; 3 = 圆球形; 4 = 扁球形。球茎皮色: 1 = 白色; 2 = 黄色; 3 = 紫红色; 4 = 灰色

Leaf shape: 1 = thin arrow-shaped; 2 = arrow-shaped; 3 = fat arrow-shaped; 4 = hastate; Corm shape: 1 = spindly; 2 = ovate; 3 = round; 4 = oblate; Color of corm epidermis: 1 = white; 2 = yellow; 3 = amaranth; 4 = gray

由 67 份慈姑种质资源的 10 个数量性状遗传多样性分析可以看出: 慈姑种质数量性状的遗传多样性指数均较高且差异不大, 介于 1.840 ~ 2.039 之间, 其中上裂片长度最高, 达 2.039, 其后依次为植株高度、叶片宽度、产量、上裂片宽度、单个球茎质量、球茎横径、下裂片长度、下裂片宽度、球茎纵径; 不同种质间变异系数差异较大, 介于 9.43% ~ 62.01%, 各性状变异系数可以划分为 3 个等级, 变异系数较高 (>30%) 的性状有小区产量和单个球茎质量, 变异系数中等 (10% ~ 20%) 的性状有球茎纵径、球茎横径、下裂片宽度、植株高度、上裂片长度和叶片宽度, 变异系数较低 (<10%) 的性状有下裂片长度 (表 3)。

表 3 慈姑种质资源 10 个数量性状的遗传多样性分析

Table 3 Analysis of genetic diversity for 10 quantitative traits of arrowhead germplasm resources

性状 Trait	平均值 $\bar{x}$	最小值 Min	最大值 Max	标准差 $s$	极差 Range	变异系数 $CV$ (%)	遗传多样性指数 $H'$
植株高度 (cm)	132.81	86.40	197.50	20.84	111.10	15.69	2.034
上裂片长度 (cm)	20.86	15.40	29.60	2.89	14.20	13.88	2.039
上裂片宽度 (cm)	20.61	5.50	27.40	3.95	21.90	19.14	1.921
下裂片长度 (cm)	23.54	18.10	29.80	2.22	11.70	9.43	2.036
下裂片宽度 (cm)	12.98	3.00	17.90	2.73	14.90	21.07	1.880
叶片宽度 (cm)	24.54	16.20	34.00	3.32	17.80	13.53	2.022
球茎纵径 (cm)	4.06	2.08	6.59	1.16	4.51	28.42	1.840
球茎横径 (cm)	3.50	1.60	4.77	0.85	3.17	24.16	1.885
单个球茎质量 (g)	39.13	2.75	87.00	22.93	84.25	58.59	1.888
小区产量 (g)	1588.45	90.00	4128.50	985.07	4038.50	62.01	1.981

### 2.2 慈姑种质资源的聚类分析

利用 SAS9.0 统计软件对慈姑种质资源的 13 个性状进行聚类 (图 1), 在半偏  $R^2$  值为 0.083 处把供试

材料分为 3 类, 其中第 I 类与第 II、III 类的距离较远; 在半偏  $R^2$  值为 0.052 处把第 I 类划分为 3 个亚类, 把第 III 类划分为 2 个亚类, 各类群的特征见表 4。

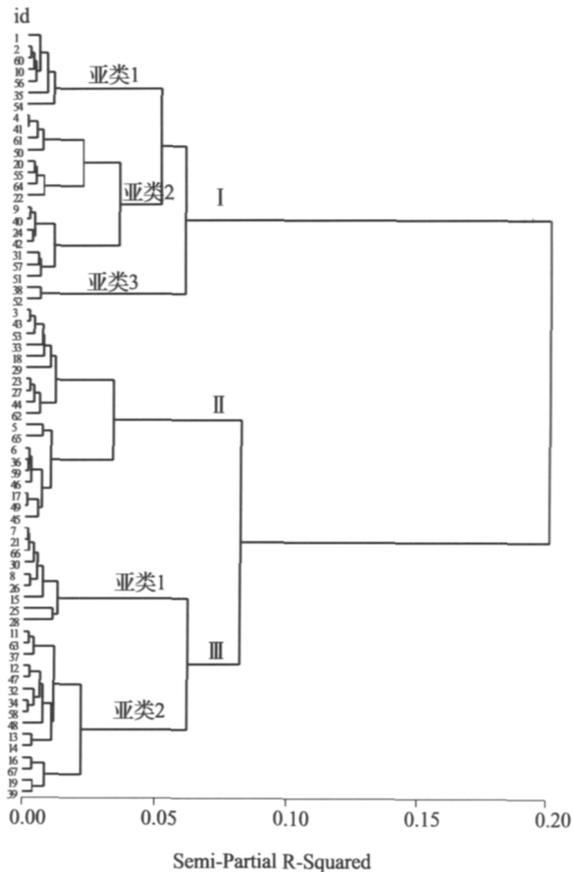


图1 基于13个性状的慈姑种质资源聚类

Fig.1 Clustering analysis based on 13 traits of arrowhead germplasm

类群 I 包含 24 份资源,这一类群资源最为明显的特征为植株较矮,植株高度平均 116.44cm,叶形多箭形,少量资源叶形为戟形或细箭形,球茎较小,单个球茎质量平均 13.3g,产量较低,3m<sup>2</sup>产量仅 698.93g,该类群种质均为野生资源,包括有野生白慈姑、野生乌慈姑和野生黄慈姑。该类群亚类 1 包含 7 份资源,种质代号为 1、2、60、10、56、35、54,这一亚类资源均收集自我国广西、广东一带,叶形均为戟形,叶片宽度和下裂片宽度在该类群各亚类间最大,分别为 23.17cm 和 11.57cm。该类群亚类 2 包含 15 份资源,种质代号为 4、41、61、50、20、55、64、22、9、40、24、42、31、57、51,这一亚类的叶形均为箭形,植株高度、单个球茎质量和产量在该类群各亚类间最大,分别为 122.76cm、15.58cm 和 136g。该类群亚类 3 包含 2 份资源,种质代号为 28 和 52,这一亚类的叶形均为细箭形,且植株矮小,球茎小,其上裂片和下裂片宽度仅 7.15cm 和 4.15cm,株高仅 96cm,单个球茎质量仅 4.38g,均为其他亚类最小。

类群 II 包含 19 份资源,种质代号为 3、43、53、33、18、29、23、27、44、62、5、65、6、36、59、46、17、49、45。这

一类群资源最为明显的特征为球茎大,单个球茎质量平均 61.21g,植株高大,平均 151.32cm,为最高,球茎多为卵圆形、黄色,产量也较高,平均 2318.39g。该类群的种质多为栽培黄慈姑。

类群 III 包含 24 份资源,这一类群资源最为明显的特征为球茎皮色多为紫红色和灰色,叶形多为阔箭形,少量箭形,植株高度、球茎大小和产量中等,平均分别为 133.8cm、46.12g 和 1852.04g。该类群的种质多为栽培乌慈姑。该类群亚类 1 包含 9 份资源,种质代号为 7、21、66、30、8、26、15、25、28,这一亚类为大叶型栽培乌慈姑,其叶片上裂片长度、上裂片宽度、下裂片长度和下裂片宽度为各类群或亚类中最大,分别为 25.37cm、24.60cm、25.46cm 和 16.18cm,叶形均为阔箭形,球茎皮色为灰色和紫红色,球茎形状多为圆球形和扁球形。该类群亚类 2 包含 15 份资源,种质代号为 11、63、37、12、47、32、34、58、48、13、14、16、67、19、39。这一亚类植株较矮,平均植株高度 131.17cm,为栽培类型慈姑类群中最矮,叶片较小,叶形阔箭形或箭形,球茎大小中等,球茎圆球形、卵圆形和扁球形,皮色紫红色、灰色、黄色和白色。

### 3 小结与讨论

种质资源的遗传多样性是育种工作的基础,近些年为了提高育种水平,育种家逐步注重提高育种基础材料的遗传多样性,以扩大育成品种的遗传基础<sup>[9-10]</sup>。通过对 67 份慈姑资源形态多样性分析,表明其质量性状和数量性状的遗传多样性指数均较高,数量性状遗传多样性指数(1.840~2.039)高于质量性状(1.033~1.382),说明保存于国家种质武汉水生蔬菜资源圃的慈姑资源具有较高的丰富度和均匀度,遗传多样性广泛;且数量性状遗传变异更丰富。各数量性状的变异系数中,与慈姑产品相关的性状(如产量、单个球茎质量、球茎纵径和球茎横径)相对较高,介于 24.16%~62.01%,说明这些性状具有较大的选择范围,利用现有资源选育球茎大、产量高的品种或品系成为可能。

基于 13 个表型性状的聚类分析,将 67 份慈姑种质资源划分为三大类,第 I 类为以叶片较小、植株矮为特征的野生资源,可进一步划分为 3 个亚类,其中亚类 1 的 7 份资源较为特殊,植株较矮,叶戟形,球茎小,分蘖性极强,高抗黑粉病<sup>[8]</sup>,与植物学分类中的野慈姑(*Sagittaria trifolia* Linn.)形态特征差异较大,叶形也与园艺学分类中的野慈姑<sup>[3]</sup>描述存在一定差异,这类资源有待于从分类学和抗病性方面

表 4 慈姑种质资源各类群形态特征

Table 4 Average of traits in different clusters

性状 Trait	种质群 I Germplasm group I				种质群 II Germplasm group II		种质群 III Germplasm group III		
	亚类 1	亚类 2	亚类 3	平均	平均	亚类 1	亚类 2	平均	
植株高度 (cm)	109.17	122.76	96.20	116.44	151.32	139.72	131.17	133.80	
上裂片长度 (cm)	18.13	18.51	20.00	18.42	21.95	25.37	20.49	22.26	
上裂片宽度 (cm)	17.93	17.94	7.15	16.92	23.54	24.60	20.21	21.77	
下裂片长度 (cm)	21.96	21.77	22.60	21.78	24.92	25.46	23.29	24.12	
下裂片宽度 (cm)	11.57	11.14	4.15	10.55	14.94	16.18	12.24	13.72	
叶片宽度 (cm)	23.17	22.62	16.60	22.10	27.58	26.22	23.30	24.47	
球茎纵径 (cm)	2.60	3.14	2.38	2.94	5.33	3.83	4.42	4.13	
球茎横径 (cm)	2.39	2.71	1.73	2.54	4.12	4.00	3.96	3.91	
单个球茎质量 (g)	10.42	15.58	4.38	13.30	61.21	44.04	49.80	46.12	
小区产量 (g)	836.21	728.83	136.00	698.93	2318.39	2353.61	1609.07	1852.04	
叶片形状	戟形 (7 份)	箭形 (15 份)	细箭 (2 份)	戟形 (7 份) 箭形 (15 份) 细箭 (2 份)	箭形 (6 份) 阔箭 (13 份)	阔箭 (9 份)	阔箭 (10 份) 箭形 (5 份)	阔箭 (19 份) 箭形 (5 份)	
球茎形状	圆球 (6 份) 卵圆 (1 份)	圆球 (6 份) 卵圆 (7 份) 纺锤 (1 份) 扁球 (1 份)	卵圆 (2 份)	圆球 (12 份) 卵圆 (10 份) 纺锤 (1 份) 扁球 (1 份)	卵圆 (16 份) 圆球 (2 份) 纺锤 (1 份)	圆球 (5 份) 扁球 (3 份) 卵圆 (1 份)	圆球 (8 份) 扁球 (3 份)	圆球 (13 份) 扁球 (7 份) 卵圆 (5 份)	
球茎皮色	白色 (5 份) 紫红 (1 份) 灰色 (1 份)	灰色 (6 份) 白色 (5 份) 紫红 (4 份)	黄色 (1 份) 白色 (1 份) 紫红 (5 份)	灰色 (7 份) 白色 (11 份) 黄色 (1 份)	黄色 (16 份) 白色 (2 份) 灰色 (1 份)	紫红 (6 份) 灰色 (3 份)	紫红 (5 份) 灰色 (6 份) 黄色 (2 份) 白色 (2 份)	紫红 (11 份) 灰色 (9 份) 黄色 (2 份) 白色 (2 份)	

深入研究 挖掘其利用价值;第II类为以植株高大、球茎黄白、卵圆、巨大为特征的栽培黄慈姑;第III类为以植株较高、球茎灰色或紫红、圆球或扁圆、较大为特征栽培乌慈姑,可进一步划分为 2 个亚类。本试验选择慈姑资源表型差异较大的性状进行聚类,可将野生慈姑、栽培黄慈姑、栽培乌慈姑划分开 聚类结果基本上与园艺学分类相吻合。但是在II、III类的栽培慈姑类群中,个别资源与资源登录种质类型信息存在出入,如聚类归为栽培慈姑的安陆尖叶慈姑、博白圆叶慈姑、黄泥坝慈姑和陕西慈姑登录信息却为野生资源,可能在收集资源时误将逃逸至沟渠的栽培种认为野生类型。另外,由于在资源调查过程中球茎皮色黄、白色受到人为因素干扰较大,聚类结果未将野生类群或栽培类群中的白慈姑与黄慈姑有效划分开。因此,今后资源鉴定还应采用细胞生物学、分子生物学方法与表型性状鉴定相结合,更深入地了解资源,为育种提供更可靠的依据。

基于表型性状的聚类分析,虽然容易受到环境因素的影响,但本试验采用两年鉴定数据,各资源所受到的环境因素影响基本一致,所以表型性状的变异在一定程度上仍能反映出基因型上的变异,聚类结果仍能够粗略反映出各类群的亲缘关系,陈家宽<sup>[1]</sup>亦曾采用聚类分析的方法探讨验证了慈姑属植物种间的亲缘演化关系。根据聚类图,第I类的野生资源与第II、III类的栽培资源亲缘关系最远,第II类的栽培黄慈与

第III类栽培乌慈则相对较近,而且亚类间的资源亲缘关系也存在一定差异。无性繁殖作物杂交育种亲本选配原则之一为选配在生态地理起源上相距较远的双亲,以利用基因重组产生的非加性效益获得超双亲后代<sup>[11]</sup>。因此,在进行慈姑杂交育种时,应选择不同类间或者亚类间的资源作为杂交育种亲本,可以有效提高杂交育种效率。

#### 参考文献

- [1] 陈家宽. 中国慈姑属的系统与进化植物学研究[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1989
- [2] 赵有为. 几种主要水生蔬菜生产技术发展概述(下) [J]. 长江蔬菜, 1992(2): 17-18, 13
- [3] 黄新芳, 孔庆东, 柯卫东, 等. 华夏慈姑种质资源及其研究(下) [J]. 长江蔬菜, 1998(11): 1-3
- [4] 钟兰, 柯卫东, 刘玉平, 等. 慈姑的传粉生物学与人工杂交研究[J]. 长江蔬菜, 2010(14): 65-67
- [5] 汪小凡, 王金平. 慈姑雌花 in 自然居群中的受粉过程[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 1999, 12(3): 306-309
- [6] 黄双全, 靳宝锋, 王青锋, 等. 慈姑花的开放式样及其花粉流[J]. 植物学报, 1999, 41(7): 726-730
- [7] 汪小凡, 陈家宽. 野慈姑自然群体异交率的定量估测[J]. 遗传, 2000, 22(5): 316-318
- [8] 黄新芳, 柯卫东, 周国林. 慈姑种质资源对黑粉病抗性的自然鉴定[J]. 长江蔬菜, 2000(2): 24-26
- [9] 王述民, 李立会, 黎裕, 等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告[1]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(1): 1-12
- [10] 王述民, 李立会, 黎裕, 等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告[2]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(2): 167-177
- [11] 沈德绪. 果树育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1992