

101 份朝天椒种质资源农艺性状的遗传多样性分析

杨森要¹, 刘勇鹏¹, 贾圣凤¹, 董晓宇², 杨凡²,
马敏³, 侯莉⁴, 韩娅楠², 姚秋菊²

(1. 漯河市农业科学院 河南漯河 462000; 2. 河南省农业科学院蔬菜研究所 郑州 450002;
3. 河南省农业科学院农业信息技术研究所 郑州 450002; 4. 河南省经济作物推广总站 郑州 450008)

摘要: 为了探究朝天椒种质资源农艺性状多样性, 提升种质资源利用率, 以 101 份朝天椒种质资源为材料, 对 9 个农艺性状进行了差异性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。结果表明, 9 个农艺性状的变异系数在 11.47%~23.61%, 多样性指数(H') 在 1.43~2.07, 除了茎粗与其他农艺性状不存在显著相关性外, 其他 8 个农艺性状均至少与 1 个其他农艺性状存在显著或极显著相关性; 聚类分析把 101 份朝天椒种质资源划分为五大类群, 其中第 V 类群仅包含 1 份种质资源, I~IV 类群的有效分枝数、单株结果数和单果质量存在显著差异; 主成分分析共提取到 4 个主成分, 累计贡献率达到 75.331%, 根据主成分综合得分挑选出 10 份优异种质资源, 可作为种质创新和朝天椒育种的基础材料。

关键词: 朝天椒; 种质资源; 农艺性状; 遗传多样性

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)06-055-06

Genetic diversity analysis of agronomic traits of 101 pod pepper germplasm resources

YANG Senyao¹, LIU Yongpeng¹, JIA Shengfeng¹, DONG Xiaoyu², YANG Fan², MA Min³, HOU Li⁴, HAN Yanan², YAO Qiuju²

(1. Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe 462000, Henan, China; 2. Vegetable Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, Henan, China; 3. Institute of Agricultural Information Technology, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 4. Henan Provincial Cash Crop Promotion Station, Zhengzhou 450008, Henan, China)

Abstract: In order to explore the agronomic trait diversity of pod pepper germplasm resources and improve their utilization efficiency, this study used 101 pod pepper germplasm resources as materials to conduct differential analysis, correlation analysis, principal component analysis, and cluster analysis of 9 agronomic traits. The results showed that the coefficients of variation for 9 agronomic traits ranged from 11.47% to 23.61%, and the genetic diversity index varied between 1.43 and 2.07. Except for stem thickness, which was not significantly correlated with other agronomic traits, the other 8 agronomic traits were significantly or extremely significantly correlated with at least 1 other agronomic trait. Cluster analysis classified the 101 pod pepper germplasm resources into 5 major groups, with group V only contained 1 germplasm resource. There were significant differences in effective branches, fruits number per plant, and single fruit mass between groups I-IV. Principal component analysis extracted a total of 4 principal components, with a cumulative contribution rate of 75.331%. Based on the comprehensive score of principal components, 10 excellent germplasm resources were selected, which can be used as basic materials for germplasm innovation and pod pepper breeding.

Key words: Pod pepper; Germplasm resources; Agronomic trait; Genetic diversity

收稿日期: 2024-12-16; 修回日期: 2025-02-10

基金项目: 国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-G-15); 河南省重点研发专项(221111110100); 河南省农业科学院创新团队专项资金(2024TD43); 河南省农业科学院自主创新项目(2024ZC036)

作者简介: 杨森要, 男, 研究实习员, 现主要从事蔬菜遗传育种及栽培研究等工作。E-mail: YsY147A@163.com

通信作者: 姚秋菊, 女, 研究员, 现主要从事辣椒遗传育种等研究工作。E-mail: wgqdaisy@163.com

朝天椒是辣椒的变种,因其椒果朝上或斜朝上生长而得名,又因其椒果较小,又名小辣椒。朝天椒的椒果具有果型小、辣度高、易干制、适加工等特点,既可以作为鲜食、泡制,又可以作为干辣椒使用,是一种优质的鲜食和加工蔬菜,深受广大群众喜爱,是多个地区的特色蔬菜之一^[1-2]。朝天椒营养物质丰富,经深加工后可广泛应用于食品、药品、化工等领域,市场前景广阔^[3]。在我国,朝天椒有悠久的栽培历史,种植面积和产量均位居世界第一位,世界总产量的70%以上均来自我国^[4]。河南朝天椒栽培面积常年稳定在13万hm²左右,栽培面积位居全国前列,但河南省朝天椒栽培品种结构比较单一,以常规品种为主,缺少高辣、高辣椒红素含量、抗病、易干制、易机收的杂交朝天椒品种^[5]。

种质资源是作物遗传改良、种质创新的基础,对新品种选育具有重要意义,因此国内外都十分重视种质资源的相关研究^[6]。Parvin等^[7]对513份辣椒种质资源的形态特征和植物化学物质含量进行了分析,结果表明,不同种质间的形态特征和植物品质方面有较大差异。韩娅楠等^[8]对33份辣椒品种的24个形态特征、8个品质性状和抗炭疽病特性进行了研究分析,结果表明,产量与果肉厚呈极显著正相关,水分含量与抗炭疽病存在极显著正相关且与辣椒素含量呈显著负相关。孔子雯等^[9]以60份辣椒种质资源为材料,对其11个主要农艺性状进行了研究,结果表明株高与株幅、单果质量与果肉厚度呈极显著正相关。陈彩霞等^[10]以154份辣椒种质资源为材料,对其21个农艺性状进行了遗传多样性、相关性等分析,为甘肃省中部沿黄灌区引进辣椒种质资源的研究与利用提供了参考依据。朱珍花等^[11]对32份辣椒种质资源的23个表型性状进行了变异水平、遗传多样性和相关性分析,结果表明大部分表型性状间存在相关性关系。彭泽等^[12]对17个辣椒品种的20个农艺性状和4个品质性状进行了研究,结果表明影响地方辣椒品种产量的主要因素是株高、株幅、茎粗、果肉厚度等性状,为地方辣椒种质资源的创新和遗传改良提供了参考依据。

我国辣椒种质资源丰富,可利用的优良性状也相对较多,但少数优异亲本被频繁集中使用,致使辣椒种质资源的遗传背景变得越来越狭窄,可挖掘和利用的优质种质资源逐渐减少^[13]。因此,笔者对漯河市农业科学院收集的101份朝天椒种质资源进行了变异水平分析和遗传多样性分析,以期筛选

出具有优异性状的种质资源,提升种质资源利用效率,为进一步开展朝天椒新品种的选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

101份朝天椒种质资源材料均由漯河市农业科学院收集并保存,编号1~101。其中,早熟材料50份,中熟材料34份,晚熟材料17份。

1.2 方法

试验于2024年在漯河市农业科学院试验基地进行,试验地块土地平整,肥力均匀。于3月中旬采用72孔穴盘育苗,5月上旬定植于试验田,采用露地高垄栽培,株距40cm,行距50cm,每份材料50株,3次重复,完全随机排列,10月下旬收获。整个生育期内采用正常的田间管理措施。

1.3 农艺性状调查

依据李锡香等^[14]《辣椒种质资源描述规范和数据标准》,在果实红熟期,对各小区随机取样10株进行农艺性状调查,包括株高、株幅、茎粗、叶长、叶宽、有效分枝数、果长、单株结果数和单果质量等指标。

1.4 数据处理

利用Excel 2019对所测的农艺性状数据进行整理,计算基本统计量(最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数)。利用平均值(M)和标准差(σ),将所测农艺性状数据划分为10级,1级 $\leq M-2\sigma$,10级 $> M+2\sigma$,每个 0.5σ 为一级,统计每一级所测农艺性状的相对频率,计算Shannon-Wiener多样性指数(H'),其公式为 $H'=-\sum P_i \ln P_i$ ($i=1,2,3,\dots,n$),式中 P_i 表示某一性状第 i 级的材料数占总材料数的百分比^[8]。利用SPSS 27.0软件进行相关性分析和主成分分析;利用Origin 2024软件进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 朝天椒种质资源农艺性状的多样性分析

对101份朝天椒种质资源的9个农艺性状进行多样性分析,结果如表1所示。9个农艺性状的变异系数在11.47%~23.61%,单果质量的变异系数最大,为23.61%,变异范围为2.85~6.71g,平均值为4.42g;其次是茎粗,为23.29%,变异范围为1.08~4.53cm,平均值为1.50cm;株高的变异系数最小,为11.47%,变异范围为48.00~94.25cm,平均值为63.37cm。9个农艺性状的多样性指数(H')在1.43~2.07,单株结果数的 H' 最大为2.07,茎粗的 H' 最小,为1.43。由此可知,101份朝天椒种质资源具有比

表 1 朝天椒种质资源农艺性状多样性分析
Table 1 Analysis of the diversity of agronomic trait in pod pepper germplasm resources

性状 Trait	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性 指数 <i>H'</i>
PH/cm	48.00	94.25	63.37	7.27	11.47	2.00
PB/cm	32.25	86.00	45.99	8.36	18.18	1.92
SD/cm	1.08	4.53	1.50	0.35	23.29	1.43
LL/cm	6.48	27.73	9.76	2.21	22.62	1.60
LW/cm	2.65	6.25	4.38	0.65	14.88	2.02
EB	5.25	14.00	10.25	1.68	16.39	2.01
FL/cm	4.40	9.33	6.07	0.84	13.86	1.97
FNPP	83.75	228.25	150.56	32.21	21.39	2.07
SFW/g	2.85	6.71	4.42	1.04	23.61	2.01

注:PH. 株高;PB. 株幅;SD. 茎粗;LL. 叶长;LW. 叶宽;EB. 有效分枝数;FL. 果长;FNPP. 单株结果数;SFW. 单果质量。下同。
Notes: PH. Plant height; PB. Plant breadth; SD. Stem diameter; LL. Leaf length; LW. Leaf width; EB. Effective branches; FL. Fruit length; FNPP. Fruit number per plant; SFW. Single fruit weight. The same below.

表 2 朝天椒种质资源农艺性状的相关性分析
Table 2 Correlation analysis of agronomic trait of pod pepper germplasm resources

性状 Trait	PH	PB	SD	LL	LW	EB	FL	FNPP	SFW
PH	1								
PB	0.358**	1							
SD	0.129	-0.050	1						
LL	-0.105	-0.047	-0.053	1					
LW	0.198*	-0.148	0.001	0.380**	1				
EB	-0.014	-0.076	-0.013	0.219*	0.443**	1			
FL	-0.038	0.380**	-0.045	-0.119	-0.346**	-0.305**	1		
FNPP	-0.114	0.227*	-0.086	-0.096	-0.258**	0.365**	0.044	1	
SFW	0.400**	-0.129	0.107	0.104	0.307**	-0.253*	-0.062	-0.862**	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.

果质量与株高、叶宽呈极显著正相关,与有效分枝数、单株结果数呈显著或极显著负相关。综上,朝天椒种质资源的农艺性状间表现为相互影响的关系。

2.3 朝天椒种质资源农艺性状的主成分分析

利用 SPSS 27.0 软件对朝天椒种质资源的 9 个主要农艺性状进行主成分分析,以特征值>1 为原则,提取出 4 个主成分,累计贡献率达到 75.331%,可解释 9 个农艺性状的大部分信息(表 3)。其中,主成分 1 的特征值为 2.328,贡献率为 25.869%,特征向量绝对值较高的是单株结果数和单果质量;主成分 2 的特

较丰富的遗传多样性。
2.2 朝天椒种质资源农艺性状的相关性分析

由表 2 可知,除了茎粗与其他农艺性状不存在显著相关性外,其他 8 个农艺性状均至少与 1 个其他农艺性状存在显著或极显著相关性。与叶宽和有效分枝数呈显著相关或极显著相关的农艺性状最多,分别为 6 个和 5 个。其中,叶宽与株高、叶长、有效分枝数、单果质量呈显著或极显著正相关,与果长、单株结果数呈极显著负相关;有效分枝数与叶长、叶宽、单株结果数呈显著或极显著正相关,与果长、单果质量呈显著或极显著负相关;株高与株幅、叶宽、单果质量呈显著或极显著正相关;株幅与株高、果长、单株结果数呈显著或极显著正相关;叶长与叶宽、有效分枝数呈显著或极显著正相关;果长与株幅呈极显著正相关,与叶宽、有效分枝数呈极显著负相关;单株结果数与株幅、有效分枝数呈显著或极显著正相关,与叶宽、单果质量呈极显著负相关;单

征值为 1.963,贡献率为 21.810%,特征向量绝对值较高的是有效分枝数和果长;主成分 3 的特征值为 1.394,贡献率为 15.492%,特征向量绝对值较高的是株高和株幅;主成分 4 的特征值为 1.094,贡献率为 12.160%,特征向量绝对值较高的是茎粗和叶长。

2.4 朝天椒种质资源农艺性状的综合评价

利用 SPSS 27.0 对 9 个农艺性状的原始数据进行标准化处理,基于 9 个农艺性状所对应的主成分值计算出 4 个主成分得分,公式如下:

$$F1=0.227X1-0.209X2+0.113X3+0.201X4+0.405X5-0.031X6-0.231X7-0.547X8+0.578X9;$$

表3 朝天椒种质资源主成分分析
Table 3 Principal component analysis of pod pepper
germplasm resources

性状 Trait	主成分 Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
PH	0.227	-0.192	0.636	-0.223
PB	-0.209	-0.254	0.627	0.208
SD	0.113	-0.071	0.060	-0.684
LL	0.201	0.316	0.068	0.522
LW	0.405	0.383	0.251	0.113
EB	-0.031	0.575	0.277	-0.084
FL	-0.231	-0.419	0.102	0.358
FNPP	-0.547	0.269	0.209	-0.124
SFW	0.578	-0.263	0.019	0.057
特征值 Eigenvalue	2.328	1.963	1.394	1.094
贡献率 Contribution rate/%	25.869	21.810	15.492	12.160
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	25.869	47.679	63.171	75.331

$F2 = -0.192X1 - 0.254X2 - 0.071X3 + 0.316X4 + 0.383X5 + 0.575X6 - 0.419X7 + 0.269X8 - 0.263X9;$

$F3 = 0.636X1 + 0.627X2 + 0.060X3 + 0.068X4 + 0.251X5 + 0.277X6 + 0.102X7 + 0.209X8 + 0.019X9;$

$F4 = -0.223X1 + 0.208X2 - 0.684X3 + 0.522X4 + 0.113X5 - 0.084X6 + 0.358X7 - 0.124X8 + 0.057X9.$

其中,X1~X9 分别代表株高、株幅、茎粗、叶长、叶宽、有效分枝数、果长、单株结果数、单果质量 9

个农艺性状;F1~F4 分别代表主成分 1~4 得分。以每个主成分贡献率/累计贡献率的值为权重系数,得到 4 个主成分的权重系数分别为 0.34、0.29、0.21、0.16,根据权重系数计算每份朝天椒种质资源的综合得分(F 值),公式如下: $F=0.34F1+0.29F2+0.21F3+0.16F4$ 。F 值越高就代表朝天椒种质资源

表4 排名前 10 的朝天椒种质资源综合得分及排序
Table 4 Comprehensive scores and ranking of the top 10
pod pepper germplasm resources

编号 ID	主成分因子得分 Principal component score				综合 得分 F	排名 Rank
	F1	F2	F3	F4		
94	1.31	2.57	2.37	0.61	1.79	1
89	3.64	0.11	1.69	-0.10	1.61	2
78	1.23	1.52	2.44	-0.15	1.35	3
24	1.77	1.00	1.64	0.49	1.31	4
53	0.43	1.81	-1.00	5.14	1.29	5
92	0.78	1.45	2.11	0.98	1.28	6
88	3.10	-0.40	1.63	-0.40	1.22	7
79	2.43	0.29	0.68	0.48	1.13	8
87	1.41	0.31	2.25	-0.40	0.98	9
20	1.84	0.43	0.23	1.05	0.97	10

综合表现力越好,101 份朝天椒种质资源的 F 值范围在-1.99~1.79 之间,根据 F 值大小最终筛选出 10 份优质朝天椒种质资源(表 4)。

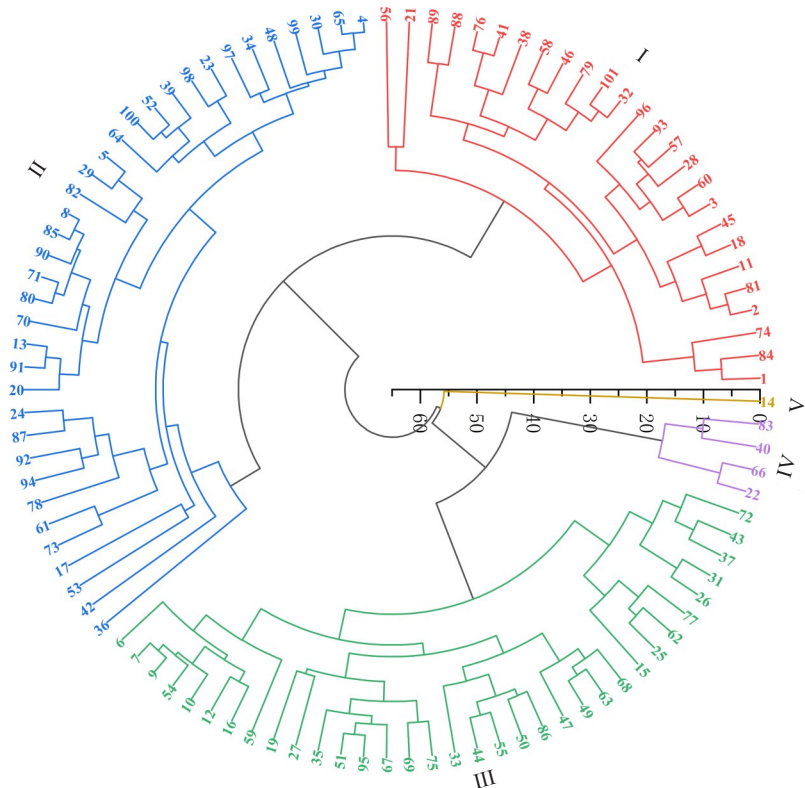


图1 朝天椒种质资源农艺性状聚类分析
Fig. 1 Cluster analysis of pod pepper germplasm resources based on agronomic traits

表 5 5 个类群差异性分析
Table 5 Differential analysis of 5 taxa

类群 Taxa	PH/cm	PB/cm	SD/cm	LL/cm	LW/cm	EB	FL/cm	FNPP	SFW/g
I	65.32±1.42 a	42.40±1.15 a	1.62±0.12 a	9.93±0.20 a	4.69±0.11 a	9.33±0.24 c	5.84±0.12 a	110.03±2.00 d	5.69±0.10 a
II	62.58±1.04 a	47.35±1.52 a	1.44±0.03 a	10.12±0.56 a	4.35±0.13 a	10.19±0.33 bc	6.23±0.18 a	144.10±1.48 c	4.50±0.12 b
III	61.91±1.11 a	45.93±1.03 a	1.45±0.29 a	9.29±0.20 a	4.19±0.08 a	10.79±0.22 b	6.01±0.12 a	178.81±2.13 b	3.55±0.08 c
IV	62.50±2.60 a	47.50±1.30 a	1.57±0.07 a	10.08±0.46 a	4.55±0.14 a	12.25±0.81 a	6.21±0.25 a	220.81±4.01 a	3.04±0.07 d
V	94.25	86.00	1.78	7.20	3.43	10.00	7.38	195.00	3.47

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercase letters following the numbers in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

2.5 101 份朝天椒种质资源的聚类分析

通过 Origin 2024 对 101 份朝天椒种质资源的 9 个农艺性状进行聚类分析(图 1,表 5),如图 1 所示,101 份朝天椒种质资源在遗传距离 20.0 处被划分为五大类群。第Ⅰ类群共包含 26 份种质资源,占总种质资源的 25.74%;第Ⅱ类群共包含 36 份种质资源,占总种质资源的 35.64%;第Ⅲ类群共包含 34 份种质资源,占总种质资源的 33.66%;第Ⅳ类群共包含 4 份种质资源,占总种质资源的 3.96%;第Ⅴ类群共包含 1 份种质资源,占总种质资源的 0.99%。由表 5 可知,I~Ⅳ类群的株高、株幅、茎粗、叶长、叶宽和果长在 4 个类群间不存在显著差异,I~Ⅳ类群的有效分枝数、单株结果数和单果质量存在显著差异,I~Ⅳ类群的有效分枝数和单株结果数的平均值大小依次为I<Ⅱ<Ⅲ<Ⅳ,单果质量依次为I>Ⅱ>Ⅲ>Ⅳ。

3 讨论与结论

种质资源的遗传多样性是物种进化和品种选育的物质基础,遗传多样性分析是种质资源重要的评判方法,对物种农艺性状遗传多样性分析是有效利用种质资源和种质创新改良的前提,变异系数和多样性指数能够很好地反映出不同种质间性状的差异程度^[11,15]。朱珍花等^[11]研究表明,11 个农艺性状中单果质量的变异系数最大(37.35%),单株结果数的多样性指数最小(1.86)。在本研究的 9 个农艺性状中,单果质量的变异系数最大,为 23.61%,与朱珍花等^[11]、常晓轲等^[16]的研究结果一致;单株结果数的 *H* 最大,为 2.07,与朱珍花等^[11]的研究结果相反,与洪成等^[17]的研究结果一致。说明这 101 份朝天椒种质资源间存在较大的遗传差异,多样性丰富,有利于选育出优异的朝天椒品种。

相关性分析可以揭示不同性状之间的关联性,为育种目标的制定和选育新品种提供参考^[18]。相关

性分析表明,9 个农艺性状形成 36 对相关关系,有 15 对农艺性状存在显著或极显著相关性,除了茎粗与其他农艺性状不存在显著相关性外,其他 8 个农艺性状均至少与 1 个其他农艺性状存在显著或极显著相关性。本试验结果还表明,单果质量与单株结果数具有极显著的负相关性(-0.862),这与李全辉等^[19]和李清照等^[20]的研究结果一致,因此在以后的朝天椒品种选育上,可以在单株结果数和单果质量之间寻求一个平衡点,争取获得较高的单株产量。

主成分分析是采取降维的方式使变量得到简化,以期通过几个综合指标来反映样品的基本信息^[21]。常晓轲等^[16]采用主成分分析从 14 个性状中提取出 5 个主成分因子,并根据占比较高的指标将 5 个主成分因子分别归纳为反映相关性状的因子。笔者从 9 个农艺性状中提取到 4 个主成分,累计贡献率达到 75.331%,其中主成分 1 和主成分 2 的特征向量绝对值较高的均与产量相关,主成分 3 和主成分 4 特征向量绝对值较高的均与株型相关,说明提取到的主成分主要反映产量和株型两方面的遗传信息。101 份朝天椒种质资源的综合得分(*F*)在-1.99~1.79,其中 94、89、78、24、53、92、88、79、87 和 20 这 10 份种质资源综合表现良好,可在下一步育种工作中加以利用。

聚类分析常用于研究不同类别间的关系,使具有较高相似度的作物品种资源分为一类。步洪凤等^[22]通过聚类分析将 26 个辣椒品种分为四大类,并推测出果实形状和产量是影响聚类分析分类结果的主要因素。笔者将 101 份朝天椒种质资源分为 5 个类群,其中第Ⅱ类群包含的种质资源数量最多为 36 份,第Ⅴ类群仅包含 14 这一份种质资源,究其原因可能是株高和株幅均为 101 份朝天椒种质资源中最大。对 I~Ⅳ类群的 9 个农艺性状进行方差分析,发现 I~Ⅳ类群仅在有效分枝数、单株结果数和单果质量 3 个农艺性状间存在显著差异,可推测这 3

个农艺性状可能是影响聚类分析分类结果的主要因素。

综上所述,101 份朝天椒种质资源总体遗传多样性高,多个农艺性状遗传变异丰富,具有较高的利用价值,可为朝天椒种质资源的遗传改良和优异朝天椒品种的选育提供重要参考。同时,也可以通过形态标记和分子标记相结合的方法,对朝天椒种质资源进行更深一步的研究。

参考文献

[1] 胡书航.朝天椒种质资源评价及核心种质构建[D].武汉:华中农业大学,2024.

[2] 张涛,韩娅楠,张强,等.河南省朝天椒产业现状及发展对策[J].中国瓜菜,2020,33(1):65-68.

[3] 高艳,欧阳建勋,谢定,等.辣椒素的提取及其应用研究进展[J].食品与机械,2011,27(1):162-165.

[4] 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.

[5] 董晓宇,常晓轲,姚秋菊,等.河南省朝天椒产业发展建议[J].北方园艺,2023(12):144-147.

[6] GLASZMANN J C, KILIAN B, UPADHYAYA H D, et al. Assessing genetic diversity for crop improvement[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2010, 13(2):167-173.

[7] PARVIN N, MASUDA M S, TURIN M T S, et al. Characterization of pepper (*Capsicum* spp.) germplasms based on morphological and phytochemical characters in Bangladesh[J]. CABI Agriculture and Bioscience, 2024, 5(1):62.

[8] 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.

[9] 孔子雯,田如霞,苗如意,等.60 份螺丝椒种质资源农艺性状

的遗传多样性分析[J].中国农业科技导报,2024,26(3):40-47.

[10] 陈彩霞,文生辉,宋薇,等.引进辣椒品种主要农艺性状鉴定与筛选[J].江苏农业科学,2023,51(22):162-172.

[11] 朱珍花,濮丹,杨洋,等.干制辣椒种质资源表型性状遗传多样性分析[J].北方园艺,2024(6):1-8.

[12] 彭泽,胡明文,白立伟,等.不同辣椒品种的农艺性状与品质指标综合评价[J].北方园艺,2023(1):1-10.

[13] 吴迪,付文婷,吴康云,等.275 份辣椒种质资源表型性状的遗传多样性分析[J].中国瓜菜,2024,37(9):47-53.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 洪成,赵建荣,程春园,等.辣椒种质资源农艺性状综合评价[J].中国蔬菜,2024(7):33-41.

[18] 吕梦瑶,王盼乔,李纪锁,等.不同朝天椒品种果实性状评价及聚类分析[J].中国瓜菜,2024,37(8):67-75.

[19] 李全辉,侯全刚.线辣椒主要农艺性状的评价与分析[J].北方园艺,2018(23):9-15.

[20] 李清超,陈小翠,杨珊,等.辣椒种质资源产量与品质性状的鉴定评价[J/OL].分子植物育种,1-13(2024-12-16).<https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240625.1619.006>.

[21] 李小红,陈珍珍.如何正确应用 SPSS 软件做主成分分析[J].统计研究,2010,27(8):105-108.

[22] 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.