

辣椒杂交组合表型性状综合评价与引种筛选

方 钰, 陈学军, 周坤华, 袁欣捷, 雷 刚, 黄月琴, 李歌歌, 方 荣*

江西省农业科学院蔬菜花卉研究所, 江西南昌 330200

摘 要: 为筛选出适宜江西种植的辣椒优良杂交组合, 本研究对国内不同生态区引进的 187 份辣椒杂交组合的 24 个表型性状开展统计学调查、相关性检测、主成分分析和系统聚类分析。结果表明: 供试组合各性状表现出丰富的遗传多样性, 12 个描述性性状的 Shannon-Weaver 遗传多样性指数在 0.36~1.95 之间, 平均值为 0.82, 其中果形的遗传多样性指数最大, 为 1.95; 12 个数量性状的变异系数变幅为 16.61%~84.48%, 单果重的变异系数最大, 遗传多样性指数在 0.67~2.08 之间, 平均值为 1.80; 相关性分析发现, 单果重与果宽的相关系数最高, 达 0.86, 此外, 产量与果宽、果肉厚和单果重均呈极显著正相关; 主成分分析将 24 个性状指标简化为 3 个主成分, 累计贡献率达 69.164%; 聚类结果显示, 在欧式距离为 8.10 处, 187 份杂交组合可分为 5 个类群, 类群间的单果重、果色、果形和株高等方面存在较大差异; 综合评分筛选出 10 个适宜江西种植的优良杂交组合。研究结果为辣椒杂交组合的综合评价与选择应用提供科学依据。

关键词: 辣椒; 杂交组合; 相关性分析; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

Comprehensive Evaluation of Phenotypic Traits and Introduction Screening of Hybrid Combinations in Pepper

FANG Yu, CHEN Xuejun, ZHOU Kunhua, YUAN Xinjie, LEI Gang, HUANG Yueqin, LI Gege, FANG Rong*

Institute of Vegetable and Flowers, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, Jiangxi 330200, China

Abstract: Based on 24 phenotypic traits, statistical analysis, correlation analysis, principal component analysis and systematic cluster analysis were carried out on 187 pepper hybrid combinations introduced from different ecological regions in China to screen out the best hybrid combinations of pepper suitable for planting in Jiangxi. The Shannon-Weaver genetic diversity index of 12 descriptive traits was ranged from 0.36 to 1.95, with an average of 0.82. The genetic diversity index of fruit shape was highest (1.95). The variation coefficient of 12 quantitative traits was ranged from 16.61% to 84.48%, and the variation coefficient of single fruit weight was the largest. The genetic diversity index was ranged from 0.67 to 2.08, with an average of 1.80. Correlation analysis showed that the correlation coefficient (r_s) between single fruit weight and fruit diameter was the highest, reaching 0.86. In addition, yield was significantly positively correlated with fruit diameter, fruit flesh thickness and single fruit weight. Principal component analysis simplified the 24 traits index into 3 principal components, and the cumulative contribution rate reached 69.164%. The cluster analysis showed that the 187 hybrid combinations could be divided into 5 groups at 8.10 Euclidean-distance, and there were significant differences in single fruit weight, fruit color, fruit shape and plant height among the groups. After comprehensive scoring, 10 excellent hybrid combinations suitable for planting in Jiangxi were selected. The above results would provide scientific basis for the comprehensive evaluation, selection and application of pepper hybrid combination.

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

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.04.010

收稿日期 2024-10-11; 接受日期 2024-10-26

基金项目 国家现代农业产业技术体系项目 (No. CARS-24-G-10); 江西省农作物良种联合攻关项目; 江西省重点研发计划项目 (No. 20223BBF61003)。

作者简介 方 钰 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 辣椒遗传育种与分子生物技术。*通信作者 (Corresponding author): 方 荣 (FANG Rong), E-mail: 19889766@163.com。

辣椒 (*Capsicum* spp.) 为茄科辣椒属蔬菜作物, 原产中南美洲, 富含辣椒素、维生素 C 及叶酸等营养成分, 具有重要的营养保健作用, 是全球消费量最大的辛辣调味品和消费功能最多的蔬菜作物^[1]。“十三五”以来, 我国辣椒播种面积逐年增加, 现已成为我国种植面积最大、产值最高的蔬菜作物^[1-2], 截至 2017 年, 辣椒种植面积达 213.96 万 hm^2 , 位列全国第一^[3]。

目前, 国内育成的辣椒品种大多属于一代杂种, 市场上辣椒杂交组合数量多, 但遗传多样性低, 品种创新不足造成同质化问题严重^[2]; 为提高辣椒优良杂交组合筛选效率, 促进品种改良, 亟需利用多元统计分析法对辣椒杂交组合进行科学鉴定与综合评价^[4]。李燕等^[5]采用主成分分析法、聚类分析法综合评价了石家庄地区引进的不同辣椒杂交品种的产量和品质, 为当地辣椒品种的引种筛选提供了依据; 陈彩霞等^[6]对甘肃省引进的 154 份辣椒杂交组合的 21 个农艺性状进行调查, 通过遗传力分析、主成分分析和聚类分析评价了遗传多样性, 最终筛选出品质优良的早、中、晚熟杂交组合 7 个; 王新珂^[7]对 25 个辣椒杂交组合 15 个农艺性状开展杂种优势和相关性分析, 筛选出 4 份配合力强、产量高和品质优良的杂交组合; 姚子巍等^[8]对 15 个不同辣椒杂交组合的光合生理指标进行测定以探明最佳耐弱光杂交组合, 结果表明 15 号杂交组合的净光合速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度显著高于其他杂交组合, 可作为耐弱光杂交组合。

江西是我国鲜食辣椒重要产区, 主要以羊角椒、牛角椒、线椒、螺丝椒和薄皮泡椒等类型辣椒为主, 年播种面积达 8.67 万 hm^2 , 年产量达到 260 万 t, 其中, 高安、永丰、宁都、信丰等地辣椒栽培面积大, 产业化程度高^[9], 江西辣椒除满足本省消费需求外, 还销往粤港澳大湾区以及湖南、湖北、上海、山东等地区。近年来江西设施蔬菜产业发展迅速, 辣椒种植面积逐年增加, 但由于主栽品种较为单一, 加上设施多年连作种植, 辣椒品种的品质和抗病抗逆性均有所下降, 难以满足市场多样化需求。为此, 本研究从省内外引进 187 份辣椒杂交组合进行系统分析和综合评价, 以期为辣椒杂交组合的筛选与示范应用提供理论依据^[10]。

1 材料与方法

1.1 材料

供试辣椒杂交组合共 187 份, 均为一年生辣

椒 (*Capsicum annuum*), 熟性以早熟居多, 部分中晚熟。其中江西省农业科学院蔬菜花卉研究所选育的辣椒杂交组合 76 个, 国内其他育种单位选育的辣椒杂交组合 111 个, 包括线椒、羊角椒、牛角椒、泡椒、甜椒、螺丝椒和朝天椒等多种类型。具体信息详见表 1。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在江西省农业科学院高安基地进行, 试验面积共 6666.67 m^2 试验地地势平坦, 土壤肥力均匀。该基地属于亚热带季风气候, 雨量充沛, 光照充足, 无霜期长, 平均日温差 8~14 $^{\circ}\text{C}$ 。试验采用常规穴盘育苗, 于 2022 年 11 月 4 日播种, 2023 年 3 月 29 日定植于连栋大棚, 以高畦地膜覆盖方式栽培, 采用双行单株的形式, 株行距为 40 $\text{cm} \times 70 \text{ cm}$, 随机区组方式排列^[11], 重复 3 次, 每小区定植 40 株。试验区四周设保护行, 水肥管理与常规相同。

1.2.2 表型性状采集 表型性状的采集于 2023 年 6 月 30 日进行, 性状统计参考《辣椒种质资源描述规范和数据标准》^[12]并略作调整。数量性状每个组合随机选择 5 株进行调查, 盛花期观察记载株高、主茎高、株幅、始花节位、花冠和花柱的颜色等; 商品果成熟期每个组合随机选择 5 株, 每株测定 3 个果实的单果重、果长、果宽、果肉厚度和辣味等性状, 取平均值; 采收期通过五点取样法选取长势均匀的 5 个单株测定单株坐果数和单株产量。

1.3 数据处理

为便于数据分析, 对 24 个性状进行量化处理, 具体赋值分级标准如表 2 所示。描述性性状参考《辣椒种质资源描述规范和数据标准》^[12]的赋值分级方法, 数量性状赋值方法如下: 对株高、主茎高、株幅、始花节位、果长、果宽、果肉厚等数量性状根据平均值和标准差进行 10 级分类, 从第一级 $X_i < (M - 2S)$ 到第 10 级 $X_i \geq (M + 2S)$, 每 0.5S 为 1 级, M 为平均值, S 为标准差^[13], 根据公式计算遗传多样性指数 (genetic diversity index, H') $H' = -\sum P_i \ln P_i$, 式中, P_i 表示某性状第 i 级样品频率^[14]。利用 Microsoft Excel 2016 对农艺性状的表型数据进行处理分析, 计算各性状的分布频率、最小值、最大值、平均值、标准差、变异系数 (coefficient of variation, CV) 等。利用 R4.0.3 软件 (<https://www.r-project.org/>)、IBM SPSS Statistics 25 软件和 Origin 2024 软件进行相关性分析、主成分分析和

表 1 187 份辣椒杂交组合的名称及来源
Tab. 1 Names and sources of 187 pepper hybrid combinations

编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape	编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape	编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape
N1	2023CG01	JXSC	短牛角	N38	2023CG38	JXSC	长羊角	N75	赣椒 603	JXSC	长牛角
N2	2023CG02	JXSC	短羊角	N39	2023CG39	JXSC	方灯笼	N76	赣椒 606	JXSC	长牛角
N3	2023CG03	JXSC	长灯笼	N40	2023CG40	JXSC	长牛角	N77	博辣青香 2 号	湖南长沙	长羊角
N4	2023CG04	JXSC	扁灯笼	N41	2023CG41	JXSC	长牛角	N78	博辣青香 3 号	湖南长沙	线形
N5	2023CG05	JXSC	长牛角	N42	2023CG42	JXSC	长牛角	N79	博辣青香 4 号	湖南长沙	线形
N6	2023CG06	JXSC	长羊角	N43	2023CG43	JXSC	短牛角	N80	博辣皱线 6 号	湖南长沙	线形
N7	2023CG07	JXSC	长羊角	N44	2023CG44	JXSC	长牛角	N81	博辣丰香	湖南长沙	线形
N8	2023CG08	JXSC	长羊角	N45	2023CG45	JXSC	长牛角	N82	兴蔬皱皮辣	湖南长沙	短羊角
N9	2023CG09	JXSC	长灯笼	N46	2023CG46	JXSC	长牛角	N83	兴蔬皱皮辣	湖南长沙	短牛角
N10	2023CG10	JXSC	长羊角	N47	2023CG47	JXSC	长牛角	N84	兴蔬 205	湖南长沙	长羊角
N11	2023CG11	JXSC	长羊角	N48	2023CG48	JXSC	长灯笼	N85	兴蔬 208	湖南长沙	长牛角
N12	2023CG12	JXSC	长羊角	N49	2023CG49	JXSC	长牛角	N86	兴蔬 211	湖南长沙	长牛角
N13	2023CG13	JXSC	长羊角	N50	2023CG50	JXSC	长灯笼	N87	兴蔬玉椒香	湖南长沙	短羊角
N14	2023CG14	JXSC	长羊角	N51	2023CG51	JXSC	长牛角	N88	兴蔬青剑	湖南长沙	短牛角
N15	2023CG15	JXSC	方灯笼	N52	2023CG52	JXSC	长羊角	N89	福湘碧秀	湖南长沙	短牛角
N16	2023CG16	JXSC	长羊角	N53	2023CG53	JXSC	长羊角	N90	福湘秀丽	湖南长沙	长灯笼
N17	2023CG17	JXSC	长牛角	N54	2023CG54	JXSC	短羊角	N91	湘研 1142	湖南长沙	长牛角
N18	2023CG18	JXSC	长羊角	N55	2023CG55	JXSC	短羊角	N92	椒妃	湖南长沙	线形
N19	2023CG19	JXSC	长羊角	N56	2023CG56	JXSC	长羊角	N93	旋翠 2020	湖南长沙	线形
N20	2023CG20	JXSC	长羊角	N57	2023CG57	JXSC	短羊角	N94	黄帝	湖南长沙	方灯笼
N21	2023CG21	JXSC	方灯笼	N58	2023CG58	JXSC	短羊角	N95	66 号试种种子	湖南长沙	短羊角
N22	2023CG22	JXSC	短羊角	N59	2023CG59	JXSC	短羊角	N96	双骄	湖南长沙	线形
N23	2023CG23	JXSC	长羊角	N60	2023CG60	JXSC	短羊角	N97	皱皮贡优 F ₁	湖南长沙	短羊角
N24	2023CG24	JXSC	长灯笼	N61	2023CG61	JXSC	短羊角	N98	海丰 398	北京海淀	长牛角
N25	2023CG25	JXSC	长羊角	N62	2023CG62	JXSC	短羊角	N99	海丰 392	北京海淀	长羊角
N26	2023CG26	JXSC	长牛角	N63	2023CG63	JXSC	短羊角	N100	海丰 189	北京海淀	短牛角
N27	2023CG27	JXSC	长牛角	N64	2023CG64	JXSC	短羊角	N101	海丰 108	北京海淀	长牛角
N28	2023CG28	JXSC	短牛角	N65	2023CG65	JXSC	短羊角	N102	海丰 393	北京海淀	线形
N29	2023CG29	JXSC	短羊角	N66	2023CG66	JXSC	短羊角	N103	海丰 345	北京海淀	长牛角
N30	2023CG30	JXSC	线形	N67	2023CG67	JXSC	长牛角	N104	海丰 391	北京海淀	线形
N31	2023CG31	JXSC	长羊角	N68	2023CG68	JXSC	长羊角	N105	海丰 340	北京海淀	长羊角
N32	2023CG32	JXSC	长牛角	N69	23E 102	JXSC	短羊角	N106	海丰 268	北京海淀	长牛角
N33	2023CG33	JXSC	方灯笼	N70	23E 104	JXSC	短牛角	N107	海丰 224	北京海淀	长羊角
N34	2023CG34	JXSC	长牛角	N71	23E 107	JXSC	长牛角	N108	海丰 366	北京海淀	长牛角
N35	2023CG35	JXSC	长牛角	N72	23E 114	JXSC	长指形	N109	海丰 254	北京海淀	长羊角
N36	2023CG36	JXSC	长灯笼	N73	赣椒 515	JXSC	短羊角	N110	海丰 342	北京海淀	长牛角
N37	2023CG37	JXSC	长羊角	N74	赣椒 602	JXSC	长牛角	N111	海花红 6 号	北京海淀	长指形

续表 1 187 份辣椒杂交组合的名称及来源
Tab. 1 Names and sources of 187 pepper hybrid combinations (continued)

编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape	编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape	编号 No.	名称 Name	来源 Origin	果形 Fruit shape
N112	纤旋	北京海淀	长羊角	N138	月丰 865	江西南昌	线形	N164	绿剑 6 号	江西南昌	长羊角
N113	卓椒二号	贵州遵义	线形	N139	月丰 868	江西南昌	线形	N165	绿剑 7 号	江西南昌	长牛角
N114	圆明珠	安徽合肥	圆球形	N140	薄脆 216	江西南昌	短羊角	N166	螺线一号	江西南昌	线形
N115	玉美人	安徽合肥	线形	N141	旋丰 S04	江西南昌	线形	N167	21-J2	江西南昌	短羊角
N116	川椒 19 号	四川自贡	短羊角	N142	绿冠	江西南昌	长牛角	N168	裕丰 2 号	江西南昌	短指形
N117	川椒 138	四川自贡	线形	N143	龙剑	江西南昌	长牛角	N169	裕丰 15 号	江西南昌	长牛角
N118	川椒 152	四川自贡	短羊角	N144	农线 1 号	江西南昌	线形	N170	裕丰 16 号	江西南昌	短牛角
N119	川椒 156	四川自贡	短指形	N145	碧螺	江西南昌	长羊角	N171	裕丰 17 号	江西南昌	长牛角
N120	川椒 211	四川自贡	短指形	N146	脆香一号	江西南昌	长牛角	N172	裕丰 19 号	江西南昌	短牛角
N121	川椒 483	四川自贡	长指形	N147	长尖八号	江西南昌	线形	N173	裕丰 33 号	江西南昌	短羊角
N122	干鲜 4 号	四川自贡	短指形	N148	龙线 212	江西南昌	线形	N174	裕丰 35 号	江西南昌	线形
N123	早红四一	四川自贡	短指形	N149	鼎秀早椒	江西南昌	线形	N175	20232S-2	江西南昌	短牛角
N124	海迈格力 5	四川成都	线形	N150	鼎秀国艳	江西南昌	线形	N176	20232S-9	江西南昌	短羊角
N125	海迈 S323	四川成都	线形	N151	鼎秀美人蕉	江西南昌	短羊角	N177	22yp-1	江西南昌	长羊角
N126	海迈 S318	四川成都	长牛角	N152	赣杂大果	江西南昌	短牛角	N178	22yp-3	江西南昌	短牛角
N127	海迈 S320	四川成都	线形	N153	赣洪四号	江西南昌	短羊角	N179	22yp-5	江西南昌	线形
N128	海迈 5000L	四川成都	线形	N154	赣龙十号	江西南昌	短羊角	N180	TCLP-1F06	江西南昌	长羊角
N129	海迈 5000B	四川成都	线形	N155	辛香 11 号	江西南昌	短羊角	N181	TCLP-1991W	江西南昌	短羊角
N130	新辣皱皮王	四川成都	短羊角	N156	辛香 B3	江西南昌	长羊角	N182	春研超霸	江西宜春	长牛角
N131	螺丝椒 106	江西南昌	长牛角	N157	辛香 A4	江西南昌	长羊角	N183	春研长螺	江西宜春	长羊角
N132	皱香辣	江西南昌	短指形	N158	辛香 A2	江西南昌	长羊角	N184	萍椒 2 号	江西萍乡	短羊角
N133	月丰 804	江西南昌	长羊角	N159	辛香 A1	江西南昌	线形	N185	萍椒 8 号	江西萍乡	短牛角
N134	月丰 805	江西南昌	线形	N160	辛香皱辣	江西南昌	短牛角	N186	萍椒 19 号	江西萍乡	短羊角
N135	月丰 806	江西南昌	线形	N161	农望早尖	江西南昌	短牛角	N187	萍椒 211	江西萍乡	线形
N136	月丰 812	江西南昌	线形	N162	晨纱 4 号	江西南昌	长灯笼				
N137	月丰 860	江西南昌	线形	N163	晨纱 7 号	江西南昌	长牛角				

注：JXSC 表示由江西省农业科学院蔬菜花卉研究所选育的杂交组合。
Note: JXSC indicates the hybrid combination bred by Institute of Vegetables and Flowers, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences.

表 2 辣椒杂交组合的表型性状赋值和分级标准
Tab. 2 Evaluation and grading criteria for phenotypic traits of pepper hybrid combinations

性状		分级标准 Grading criteria													
		Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
描述性性状		叶色	黄绿	浅绿	绿	深绿	紫								
		茎表茸毛密度	无	稀	中	密									
		花梗着生状态	下垂	侧生	直立										
		果面光泽	无	有											
		果面特征	光滑	微皱	皱										
		果面棱沟	无	浅	中	深									
		果形	扁灯笼	方灯笼	长灯笼	短锥	短牛角	长牛角	短羊角	长羊角	短指	长指	线形	圆球	
		青熟果色泽	黄白	乳黄	黄绿	浅绿	深绿	墨绿	紫	紫黑					
		老熟果色泽	橙黄	橘红	鲜红	暗红	紫红								
		辣味程度	无辣	微辣	中辣	辣	极辣								
		熟性	极早	早	中	晚	极晚								
		田间抗性	中												
数量性状		株高/cm	≤70.52	>70.52~80.29	>80.29~90.06	>90.06~99.83	>99.83~109.60	>109.60~119.37	>119.37~129.15	>129.15~138.92	>138.92~148.69	>148.69			
		主茎高/cm	≤9.43	>9.43~13.95	>13.95~18.47	>18.47~22.99	>22.99~27.51	>27.51~32.03	>32.03~36.55	>36.55~41.07	>41.07~45.59	>45.59			
		株幅/cm	≤59.33	>59.33~66.71	>66.71~74.09	>74.09~81.46	>81.46~88.84	>88.84~96.22	>96.22~103.59	>103.59~110.97	>110.97~118.35	>118.35			
		始花节位	≤5.64	>5.64~7.01	>7.01~8.39	>8.39~9.77	>9.77~11.15	>11.15~12.53	>12.53~13.90	>13.90~15.28	>15.28~16.66	>16.66			
		果长/cm	≤5.67	>5.67~9.24	>9.24~12.80	>12.80~16.36	>16.36~19.92	>19.92~23.48	>23.48~27.04	>27.04~30.61	>30.61~34.17	>34.17			
		果宽/cm	≤0.54	>0.54~1.26	>1.26~1.98	>1.98~2.71	>2.71~3.43	>3.43~4.16	>4.16~4.88	>4.88~5.61	>5.61				
		果形指数	≤1.40	>1.40~4.00	>4.00~6.61	>6.61~9.21	>9.21~11.82	>11.82~14.42	>14.42~17.03	>17.03~19.63	>19.63				
		果肉厚/mm	≤0.63	>0.63~1.07	>1.07~1.52	>1.52~1.96	>1.96~2.41	>2.41~2.85	>2.85~3.29	>3.29~3.74	>3.74~4.18	>4.18			
		单果重/g		≤6.24	>6.24~23.24	>23.24~40.24	>40.24~57.24	>57.24~74.24	>74.24~91.24	>91.24~108.24	>108.24				
		心室数	≤1.29	>1.29~1.54	>1.54~1.80	>1.80~2.05	>2.05~2.30	>2.30~2.55	>2.55~2.81	>2.81~3.06	>3.06~3.31	>3.31			
		单株坐果数	>0~0.33	>0.33~15.28	>15.28~30.22	>30.22~45.17	>45.17~60.11	>60.11~75.06	>75.06~90.00	>90.00~104.95	>104.95				
		单株产量/kg	>0~0.12	>0.12~0.47	>0.47~0.81	>0.81~1.16	>1.16~1.50	>1.50~1.85	>1.85~2.19	>2.19~2.54	>2.54				

系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 描述性性状的遗传多样性分析

12 个描述性性状的变异系数范围为 12.87%~58.38%，平均值为 28.78%（表 3）；青熟果色泽的变异系数最小，为 12.87%；果面棱沟的变异系数最大，为 58.38%；花梗着生状态次之，为 49.61%。12 个描述性性状的遗传多样性指数（ H' ）变化范围为 0.36~1.95，平均值为 0.82。其中，果形的多样性指数最高，为 1.95，茎表茸毛密度的遗传多样性指数最小，为 0.36，供试组合中有 90.37%的材料表现为稀茸毛。187 份杂交组合田间抗性整体表现优良，田间抗性的遗传多样性指数达 0.86，中抗及强抗的组合分布频率最高，达 89.30%，仅 10.70%

的组合抗性差。供试组合的熟性差异较大，变异系数达 27.47%，早熟组合的分布频率最高，达 68.44%，其中有 0.53%表现为极早熟，晚熟组合仅占 9.09%，其余均为中熟组合（22.46%）。供试材料的果实性状遗传变异较为丰富，多样性指数（ H' ）大于 1.0 的除了果形（1.95）外，还有果面特征（1.05）、果面棱沟（1.19）和辣味（1.19）。果形分布主要以长牛角果形的辣椒分布频率最高（21.39%），其次是长羊角形（19.79%）和短羊角形（18.72%），果面又以果面光滑、无棱沟的辣椒分布频率最高，分别为 41.71%和 52.94%。青熟果皮色以绿色为主要果色，分布频率为 90.37%，黄绿色和紫黑色占比较小，均仅为 0.53%。老熟果色以鲜红色为主，分布频率为 90.91%。供试组合有 33.69%的材料表现为微辣，47.06%表现为辣。

表 3 12 个描述性性状的频率分布和多样性分析
Tab. 3 Frequency distribution and diversity analysis of 12 descriptive traits

性状 Trait	分布频率 Distribution frequency/%													变异系数 CV/%	遗传多样性 指数 H'
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
叶色			72.19	27.81										13.70	0.59
茎表茸毛密度		90.37	8.02	1.60										17.23	0.36
花梗着生状态	89.30	1.07	9.63											49.61	0.37
果面光泽	29.41	70.59												26.78	0.61
果面特征	41.71	39.57	18.72											42.06	1.05
果面棱沟	52.94	11.23	21.39	14.44										58.38	1.19
果形	0.53	2.67	4.28			8.56	21.39	18.72	19.79	3.21	1.60	18.72	0.53	30.52	1.95
青熟果色泽		1.60	0.53	4.81	90.37	1.07		1.07	0.53					12.87	0.46
老熟果色泽	0.53	6.42	90.91	0.53	1.60									13.27	0.39
辣味程度	8.02	10.70	33.69	47.06	0.53									29.17	1.19
熟性	0.53	67.91	22.46	9.09										27.47	0.84
田间抗性			24.06		65.24		10.70							24.33	0.86
均值														28.78	0.82

2.2 数量性状的遗传多样性分析

187 份辣椒杂交组合 12 个数量性状的遗传多样性统计如表 4 所示。变异系数的分布范围在 16.61%~84.48%之间，平均值为 42.25%。其中单果重的变异系数最大，为 84.48%，其次是单株结果数，为 66.17%，单株产量再次之，为 59.72%。株幅、株高和心室数变异系数较小，分别为 16.61%、17.83%和 21.95%。遗传多样性指数（ H' ）在 0.67~2.08 之间，平均值为 1.80，其中果长的多样性指数最高（2.08），其次为株高（2.07）和株

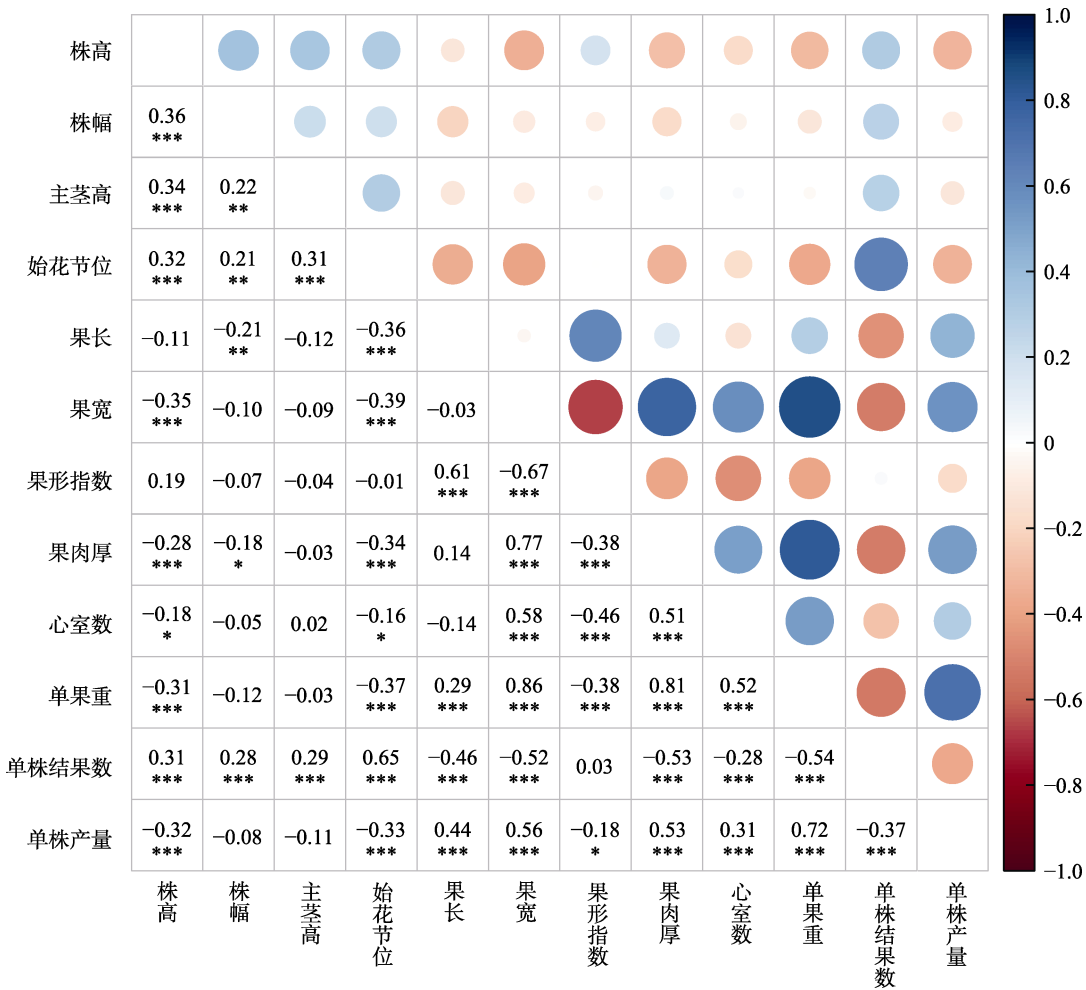
幅（2.06），心室数的多样性指数最小（0.67）。果长、果宽和果形指数都是辣椒果实性状的重要指标，株高和株幅与植株生长势有关。由此可见，供试组合的果实性状、植株性状均差异较大，存在着丰富的遗传变异。

2.3 相关性分析

对供试组合的数量性状进行相关性分析（图 1），结果表明，性状间相关系数差异较大，相关系数（ r_s ）介于-0.67~0.86 之间，多对性状间存在显著或极显著相关；其中，单果重与果宽的相关

表 4 12 个数量性状的遗传多样性分析
Tab. 4 Genetic diversity analysis of 12 quantitative traits

性状 Trait	均值 Mean	最小值 Minimum	最大值 Maximum	标准差 Standard deviation	变异系数 CV/%	遗传多样性指数 <i>H'</i>
株高/cm	109.60	60.00	155.00	19.54	17.83	2.07
主茎高/cm	27.51	16.80	65.33	9.04	32.86	1.85
株幅/cm	88.86	55.00	130.00	15.02	16.61	2.06
始花节位	11.15	6.00	20.67	2.76	24.72	1.84
果长/cm	19.92	3.00	35.07	7.12	35.75	2.08
果宽/cm	2.71	1.00	8.00	1.45	53.48	1.87
果形指数	9.21	0.88	23.93	5.21	56.56	1.97
果肉厚/mm	2.41	0.95	7.23	0.89	36.93	1.89
单果重/g	40.24	2.80	188.47	34.00	84.48	1.83
心室数	2.30	2.00	4.00	0.51	21.95	0.67
单株结果数	45.17	11.00	188.00	29.89	66.17	1.59
单株产量/kg	1.16	0.13	3.93	0.69	59.72	1.88
均值					42.25	1.80



*表示显著相关 ($P<0.05$); **表示极显著相关 ($P<0.01$); ***表示极显著相关 ($P<0.001$)。
* indicates significant correlation ($P<0.05$); ** indicates extremely significant correlation ($P<0.01$);
*** indicates extremely significant correlation ($P<0.001$).

图 1 辣椒杂交组合农艺性状的相关性分析

Fig. 1 Correlation of agronomic traits of pepper hybrid combinations level

系数最高,达 0.86,其次是果肉厚与单果重的相关系数达 0.81,说明果宽和果肉厚是影响单果重的 2 个关键性状。产量是农业生产中最重要的性状,相关性分析结果显示,产量与单果重、果宽、果肉厚度、果长和心室数呈极显著正相关,其中,产量与单果重的相关系数最高,达 0.72;产量与单株结果数、始花节位和株高均呈极显著负相关,相关系数均在-0.34 左右。

2.4 主成分分析

对 12 个数量性状进行主成分分析,在 SPSS 25 软件中对数据进行标准化处理,KMO 和 Bartlett 检验得 KMO 度量值为 0.784 (>0.6),Sig 值为 0.000,说明数据符合主成分分析的条件^[7]。主成分分析将 12 个数量性状简化为特征值大于 1 的 3 个主成分,累计贡献率达 69.164% (表 5)。第 1 主成分的特征值为 4.671,贡献率为 38.922%,载荷较高的性状有单果重、果宽和果肉厚,可将第 1 主成分归纳为果重因子;第 2 主成分的特征值为 2.285,贡献率为 19.040%,载荷较高的性状有心室数和始花节位,第 2 主成分与果实内在性状和熟性有关,归纳为心室数因子。第 3 主成分的特征值为 1.344,贡献率为 11.203%,载荷较高的性状有主茎高和株高,第 3 主成分与植株高度性状有关,归纳为株高因子。3 个主成分基本反映了 12 个数量性状的基本信息,为进一步综合评价各组合提供了参考依据。

表 5 辣椒杂交组合数量性状的主成分分析

Tab. 5 Principal component analysis of quantitative traits of pepper hybrid combinations

性状 Trait	主成分 Principal component		
	PC1	PC2	PC3
株高	-0.506	0.194	0.536
株幅	-0.275	0.383	0.436
主茎高	-0.212	0.405	0.615
始花节位	-0.584	0.430	0.105
果长	0.271	-0.801	0.443
果宽	0.892	0.336	-0.013
果形指数	-0.430	-0.776	0.294
果肉厚	0.835	0.174	0.181
心室数	0.598	0.425	-0.009
单果重	0.902	0.106	0.268
单株果数	-0.717	0.398	0.003
单株产量	0.719	-0.120	0.300
特征值	4.671	2.285	1.344
贡献率/%	38.922	19.040	11.203
累计贡献率/%	38.922	57.961	69.164

2.5 辣椒组合的综合评价

为了更好地对各组合进行综合比较,对标准化后的数据计算 3 个主成分得分值,进行综合排序。3 个主成分得分用 $F_1\sim F_3$ 表示, $X_1\sim X_{12}$ 分别代表株高、株幅、主茎高、始花节位、果长、果宽、果形指数、果肉厚、心室数、单果重、单株果数和单株产量,主成分得分计算公式如下:

$$F_1=-0.506X_1-0.275X_2-0.212X_3-0.584X_4+0.271X_5+0.892X_6-0.43X_7+0.835X_8+0.598X_9+0.902X_{10}-0.717X_{11}+0.719X_{12};$$

$$F_2=0.194X_1+0.383X_2+0.405X_3+0.430X_4-0.801X_5+0.336X_6-0.776X_7+0.174X_8+0.425X_9+0.106X_{10}+0.398X_{11}-0.120X_{12};$$

$$F_3=0.536X_1+0.436X_2+0.615X_3+0.105X_4+0.443X_5-0.013X_6+0.294X_7+0.181X_8-0.009X_9+0.268X_{10}+0.003X_{11}+0.300X_{12}。$$

根据 3 个主成分因子 $F_1\sim F_3$ 的贡献率权重,计算每份供试组合的综合得分,构建的评价模型如下: $F=0.38\ 922F_1+0.19\ 040F_2+0.11\ 203F_3$ 。 F 值越高,表示组合的综合表现力越好。187 份供试组合的综合得分排名前 10 如表 6 所示, F 值范围为 3.15~6.07,单果重在 34.33~188.47 g 之间。排名前 3 的辣椒杂交组合 N41 (2023CG41)、N94 (黄帝)和 N101 (海丰 108) 分别来自江西省农业科学院、湖南长沙和北京海淀,3 个组合的单果重、果宽和果肉厚均较高,优质丰产且抗性较强。

2.6 聚类分析

基于系统聚类法,在欧氏距离为 8.10 处将 187 份辣椒组合分成 5 个类群 (图 2),不同类群间的表型性状差异明显。

第 I 类群包含 2 个组合,即 N1 (2023CG01) 和 N94 (黄帝),分别引自江西农业科学院蔬菜花卉研究所和湖南长沙,二者的株高、始花节位、果面特征和果面棱沟均无明显差异,株型直立紧凑,始花节位均在 9 节以下,平均为 7.50 节。果形分别为牛角和灯笼形,果横径均较大,均值为 6.57 cm,果肉厚度均大于 4.00 cm,辣度较低,二者均为早熟丰产组合。

第 II 类群包含 165 个组合,包括 62 份牛角椒、54 份羊角椒、36 份线椒、9 份灯笼椒、3 份指形椒和 1 份樱桃圆椒,分别以 N160 (辛香皱辣)、N2 (2023CG02)、N139 (月丰 868)、N162 (晨纱 4 号)、N121 (川椒 483) 和 N114 (圆明珠) 为代表。该类群株型直立,株高平均为 108.36 cm,始花节位平均为 10.59 节,青熟果色为浅绿色、绿

色或深绿色,果面微皱的组合占Ⅱ类群的44.24%,果面光滑的占35.76%,熟性以中早熟材料居多。果形丰富多样,以羊角椒、牛角椒和线椒为主,各占Ⅱ类群的38.18%、32.73%和21.21%,灯笼椒和指形椒数量较少。

第Ⅲ类群包含 N3 (2023CG03) 和 N4 (2023CG04) 2 个组合,均是江西农业科学院蔬菜花卉研究所培育的杂交组合。N3 (2023CG03) 为长灯笼椒, N4 (2023CG04) 为小灯笼椒, 2 份材料果实表面均有棱沟, 辣度均为辣。2 份材料的株高较高, 均在 135.00 cm 以上, 与其他类群差异明显, 前者为中熟材料, 平均始花节位为 10.33, 后者为中晚熟材料, 平均始花节位为 15.67。

第Ⅳ类群包含 15 个组合, 包括 N57 (2023CG57)、N111 (海花红 6 号)、N120 (川椒 211) 和 N72 (23E 114) 等。该类群中有 9 份羊角椒, 6 份指形椒, 其中有 4 份指形椒引自四川。15 份材料的茎表茸毛均稀少, 无果面棱沟, 辣度均为辣, 老熟果色为红色居多, 平均始花节位为 17.53, 单果重为 2.90~10.00 g, 多为中晚熟材料。

第Ⅴ类群包含 3 个组合, N15 (2023CG15)、N49 (2023CG49) 和 N50 (2023CG50)。青熟果皮色均为紫色, 与其他组合差异明显, 为紫色彩椒。N15 (2023CG15) 和 N50 (2023CG50) 果形分别为方灯笼形和长灯笼形, 该类群组合株型直立, 分枝性中等, 始花节位为 10~12 节, 属早熟彩椒, 单株产量高, 平均单果重为 136.64 g, 田间抗性中等。

以上聚类分析的结果和主成分分析的结果基本一致, 主成分得分相近的组合在聚类分析中基本归为同一类群。

3 讨论

本研究应用多元统计分析方法对 187 份辣椒杂交组合的 24 个表型性状进行鉴定分析, 发现描述性性状中果形的多样性指数最高, 这与裴红霞等^[15]、张国儒等^[16]研究结果一致, 除锥形外, 辣椒的其余 11 种果形均有分布^[12], 以羊角椒、牛角椒和线椒的占比最高; 此外, 果面棱沟的变异系数最大, 说明供试杂交组合在果面棱沟方面存在较大差异; 彭泽等^[17]认为果面棱沟的形态可能会影响辣椒的市场价值和消费者对辣椒的喜好度, 因此, 在辣椒新品种选育过程中, 要根据市场消

费需求, 优化果面棱沟的选择。数量性状中果长的遗传多样性指数最高, 而单果重的变异系数最大, 这与洪成等^[18]、黄冬福等^[19]的研究结果基本一致。果形、果面棱沟、果长和单果重等 4 个果实性状存在较高的遗传变异, 一方面说明 187 份辣椒杂交组合的果实性状存在较大差异, 另一方面也说明这 4 个果实性状的遗传选择潜力大, 通过人工定向选择易于培育出果实性状差异大的新品种。

本研究相关分析发现单果重与果宽、果肉厚度、果长和心室数均呈极显著正相关, 这与张国儒等^[16]、洪成等^[18]、白健君等^[20]、PRASAD 等^[21]、SHRESTHA 等^[22]的研究结果一致, 但王丹丹等^[23]认为单果重与果长呈极显著负相关, 这可能与供试材料的类型不同有关。因此, 在辣椒遗传改良过程中, 要综合考虑多个性状间的相关关系, 尽量减少与目标性状呈负相关的性状可能带来的不利影响, 以加速育种进程。

本研究利用主成分分析将 12 个数量性状简化为 3 个主成分, 累计贡献率达 69.164%, 归纳的 3 个主成分分别为果重因子、心室数因子和株高因子, 这与前人划分有所差异^[6, 19]。特别是第 2 主成分的心室数因子, 属于果实内在性状, 孔子雯等^[4]、张婷等^[24]对辣椒种质资源农艺性状开展主成分分析时, 主成分中也包含心室数; 此外, 洪成等^[18]对辣椒种质资源综合评价时, 第 3 主成分为胎座大小, 也属于果实内在性状, 这说明果实内部结构特征也是选择时的重要参考性状, 上述结果为辣椒杂交组合评价和筛选提供了新的思路。

为了更准确地反映各杂交组合在特定环境下的综合适应性和生产潜力, 本研究采用了主成分权重构建的线性综合评价模型筛选出了得分最高的前 10 个组合^[25], 分别为 N41、N94、N101、N89、N182、N170、N20、N85、N126 和 N165。这 10 个组合中, 有 9 个被聚类分析归入第Ⅱ类群, 而 N94 单独聚在第Ⅰ类群, 与聚类分析结果具有较高的一致性。10 个得分最高的组合主要以牛角椒和灯笼椒为主, 属于果重型品种, 这与第一主成分——果重因子的贡献率高达 38.922% 有直接关联。本研究结果为辣椒优良组合的筛选与推广应用提供了理论参考, 筛选出的牛角椒和灯笼椒属于早熟丰产型和大果薄皮椒类型, 适合江西本地市场消费需求。

参考文献

- [1] 邹学校, 马艳青, 戴雄泽, 李雪峰, 杨莎. 辣椒在中国的传播与产业发展[J]. 园艺学报, 2020, 47(9): 1715-1726.
ZOU X X, MA Y Q, DAI X Z, LI X F, YANG S. Spread and industry development of pepper in China[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(9): 1715-1726. (in Chinese)
- [2] 王立浩, 张宝玺, 张正海, 曹亚从, 于海龙, 冯锡刚. “十三五”我国辣椒育种研究进展、产业现状及展望[J]. 中国蔬菜, 2021, 1(2): 21-29.
WANG L H, ZHANG B X, ZHANG Z H, CAO Y C, YU H L, FENG X G. Status in breeding and production of *Capsicum* spp. in China during ‘The Thirteenth Five-year Plan’ period and future prospect[J]. China Vegetables, 2021, 1(2): 21-29. (in Chinese)
- [3] 李勇. 国内辣椒机械化收获亟待破题[J]. 农机市场, 2024(7): 35-38.
LI Y. Mechanized harvest of pepper in China needs to be solved[J]. Agricultural Machinery Market, 2024(7): 35-38. (in Chinese)
- [4] 孔子雯, 田如霞, 苗如意, 梁燕平. 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.
KONG Z W, TIAN R X, MIAO R Y, LIANG Y P. Analysis of agronomic traits and genetic diversity of 60 screw pepper germplasm resources[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024, 26(3): 40-47. (in Chinese)
- [5] 李燕, 侯大山, 张庆银, 郭敬华, 董灵迪, 齐连芬. 基于主成分分析和聚类分析对 11 个辣椒品种产量和品质综合评价及引进筛选[J]. 河北科技师范学院学报, 2022, 36(3): 22-28.
LI Y, HOU D S, ZHANG Q Y, GUO J H, DONG L D, QI L F. Based on principal component analysis and cluster analysis, the yield and quality of 11 varieties of *Capsicum* were evaluated and selected[J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology, 2022, 36(3): 22-28. (in Chinese)
- [6] 陈彩霞, 文生辉, 宋薇, 马泉芳, 黄元玲, 王彦彪. 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.
CHEN C X, WEN S H, SONG W, MA Q F, HUANG Y L, WANG Y B. Identification and screening of main agronomic characters of imported pepper varieties[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(22): 162-172. (in Chinese)
- [7] 王新珂. 25 个辣椒组合杂种优势分析及亲本选配研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
WANG X K. Heterosis analysis and parent selection of 25 pepper combinations[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021. (in Chinese)
- [8] 姚子巍, 郭红艳, 胡能兵. 辣椒杂交组合的光合作用指标比较[J]. 安徽科技学院学报, 2021, 35(2): 30-34.
YAO Z W, GUO H Y, HU N B. Comparison of photosynthesis indicators of pepper germplasm[J]. Journal of Anhui Science and Technology University, 2021, 35(2): 30-34. (in Chinese)
- [9] 陈学军, 方荣, 周坤华, 缪南生. 江西辣椒产业现状与发展对策[J]. 辣椒杂志, 2009, 7(3): 8-11.
CHEN X J, FANG R, ZHOU K H, MIAO N S. The status quo and development strategy of hot pepper production in Jiangxi province[J]. Journal of China Capsicum, 2009, 7(3): 8-11. (in Chinese)
- [10] 韩微莉. 国外引进的辣椒种质资源遗传多样性分析及优异资源鉴定[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
HAN W L. Genetic diversity and elite accessions identification in pepper germplasm introduced from abroad[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2015. (in Chinese)
- [11] 任朝辉, 刘华兵, 田欢, 廖卫琴, 田浩. 朝天椒主要农艺性状的相关性及通径分析[J]. 辣椒杂志, 2018, 16(4): 6-10.
REN C H, LIU H B, TIAN H, LIAO W Q, TIAN H. Correlation and path analyses on major agronomic traits of pod pepper[J]. Journal of China Capsicum, 2018, 16(4): 6-10. (in Chinese)
- [12] 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.
LI X X, ZHANG B X. Description specification and data standard of pepper germplasm resources[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006. (in Chinese)
- [13] 徐睿, 张雅楠, 林子翔, 廖万甜, 胡鲁巍, 祝彪, 朱祝军. 观赏辣椒种质资源农艺性状遗传多样性关联分析[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(11): 1886-1892.
XU R, ZHANG Y N, LIN Z X, LIAO W T, HU L W, ZHU B, ZHU Z J. Analysis in agronomic characters of ornamental pepper germplasm resources[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30(11): 1886-1892. (in Chinese)
- [14] KEYLOCK J C. Simpson diversity and the Shannon-Wiener index as special cases of a generalized entropy[J]. Oikos, 2005, 109(1): 203-207.
- [15] 裴红霞, 武旭霞, 冯海萍, 高晶霞. 1000 份辣椒种质形态学性状的遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(6): 173-190.
PEI H X, WU X X, FENG H P, GAO J X. Genetic diversity analysis of 1000 *Capsicum* germplasm morphological traits[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(6): 173-190. (in Chinese)
- [16] 张国儒, 唐亚萍, 杨涛, 帕提古丽·艾斯穆托拉, 王柏柯, 李宁, 王娟, 余庆辉, 杨生保. 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.
ZHANG G R, TANG Y P, YANG T, PATIGULI·ASMTL, WANG B K, LI N, WANG J, YU Q H, YANG S B. Agro-

- onomic character analysis of 272 *Capsicum* resources[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2021, 58(12): 2300-2311. (in Chinese)
- [17] 彭泽, 胡明文, 白立伟, 朱文超, 廖芳芳. 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.
- PENG Z, HU M W, BAI L W, ZHU W C, LIAO F F. Comprehensive evaluation of agronomic characters and quality indexes of different pepper varieties[J]. Northern Horticulture, 2023(1): 1-10. (in Chinese)
- [18] 洪成, 赵建荣, 程春园, 郑婉婉, 耿三省, 陈斌, 杜和山, 张晓芬. 辣椒种质资源农艺性状综合评价[J]. 中国蔬菜, 2024(7): 33-41.
- HONG C, ZHAO J R, CHENG C Y, ZHENG W W, GENG S S, CHEN B, DU H S, ZHANG X F. Comprehensive evaluation of agronomic traits of pepper germplasm resources[J]. China Vegetables, 2024(7): 33-41. (in Chinese)
- [19] 黄冬福, 杨娅, 范高领, 付文婷, 涂祥敏, 吴迪, 詹永发, 何建文. 基于主成分和聚类分析7个深绿线椒品种的商品品质和产量评价[J]. 贵州农业科学, 2024, 52(2): 15-21.
- HUANG D F, YANG Y, FAN G L, FU W T, TU X M, WU D, ZHAN Y F, HE J W. Evaluation of commodity quality and yield of seven dark-green line peppers based on principal component and cluster analysis[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2024, 52(2): 15-21. (in Chinese)
- [20] 白健君, 郭咏梅, 段旭东, 郭妮妮, 王军娥. 41份辣椒种质资源果形果色及其相关性状的聚类分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(5): 68-78.
- BAI J J, GUO Y M, DUAN X D, GUO N N, WANG J E. Cluster analysis of fruit shape, fruit color and related traits of 41 pepper germplasm resources[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2021, 41(5): 68-78. (in Chinese)
- [21] PRASAD B L, YOUNG N R, CHEOL H K, SOOK J S, HEE J R, SOOK O H. Phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) from Korea[J]. Journal of Crop Science and Biotechnology, 2018, 21(5): 499-506.
- [22] SHRESTHA S L, LUITEL B P, LEE T J, KANG W H. Fruit yield and quality evaluation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) F₁ hybrids derived from inbred lines[J]. Korean Journal of Breeding Science, 2010, 42(4): 344-350.
- [23] 王丹丹, 师建华, 李燕, 张庆银, 齐连芬, 董灵迪. 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.
- WANG D D, SHI J H, LI Y, ZHANG Q Y, QI L F, DONG L D. Evaluation of main agronomic traits of pepper based on principal component and cluster analysis[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2021, 34(2): 47-53. (in Chinese)
- [24] 张婷, 王雪艳, 郭勤卫, 李朝森, 刘慧琴, 项小敏, 韦静, 赵东风, 万红建. 基于农艺性状的辣椒种质资源遗传多样性[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(2): 325-333.
- ZHANG T, WANG X Y, GUO Q W, LI C S, LIU H Q, XIANG X M, WEI J, ZHAO D F, WAN H J. Genetic diversity of pepper germplasm resources based on agronomic traits[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2024, 36(2): 325-333. (in Chinese)
- [25] 王利群, 张西露, 戴雄泽. 我国辣椒资源分类研究现状及探讨[J]. 辣椒杂志, 2015, 13(2): 1-8.
- WANG L Q, ZHANG X L, DAI X Z. Status quo and discussion of hot pepper germplasm resources classification research in China[J]. Journal of China *Capsicum*, 2015, 13(2): 1-8. (in Chinese)