

吴立东, 林淑婷, 刘亚婷, 等. 基于 SRAP 标记和主要表型性状的苦瓜优株选择与遗传分析[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(5): 1175-1183.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.05.025

基于 SRAP 标记和主要表型性状的苦瓜优株选择与遗传分析

吴立东, 林淑婷, 刘亚婷, 钟金仙, 罗英

(三明市农业科学研究院, 福建 沙县 365509)

摘要: 为了培育出高产、优质的苦瓜新品种, 选择 48 份苦瓜自交系, 测定其 10 个数量性状和 2 个质量性状, 采用主成分分析法进行优株选择, 同时结合 SRAP 分子标记技术进行遗传分析。结果表明, 10 个数量性状的累积方差贡献率达 68.897%, 提取了反映苦瓜 10 个数量性状的 4 个主成分; 通过计算 10 个数量性状的综合评价价值, 在 48 份苦瓜供试材料中, 选出 3 个综合性状优良的材料, 其结果与实际田间表现相近; 结合苦瓜的 2 个质量性状, 发现条型瓜瘤与苦瓜果实产量呈正相关, 瓜横径与苦瓜种子产量呈正相关; 结合 SRAP 分子聚类与主要表型性状特征, 发现控制瓜瘤类型的基因并非简单的调控, 条型瓜瘤控制基因与绿色瓜皮色控制基因、粒型瓜瘤控制基因与白色瓜皮色控制基因存在某种程度的连锁。这为苦瓜亲本选配和良种选育提供了理论依据。

关键词: 苦瓜; SRAP 标记; 主成分分析; 优株选择

中图分类号: S642.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)05-1175-09

Genetic analysis and superior plant selection of bitter gourd based on SRAP markers and main phenotypic traits

WU Li-dong, LIN Shu-ting, LIU Ya-ting, ZHONG Jin-xian, LUO Ying

(Sanming Academy of Agricultural Sciences, Shaxian 365509, China)

Abstract: In order to breed new bitter gourd varieties with high yield and high quality, 48 inbred lines of bitter gourd were selected to determine 10 quantitative characters and two qualitative traits. The principal component analysis was used to select the superior plants, and the SRAP molecular marker technology was used to analyze the genetic characteristics. The results showed that the cumulative variance contribution rate of the 10 quantitative characters reached 68.897%, four principal components reflecting 10 quantitative traits of bitter gourd were extracted. By calculating the comprehensive evaluation value of the 10 quantitative characters, three materials with excellent comprehensive characters were selected in the 48 bitter gourd test materials, and the results were similar to the field performance. Combined with the two qualitative traits of bitter gourd, it was found that there was a positive correlation between the fruit yield of bitter gourd and the bar-shaped bitter gourd lump, and there was also a positive correlation between the horizon diameter of bitter gourd and seed yield of bitter gourd. Combining SRAP molecular clustering with main phenotypic traits, it was found that the gene controlling the tumor type of bitter gourd was not simply regulated, and there was a certain degree of linkage between the control gene of the stripe bitter gourd tumor and the control gene of the green bitter gourd skin color, the control gene of the grain bitter gourd tumor and the control gene of the white bitter gourd skin color. This provides a theoretical basis for parent selection and seed se-

收稿日期: 2019-01-08

基金项目: 三明市科技计划项目(2019-N-3); 三明市农业科学研究院立项目(2016-Y-1)

作者简介: 吴立东(1981-), 男, 福建省宁化人, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。(E-mail) smnk-swld@163.com。林淑婷为共同第一作者。

通讯作者: 罗英, (E-mail) 54784027@qq.com

ling the tumor type of bitter gourd was not simply regulated, and there was a certain degree of linkage between the control gene of the stripe bitter gourd tumor and the control gene of the green bitter gourd skin color, the control gene of the grain bitter gourd tumor and the control gene of the white bitter gourd skin color. This provides a theoretical basis for parent selection and seed se-

lection of bitter gourd

Key words: bitter gourd; SRAP markers; principal component analysis; superior plant selection

苦瓜 (*Momordica charantia* L.) 为葫芦科苦瓜属植物,果味甘苦,主作蔬菜,也可糖渍,具有降血糖、降血脂、抗氧化、抗肿瘤、抗病毒、抑菌消炎、提高生育力和免疫力等功效,是一种“药食同源”的功能食品原料,素有“药用蔬菜”之称^[1-17]。苦瓜品种类型丰富,分类方式多种多样,表型性状是目前最主要的分类依据,而苦瓜表型性状随着栽培地、营养状况、气候等因素的变化而变化,单一依靠表型性状难以明确区分不同类型,对苦瓜种质资源的保存利用与评价造成一定影响^[18]。

优株评价是苦瓜育种的主要内容,与采用单一性状加权打分和人为加权打分相比,主成分分析法具有简便、快捷等特点,更具准确性和科学性,可避免性状间的相关性对选择效果的影响,能较准确地反映各性状综合表现^[19]。SRAP 分子标记技术是近年来发展起来的一种新型分子标记系统,具有高效、简便、重复性好等优点,已在植物遗传多样性、自交系鉴定、遗传图谱构建、重要性状基因标记和分子标

记辅助选择等方面被广泛应用^[20-21]。在苦瓜研究中,对表型性状进行主成分分析的研究比较普遍,但将主成分分析法和 SRAP 分子标记技术结合在一起进行研究的报道比较少。本研究选用 48 份不同表型性状的苦瓜自交系,采用主成分分析法对其进行评价和优株选择,以期选出综合性状较好的优良单株,同时借助 SRAP 标记从分子水平上探索苦瓜形态与遗传的内在联系,旨在揭示苦瓜不同表型性状间的遗传关系,为苦瓜优良自交系的开发利用提供科学依据^[22]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料均来自三明市农业科学研究院多年来从国内外收集并经多代自交纯化的 48 份苦瓜自交系(表 1),其中福建 22 份、广东 14 份、山东 2 份、湖南 3 份、江西 2 份、台湾 2 份、湖北 1 份、浙江 1 份以及日本 1 份。

表 1 供试材料及来源

Table 1 Tested materials and sources

序号	材料名称	来源									
1	KP1	福建	13	KJ33	福建	25	KY32	福建	37	KT24	广东
2	KP3	福建	14	KJ35	福建	26	KY34	湖北	38	KT27	福建
3	KP4	福建	15	KJ37	台湾	27	KY36	福建	39	KT28	福建
4	KJ3	湖南	16	KJ38	福建	28	KT1	湖南	40	KT34	福建
5	KJ8	广东	17	KY1	江西	29	KT3	福建	41	KD2	广东
6	KJ12	广东	18	KY3	福建	30	KT6	广东	42	KD5	广东
7	KJ16	福建	19	KY4	湖南	31	KT11	广东	43	KD6	广东
8	KJ18	福建	20	KY7	广东	32	KT14	福建	44	KD9	广东
9	KJ22	福建	21	KY14	江西	33	KT17	福建	45	KD12	广东
10	KJ23	日本	22	KY15	广东	34	KT19	福建	46	K16	福建
11	KJ26	台湾	23	KY18	浙江	35	KT22	广东	47	K20	山东
12	KJ29	福建	24	KY19	广东	36	KT23	福建	48	K21	山东

1.2 田间调查

本试验在三明市农业科学研究院蔬菜试验基地进行。于 2018 年 3 月中旬进行营养钵育苗,4 月上旬移栽,随机区组排列,3 次重复,单行种植,高畦栽培,株距 0.8 m,每小区 30 株,管理同大田生产。每

小区随机选定 10 株,定植 35 d 后,每天观察记录主蔓节间长和第一雌花节位;在商品瓜采摘期(60 d)记录瓜皮色、瓜瘤类型、瓜纵径、瓜横径、瓜肉厚、心室数及单瓜质量;种子成熟后记录种子数量;在整个生育期内计算单株瓜数和单株产量,性状描述参照

《苦瓜自交系描述规范和数据标准》。

1.3 SRAP 标记

采用改良的 CTAB 法提取全基因组 DNA,以 A_{260}/A_{280} 为指标检测 DNA 质量;SRAP 引物由上海生物工程服务有限公司合成,PCR 扩增反应体系 (20 μ l) 为:50 ng 模板 DNA,200 μ mol/L dNTPs, *Taq* 聚合酶 0.2 U,上下游引物各 50 ng,10 \times Buffer,用 ddH₂O 补充至 20 μ l;PCR 扩增反应程序为:94 $^{\circ}$ C 预变性 4 min;94 $^{\circ}$ C 变性 1 min,50~52 $^{\circ}$ C 退火 1 min,72 $^{\circ}$ C 延伸 2 min,35 个循环;72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min,4 $^{\circ}$ C 保存备用。扩增产物用 6% 变性聚丙烯酰胺凝胶进行电泳,用银染法检测。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件对供试的 48 份苦瓜自交系的 10 个数量性状指标值进行数据标准化处理,并进行主成分分析。

根据电泳结果制作 0/1 二维矩阵,多态性位点无条带记为 0,有条带则记为 1,用软件 NTSYSpc (2.10e) 分析 48 个品种之间的遗传相似性系数,使用非加权平均法 (UPGMA) 进行聚类分析,绘制聚类分析树状图。

2 结果与分析

2.1 苦瓜主要性状的主成分分析

2.1.1 主成分确定 将 48 份苦瓜自交系 10 个数量性状指标值转化成 10 个主成分,提取的 4 个主成分特征值均大于 1,累积贡献百分率达 68.897% (表 2),表明这 4 个主成分将 48 份苦瓜自交系 10 个数量性状 68.897% 的信息反映出来。因此,可以选择这 4 个主成分作为苦瓜性状选择因子。

表 2 苦瓜主要性状主成分方差贡献率和累积方差贡献率

Table 2 Principal component variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of main traits of bitter gourd

主成分	特征值	方差贡献率	累积方差贡献率
1	2.580	25.800	25.800
2	1.886	18.864	44.664
3	1.305	13.048	57.713
4	1.118	11.184	68.897

在第一主成分中,苦瓜的单瓜质量、瓜纵径与单

株产量具有较大的正相关系数,表明第 1 主成分反映了苦瓜商品性方面的信息,可以作为商品因子;第 2 主成分中,单株瓜数,瓜肉厚与主蔓节间长具有较大的正相关系数,可以作为生长因子;第 3 主成分中,瓜横径和心室数具有较大的正相关系数,可以作为果实性状因子;第 4 主成分中,瓜横径与单瓜种子数具有较大的正相关系数,可以作为种子因子 (表 3)。其中,第 1、第 2 主成分反映苦瓜产量相关的性状,将这 2 个主成分综合作为苦瓜果实产量因子;第 3、第 4 主成分反映苦瓜的果实内部生长状况,可以综合作为苦瓜种子产量因子。

表 3 主成分矩阵

Table 3 Ingredient matrix

性状	主成分系数			
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
主蔓节间长 (x_1)	-0.003	0.541	-0.526	0.314
第一雌花节位 (x_2)	-0.277	0.232	-0.054	-0.374
瓜纵径 (x_3)	0.845	-0.224	-0.091	-0.061
瓜横径 (x_4)	0.162	0.295	0.538	0.622
瓜肉厚 (x_5)	-0.088	0.714	-0.027	0.139
心室数 (x_6)	-0.403	-0.305	0.537	0.350
单瓜种子数 (x_7)	0.220	-0.102	-0.564	0.532
单瓜质量 (x_8)	0.926	-0.133	0.138	0.003
单株瓜数 (x_9)	-0.056	0.780	0.213	-0.199
单株产量 (x_{10})	0.827	0.406	0.236	-0.157

2.1.2 函数建立及分析 由于苦瓜表型性状较丰富,单一的主成分很难对各株系的优劣作出评判,因此,应根据苦瓜市场的需求,提出不同育种目标的主成分组合,并通过将各主成分得分值与相应特征值百分率的积进行累加的方法来构建植株综合评价指数。根据以上分析,列出果实产量状况的评价指数、种子产量状况的评价指数以及苦瓜产量综合评价值的函数表达式:

$$\text{果实产量综合评价指数} = 0.374Y_1 + 0.274Y_2$$

$$\text{种子产量综合评价指数} = 0.189Y_1 + 0.162Y_3$$

$$\text{产量综合评价指数} = 0.374Y_1 + 0.274Y_2 + 0.189Y_3 + 0.162Y_4$$

$$Y_1 = -0.003x_1 - 0.277x_2 + 0.845x_3 + 0.162x_4 - 0.088x_5 - 0.403x_6 + 0.220x_7 + 0.926x_8 - 0.056x_9 +$$

$0.827x_{10}$

$$Y_2 = 0.541x_1 + 0.232x_2 - 0.224x_3 + 0.295x_4 + 0.714x_5 - 0.305x_6 - 0.102x_7 - 0.133x_8 + 0.780x_9 + 0.406x_{10}$$

$$Y_3 = -0.526x_1 - 0.054x_2 - 0.091x_3 + 0.538x_4 - 0.027x_5 + 0.537x_6 - 0.564x_7 + 0.138x_8 + 0.213x_9 + 0.236x_{10}$$

$$Y_4 = 0.314x_1 - 0.374x_2 - 0.061x_3 + 0.622x_4 + 0.139x_5 + 0.350x_6 + 0.532x_7 + 0.003x_8 - 0.199x_9 - 0.157x_{10}$$

式中, $Y_1 \sim Y_4$ 为苦瓜提取的主成分的得分值。 $x_1 \sim x_{10}$ 为受试苦瓜各性状标准化后的值。

2.1.3 优良单株选择 由各主成分函数表达式及主成分综合函数模型计算出 48 份苦瓜单株的主成分值以及各项指数(表 4), 结合 48 份苦瓜的瓜瘤类型, 发现在果实产量函数中, 瓜瘤类型为条型的苦瓜

较其他类型苦瓜有更靠前的得分表现, 说明瓜瘤类型为条型的苦瓜与产量呈正相关; 而瓜皮色在 48 份苦瓜果实中均匀分布, 说明瓜皮色与产量无必然联系。依据苦瓜种子产量函数, 瓜瘤类型为条型的苦瓜排名在粒型的苦瓜后面, 且主要集中在排名末端位置, 说明苦瓜的瓜瘤类型与苦瓜种子的形成有关联, 瓜瘤类型为粒型的苦瓜较条型的苦瓜具有更高的种子产量。根据不同性状综合评价指数的排序(表 5), 可以评判不同苦瓜植株的综合性状优劣, 在 48 份材料中, 果实产量综合评价指数排名前 3 的是 KP1、K20 以及 KT24, 其中以 KP1 得分最高, 这与实际田间调查结果一致; 种子产量综合评价指数排名最高的是 KD12; 产量综合评价指数排名前 3 的是 KP1、K20 以及 KT24, 其中 KP1 的综合评价指数排名最高, 可依据不同的育种目的和各主成分所表达的因子信息选择相应的株型。

表 4 苦瓜产量评价结果

Table 4 Yield evaluation result of bitter gourd

材料名称	主成分值				果实产量状况 综合评价指数	种子产量 综合评价指数	产量综合 评价指数
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4			
KP1	10.14	-0.74	1.33	-1.55	9.40	-0.23	9.17
KP3	3.48	-1.68	0.32	1.99	1.79	2.31	4.10
KP4	2.60	-4.52	0.54	-0.26	-1.92	0.28	-1.64
KJ3	-0.40	-3.12	0.35	0.68	-3.52	1.04	-2.48
KJ8	-0.17	-2.12	-0.52	0.93	-2.30	0.42	-1.88
KJ12	2.66	-2.64	2.22	-0.32	0.02	1.90	1.92
KJ16	2.08	-0.37	0.47	-0.32	1.71	0.15	1.86
KJ18	-1.16	1.15	-0.01	1.14	-0.01	1.13	1.12
KJ22	0.37	-2.30	1.53	0.14	-1.92	1.67	-0.25
KJ23	-1.87	-3.10	-2.16	-2.89	-4.97	-5.06	-10.03
KJ26	-2.05	0.08	-1.39	1.19	-1.98	-0.20	-2.18
KJ29	-0.77	-2.35	-0.24	1.87	-3.11	1.63	-1.49
KJ33	0.48	-0.69	0.37	-1.13	-0.21	-0.77	-0.98
KJ35	-0.40	-1.51	1.45	0.34	-1.91	1.79	-0.12
KJ37	1.56	1.55	-0.20	1.68	3.11	1.48	4.59
KJ38	-2.48	-1.88	-1.30	0.43	-4.37	-0.87	-5.24
KY1	-1.67	1.72	0.89	-0.49	0.05	0.40	0.45
KY3	-1.81	-0.47	-1.58	1.22	-2.28	-0.36	-2.64
KY4	-2.10	0.02	1.29	0.89	-2.08	2.19	0.10
KY7	-0.61	1.68	2.50	0.27	1.07	2.77	3.84
KY14	-0.59	0.34	-1.41	-0.17	-0.24	-1.58	-1.82

续表4 Continued4

材料名称	主成分值				果实产量状况 综合评价指数	种子产量 综合评价指数	产量综合 评价指数
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄			
KY15	0.02	2.81	-1.11	0.86	2.83	-0.25	2.58
KY18	-0.87	-2.75	1.28	0.24	-3.61	1.51	-2.10
KY19	-1.63	-0.72	0.64	-0.49	-2.35	0.15	-2.20
KY32	1.00	1.62	-1.15	-1.42	2.62	-2.57	0.05
KY34	-0.99	1.17	-0.63	0.13	0.18	-0.50	-0.32
KY36	-1.59	-1.04	-0.66	2.11	-2.63	1.45	-1.18
KT1	0.12	2.09	-0.49	-0.73	2.22	-1.22	1.00
KT3	-1.64	-2.38	0.50	-0.70	-4.02	-0.20	-4.22
KT6	2.42	-0.02	-1.99	1.43	2.40	-0.56	1.84
KT11	0.07	0.56	0.00	-0.08	0.64	-0.08	0.56
KT14	-0.62	-0.62	-1.79	-0.73	-1.24	-2.52	-3.76
KT17	0.17	1.91	-0.31	-0.98	2.08	-1.29	0.79
KT19	-2.48	0.31	-0.24	-1.69	-2.17	-1.93	-4.10
KT22	0.23	-1.42	0.88	-0.69	-1.19	0.19	-0.99
KT23	1.08	0.27	-1.88	0.05	1.36	-1.83	-0.47
KT24	2.80	2.88	0.92	-1.07	5.69	-0.16	5.53
KT27	1.37	-0.06	-0.59	-1.45	1.31	-2.04	-0.73
KT28	3.00	2.04	-1.03	-0.49	5.04	-1.52	3.52
KT34	1.64	-0.69	-2.35	0.76	0.95	-1.59	-0.64
KD2	2.06	2.64	0.94	-0.45	4.70	0.50	5.20
KD5	-5.92	-0.07	-1.09	-2.77	-5.99	-3.87	-9.86
KD6	-5.02	0.85	2.19	0.09	-4.17	2.27	-1.90
KD9	-2.19	2.33	2.21	0.24	0.15	2.45	2.59
KD12	-2.62	2.15	2.40	0.65	-0.47	3.06	2.59
K16	-3.15	1.78	0.63	0.26	-1.38	0.90	-0.48
K20	3.94	2.43	0.00	0.15	6.37	0.15	6.52
K21	1.50	2.87	-1.72	1.12	4.37	-0.60	3.77

材料名称见表 1。

表 5 48 份苦瓜综合评价结果

Table 5 The 48 comprehensive evaluation results of bitter gourd

材料名称	果实产量 状况综合 评价指数	瓜瘤 类型	瓜皮色	材料名称	种子产量 综合评价 指数	瓜瘤 类型	瓜皮色	材料名称	产量综合 评价指数	瓜瘤 类型	瓜皮色
KP1	9.40	粒	白	KD12	3.06	粒	绿	KP1	9.17	粒	白
K20	6.37	粒条相间	绿	KY7	2.77	粒	绿	K20	6.52	粒条相间	绿
KT24	5.69	条	绿	KD9	2.45	粒	深绿	KT24	5.53	条	绿
KT28	5.04	条	浅绿	KP3	2.31	粒条相间	绿	KD2	5.20	粒	绿
KD2	4.70	粒	绿	KD6	2.27	粒	深绿	KJ37	4.59	刺	深绿
K21	4.37	粒条相间	绿	KY4	2.19	粒条相间	白	KP3	4.10	粒条相间	绿

续表5 Continued 5

材料名称	果实产量 状况综合 评价指数	瓜瘤 类型	瓜皮色	材料名称	种子产量 综合评价 指数	瓜瘤 类型	瓜皮色	材料名称	产量综合 评价指数	瓜瘤 类型	瓜皮色
KJ37	3.11	刺	深绿	KJ12	1.90	刺	浅绿	KY7	3.84	粒	绿
KY15	2.83	粒	绿	KJ35	1.79	刺	浅绿	K21	3.77	粒条相间	绿
KY32	2.62	粒条相间	绿	KJ22	1.67	粒	浅绿	KT28	3.52	条	浅绿
KT6	2.40	条	浅绿	KJ29	1.63	粒	浅绿	KD9	2.59	粒	深绿
KT1	2.22	条	绿	KY18	1.51	粒条相间	绿	KD12	2.59	粒	绿
KT17	2.08	条	绿	KJ37	1.48	刺	深绿	KY15	2.58	粒	绿
KP3	1.79	粒条相间	绿	KY36	1.45	粒条相间	绿	KJ12	1.92	刺	浅绿
KJ16	1.71	粒	浅绿	KJ18	1.13	刺	浅绿	KJ16	1.86	粒	浅绿
KT23	1.36	条	绿	KJ3	1.04	刺	浅绿	KT6	1.84	条	浅绿
KT27	1.31	条	绿	K16	0.90	粒	绿	KJ18	1.12	刺	浅绿
KY7	1.07	粒	绿	KD2	0.50	粒	绿	KT1	1.00	条	绿
KT34	0.95	条	绿	KJ8	0.42	粒	浅绿	KT17	0.79	条	绿
KT11	0.64	条	绿	KY1	0.40	粒	绿	KT11	0.56	条	绿
KY34	0.18	粒	白	KP4	0.28	粒条相间	浅绿	KY1	0.45	粒	绿
KD9	0.15	粒	深绿	KT22	0.19	条	绿	KY4	0.10	粒条相间	白
KY1	0.05	粒	绿	K20	0.15	粒条相间	绿	KY32	0.05	粒条相间	绿
KJ12	0.02	刺	浅绿	KJ16	0.15	粒	浅绿	KJ35	-0.12	刺	浅绿
KJ18	-0.01	刺	浅绿	KY19	0.15	粒	绿	KJ22	-0.25	粒	浅绿
KJ33	-0.21	粒	深绿	KT11	-0.08	条	绿	KY34	-0.32	粒	白
KY14	-0.24	粒	白	KT24	-0.16	条	绿	KT23	-0.47	条	绿
KD12	-0.47	粒	绿	KT3	-0.20	条	绿	K16	-0.48	粒	绿
KT22	-1.19	条	绿	KJ26	-0.20	粒	绿	KT34	-0.64	条	绿
KT14	-1.24	条	绿	KP1	-0.23	粒	白	KT27	-0.73	条	绿
K16	-1.38	粒	绿	KY15	-0.25	粒	绿	KJ33	-0.98	粒	深绿
KJ35	-1.91	刺	浅绿	KY3	-0.36	粒	浅绿	KT22	-0.99	条	绿
KP4	-1.92	粒条相间	浅绿	KY34	-0.50	粒	白	KY36	-1.18	粒条相间	绿
KJ22	-1.92	粒	浅绿	KT6	-0.56	条	浅绿	KJ29	-1.49	粒	浅绿
KJ26	-1.98	粒	绿	K21	-0.60	粒条相间	绿	KP4	-1.64	粒条相间	浅绿
KY4	-2.08	粒条相间	白	KJ33	-0.77	粒	深绿	KY14	-1.82	粒	白
KT19	-2.17	条	绿	KJ38	-0.87	粒	浅绿	KJ8	-1.88	粒	浅绿
KY3	-2.28	粒	浅绿	KT1	-1.22	条	绿	KD6	-1.90	粒	深绿
KJ8	-2.30	粒	浅绿	KT17	-1.29	条	绿	KY18	-2.10	粒条相间	绿
KY19	-2.35	粒	绿	KT28	-1.52	条	浅绿	KJ26	-2.18	粒	绿
KY36	-2.63	粒条相间	绿	KY14	-1.58	粒	白	KY19	-2.20	粒	绿
KJ29	-3.11	粒	浅绿	KT34	-1.59	条	绿	KJ3	-2.48	刺	浅绿
KJ3	-3.52	刺	浅绿	KT23	-1.83	条	绿	KY3	-2.64	粒	浅绿
KY18	-3.61	粒条相间	绿	KT19	-1.93	条	绿	KT14	-3.76	条	绿
KT3	-4.02	条	绿	KT27	-2.04	条	绿	KT19	-4.10	条	绿
KD6	-4.17	粒	深绿	KT14	-2.52	条	绿	KT3	-4.22	条	绿
KJ38	-4.37	粒	浅绿	KY32	-2.57	粒条相间	绿	KJ38	-5.24	粒	浅绿
KJ23	-4.97	粒	深绿	KD5	-3.87	粒	绿	KD5	-9.86	粒	绿
KD5	-5.99	粒	绿	KJ23	-5.06	粒	深绿	KJ23	-10.03	粒	深绿

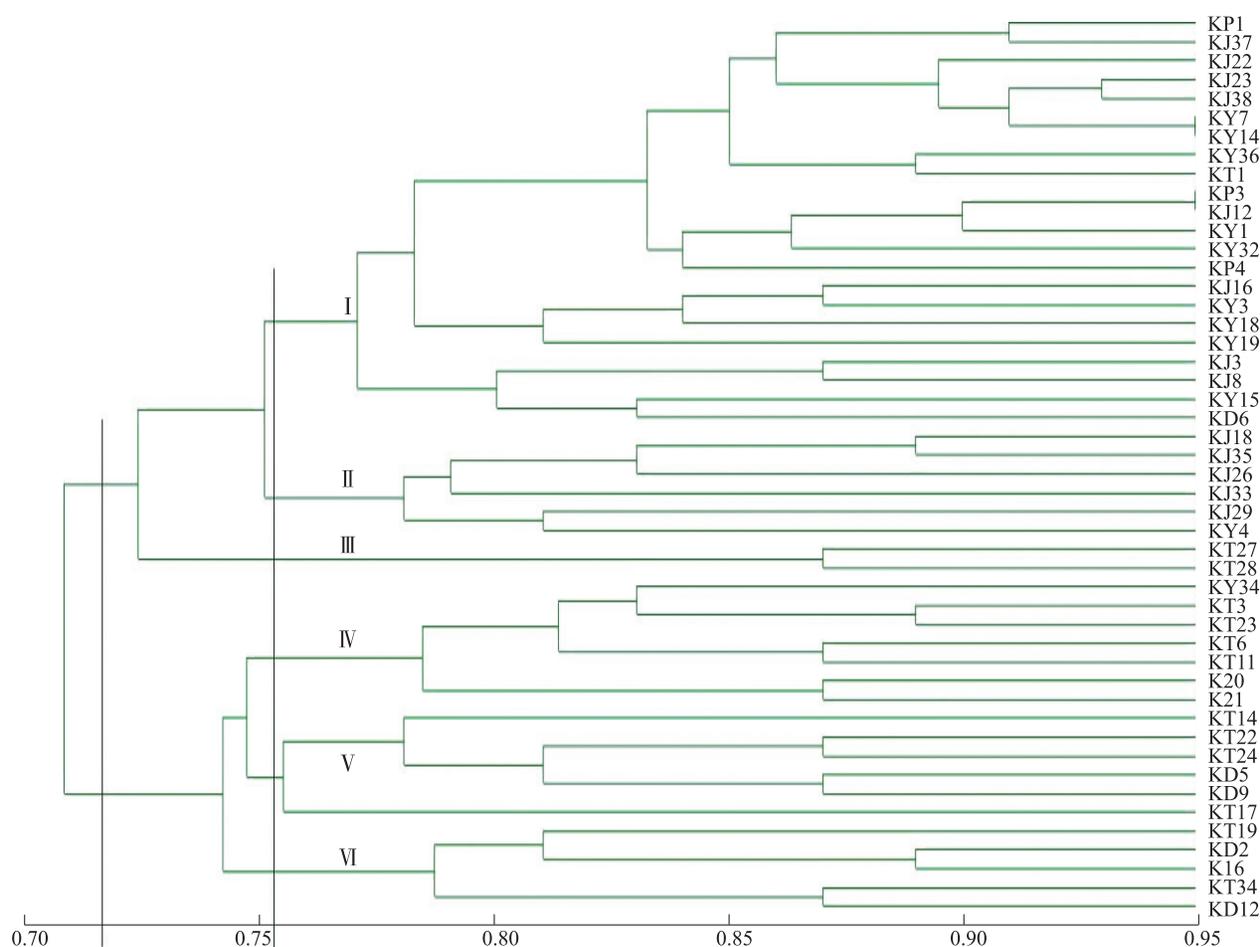
材料名称见表1。

2.2 苦瓜主要性状的遗传分析

2.2.1 SRAP 标记扩增结果 250 对 SRAP 引物组合进行 SRAP 扩增,从中筛选出 15 对条带清晰、多态性好的引物组合,共扩增出 57 条条带,其中差异性条带 45 条,多态性比率 78.95%,扩增片段的大小为 100~1 500 bp;平均每对引物扩增出多态性条带 3.8 条,其中引物 ME3/EM3 扩增的多态性条带最多,为 12 条,引物组合 ME6/EM6 扩增效果最差,多态性比率仅为 20%。

2.2.2 SRAP 标记聚类分析 利用软件 NTSYSpc

(2.10e)分析 48 份苦瓜自交系间的遗传相似系数,按照非加权平均法 UPGMA 进行聚类分析,绘制聚类分析树状图(图 1)。结果发现,48 份苦瓜自交系间的遗传相似系数为 0.73~0.95,相似系数最大为 0.95 (KY7/KY14 和 KP3/KJ12),最小为 0.73 (KY14/KJ29);在遗传相似系数为 0.74 处,48 份苦瓜自交系主要分为 2 大类群,在遗传相似系数为 0.77 处进一步细分,第一大类群划分为 3 个小类群 (I、II、III);第二大类群也划分为 3 个小类群 (IV、V、VI)。



材料名称见表 1。

图 1 基于 SRAP 标记遗传相似系数的 UPGMA 聚类图

Fig.1 Dendrogram generated by UPGMA method based on genetic similarity coefficient from SRAP marker

2.2.3 SRAP 聚类与主要表型性状的遗传分析 第 I 类群有 22 份材料,包括 KP1、KJ37、KJ22、KJ23、KJ38、KY7、KY14、KY36、KT1、KP3、KJ12、KY1、KY32、KP4、KJ16、KY3、KY18、KY19、KJ3、KJ8、KY15

和 KD6,来源涵盖较为广泛,包括福建 9 份、广东 6 份、湖南 2 份、江西 2 份、台湾 1 份、浙江 1 份以及日本 1 份。此类群苦瓜的瓜瘤类型多以粒、刺以及粒条相间为主,并且有较好的种子产量综合评价指数

得分。

第Ⅱ类群中共有6份材料,包括KJ18、KJ35、KJ26、KJ33、KJ29和KY4,包含福建4份,台湾和湖南各1份。此类群苦瓜的瓜瘤类型多以粒型、刺型为主,种子产量综合评价指数是所有类群中表现最好的,这说明瓜瘤类型为粒型、刺型与种子的形成或许存在某种分子连锁调控作用。

第Ⅲ类群共有2份材料,包括KT27和KT28,均来源于福建,其瓜瘤类型均为条形,果实产量综合评价指数居所有类群中最高,综合表现最好,这说明瓜瘤类型为条型的苦瓜对果实产量的影响权重较其他类型高,这与条型苦瓜皆为长纺锤型有关。

第Ⅳ类群共有材料7份,包括KY34、KT3、KT23、KT6、KT11、K20和K21,其中福建2份,广东2份,山东2份,湖北1份,其瓜瘤类型以条粒相间为主,果实产量综合评价指数较第Ⅲ类群次之,这进一步说明条型瓜瘤类型与果实产量呈正相关。

第Ⅴ类群共有材料6份,包括KT14、KT22、KT24、KD5、KD9和KT17,包含福建2份,广东4份,其瓜瘤类型为条、粒类型,果实产量综合评价指数与种子产量综合评价指数都较差。

第Ⅵ类群共有材料5份,包括KD19、KD2、K16、KT34和KD12,包含福建2份,广州3份,其瓜瘤类型也都为条、粒类型,果实产量综合评价指数与种子产量综合评价指数居中。

瓜瘤类型为条型的苦瓜均以绿色瓜皮色为主,瓜皮色为白色的苦瓜以粒型瓜瘤类型为主,说明条型瓜瘤类型控制基因与绿色瓜皮色控制基因、粒型瓜瘤类型的控制基因与白色瓜皮色控制基因存在某种程度的连锁,同时每个类群中均有条、粒等不同的瓜瘤类型,说明控制瓜瘤类型的基因并非简单的调控,可能存在着某种程度的连锁,粒条相间可能是条、粒的中间过渡类型;各类群涵盖各个省份来源,说明由于商品化程度过高,苦瓜的地域性差异已经低于个体间的差异。

3 讨论

优株选择是苦瓜育种工作中的一个重要环节。苦瓜的表型性状指标众多,各指标差异也较大,选择单一指标进行评价选择在田间育种过程中存在着局限性,易造成人力、物力、时间成本的浪费,因此应将多个性状指标进行综合评价,在育种过程中可节省

人力、物力以及缩短育种年限。本研究对48份苦瓜自交系的10个数量性状进行了分析评价,通过主成分分析,提取4个主成分,累积方差贡献率达68.897%;通过主成分分析构建了用于苦瓜果实和种子产量评价指标的评价指数,同时通过计算48份苦瓜自交系的各类评价指数进行排序,选出3份综合性状优良的自交系,对比田间的考种数据,结果与田间实际表现相近,表明该法在苦瓜选种中具有广泛的应用价值,将主成分分析用于苦瓜优良品种的选育,既能表现综合性状,又能简化选择程序,较人工评价更具科学性。

苦瓜表型性状丰富,遗传背景复杂,从SRAP分子标记选择看,苦瓜自交系间遗传距离较近,这增加了苦瓜育种的难度。单一的表型性状或分子标记选择并不能完全将不同类型的苦瓜聚类,因此,必须将二者有效地结合,探寻其规律,为育种提供新思路。本研究利用SRAP分子标记技术对不同来源苦瓜自交系进行遗传相关性分析,将该48份苦瓜分为6个类群,结合供试材料的表型性状特征,发现控制瓜瘤类型的基因并非简单的调控,条型瓜瘤控制基因与绿色瓜皮色控制基因、粒型瓜瘤类型控制基因与白色瓜皮色控制基因存在某种程度的连锁,粒条相间瓜瘤类型与果实产量和种子产量存在一定的负相关;同时可能由于商品化程度过高,苦瓜的地域性差异已经低于个体间的差异^[23]。这些结论有待后期的田间试验进一步探索与验证。

参考文献:

- [1] 王先远,金宏,许志勤,等.苦瓜皂苷降血糖作用及其机制初探[J].氨基酸与生物资源,2001,23(3):42-45.
- [2] SITASAWAD S L, SHEWADC Y, BHONDE R. Role of bittergourd fruit juice in stzinduced diabetic state in vivo and in vitro[J]. Ethnopharmacol, 2000, 73(1/2):71-79.
- [3] ANURA P, JAYASOOD Y A, MASANOBU S. et al. Effects of Momordica charantia powder on serum glucose levels and various lipid parameters in rats fed with cholesterol-free and cholesterol-enriched diets[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2000, 72: 331-336.
- [4] 陈明之.苦瓜提取物对营养性肥胖小鼠的减肥作用[J].食品研究与开发,2009,30(10):44-46.
- [5] 王绪英,刘小玉.丝瓜、黄瓜、苦瓜抗氧化作用的初步研究[J].六盘水师范高等专科学校学报,2009,21(6):41-43.
- [6] 王先远,蒋与刚,金宏,等.苦瓜皂苷的抗氧化作用初探[J].解放军防医学杂志,2001,19(5):317-320.

- [7] SINGH A, SINGH S P, BAMEZAI R. Momordicacharantia (Bitter Gourd) peel, pulp, seed and whole fruit extract inhibits mouse skin papillomagenesis[J]. *Toxicology Letters*, 1998, 94:37-46.
- [8] 齐文波,徐中平. 苦瓜素的分离纯化与抗肿瘤活性的研究[J]. 离子交换及吸附, 1999, 15(1):59.
- [9] LEE-HUANG S, HUANG P L, CHEN H C, et al. Anti-HIV and anti-tumor activities of recombinant MAP30 from bitter melon[J]. *Gene*, 1995, 161:151-156.
- [10] 李双杰,张宝林,邓 晖,等. 苦瓜素对柯萨 B3 病毒 RNA 复制抑制作用的研究[J]. 上海中医药杂志, 2001(5):45.
- [11] GURBUZI, AKYUZC, YESILADAE. Anti-ulcerogenic effect of *Momordicacharantia* L. fruits on various ulcer models in rats[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2000, 71:77-82.
- [12] 黎锦城. 苦瓜的抗炎作用[J]. 中药材, 2001, 24(7):508.
- [13] 覃国芳,李远慧,张振强,等. 苦瓜果对雄性大鼠 az 生育力的影响[J]. 贵阳医学院学报, 1995, 20(1):14.
- [14] 袁 杰,杜琪珍. 苦瓜中活性成分的初步研究[J]. 食品研究与开发, 2004(1):108-109.
- [15] 刘子记,申龙斌,朱 婕,等. 苦瓜 α -苦瓜素基因克隆与单倍型分析[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(5):1117-1123.
- [16] 王先远,金 宏,许志勤,等. 苦瓜皂甙对衰老小鼠免疫功能的影响[J]. 营养学报, 2001, 23(3):263-266.
- [17] 刘子记,牛 玉,朱 婕,等. 苦瓜核心种质资源构建方法的比较[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(1):31-37.
- [18] 韩小霞,胡新军,李勇奇,等. 高多肽含量苦瓜新品种多肽 2 号的宣言[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(2):19-21.
- [19] 郭宝林,杨俊霞,李永慈,等. 主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6):53-56.
- [20] 周坤华,张长远,罗剑宁,等. 苦瓜自交系遗传多样性的 SRAP 分析[J]. 广东农业科学, 2013(21):136-140.
- [21] 黄如葵,黄熊娟,梁家作,等. 利用辐射诱变及分子标记辅助筛选进行苦瓜种质创新[J]. 南方农业学报, 2015, 46(3):376-380.
- [22] 张景云,黄月琴,万新建,等. 基于 SSR 和 SRAP 标记苦瓜种质遗传多样性分析[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2017, 35(3):90-94.
- [23] 张长远,何晓莉,吴海滨,等. 野生苦瓜主要经济性状杂交分离分析[J]. 热带作物学报, 2014, 35(7):1278-1281.

(责任编辑:陈海霞)