

豫北地区朝天椒品种农艺性状的综合评价

李 童, 于海培, 王红宾, 姬晓晨, 牛红莉, 逯会立

(安阳市农业科学院 河南安阳 455000)

摘 要:为筛选综合性状优良且适宜在豫北地区推广种植的朝天椒品种,本文以 17 个朝天椒品种为研究对象,对 14 个农艺性状进行差异性分析、主成分分析、聚类分析和相关性分析。结果表明,尚田 CS-2207 干椒产量最高,其次是圣火和内黄新一代,株高、株幅等 11 个农艺性状变异系数为 6.31%~24.28%,表明品种间农艺性状存在较大差异;尚田 CS-2207 抗病毒病和疫病能力最强,圣火抗炭疽病能力最强,病毒病、疫病和炭疽病病情指数变异系数为 31.57%~53.57%,表明品种间抗病性差异明显;主成分分析共提取到 4 个主成分因子,累计贡献率达到 79.43%,综合排名前 4 的分别是高辣 8 号、圣火、尚田 CS-2207 和科润 KR-1;聚类分析将 17 个朝天椒品种划分为 3 类,第 I 类包括 8 个品种,第 II 类包括 7 个品种,第 III 类包括 2 个品种;相关性分析结果表明,14 个农艺性状均至少与 1 个农艺性状存在显著或极显著相关,其中单株质量与干椒产量呈极显著正相关,且相关系数最高,为 0.926。综上所述,综合排名前 4 的朝天椒品种干椒产量高、抗病性强,综合性状表现良好,适宜在豫北地区推广种植。

关键词:朝天椒;豫北地区;农艺性状;综合评价

中图分类号:S641.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)07-178-09

Comprehensive evaluation of agronomic traits of pod pepper varieties in northern Henan region

Li Tong, Yu Haipei, Wang Hongbin, Ji Xiaochen, Niu Hongli, Lu Huili

(Anyang Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, Henan, China)

Abstract: To screen pod pepper varieties with excellent comprehensive traits suitable for promotion and cultivation in northern Henan, this study used 17 pod pepper varieties as materials and conducted difference analysis, principal component analysis, cluster analysis, and correlation analysis on 14 agronomic traits. The results showed that Shangtian CS-2207 had the highest dried pepper yield, followed by Shenghuo and Neihuang new generation. The coefficient of variation for 11 agronomic traits, such as plant height and plant width, ranged from 6.31% to 24.28%, indicating considerable variation among varieties. Shangtian CS-2207 exhibited the strongest resistance to virus disease and phytophthora blight, while Shenghuo had the strongest resistance to anthracnose. The coefficient of variation for the disease index of virus disease, phytophthora blight, and anthracnose ranged from 31.57% to 53.57%, indicating significant differences in disease resistance among varieties. Four principal component factors were extracted through principal component analysis, with a cumulative contribution rate of 79.43%. The top four varieties were Gaola No. 8, Shenghuo, Shangtian CS-2207, and Kerun KR-1. Cluster analysis divided the 17 varieties into 3 groups, with Group I including 8 varieties, Group II including 7 varieties, and Group III including 2 varieties. Correlation analysis showed that all 14 agronomic traits showed significant or extremely significant correlations with at least one other agronomic trait, among which the correlation coefficient between single plant mass and dried pepper yield was the highest (0.926), showing an extremely significant positive correlation. In conclusion, the top four pod pepper varieties in the comprehensive ranking exhibited high dried pepper yield, strong disease resistance, and good comprehensive performance, making them suitable for promotion and cultivation in northern Henan.

Key words : Pod pepper; Northern Henan region; Agronomic trait; Comprehensive evaluation

收稿日期:2025-12-29;修回日期:2026-02-10

基金项目:河南省大宗蔬菜产业技术体系(HARS-22-07-Z3);国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-G-16)

作者简介:李 童,女,研究实习员,研究方向为蔬菜育种及栽培技术。E-mail:1223325634@qq.com

通信作者:于海培,女,副研究员,研究方向为蔬菜育种及栽培技术。E-mail:happy0770@139.com

朝天椒(*Capsicum annuum* L. var. *conoides*)为茄科辣椒属一年生或多年生草本植物,因其椒果朝天或斜朝天生长而得名,又称小辣椒、望天椒^[1]。朝天椒的特点是椒果小、辣度高、易干制,不仅可鲜食,还可加工为干辣椒食用,是优良的鲜食和加工蔬菜^[2-3]。河南省朝天椒栽培面积约14万hm²,居全国首位,经多年发展,逐步形成了豫东地区、豫南地区、豫北地区等种植区^[4],其中,豫北地区位于河南省最北部,属暖温带大陆性季风气候,土质为壤土或沙壤土,为朝天椒种植提供了有利的生态条件,该地区种植历史悠久,是河南省朝天椒种植面积较大的地区之一,主要品种为新一代、丰抗三号等^[5-6]。

为选育出性状优良的朝天椒品种,科研工作者在朝天椒品种筛选方面开展了较多研究^[7-11],主要通过比较不同朝天椒品种的生育期、商品性和产量等农艺性状,筛选出品质优良且适宜当地种植的品种。近年来,为了综合地评价朝天椒性状,利用多种分析方法对朝天椒农艺性状进行综合评价的研究越来越多,如杨森要等^[12]对101份朝天椒种质资源进行遗传多样性分析,基于主成分分析筛选出10份优质种质资源;常晓轲等^[13]以40个朝天椒品种为研究对象,对14个农艺性状进行相关性分析、主成分分析和聚类分析,筛选出H2143、珠农38号、红海等7个综合表现良好的朝天椒新品种;王永平等^[14]以12个辣椒品种为材料,通过灰色关联分析法进行综合评价,分别筛选出适宜在黔北地区种植的3个朝天椒品种和3个线椒品种;杨超沙等^[15]为揭示朝天椒产量与农艺性状之间的相关性,对24份朝天椒种质资源的17个农艺性状进行变异性和相关性分析,结果表明,干椒产量与茎粗、株幅、单株果数和果实纵径存在显著相关性;王楠艺等^[16]以包括朝天椒、线椒、圆珠椒在内的30个辣椒品种为研究对象,对8项果实品质指标采用主成分分析和相关性分析进行综合评价,结果表明,辣椒素含量与二氢辣椒素含量呈极显著正相关,且线椒黔辣5号和朝天椒辣研101综合性状最好。然而,目前针对豫北地区朝天椒品种综合评价的研究报道较少,同时该地区种植品种结构单一、更新换代慢,严重制约了当地朝天椒产业发展。因此,笔者对17个朝天椒品种的14个农艺性状进行综合评价,利用差异性分析、主成分分析、聚类分析和相关性分析等方法揭示其内在联系和差异性,以期筛选出综合性状表现优异、适合豫北地区推广种植的朝天椒品种,为朝天椒品种选育提供数据支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

参试材料共选取17个朝天椒品种,有常规种和杂交种两种类型,分别来自天津市、河南省、北京市、安徽省、湖北省和山东省的种业公司,以内黄新一代为对照。供试品种基本信息见表1。

1.2 田间管理

试验在河南省安阳市安阳县永和镇试验基地进行。试验采取随机区组设计,每个处理3次重复。2024年3月11日播种,采用108孔穴盘育苗,5月14日定植,栽培密度6670株·667m²,小区面积8m²,平畦宽窄行单株栽培,宽行60cm,窄行40cm,株距20cm,每畦2行,四周设保护行。每667m²施用生物有机肥100~150kg、复合肥50kg,以促进植株稳健生长。移栽后中耕除草2次。追肥2次,第一次在坐果初期,第二次在终花期,每次每667m²追肥15~20kg三元复合肥(15:15:15)。按常规栽培技术进行田间管理。

1.3 测定项目与方法

参照《辣椒种质资源描述规范和数据标准》^[17]描述标准,收获前各小区随机选取10株进行主要农艺性状和抗病性指标测量,用卷尺测量株高、株幅、果实横径和果实纵径;果形指数为果实纵径与果实横径的比值;目测法统计单株有效分枝数和单株果数;用天平称取单株质量,并计算单果质量;每个参试品种称取500g鲜椒进行烘干,测量干鲜比;在采收期测定每个小区的产量并计算平均值,折算为每667m²干椒产量。

抗病性主要是指抗病毒病、疫病和炭疽病的能力。抗病毒病评价标准:DI=0,免疫(I);0<DI<10,高抗(HR);10≤DI<20,抗病(R);20≤DI<40,中抗(MR);40≤DI<60,感病(S);60≤DI≤100,高感(HS)。抗疫病评价标准:DI=0,免疫(I);0<DI≤10,高抗(HR);10<DI≤30,抗病(R);30<DI≤50,中抗(MR);50<DI≤70,感病(S);DI>70,高感(HS)。抗炭疽病评价标准:DI=0,免疫(I);0<DI≤10,高抗(HR);10<DI≤30,抗病(R);30<DI≤50,中抗(MR);DI>50,感病(S)。病情指数 $DI = \frac{\sum(\text{各病情级别代表数值} \times \text{各病情级别株数})}{(\text{调查总株数} \times \text{最高病情级别代表数值})} \times 100$;发病率 $\% = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100$ 。

1.4 数据分析

试验数据采用Excel进行汇总与整理;采用

表 1 供试品种名称及来源
Table 1 Name and source of tested varieties

编号 Number	品种 Variety	品种类型 Variety type	来源 Source
1	津椒优品 104 Jinjiao Youpin 104	杂交种 Hybrid	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kerun Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
2	科润 KR-1 Kerun KR-1	常规种 Conventional variety	天津科润种业有限公司 Tianjin Kerun Seed Industry Co., Ltd.
3	和美簇生朝天椒 Hemei Cluster Pepper	杂交种 Hybrid	鹤山农友种子有限公司 Heshan Nongyou Seed Co., Ltd.
4	豫艺福豪新一代 Yuyi Fuhao New Generation	常规种 Conventional variety	河南豫艺种业科技发展有限公司 Henan Yuyi Seed Industry Technology Development Co., Ltd.
5	豫艺 22YP-3 Yuyi 22YP-3	常规种 Conventional variety	河南豫艺种业科技发展有限公司 Henan Yuyi Seed Industry Technology Development Co., Ltd.
6	艳火 212 Yanhuo 212	杂交种 Hybrid	尼德种苗科技北京有限公司 Nide Seedling Technology Beijing Co., Ltd.
7	丰抗二号 Fengkang No. 2	杂交种 Hybrid	河南红绿辣椒种业有限公司 Henan Red Green Pepper Seed Industry Co., Ltd.
8	魔鬼新一代 Mogui New Generation	常规种 Conventional variety	河南省椒都种业有限公司 Henan Jiaodu Seed Industry Co., Ltd.
9	吨椒新二代 Dunjiao New Second Generation	常规种 Conventional variety	柘城县传奇种业有限公司 Zhecheng County Legendary Seed Industry Co., Ltd.
10	奥农高辣新一代 Aonong High Hot New Generation	常规种 Conventional variety	河南省奥农种业有限公司 Henan Aonong Seed Industry Co., Ltd.
11	金椒新天宇 Jinjiao Xintianyu	常规种 Conventional variety	安徽金泰种业有限公司 Anhui Jintai Seed Industry Co., Ltd.
12	圣火 Shenghuo	常规种 Conventional variety	湖北久保田种业有限公司 Hubei Jiubaotian Seed Industry Co., Ltd.
13	高辣 8 号 Gaola No. 8	常规种 Conventional variety	湖北久保田种业有限公司 Hubei Jiubaotian Seed Industry Co., Ltd.
14	尚田 CS-2207 Shangtian CS-2207	常规种 Conventional variety	青岛尚田种业有限公司 Qingdao Shangtian Seed Industry Co., Ltd.
15	早椒 2 号 Zaojiao No. 2	杂交种 Hybrid	安阳市农业科学院 Anyang Academy of Agricultural Sciences
16	高辣 3 号 Gaola No. 3	杂交种 Hybrid	安阳市农业科学院 Anyang Academy of Agricultural Sciences
17	内黄新一代 Neihuang New Generation(CK)	常规种 Conventional variety	安阳一本农业发展有限公司 Anyang Yiben Agricultural Development Co., Ltd.

SPSS 26.0 进行方差分析、主成分分析、聚类分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同朝天椒品种农艺性状差异性分析

由表 2 可知,17 个朝天椒品种的株高范围为 65.54~93.20 cm,其中豫艺福豪新一代株高最高,其次是魔鬼新一代,两者之间差异不显著;津椒优品 104 株高最低。株幅范围为 45.43~69.31 cm,其中圣火株幅最大,为 69.31 cm;津椒优品 104 株幅最小。果实纵径范围为 40.34~63.75 mm,其中金椒新天宇果实纵径最长,显著高于其他品种(除高辣 8 号外);丰抗二号果实纵径最短,显著低于其他品

种。果实横径范围为 7.96~9.96 mm,其中尚田 CS-2207 果实横径最长,其次是圣火;高辣 8 号果实横径最短。果形指数范围为 4.36~7.78,其中高辣 8 号果形指数最大,除了与金椒新天宇、早椒 2 号差异不显著外,均显著高于其他品种,表明该品种果实更加细长;丰抗二号果形指数最小,仅为 4.36,表明该品种果实更加短小。有效分枝数范围为 8.58~11.50 个,其中豫艺 22YP-3 有效分枝数最多,显著高于科润 KR-1、丰抗二号和高辣 8 号;高辣 8 号有效分枝数最少。单株果数范围为 81.33~157.92 个,其中和美簇生朝天椒单株果数最多,为 157.92 个;豫艺 22YP-3 单株果数最少,显著低于和美簇生朝天椒、圣火,和美簇生朝天椒的单株果数为豫艺

表 2 不同朝天椒品种主要农艺性状比较											
Table 2 Comparison of main agronomic traits of different pod pepper varieties											
编号 Number	株高 Plant height/ cm	株幅 Plant spread/ cm	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	果实横径 Fruit transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	有效分枝数 Number of effective branches	单株果数 Fruit number of single plant	单果质量 Single fruit mass/g	干鲜比 Dry- fresh ratio	单株质量 Single plant mass/g	干椒产量 Dry pepper yield/ (kg·667 m ²)
1	65.54±	45.43±	56.31±	9.33±	6.04±	10.50±	91.92±	1.42±	0.32±	114.00±	239.25±
	3.14 e	4.03 b	0.76 bcd	0.26 abc	0.09 defgh	0.90 ab	20.23 bc	0.29 abc	0.06 ab	21.57 bcd	3.02 bc
2	71.03±	56.63±	57.02±	8.73±	6.53±	8.75±	88.25±	1.43±	0.32±	129.00±	276.82±
	15.76 de	6.53 ab	4.27 bc	0.30 abcd	0.33 bcde	0.25 b	13.56 bc	0.05 abc	0.01 ab	31.47 abcd	79.33 bc
3	70.75±	53.47±	50.16±	8.54±	5.88±	9.25±	157.92±	0.89±	0.31±	140.50±	287.91±
	9.05 de	3.76 ab	3.26 def	0.64 bcd	0.21 defghi	2.82 ab	48.58 a	0.42 bcd	0.04 b	18.38 abc	1.73 abc
4	93.20±	56.21±	47.08±	9.21±	5.10±	9.17±	119.67±	1.14±	0.34±	130.38±	283.53±
	10.80 a	8.20 ab	4.74 f	0.71 abcd	0.16 hij	1.18 ab	28.31 abc	0.08 abcd	0.07 ab	51.44 abcd	55.17 abc
5	70.90±	57.23±	54.65±	8.12±	6.74±	11.50±	81.33±	1.02±	0.32±	81.13±	174.17±
	3.80 de	5.83 ab	4.56 cde	0.62 cd	0.52 bcd	0.50 a	18.11 c	0.26 abcd	0.10 ab	4.77 cd	62.95 c
6	75.53±	46.62±	55.85±	8.86±	6.34±	9.92±	119.42±	1.15±	0.32±	139.88±	294.00±
	5.62 cde	3.22 b	3.52 bcd	0.59 abcd	0.84 cdef	0.63 ab	5.64 abc	0.30 abcd	0.25 ab	31.64 abc	43.37 abc
7	89.12±	56.64±	40.34±	9.28±	4.36±	8.75±	107.58±	1.06±	0.34±	119.50±	270.99±
	3.21 abc	6.91 ab	2.02 g	0.87 abc	0.25 j	0.25 b	11.62 bc	0.22 abcd	0.02 ab	39.24 bcd	75.13 bc
8	92.37±	56.13±	49.32±	8.44±	5.87±	9.33±	102.33±	0.84±	0.38±	80.63±	203.03±
	9.07 a	5.51 ab	2.79 ef	0.77 bcd	0.51 defghi	1.13 ab	21.47 bc	0.23 cd	0.04 ab	2.30 cd	26.31 c
9	90.89±	60.37±	51.52±	8.29±	6.22±	9.00±	100.25±	0.76±	0.43±	74.88±	212.28±
	7.67 ab	9.69 ab	0.70 cdef	0.40 bcd	0.39 cdefg	1.89 ab	25.01 bc	0.33 d	0.04 a	11.13 d	12.02 c
10	82.58±	58.88±	46.47±	8.51±	5.51±	9.92±	115.92±	0.78±	0.32±	95.75±	210.98±
	2.91 abcd	9.05 ab	4.05 f	1.26 bcd	0.54 fghi	2.16 ab	15.00 abc	0.04 d	0.08 ab	15.91 cd	83.15 c
11	71.32±	47.97±	63.75±	8.69±	7.36±	9.17±	91.17±	0.91±	0.35±	96.00±	215.16±
	4.51 de	12.72 b	1.71 a	0.77 abcd	0.43 ab	1.53 ab	22.26 bc	0.33 abcd	0.04 ab	48.80 cd	89.63 c
12	86.74±	69.31±	54.06±	9.51±	5.69±	9.08±	125.83±	1.54±	0.29±	182.75±	357.80±
	3.75 abc	17.32 a	1.70 cde	0.21 ab	0.20 efghi	0.63 ab	11.76 ab	0.22 a	0.03 b	18.03 a	73.04 ab
13	80.03±	61.28±	61.63±	7.96±	7.78±	8.58±	95.58±	1.11±	0.30±	113.75±	228.15±
	6.15 abcd	4.29 ab	2.82 ab	0.50 d	0.79 a	0.38 b	11.72 bc	0.12 abcd	0.04 b	8.84 bcd	50.89 bc
14	75.09±	57.53±	57.24±	9.96±	5.77±	9.00±	118.92±	1.52±	0.38±	166.63±	421.63±
	2.52 cde	5.17 ab	3.02 bc	0.61 a	0.62 efghi	1.95 ab	17.29 abc	0.44 ab	0.04 ab	20.69 ab	94.45 a
15	81.00±	50.76±	57.12±	8.19±	6.99±	10.42±	119.75±	1.07±	0.32±	132.63±	284.04±
	12.46 abcd	10.04 b	1.92 bc	0.72 bcd	0.41 abc	0.58 ab	28.67 abc	0.21 abcd	0.04 ab	13.26 abcd	5.22 abc
16	77.31±	51.34±	47.44±	9.38±	5.06±	9.25±	118.17±	1.15±	0.32±	133.38±	287.84±
	3.36 bcde	9.41 b	2.98 f	0.23 abc	0.27 ij	1.15 ab	3.89 abc	0.14 abcd	0.01 ab	15.03 abcd	41.18 abc
17	85.06±	55.46±	47.26±	8.88±	5.34±	9.58±	120.42±	1.14±	0.35±	129.00±	298.71±
	4.90 abcd	9.48 ab	7.01 f	0.87 abcd	0.81 ghi	0.52 ab	29.74 abc	0.27 abcd	0.02 ab	15.20 abcd	52.12 abc
变异系数 CV/%	10.80	10.59	11.49	6.31	14.47	8.00	16.75	21.96	9.90	24.28	22.75

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

22YP-3 的 1.94 倍。单果质量范围为 0.76~1.54 g, 其中圣火单果质量最大,显著高于魔鬼新一代、吨椒新二代和奥农高辣新一代,其次是尚田 CS-2207;吨椒新二代单果质量最小,仅为 0.76 g。干鲜比范围为 0.29~0.43,其中吨椒新二代干鲜比最大,为 0.43;圣火干鲜比最小,除了显著低于吨椒新二代外,与其他品种差异不显著。单株质量范围为 74.88~182.75 g,其中圣火单株质量最大,其次是尚田 CS-2207,两者差异不显著;吨椒新二代单株质量最小,显著低于和美簇生朝天椒、艳火 212、圣火、尚田 CS-2207,圣火的单株质量是吨椒新二代的 2.44 倍。干椒产量范围为 174.17~421.63 kg·667 m²,其中尚田 CS-2207 干椒产量最高,其次是圣火和内黄新一代;豫艺 22YP-3 干椒产量最低,显著低于圣火、尚田 CS-2207,尚田 CS-2207 的干椒产量是豫艺 22YP-3 的 2.42 倍。

由表 2 可知,11 个农艺性状的变异系数为 6.31%~24.28%,表明各品种各农艺性状间具有较为

丰富的多样性。其中,单株质量变异系数最大,说明各品种间单株质量差异最大;其次是干椒产量和单果质量,变异系数分别为 22.75%、21.96%;果实横径变异系数最小,说明各品种间果实横径差异最小。

2.2 不同朝天椒品种抗病性分析

由表 3 可知,病毒病的病情指数为 2.28~21.08,除了魔鬼新一代的抗病性为中抗外,其余品种均为抗病或高抗,其中尚田 CS-2207 病情指数最小、发病率最低,说明该品种抗病毒病能力最强。疫病的病情指数为 2.56~12.82,所有参试品种均为抗病或高抗,其中尚田 CS-2207 病情指数最小、发病率最低,抗疫病能力最强。炭疽病的病情指数为 5.38~25.90,除了吨椒新二代、奥农高辣新一代和圣火的抗病性为高抗外,其余品种均为抗病,其中圣火病情指数最小,抗炭疽病能力最强。上述三种病情指数的变异系数为 31.57%~53.57%,其中病毒病病情指数变异系数最大,表明各品种在抗病毒病能力方面差异最大。

2.3 不同朝天椒品种农艺性状的主成分分析

对上述 14 个农艺性状进行主成分分析,并计算各主成分的特征值和贡献率,结果如表 4 所示。以特征值大于 1 为标准,提取到 4 个主成分,累计

贡献率达到 79.43%,表明这 4 个主成分能够反映 14 项指标的大部分信息。其中,PC1 特征值为 4.74,方差贡献率最高,为 27.83%,绝对值占比较高的指标为干椒产量、果实横径和单株质量,载荷值分别为 0.87、0.83、0.79,说明 PC1 主要反映产量因子。PC2 特征值为 3.43,方差贡献率为 24.78%,绝对值占比较高的指标为株高和果实纵径,载荷值分别为-0.74 和 0.71,说明 PC2 主要反映植株和果实长度因子。PC3 特征值为 1.62,方差贡献率为 14.22%,绝对值占比较高的指标为有效分枝数和株幅,载荷值分别为-0.69、0.67,说明 PC3 主要反映植株形态因子。PC4 特征值为 1.33,方差贡献率为 12.60%,绝对值占比较高的指标为干鲜比和单株果数,载荷值分别为 0.61 和-0.60,说明 PC4 主要反映干椒加工因子。根据成分因子得分系数矩阵,计算 17 个朝天椒品种的综合得分及排名,结果见表 5, F_1 ~ F_4 分别代表主成分因子 PC1~PC4 的得分, F 为 17 个朝天椒品种的综合得分, F 值越大,表示朝天椒品种综合性状越好。尚田 CS-2207 在 F_1 有最大值,为 2.44,表明该品种在朝天椒产量方面表现较好;高辣 8 号在 F_2 、 F_3 、 F_4 有最大值,分别为 2.12、1.57 和 0.86,表明该品种在植株形态、果实长度和

表 3 不同朝天椒品种田间抗病性比较
Table 3 Comparison of disease resistance of different pod pepper varieties in the field

编号 Number	病毒病 Virus disease			疫病 Blight			炭疽病 Anthrax		
	发病率 Incidence/ %	病情指数 Disease index	抗性 Disease resistance	发病率 Incidence/ %	病情指数 Disease index	抗性 Disease resistance	发病率 Incidence/ %	病情指数 Disease index	抗性 Disease resistance
1	71.79	13.96	抗病 R	42.31	8.72	高抗 HR	46.15	15.38	抗病 R
2	52.56	9.54	高抗 HR	42.31	11.03	抗病 R	43.59	14.62	抗病 R
3	25.64	5.41	高抗 HR	60.26	12.05	抗病 R	50.00	16.92	抗病 R
4	50.00	10.97	抗病 R	19.23	3.85	高抗 HR	51.28	13.59	抗病 R
5	76.92	16.81	抗病 R	50.00	11.54	抗病 R	64.10	20.77	抗病 R
6	57.69	12.68	抗病 R	50.00	10.00	高抗 HR	50.00	13.08	抗病 R
7	50.00	9.26	高抗 HR	42.31	8.97	高抗 HR	60.26	13.59	抗病 R
8	75.64	21.08	中抗 MR	24.36	5.13	高抗 HR	20.51	12.05	抗病 R
9	70.51	11.11	抗病 R	51.28	8.46	高抗 HR	38.46	6.92	高抗 HR
10	55.13	12.96	抗病 R	32.05	6.41	高抗 HR	34.62	9.49	高抗 HR
11	41.03	4.84	高抗 HR	56.41	11.28	抗病 R	62.82	17.69	抗病 R
12	25.64	3.99	高抗 HR	46.15	9.23	高抗 HR	21.79	5.38	高抗 HR
13	30.77	4.70	高抗 HR	51.28	12.82	抗病 R	74.36	25.90	抗病 R
14	17.95	2.28	高抗 HR	12.82	2.56	高抗 HR	37.18	12.56	抗病 R
15	51.28	9.12	高抗 HR	41.03	8.21	高抗 HR	76.92	16.41	抗病 R
16	26.92	3.85	高抗 HR	38.46	7.69	高抗 HR	56.41	13.85	抗病 R
17	64.10	8.40	高抗 HR	55.13	4.87	高抗 HR	14.10	11.03	抗病 R
变异系数 CV/%	38.25	53.57		31.57	35.72		38.34	34.55	

表 4 朝天椒品种性状主成分特征值与贡献率
Table 4 Characteristic values and contribution rates of principal components of characters of pod pepper varieties

性状 Trait	PC1	PC2	PC3	PC4
株高 Plant height	0.33	-0.74	0.40	-0.02
株幅 Plant spread	0.31	-0.18	0.67	-0.02
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	-0.41	0.71	0.17	0.44
果实横径 Fruit transverse diameter	0.83	0.16	-0.34	0.25
果形指数 Fruit shape index	-0.70	0.51	0.31	0.23
有效分枝数 Number of effective branches	-0.45	0.01	-0.69	-0.13
单株果数 Fruit number of single plant	0.61	0.02	0.03	-0.60
单果质量 Single fruit mass	0.53	0.62	-0.19	0.33
干鲜比 Dry-fresh ratio	0.02	-0.62	0.12	0.61
单株质量 Single plant mass	0.79	0.56	-0.01	-0.13
干椒产量 Dry pepper yield	0.87	0.39	-0.01	0.11
病毒病病情指数 Viral disease index	-0.49	-0.59	-0.41	0.04
疫病病情指数 Blight disease index	-0.58	0.49	0.28	-0.35
炭疽病病情指数 Anthrax disease index	-0.61	0.49	0.05	-0.14
特征值 Eigenvalue	4.74	3.43	1.62	1.33
方差贡献率 Variance contribution rate/%	27.83	24.78	14.22	12.60
累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate/%	27.83	52.61	66.82	79.43

表 5 不同朝天椒品种主成分得分与综合得分
Table 5 Principal component scores and comprehensive scores of different pod pepper varieties

编号 Number	F1	F2	F3	F4	F	排名 Rank
1	0.69	0.41	-2.31	-0.51	-0.12	10
2	0.55	1.14	0.19	-0.25	0.54	4
3	-0.27	-0.42	0.21	2.43	0.20	6
4	0.15	-1.16	0.23	-0.31	-0.31	12
5	-1.25	0.77	-1.53	0.13	-0.45	14
6	0.33	0.04	-1.05	0.46	0.01	9
7	-0.24	-1.31	0.43	0.23	-0.38	13
8	-1.32	-0.73	0.05	-1.41	-0.90	17
9	-1.26	-0.08	1.38	-1.79	-0.50	15
10	-1.09	-1.08	-0.12	0.34	-0.69	16
11	-0.21	1.71	-0.03	-0.51	0.37	5
12	1.45	-0.30	1.45	0.74	0.79	2
13	-0.63	2.12	1.57	0.86	0.86	1
14	2.44	0.14	0.29	-1.36	0.73	3
15	-0.14	0.37	-0.49	0.59	0.07	7
16	0.56	-0.68	-0.30	0.58	0.02	8
17	0.22	-0.94	0.01	-0.20	-0.25	11

干椒加工方面均表现较好。主成分综合排名前 4 从
高到低依次是高辣 8 号、圣火、尚田 CS-2207 和科润
KR-1,表明这些朝天椒品种综合性状相对较好。

2.4 不同朝天椒品种聚类分析

对 14 个农艺性状进行聚类分析,结果如图 1
所示。在欧式距离为 8 时,17 个朝天椒品种分为 3
类,第 I 类包括 8 个品种,分别为科润 KR-1、和美簇
生朝天椒、豫艺福豪新一代、艳火 212、丰抗二
号、早椒 2 号、高辣 3 号、高辣 8 号。

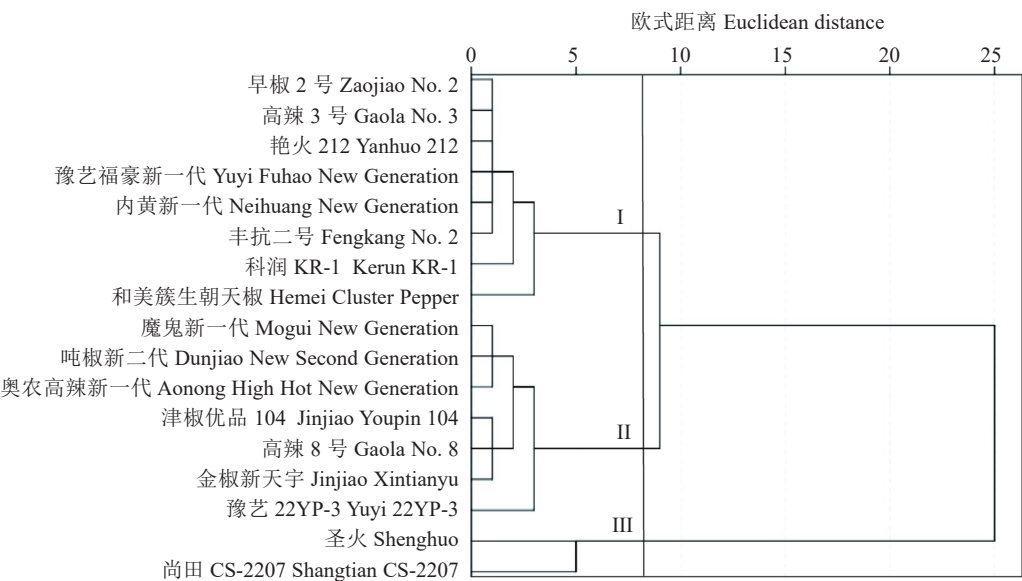


图 1 不同朝天椒品种聚类分析树形图
Fig. 1 Cluster analysis tree diagram of different pod pepper varieties

椒 2 号、高辣 3 号和内黄新一代,该类群果实纵径、果形指数、干鲜比最低,其他指标值均位于中等水平;第 II 类包括 7 个品种,分别为津椒优品 104、豫艺 22YP-3、魔鬼新一代、吨椒新二代、奥农高辣新一代、金椒新天宇和高辣 8 号,该类群果形指数、有效分枝数和病毒病病情指数最高,而单株质量和干椒产量最低;第 III 类包括 2 个品种,分别为圣火和尚田 CS-2207,该类群除了果形指数、有效分枝数、干鲜比、病毒病和炭疽病病情指数外,其他性状指标值均最高。进一步分析 3 个类型的农艺性状特征(表 6),发现 3 个类型品种间的株幅、果实横径、单株果数、单果质量、单株质量、干椒产量和病毒病病情指数存在显著差异,其他性状差异不显著。第 III 类的株幅、果实横径、单株果数、单果质量、单株质量和干椒产量均最大,其中,除了株幅与第 II 类、单株果数与第 I 类差异不显著外,其余均显著大于第 I 类和第 II 类;第 II 类的病毒病病情指数显著大于第 III 类,与第 I 类差异不显著;第 I 类的单株质量和干

椒产量显著大于第 II 类。
2.5 不同朝天椒品种农艺性状的相关性分析
对 14 个农艺性状进行相关性分析(表 7),结果表明 14 个农艺性状均至少与 1 个农艺性状存在显著或极显著相关性。进一步研究发现,株高与株幅呈显著正相关,与果实纵径、疫病病情指数、炭疽病病情指数呈显著负相关;果实纵径与果形指数呈极显著正相关;果实横径与果形指数呈极显著负相关,与单果质量、单株质量、干椒产量呈极显著正相关;果形指数与疫病病情指数、炭疽病病情指数呈显著正相关;有效分枝数与病毒病病情指数呈显著正相关;单株果数与单株质量、干椒产量呈显著正相关;单果质量与单株质量、干椒产量呈极显著正相关;单株质量与病毒病病情指数呈极显著负相关,与干椒产量呈极显著正相关,且后者相关系数最高,为 0.926;干椒产量与病毒病病情指数呈极显著负相关,表明提高品种病毒病抗病性可增加产量;疫病病情指数与炭疽病病情指数呈显著正相关。

表 6 不同类型的朝天椒品种农艺性状特征
Table 6 Agronomic traits of different types of pod pepper varieties

类型 Type	株高 Plant height/cm	株幅 Plant spread/cm	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	果实横径 Fruit transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	有效分枝数 Number of effective branches	单株果数 Fruit number of single plant
I	80.37±8.25 a	53.39±3.59 b	50.28±5.97 a	8.88±0.40 b	5.70±0.89 a	9.39±0.57 a	118.90±19.25 ab
II	79.09±10.33 a	55.33±6.19 ab	54.81±6.31 a	8.47±0.45 b	6.50±0.83 a	9.71±1.02 a	96.93±10.83 b
III	80.92±8.24 a	63.42±8.33 a	55.65±2.25 a	9.74±0.32 a	5.73±0.06 a	9.04±0.06 a	122.38±4.89 a

类型 Type	单果质量 Single fruit mass/g	干鲜比 Dry-fresh ratio	单株质量 Single plant mass/g	干椒产量 Dry pepper yield/(kg·667 m ²)	病毒病病情指数 Viral disease index	疫病病情指数 Blight disease index	炭疽病病情指数 Anthrax disease index
I	1.13±0.15 b	0.33±0.01 a	131.78±6.69 b	285.48±8.86 b	8.65±2.84 ab	8.33±2.85 a	14.14±1.87 a
II	0.98±0.23 b	0.35±0.05 a	93.73±15.85 c	211.86±20.52 c	12.21±5.99 a	9.19±2.83 a	15.46±6.61 a
III	1.53±0.01 a	0.34±0.06 a	174.69±11.40 a	389.72±45.13 a	3.14±1.21 b	5.89±4.72 a	8.87±5.08 a

3 讨论与结论

笔者对 17 个朝天椒品种农艺性状进行比较分析,结果表明,病毒病、疫病和炭疽病病情指数变异系数均较大,说明品种间抗病性差异较大,具有丰富的遗传信息。其余 11 个农艺性状中单株质量、干椒产量和单果质量变异系数较大,与常晓轲等^[13]和张秀荣等^[18]研究得出的结论有相似之处;而果实横径变异系数最小,与王虹等^[19]研究结果一致。
主成分分析结果表明,14 个农艺性状降维提取到 4 个主成分因子,分别代表产量、植株和果实长

度、植株形态和干椒加工因子,累计贡献率达到 79.43%,表明这 4 个因子能够反映大部分指标的信息量;综合得分排名前 4 的朝天椒品种分别是高辣 8 号、圣火、尚田 CS-2207 和科润 KR-1,综合性状表现良好,适宜在豫北地区推广种植。此外,针对筛选出的优良品种可结合当地的实际生产情况,采用小麦套种朝天椒、大蒜套种朝天椒、小麦套种朝天椒间作玉米等多种高效栽培模式^[20-21],进一步提高朝天椒种植的经济效益。
聚类分析结果表明,在欧式距离为 8 时,17 个朝天椒品种可划分为 3 类:第 I 类包括科润 KR-1、

表 7 不同朝天椒品种农艺性状相关性分析
Table 7 Correlation analysis of agronomic traits of different pod pepper varieties

性状 Trait	株高 Plant height	株幅 Plant spread	果实纵径 Fruit longitudinal diameter	果实横径 Fruit transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	有效分枝数 Number of effective branches	单株果数 Fruit number of single plant	单果质量 Single fruit mass	干鲜比 Dry-fresh ratio	单株质量 Single plant mass	干椒产量 Dry pepper yield	病毒病病情指数 Viral disease index	疫病病情指数 Blight disease index	炭疽病病情指数 Anthrax disease index
株高	1													
Plant height		0.521*	1											
株幅														
Plant spread			-0.566*	-0.176	1									
果实纵径														
Fruit longitudinal diameter				-0.018	-0.015	-0.225	1							
果实横径														
Fruit transverse diameter					-0.433	-0.120	0.898**	-0.628**	1					
果形指数														
Fruit shape index						-0.369	-0.364	0.084	-0.259	0.169	1			
有效分枝数														
Number of effective branches							0.164	0.066	-0.370	0.265	0.265	-0.419	-0.194	1
单株果数														
Fruit number of single plant								0.107	0.274	0.675**	0.675**	-0.078	-0.098	-0.024
单果质量														
Single fruit mass														
干鲜比														
Dry-fresh ratio														
单株质量														
Single plant mass														
干椒产量														
Dry pepper yield														
病毒病病情指数														
Viral disease index														
疫病病情指数														
Blight disease index														
炭疽病病情指数														
Anthrax disease index														

注: *表示在 0.05 水平上显著相关; **表示在 0.01 水平上极显著相关。
Note: * indicates significant correlation at 0.05 level; ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

和美簇生朝天椒等在内的8个品种,该类品种中单株质量和干椒产量指标位于中间水平,与第Ⅱ类和第Ⅲ类存在显著差异;第Ⅱ类包括津椒优品104、豫艺22YP-3等在内的7个品种,该类品种中单株质量和干椒产量指标位于最低水平,与第Ⅰ类和第Ⅲ类存在显著差异;第Ⅲ类包括圣火和尚田CS-2207这2个品种,该类品种中果实横径、单果质量、单株质量和干椒产量指标位于最高水平,与第Ⅰ类和第Ⅱ类存在显著差异,该类群产量最高、综合品种表现最佳,可作为优质高产的朝天椒品种进行选育推广。此外还发现,在聚类分类中果实性状和产量指标是重要的划分依据,与步洪凤等^[22]得出的结论一致。

相关性分析结果表明,果实横径与单果质量呈极显著正相关,与吕梦瑶等^[23]和袁娟伟等^[24]的研究结果一致;单果质量、果实横径与干椒产量呈极显著正相关,与桂敏等^[29]的研究结果一致;株高与株幅呈显著正相关,果形指数与果实纵径呈极显著正相关、与果实横径呈极显著负相关,与杨超沙等^[15]的研究结果一致。进一步分析发现,果实横径、单株果数、单株质量、单果质量和病毒病病情指数与干椒产量存在密切联系,可作为选育高产品种的重要农艺性状指标。通过相关性分析可知,各农艺性状之间存在一定的内在联系,因此,在选育朝天椒品种时应综合考量多种性状特征。

综上所述,笔者通过差异性分析、主成分分析、聚类分析和相关性分析对17个朝天椒品种进行综合评价,结果表明,尚田CS-2207干椒产量最高、抗病毒病和疫病能力最强,圣火抗炭疽病能力最强,17个朝天椒品种农艺性状间存在较大差异,遗传信息丰富;主成分分析提取出4个主成分因子,根据综合得分与排名可知,高辣8号、圣火、尚田CS-2207和科润KR-1代4个品种干椒产量高、抗病性强,综合性状良好,适宜在豫北地区推广种植。

参考文献

[1] 曾绍贵,朱邦彤,罗木旺,等.100份朝天椒的农艺性状和SRAP标记遗传多样性分析[J].江苏农业学报,2018,34(4):871-879.
[2] 常晓轲,姚秋菊,张强,等.河南地区朝天椒品种比较试验[J].长江蔬菜,2019(6):49-51.

[3] 全晓鹏,袁鹤,刘燕,等.31个朝天椒新品种引进比较试验[J].农业科技通讯,2025(5):133-138.
[4] 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.
[5] 杜瑞民,姬晓晨,郭海龙,等.豫北小辣椒工厂化育苗关键技术[J].农业工程技术,2024,44(21):47-49.
[6] 姬晓晨,赵慧杰,杜瑞民,等.安阳市设施蔬菜发展现状及趋势[J].农业科技通讯,2023(12):13-15.
[7] 李传浩,陈瑶,杨志芬,等.露地栽培朝天椒品种筛选试验[J].耕作与栽培,2024,44(4):84-86.
[8] 翟晓岚,刘洪明,向福建.金沙县主栽朝天椒品种农艺性状及产量的比较[J].农业开发与装备,2024(5):136-138.
[9] 袁鹤,李凯,刘燕,等.43个朝天椒新品种引进比较试验[J].农业科技通讯,2023(9):105-109.
[10] 陈娟,宋锐,王一鸣,等.内江地区不同朝天椒品种引种比较试验[J].长江蔬菜,2022(8):50-52.
[11] 丁东霞,韩顺斌,韩泽,等.高台县朝天椒新品种引进比较试验[J].农业科技与信息,2025(1):18-22.
[12] 杨森要,刘勇鹏,贾翌凤,等.101份朝天椒种质资源农艺性状的遗传多样性分析[J].中国瓜菜,2025,38(6):55-60.
[13] 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.
[14] 王永平,王岩,涂德辉,等.不同辣椒新品种产量品质的综合分析[J].种子,2025,44(3):183-189.
[15] 杨超沙,张伟,袁征,等.朝天椒种质资源农艺性状差异性及相关性分析[J].园艺与种苗,2023,43(1):10-12.
[16] 王楠艺,付文婷,周鹏,等.基于主成分分析的30个辣椒品种果实品质综合评价[J].中国瓜菜,2024,37(4):46-55.
[17] 李锡香.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.
[18] 张秀荣,李晓丹,张延安,等.辣椒产量与相关农艺性状的灰色关联度分析[J].江西农业学报,2013,25(2):47-50.
[19] 王虹,郑明燕,贾毛毛,等.基于多种分析方法对朝天椒农艺性状的综合评价[J].中国瓜菜,2025,38(6):61-67.
[20] 张瑞霞,王义辉,刘建军,等.河南省朝天椒高效栽培模式概述[J].农业科技通讯,2022(7):222-224.
[21] 王青秀.内黄县朝天椒高产栽培新技术[J].河南农业,2025(5):16-18.
[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.
[23] 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.
[24] 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.
[25] 桂敏,龙洪进,钟秋月,等.朝天椒种质资源主要农艺性状的相关性和通径分析[J].西南农业学报,2017,30(1):176-182.