

利用 SRAP 标记分析四川省芋种质资源遗传多样性

梁根云^{1,2}, 刘独臣^{1,2}, 刘小俊^{1,2}, 房超^{1,2}, 杨宏^{1,2}, 李跃进^{1,2}

(¹ 四川省农业科学院园艺研究所/蔬菜种质与品种创新四川省重点实验室, 成都 610066;

² 农业部西南地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 成都 610066)

摘要: 在分子水平研究四川省芋资源的遗传多样性和亲缘关系, 为芋种质资源的分类、保护和有效利用遗传资源以及新品种选育提供依据。本研究利用 SRAP 分子标记技术, 使用 28 对 SRAP 引物组合对 65 份四川省不同地区芋种质资源材料进行遗传多样性分析, 采用 NT-SYS 2.1 统计软件对数据进行分析, 建立树状聚类图。扩增出并检测到 341 条条带, 平均每个引物组合扩增检测出 12.18 条带, 多态性带 251 条, 多态率 73.6%。UPGMA 树形图表明, 所用的 SRAP 引物组合可以将 65 份材料分成 5 类, 分别与这些材料在园艺分类学上按母芋和子芋的生长习性分类基本相符, 与以芋叶心色斑颜色、叶柄中下部颜色、母芋芽色及母芋肉色 4 种形态性状组合描述具有相关性。研究表明, 从四川省不同地区、不同生态环境下收集的不同类型芋种质资源间存在着较丰富的遗传多样性, SRAP 分析聚类结果与主要形态学性状分类基本一致, 可以解释芋栽培种的进化关系。

关键词: 芋; SRAP; 聚类分析; 遗传多样性; 形态性状

Genetic Diversity of Accessions of Taro (*Colocasia esculenta* Schott) from Sichuan Province Using SRAP Markers

LIANG Gen-yun^{1,2}, LIU Du-chen^{1,2}, LIU Xiao-jun^{1,2}, FANG Chao^{1,2}, YANG Hong^{1,2}, LI Yue-jian^{1,2}

(¹ Vegetable Germplasm Innovation and Variety Improvement Key Laboratory of Sichuan Province/

Horticultural Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066; ² Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Southwest Region), Ministry of Agriculture, Chengdu 610066)

Abstract: The genetic diversity and relationship of taro (*Colocasia esculenta* Schott) resources were analyzed at the molecular level provide the base for the classification, protection and effective utilization of these resources and breeding new varieties. The genetic diversity and relationship of 65 taro accessions were analyzed by Sequence-related Amplified Polymorphism (SRAP) markers. The data was analyzed by NT-SYS 2.1 software. Dendrogram was generated by UPGMA cluster. 341 DNA bands were amplified by 28 different primer combinations, 251 of which were polymorphic. The accessions were separated into 5 main groups based on the UPGMA cluster, the classification was basically consistent with the classification based on the growth styles of corm and cormel, basically concordant to the morphological description of 4 traits, including spot color of leaf center, petiole color (mid and base), sprout color of corm and flesh color of corm. There is rich genetic diversity in taro germplasms of different styles which were collected from different area and ecological environment. The classification based on the SRAP markers was consistent with the classification based on some primary morphological traits, and also explain possible evolutionary relationship in the cultivated taros.

Key words: Taro; SRAP; Cluster analysis; Genetic diversity; Morphological trait

芋(*Colocasia esculenta* Schott) 是天南星科芋属 多年生草本植物, 别名芋头、毛芋, 原产中国、印度、

收稿日期: 2011-09-28 修回日期: 2012-02-27

基金项目: 国家公益性行业计划(农业) 科研专项(200903017-09)

作者简介: 梁根云, 助理研究员, 主要从事蔬菜抗病育种。E-mail: lgyjxau@163.com

通讯作者: 李跃进, 博士, 研究员, 主要从事蔬菜育种。E-mail: yuejian_li@163.com

马来半岛等。自 20 世纪 70 年代起,中国芋种质资源研究与利用日益受到关注,而资源鉴定研究多数停留在形态学的观察和描述上,研究还不够深入^[1]。四川芋种植历史悠久,种质资源丰富,分布区域广泛,2009 年芋种植面积达到 0.7 万 hm^2 ,是芋资源的主要分布区和主要产区之一,但四川芋种质资源研究还鲜见报道。芋目前主要靠无性繁殖进行栽培、引种和种质保存,遗传背景非常复杂。开展芋资源的遗传多样性和亲缘关系研究,为芋种质资源的分类、保护和有效利用以及新品种选育起到积极作用。为了了解芋种质资源的遗传多样性,研究人员已用 RAPD^[2-3]、AFLP^[4-5] 和同工酶^[6] 等对其进行了分析,为芋种质资源评价、分类、保护和有效利用和开展新品种选育起到了积极的作用。但由于 RAPD 技术重复性差和 AFLP 操作复杂及费用高等问题,限制了分子标记辅助育种技术在芋上的进一步应用。2001 年,由 Li 等^[7] 提出了一种新型的基于 PCR 的标记系统——相关序列扩增多态性(Sequence-Related Amplified Polymorphism,SRAP),该标记通过独特的引物设计,在保证对基因 ORFs(Open Reading Frames)进行优先扩增的同时,又可对多样性丰富的内含子、启动子和间隔序列进行扩增,达到了既能反应基因组碱基序列的多样性,又能扩增出

含有基于外显子的基因序列的实用性目的。2003 年,Ferriol 等^[8] 用该标记技术对 69 份美洲南瓜资源进行了分析,SRAP 标记提供的信息在与形态学变异及形态类型的历史进化方面比 AFLP 标记更加一致。分子标记技术在我国芋种质资源研究中的应用还不广泛。SRAP 标记已经在许多植物的遗传图谱构建^[7,9-11]、遗传多样性检测^[11-12]、重要性状基因标记^[7,13-14]、品种鉴定^[15-16]、比较基因组分析^[17] 及基因克隆^[18] 等方面得到广泛应用^[19-20],至今还很少利用该标记研究芋资源的报道,目前四川省芋种质资源遗传背景不清楚,急需开展该项工作。本研究首次以四川省芋资源为试材,将 SRAP 标记用于四川芋资源的遗传多样性分析,旨在了解四川芋资源基础,为保护和有效利用芋遗传资源及新品种选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料共 65 份,分别来自除阿坝州等高寒地区的四川省各市(州),包括了四川省的栽培和野生类型芋资源,由四川省农业科学院园艺研究所种质资源圃提供,材料及其部分植物学性状见表 1。

表 1 参试芋资源材料及其部分植物学性状

Table 1 Morphological traits of 65 accessions from Sichuan Province of China

编号 No.	品种名称 Name of variety	采集地 Origin	类型 Classification	叶心色斑颜色 Spot color of leaf center	叶柄中下部颜色 Petiole color (mid and base)	母芋芽色 Sprout color of corm	肉色 Flesh color of corm
1	崇州红嘴芋	成都市崇州市	多子芋	紫	绿	淡红	白色
2	崇州黑芋	成都市崇州市	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
3	邛崃红嘴芋	成都市邛崃市	多子芋	紫	绿	淡红	白色
4	仁寿疙瘩芋	眉山市仁寿县	多头芋	绿	绿	淡红	紫红
5	泸州野生水芋	泸州市纳溪区	魁芋	紫红	乌绿	淡红	白色
6	宜宾耙耙芋	宜宾市江安县	多头芋	绿	绿	淡红	紫红
7	宜宾冬芋	宜宾市江安县	多子芋	紫	绿	淡红	白色
8	宜宾乌杆枪水芋	宜宾市江安县	匍匐茎魁芋	紫	紫黑	黄白	黄色
9	剑阁鹅蛋芋	广元市剑阁县	多头芋	绿	绿	淡红	紫红
10	巴中旱芋	巴中市	多子芋	黄绿	绿	白色	白色
11	巴中水芋	巴中市	多子芋	黄绿	绿	白色	黄白
12	转合合芋	广安市岳池县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
13	乌竿芋	德阳市中江县	多子芋	黄绿	紫黑	黄白	白色
14	旱芋子	绵阳市三台县	多子芋	黄绿	紫黑	黄白	白色
15	圆筒芋	绵阳市三台县	多子芋	黄绿	紫黑	白色	白色
16	金糖芋	广元市剑阁县	多子芋	绿	紫黑	黄白	白色
17	保宁芋	南充市阆中市	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
18	金糖芋	广元市苍溪县	多子芋	黄绿	紫黑	黄白	黄色
19	白芋	巴中市巴州区	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
20	红秆芋	南充市阆中市	多子芋	紫	紫黑	白色	白色

续表

编号 No.	品种名称 Name of variety	采集地 Origin	类型 Classification	叶心色斑颜色 Spot color of leaf center	叶柄中下部颜色 Petiole color (mid and base)	母芋芽色 Sprout color of corm	肉色 Flesh color of corm
21	水芋	巴中市平昌县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
22	旱芋	巴中市巴州区	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
23	野生芋	南充市蓬安县	魁芋	紫	乌绿	紫红	白色
24	白芋头	达州市达县	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
25	朱砂芋	达州市渠县	多子芋	紫	紫红	白色	白色
26	水芋	广安市广安区	多子芋	紫	紫红	黄白	白色
27	水芋	达州市达县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
28	青梗梗芋	达州市大竹县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
29	乌秆枪	南充市高坪区	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
30	红皮芋	遂宁市射洪县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
31	良种芋头	广安市岳池县	魁芋	紫	绿	白色	白色
32	乌梗梗芋	达州市大竹县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
33	毛芋子	达州市渠县	多子芋	紫	绿	淡红	白色
34	红芋	遂宁市射洪县	多子芋	黄绿	紫	白色	白色
35	狗头芋	达州市宣汉县	多头芋	黄绿	绿	淡红	紫红
36	人头芋	广安市岳池县	魁芋	紫	绿	紫红	白色
37	白秆芋	南充市高坪区	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
38	乌秆芋	遂宁市船山区	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
39	干芋子	广安市广安区	多子芋	黄绿	绿	白色	白色
40	鸡蛋芋	攀枝花市盐边县	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
41	汤包芋	攀枝花盐边县	多子芋	紫	紫黑	紫红	白色
42	格兜芋	攀枝花市盐边县	多头芋	黄绿	绿	淡红	紫红
43	人头芋	资阳市简阳市	魁芋	紫	绿	黄白	白色
44	鸡婆芋	资阳市简阳市	多头芋	黄绿	绿	淡红	紫红
45	红根水王	达州市达县	多子芋	紫	绿	淡红	白色
46	白根旱香王	达州市达县	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色
47	黑秆芋	乐山市井研县	魁芋	紫	紫	白色	白色
48	万年芋	乐山市井研县	魁芋	紫红	绿	淡红	黄色
49	红嘴芋	乐山市井研县	多子芋	紫红	绿	淡红	白色
50	水芋	绵阳市梓潼县	多头芋	黄绿	绿	淡红	紫红
51	旱芋	绵阳市梓潼县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
52	水芋	资阳市简阳市	多子芋	黄绿	绿	白色	白色
53	红嘴芋	内江市资中县	多子芋	紫	绿	淡红	白色
54	香芋	内江市资中县	魁芋	紫	绿	淡红	白色
55	白秆芋	资阳市雁江区	魁芋	紫	绿	紫红	白色
56	黑芋	内江市资中县	魁芋	紫	紫黑	淡红	白色
57	莲花芋	内江市资中县	多头芋	黄绿	绿	淡红	紫红
58	红砂芋	内江市资中县	魁芋	黄绿	绿	淡红	紫红
59	红合芋	内江市资中县	魁芋	紫	紫	紫红	紫红
60	黑秆枪	内江市资中县	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
61	宜普芋	乐山市市中区	多子芋	紫	紫黑	黄白	白色
62	黑秆芋	乐山市市中区	魁芋	紫	绿	黄白	白色
63	枕头芋	眉山市	魁芋	紫	绿	黄白	白色
64	香芋	眉山市	魁芋	紫	绿	紫红	紫色
65	白秆芋	眉山市仁寿县	多子芋	黄绿	绿	黄白	白色

1.2 方法

1.2.1 总基因组 DNA 提取 采用 Clark 等^[2] 的 CTAB 法, 略作修改(即 CTAB 缓冲液中包括 1% PVP), 提取总基因组 DNA。

1.2.2 引物组合筛选 引物参照 Li 等^[7] 和柳李旺等^[19] 发表的引物序列(表 2), 并由日本 Takara (大连分公司) 公司合成。标记命名采用上、下游

引物交叉组合的方法对标记进行命名, 如 Me1 Em3 表示引物组合上游引物 Me1 和下游引物 Em3。选取芋资源形态差异较大的 6 号和 8 号, 采用文献上报道的 88 对 SRAP 引物组合进行引物筛选^[7,19], 挑选出扩增后电泳图谱条带清晰, 且多态性好的引物组合用于芋种质资源多样性分析。

表 2 SRAP 所用正、反向引物序列

Table 2 The forward and reverse primers used in the present SRAP analysis

引物 Primer	类型 Type	序列(5'-3') Sequence(5'-3')	引物 Primer	类型 Type	序列(5'-3') Sequence(5'-3')
Me1	正向引物	TGAGTCCAAACCGGATA	Em1	反向引物	GACTGCGTACGAATTAAT
Me2	正向引物	TGAGTCCAAACCGGAGC	Em2	反向引物	GACTGCGTACGAATTTGC
Me3	正向引物	TGAGTCCAAACCGGAAT	Em3	反向引物	GACTGCGTACGAATTGAC
Me4	正向引物	TGAGTCCAAACCGGACC	Em5	反向引物	GACTGCGTACGAATTAAC
Me5	正向引物	TGAGTCCAAACCGGAAG	Em6	反向引物	GACTGCGTACGAATTGCA
Me6	正向引物	TGAGTCCAAACCGGTAA	Em7	反向引物	GACTGCGTACGAATTCAA
Me7	正向引物	TGAGTCCAAACCGGTCC	Em8	反向引物	GACTGCGTACGAATTCTG
Me8	正向引物	TGAGTCCAAACCGGTGC	Em9	反向引物	GACTGCGTACGAATTCTGA
			Em10	反向引物	GACTGCGTACGAATTTCAG
			Em11	反向引物	GACTGCGTACGAATTCCA

1.2.3 PCR 反应和凝胶电泳 提取后的 DNA 用 1% 的琼脂糖凝胶电泳检测, 检测后将样品浓度统一调至 50ng/μl 待用。扩增反应在 Eppendorf Cendorf 5414D 型 PCR 仪上进行。

SRAP 反应体系参照刘小俊等^[2] 的方法, 扩增程序为: 94℃ 预变性 5min; 94℃ 1min, 35℃ 1min, 72℃ 2min, 5 个循环; 94℃ 1min, 50℃ 1min, 72℃ 2min, 30 个循环; 最后 72℃ 延伸 5min。

扩增产物用 6% 的变性聚丙烯酰胺凝胶电泳, 先 220V 预电泳 20min, 然后 300V 条件下电泳 3h, DNA 分子质量标记为 DL2000(宝生物工程有限公司生产), 电泳结束后, 用银染的方法显影^[23]。

1.2.4 数据分析 对显影后的电泳图谱进行人工记数, 用 1 和 0 记录条带的有和无, 形成 1/0 矩阵。采用 NT-SYS 2.1 统计软件进行分析, 并用类平均法(UPGMA)进行聚类分析, 建立树状聚类图。

2 结果与分析

2.1 芋种质 SRAP 分析的引物筛选

选取形态差异较大的 6 号和 8 号, 采用文献上报道^[7,19] 的 88 对 SRAP 引物组合进行引物筛选(图 1), 挑选出扩增后电泳图谱条带清晰, 且多态性好的 28 对引物组合(表 3), 进行 SRAP 分析。

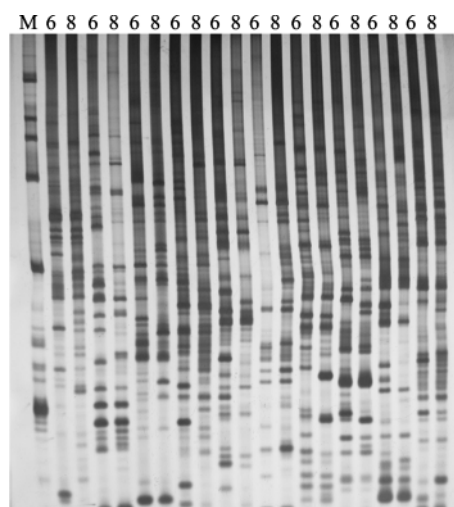


图 1 筛选出的部分 SRAP 引物扩增材料 6 号和 8 号的电泳图谱

Fig. 1 Electrophoretic patterns of materials 6 and 8 amplified by some screened SRAP primers

2.2 SRAP 标记结果

采用 28 对 SRAP 引物组合对 65 份来自四川省的芋资源基因组 DNA 进行多态性扩增分析的结果见表 3, 28 对引物组合对 65 份芋头材料共扩增检测出 341 条条带, 平均每个引物组合扩增检测出 12.18 条, 其中多态性带 251 条, 多态率 73.6%。结果表明, 四川省不同地区、不同生态环境下收集的不

表 3 28 对引物组合对参试芋材料的扩增结果统计

Table 3 The result of DNA bands amplified by 28 primer combinations to taro

引物 Primer combination	多样性条带 Polymorphic bands	共性带 Common bands	总带数 Total bands	引物 Primer combination	多样性条带 Polymorphic bands	共性带 Common bands	总带数 Total bands
Me1 Em3	16	1	17	Me6 Em8	14	3	17
Me2 Em5	15	3	18	Me6 Em9	12	4	16
Me2 Em7	12	3	15	Me6 Em10	8	2	10
Me2 Em10	7	3	10	Me6 Em11	2	4	6
Me3 Em1	10	1	11	Me7 Em1	8	3	11
Me3 Em11	11	5	16	Me7 Em2	10	3	13
Me4 Em3	5	8	13	Me7 Em6	5	4	9
Me4Em5	7	2	9	Me7 Em8	5	2	7
Me4 Em7	8	3	11	Me7 Em10	13	1	14
Me5 Em6	9	4	13	Me8 Em5	8	1	9
Me5 Em8	15	4	19	Me8 Em7	13	3	16
Me5 Em9	9	4	13	Me8 Em8	7	4	11
Me6 Em6	5	2	7	Me8 Em9	6	5	11
Me6 Em7	2	2	4	Me8 Em10	9	6	15

同类型芋种质资源间存在着较丰富的遗传多样性。多态性条带数最高的引物组合 Me1Em3 扩增出 16 条多态性条带,最少的为 Me6Em7,只有 2 条。扩增出 90 条条带为供试芋共有,反映出四川芋在一定程度上的同源性。

2.3 基于 SRAP 数据的聚类分析和形态学分类相关性

采用 UPGMA 法对参试的 65 份芋资源材料进行聚类(图 2),将相似系数 0.79 作为阈值,将 65 份参试的芋材料分为 5 类,结合形态描述和形态学分类,结果显示与部分芋主要性状的形态学分类上有一致性(图 3)。

第 I 类包括 15 份材料,叶心色斑为紫红或紫色,中下部叶柄为绿,母芋芽色为淡红或紫红,肉色为白色。其中 58 叶心色斑为黄绿色,41、47、56、59 叶柄中下部为紫或紫黑色,47 母芋芽色为白色,58、59、64 母芋肉色紫红或紫色。这类又可以分成两个亚类,第 1 亚类包括 10 份材料(1,3,7,33,41,45,49,53,54,56)主要是多子芋,而 54 和 56 两个魁芋被归到这一亚类了,第 2 亚类包括 5 份材料(36,47,58,59,64),全部为魁芋。这一大类材料的子芋与母芋产量相差不大,有可能是魁子兼用型。

第 II 类有 4 份材料(31,43,62,63),全部为魁芋类,叶心色斑颜色为紫色,中下部叶柄色为绿色,母芋芽色为白色或黄白色,母芋肉色为白色。此类芋在四川称人头芋,长棒形,以母芋为食,少子芋。在聚类中和其

他的魁芋区分而单独聚在了一类。

第 III 类包括 30 份材料,这一类在阈值 0.82 处又可以分为两个亚类,第一亚类包括 22 份材料(2,10,12,13,14,15,16,18,20,21,22,25,26,27,28,30,32,34,51,52,60,61),全部为多子芋,叶心色斑为紫色,中下部叶柄色为紫色或紫黑色,母芋芽色为白色或黄白色,母芋肉色为白色,但其中 10、13、14、15、18、34、52 的叶心色斑颜色为黄绿色,10、52 的中下部叶柄为绿色。第二亚类包括 8 份材料(4,6,9,35,42,44,50,57),全部为多头芋,叶心色斑为绿或黄绿色,中下部叶柄为绿色,母芋芽色为淡红色,肉色紫红色。

第 IV 类包括 11 份材料(11,17,19,24,29,37,38,39,40,46,65),全部为多子芋,叶心色斑为黄绿色,中下部叶柄为绿色,母芋芽色为白色或黄白色,肉色为白色。

第 V 类主要为 5 份材料(5,8,23,48,55),其中 5、23、48、55 的叶心色斑为紫红或紫色,中下部叶柄色为绿或乌绿,母芋芽色为淡红或紫红,母芋肉色除 48 为黄色外,其它为白色。第 8 号宜宾乌秆枪水芋又与其他 4 份材料分开为 1 类,为匍匐茎魁芋,中下部叶柄为紫黑色,母芋芽色为黄白色,母芋肉色为黄色,显示出与其他魁芋类的明显差异;从外观描述看,该材料可能是一份野芋材料,但是和其他 4 份魁芋材料亲缘关系较近,被聚合在同一类。这类魁芋产量低,品质比较差,基本不做商品芋用。

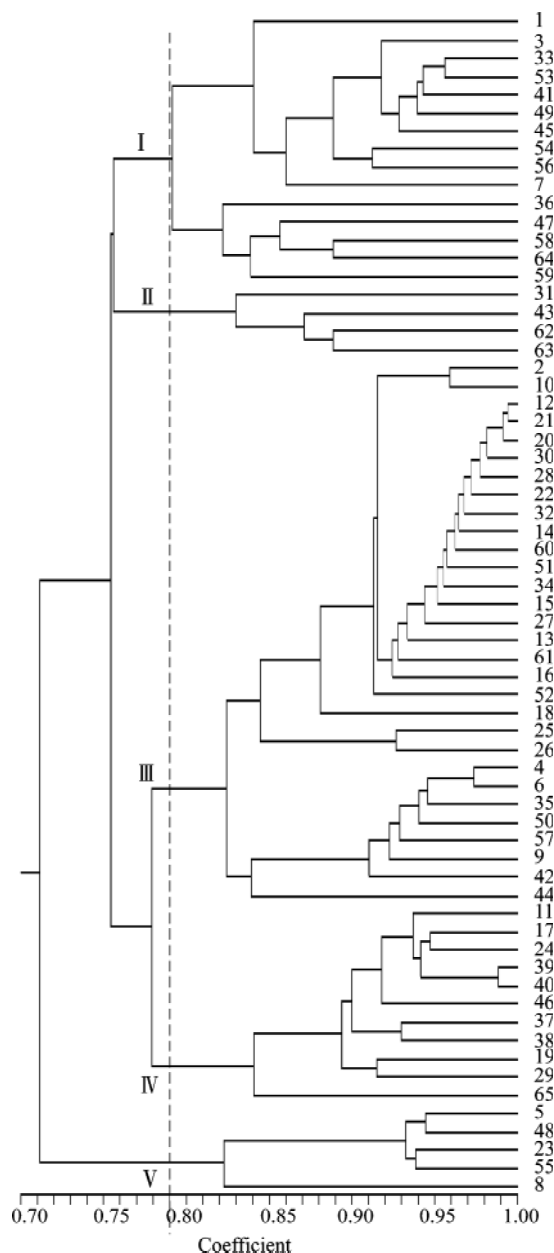


图2 65份芋种质资源的SRAP遗传聚类图

Fig.2 dendrogram of genetic relationships among 65 accessions of taro from Sichuan province of China using SRAP markers

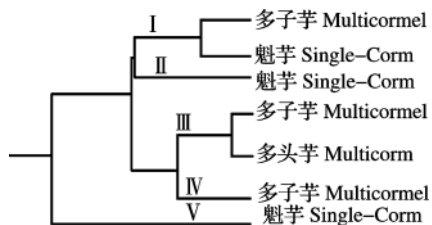


图3 基于SRAP聚类图与以母芋和子芋生长习性的形态学分类的关系

Fig.3 Relationships of the dendrogram based on the SRAP and morphological classification of growth styles of corm and cormel

3 讨论

本研究通过采用 SRAP 标记,将参试的四川省内 65 份芋种质资源分成 5 类,有的类型又可以分成 2 种亚类。按照传统的园艺学分类,球茎用芋根据母芋和子芋的生长习性分为 3 类,即魁芋类、多子芋类和多头芋类^[24-25]。通过比较 65 份芋种质资源基于 SRAP 分析聚类所分为的 5 大类和根据母芋和子芋生长习性分为的 3 大类,发现第 I 类中包括 2 个亚类,分别对应为魁芋类和多子芋类,其中 54 和 56 两个魁芋和 1、7 等多子芋被聚到了一起形成一个亚类。性状比较发现第 I 类材料的子芋与母芋产量相差不大,部分材料是归于魁芋类还是多子芋类比较难以界定。按黄新芳等^[24]认为根据母芋和子芋生长习性应分为 4 类,即魁芋类、魁子兼用芋类、多子芋类和多头芋类,因此第 I 类材料可能是在魁芋类和多子芋类之间的魁子兼用芋类,这一类中的不同材料由于偏向魁芋或多子芋类型又被分为两个亚类。在第 V 类中 8 号材料通过生物学性状和聚类图看,很可能就是一份与目前不作为食用的魁芋类型亲缘关系较近的野芋材料。

对 65 份四川省芋种质资源的 SRAP 聚类结果分析可能与芋进化演变过程相关。首先,一部分不用于食用的魁芋被聚在了第 V 类,与其他材料遗传距离较远;然后是商用栽培的魁芋被聚在了第 II 类,与第 I 类的魁芋和多子芋分开,由于第 I 类材料比较难界定是否为魁芋还是多子芋,因此可以归为魁子兼用型,这可能是魁芋向多子芋进化的结果;另外,剩下的多子芋和多头芋先聚为一大类,然后分为第 III 类的多子芋和多头芋、第 IV 类的多子芋,这可能是多子芋向多头芋进化的结果。这一观点和张志^[24]认为芋是由魁芋向多子芋再向多头芋进化形成现在的魁芋、多子芋和多头芋的观点比较一致。

研究还表明,SRAP 遗传距离与地理差异无必然联系,4 号的仁寿疙瘩芋和 6 号的宜宾耙耙芋从外形特征基本相似,并且 SRAP 分析的遗传距离相似系数达到 0.97,可能是不同地区互相引种所致。

此外,聚类结果与以芋叶心色斑颜色、叶柄中下部颜色、母芋芽色及母芋肉色 4 种形态性状组合描述也基本一致,但还是与少数种质形态性状表现不一致的。对参试芋种质资源材料的形

态学性状描述与 SRAP 标记聚类结果对比分析,表明利用 SRAP 标记为基础的聚类分析可以用于芋种质资源进化和遗传多样性的研究。以往仅仅基于形态学描述的分类方法可能会限制和误导育种者,而通过基于遗传多样性研究的 SRAP 等分子标记技术提供的品种间的信息,同时和形态学性状描述相结合,将可以促进育种进程,提高育种效率^[2]。

根据前人的研究^[27-28],我国的芋(*Colocasia esculenta* Schott)的倍性表现为:魁芋为二倍体($2n = 2x = 28$)、魁子兼用芋为三倍体($2n = 3x = 42$)、多头芋为三倍体($2n = 3x = 42$)、多子芋为三倍体($2n = 3x = 42$)。本研究采用 65 份材料被聚类为五大类以及多子芋被聚类在第 I、III 和 IV 类中,除与芋的进化演变有关外,可能与芋的倍性也有关系,之后将对参试材料进行倍性研究,丰富芋的分类和遗传进化研究的依据。参试的 65 份材料仅限四川省内资源,下一步将从全国各地引进芋种质材料,并进行遗传背景分析,以扩大芋资源的遗传范围,并加以利用。

参考文献

- [1] 黄新芳,柯卫东,叶元英,等. 中国芋种质资源研究进展 [J]. 植物遗传资源学报,2005,6(1):119-123
- [2] Irwin I S V, Kaufusi I P, Banks I K, et al. Molecular characterization of taro (*Colocasia esculenta*) using RAPD markers [J]. Euphytica, 1998, 99: 183-189
- [3] Lakhanpaul S, Velayudhan K C, Bhat K V. Analysis of genetic diversity in Indian taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers [J]. Genet Resour Crop Evol, 2003, 50: 603-609
- [4] Quero-Garcia J, Noyer J L, Perrier X, et al. A germplasm stratification of taro (*Colocasia esculenta*) based on agro-morphological descriptors, validation by AFLP markers [J]. Euphytica, 2004, 137: 387-395
- [5] 沈锦,朱德蔚,李锡香,等. 云南芋种质资源遗传多样性的 AFLP 分析 [J]. 园艺学报,2005,32(3):449-453
- [6] 陈文炳,张谷曼. 中国芋酯酶同工酶类型及品种群分类 [J]. 福建农业大学学报,1997,26(4):421-426
- [7] Li G, Quiros C F. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in *Brassica* [J]. Theor Appl Genet, 2001, 103: 455-461
- [8] Ferriol M, Pico B, Nuez F. Genetic diversity of a germplasm collection of *Cucurbita pepo* using SRAP and AFLP markers [J]. Theor Appl Genet, 2003, 107: 271-282
- [9] Yeboah M A, Chen X H, Chen R F, et al. A genetic linkage map of cucumber (*Cucumis sativus* L.) combining SRAP and ISSR markers [J]. African J Biotechnol, 2007, 6(24):2784-2791
- [10] 程志学,陈清华,彭庆务,等. 节瓜分子遗传图谱的构建与始雌花节位性状定位 [J]. 中国农业科学,2010,43(7):1508-1515
- [11] Ferriol M, Pico B, De Cordova P F, et al. Molecular diversity of a germplasm collection of squash (*Cucurbita moschata*) determined by SRAP and AFLP markers [J]. Crop Sci, 2004, 44(2):653-664
- [12] 文雁成,王汉中,沈金雄,等. 用 SRAP 标记分析中国甘蓝型油菜品种的遗传多样性和遗传基础 [J]. 中国农业科学,2006,39(2):246-256
- [13] 陈碧云,伍晓明,陆光远,等. 甘蓝型油菜花瓣缺失基因的图谱定位 [J]. 遗传,2006,28(6):707-712
- [14] 雷剑,柳俊. 一个与马铃薯青枯病抗性连锁的 SRAP 标记筛选 [J]. 中国马铃薯,2006,20(3):150-153
- [15] 王从彦,李晓慧,胡小丽,等. SRAP 技术在西瓜种子纯度鉴定中的应用 [J]. 河南农业大学学报,2008,42(5):491-495
- [16] 李亚利,扈新民,赵丹,等. 运用 SRAP 分子标记鉴定辣椒杂种纯度 [J]. 中国农学通报,2010,26(24):67-70
- [17] Li G, Gao M, Yang B, et al. Gene for gene alignment between the *Brassica* and *Arabidopsis* genomes by direct transcriptome mapping [J]. Theor Appl Genet, 2003, 107: 168-180
- [18] Li G Y, Quiros C F. Genetic analysis, expression and molecular characterization of, a *BoGSL-ELONG* major gene involved in the aliphatic glucosinolate pathway of *Brassica* Species [J]. Genetics, 2002, 162: 1937-1943
- [19] 柳李旺,龚义勤,黄浩,等. 新型分子标记——SRAP 与 TRAP 及其应用 [J]. 遗传,2004,26(5):777-781
- [20] 王晚茵,郭先锋,孙宪芝,等. SRAP 标记在园艺植物研究中的应用 [J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2009,40(4):650-654
- [21] Clark M S. 植物分子生物学——实验手册 [M]. 顾红雅,等译. 北京:高等教育出版社,1998:4-6
- [22] 刘小俊,李跃建,梁根云,等. 南瓜资源遗传多样性的 SRAP 分析 [J]. 四川大学学报:自然科学版,2010,47(5):1195-1200
- [23] 孙红艳,李俊,胡晓蓉,等. 利用 SSR 标记分析 19 份山羊草属种 D 基因组遗传多样性 [J]. 西南农业学报,2007,20(2):286-289
- [24] 张志. 芋的起源、演变和分类 [J]. 江西农业科技,1982(7):24-25,31
- [25] 黄新芳,柯卫东. 芋种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京:中国农业出版社,2006:12
- [26] 黄新芳,柯卫东,叶元英,等. 芋种质资源多样性研究 [J]. 中国蔬菜,2007(5):83-86
- [27] 张谷曼,杨振华. 中国芋的染色体数目研究 [J]. 园艺学报,1984,11(3):187-190
- [28] 黄新芳,柯卫东,孙亚林,等. 芋种质资源开花结实状况调查 [J]. 植物遗传资源学报,2011,12(5):811-815,819