

裴红霞,武旭霞,冯海萍,等. 1 000 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.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.024

# 1 000 份辣椒种质形态学性状的遗传多样性分析

裴红霞<sup>1</sup>,武旭霞<sup>2</sup>,冯海萍<sup>1</sup>,高晶霞<sup>1</sup>

(1.宁夏农林科学院园艺研究所,宁夏银川 750002; 2.呼和浩特职业学院,内蒙古呼和浩特 010070)

**摘要:**明确辣椒种质的遗传多样性,可为辣椒育种的亲本选配及种质资源评价提供理论依据。本研究对宁夏农林科学院园艺研究所收集的 1 000 份辣椒种质的 19 个形态学性状进行数量性状和质量性状的遗传多样性分析、主成分分析和聚类分析,并对开展果实形状、始花节位、辣椒机械采收理想株型等的育种工作进行了讨论。结果表明,1 000 份辣椒种质具有丰富的遗传多样性,数量性状的变异系数范围为 30.80%~6 199.29%,单果重的变异系数最大;质量性状的遗传多样性指数范围为 0.203~2.274,果实形状的遗传多样性指数最大;171 对性状形成了相关性,有 131 对性状的相关系数达到显著水平;前 8 个主成分的累计贡献率为 72.75%,8 个主成分主要与果实性状有关;聚类分析将 1 000 份种质聚为 8 类,每类的遗传多样性各不相同,可服务于不同的育种目的。本研究采用的辣椒种质份数多达 1 000 份,遗传多样性丰富,为辣椒品种选育提供了丰富的试材。

**关键词:**辣椒;种质资源;形态学性状;遗传多样性;果实形状

**中图分类号:**S641.302;S641.303 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0173-18

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是我国乃至世界上重要的蔬菜作物之一,即可单独成菜,又可以作为调味品,同时兼具药用和观赏价值<sup>[1-5]</sup>。种质资源为作物育种提供物质基础,是保障国家粮食安全、维护生物多样性的战略基础<sup>[6]</sup>。没有突破性的种质资源,就不会选育出突破性的品种。“十三五”期间,我国辣椒遗传育种研究快速发展,为辣椒产业的可持续发展提供了有力支撑<sup>[7-8]</sup>。目前从国外引进的辣椒品种仍然占比较高,我国辣椒育种缺少突破性品种。辣椒种质资源虽然丰富,但在育种过程中,人们长时间地选择了某些特定的性状进行培育,如高产、早熟、抗病等,这种选择性育种会导致辣椒种质资源的遗传基础越来越窄<sup>[9]</sup>,不利于辣椒育种工作的深入开展。明确种质资源的遗传多样性是育种工作的基础,对种质资源遗传多样性的研究可以挖掘出优异资源,为基因资源的发掘提供必要信息。辣椒的遗传多样性主要体现在其形态、生理特征和基因组上的差异<sup>[10-11]</sup>。辣椒的品种繁多,形态各异,包括但不限于辣椒、甜椒、朝天椒等,这

些品种在颜色、形状、大小、质地等方面都有所不同,从而在视觉上呈现出丰富的多样性<sup>[12-13]</sup>。在基因组层面,辣椒的遗传多样性主要通过研究其遗传变异来进行分析。随着生物技术的发展,人们已经可以通过分子标记、DNA 测序等技术手段深入探索辣椒的基因组,从而揭示其遗传变异和遗传多样性<sup>[14-16]</sup>。这种深入研究不仅有助于人们了解辣椒的演化历程和遗传特征,还有助于育种工作,培育出更适应不同环境条件的新品种。收集和保护辣椒基因资源是维护辣椒遗传多样性的关键,为了收集保护这些宝贵的基因资源,各国和组织建立了辣椒品种保存库和基因库,进行辣椒的生物学研究,确保辣椒基因资源的保存和可持续利用<sup>[17-19]</sup>。辣椒的遗传多样性体现在形态、生理特征和基因组上的差异,这种多样性使得辣椒具有广泛的适应性和丰富的品种资源<sup>[20-22]</sup>。通过深入研究辣椒的遗传多样性,可以为辣椒的育种和基因改良提供重要的基础材料,同时保护好辣椒的基因资源,为农业的可持续发展做出贡献。宁夏农林科学院园艺研究所长期以来注重辣椒种质收集工作,已经收集辣椒种质 1 000 份。形态学性状能直观简明地展示种质的特点,是研究种质遗传多样性及开展作物育种工作的良好手段。本研究以宁夏农林科学院园艺研究所收集的 1 000 份辣椒种质为材料,利用 19 个形态学性状的数据,开展了遗传多样性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析,以

收稿日期:2023-06-27

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:2023AAC03424)。

作者简介:裴红霞(1980—),女,山西运城人,博士,副研究员,主要从事辣椒遗传育种与栽培研究。E-mail: 810444147@qq.com。

通信作者:高晶霞,博士,副研究员,主要从事蔬菜遗传育种与栽培研究。E-mail: 774350762@qq.com。

期为辣椒育种工作等提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料与地点

1 000 份辣椒种质资源由宁夏农林科学院园艺研究所提供(表 1),试验时间为 2020 年 3 月 27 日至 10 月 8 日、2021 年 3 月 29 日至 10 月 10 日。

2020 年 3 月 27 日育苗,5 月 5 日定植;2021 年 3 月 29 日育苗,5 月 7 日定植。试验地点为宁夏农林科学院农业现代化蔬菜资源圃基地(106.27°E,38.47°N),露地栽培。采用随机区组设计,设 3 次重复,株行距 35 cm × 40 cm,常规栽培管理。

### 1.2 测定项目

本研究选取 10 个数量性状和 9 个质量性状参

表 1 1 000 份辣椒种质名称及聚类分组

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
1	2008	1	38	41 号	1	75	F141	1	112	F41	1
2	2009	1	39	42 号	1	76	F142	1	113	F42	1
3	2015	1	40	43 号	1	77	F144	1	114	F43	1
4	2016	1	41	50 号	1	78	F146	1	115	F44	1
5	2023	1	42	6 - DR11	1	79	F147	1	116	F45	1
6	2219	1	43	F1	1	80	F15	1	117	F46	1
7	7061	1	44	F10	1	81	F150	1	118	F47	1
8	62919	1	45	F100	1	82	F152	1	119	F48	1
9	64060	1	46	F101	1	83	F154	1	120	F5	1
10	64072	1	47	F102	1	84	F156	1	121	F51	1
11	64757	1	48	F103	1	85	F157	1	122	F52	1
12	64787	1	49	F104	1	86	F159	1	123	F53	1
13	64972	1	50	F105	1	87	F16	1	124	F54	1
14	65364	1	51	F107	1	88	F18	1	125	F55	1
15	96128	1	52	F109	1	89	F2	1	126	F56	1
16	96207	1	53	F11	1	90	F20	1	127	F58	1
17	622622	1	54	F112	1	91	F21	1	128	F59	1
18	11 号	1	55	F114	1	92	F22	1	129	F6	1
19	16 号	1	56	F115	1	93	F23	1	130	F60	1
20	18 号	1	57	F116	1	94	F24	1	131	F61	1
21	20PL - 02	1	58	F118	1	95	F26	1	132	F62	1
22	20PL - 07	1	59	F119	1	96	F27	1	133	F6210	1
23	20PL - 10	1	60	F120	1	97	F28	1	134	F63	1
24	20XP - 15	1	61	F121	1	98	F29	1	135	F64	1
25	20XP - 17	1	62	F122	1	99	F3	1	136	F65	1
26	20XP - 18	1	63	F123	1	100	F30	1	137	F66	1
27	20XP - 20	1	64	F125	1	101	F31	1	138	F67	1
28	20XP - 21	1	65	F127	1	102	F32	1	139	F68	1
29	20XP - 22	1	66	F128	1	103	F33	1	140	F69	1
30	20XP - 23	1	67	F129	1	104	F34	1	141	F7	1
31	20XP - 24	1	68	F13	1	105	F35	1	142	F70	1
32	20XP - 25	1	69	F130	1	106	F36	1	143	F71	1
33	20XP - 36	1	70	F131	1	107	F37	1	144	F72	1
34	20XP - 38	1	71	F135	1	108	F38	1	145	F73	1
35	20XP - 44	1	72	F138	1	109	F39	1	146	F74	1
36	21 - 24	1	73	F139	1	110	F4	1	147	F75	1
37	21XP - 36	1	74	F14	1	111	F40	1	148	F76	1

表 1(续)

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
149	F77	1	195	瑞丰早螺丝	1	241	761 号	1	287	8 - RK - 03	1
150	F78	1	196	神螺 10 号	1	242	774 号	1	288	BY	1
151	F79	1	197	寿研 678	1	243	26908	1	289	62202	2
152	F81	1	198	丝路明星	1	244	26938	1	290	TCHP - 2005	2
153	F82	1	199	丝路之星	1	245	45505	1	291	科罗旺 63	2
154	F83	1	200	特早一尺长	1	246	45506	1	292	1807	3
155	F85	1	201	天宝	1	247	45507	1	293	2006	3
156	F87	1	202	线椒 2019	1	248	45509	1	294	2021	3
157	F89	1	203	智慧 19 号	1	249	45518	1	295	2033	3
158	F9	1	204	中椒 0813	1	250	45519	1	296	4328	3
159	F91	1	205	中椒 1209	1	251	45521	1	297	6081	3
160	F93	1	206	中椒 509	1	252	45528	1	298	9010	3
161	F95	1	207	中椒 L1 号	1	253	45531	1	299	15537	3
162	F96	1	208	中椒 L2 号	1	254	45532	1	300	62457	3
163	F97	1	209	中鲜一号	1	255	45533	1	301	62461	3
164	F98	1	210	中研螺 10	1	256	45534	1	302	62462	3
165	F99	1	211	中研螺 13	1	257	8 - 40	1	303	62915	3
166	H10	1	212	中研螺 14	1	258	8 - 52	1	304	64059	3
167	HD2008	1	213	7B24	1	259	8 - 53	1	305	64255	3
168	HP - 1709	1	214	7B25	1	260	8 - 57	1	306	64341	3
169	L3	1	215	7B26	1	261	8 - 60	1	307	10 - 2020002	3
170	NXP13	1	216	7XW	1	262	8 - 61	1	308	1936W	3
171	PL20 - 04	1	217	K1	1	263	8 - 69	1	309	1963W	3
172	PL20 - 7	1	218	K2	1	264	8 - 72	1	310	1968W	3
173	北岳螺椒	1	219	K6	1	265	8 - 82	1	311	1 - CP01	3
174	鼎优 P04	1	220	K7	1	266	8 - 88	1	312	1 - CP03	3
175	海丰 391 号	1	221	K9	1	267	8 - 89	1	313	1 - CP05	3
176	海丰 396 号	1	222	K10	1	268	8 - 90	1	314	20 - 001	3
177	航椒 106	1	223	K11	1	269	8 - 101	1	315	2022S	3
178	航椒 S103	1	224	K12	1	270	8 - 102	1	316	2090SZ	3
179	航椒 S605	1	225	K13	1	271	8 - 103	1	317	20PL - 04	3
180	航椒 S609	1	226	K14	1	272	8 - 104	1	318	45525	3
181	华美 105	1	227	K15	1	273	8 - 105	1	319	21 - 13	3
182	槐研 76	1	228	K17	1	274	8 - JQ1540	1	320	21 - 56	3
183	娇龙 12 号	1	229	K18	1	275	8 - JQ1541	1	321	21 - 66	3
184	蛟龙 166	1	230	K19	1	276	8 - JL5	1	322	21PL - 10	3
185	领跑线 3 号	1	231	K21	1	277	18 - JL6	1	323	21XP - 10	3
186	龙椒 10 号	1	232	K22	1	278	8 - JL7	1	324	21XP - 11	3
187	龙椒 15 号	1	233	K23	1	279	8 - JL10	1	325	21XP - 16	3
188	龙椒 9 号	1	234	K24	1	280	8 - LD - 11	1	326	21XP - 18	3
189	螺丝椒 25 - 5	1	235	K26	1	281	8 - 37 - 94	1	327	21XP - 19	3
190	螺丝椒 54 号	1	236	K27	1	282	8 - LM - 9	1	328	21XP - 20	3
191	绿采天塔	1	237	K28	1	283	8HM105	1	329	21XP - 22	3
192	绿龙	1	238	K29	1	284	8 - TS2	1	330	21XP - 7	3
193	宁椒 3 号	1	239	K30	1	285	8 - RK - 01	1	331	21XP - 9	3
194	千灯朝天	1	240	K31	1	286	8 - RK - 02	1	332	2 - CP02	3

表1(续)

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
333	2-CP04	3	379	北岳罗椒1号	3	425	寿研656	3	471	65269	4
334	2-CP06	3	380	北岳罗椒3号	3	426	寿研683	3	472	20XP-10	4
335	3-CP09	3	381	北岳罗椒5号	3	427	苏迪罗	3	473	32-90	4
336	3-DB105	3	382	鼎辣246	3	428	台湾皇帝	3	474	63547/64	4
337	3-DR4	3	383	鼎辣277	3	429	天陇一号	3	475	7-CP07	4
338	4-746	3	384	鼎辣283	3	430	犀角椒2	3	476	B88	4
339	4-CP10	3	385	鼎辣285	3	431	夏美	3	477	BP60	4
340	4-DR12	3	386	鼎辣293	3	432	新星114	3	478	SP-1701	4
341	5-LJ	3	387	丰农长椒9号	3	433	新星117	3	479	北岳甜椒	4
342	6-DR2	3	388	格兰德黄	3	434	新星137	3	480	簇天263	4
343	7号	3	389	格丽99	3	435	雄牛青椒	3	481	海丰16号	4
344	8-1807	3	390	海丰长虹	3	436	旋椒A10	3	482	卡琳娜	4
345	8-DR3	3	391	海威	3	437	旋椒A9	3	483	耐低温22	4
346	9-1926	3	392	豪迈	3	438	英雄大螺	3	484	智慧3号	4
347	BP27	3	393	好运大果	3	439	优洋1521	3	485	中甜608	4
348	BP37	3	394	槐研70	3	440	优洋2030	3	486	1417	5
349	DL1804	3	395	皇玛	3	441	优洋2033	3	487	1806	5
350	DL218	3	396	吉祥05	3	442	元宝	3	488	2007	5
351	F153	3	397	极美皱长	3	443	长冠一号	3	489	2012	5
352	HJ009	3	398	椒龙108	3	444	智慧10号	3	490	2018	5
353	KX1801	3	399	锦绣中华	3	445	智慧11号	3	491	2019	5
354	KX1902	3	400	巨峰二号	3	446	智慧12号	3	492	2022	5
355	NJ201	3	401	巨峰三号	3	447	智慧14号	3	493	6014	5
356	NJ202	3	402	凯旋六号	3	448	智慧15号	3	494	6018	5
357	NJ203	3	403	凯旋五号	3	449	智慧16号	3	495	6228	5
358	NJ204	3	404	柯优36	3	450	智慧8号	3	496	62223	5
359	NXP06号	3	405	科罗旺21	3	451	智慧9号	3	497	64061	5
360	P03	3	406	科罗旺61	3	452	中椒0812	3	498	64062	5
361	P04	3	407	科罗旺62	3	453	众星107	3	499	64806	5
362	P05	3	408	科罗旺64	3	454	众星12	3	500	64807	5
363	P06	3	409	科罗旺65	3	455	8-JL9	3	501	64811	5
364	P-1	3	410	辣椒1号	3	456	11902	4	502	65361	5
365	P-2	3	411	辣椒2号	3	457	61182	4	503	65362	5
366	PL20-12	3	412	辽椒19号	3	458	61407	4	504	65366	5
367	PL21-9	3	413	燎龙一号	3	459	63546	4	505	65368	5
368	P-SS-44	3	414	燎陇2号	3	460	64680	4	506	65383	5
369	P-SS-45	3	415	龙行天下	3	461	64693	4	507	65384	5
370	S107	3	416	陇椒626	3	462	64694	4	508	65385	5
371	S12	3	417	绿螺1444	3	463	64698	4	509	65386	5
372	S14	3	418	梦扬	3	464	64699	4	510	65388	5
373	S17	3	419	绵椒5号	3	465	64713	4	511	65390	5
374	TCHP-2001	3	420	宁6	3	466	64714	4	512	65392	5
375	TCLP-6108	3	421	牛角椒X2008号	3	467	64719	4	513	65395	5
376	宝剑	3	422	欧特莱	3	468	64722	4	514	65397	5
377	宝剑2号	3	423	崎美	3	469	64730	4	515	1-019	5
378	宝剑3号	3	424	胜冬一号	3	470	64747	4	516	15号	5

表1(续)

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
517	18-691号	5	563	F8	5	609	P-SS-39	5	655	陇美十号	5
518	1号	5	564	H9	5	610	P-SS-40	5	656	陇美五号	5
519	20PL-06	5	565	HD2003	5	611	P-SS-41	5	657	美辣13号	5
520	20PL-08	5	566	HD2004	5	612	P-SS-42	5	658	绵椒1号	5
521	20XP-14	5	567	HD2005	5	613	P-SS-43	5	659	绵椒2号	5
522	20XP-28	5	568	HD2006	5	614	P-SS-46	5	660	绵椒3号	5
523	20XP-29	5	569	LX-4	5	615	P-SS-47	5	661	绵椒4号	5
524	20XP-30	5	570	NXP01	5	616	P-SS-48	5	662	崎美十三	5
525	20XP-31	5	571	NXP08	5	617	P-SS-49	5	663	神螺1011	5
526	20XP-32	5	572	NXP10	5	618	P-SS-5	5	664	天祺	5
527	20XP-33	5	573	NXP11	5	619	P-SS-50	5	665	天下无敌二号	5
528	20XP-34	5	574	NXP12	5	620	P-SS-51	5	666	天亿20	5
529	20XP-35	5	575	P02	5	621	P-SS-52	5	667	西施美人	5
530	20XP-37	5	576	P-3	5	622	P-SS-6	5	668	先优一号	5
531	20XP-39	5	577	P-4	5	623	P-SS-7	5	669	鑫宝螺A15	5
532	20XP-40	5	578	P-5	5	624	P-SS-8	5	670	鑫线一号	5
533	20XP-41	5	579	P-6	5	625	P-SS-9	5	671	亚蔬1号	5
534	20XP-43	5	580	PL20-10	5	626	S37	5	672	艳红1901	5
535	20XP-47	5	581	P-SS-1	5	627	TRL2002	5	673	艳红1902	5
536	20XP-48	5	582	P-SS-10	5	628	簇天262	5	674	艳椒225	5
537	45464	5	583	P-SS-11	5	629	单天232	5	675	艳椒425	5
538	21-31	5	584	P-SS-12	5	630	高辣929	5	676	艳椒465	5
539	21-68	5	585	P-SS-13	5	631	高辣939	5	677	艳椒485	5
540	2-173	5	586	P-SS-18	5	632	航椒105	5	678	优洋1857	5
541	21XP-12	5	587	P-SS-19	5	633	黄金条	5	679	渝椒16号	5
542	21XP-13	5	588	P-SS-2	5	634	吉祥04	5	680	智慧17号	5
543	21XP-14	5	589	P-SS-20	5	635	加长美早	5	681	中椒209	5
544	21XP-15	5	590	P-SS-21	5	636	娇龙15号	5	682	中农新椒丽	5
545	21XP-17	5	591	P-SS-22	5	637	娇龙206	5	683	中研螺11	5
546	21XP-21	5	592	P-SS-23	5	638	娇美4号	5	684	中研螺12	5
547	21XP-23	5	593	P-SS-24	5	639	椒傲天下	5	685	8-59	5
548	21XP-24	5	594	P-SS-25	5	640	晋椒102号	5	686	2001	6
549	21XP-25	5	595	P-SS-26	5	641	抗病毒一号	5	687	2002	6
550	21XP-27	5	596	P-SS-27	5	642	柯椒1号	5	688	61226	6
551	21XP-28	5	597	P-SS-28	5	643	柯长线椒2号	5	689	61382	6
552	21XP-29	5	598	P-SS-29	5	644	柯长线椒3号	5	690	61394	6
553	21XP-32	5	599	P-SS-3	5	645	辣仙子线	5	691	62203	6
554	21XP-34	5	600	P-SS-30	5	646	辽椒22号	5	692	63059	6
555	21XP-37	5	601	P-SS-31	5	647	领跑线	5	693	63221	6
556	3号	5	602	P-SS-32	5	648	领跑线4号	5	694	63222	6
557	49号	5	603	P-SS-33	5	649	领跑线5号	5	695	63556	6
558	58号	5	604	P-SS-34	5	650	领跑线6号	5	696	63574	6
559	5-DR10	5	605	P-SS-35	5	651	陇美八号	5	697	64249	6
560	6LS	5	606	P-SS-36	5	652	陇美六号	5	698	64670	6
561	9号	5	607	P-SS-37	5	653	陇美七号	5	699	64678	6
562	F19	5	608	P-SS-38	5	654	陇美三号	5	700	64683	6

表 1(续)

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
701	64684	6	746	21XP-6	6	791	K3	6	836	万绿王线	7
702	64686	6	747	5-202003	6	792	8-96	6	837	战狼朝天	7
703	64687	6	748	55号	6	793	8-97	6	838	珍没红椒	7
704	64696	6	749	56号	6	794	21XP-30	7	839	智慧18号	7
705	64702	6	750	6-202004	6	795	21XP-31	7	840	智慧7号	7
706	64705	6	751	8-CP08	6	796	21XP-33	7	841	2003	8
707	64708	6	752	9-202005	6	797	DL1803	7	842	2004	8
708	64710	6	753	BP11	6	798	DL1903	7	843	2005	8
709	64711	6	754	BP12	6	799	HJ007	7	844	2010	8
710	64727	6	755	BP63	6	800	HJ008	7	845	2011	8
711	64729	6	756	F117	6	801	HJ012	7	846	15541	8
712	64733	6	757	F132	6	802	HJ018	7	847	60611	8
713	64737	6	758	F151	6	803	KX1802	7	848	61391	8
714	64739	6	759	HD2001	6	804	KX1901	7	849	61778	8
715	64744	6	760	P01	6	805	LX-1	7	850	62920	8
716	64748	6	761	P07	6	806	LX1805	7	851	64243	8
717	64749	6	762	TCLP-21298	6	807	LX1806	7	852	64671	8
718	64750	6	763	TCSP-1913	6	808	LX-2	7	853	64689	8
719	64770	6	764	TCSP-1915	6	809	LX-3	7	854	64718	8
720	64771	6	765	北岳甜椒9号	6	810	LX-5	7	855	64783	8
721	64773	6	766	敦椒218	6	811	PL21-8	7	856	64784	8
722	64776	6	767	海丰188号	6	812	P-SS-14	7	857	65365	8
723	64779	6	768	麻辣二号	6	813	P-SS-15	7	858	65367	8
724	64781	6	769	麻辣一号	6	814	P-SS-16	7	859	65369	8
725	64782	6	770	梦露	6	815	P-SS-17	7	860	10号	8
726	64789	6	771	牛魔王	6	816	P-SS-4	7	861	13号	8
727	64793	6	772	牛魔王二号	6	817	TJ1904	7	862	14号	8
728	64796	6	773	青剑968号	6	818	北岳罗椒	7	863	20-004	8
729	64797	6	774	赛德威9-46	6	819	北岳罗椒	7	864	20PL-01	8
730	64814	6	775	圣斗士	6	820	朝天888	7	865	20PL-03	8
731	64815	6	776	寿研328	6	821	朝天美朝	7	866	20PL-05	8
732	64975	6	777	寿研606	6	822	鼎辣55	7	867	20PL-09	8
733	65216	6	778	顺美918	6	823	国秀朝天	7	868	20XP-1	8
734	10-202006	6	779	甜椒1号	6	824	红丰	7	869	20XP-11	8
735	12号	6	780	威尔特	6	825	红海	7	870	20XP-12	8
736	20XP-2	6	781	威纳	6	826	红箭	7	871	20XP-13	8
737	20XP-27	6	782	西域大龙	6	827	红龙	7	872	20XP-16	8
738	20XP-5	6	783	智慧1号	6	828	华良黑线	7	873	20XP-19	8
739	20XP-8	6	784	智慧2号	6	829	江山一椒	7	874	20XP-45	8
740	21-43	6	785	智慧4号	6	830	劲霸朝天	7	875	20XP-50	8
741	21XP-1	6	786	智慧5号	6	831	晋椒103	7	876	20XP-6	8
742	21XP-2	6	787	智慧6号	6	832	满天富朝	7	877	20XP-7	8
743	21XP-26	6	788	中椒0808号	6	833	农发318	7	878	21XP-35	8
744	21XP-3	6	789	中农858	6	834	瑞龙一号	7	879	21XP-4	8
745	21XP-5	6	790	中研8号	6	835	神州线椒	7	880	21XP-8	8

表 1(续)

编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类	编号	种质名称	类
881	21 号	8	911	F25	8	941	吉祥 01	8	971	中研螺 5 号	8
882	2 号	8	912	F49	8	942	吉祥 02	8	972	7B27	8
883	37-94	8	913	F50	8	943	吉祥 03	8	973	K4	8
884	38 号	8	914	F57	8	944	金龙	8	974	K5	8
885	48 号	8	915	F6228	8	945	巨峰一号	8	975	K16	8
886	4 号	8	916	F80	8	946	柯陇 2 号	8	976	K25	8
887	57 号	8	917	F84	8	947	柯陇 H	8	977	45510	8
888	63203/64805	8	918	F86	8	948	柯优 27	8	978	45511	8
889	6 号	8	919	F88	8	949	龙椒 13 号	8	979	45513	8
890	8 号	8	920	F90	8	950	龙椒 16 号	8	980	45514	8
891	BP25	8	921	F92	8	951	梦腾	8	981	45515	8
892	F106	8	922	F94	8	952	牛角椒 X2006	8	982	45517	8
893	F108	8	923	H7	8	953	牛魔王三	8	983	45525	8
894	F110	8	924	H8	8	954	寿研 611	8	984	45526	8
895	F113	8	925	NXP04	8	955	寿研 682	8	985	45529	8
896	F12	8	926	NXP07	8	956	寿研 687	8	986	45535	8
897	F124	8	927	PL20-11	8	957	犀角椒 1 号	8	987	8-33	8
898	F126	8	928	PL20-2	8	958	一代天骄	8	988	8-55	8
899	F133	8	929	PL20-8	8	959	优洋 1632	8	989	8-56	8
900	F134	8	930	TRL-2001	8	960	优洋 1636	8	990	8-65	8
901	F136	8	931	TRL2003	8	961	优洋 1937	8	991	8-66	8
902	F140	8	932	大将军	8	962	玉麒麟二号	8	992	8-75	8
903	F143	8	933	顶天大椒	8	963	豫泡 19 号	8	993	8-76	8
904	F145	8	934	鼎优 P01	8	964	长剑 1 号	8	994	8-81	8
905	F148	8	935	鼎优 P02	8	965	中华剑龙二号	8	995	8-83	8
906	F149	8	936	鼎优 P05	8	966	中椒 0807	8	996	8-84	8
907	F155	8	937	丰农长椒 10 号	8	967	中椒 5061 号	8	997	8-98	8
908	F158	8	938	海丰 23 号	8	968	中椒红钻 1 号	8	998	8-99	8
909	F160	8	939	海丰 399 号	8	969	中椒黄钻 1 号	8	999	8-100	8
910	F17	8	940	槐研 80	8	970	中农 179	8	1 000	8-JQ1542	8

照李锡香等编著的《辣椒种质资源描述规范和数据标准》<sup>[23]</sup>对辣椒的形态学性状进行描述并赋值。茎、花、叶、株幅等性状在植株生长盛期或首次采摘期调查;果实性状的调查在绿熟期之后转色期之前进行,每个小区随机取 10 株进行调查;花的性状在 07:00—09:00 进行调查,每株取 10 朵花记录。测量的 10 个数量性状包括始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果长、果实横径、果肉厚和单果重(表 2)。调查的 9 个质量性状包括分枝性、主茎颜色、叶片颜色、花冠颜色、花药颜色、花梗着生状态、青熟果色、果面特征和果实形状(表 3)。

### 1.3 数据统计

利用 SPSS 20.0 计算质量性状的频率分布和 Shannon 多样性指数以及数量性状的变异范围、平

均值、标准差和变异系数,计算 19 个性状的相关性,提取主成分,采用组间联接法进行聚类分析,遗传距离为平方欧氏距离。

## 2 结果与分析

### 2.1 数量性状的多样性分析

由表 4 可知,1 000 份辣椒种质数量性状的变异系数范围在 30.80%~6 199.29%之间,从大到小的顺序依次为单果重(6 199.29%)、果实横径(2 049.00%)、株幅(1 356.57%)、株高(967.52%)、果肉厚(266.01%)、果长(254.92%)、叶片长(78.14%)、叶片宽(52.65%)、始花节位(49.39%)、果柄长(30.80%)。

表2 辣椒数量性状调查的项目及记载标准

数量性状	记载标准
始花节位	植株主茎上第1朵花着生的节位,随机抽样10株,取平均值
株高(cm)	门椒成熟期,测量陆地至植株最高处,随机抽样10株,取平均值
株幅(cm)	门椒成熟期,测量叶幕最大直径的垂直投影距离,随机抽样10株,取平均值
叶片长(cm)	四门斗始花期,测量植株中部完整且生长正常的最大叶片的长度,随机选取10株测量,每株测10片,取平均值
叶片宽(cm)	四门斗始花期,测量植株中部完整且生长正常的最大叶片的宽度,随机选取10株测量,每株测10片,取平均值
果柄长(cm)	测发育正常、达到商品成熟度的对椒的果柄长度,随机选取10株测量,取平均值
果长(cm)	取发育正常、达到商品成熟度的对椒,测果蒂至果顶的直线长度,随机选取10株测量,取平均值
果实横径(mm)	取发育正常、达到商品成熟度的对椒,测量与纵径垂直的果实最大横切面的直径,随机选取10株测量,取平均值
果肉厚(mm)	取发育正常、达到商品成熟度的对椒,测其果肉的厚度,随机选取10株测量,取平均值
单果重(g)	取发育正常、达到商品成熟度的对椒,随机选取10株测量,取平均值

表3 辣椒质量性状赋值情况

质量性状	调查记载及赋值标准
分枝性	门椒成熟期,辣椒成株茎的生长状态及分枝程度:强=3;中=5;弱=7
主茎颜色	四门斗果实商品成熟期,植株主茎的颜色:黄绿=1;浅绿=2;绿=3;深绿=4;绿带紫条纹=5;紫=6
叶片颜色	四门斗始花期,植株上生长正常的成熟叶片正面的颜色:黄绿=1;浅绿=2;绿=3;深绿=4;紫=5
花冠颜色	辣椒盛开花朵花瓣的颜色:白=1;浅绿=2;紫=3
花药颜色	辣椒盛开花朵花药的颜色:白=1;浅黄=2;黄=3;浅蓝=4;蓝=5;紫=6
花梗着生状态	对椒始花期,植株上花朵的生长及相对主轴的着生状态:下垂=1;侧生=2;直立=3
青熟果色	发育正常、达到商品成熟度的对椒果面的颜色:白色=1;黄色=2;绿色=3;橙色=4;紫色=5;深紫色=6;其他=7
果面特征	对椒成熟期,发育正常、达到商品成熟度的正常果实表面是否光滑及其皱缩程度:光滑=1;微皱=2;皱=3
果实形状	发育正常、达到商品成熟度的对椒的形状:扁灯笼形=1;方灯笼形=2;长灯笼形=3;短锥形=4;长锥形=5;短牛角形=6;长牛角形=7;短羊角形=8;长羊角形=9;短指形=10;长指形=11;线形=12;圆球形=13

表4 10个数量性状的遗传变异

数量性状	变异范围	平均值	标准差	变异系数(%)
始花节位	2.00~22.00	9.80	4.84	49.39
株高(cm)	24.34~230.00	108.65	1051.21	967.52
株幅(cm)	14.00~303.67	72.17	979.04	1356.57
叶片长(cm)	5.14~39.06	15.51	12.12	78.14
叶片宽(cm)	2.25~18.50	7.92	4.17	52.65
果柄长(cm)	1.96~10.90	5.13	1.58	30.80
果长(cm)	2.40~39.63	19.92	50.78	254.92
果实横径(mm)	0.90~149.60	27.08	554.87	2049.00
果肉厚(mm)	0.46~27.02	4.56	12.13	266.01
单果重(g)	2.31~676.56	87.06	5397.10	6199.29

## 2.2 质量性状的多样性分析

由表5可知,1000份辣椒种质的分枝性以中等为主,比例为63.5%;主茎颜色以绿色为主,比例为52.0%;叶片颜色以绿色为主,比例为63.0%;花冠颜色以白色为主,比例为98.2%;花药颜色以紫色为主,比例为61.4%;花梗着生状态以侧生为主,比

例为44.0%;青熟果色以紫色为主,比例为46.5%,果面特征以光滑为主,比例为95.6%;果实形状以长羊角形为主,比例为20.6%。

1000份辣椒种质的Shannon多样性指数范围为0.090~2.274,从大到小的顺序依次为果实形状(2.274)、青熟果色(1.271)、主茎颜色(1.254)、花梗着生状态(1.071)、花药颜色(1.019)、叶片颜色(0.935)、分枝性(0.821)、果面特征(0.203)、花冠颜色(0.090)。

## 2.3 相关性分析

对1000份辣椒种质19个形态学性状进行相关性分析,结果(表6)表明,171对性状形成了相关性,有131对性状的相关系数达到显著水平,具体如下。

始花节位与株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、分枝性、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果肉厚、单果重、花药颜色具有显著的负相关性,共有13个性状与始花节位显著相关。

表 5 9 个质量性状的分布占比和多样性分析

质量性状	Shannon 多样性指数	分布占比(%)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
分枝性	0.821			6.1		63.5		30.4						
主茎颜色	1.254	12.2	8.0	52.0	24.6	3.2	0							
叶片颜色	0.935	2.6	7.6	63.0	26.8	0								
花冠颜色	0.090	98.2	1.8	0										
花药颜色	1.019	0.2	4.2	1.2	5.9	27.1	61.4							
花梗着生状态	1.071	30.9	44.0	25.1										
青熟果色	1.271	0.5	1.7	22.5	24.3	46.5	0	4.5						
果面特征	0.203	95.6	3.5	0.9										
果实形状	2.274	14.2	5.7	5.0	1.7	1.1	4.3	11.5	9.6	20.6	5.6	9.6	11.1	0

株高与始花节位、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果长、分枝性、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果肉厚、单果重、花药颜色、花梗着生状态、果面特征之间具有显著的负相关性,共有 16 个性状与株高显著相关。

株幅与始花节位、株高、叶片长、叶片宽、果柄长、果长、果实横径、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果肉厚、单果重、分枝性、花药颜色之间具有显著的负相关性,共有 15 个性状与株幅显著相关。

叶片长与始花节位、株高、株幅、叶片宽、果柄长、果实横径、单果重、主茎颜色、叶片颜色、花冠颜色、青熟果色之间具有显著的正相关性,与果长、花药颜色、花梗着生状态、果面特征、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 16 个性状与叶片长显著相关。

叶片宽与始花节位、株高、株幅、叶片长、果柄长、果实横径、果肉厚、单果重、主茎颜色、叶片颜色、花冠颜色、青熟果色之间具有显著的正相关性,与果长、花药颜色、花梗着生状态、果面特征、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 17 个性状与叶片宽显著相关。

果柄长与始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果长、单果重、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果肉厚、分枝性、花药颜色、果面特征之间具有显著的负相关性,共有 15 个性状与果柄长显著相关。

果长与株高、株幅、果柄长、果面特征、果实形状之间具有显著的正相关性,与叶片长、叶片宽、果实横径、果肉厚、单果重、主茎颜色、花冠颜色之间具有显著的负相关性,共有 12 个性状与果长显著相关。

果实横径与株幅、叶片长、叶片宽、单果重、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色之间具有显著的正相关性,与果长、果肉厚、分枝性、花梗着生状态、果面特征、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 13 个性状与果实横径显著相关。

果肉厚与叶片宽、单果重、花梗着生状态、果面特征之间具有显著的正相关性,与始花节位、株高、株幅、果柄长、果长、果实横径、分枝性、主茎颜色、花药颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 15 个性状与果肉厚显著相关。

单果重与叶片长、叶片宽、果柄长、果实横径、果肉厚、主茎颜色、叶片颜色之间具有显著的正相关性,与始花节位、株高、株幅、果长、分枝性、花药颜色、果面特征、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 15 个性状与单果重显著相关。

分枝性与始花节位、株高、主茎颜色、花药颜色、花梗着生状态、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与株幅、果柄长、果实横径、果肉厚、单果重、果面特征之间具有显著的负相关性,共有 13 个性状与分枝性显著相关。

主茎颜色与始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果实横径、单果重、分枝性、叶片颜色、花药颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果长、果肉厚、花梗着生状态、果面特征具有显著的负相关性,共有 17 个性状与主茎颜色显著相关。

叶片颜色与始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果实横径、单果重、主茎颜色、青熟果色之间具有显著的正相关性,与花药颜色、果实形状之间具有显著的负相关性,共有 12 个性状与叶片颜色显著相关。

花冠颜色与叶片长、叶片宽之间具有显著的正相关性,与果长之间具有显著的负相关性,共有3个性状与花冠颜色显著相关。

花药颜色与分枝性、主茎颜色、果实形状之间具有显著的正相关性,与始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果肉厚、单果重、叶片颜色、花梗着生状态、果面特征之间具有显著的负相关性,共有14个性状与花药颜色显著相关。

花梗着生状态与果肉厚、分枝性、果面特征之间具有显著的正相关性,与株高、叶片长、叶片宽、果实横径、主茎颜色、花药颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的负相关性,共有11个性状与花梗着生状态显著相关。

青熟果色与始花节位、株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、果实横径、分枝性、主茎颜色、叶片颜

色、果实形状之间具有显著的正相关性,与果肉厚、花梗着生状态、果面特征之间具有显著的负相关性,共有14个性状与青熟果色显著相关。

果面特征与果长、果肉厚、花梗着生状态之间具有显著的正相关性,与株高、叶片长、叶片宽、果柄长、果实横径、单果重、分枝性、主茎颜色、花药颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的负相关性,共有14个性状与果面特征显著相关。

果实形状与始花节位、株高、株幅、果柄长、果长、分枝性、主茎颜色、花药颜色、青熟果色之间具有显著的正相关性,与叶片长、叶片宽、果实横径、果肉厚、单果重、叶片颜色、花梗着生状态、果面特征之间具有显著的负相关性,共有17个性状与果实性状显著相关。

表6 19个形态学性状的相关性分析结果

项目	相关系数																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	1.000																			
2	0.433 *	1.000																		
3	0.421 *	0.477 *	1.000																	
4	0.154 *	0.194 *	0.206 *	1.000																
5	0.068 *	0.152 *	0.131 *	0.806 *	1.000															
6	0.204 *	0.386 *	0.396 *	0.275 *	0.240 *	1.000														
7	-0.038	0.135 *	0.230 *	-0.057 *	-0.133 *	0.368 *	1.000													
8	-0.041	0.003	0.056 *	0.324 *	0.356 *	0.035	-0.104 *	1.000												
9	-0.131 *	-0.320 *	-0.170 *	0.002	0.068 *	-0.163 *	-0.191 *	-0.138 *	1.000											
10	-0.140 *	-0.152 *	-0.131 *	0.428 *	0.487 *	0.064 *	-0.237 *	0.364 *	0.381 *	1.000										
11	0.080 *	0.261 *	-0.071 *	-0.012	-0.044	-0.053 *	-0.047	-0.113 *	-0.066 *	-0.059 *	1.000									
12	0.148 *	0.332 *	0.079 *	0.316 *	0.304 *	0.219 *	-0.082 *	0.291 *	-0.452 *	0.122 *	0.161 *	1.000								
13	0.114 *	0.102 *	0.127 *	0.118 *	0.090 *	0.092 *	-0.009	0.055 *	0.024	0.056 *	-0.047	0.091 *	1.000							
14	0.021	-0.007	-0.034	0.101 *	0.068 *	-0.016	-0.070 *	0.023	0.048	0.049	0.049	0.033	0.017	1.000						
15	-0.144 *	-0.070 *	-0.207 *	-0.144 *	-0.139 *	-0.124 *	0.048	0.029	-0.250 *	-0.154 *	0.087 *	0.087 *	-0.095 *	-0.047	1.000					
16	0.019	-0.062 *	0.024	-0.089 *	-0.100 *	-0.006	0.038	-0.186 *	0.296 *	-0.033	0.056 *	-0.259 *	0.049	-0.040	-0.068 *	1.000				
17	0.168 *	0.316 *	0.186 *	0.139 *	0.127 *	0.199 *	0.023	0.162 *	-0.392 *	-0.020	0.141 *	0.410 *	0.083 *	0.030	0.011	-0.095 *	1.000			
18	-0.009	-0.207 *	-0.040	-0.216 *	-0.219 *	-0.089 *	0.104 *	-0.204 *	0.413 *	-0.077 *	-0.089 *	-0.415 *	-0.020	-0.027	-0.113 *	0.262 *	-0.256 *	1.000		
19	0.161 *	0.368 *	0.132 *	-0.151 *	-0.223 *	0.111 *	0.334 *	-0.103 *	-0.734 *	-0.524 *	0.223 *	0.331 *	-0.057 *	0.000	0.276 *	-0.235 *	0.299 *	-0.343 *	1.000	

注:1表示始花节位,2表示株高,3表示株幅,4表示叶片长,5表示叶片宽,6表示果柄长,7表示果长,8表示果实横径,9表示果肉厚,10表示单果重,11表示分枝性,12表示主茎颜色,13表示叶片颜色,14表示花冠颜色,15表示花药颜色,16表示花梗着生状态,17表示青熟果色,18表示果面特征,19表示果实形状。\*表示显著相关( $P < 0.05$ )。

## 2.4 主成分分析

利用SPSS 20.0软件对1000份辣椒种质的19个形态学性状进行主成分分析,提取主成分。结果(表7)表明,各主成分的特征值和贡献率主要信息集中在前8个主成分中,累计贡献率为72.75%。

第1主成分特征值为3.657,贡献率为19.249%,特征向量值为正且数值较大的有主茎颜色、株高、果实形状、青熟果色、果柄长,特征向量值为负且绝对值较大的有果肉厚、果面特征,这些性状主要与果实和植株形态有关。

第2主成分特征值为2.961,贡献率为15.585%,特征向量值为正且数值较大的有单果重、叶片长、叶片宽,特征向量值为负且绝对值较大的有果实形状、果长、花药颜色,这些性状主要与植株形态和果实有关。

第3主成分特征值为2.058,贡献率为10.834%,特征向量值为正且数值较大的有株幅、始花节位、果柄长、果面特征,特征向量值为负且绝对值较大的有花药颜色、主茎颜色、果实横径,这些性状主要与辣椒开花特征和果实有关。

第4主成分特征值为1.326,贡献率为6.977%,特征向量值为正且数值较大的有分枝性、始花节位,特征向量值为负且绝对值较大的有果长、果柄长、果实横径,这些性状主要与果实和植株形态有关。

第5主成分特征值为1.062,贡献率为

5.587%,特征向量值为正且数值较大的有分枝性、果长,特征向量值为负且绝对值较大的有叶片颜色、始花节位,这些性状主要与植株形态、果实、叶片以及开花有关。

第6主成分特征值为0.998,贡献率为5.253%,特征向量值为正且数值较大的有花梗着生状态、叶片颜色,特征向量值为负且绝对值较大的有花冠颜色,这些性状主要与开花和叶片有关。

第7主成分特征值为0.953,贡献率为5.014%,特征向量值为正且数值较大的有叶片颜色、花冠颜色,特征向量值为负且绝对值较大的有始花节位,这些性状主要与叶片和开花有关。

第8主成分特征值为0.809,贡献率为4.256%,特征向量值为正且数值较大的有花药颜色,特征向量值为负且绝对值较大的有青熟果色,这些性状主要与果实和开花有关。

表7 19个形态学性状的主成分分析

项目	各主成分的特征向量值							
	1	2	3	4	5	6	7	8
始花节位	0.411	-0.017	0.469	0.367	-0.291	-0.024	-0.236	0.276
株高	0.686	-0.084	0.357	0.243	0.078	0.039	-0.114	0.047
株幅	0.476	0.027	0.617	-0.101	-0.181	-0.032	-0.139	0.082
叶片长	0.415	0.723	0.049	-0.046	0.191	-0.068	-0.038	0.237
叶片宽	0.345	0.781	-0.023	-0.056	0.185	-0.022	-0.069	0.185
果柄长	0.490	0.135	0.457	-0.340	0.270	-0.036	0.079	-0.123
果长	0.191	-0.345	0.351	-0.577	0.375	-0.088	0.199	-0.053
果实横径	0.271	0.478	-0.323	-0.238	-0.172	0.100	0.021	-0.008
果肉厚	-0.698	0.428	0.280	0.161	0.117	-0.001	-0.005	-0.008
单果重	-0.099	0.800	-0.156	-0.024	0.149	0.082	0.014	-0.137
分枝性	0.190	-0.170	-0.092	0.640	0.522	0.114	0.008	-0.066
主茎颜色	0.691	0.161	-0.324	0.111	0.006	0.102	0.066	-0.098
叶片颜色	0.133	0.172	0.212	0.086	-0.390	0.276	0.734	0.147
花冠颜色	0.029	0.120	-0.061	0.267	0.045	-0.837	0.394	0.050
花药颜色	0.058	-0.332	-0.471	-0.120	0.245	0.185	0.134	0.581
花梗着生状态	-0.321	-0.015	0.420	0.213	0.309	0.318	0.246	0.042
青熟果色	0.591	-0.014	-0.083	0.148	-0.037	0.144	0.183	-0.465
果面特征	-0.545	-0.072	0.438	-0.025	0.048	-0.005	0.030	0.020
果实形状	0.606	-0.646	-0.170	-0.039	0.048	-0.086	0.031	0.051
特征值	3.657	2.961	2.058	1.326	1.062	0.998	0.953	0.809
贡献率(%)	19.249	15.585	10.834	6.977	5.587	5.253	5.014	4.256
累计贡献率(%)	19.249	34.834	45.668	52.645	58.232	63.485	68.498	72.754

## 2.5 聚类分析

对1000份辣椒种质使用组间法系统聚类,聚类结果可以分为8类(表1)。各类的多样性描述见表8和表9。

第1类:共288份种质,是种质最多的一类。第1类种质数量性状的变异系数范围为18.10%~83.02%,从大到小的顺序依次为果肉厚(83.02%)、果实横径(80.08%)、单果重

(37.61%)、株幅(30.44%)、果长(25.71%)、叶片宽(21.46%)、叶片长(19.60%)、始花节位(18.88%)、果柄长(18.30%)、株高(18.10%)。第 1 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0.041 ~ 1.965, 从大到小的顺序依次为果实形状(1.965)、主茎颜色(1.142)、青熟果色(1.112)、花梗着生状态(1.078)、花药颜色(0.806)、叶片颜色(0.794)、分枝性(0.669)、果面特征(0.477)、花冠颜色(0.041)。第 1 类辣椒种质的分枝性以中等为主, 主茎颜色以绿色为主, 叶片颜色以绿色为主, 花冠颜色以白色为主, 花药颜色以紫色为主, 花梗着生状态以侧生为主, 青熟果色以绿色为主, 果面特征以光滑为主, 果实形状以扁灯笼形和长羊角形为主。

第 2 类: 共 3 份种质, 是种质最少的一类。第 2 类种质数量性状的变异系数范围为 9.17% ~ 68.00%, 从大到小的顺序依次为果实横径(68.00%)、果肉厚(54.17%)、果长(50.18%)、果柄长(35.85%)、株幅(27.70%)、叶片宽(24.24%)、株高(22.71%)、始花节位(18.05%)、叶片长(10.84%)、单果重(9.17%)。第 2 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0 ~ 1.099。

第 3 类: 共 164 份种质。第 3 类种质数量性状的变异系数范围为 19.96% ~ 874.67%, 从大到小的顺序依次为始花节位(874.67%)、果肉厚(763.98%)、单果重(646.07%)、果实横径(606.24%)、株幅(527.99%)、株高(205.51%)、果长(145.99%)、果柄长(43.78%)、叶片长(32.73%)、叶片宽(19.96%)。第 3 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0.037 ~ 1.679, 从大到小的顺序依次为果实形状(1.679)、花药颜色(1.218)、主茎颜色(1.107)、花梗着生状态(1.087)、青熟果色(1.081)、叶片颜色(0.883)、分枝性(0.815)、花冠颜色(0.103)、果面特征(0.037)。第 3 类辣椒的分枝性以中等为主, 主茎颜色以绿色为主, 叶片颜色以绿色为主, 花冠颜色以白色为主, 花药颜色以紫色为主, 花梗着生状态以侧生为主, 青熟果色以紫色为主, 果面特征以光滑为主, 果实形状以长牛角形和长羊角形为主。

第 4 类: 共 30 份种质。第 4 类种质数量性状的变异系数范围为 14.46% ~ 59.33%, 从大到小的顺序依次为果实横径(59.33%)、株幅(40.02%)、果柄长(31.21%)、果长(28.69%)、果肉厚(27.37%)、株高(25.00%)、叶片宽(17.56%)、单

果重(16.88%)、叶片长(16.17%)、始花节位(14.46%)。第 3 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0 ~ 1.420, 从大到小的顺序依次为果实形状(1.420)、青熟果色(1.057)、花梗着生状态(1.052)、分枝性(0.970)、花药颜色(0.956)、主茎颜色(0.916)、叶片颜色(0.889)、花冠颜色(0.146)、果面特征(0)。第 4 类辣椒的分枝性以弱为主, 主茎颜色以深绿色为主, 叶片颜色以深绿色为主, 花冠颜色以白色为主, 花药颜色以紫色为主, 花梗着生状态以下垂为主, 青熟果色以橙色为主, 果面特征以光滑为主, 果实形状以扁灯笼形和长灯笼形为主。

第 5 类: 共 200 份种质。第 5 类种质数量性状的变异系数范围为 15.16% ~ 153.22%, 从大到小的顺序依次为果肉厚(153.22%)、始花节位(125.12%)、果实横径(63.66%)、单果重(55.33%)、果柄长(55.21%)、果长(39.76%)、株幅(35.33%)、叶片宽(27.13%)、叶片长(22.75%)、株高(15.16%)。第 5 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0.109 ~ 1.861, 从大到小的顺序依次为果实形状(1.861)、青熟果色(1.211)、花梗着生状态(1.114)、主茎颜色(1.096)、叶片颜色(1.088)、花药颜色(0.889)、分枝性(0.853)、花冠颜色(0.176)、果面特征(0.109)。第 5 类辣椒的分枝性以中等为主, 主茎颜色以绿色为主, 叶片颜色以绿色为主, 花冠颜色以白色为主, 花药颜色以紫色为主, 花梗着生状态以侧生为主, 青熟果色以紫色为主, 果面特征以光滑为主, 果实形状以线形为主。

第 6 类: 共 108 份种质。第 6 类种质数量性状的变异系数范围为 13.60% ~ 90.75%, 从大到小的顺序依次为果实横径(90.57%)、果长(51.42%)、株幅(40.04%)、果肉厚(33.93%)、株高(31.87%)、始花节位(25.63%)、果柄长(24.57%)、叶片宽(23.21%)、叶片长(20.78%)、单果重(13.60%)。第 6 类种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为 0 ~ 1.716, 从大到小的顺序依次为果实形状(1.716)、青熟果色(1.228)、花药颜色(1.186)、主茎颜色(1.138)、花梗着生状态(1.063)、叶片颜色(1.049)、分枝性(0.923)、花冠颜色(0.187)、果面特征(0)。第 6 类辣椒的分枝性以中等为主, 主茎颜色以绿色为主, 叶片颜色以绿色为主, 花冠颜色以白色为主, 花药颜色以紫色为主, 花梗着生状态以侧生为主, 青熟

表 8 8 类辣椒品种 10 个数量性状的遗传变异

类	数量性状	变异范围	平均值	标准差	变异系数 (%)
1	始花节位	4.00 ~ 17.30	9.00	1.70	18.88
	株高 (cm)	24.34 ~ 156.00	80.90	14.64	18.10
	株幅 (cm)	14.00 ~ 121.00	63.43	19.31	30.44
	叶片长 (cm)	5.14 ~ 22.40	13.61	2.67	19.60
	叶片宽 (cm)	2.38 ~ 10.80	6.77	1.45	21.46
	果柄长 (cm)	1.97 ~ 6.96	4.60	0.84	18.30
	果长 (cm)	3.40 ~ 31.63	21.11	5.43	25.71
	果实横径 (mm)	1.00 ~ 149.64	23.06	18.47	80.08
	果肉厚 (mm)	0.94 ~ 22.30	4.95	4.11	83.02
	单果重 (g)	2.78 ~ 153.85	53.01	19.94	37.61
2	始花节位	8.00 ~ 11.00	9.11	1.64	18.05
	株高 (cm)	87.00 ~ 136.67	117.44	26.67	22.71
	株幅 (cm)	66.00 ~ 117.33	93.11	25.79	27.70
	叶片长 (cm)	16.43 ~ 20.30	18.16	1.97	10.84
	叶片宽 (cm)	7.67 ~ 11.60	9.07	2.20	24.24
	果柄长 (cm)	3.60 ~ 7.73	5.80	2.08	35.85
	果长 (cm)	8.80 ~ 28.13	20.49	10.28	50.18
	果实横径 (mm)	7.80 ~ 49.09	31.10	21.15	68.00
	果肉厚 (mm)	2.90 ~ 7.62	4.70	2.55	54.17
	单果重 (g)	562.81 ~ 676.57	620.51	56.90	9.17
3	始花节位	5.00 ~ 14.70	10.54	92.19	874.67
	株高 (cm)	90.00 ~ 220.00	139.37	286.42	205.51
	株幅 (cm)	12.40 ~ 160.33	98.40	519.55	527.99
	叶片长 (cm)	6.70 ~ 22.80	17.17	5.62	32.73
	叶片宽 (cm)	3.12 ~ 12.70	8.92	1.78	19.96
	果柄长 (cm)	1.96 ~ 19.85	6.51	2.85	43.78
	果长 (cm)	2.40 ~ 39.97	25.46	37.17	145.99
	果实横径 (mm)	2.90 ~ 116.65	34.12	206.85	606.24
	果肉厚 (mm)	1.48 ~ 64.97	3.72	28.42	763.98
	单果重 (g)	3.00 ~ 153.85	89.00	575.00	646.07
4	始花节位	7.00 ~ 13.30	10.02	1.45	14.46
	株高 (cm)	51.00 ~ 160.00	102.60	25.64	25.00
	株幅 (cm)	26.00 ~ 103.33	57.20	22.89	40.02
	叶片长 (cm)	14.00 ~ 27.00	19.93	3.22	16.17
	叶片宽 (cm)	5.20 ~ 14.25	10.68	1.87	17.56
	果柄长 (cm)	1.99 ~ 7.73	4.62	1.44	31.21
	果长 (cm)	7.85 ~ 22.50	11.56	3.32	28.69
	果实横径 (mm)	7.80 ~ 128.89	71.84	42.63	59.33
	果肉厚 (mm)	5.66 ~ 15.73	8.39	2.30	27.37
	单果重 (g)	240.87 ~ 320.84	300.07	50.66	16.88
5	始花节位	5.00 ~ 13.60	12.88	16.12	125.12
	株高 (cm)	22.00 ~ 194.00	131.30	19.90	15.16
	株幅 (cm)	9.60 ~ 115.00	69.31	24.49	35.33
	叶片长 (cm)	4.35 ~ 21.03	14.18	3.23	22.75

表8(续)

类	数量性状	变异范围	平均值	标准差	变异系数 (%)
6	果柄长(cm)	2.44 ~ 26.70	5.42	2.99	55.21
	叶片宽(cm)	3.20 ~ 18.50	7.20	1.95	27.13
	果长(cm)	2.20 ~ 35.60	18.26	7.26	39.76
	果实横径(mm)	0.90 ~ 54.58	16.04	10.21	63.66
	果肉厚(mm)	0.46 ~ 62.72	3.18	4.87	153.22
	单果重(g)	2.31 ~ 65.97	29.46	16.30	55.33
	始花节位	3.00 ~ 19.00	9.42	2.41	25.63
	株高(cm)	29.00 ~ 182.00	95.08	30.30	31.87
	株幅(cm)	21.00 ~ 121.00	60.71	24.31	40.04
	叶片长(cm)	8.02 ~ 28.35	18.53	3.85	20.78
	叶片宽(cm)	4.80 ~ 16.40	9.98	2.32	23.21
	果柄长(cm)	2.65 ~ 9.69	5.14	1.26	24.57
	果长(cm)	5.70 ~ 31.83	12.66	6.51	51.42
	果实横径(mm)	5.00 ~ 110.60	40.45	36.64	90.57
	果肉厚(mm)	2.03 ~ 12.84	7.09	2.41	33.93
单果重(g)	151.02 ~ 267.28	203.82	27.72	13.60	
7	始花节位	9.70 ~ 22.00	12.96	2.86	22.08
	株高(cm)	123.67 ~ 230.00	157.70	22.12	14.03
	株幅(cm)	98.33 ~ 303.67	142.71	39.69	27.81
	叶片长(cm)	11.70 ~ 39.07	16.34	4.01	24.57
	叶片宽(cm)	5.07 ~ 10.97	7.49	1.48	19.71
	果柄长(cm)	3.00 ~ 7.50	5.48	1.06	19.29
	果长(cm)	7.43 ~ 35.13	20.46	7.10	34.71
	果实横径(mm)	8.44 ~ 39.93	19.59	8.70	44.42
	果肉厚(mm)	0.80 ~ 27.02	2.34	3.73	159.21
	单果重(g)	3.91 ~ 80.85	29.45	18.54	62.96
8	始花节位	2.00 ~ 13.00	8.71	1.71	19.63
	株高(cm)	41.00 ~ 154.00	93.12	22.94	24.64
	株幅(cm)	18.00 ~ 94.00	52.53	21.41	40.76
	叶片长(cm)	7.65 ~ 29.50	15.49	2.87	18.55
	叶片宽(cm)	2.25 ~ 11.65	8.01	1.58	19.74
	果柄长(cm)	1.47 ~ 7.83	4.88	1.09	22.33
	果长(cm)	4.54 ~ 32.80	19.96	6.17	30.92
	果实横径(mm)	2.60 ~ 85.53	25.46	22.81	89.60
	果肉厚(mm)	1.78 ~ 14.88	5.68	3.37	59.38
	单果重(g)	71.14 ~ 159.40	106.36	21.87	20.56

果色以橙色和紫色为主,果面特征以光滑为主,果实形状以扁灯笼形和方灯笼形为主。

第7类:共47份种质。第7类种质数量性状的变异系数范围为14.03%~159.21%,从大到小的顺序依次为果肉厚(159.21%)、单果重(62.96%)、果实横径(44.42%)、果长(34.71%)、株幅(27.81%)、叶片长(24.57%)、始花节位(22.08%)、叶片宽(19.71%)、果柄长(19.29%)、株高(14.03%)。第7类

种质质量性状的 Shannon 多样性指数范围为0~1.716,从大到小的顺序依次为果实形状(1.716)、主茎颜色(0.979)、花梗着生状态(0.977)、花药颜色(0.904)、青熟果色(0.838)、叶片颜色(0.708)、分枝性(0.693)、花冠颜色(0)、果面特征(0)。第7类辣椒的分枝性以中等为主,主茎颜色以绿色为主,叶片颜色以绿色为主,花冠颜色以白色为主,花药颜色以蓝色为主,花梗着生状态以侧生为主,青



表9(续)

类	质量性状	Shannon 多样性指数	频率(%)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	果实形状	1.861	0.5	2.0	1.5	3.0	1.5	1.5	1.5	10.5	16.0	16.0	16.0	30.0	0
	分枝性	0.923			12.0		59.3		28.7						
	主茎颜色	1.138	2.8	5.6	49.1	37.0	5.6	0							
	叶片颜色	1.049	4.6	8.3	53.7	33.3	0								
	花冠颜色	0.187	95.4	4.6	0										
	花药颜色	1.186	0	14.8	1.9	5.6	23.1	54.6							
	花梗着生状态	1.063	38.0	40.7	21.3										
	青熟果色	1.228	1.9	0	11.1	39.8	40.7	0.0	6.5						
	果面特征	0	100	0	0										
	7	果实形状	1.716	25.0	34.3	19.4	0.9	0.9	2.8	6.5	6.5	2.8	0	0	0.9
分枝性		0.693			0		48.9		51.1						
主茎颜色		0.979	0	4.3	59.6	29.8	6.4	0							
叶片颜色		0.708	23.4	4.3	72.3										
花冠颜色		0	100	0	0										
花药颜色		0.904	0	0	0	17.0	63.8	19.1							
花梗着生状态		0.977	21.3	57.4	21.3										
青熟果色		0.838	0	0	2.1	10.6	72.3	0	14.9						
果面特征		0	100	0	0										
8		果实形状	1.716	0	0	0	0	0	0	8.5	10.6	12.8	19.1	23.4	25.5
	分枝性	0.864			6.9		58.8		34.4						
	主茎颜色	1.211	20.0	8.8	50.0	21.3	0	0							
	叶片颜色	0.958	2.5	11.9	64.4	21.3	0								
	花冠颜色	0.117	97.5	2.5	0										
	花药颜色	0.737	0	1.9	3.1	0	21.3	73.8							
	花梗着生状态	1.054	28.1	47.5	24.4										
	青熟果色	1.219	0	3.1	37.5	24.4	34.4	0	0.6						
	果面特征	0.117	97.5	2.5	0										
	果实形状	2.159	17.5	6.9	6.3	2.5	1.3	10.0	12.5	16.9	20.0	1.3	1.9	3.1	0

熟果色以紫色为主,果面特征以光滑为主,果实形状以长指形和线形为主。

第8类:共160份种质。第8类种质数量性状的变异系数范围为18.55%~89.60%,从大到小的顺序依次为果实横径(89.60%)、果肉厚(59.38%)、株幅(40.76%)、果长(30.92%)、株高(24.64%)、果柄长(22.33%)、单果重(20.56%)、叶片宽(19.74%)、始花节位(19.63%)、叶片长(18.55%)。第8类种质质量性状的Shannon多样性指数范围为0.117~2.159,从大到小的顺序依次为果实形状(2.159)、青熟果色(1.219)、主茎颜色(1.211)、花梗着生状态(1.054)、叶片颜色(0.958)、分枝性(0.864)、花药颜色(0.737)、花冠颜色(0.117)、果面特征(0.117)。第8类辣椒的分

枝性以中等为主,主茎颜色以绿色为主,叶片颜色以绿色为主,花冠颜色以白色为主,花药颜色以紫色为主,花梗着生状态以侧生为主,青熟果色以绿色和紫色为主,果面特征以光滑为主,果实形状以扁灯笼形、短羊角形和长羊角形为主。

### 3 讨论与结论

在本研究中,1000份辣椒种质数量性状的变异系数范围为30.80%~6199.29%。根据马蓉丽等提出的变异系数标准<sup>[24]</sup>,属于中强等级变异。单果重的变异系数最大,达到了6199.29%,为强变异,这与裴红霞等的研究结果<sup>[25-27]</sup>一致。因此,认为单果重的变异丰富。变异系数大,选择的潜力大,容易通过杂交或人工选择来达到育种目的<sup>[28-29]</sup>。在

今后的育种工作中,可以有针对性地合理利用单果重变异丰富的种质开展育种工作<sup>[30]</sup>。

果实形状是辣椒育种的目的性状之一<sup>[21,30-31]</sup>。在本研究中,1 000 份辣椒种质质量性状的遗传多样性指数范围为 0.203 ~ 2.274,果实形状的遗传多样性指数最大,达到了 2.274。由此,可以推断出本研究 1 000 份种质中果实形状具有很大的遗传改良潜力。长羊角形的辣椒种质占比最大,这与裴红霞等的研究结果<sup>[25]</sup>一致。除了没有圆球形辣椒外,本研究 1 000 份种质的果实形状频率分布较为均匀,这为辣椒果实形状遗传改良提供更多的选择性。

植物性状的相关性分析体现了各性状间联系的紧密程度。在开展育种工作时,应用相关性分析,对一种性状的选择相当于对其他性状的间接选择。利用相关性分析,可以提高不容易鉴定的数量性状的选择效果<sup>[32]</sup>。1 000 份辣椒种质,19 个性状形成了 171 对性状,其中有 131 对性状的相关系数达到显著水平,达到显著水平的性状对超过了 70%,说明这 19 个性状之间的相关性较高,大部分的性状之间存在着密切联系,所以在育种时不能只考虑某一个性状,要综合考虑协调各个性状之间的相互联系。本研究提出的 19 个性状中,与果实形状、叶片宽显著相关的性状最多,各有 17 个,与株高、叶片长显著相关的性状各有 16 个,与株幅、果柄长、果肉厚、单果重显著相关的性状各有 15 个,表明这些性状是利用这 1 000 份辣椒种质开展育种工作应重点考虑的关键性状。

始花节位是指辣椒第 1 次开花的节位,通常用来确定开花的时间,反映了辣椒的熟性,与成熟采收期和产量显著相关<sup>[33-34]</sup>。始花节位低的辣椒开花坐果早,能在春茬种植时避开雨水,减少病害<sup>[33]</sup>,能在秋茬种植时避开秋冬低温,降低秋冬设施栽培能耗<sup>[35]</sup>;而始花节位高的辣椒开花坐果晚,可以避开上市旺季。始花节位受到许多研究者的重视<sup>[36-38]</sup>。在本研究中,始花节位与株高、株幅、叶片长、叶片宽、果柄长、分枝性、主茎颜色、叶片颜色、青熟果色、果实形状之间具有显著的正相关性,说明这些性状是决定始花节位的主要因素。开展辣椒早熟育种工作必须要考虑到与始花节位具有正相关性的性状。

辣椒采摘的劳动力成本过高制约了辣椒产业发展,发展机械采收可降低劳动成本,但培育理想的机械采收株型是前提。有研究表明,始花节位、

株高、株幅等性状显著相关,可作为辣椒机械采收的株型评价指标<sup>[39]</sup>。本研究中,始花节位与株高、株幅均呈显著正相关关系,株高与株幅呈显著正相关关系,这与何建文等的研究结果<sup>[39]</sup>一致,再次印证了辣椒机械采收的株型评价指标。

前人的研究表明,果实形状与果实横径有连锁遗传的现象<sup>[36]</sup>。本研究的结果中,果实形状与果实横径之间具有显著的负相关性。因此,关于果实形状的辣椒育种工作中,也要考虑果实横径。在本研究中,单果重与果实横径、果肉厚之间具有显著的正相关性。因此,要提高单果重,就要重点考虑果实横径、果肉厚等性状。

主成分分析可以排除冗余的性状信息以及意义不大的性状,凸显重要性状。在本研究中,8 个主成分主要与果实和植株形态有关。这也说明了果实和植株形态的信息在 1 000 份辣椒种质的描述中具有重要意义。利用 1 000 份辣椒种质开展育种工作时,可以根据育种目标选择合适的主成分。例如要培育合适植株形态的辣椒品种,就要考虑果实性状。由于主成分能反映所有性状的公共特性,在育种工作中,以主成分为单位进行选择能同时改良主成分包含的性状,这比单一性状的选择更能提高效率<sup>[40-41]</sup>。

本研究的聚类分析将 1 000 份辣椒种质分成了 8 组,各个组的遗传多样性不同,育种时可根据需要在不同的组内选择合适的种质,缩小了育种材料的范围,从而提高了辣椒品种选育效率。

与前人的研究<sup>[15-22]</sup>相比,本研究的试材份数多(达到 1 000 份),可为辣椒遗传育种提供丰富的试材。本研究利用了 19 个形态学性状对 1 000 份辣椒种质进行了分析,并对果实形状、始花节位、辣椒机械采收理想株型等的育种进行了讨论。今后的研究将加强对其他农艺性状、抗病性、果实品质性状等方面的研究。除了上述性状外,还应该进一步采取现代分子生物学或基因测序等手段进行遗传多样性分析,以期更准确地反映辣椒种质的遗传多样性,为挖掘辣椒优异种质以及辣椒品种选育提供科学参考。

#### 参考文献:

- [1]王佳敏,王军娥.观赏辣椒研究进展[J].北方园艺,2017(16):186-190.
- [2]Jiang T. Health benefits of culinary herbs and spices[J]. Journal of AOAC International,2019,102(2):395-411.

- [3] Virga G, Licata M, Consentino B B, et al. Agro - morphological characterization of Sicilian chili pepper accessions for ornamental purposes[J]. *Plants*, 2020, 9(10):1400.
- [4] Cho S Y, Kim H W, Lee M K, et al. Antioxidant and anti - inflammatory activities in relation to the flavonoids composition of pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. *Antioxidants*, 2020, 9(10):986.
- [5] Barik S, Ponnam N, Reddy A C, et al. Breeding peppers for industrial uses: progress and prospects [J]. *Industrial Crops and Products*, 2022, 178:114626.
- [6] 武 晶, 郭刚刚, 张宗文, 等. 作物种质资源管理: 现状与展望 [J]. *植物遗传资源学报*, 2022, 23(3):627 - 635.
- [7] 王立浩, 张宝玺, 张正海, 等. 辣椒遗传育种研究进展 [J]. *园艺学报*, 2020, 47(9):1727 - 1740.
- [8] 王立浩, 张宝玺, 张正海, 等. “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(2):21 - 29.
- [9] Rivera A, Monteagudo A B, Igartua E, et al. Assessing genetic and phenotypic diversity in pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces from North - West Spain [J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 203:1 - 11.
- [10] 刘子记, 申龙斌, 杨 衍, 等. 基于基因型值的黄灯笼辣椒核心种质遗传多样性分析 [J]. *南方农业学报*, 2015, 46(9):1545 - 1550.
- [11] 李 艳, 赵红星, 王 勇, 等. 169 份辣椒种质资源的遗传多样性分析 [J]. *河南农业科学*, 2018, 47(2):91 - 97.
- [12] 桂 敏, 杜 磊, 张芮豪, 等. 引进辣椒种质资源主要农艺性状的评价鉴定 [J]. *山西农业科学*, 2019, 47(6):941 - 944.
- [13] 张强强, 梁 赛, 王 艳, 等. 基于表型性状和 SSR 标记的 57 份辣椒种质遗传多样性分析 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(4):356 - 366.
- [14] 徐小万, 夏碧波, 吴智明, 等. 国外引进辣椒 DNA 表观遗传多样性分析 [J]. *湖北农业科学*, 2021, 60(6):76 - 81.
- [15] 李 宁, 王 飞, 尹延旭, 等. 辣椒种质遗传多样性分析 [J]. *辣椒杂志*, 2017, 15(4):1 - 8, 13.
- [16] 赵 红, 曹亚从, 张正海, 等. 我国辣椒核心种质资源园艺性状多样性的分析和评价 [J]. *中国蔬菜*, 2018(1):25 - 34.
- [17] 徐小万, 夏碧波, 宫 超, 等. 国外引进辣椒遗传多样性的 ISSR 研究 [J]. *农学学报*, 2019, 9(11):21 - 26.
- [18] 赫 卫, 张 慧. 基于表型性状和 SRAP 标记的观赏用辣椒种质资源遗传多样性分析 [J]. *中国瓜菜*, 2022, 35(1):16 - 23.
- [19] Zhang X M, Zhang Z H, Gu X Z, et al. Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2016, 15(9):1991 - 2001.
- [20] Lee H Y, Ro N Y, Jeong H J, et al. Genetic diversity and population structure analysis to construct a core collection from a large *Capsicum* germplasm [J]. *BMC Genetics*, 2016, 17(1):142.
- [21] Gu X Z, Cao Y C, Zhang Z H, et al. Genetic diversity and population structure analysis of *Capsicum* germplasm accessions [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(6):1312 - 1320.
- [22] Guzmán F A, Moore S, de Vicente M C, et al. Microsatellites to enhance characterization, conservation and breeding value of *Capsicum* germplasm [J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2020, 67(3):569 - 585.
- [23] 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, 2006:1 - 19.
- [24] 马蓉丽, 焦彦生, 成 妍, 等. 基于表型性状的辣椒资源遗传多样性分析 [J]. *山西农业科学*, 2015, 43(12):1577 - 1581.
- [25] 裴红霞, 高晶霞, 王学梅. 220 份辣椒种质形态学性状的遗传多样性分析 [J]. *分子植物育种*, 2022, 20(4):1331 - 1347.
- [26] 夏碧波, 李 颖, 王恒明, 等. 国外引进辣椒资源形态学性状的聚类分析 [J]. *分子植物育种*, 2017, 15(8):3318 - 3330.
- [27] 白健君, 郭咏梅, 段旭东, 等. 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.
- [28] 徐 睿, 张雅楠, 林子翔, 等. 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] Du H S, Yang J J, Chen B, et al. Target sequencing reveals genetic diversity, population structure, core - SNP markers, and fruit shape - associated loci in pepper varieties [J]. *BMC Plant Biology*, 2019, 19(1):578.
- [32] 耿广东, 张素勤, 盛 霞. 辣椒种质资源主要表型性状的典型相关分析 [J]. *中国农学通报*, 2009, 25(5):209 - 211.
- [33] 陈学军, 陈劲枫, 方 荣, 等. 辣椒始花节位遗传研究 [J]. *园艺学报*, 2006, 33(1):152 - 154.
- [34] 袁欣捷, 方 荣, 周坤华, 等. 辣椒始花节位研究进展 [J]. *浙江农业学报*, 2018, 30(7):1259 - 1266.
- [35] 方 荣, 陈学军, 周坤华, 等. 辣椒早熟性状遗传研究进展 [J]. *中国蔬菜*, 2009(22):1 - 5.
- [36] 段蒙蒙, 王 宁, 毛胜利, 等. 辣椒种内遗传图谱的构建及主要农艺性状的 QTL 分析 [J]. *园艺学报*, 2014, 41(12):2497 - 2506.
- [37] Zhang X F, Wang G Y, Chen B, et al. Candidate genes for first flower node identified in pepper using combined SLAF - seq and BSA [J]. *PLoS One*, 2018, 13(3):e0194071.
- [38] Zhang X F, Wang G Y, Dong T T, et al. High - density genetic map construction and QTL mapping of first flower node in pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. *BMC Plant Biology*, 2019, 19(1):167.
- [39] 何建文, 吴 迪, 付文婷, 等. 33 份簇生辣椒种质机械采收指标综合评价 [J]. *种子*, 2021, 40(8):73 - 77, 149.
- [40] 陈学军, 方 荣, 缪南生, 等. 辣椒属栽培种主要表型性状的因子分析 [J]. *中国蔬菜*, 2009(2):21 - 25.
- [41] 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.