

芮文婧,张倩男,王晓敏,等. 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):92-95.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.024

# 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性

芮文婧<sup>1</sup>, 张倩男<sup>1</sup>, 王晓敏<sup>1,2</sup>, 胡新华<sup>4</sup>, 付金军<sup>4</sup>, 高艳明<sup>1,2</sup>, 李建设<sup>1,2,3</sup>

[1. 宁夏大学农学院,宁夏银川 750021; 2. 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心,宁夏银川 750021;  
3. 宁夏大学发展规划与学科建设处,宁夏银川 750021; 4. 宁夏巨丰种苗有限责任公司,宁夏银川 750004]

**摘要:**为研究番茄种质资源的遗传多样性和亲缘关系,以 47 份大果番茄为试验材料,对其 20 个主要表型性状进行遗传多样性分析。结果表明,20 个表型性状中,花柱长度的变异系数最大为 44.14%,叶片长的变异系数最小为 8.15%;质量性状的多样性指数平均值为 0.64,数量性状的多样性指数平均值为 1.92;遗传相关分析结果表明,各性状间存在复杂的相互关系,其中果实硬度和叶片宽的相关系数最大,为 0.957;根据非加权组平均法(unweighted pair-group method with arithmetic means,简称 UPGMA),以欧氏距离 0.38 为阈值,将供试材料分为 4 类,每一类在性状上都比较特殊,说明供试材料番茄种质资源表型性状遗传多样性丰富,亲缘关系远,可丰富、拓宽番茄种质资源的遗传多样性。

**关键词:**番茄;种质资源;遗传多样性;表型性状

**中图分类号:** S641.202.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0092-04

种质资源是作物遗传改良的物质基础,对种质资源的鉴定、评价、收集、保存是一项长期并且重要的工作<sup>[1]</sup>。番茄由于其丰富的营养和独特的风味,备受大家的青睐。番茄是严格的自花授粉植物,经过长期的驯化和选育,番茄的遗传背景逐渐变窄,所以通过广泛的资源收集以丰富番茄的种质资源对番茄育种极为重要<sup>[2]</sup>。历史经验不断地证明,番茄育种上取得的突破性进展都与种质资源的利用密切相关。进行番茄种质资源的遗传多样性和分类研究,对于鉴别特异种质、确定核心亲本、提高遗传育种效率具有重要的意义<sup>[1]</sup>。近年来,有关番茄种质资源遗传多样性研究不胜枚举。李军等对 49 个樱桃番茄的 9 个果实及果穗性状进行遗传多样性分析,最后结果表明,果实外观及果穗性状在不同品种间表现出不同的多样性<sup>[3]</sup>。王晓静对 30 份番茄种质资源的 17 个品质性状利用形态学标记和分子标记 2 种方法进行遗传多样性分析,结果表明,不同材料和性状间均存在很大的差异<sup>[4]</sup>。Suiliman 等先后采用 SSR 标记技术对番茄种质进行遗传多态性和品种鉴别方面的研究<sup>[5-7]</sup>。陈佳等用 19 个 SSR 标记和 7 个 AFLP 引物组合对番茄 9 个类型的 48 个栽培种进行聚类分析<sup>[8]</sup>。刘希艳等利用 16 个表型性状和 81 个(13 对 SSR、24 对 Indel、44 对 SNP)不同类型的分子标记对 615 份加工番茄的遗传多样性进行分析,结果表明,无论是表型还是基因型数据最后供试自交系的结果基本一致,都聚为 2 类<sup>[9]</sup>。但是不

管是从表型性状还是分子水平,有关宁夏地区番茄种质资源遗传多样性的研究至今还未见报道,本研究利用 20 个表型性状对在宁夏地区正常生长的 47 份番茄的表型性状进行遗传多样性分析和聚类分析,为今后本地区的番茄育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料为宁夏大学农学院园林系蔬菜课题组收集的 47 份番茄材料,编号依次为 1~47。

### 1.2 试验设计

供试材料于 2016 年 4 月 15 日播种于 72 孔穴盘中,5 月 25 日定植于宁夏大学试验农场番茄育种基地露地栽培,采用随机区组设计,3 次重复,田间栽培株行距为 45 cm×90 cm,每小区定植 40 株,常规田间管理。

### 1.3 性状调查

番茄表型性状的调查参照文献[10]进行,结合番茄种质资源生长的实际情况,对供试材料的首花序节位、花柱长度、果梗洼大小、果实纵径、果实横径、果型指数、成熟果色、果肩有无、叶片长、叶片宽、生长习性、单花序果数、单果质量、可溶性固形物含量、硬度、果柄长度、果肉厚、心室数、总糖含量、有机酸含量等 20 个重要性状进行测量和记录。结合番茄种质资源生长的实际情况,对供试材料的质量性状进行数量化赋值,具体标准如下:成熟果色,绿色为 1,粉色为 2,红色为 3;果肩无为 1,有为 2;生长习性,无限生长为 1,有限生长为 2;花柱长度,短为 1,等为 2,长为 3。

### 1.4 数据统计和分析

应用 Excel 2007 进行数据的整理分析与相关计算,SPSS 20.0 进行方差分析、相关性分析,多样性指数参照李振蛟等的方法<sup>[11]</sup>,进行 10 个等级的划分,每 0.5σ 为 1 级,σ 为标准差,计算 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ),其计算公式为  $H' = -\sum P_i \ln P_i$  ( $i=1,2,3,\dots$ ),其中  $P_i$  是某性状第  $i$  个级别

收稿日期:2016-12-03

基金项目:宁夏回族自治区农业育种专项(编号:NXNYYZ20150303)。

作者简介:芮文婧(1992—),女,甘肃白银人,硕士,主要从事蔬菜种质资源与育种研究。E-mail:1464999029@qq.com。

通信作者:王晓敏,博士,副教授,主要从事蔬菜种质资源与抗逆分子生物学方面的研究,E-mail:wangxiaomin\_1981@163.com;李建设,博士,教授,主要从事设施蔬菜栽培和生理方面的研究工作,E-mail:jslincn@yahoo.com.cn。

的材料数占总材料数的比例。利用 SAS 8.2 软件采用 UPGMA 法进行聚类分析,绘制树状聚类图。

2 结果与分析

2.1 番茄种质资源性状的表型变异分析

对 47 份供试材料的 20 个性状进行分析,结果表明,不同材料之间存在很大的差异,不同的性状在不同材料间也表现出不同程度的多样性。由表 1 可知,在这 47 份供试番茄材料中花柱长度的变异系数最大,为 44.14%;其次依次为果肩有无、单果质量、果梗洼大小、心室数,分别为 35.42%、33.57%、29.99%、28.47%;叶片长的变异系数最小,为 8.15%,此外变异系数在 25% 以上的还有果实硬度。其中单果质量的极差是 253.02 g,远远大于平均值 185.08 g,说明单

果质量的表型更为分散,综合表 1 中结果可以看出供试材料的遗传改良潜力较大。

2.2 番茄种质资源遗传多样性分析

根据形态和农艺性状考察结果,计算每个表型性状的 Shannon - Weiner 多样性指数 ( $H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i$ )。从表 2 可知,4 个质量性状中,多样性指数变化范围为 0.18 ~ 0.93,平均值为 0.64。花柱长度的遗传多样性指数最高,为 0.93;生长习性最低为 0.18。总体上质量性状的遗传多样性指数  $H'$  较低。16 个数量性状中,各个性状的多样性指数大都在 2.0 左右,多样性指数变化范围为 1.57 ~ 2.04,其中果柄长度的多样性指数最大,为 2.04;果实硬度的多样性指数最小,为 1.57,平均值为 1.92。数量性状的遗传多样性指数明显高于质量性状的多样性指数,表明数量性状的遗传多样性更丰富。

表 1 番茄种质资源性状数据统计

性状	均值	最大值	最小值	极差	标准差	变异系数(%)
首花节位	7.45	11.00	5.80	5.20	0.874	11.74
花柱长度	1.55	3.00	1.00	2.00	0.686	44.14
果梗洼大小(cm)	0.89	1.46	0.36	1.10	0.265	29.99
果实纵径(cm)	6.19	8.43	4.42	4.01	0.721	11.65
果实横径(cm)	7.04	9.63	4.97	4.66	0.951	13.51
果型指数	0.89	1.22	0.65	0.57	0.091	10.23
成熟果色	2.49	3.00	1.00	2.00	0.621	24.95
果肩有无	1.28	2.00	1.00	1.00	0.452	35.42
叶片长(cm)	43.19	49.00	35.40	13.60	3.518	8.15
叶片宽(cm)	38.70	46.80	28.40	18.40	3.719	9.61
生长习性	1.04	2.00	1.00	1.00	0.204	19.57
单花序果数(个)	4.57	7.20	2.40	4.80	1.086	23.75
单果质量(g)	185.08	335.12	82.10	253.02	62.130	33.57
可溶性固形物含量(%)	3.60	6.60	2.58	4.02	0.676	18.78
果实硬度(kg/cm <sup>2</sup> )	3.11	5.69	2.22	3.46	0.792	25.48
果柄长度(cm)	1.37	2.12	0.66	1.46	0.288	21.03
果肉厚(cm)	0.75	1.42	0.39	1.03	0.174	23.14
心室数(个)	4.34	7.20	2.20	5.00	1.234	28.47
总糖含量(%)	13.02	24.26	8.60	15.66	2.987	22.93
有机酸含量(%)	0.14	0.27	0.09	0.18	0.034	23.37

表 2 番茄种质资源不同性状的多样性指数

质量性状	多样性指数 $H'$	数量性状	多样性指数 $H'$
成熟果色	0.87	首花节位	1.86
果肩有无	0.59	果梗洼大小	2.01
生长习性	0.18	果实纵径	2.03
花柱长度	0.93	果实横径	1.99
平均	0.64	果型指数	2.02
		叶片长	2.02
		叶片宽	2.00
		单花序果数	1.97
		单果质量	1.96
		可溶性固形物含量	1.75
		果实硬度	1.57
		果柄长度	2.04
		果肉厚	1.99
		心室数	1.84
		总糖含量	1.90
		有机酸含量	1.77
		平均	1.92

2.3 番茄表型性状的相关性分析

性状的相关性可以通过对一种性状的选择间接达到另一种性状的效果,从而提高选择效率,加速育种进程<sup>[12]</sup>。对供试材料的 47 份种质资源的 20 个表型性状进行遗传相关分析,相关系数见表 3。其中有些性状间为正相关关系,有些性状间为负相关关系,表明性状间具有复杂的相互关系。与心室数显著或极显著相关的性状最多,达 10 个,其中果实纵径、叶片长、单果质量、可溶性固形物含量、总糖含量、有机酸含量这 6 个性状与其呈极显著正相关;其次为果实硬度,显著或极显著相关的性状达到 8 个;果型指数与果实横径极显著正相关;叶片长与果肩有无、叶片宽、果实硬度、果肉厚、心室数呈显著或极显著相关;叶片宽与果肩有无、叶片长、生长习性、单花序果数、果实硬度、果肉厚、心室数呈显著或极显著相关;生长习性与单花序果数、果实硬度呈显著或极显著负相关;单果质量与可溶性固形物含量、果柄长度、心室数、总糖含量呈显著或极显著相关;可溶性固形物含量与果实硬度、果柄长度、心室数呈显著或极显著相关;果实硬度与果肉厚、心室数呈显著或极显著正相关;果柄长度与心室数、总糖含量显著负相

表3 番茄种质资源表型性状的相关性分析

性状	相关系数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.000	-0.172	0.175	-0.130	-0.072	-0.043	0.062	0.017	0.222	0.132
2		1.000	-0.190	0.267	0.108	0.265	-0.262	0.112	-0.054	-0.003
3			1.000	-0.260	0.284	0.158	-0.019	-0.059	0.200	0.181
4				1.000	-0.260	0.218	-0.044	0.085	-0.117	-0.004
5					1.000	0.654 **	-0.028	0.079	0.109	0.199
6						1.000	0.233	0.016	0.045	0.169
7							1.000	-0.066	0.036	0.186
8								1.000	0.384 **	0.408 **
9									1.000	0.745 **
10										1.000

性状	相关系数									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.054	0.115	0.203	-0.015	0.118	0.135	0.008	-0.199	-0.260	-0.149
2	-0.063	-0.045	-0.031	0.078	-0.041	0.003	-0.270	-0.171	-0.044	-0.178
3	0.011	-0.134	-0.015	-0.142	0.210	-0.382	0.239	-0.149	-0.058	-0.218
4	0.160	0.204	-0.334	-0.437	-0.007	-0.261	-0.076	0.431 **	0.286	0.080
5	-0.168	0.162	-0.026	-0.018	0.176	-0.260	0.009	0.056	0.133	-0.026
6	-0.176	0.150	0.138	0.007	0.130	-0.183	-0.095	-0.047	-0.010	-0.004
7	-0.237	0.257	-0.033	-0.116	0.128	-0.008	0.127	0.088	-0.017	0.051
8	-0.175	0.188	0.092	-0.115	0.401 **	-0.408 **	0.319 *	-0.290 *	-0.237	-0.228
9	0.146	0.367	0.107	-0.174	0.836 **	0.022	0.432 **	-0.492 **	-0.196	-0.157
10	-0.545 **	0.586 **	0.017	-0.244	0.957 **	-0.058	0.434 **	-0.357 *	-0.121	-0.110
11	1.000	-0.419 **	0.081	0.138	-0.372 *	0.085	-0.087	-0.082	-0.057	-0.001
12		1.000	-0.374 **	-0.317 *	0.593 **	-0.218	0.340 *	0.123	0.193	0.282
13			1.000	0.398 **	0.007	0.481 **	-0.109	-0.395 **	-0.339 *	-0.274
14				1.000	-0.299 *	0.319 *	-0.052	-0.410 **	-0.255	-0.207
15					1.000	-0.077	0.424 **	-0.349 *	-0.119	-0.097
16						1.000	0.014	-0.293 *	-0.312 *	-0.135
17							1.000	-0.257	0.066	-0.088
18								1.000	0.491 **	0.426 **
19									1.000	0.290 *
20										1.000

注：“\*”表示在0.05水平上显著相关，“\*\*”表示在0.01水平上显著相关。1—首花节位；2—花柱长度；3—果梗洼大小；4—果实纵径；5—果实横径；6—果型指数；7—成熟果色；8—果肩有无；9—叶片长；10—叶片宽；11—生长习性；12—单花序果数；13—单果质量；14—可溶性固形物含量；15—果实硬度；16—果柄长度；17—果肉厚；18—心室数；19—总糖含量；20—有机酸含量。

关；心室数与有机酸含量、总糖含量都极显著正相关；总糖含量与有机酸含量显著相关。在所有的显著正相关中，果实硬度和叶片宽相关系数的绝对值最大，为0.957，表明以上2个性状间遗传相关性较大；最小的为有机酸含量和总糖含量的相关系数为0.290，表明这2个性状间遗传相关性较小。

2.4 番茄表型性状的聚类分析

对47份供试材料的20个性状进行聚类分析(图1)。结果表明，在欧式距离为0.38时可以把番茄分为4类，第1类包括23份材料，占聚类材料的48.9%，此类材料的主要特征是：叶片较长，叶片宽、心室数较少。第2类包含15份材料，占聚类材料的31.9%，此类材料主要是果型指数较大、果实硬度大、可溶性固形物含量高，但是单花序果数少。第3类包含5、16、24、27这4份材料，仅占聚类材料的8.5%，其主要特征是：果实纵横径大、果肉厚、心室数多、单果质量大、果梗洼大。第4类包含5份材料，特点是首花序节位大、果柄长度大、可用于选育晚熟育种。这些表型性状差异大的番茄资源

是丰富番茄种质资源的良好材料，可拓宽番茄种质资源的遗传基础。

3 结论与讨论

番茄的育种、科研、生产及优异材料的筛选中，种质资源的多样性是基础工作。种质资源的遗传多样性直接影响新品种的选育及品种改良的效果<sup>[13]</sup>，而种质资源研究最基本的方法和途径是农艺性状的鉴定和描述<sup>[14-15]</sup>。本研究通过对47份番茄种质资源的20个表型性状进行遗传多样性分析。结果表明，在质量性状上，大部分番茄资源表现为红色，无限生长、无果肩的番茄类型，在数量性状上花柱长度、果肩有无、单果质量、果梗洼大小、心室数、果实硬度的变异系数较大，都达到了25%以上，说明这些性状的遗传多样性丰富，资源可选范围大。在47份种质资源中46号番茄果梗洼最小，并且果梗洼的变异系数也大，表明在小果梗洼的品种育种中46号番茄可以成为后补材料。

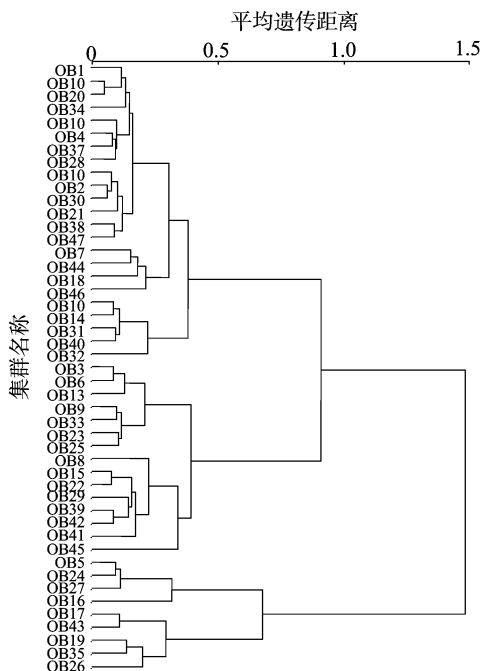


图1 番茄种质资源的 UPGMA 聚类图示

本研究利用遗传相关性分析、多样性指数的计算并结合聚类分析,主要是为了解决在育种工作中亲本选配的盲目性,对作物的杂交利用具有非常有意义的指导作用。遗传相关性显示,各性状间大部分存在极显著或显著关系,其中果实硬度和叶片宽的正相关系数最大,为 0.957。遗传多样性指数表明,质量性状的遗传多样性指数明显低于数量性状,质量性状的遗传多样性指数都低于 1.0,数量性状的遗传多样性指数在 2.0 左右,说明数量性状的遗传多样性大。对 47 份番茄种质的 20 个性状进行聚类,聚类结果显示,以欧氏距离 0.38 为阈值,可将 47 份番茄材料分为四大类,通过聚类能够初步明确供试番茄种质资源的不同类型,根据不同的育种目标可以在一定程度上提高育种效率。每一类在性状上都较特殊,第 1 类材料的主要特征是叶片较长、叶片宽、心室数较少,不适合选育大叶番茄。第 2 类材料主要是果型指数较大,果实硬度大,可溶性固形物含量高,但是单花序果数少,适合选育耐储存运输和品质好的番茄,但同时单花序果数少,不适合选育产量要求高的番茄,所以,这类材料适合单个性状的选拔和利用。第 3 类包含 5、16、24、27 这 4 份材料,仅占聚类材料的 8.5%,其主要特征是果实纵横径大、果肉厚、心室数多、单果质量大、果梗洼大,这类材料可以用来选育高产和果形大的番茄。第 4 类包含 5 份材料,首花序节位大、果柄长度大,可用于晚熟育种。这些表型性状差异大的番茄资源是丰富番茄种质资源的良好材料,可拓宽番茄种质资源的遗传基础。对不同性状进行差异化选择可为番茄的育种工作提供丰富的原始育种材料,一些优良的种质资源经过不断地选育又可以作为生产中的后备资源。

综上所述,本研究中的 47 份番茄材料遗传差异较大,亲缘关系较远,为育种家在选择育种材料上提供了一定的理论依据,同时根据不同的育种目标可以选择性状互补的亲本进行组合配置,使番茄育种中亲本的选配更加完善。近年来随着生物技术的发展,现代分子手段已被广泛应用,但农

艺性状的鉴定和描述仍然是种质资源最基本的研究方法和最直接的手段,农艺性状是种以上或种内分类不可缺少的依据,作物遗传多样性是遗传改良的基础,育种工作的成败很大程度上取决于对育种原始材料(种质资源)的占有量和研究利用的广度与深度<sup>[16-17]</sup>。此外,在育种中了解亲本遗传多样性可避免亲本遗传上的一致性,从而提高育种效率。品种间遗传关系的信息已经表明,对杂交亲本的选择和对子代表现的预测都是至关重要的<sup>[18]</sup>。所以,对种质资源的搜集、保存、研究、创新、利用是番茄遗传与育种研究进一步深入的重要前提。

#### 参考文献:

- [1] 孙亚东,梁燕,吴江敏,等. 番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J]. 西北农业学报,2009,18(5):297-301.
- [2] 龚亚菊,吴丽艳,黎志彬,等. 大果番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J]. 西南农业学报,2013,26(6):2447-2450.
- [3] 李军,刘凤军. 樱桃番茄种质资源的果实及果穗性状遗传多样性[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):180-183.
- [4] 王晓静. 番茄种质资源品质性状遗传多样性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010:10-18.
- [5] Suliman P S, Kashkush K, Shats H. Generation and mapping of AFLP, SSRs and SNPs in *Lycopersicon esculentum* [J]. Cell Mol Biol Lett, 2002, 7(2):583-597.
- [6] He C, Poysa V, Yu K. Development and characterization of simple sequence repeat (SSR) markers and their use in determining relationships among *Lycopersicon esculentum* cultivars [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2003, 106(2):363-373.
- [7] 王日升,李杨瑞,黄伟雄,等. 利用 SSR 标记鉴定番茄种质资源[J]. 西北植物学报,2005,25(12):2426-2430.
- [8] 陈佳,沈火林,杨文才. 番茄分子标记开发进展[J]. 分子植物育种,2007,5(5):130-138.
- [9] 刘希艳,郑峥,邓学斌,等. 中国加工番茄资源遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2016,43(3):485-495.
- [10] 李锡香,杜永臣,等. 番茄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [11] 李振蛟,马斯霜,邵丽群,等. 宁夏外引水稻种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):117-121.
- [12] 刘子记,申龙斌,杨衍,等. 甜椒核心种质遗传多样性与亲缘关系分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):199-202.
- [13] 陈明辉,张志录,杨雨华,等. 红豆杉种质资源遗传多样性的目标起始密码子多态性(SCoT)分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):116-119.
- [14] 李春花,尹桂芳,王艳青,等. 云南苦荞种质资源主要性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(6):994-1000.
- [15] 李军,刘凤军. 樱桃番茄种质资源的果实及果穗性状遗传多样性[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):180-183.
- [16] 邵初阳,何晓兰,徐照龙,等. 甜高粱种质资源多样性及主要农艺参数聚类分析[J]. 江苏农业学报,2015,31(5):984-994.
- [17] 肖政,苏家乐,刘晓青,等. 杜鹃花种质资源遗传多样性的 SRAP 分析[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):442-447.
- [18] Frei O M, Stuber C W, Goodman M M. Use of allozymes as genetic marker for predicting genetic performance in maize single cross hybrids[J]. Crop Sci, 1986, 26(1):37-42.