

doi:10.11937/bfyy.20172442

辣椒种质资源形态学性状相关性、主成分与聚类分析

赫 卫, 张 慧, 董 延 龙, 王 莹

(黑龙江省农业科学院 园艺分院, 黑龙江 哈尔滨 150069)

摘 要:以全国各地搜集的 205 份辣椒种质为试材, 观测 28 个形态性状, 并对其相关性、主成分和聚类分析研究。结果表明:辣椒形态学性状间存在较高相关性, 单株果数、叶形、株型、果形、茎绒毛、花梗着状、熟性、花柱色是最关键的性状。6 个主成分的方差累积贡献率为 50.653%, 暗示这 28 个性状代表了更多的性状改良方向。主成分归纳为形态因子、产量因子、熟期因子、色彩因子, 呼应聚类分析的主要区分依据果形、单株果数、熟期和果色, 将 205 份种质分成 7 类, 有效区分了不同的品种。说明在改良形态性状时, 按育种目标的要求选取主要性状, 同时也要注意与其它性状间的关联。

关键词:辣椒; 相关性; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号:S 641.302.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)04-0009-09

辣椒(*Capsicum annuum* L.)以其鲜食, 食品加工, 色素提取等多用途, 成为我国部分地区农民种植的主要经济作物之一^[1]。近年来, 进口品种占据更多市场份额, 辣椒品种需求也向外观和品质方向拓展, 而以往对辣椒诸多农艺性状的研究多侧重它们与产量和抗病性的密切关联, 面对人们对蔬菜种类多样化和品质的日趋增加的需求, 对形态学性状的全新审视, 将有助于种质资源的发掘和利用, 选育新品种, 开拓辣椒市场。

形态学评价方法简单、直观、实用, 借助多元统计分析能从不同视角给予其全面客观的分析^[2]。国际植物遗传资源研究所(IPGRI)、亚洲蔬菜研究和发展中心(AVRDC)和国际植物新品种保护联盟(UPOV)等先后提出了辣椒农艺性状

描述及赋值标准^[3-5]。雷进生^[6]结合这 3 个机构的标准和实际, 制定出观赏辣椒 41 个植物学性状调查标准, 并利用多元统计分析对 67 份观赏辣椒种质材料进行植物学性状多样性研究。国家专门组织过大型辣椒品种资源的收集与鉴定工作, 对 1 028 份资源进行了鉴定与评价。一些育种单位和育种家为了自身研究需要, 对各自收集到的区域性资源也进行了整理与评价, 多元统计分析方法在辣椒种质资源评价中得到广泛的应用^[7-9]。

该研究通过对 205 份辣椒品种主要农艺性状的鉴定, 运用了相关性分析、主成分分析和聚类分析, 对 28 个农艺性状进行考察, 旨在揭示各农艺性状间的相关性与特征规律, 为辣椒种质资源改良创新上对各性状的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在黑龙江省农业科学院园艺分院试验基地进行, 从全国各地收集分离纯化辣椒种质 205 份。于 2014 年 3 月 25 日穴盘育苗, 5 月 25 日定植于大棚中, 每个品种种植 30 株, 常规栽培管理。

第一作者简介:赫卫(1981-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向为辣椒遗传育种。E-mail:la_jiao800@163.com

基金项目:黑龙江省农业科技创新工程重点资助项目; 黑龙江省青年科学基金资助项目(QC2013C023); 黑龙江省农业科学院引进博士人员科研启动金资助项目(201507-48); 黑龙江省应用技术与开发计划重大资助项目(GA15B103-3)。

收稿日期:2017-11-20

2016年重复调查1次。

1.2 试验方法

以李锡香等^[10]编写的《辣椒种质资源描述规范和数据标准》为依据进行数字编码。株幅、株高用米尺测量,首花节位、单株果数用人工统计,株型、熟性、分枝性、叶节色、主茎色、茎绒毛、花冠色、花药色、花柱色、花柱长、花梗着状、单节腋花数、果棱沟、果特征、果肩形、果顶形、果基存花萼、青熟果色、老熟果色、果形等描述性状按《标准》所述性状特征调查编码。与《标准》比较的105个分型比较,发现绿色带绿条的主茎,紫叶脉的绿色叶,黄和褐色的老熟果,风铃形果这5种新类型。

1.3 数据分析

采用Excel 2007与SPSS 18.0软件对数据进行整理和标准化处理,然后进行相关性、主成分分析,采用非加权组平均法(UPGMA)进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 辣椒主要农艺性状的变异

205份辣椒种质28个性状差异表现各异。比较4个数量性状变异系数,单株果数变异系数(96.093%)最大,平均值为57.940,变幅为5~397个,表明单株果数选择潜力最大,株幅

(31.336%)、株高(28.191%)和首花节位(28.102%)的变异系数相近且大,也有较强的选择潜力,可较容易选育出各种植株高度、产量高和早熟的材料。分析24个质量性状,详见图1,发现果形类型最多,达到13个,供试材料在这个性状上变异十分丰富,有很好的遗传多样性,多样化的果形是辣椒最具有代表性的特征。其次是青熟果色,具有9个类型,17性状有2~3个主要类型。白色花冠、白色花柱、1个单节腋花数、叶面平滑和无绒毛则占据优势,所占比例大于75%。28个农艺性状共具有107个类型,与《标准》比较的105个类型比较,发现绿色带绿条的主茎,紫叶脉的绿色叶,黄和褐色的老熟果,风铃形果这5种新类型,未发现的类型是紫红老熟果,白和浅黄花药。表明辣椒品种的28个性状在进化过程中得到了很好的保留,绝大部分性状具有很强的多样性。

2.2 主要农艺性状的相关性分析

表1是28个农艺性状相关性分析结果,可以看出每个性状均至少与1个其它性状极显著相关,通过相关性可以构建一个基于性状的网络。通过相关性分析发现,单株果数、叶形、株型、果形、茎绒毛、花梗着状、熟性、花柱色几个性状,不仅极显著相关的性状多,而且位于依据相关性所构建网络的关键节点。

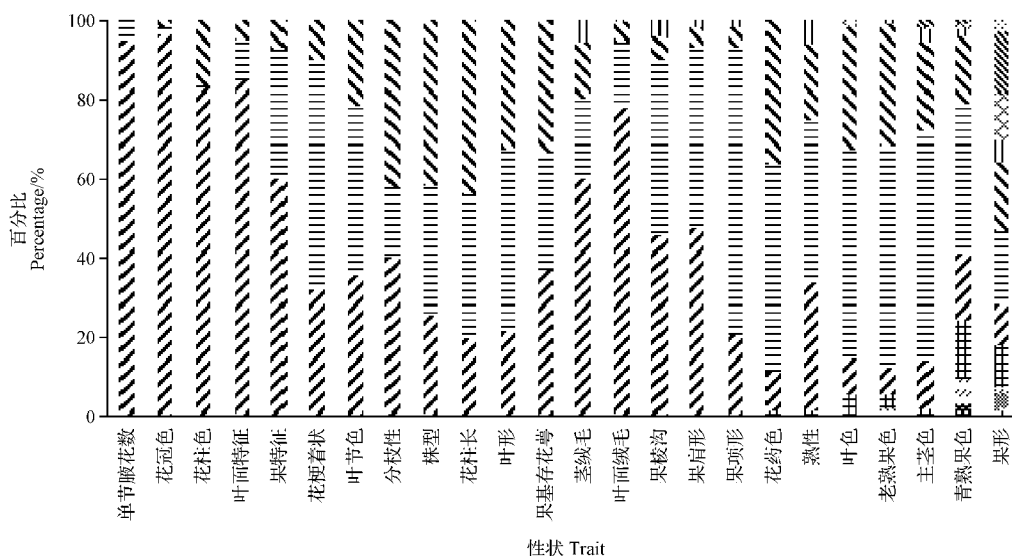


图1 辣椒24个农艺性状的变异

Fig. 1 Variation of 24 agronomic traits in pepper

表 1 辣椒 28 个农艺性状的相关分析
Table 1 Correlation analysis of 28 agronomic traits in pepper

	株幅 Plant width	株高 Plant height	株型 Plant type	首花节位 First flower node	熟性 Mature period	单株果数 Fruit number per plant	分枝性 Branch	叶节色 Leaf node color	主茎色 Main stem color	茎绒毛 Stem villi	叶形 Leaf shape	叶色 Leaf color	叶面绒毛 Foliar villi	叶面特征 Foliar characteristics
株幅	1.000													
株高	0.192**	1.000												
株型	-0.399**	0.204**	1.000											
首花节位	0.037	0.185**	0.078	1.000										
熟性	-0.027	0.206**	0.190**	0.220**	1.000									
单株果数	0.166**	0.068	-0.144**	0.158**	0.002	1.000								
分枝性	-0.283**	0.082	0.314**	0.025	0.251**	-0.039	1.000							
叶节色	-0.122*	-0.131*	0.034	-0.072	-0.057	-0.146**	-0.058	1.000						
主茎色	0.128*	0.134*	0.035	0.054	-0.100	0.160**	-0.084	-0.079	1.000					
茎绒毛	0.154**	0.041	-0.192**	0.075	-0.026	0.181**	-0.159*	-0.015	0.170**	1.000				
叶形	0.145**	-0.134*	-0.287**	-0.091	-0.226**	0.163**	-0.297**	-0.071	0.095	0.227**	1.000			
叶色	-0.022	-0.075	-0.031	0.026	0.031	0.094	-0.005	-0.091	0.108	0.018	0.053	1.000		
叶面绒毛	0.059	0.017	-0.151*	0.034	-0.063	0.051	-0.025	0.109	-0.035	0.457**	0.144*	-0.104	1.000	
叶面特征	-0.218**	0.025	0.230**	0.073	0.119	-0.223**	0.325**	-0.014	-0.067	-0.102	-0.322**	0.050	-0.038	1.000
花冠色	-0.023	0.100	0.029	0.062	0.186**	0.153**	0.194**	-0.043	0.130*	-0.045	-0.093	0.070	0.081	-0.010
花药色	0.155**	0.008	-0.177**	0.147*	0.006	0.021	-0.178**	-0.066	0.025	0.079	0.118	0.006	0.204**	-0.016
花柱色	0.071	-0.036	-0.221**	0.010	-0.015	0.088	-0.047	0.101	0.000	0.213**	0.123	0.070	0.212**	-0.027
花柱长	0.036	0.010	-0.038	0.113	0.028	0.217**	0.008	-0.076	0.000	0.237**	0.086	0.014	0.160*	-0.077
花梗着状	-0.187**	-0.122*	0.175**	-0.096	0.087	0.001	0.167*	-0.056	-0.048	-0.192**	-0.233**	0.077	-0.111	0.038
单节腋花数	-0.147*	-0.115*	0.096	0.137*	0.129*	0.258**	0.136*	-0.050	-0.096	-0.037	-0.116	0.095	-0.019	-0.033
果棱沟	-0.066	0.062	0.104	-0.112	0.027	-0.293**	0.103	0.091	-0.043	-0.085	-0.184**	-0.071	0.036	0.213**
果特征	0.148**	0.053	-0.159*	-0.001	-0.079	0.025	-0.019	-0.105	-0.025	0.062	0.185**	-0.041	0.107	-0.167*
果肩形	-0.224**	-0.150**	0.220**	-0.125*	0.005	-0.238**	0.109	0.150*	-0.034	-0.237**	-0.224**	0.017	-0.150*	0.126
果顶形	-0.085	0.059	0.090	-0.111	0.015	-0.188**	0.052	0.192**	0.106	-0.057	-0.215**	-0.010	0.042	0.230**
果基存花萼	0.173**	0.179**	-0.089	0.176**	0.056	0.292**	-0.012	-0.187**	0.038	0.250**	0.207**	0.055	0.176**	-0.112
青熟果色	0.205**	0.061	-0.148*	0.014	0.006	0.014	-0.136*	0.073	0.129*	0.048	0.121*	0.165**	-0.021	-0.078
老熟果色	0.062	-0.006	-0.047	-0.138*	-0.219**	-0.136*	-0.203**	0.095	0.101	-0.062	0.045	-0.015	-0.040	-0.016
果形	0.108*	0.039	-0.198**	0.049	-0.107	0.320**	-0.051	-0.228**	0.004	0.186**	0.228**	0.023	0.056	-0.239**

表 1(续)

Table 1(Continued)

株幅	花冠色	花药色	花柱色	花柱长	花梗着状	单节腋花数	果棱沟	果特征	果肩部	果顶形	果基存花萼	青熟果色	老熟果色	果形
株高	Corolla color	Anther color	Style color	Style length	Pedicel shape	The number of flowers per node	Fruit ditch	Fruit feature	Fruit shoulder shape	Fruit top shape	Calyx remaining on fruit base	Green maturefruit color	Old mature fruit color	Fruit shape
株型														
首花节位														
熟性														
单株果数														
分枝性														
叶节色														
主茎色														
茎绒毛														
叶形														
叶色														
叶面绒毛														
叶面特征														
花冠色	1.000													
花药色	0.024	1.000												
花柱色	0.287**	0.226**	1.000											
花柱长	0.090	0.005	0.145*	1.000										
花梗着状	0.185**	-0.110	-0.053	-0.015	1.000									
单节腋花数	0.197**	-0.101	-0.036	0.011	0.299**	1.000								
果棱沟	0.043	-0.096	-0.063	-0.194**	0.084	-0.151*	1.000							
果特征	0.066	0.075	0.117	-0.035	-0.195**	-0.175**	0.077	1.000						
果肩部	0.124	-0.175*	0.022	-0.066	0.320**	0.095	0.164*	-0.316**	1.000					
果顶形	0.236**	-0.039	0.089	-0.018	0.082	-0.167*	0.318**	-0.181**	0.295**	1.000				
果基存花萼	0.007	0.109	0.064	0.111	-0.257**	0.111	-0.221**	0.294**	-0.683**	-0.325**	1.000			
青熟果色	0.116	0.075	0.039	0.077	-0.175**	-0.145*	0.000	-0.011	-0.174**	-0.039	0.113	1.000		
老熟果色	-0.168*	0.170*	-0.191**	-0.049	-0.149*	-0.194**	-0.042	-0.075	-0.037	0.003	-0.070	0.208**	1.000	
果形	-0.029	-0.001	0.063	0.193**	-0.109	0.128*	-0.413**	0.155**	-0.400**	-0.374**	0.410**	-0.008	-0.065	1.000

与单株果数极显著相关的性状最多,达到16个,覆盖了茎、叶、花、果及植株整体的形态性状,可以说植株的各个方面均间接影响着产量。单株果数与单节腋花数(0.258**)、果形(0.320**)及与果形相关的果基存花萼(0.292**)、果棱沟(−0.293**)、果肩形(−0.238**)相关系数比较大,表明果形对单株果数影响最大。果形与12个性状极显著相关,果棱沟(−0.413**)、果肩形(−0.400**)、果顶形(−0.374**)与果基存花萼(0.410**)是果形构成的主要影响因素,果特征(0.155**)与果形也极显著相关。花梗着状与9个性状极显著相关,花梗着状与果肩形(0.320**)、单节腋花数(0.299**)相关性高,表明单节腋花为多个的品种是无果肩的,花梗以直立向上为主。

株型、株幅均与13个性状极显著相关。影响株型的主要因素是株幅(−0.399**),其次是分枝性(0.314**)和叶形(−0.287**)。分枝性与株幅(−0.283**)、叶形(−0.297**)极显著相关。表明分枝越少、株幅越小、叶形越卵圆、株型越直立。

熟期是品种培育时很重要的一个性状。分枝性(0.251**)、首花节位(0.220**)、叶形(−0.226**)、株高(0.206**)、株型(0.190**)、花冠色(0.186**)均对熟性有影响。分枝越多、植株横向越开展、纵向越矮、叶片越细窄、营养储存越少、则熟期越早。首花节位越低、开花越早、花冠色为白色、熟期越早。说明筛选早熟品种,应选择植株矮、株型开展、首花节位低的。熟性与老熟果色(−0.219**)极显著负相关,熟期早,辣椒红素积累多,老熟果红色颜色越深。

调查了4个叶部性状,其中叶形与14个性状极显著相关,叶形与叶面特征(−0.322**)极显著负相关,叶片越趋于卵圆,叶面越皱缩。叶形与果形(0.228**)及果形相关的果棱沟(−0.184**)、果特征(0.185**)、果肩形(−0.224**)、果顶形(−0.215**)与果基存花萼(0.207**)极显著相关,说明越趋于短粗的果形,叶片越趋于卵圆,越趋于细长的果形,叶片越趋于披针。茎绒毛与12个性状极显著相关,茎绒毛与叶面绒毛(0.457**)极显著正相关,茎绒毛稀少,叶面绒毛也稀少。

8个颜色性状分别是主茎色、叶节色、叶色、

花冠色、花柱色、花药色、青熟果色和老熟果色,与单株果数、株型、熟性、茎绒毛或花梗着状等极显著相关。在调查中发现植物颜色性状间存在一定的相关性。花柱色与花冠色(0.287**)和花药色(0.226**)极显著相关,花柱色颜色越浅,花冠色和花药色越浅。花柱色(−0.191**)与老熟果色极显著相关。叶色(0.165**)、主茎色(0.129**)与青熟果色显著或极显著相关,青熟果色越浅,叶色和主茎色颜色越浅。叶色、主茎色、青熟果色三者以叶绿素为主导调节色彩变化,花冠色、花柱色、花药色与老熟果色都是以花青素为主要调节因子。青熟果色与老熟果色(0.208**)极显著相关,说明青熟果色直接影响老熟果色,从色素降解与合成角度分析也是如此^[11]。

2.3 主要农艺性状的主成分分析

通过对205个辣椒品种28个主要农艺性状的计算,提取特征值大于1的前9个主成分,累计贡献率达到50.653%(表2)。第1个主成分特征值为4.471,贡献率为15.969%,从表2可以看出,主成分1的特征向量中,载荷较高且符号为正的农艺性状有果形、果基存花萼、株幅、茎绒毛、叶形,特征向量分别为0.691、0.672、0.581、0.535、0.505,这些特征反映了辣椒植株形态的主要表征,故该主成分可概括为植株形态因子。其中以果形的载荷量最大,并与果基存花萼、茎绒毛、叶形、株幅呈正相关,说明株幅越小,叶片越宽,绒毛越少,果基存花萼越平展,果形向扁粗的灯笼形发展,在进行育种时,可适当考虑将该性状作为辣椒特征农艺性状的筛选指标。载荷较高且符号为负的性状有果肩形、果顶形、株型、叶面特征、花梗着状、分枝性,特征向量分别为−0.739、−0.505、−0.517、−0.488、−0.404、−0.431,后6个性状分别与前5个性状成负相关,也可以作为植株特征农艺性状调查的参考;第2个主成分特征值是2.541,贡献率为9.075%,单节腋花数、单株果数是主要指标,特征向量为0.600、0.523,单节腋花数和单株果数极显著相关(0.258**),该类指标主要反映了植株产量,可概括为产量因子。第3个主成分特征值是2.104,贡献率为7.516%,株高、首花节位、花冠色、熟性是主要指标,特征向量分别为0.554、0.450、0.443、0.435,株高、首花节位、花冠色与熟期有显著相关性,可概括为熟期因子。说明株高越矮、首花节位越低、花冠色为白

表 2 辣椒 28 个农艺性状的主成分分析

Table 2 Principal component analysis of 28 agronomic traits in pepper

性状 Traits	成分 1 Component 1	成分 2 Component 2	成分 3 Component 3	成分 4 Component 4	成分 5 Component 5	成分 6 Component 6
株幅	0.535	-0.262	0.057	-0.130	0.169	-0.353
株高	0.140	0.077	0.554	-0.500	-0.011	0.006
株型	-0.517	0.340	0.213	-0.259	-0.043	0.322
首花节位	0.170	0.394	0.450	-0.101	-0.002	0.102
熟性	-0.166	0.388	0.435	-0.168	-0.043	-0.185
单株果数	0.314	0.523	-0.014	0.194	0.289	-0.018
分枝性	-0.431	0.411	0.256	-0.051	-0.219	-0.032
叶节色	-0.183	-0.344	-0.060	0.152	-0.087	0.380
主茎色	0.158	-0.101	0.381	0.012	0.541	0.112
茎绒毛	0.505	-0.094	0.236	0.331	-0.279	0.339
叶形	0.581	-0.226	-0.203	0.142	0.009	-0.054
叶色	0.059	0.133	0.087	0.269	0.485	0.103
叶面绒毛	0.327	-0.102	0.328	0.340	-0.474	0.270
叶面特征	-0.488	0.010	0.282	-0.102	-0.101	0.210
花冠色	-0.044	0.114	0.443	0.381	0.365	-0.289
花药色	0.325	-0.165	0.257	0.160	0.072	0.018
花柱色	0.211	-0.165	0.269	0.631	-0.136	-0.090
花柱长	0.262	0.222	0.139	0.292	-0.061	0.277
花梗着状	-0.404	0.385	-0.250	0.320	0.185	-0.142
单节腋花数	-0.095	0.600	-0.228	0.235	0.055	0.016
果棱沟	-0.497	-0.355	0.279	-0.012	-0.176	-0.360
果特征	0.322	-0.133	0.070	-0.051	-0.358	-0.501
果肩形	-0.739	-0.131	-0.071	0.292	0.101	-0.028
果顶形	-0.505	-0.342	0.301	0.207	-0.010	0.051
果基存花萼	0.672	0.286	0.152	-0.202	-0.186	-0.017
青熟果色	0.253	-0.307	0.323	-0.095	0.483	-0.023
老熟果色	0.146	-0.399	-0.141	-0.352	0.315	0.427
果形	0.691	0.384	-0.236	-0.058	-0.030	0.046
特征值	4.471	2.541	2.104	1.884	1.747	1.435
贡献率/%	15.969	9.075	7.516	6.728	6.240	5.125
累积贡献率/%	15.969	25.043	32.559	39.288	45.528	50.653

色、熟期越早,在进行早熟性育种时,可适当考虑改进该性状。第 4、5、6 主成分贡献率分别为 6.728%、6.240%和 5.125%,主要性状指标为:花柱色、主茎色、叶色、青熟果色、老熟果色,可概括为色彩因子,反映辣椒植株颜色变化。前 6 个主成分包括 16 个农艺性状,即果形、果基存花萼、株幅、茎绒毛、叶形、单节腋花数、单株果数、株高、首花节位、花冠色、熟性、花柱色、主茎色、叶色、青熟果色、老熟果色,它们是辣椒种质资源鉴定与评价的主要指标。

2.4 聚类分析

运用 SPSS 18.0 统计软件,对 205 份辣椒材料进行系统聚类分析,在欧氏距离为 7.5 处分为 7 类(图 2)。

第 I 类包含 56 份材料,主要是牛角形

(25 份)、羊角形(16 份)、指形(6 份)、灯笼形(4 份)、锥形(3 份)、圆球形(2 份)和线形(1 份)资源组成,株型直立或半直立,早中熟性,单株果数少,光滑果特征,凸果肩形,钝圆果顶形,平展或浅下包果基存花萼,鲜红或暗红老熟果色。该类群可发现植株直立、单株果少、果面光滑、早中熟的牛角椒或羊角椒种质。

第 II 类包含 15 份材料,主要是灯笼形(7 份)、牛角形(5 份)和长羊角(2 份)、长指形(1 份)资源组成,株型直立,株幅小,单株果数少,分枝性弱,卵圆和长卵圆形叶,叶面微皱或皱缩,浅或深果棱沟,光滑果特征,凸或凹果肩形,钝圆或凹或凹陷带尖果顶形。该类群可发现植株直立、单株果少,有棱沟的果顶凹陷的长形果种质。

第 III 类包含 43 份材料,主要是羊角形

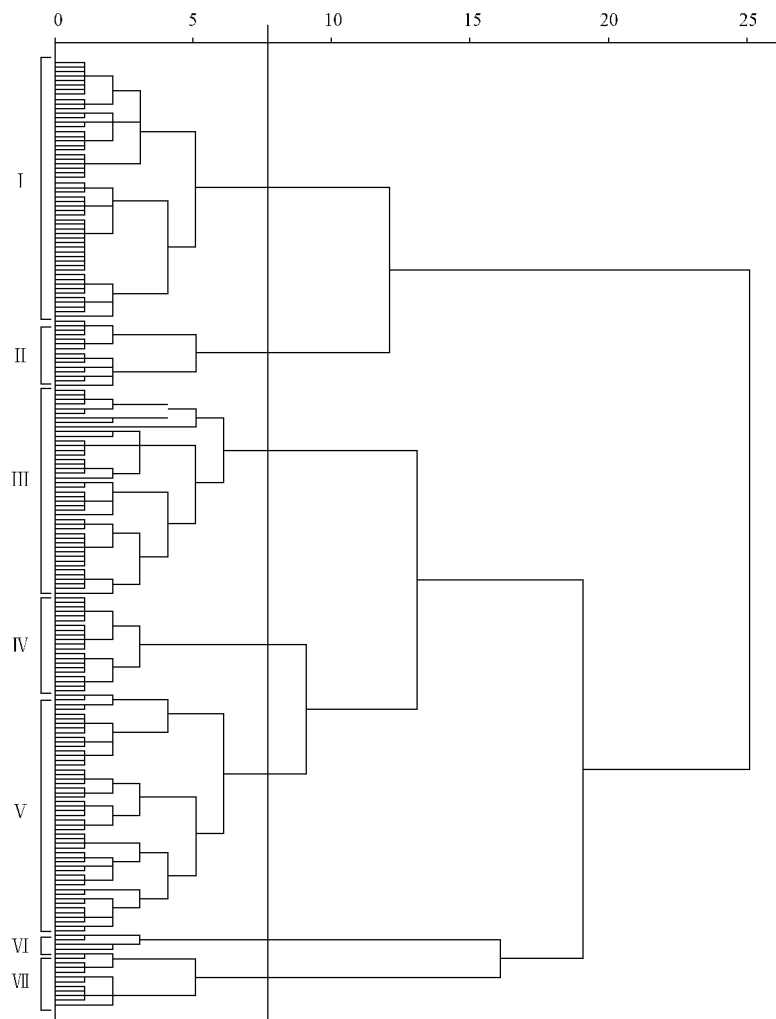


图2 辣椒品种的系统聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of pepper varieties

(20 份)、牛角形(6 份)、指形(7 份)和线形(7 份)、扁灯笼形(1 份)、长锥形(1 份)、风铃形(1 份)资源组成,株型直立或半直立,株高长,中晚熟,紫色和浅紫色叶节,无或浅果棱沟,光滑或微皱果特征,无果肩形,尖细或钝圆果顶形,鲜红或暗红老熟果色。该类群可发现植株高直、中晚熟、羊角形种质。

第 IV 类包含 23 份材料,主要是线形(16 份)、长羊角(12 份)和长指形(2 份)资源组成,株幅大,株高长,株型开展或半直立,早中熟,紫或浅紫叶节色,长卵圆和披针叶形,蓝或紫花药色,花梗着状下垂或侧生,皱缩和微皱果特征,无果肩形,细尖果顶形,鲜红或暗红老熟果色。该类群可

发现植株开展、高大、果细长皱缩、早中熟种质。

第 V 类包含 52 份材料,主要是羊角形(27 份)、指形(11 份)、线形(8 份)和牛角形(6 份)资源组成,株型开展或半直立,中早熟,茎叶绒毛密度大,长卵圆和披针叶形,绿和深绿叶色,蓝或紫花药,白或紫花柱色,无或浅果棱沟,光滑或微皱果特征,无或凸果肩形,钝圆果顶形,鲜红或暗红老熟果色。该类群可发现植株开展、绒毛密、中早熟羊角椒或指形椒种质。

第 VI 类包含 4 份材料,主要是牛角形(1 份)、羊角形(1 份)和圆球形(2 份)资源组成,单株果数多,分枝性弱,紫叶节,紫或紫条纹主茎,紫色或紫叶脉叶片,紫色花冠、花药、花柱,或浅蓝色

花药,紫或紫黑色青熟果,老熟果鲜红色。该类群可发现富含紫色的单株果多、品质高、抗低温^[11]、观赏性强种质。

第 VII 类包含 12 份材料,主要是羊角形(2 份)、指形(8 份)和圆球形(2 份)资源组成,多个单节腋花数(8 份)为 1 个亚类,单个单节腋花数(4 份)为 1 个亚类,黄白或乳黄色青熟果(9 份),老熟果是橘红或鲜红色,中晚熟性,单株果数多,株高矮,株幅小,花梗直立,无果棱沟,果面光滑,凸果肩,尖细或钝圆形果顶,花萼平展或浅下包。该类群可发现植株矮小、单株果多、中晚熟、观赏性强种质。

3 结论与讨论

农艺性状的鉴定和描述一直是种质资源研究最基本的方法和途径,具有直观、简便、易行、快速的特点^[12-13]。相关性分析、主成分分析和聚类分析等多元分析方法能很好地处理大量复杂数据,找出规律,特别是针对大量材料和多个农艺性状的考察有优势,可以指导育种。

种质资源是遗传育种和杂交组合选配的基础^[14],该试验主要测量和考察了 28 个形态学性状,对 205 份材料进行了系统分析,发现单株果数、株幅、株高、首花节位、果形、青熟果色等性状间内存在很大的遗传差异,这说明供试的 205 个辣椒品种具有丰富的遗传变异,可以将其作为辣椒育种的种质资源,从中选出高产、优质的辣椒自交系和杂交组合。

通过相关分析了解 2 个性状间的相关性,在通过主成分分析则把问题具体化,从而明确了各性状的相对重要性^[15-16]。主成分分析表明,可将 28 个性状综合成 9 个主成分,基本上替代了原始信息的 62.936%,分别概括为可将其归纳为形态因子、产量因子、熟期因子、色彩因子和品质因子,是辣椒种质评价的主要指标。从主成分分析发现,这 28 个形态学性状描述了辣椒植株的基本特征,9 个因子只概括了 62.936%原始信息,说明这些性状展现了辣椒植株的诸多方面特征,并不仅归纳为一个或几个育种目标,表明育种的方向可以更加多元化。

产量一直是育种的主要目标,单株挂果数、单果鲜重等产量相关的农艺性状也是分析品种时考虑的主要性状^[17]。不同角度对农艺性状的考察

重点与要求各异。第一次绿色革命就是以矮秆品种替换高秆品种为主要标志的^[18]。近几年,育种目标向多样化发展。在新品种的选育过程中,应根据育种目标,适当调控各主成分的大小,从而选育适合市场的优异品种。如从观赏性、食用性、色素加工考虑,均可适当注重色彩因子成分的选育,降低其它因子的比重,彩椒在近几年越来越受到研究者的重视;如果选育不同熟期的品种,熟期因子是不同地区依据当地市场特征和气候因素选择适宜品种的主要参考因素;果形是辣椒分类的一个最重要依据,市场销售时,果形亦是主要考虑因素,208 份种质聚类分析表明,果形是辣椒重要的特征特性。聚类分析的第 VI 类、第 VII 类提供了彩椒的种质资源,彩椒及其它各种彩色蔬菜已经端上百姓的餐桌,黄色、紫色、橙色等品种相比绿色青椒的特有营养价值使得它们具有育种价值。第 VII 类中聚集了多个单腋节花数品种,它们主要用于酱菜类加工。

通过多元分析方法分析基本农艺性状,发现这些农艺性状指引了多个育种方向,符合目前育种目标的多元化的市场需求。

参考文献

- [1] 王述彬,袁希汉,邹学校,等. 中国辣椒优异种质资源评价[J]. 江苏农业学报,2002,17(4):244-247.
- [2] 韩泽群,姜波. 加工番茄品种多性状综合评价方法研究[J]. 中国农业科学,2014,47(2):357-365.
- [3] International Plant Genetic Resources Institute. Descriptors for *Capsicum*(*Capsicum* spp.)[S]. Italy:Rome,1995.
- [4] AVRDC. Asian vegetable research and development center. In:1996 report,Taiwan,1997:49-63.
- [5] LEFEBVRE V,GOFFINET B,CHAUVEY J C,et al. Evaluation of genetic distances between peppers inbred lines for cultivar protection purposes:Comparison of AFLP,RAPD and phenotypic data[J]. Theor Appl Genet,2001,102:741-750.
- [6] 雷进生. 观赏辣椒种质资源遗传多样性研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.
- [7] 王安乐,邓稳桥,吉甫成. 湖南主要辣椒品种产量与主要农艺性状的相关性及通径分析[J]. 湖南农业科学,2015(5):1-3.
- [8] 李宁,王飞,尹延旭,等. 国外引进辣椒种质的农艺性状及抗性评价[J]. 辣椒杂志,2016(2):22-26.
- [9] 邵登魁. 线辣椒主要数量性状遗传参数相关性分析[J]. 北方园艺,2016(17):26-29.
- [10] 李锡香,张宝玺,沈镐,等. 辣椒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] 李大伟,郝万江,巩振辉. 辣椒果色遗传与分子生物学研究进展[J]. 辣椒杂志,2014(2):1-5.

- [12] 戴斌. 紫色辣椒的农艺性状及色素研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2013.
- [13] 苗锦山, 刘彩霞, 戴振建, 等. 葱种质资源数量性状的聚类分析、相关性和主成分分析[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(3): 41-49.
- [14] 段志芬, 刘本英, 汪云刚, 等. 云南野生茶树资源农艺性状多样性分析[J]. 西北农业学报, 2013, 22(1): 125-131.
- [15] 翟秀明, 邵登魁, 侯全刚, 等. 黄色线辣椒为母本的 F_1 代遗传特性与杂种优势研究[J]. 北方园艺, 2012(8): 13-16.

- [16] 印志同, 邓德祥, 卞云龙, 等. 玉米自交系性状的遗传相关分析和主成分分析[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 2001, 4(1): 48-51.
- [17] 滕辉升, 张述宽, 陈天渊, 等. 青贮玉米生物产量与主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 作物杂志, 2007(5): 48-50.
- [18] 让-克洛德·拉雅尼厄, 宇泉. 绿色革命十年总结[J]. 国际经济评论, 1978(1): 51-56.

Correlation, Principal Component and Cluster Analysis of Morphological Characteristics in Pepper Germplasm Resources

HE Wei, ZHANG Hui, DONG Yanlong, WANG Ying

(Institute of Horticulture, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150069)

Abstract: Correlation, principal components and cluster analysis were studied to analyze 28 morphological characteristics of 205 pepper germplasm materials. The results showed that there was a high correlation between the morphological characteristics of pepper and the number of fruit per plant, leaf shape, plant type, fruit shape, stem fluff, pedicel direction, mature period, and stylet color were the most important traits. The variance cumulative contribution rate of the six main components reached 50.653%, suggesting that the 28 traits represented more direction of traits improvement. The main components were summarized as morphological factors, yield factors, maturity factors, color factors. Clustering analysis according to fruit shape, the number of fruit per plant, mature period and fruit color was conducted, 205 copies of germplasm were divided into 7 categories, which effectively distinguished different breeds. It was suggested that the main characteristics should be selected according to the requirements of breeding target, and the association with other traits should be studied for improving morphological characteristics.

Keywords: pepper; correlation; principal component analysis; cluster analysis

✧ 资讯信息 ✧

黑龙江省明水县龙江玉米种植专业合作社简介

黑龙江省明水县龙江玉米种植专业合作社成立于2013年,地处黑龙江省明水县崇德镇合胜村十六屯,占地面积逾3万 m^2 ,建筑面积6100 m^2 ,其中,生产加工车间5600 m^2 ;现有大型农机具16台(套),中小型农机具100余台(套)。公司主营鲜食玉米、绿色有机蔬菜种植、加工和销售等业务。新建玉米加工车间、冷链物流仓储设施、气调保鲜库等建筑物10座,其中甜玉米粒加工及蔬菜罐头生产车间2160 m^2 ,速冻蔬菜生产车间1080 m^2 ,冷藏库2880 m^2 ,气调保鲜库2592 m^2 ,生物饲料加工车间3000 m^2 ;办公楼、锅炉房及门卫2332 m^2 ,并引进了国内外先进加工、冷藏设备。总投资4800万元,其中,固定资产投资4400万元。