

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.202423.0789

不同朝天椒品种果实性状评价及聚类分析

吕梦瑶¹, 王盼乔¹, 李纪锁², 刘珂珂¹, 李 营¹, 李 晨¹, 贾芝琪¹

(1. 河南农业大学园艺学院 郑州 450046; 2. 河南七度农业科技有限公司 郑州 450000)

摘要:为筛选适宜河南地区种植的农艺性状优良的朝天椒新品种,并为辣椒品种改良提供理论依据,对38个朝天椒品种的果实性状进行差异性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。结果表明,品种间果实性状差异较大,变异系数范围为9.24%~53.03%,其中二氢辣椒素含量变异程度最大;果实性状间存在相关性,其中果实长度和果实横径与单果质量、果实长度与心室数、果皮厚度与烘干所需时间、辣椒素含量与二氢辣椒素含量均呈极显著正相关。主成分分析结果表明,共筛选出4个主成分,方差累积贡献率为70.287%,能反映辣椒农艺性状的大部分信息。通过表型聚类 and 液相芯片基因型数据聚类分析,明确了供试材料间的亲缘关系。综上,品种DKP-8418(P31)、好农515红绿(P28)和DO1844欧兰德(P24)综合表现优良,适宜在河南地区推广种植。

关键词:朝天椒;农艺性状;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S641.3 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2024)08-067-09

Fruit traits evaluation and cluster analysis of different Chaotian pepper varieties

LÜ Mengyao¹, WANG Panqiao¹, LI Jisuo², LIU Keke¹, LI Ying¹, LI Chen¹, JIA Zhiqi¹

(1. College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, Henan, China; 2. Henan Qidu Agricultural Technology Co., Ltd, Zhengzhou 450000, Henan, China)

Abstract: In order to screen new varieties of Chaotian pepper with good agronomic characters suitable for planting in Henan, and provide theoretical basis for the improvement of pepper varieties, the difference analysis, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis of fruit characters of 38 Chaotian pepper varieties were carried out. The results showed that the variation coefficient of fruit traits was 9.24%-53.03%, and the variation degree of dihydrocapsaicin character was the largest. There was significant positive correlation between fruit length, fruit transverse diameter and single fruit mass, fruit length and ventricular number, peel thickness and time of drying, capsaicin content and dihydrocapsaicin content. The results of principal component analysis showed that four principal components were selected, and the cumulative contribution rate of variance was 70.287%, which could reflect most of the information of capsicum agronomic traits. Through phenotypic clustering and liquid chip genotypic data clustering analysis, the relationship between the tested materials was clarified. In summary, the varieties DKP-8418(P31), Haonong 515 Red Green (P28) and DO1844 Olander (P24) showed excellent performance and were suitable for popularization and planting in Henan.

Key words: Pepper; Agronomic traits; Principal component analysis; Clustering analysis

朝天椒(*Capsicum annuum* L. var. *conoides*)是世界上重要的蔬菜作物之一,属于茄科辣椒属一年或多年生植物,是辣椒的一个重要亚种。我国朝天椒栽培历史悠久,产量和种植面积均居世界第一位,总产量占世界总产量的70%以上^[1]。由于朝天椒口感独特、营养丰富,所以常被用于制作各种调味品,是制作辣椒面、辣椒酱等调味品的重要原

料。朝天椒富含辣椒素,是辣椒中一种重要的生理活性物质,具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗病毒、调节免疫等生理功能,在医药和食品工业中有着广泛的应用^[2]。

近年来,河南省朝天椒生产规模化基地已经形成,在柘城、临颍、内黄等主产区,朝天椒已成为当地的主导产业。河南地区目前种植的朝天椒品种

收稿日期:2023-12-20;修回日期:2024-06-10

基金项目:河南省农业良种攻关项目(2022010501)

作者简介:吕梦瑶,女,在读硕士研究生,研究方向为蔬菜核心农艺性状遗传分析及基因定位。E-mail:Lvmengyao0323@163.com

通信作者:贾芝琪,女,副教授,研究方向为茄科作物抗病育种与抗病生理。E-mail:jiazhiqu@henau.edu.cn

单一、辣味低,不能满足市场需求,市场急需综合性状优良的朝天椒品种^[3]。朝天椒果实的脱水速度影响朝天椒的收获采摘和机械化采收,是衡量朝天椒果实特性的重要指标,但对该性状的评价研究较少。另外,目前朝天椒育种以传统常规方法为主,分子育种水平较低。基于 SNP 的靶向测序基因型检测(genotyping by target sequencing, GBTS)技术,也称为液相芯片技术,因为其高通量和低成本,在各个农作物育种中的应用越来越广泛^[4],辣椒液相芯片的开发使用,有助于深入了解辣椒品种间的亲缘关系,提高育种效率,对提高我国辣椒生物育种水平具有重要意义。

王丹丹等^[5]对辣椒主要农艺性状相关性的研究表明,单果质量与商品果横径呈极显著正相关。张国儒等^[6]将 272 份辣椒资源进行聚类分析,发现在欧式距离 7.5 处将全部种质资源分为 6 类。杨志刚等^[7]采用聚类分析法对 92 份辣椒资源的色价值及性状指标进行分析,筛选出了用于干制红辣椒的优良种质材料 17 份。尽管对辣椒农艺性状已有相关方面的研究,但随着辣椒种质资源的不断创新和辣椒遗传育种的需要以及河南辣椒新种质的不断引进,仍需对辣椒种质资源进行评价研究。笔者对来源于 22 家公司及科研单位的 38 个朝天椒品种进行综合性状评价,对辣椒素含量、单果质量、果实长度、果实横径、果肉厚度等主要果实性状进行相关性分析、主成分分析以及液相芯片基因型聚类分析,以期筛选出适合河南地区露地栽培的优良朝天椒品种。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料来自 22 家育种单位提供的 38 个朝天椒新品种,均为杂交 1 代,品种来源信息见表 1。

1.2 试验设计

试验材料于 2022 年种植于在河南省郑州市惠济区中原地展试验基地,露地栽培,5 月 1 日用 72 孔穴盘播种育苗,6 月 5 日定植,每份材料 20 株,株行距 30 cm×50 cm,3 次重复,完全随机分布。于 11 月 12 日上午进行果实采集。

1.3 果实性状及脱水速度评价

1.3.1 朝天椒果实性状评价 从每个品种测试果中取 10 个鲜果,对测试品种的单果质量、心室数、种子数量进行观察、测量、统计,用游标卡尺测量果实的长度,使用神眇电子光学数字显微镜测量果肉

厚度、果实横径^[8]。参考麦玉连^[9]的方法测定辣椒素和二氢辣椒素含量。

1.3.2 果实脱水速度评价 每个品种随机取 10 个果实,先称取鲜椒的总质量,再放入烘箱 60 °C 烘烤 24 h,转入 45 °C 后每 24 小时称质量 1 次,直到 3 次称质量稳定,作为果实干质量,并记录所需时间 d (天),即烘干所需时间。

1.4 数据处理

采用 Excel 对数据进行统计与整理;采用 SPSS 进行相关性分析、主成分分析和聚类分析;利用与中国农业大学园艺学院、河南七度农业科技有限公司和石家庄博瑞迪生物技术有限公司合作开发的辣椒 40 K 液相芯片进行基因型分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 各品种果实性状的变异系数分析

变异系数反映变量之间的相对离散程度,对 38 个试验品种的其中 10 个指标进行了变异系数分析,从表 2 可以看出,在 10 个指标中,心室数的变异系数最小,二氢辣椒素含量的变异系数最大。变异系数从小到大依次为:心室数(9.24%)<果实横径(12.90%)<干鲜比(16.18%)<果实长度(18.58%)<烘干所需时间(21.20%)<单果质量(25.26%)<果肉厚度(26.32%)<种子数量(27.00%)<辣椒素含量(48.08%)<二氢辣椒素含量(53.03%),38 个朝天椒品种间性状差异较大,具有较为丰富的遗传多样性,适宜筛选优异朝天椒品种。

2.2 各品种果实性状的相关性分析

对 38 个试验品种的其中 10 个指标进行相关性分析,结果由表 3 所示,果实长度、果实横径与单果质量呈极显著正相关,果肉厚度、烘干所需时间与单果质量呈显著正相关,果肉厚度与烘干所需时间呈极显著正相关,果实长度与心室数呈极显著正相关;辣椒素含量与二氢辣椒素含量呈极显著正相关。

2.3 主成分分析及综合评价

为充分反映各因素中起主导作用的综合指标,进一步明确农艺性状对 38 个品种的影响,对 9 个农艺性状进行主成分分析,结果见表 4,共筛选出特征值大于 1 的 4 个主成分,方差贡献率分别为 25.473%、20.484%、12.680%、11.649%,方差累积贡献率达到了 70.287%,能综合反映辣椒农

表1 供试品种来源
Table 1 Source of test varieties

田间编号 Field number	品种名称 Variety name	来源 Source
P1	22DZ-2 辣伙伴 22DZ-2 Spicy Companion	沈阳市辣伙伴农业有限公司 Shenyang Spicy Partner Agriculture Co., Ltd
P2	SP-217	河南农业大学园艺学院 College of Horticulture, Henan Agricultural University
P3	科润 Kerun	河南科润农业技术服务有限公司 Henan Kerun Agricultural Technology Service Co., Ltd
P4	BM-朝天椒 3 号 BM Chaotian Pepper No. 3	河南农业大学园艺学院 College of Horticulture, Henan Agricultural University
P5	苏润 Surun	江苏苏润种业有限公司 Jiangsu Surun Seed Industry Co., Ltd
P6	久保田 15 号 Kubota 15th	淮北市久保田种业有限公司 Huabei Kubota Seed Industry Co., Ltd
P7	NH10 红绿 NH10 Red Green	河南红绿辣椒种业有限公司 Henan Honglü Chili Seed Industry Co., Ltd
P8	22-G13 京研益农 22-G13 Jingyan Yinong	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd
P9	火焰山 6 号 Flame Mountain No. 6	延长县火焰山辣椒农民专业合作社 Yanchang County Flame Mountain Pepper Farmers' Professional Cooperative
P10	22-GZ	沈阳市辣伙伴农业有限公司 Shenyang Spicy Partner Agriculture Co., Ltd
P11	P20904	河南农业大学园艺学院 College of Horticulture, Henan Agricultural University
P12	HT08 好特 HT08 Haote	昆明市华兴种业有限公司 Kunming Huaxing Seed Industry Co., Ltd
P13	早熟 24 号 Early Maturity No. 24	镇江市镇研种业有限公司 Zhenjiang Zhenyan Seed Industry Co., Ltd
P14	22-G17 京研益农 22-G17 Jingyan Yinong	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd
P15	HT02 好特 HT02 Haote	昆明市华兴种业有限公司 Kunming Huaxing Seed Industry Co., Ltd
P16	BN8276	北京大一韩日国际种业有限公司 Beijing Dayi Korea Japan International Seed Industry Co., Ltd
P17	BN2258	北京大一韩日国际种业有限公司 Beijing Dayi Korea Japan International Seed Industry Co., Ltd
P18	22-G22	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd
P19	名田椒冠 Mingtian Jiaoguan	四川椒冠农业科技发展有限公司 Sichuan Jiaoguan Agricultural Technology Development Co., Ltd
P20	天红 16 号 Tianhong No. 16	内蒙古天红椒业股份有限公司 Inner Mongolia Tianhong Pepper Industry Co., Ltd
P21	泰国娇丽 Thailand Jiaoli	北京市芳萱苑种子有限公司 Beijing Fangxuanyuan Seed Co., Ltd
P22	艳椒 485 Yanjiao 485	重庆科光种苗有限公司 Chongqing Keguoguang Seedling Co., Ltd
P23	DO1806 欧兰德 DO1806 Oland	欧兰德种业有限公司 Oland Seed Industry Co., Ltd
P24	DO1844 欧兰德 DO1844 Oland	欧兰德种业有限公司 Oland Seed Industry Co., Ltd
P25	208712	河南农业大学园艺学院 College of Horticulture, Henan Agricultural University
P26	鸿丰 1018 Hongfeng 1018	砀山县鸿丰蔬菜种业有限公司 Dangshan Hongfeng Vegetable Seed Industry Co., Ltd

表 1(续)
Table 1(Continued)

田间编号 Field number	品种名称 Variety name	来源 Source
P27	DP05	郑州祝福种业有限公司 Zhengzhou Blessing Seed Industry Co., Ltd
P28	好农 515 红绿 Haonong 515 Red Green	河南红绿辣椒种业有限公司 Henan Honglü Chili Seed Industry Co., Ltd
P29	椒美 Jiaomei	开封市辣椒研究站 Kaifeng Chili Research Station
P30	跃进 5 号 Yuejin No. 5	同乐辣椒种子有限公司 Tongle Chili Seed Co., Ltd
P31	DKP-8418	河南农业大学园艺学院 College of Horticulture, Henan Agricultural University
P32	天红二号华盛 Tianhong No. 2 Huasheng	内蒙古天红椒业股份有限公司 Inner Mongolia Tianhong Pepper Industry Co., Ltd
P33	XY-2203 湘研 XY-2203 Xiangyan	湖南湘研种业有限公司 Hunan Xiangyan Seed Industry Co., Ltd
P34	HN30 红绿 HN30 Red Green	河南红绿辣椒种业有限公司 Henan Honglü Chili Seed Industry Co., Ltd
P35	HT09	昆明市华兴种业有限公司 Kunming Huaxing Seed Industry Co., Ltd
P36	XY-2206	湖南湘研种业有限公司 Hunan Xiangyan Seed Industry Co., Ltd
P37	春满园 Spring Full Garden	四川春满园农业科技有限公司 Sichuan Chunmanyuan Agricultural Technology Co., Ltd
P38	圆塔 613 Round Tower 613	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd

表 2 供试品种农艺性状变异系数分析

Table 2 Analysis of variation coefficient of agronomic traits of test varieties

性状 Trait	单果质量 Single fruit mass/g	果实长度 Fruit length/ cm	果实横径 Transverse diameter of fruit/mm	果肉厚度 Flesh thickness/ mm	心室数 Ventricular numbe	烘干所 需时间 Time of Drying/d	种子数量 Seed number	干鲜比 Dry-fresh ratio/%	w(二氢辣椒素) Dihydrocapsaicin content/ (mg·g ⁻¹)	w(辣椒素) Capsaicine content/ (mg·g ⁻¹)
平均值 Average	2.85	6.89	9.92	0.95	2.92	8.47	42.74	34.00	0.66	1.56
最大值 Maximum	4.85	10.92	12.80	1.52	3.00	12.00	63.70	49.00	2.16	4.32
最小值 Minimum	1.90	3.90	6.92	0.36	2.00	5.00	18.60	24.00	0.18	0.11
极差 Range	2.95	7.01	5.88	1.16	1.00	7.00	45.10	25.00	1.98	4.21
标准差 Standard deviation	0.72	1.28	1.28	0.25	0.27	1.80	11.54	5.50	0.35	0.75
变异系数 CV/%	25.26	18.58	12.90	26.32	9.24	21.20	27.00	16.18	53.03	48.08

艺性状的大部分信息。其中,第一主成分的特征值是 2.293,以单果质量的特征向量值最大,其次为果实横径、果实长度和心室数,是果实性状因子;第二主成分的主要影响因子为辣椒素含量和二氢辣椒素含量,是辣度因子;在第三主成分中,果肉厚度的特征向量值最大,是果肉厚度因子;第

四主成分种子数量的特征向量值最大,是单果种子数量因子。

根据因子得分系数矩阵及其所对应的主成分,可以计算出 4 个主成分因子得分。 $F_1=0.525X_1+0.426X_2+0.497X_3+0.191X_4+0.416X_5+0.226X_6+0.080X_7-0.070X_8-0.169X_9$; $F_2=0.089X_1+0.205X_2-$

表3 供试品种农艺性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of agronomic traits of test varieties

指标 Index	单果质量 Single fruit mass	果实长度 Fruit length	果实横径 Transverse diameter of fruit	果肉厚度 Flesh thickness	心室数 Ventricular number	烘干所需时间 Time of Drying	种子数量 Seed number	干鲜比 Dry-fresh ratio	二氢辣椒素含量 Dihydrocapsaicin content	辣椒素含量 Capsaicine content
单果质量 Single fruit mass	1									
果实长度 Fruit length	0.448**	1								
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.461**	0.337*	1							
果肉厚度 Flesh thickness	0.280*	-0.030	0.165	1						
心室数 Ventricular number	0.311	0.418**	0.308	0.079	1					
烘干所需时间 Time of drying	0.351*	0.214	0.308	0.799**	0.133	1				
种子数量 Seed number	0.279	-0.055	0.220	-0.014	0.070	0.096	1			
干鲜比 Dry-fresh ratio	0.060	0.069	0.150	-0.071	0.046	-0.052	0.001	1		
二氢辣椒素含量 Dihydrocapsaicin content	0.026	0.056	-0.049	0.146	0.022	0.024	-0.085	0.094	1	
辣椒素含量 Capsaicine content	-0.058	0.060	-0.187	-0.094	-0.053	-0.107	-0.155	0.103	0.768**	1

注:*和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

Note: * and ** represent significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

表4 供试品种农艺性状主成分分析

Table 4 Principal component analysis of agronomic traits of test varieties

性状 Trait	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4
单果质量 Single fruit mass	0.525	0.089	0.184	0.068
果实长度 Fruit length	0.426	0.205	-0.364	-0.320
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.497	-0.018	0.013	0.152
果肉厚度 Flesh thickness	0.191	0.057	-0.737	-0.220
心室数 Ventricular number	0.416	0.105	-0.221	-0.260
种子数量 Seed number	0.226	-0.168	0.219	0.685
干鲜比 Dry-fresh ratio	0.080	0.191	-0.374	0.524
二氢辣椒素含量 Dihydrocapsaicin content	-0.070	0.663	0.222	0.086
辣椒素含量 Capsaicine content	-0.169	0.656	0.002	0.091
特征值 Eigenvalue	2.293	1.844	1.141	1.048
方差贡献率 Variance contribution rate/%	25.473	20.484	12.680	11.649
累积方差贡献率 Accumulative variance contribution rate/%	25.473	45.957	58.638	70.287

$0.018X_3 + 0.057X_4 + 0.105X_5 - 0.168X_6 + 0.191X_7 + 0.663X_8 + 0.656X_9$; $F_3 = 0.184X_1 - 0.364X_2 + 0.013X_3 + 0.737X_4 - 0.221X_5 + 0.219X_6 - 0.374X_7 + 0.222X_8 + 0.002X_9$; $F_4 = 0.068X_1 - 0.320X_2 + 0.152X_3 - 0.220X_4 - 0.269X_5 + 0.685X_6 + 0.524X_7 + 0.086X_8 + 0.091X_9$ 。

其中, $X_1 \sim X_9$ 分别表示单果质量、果实长度、果实横径、果肉厚度、心室数、种子数量、干鲜比、二氢辣椒素含量和辣椒素含量 9 个性状指标。

以各主成分特征值比率为权重,构建 38 个品种性状综合评价得分函数。 $F = 0.362F_1 + 0.292F_2 +$

0.180 F_3 +0.165 F_4 。其中, F 为38个辣椒品种9个性状的综合评价得分。不同辣椒品种性状的综合得分及排名如表5所示, F 值越大,表明该品种的综合品质性状越好。其中,编号P31(DKP-8418)综合得分122.04,排名第1;编号P28(好农515红绿)综合

得分121.04,排名第2;编号P24(DO1844欧兰德)综合得分110.49,排名第3。

2.4 基于果实性状的聚类分析

在主成分分析的基础上,用SPSS软件采用平方欧氏距离法对9个农艺性状进行聚类分析,在欧氏距离为20处,将38个品种分为3类,分别包含22、14和2个品种(图1)。由图1和表6可以看出,第I类群共有22个品种,占试验品种总数的57.9%,此类群二氢辣椒素含量最高,辣椒素含量次之,除干鲜比外,其他农艺性状均值均最低,主要有P1、P3、P4、P5、P6等;第II类群共有14个品种,占试验品种总数的36.8%,此类群心室数和果肉厚度均为最高,主要有P2、P7、P9、P15等;第III类群共有2个品种,占试验品种总数的5.3%,此类群单果质量、果实长度、果实横径、心室数、种子数量、干鲜比和辣椒素含量均最大或最高,主要有P8和P28。

2.5 基于液相芯片的基因型聚类分析

笔者利用液相芯片对38个朝天椒全基因组范围内的SNP进行检测,结果得到最小等位基因频率(MAF)为0.013 16,群体观察杂合度(H_o)最大值为1.000 0,最小值为0.026 3;期望杂合度(H_e)最大值为0.500 00,最小值0.025 97。选取的38个朝天椒品种的表型数据大部分品种间存在一定的遗传差异。为了探索该芯片所包含的基因型是否能够应用于亲缘关系的评价,对38个朝天椒品种进行了聚类分析,结果如图2所示,在欧式距离为2时,将38个品种分为3类,第I类群,共有7个品种,占试验品种总数的18.4%,均来自不同单位;第II类群共有18份种质,占试验品种总数的47.4%,其中有4个品种来源于河南农业大学园艺学院,有3个品种来源于昆明市华兴种业有限公司,京研益农(北京)种业科技有限公司和湖南湘研种业有限公司分别有2个品种,其他均来自不同公司;第III类群共有13个品种,占试验品种总数的34.2%,其中有3个品种来源于河南红绿辣椒种业有限公司,其他均来自不同公司。部分公司存在交叉现象,同时被归到不同的类群中,例如京研益农(北京)种业科技有限公司的4个品种被归到I、II和III类群中;河南农业大学园艺学院和北京大一韩日国际种业有限公司的品种被归到I和II类群中;欧兰德种业有限公司和内蒙古天红椒业股份有限公司的品种被归到I和III类群中;沈阳市辣伙伴农业有限公司的品种被归到II和III类群中。

表5 38份供试品种主成分得分及排名

Table 5 Principal component score and ranking of 38 test varieties

品种编号 Variety number	F_1 得分 F_1 score	F_2 得分 F_2 score	F_3 得分 F_3 score	F_4 得分 F_4 score	综合得分 Total points	排名 Ranking
P31	154.33	-104.25	136.76	435.36	122.04	1
P28	154.56	-103.24	136.70	432.56	121.94	2
P24	140.25	-94.47	124.17	392.81	110.49	3
P16	135.46	-87.89	120.99	381.74	108.28	4
P9	133.47	-89.13	118.01	374.33	105.43	5
P21	134.43	-88.11	116.16	371.37	105.25	6
P34	130.18	-86.20	113.68	359.24	101.83	7
P2	130.06	-84.77	112.78	357.53	101.75	8
P15	127.88	-84.38	113.57	357.94	101.29	9
P23	125.72	-83.03	109.34	346.55	98.26	10
P17	122.94	-79.21	106.23	337.41	96.29	11
P29	123.22	-80.03	106.04	337.98	96.21	12
P7	119.78	-79.60	104.72	332.24	93.90	13
P35	117.59	-73.38	99.27	315.52	91.18	14
P37	111.79	-74.18	98.50	312.04	88.14	15
P32	111.02	-71.54	96.17	306.96	87.37	16
P8	110.98	-69.90	93.83	300.10	86.28	17
P20	108.87	-71.65	94.80	299.12	85.02	18
P11	106.19	-69.38	93.04	295.63	83.82	19
P27	105.00	-70.32	94.19	297.08	83.56	20
P30	106.00	-69.13	91.89	291.71	82.96	21
P25	108.52	-66.34	88.50	284.37	82.87	22
P10	102.41	-65.19	87.65	279.76	80.08	23
P18	99.58	-63.24	84.52	269.25	77.32	24
P38	99.13	-63.40	84.27	268.42	76.93	25
P12	94.85	-58.55	78.72	252.44	73.15	26
P13	90.32	-56.10	75.31	242.11	69.90	27
P3	87.86	-55.43	74.30	236.81	68.16	28
P36	88.60	-53.92	73.10	233.54	68.11	29
P33	85.38	-51.13	70.03	223.93	65.61	30
P19	84.49	-53.55	71.82	228.10	65.60	31
P14	79.35	-47.80	65.35	209.93	61.24	32
P22	72.66	-42.69	58.01	186.34	55.10	33
P4	71.54	-43.09	58.11	187.36	54.76	34
P5	70.80	-42.02	56.50	180.82	53.43	35
P26	66.68	-39.14	52.38	170.25	50.29	36
P6	62.28	-35.65	49.34	158.07	47.16	37

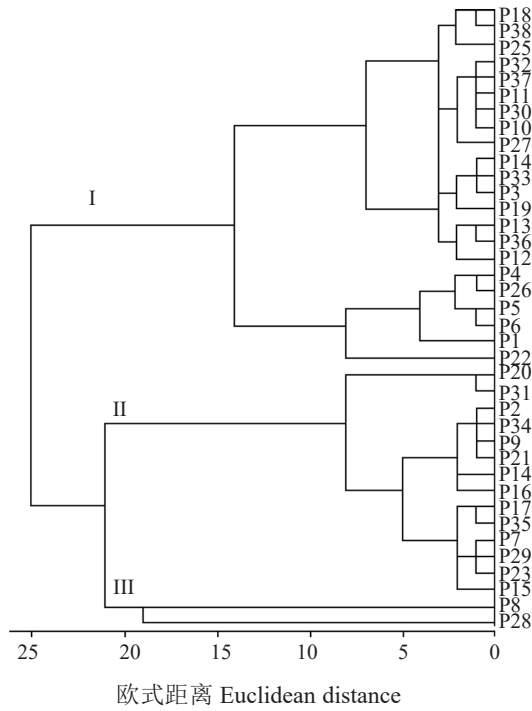


图 1 供试品种农艺性状聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of agronomic traits of test varieties

表 6 表型聚类分组情况

Table 6 Phenotypic clustering and grouping

类群	单果质量 Single fruit mass	果实长度 Fruit length	果实横径 Transverse diameter of fruit	果肉厚度 Flesh thickness	心室数 Ventricular number	种子数量 Seed number	干鲜比 Dry-fresh ratio	二氢辣椒素含量 Dihydrocapsaicin content	辣椒素含量 Capsaicine content
I	2.60	6.85	9.47	0.93	2.86	34.93	33.09	0.67	1.64
II	3.14	6.87	10.44	0.99	3.00	53.46	32.14	0.66	1.38
III	3.62	7.52	11.09	0.95	3.00	53.60	49.00	0.54	1.83

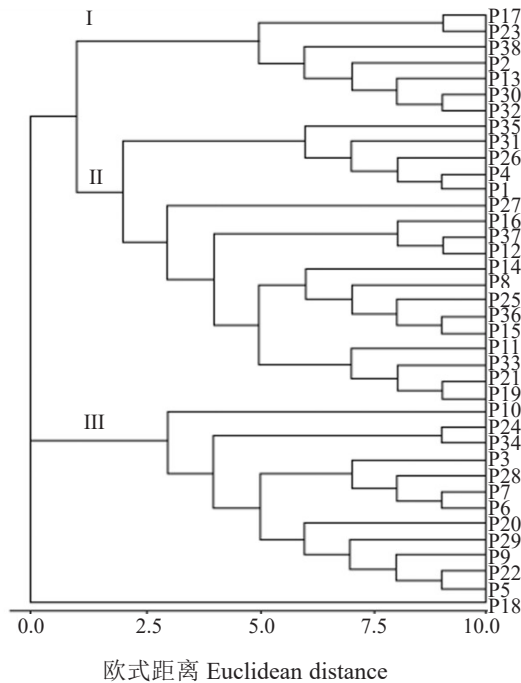


图 2 供试品种基因型聚类图

Fig. 2 Genotypic cluster map of test varieties

3 讨论与结论

农艺性状的观测调查是辣椒新品种培育和筛选的重要手段,通过变异度与多样性指数分析,能够了解不同品种性状的差异程度^[10]。韩娅楠等^[11]研究表明,24个农艺性状中株幅、果梗长度、果肉厚度的多样性指数较大,性状遗传较丰富;8个品质性状中,辣椒素和二氢辣椒素含量的变异系数较大,分别为106.98%和112.44%。在本研究的10个农艺指标中,变异系数最大的是二氢辣椒素含量,其次是辣椒素含量,与韩娅楠等^[11]、李宁等^[12]、詹永发等^[13]的研究结果一致。说明这38个品种农艺性状的变异潜力较大,有助于筛选出优异的朝天椒品种。

相关性分析能反映不同性状间的关系,为制定育种目标和新品种选育提供参考。袁娟伟等^[14]对275份辣椒种质资源表型性状进行相关性分析,结果表明,单果质量与果实横径、果肉厚度、心室数呈显著正相关。笔者在本研究中的结果表明,单果质量与果实长度、果实横径和果肉厚度呈极显著正相关,与袁娟伟等^[14]的研究结果一致。同时本研究中果肉厚度与烘干所需时间呈极显著正相关,果实长度与心室数呈极显著正相关。很多作物的农艺性状间存在相关性,在进行育种工作时可以利用性状间的相关性对一些性状进行选择。因此,在今后辣椒的高产育种中,可以将果实形状、果肉厚度、单果质量等作为主要的参考性状。

主成分分析采取降维的方法,利用几个综合因子代表原来众多的变量,使这些综合因子尽可能地反映原来变量的信息量^[15]。王春勇等^[16]采用主成分分析、聚类分析等方法对17个鲜加工型辣椒品种农艺性状进行分析,结果表明,前4个主成分特征值均大于1,累积贡献率达80.748%,主成分综合得分由高到低是娇凤、龙椒17号、园椒35等。王丹丹等^[9]对14个辣椒品种的11个农艺性状进行主成分分析,结果表明,前3个主成分的累积贡献率达84.865%,在欧氏距离为10时,将其分为5大类。笔者对38个朝天椒品种的9个主要农艺性状进行主成分分析,结果表明,特征值大于1的主成分有4个,累积贡献率达70.287%,第一主成分以单果质量的特征向量值最大;第二主成分主要影响因子是辣椒素含量和二氢辣椒素含量,第三主成分中,果肉厚度的特征向量值最大,第四主成分中种子数量的向量值最大;主成分综合得分前三名由高到低依次是P31、P28、P24。

聚类分析常用于类群间的相互关系研究,特别是作物品种资源的分类与遗传多样性分析。任朝辉等^[17]、巩雪峰等^[18]通过聚类分析将多份种质材料进行分类,并根据辣椒素含量筛选出优质类群。步洪凤等^[19]对26个辣椒品种的13个主要农艺性状进行相关性和聚类分析,表明果形和产量是影响聚类结果的重要因素。在本研究中,基于果实性状调查结果,将38个朝天椒品种分为3类。第I类群二氢辣椒素含量最高;第II类群心室数和果肉厚度最高;第III类群单果质量、果实长度、果实横径、心室数、种子数量、干鲜比和辣椒素含量最高。笔者在本研究中利用与中国农业大学共同开发的辣椒40K液相芯片,对38个朝天椒品种进行基因型分析,用NTSYS软件对朝天椒基因型数据进行聚类分析,从聚类结果可以看出,各个品种在分子水平上有较好的多态性,说明各个公司的育种材料来源广泛,种质资源的遗传多样性较丰富,但个别单位也存在品种遗传多样性有限、遗传基础狭窄的问题。因此在辣椒育种中应该注重选用外来资源来拓展我国栽培辣椒的遗传基础。另外,辣椒45K液相芯片还可以用于朝天椒遗传图谱构建、种质资源鉴定、功能基因定位、品种定向选育、全基因组关联分析等诸多方面,能够大幅度提高朝天椒育种效率和分子育种水平^[20]。

综上所述,不同朝天椒品种间果实性状差异较大,变异系数范围为9.24%~53.03%,其中辣椒素性状变异程度最大;果实性状间存在相关性,其中果实长度、果实横径与单果质量,果实长度与心室数,果皮厚度与烘干所需时间,辣椒素含量与二氢辣椒素含量均呈极显著正相关。主成分分析结果表明,品种DKP-8418(P31)、好农515红绿(P28)和DO1844欧兰德(P24)综合表现优良,适宜在河南地区推广种植。

参考文献

- [1] 周悦,刘一彤,白丽,等.中国辣椒出口贸易结构与国际竞争力分析[J].中国蔬菜,2023(3):1-7.
- [2] 邹学校,马艳青,戴雄泽,等.辣椒在中国的传播与产业发展[J].园艺学报,2020,47(9):1715-1726.
- [3] 马德俊,吴雪梅.露地朝天椒新品种引进试验简报[J].蔬菜,2022(6):72-73.
- [4] 徐云碧,杨泉女,郑洪建,等.靶向测序基因型检测(GBTS)技术及其在应用[J].中国农业科学,2020,53(15):2983-3004.
- [5] 王丹丹,师建华,李燕,等.基于主成分与聚类分析的辣椒主要农艺性状评价[J].中国瓜菜,2021,34(2):47-53.
- [6] 张国儒,唐亚萍,杨涛,等.272份辣椒资源的农艺性状分析[J].新疆农业科学,2021,58(12):2300-2311.

- [7] 杨志刚,胡栓红,王勇,等.辣椒种质色价及主要果实性状指标的聚类分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(5):149-155.
- [8] 李锡香,张宝玺.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.
- [9] 麦玉连,李惠华,孙胜枚.高效液相色谱法测定辣椒及其制品中辣椒素类物质[C]//广东省食品学会.健康食品研发与产业技术创新高峰论坛暨2022年广东省食品学会年会论文集,2023:223-227.
- [10] 桂敏,龙洪进,钟秋月,等.引进辣椒种质资源果实性状的多元统计分析[J].西南农业学报,2014,27(2):772-776.
- [11] 韩娅楠,行文妍,史艳艳,等.加工型辣椒种质资源遗传多样性分析[J].山东农业科学,2024,56(1):34-42.
- [12] 李宁,王飞,姚明华,等.国内外辣椒种质资源表型性状多样性及相关性分析[J].辣椒杂志,2015,13(1):8-13.
- [13] 詹永发,杨红,涂祥敏,等.辣椒品种资源的遗传多样性和聚类分析[J].贵州农业科学,2010,38(11):12-15.
- [14] 袁娟伟,贾利,唐菁,等.275份辣椒种质资源表型性状的遗传多样性分析[J].安徽农业大学学报,2024,51(2):244-255.
- [15] 常晓轲,董晓宇,韩娅楠,等.基于主成分分析的不同朝天椒品种品质综合评价[J].中国瓜菜,2023,36(3):42-47.
- [16] 王春勇,王耐红,闫颖,等.17个鲜加工型辣椒品种农艺性状分析[J].种子,2023,42(7):57-63.
- [17] 任朝辉,田旭芳,廖卫琴,等.不同辣椒种质资源的品质性状评价[J].西南农业学报,2020,33(9):1884-1891.
- [18] 巩雪峰,陈鑫,李红,等.加工辣椒无损品质检测方法及相关性分析[J].江苏农业科学,2022,50(14):170-176.
- [19] 步洪凤,张忠武,邓正春,等.26个辣椒品种主要农艺性状分析与测评[J].热带作物学报,2019,40(7):1290-1296.
- [20] LI Z X, JIA Z Q, LI J S, et al. Development of a 45 K pepper GBTS liquid-phase gene chip and its application in genome-wide association studies[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2024, 15: 1405190.