

杨慧卿,王根全,郝晓芬,等. 山西省谷子地方种质资源表型多样性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(13):20-25.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.13.004

山西省谷子地方种质资源表型多样性分析

杨慧卿,王根全,郝晓芬,程乔林,王晓宇,秦玉忠

(山西农业大学谷子研究所,山西长治 046011)

摘要:为了明确山西省谷子地方种质资源的表型多样性,对 66 份山西谷子地方种质资源的农艺性状和品质性状等 18 个性状进行了相关性分析、主成分分析和聚类分析。结果表明,粒色、穗型、粗脂肪含量等性状遗传变异相对较大,可用于地方种质的初步分类;9 个数量性状的变异系数在 6.34%~29.72% 之间,其中,单株粒质量最大,为 29.72%,其次是单株穗质量、主穗长度为 28.00%、19.12%;相关性分析表明,缩短生育期对提高株高有一定的促进作用,另外,粗蛋白含量在影响其他品质性状方面起主导作用;主成分分析把 9 个性状归为 3 个主成分,累计贡献率为 73.90%;聚类分析把山西谷子地方种质资源分为 2 个类群,筛选出 12 个地方品种,少数种质如尖侧谷、老鼠谷等特殊种质可以作为谷子育种的骨干亲本,为种质资源的评价和新品种选育提供一定的参考。

关键词:谷子;地方种质;表型;多样性分析;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S515.02 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)13-0020-06

谷子[*Setaria italica* (L.) Beauv.]起源于中国,有上万年的栽培历史^[1-3],拥有丰富的种质资源,其悠久的栽培历史创造了我国北方的农耕文明。谷子在今天的旱作生态农业建设和种植业结构调整中具有重要的作用,更是应对未来干旱温暖环境的战略储备作物^[4]。山西省素有“小杂粮王国”的美誉,谷子是山西省的优势杂粮作物,也是我国原产的粮饲兼用和营养保健作物,在保持作物多样性、旱作农业以及山西农业供给侧结构改革、种植业结构改革等方面有着不可或缺的作用^[5]。山西省谷子资源丰富,占全国谷子资源的 1/5,年种植面积约 22.67 万 hm²,占全国种植面积的 25%^[4]。高效管理和利用这些种质是谷子资源工作的重点。近 10 年来,我国谷子产业规模不断扩大,据国家谷子高粱产业体系调研和测算,全国小米产业规模由 2009 年的 50 亿元发展到 2018 年的 300 亿元左右,全国地理标志保护产品从零基础发展到 49 个品种,正在形成一批区域公用品牌。在省级层面,山西省政府出台山西小米品牌建设 3 年发展规划,成立山西小

米产业联盟运营中心,制订了山西小米团体标准,山西小米广告在央视、高铁、航线陆续投放,山西小米区域公用品牌影响力逐步提升^[6]。

近年来,山西谷子育种方面取得了一定的进展,对推动谷子产业发展发挥了积极的作用。从育种方法上看,育成的品种多采用简单的杂交、系统选育等方法,根据育种目标采取回交、复交以及理化诱变等方法较少。育种工作虽然取得了一定的效果,但由于应用方法自身的特点和人为对少数骨干亲本的集中利用,造成育成品种遗传基础狭窄^[7],品种在产量、抗性、品质等方面均不能满足市场多样性需求及谷子产业化发展的需要。有统计数据表明,全世界谷子种质资源共 39 320 份,其中我国 27 690 份,约占世界总量的 70%;而谷子资源以农家品种为主,占 97.5%,育成品种仅占 2.5%,野生近缘种库存很少^[4]。作物种质资源是种质创新和生物研究的物质基础,种质资源的收集和保存得到了广泛重视。但长期以来对谷子种质资源遗传家底认识不清,限制了资源的深入研究和利用。因此,加深对种质资源的科学认识对谷子的遗传育种具有重要意义,谷子种质资源研究的重点是收集偏远地区的地方品种,解决谷子资源覆盖度低,宽泛度和丰富度不够的问题。

对山西谷子品种多样性分析的研究也有诸多报道,王海岗等分析了山西谷子地方品种遗传多样性和群体遗传结构,筛选与谷子农艺性状相关联的

收稿日期:2021-08-31

基金项目:山西农业大学生物育种工程(编号:YZGC028);山西省农业科学院农业科技创新研究课题(编号:YXC2019T05)。

作者简介:杨慧卿(1981—),女,山西长治人,硕士,副研究员,主要从事谷子遗传育种研究。E-mail:feier325@sian.com。

通信作者:王根全,副研究员,主要从事谷子遗传育种研究。E-mail:gqwang1111@163.com。

分子标记,为谷子杂交组合亲本选配及分子标记辅助育种提供依据^[7]。王海岗等采用离差平方和法进行系统聚类后随机取样,构建的初选核心种质保留了原始种质 11.34% 的遗传资源^[8]。吕建珍等对山西省农业科学院作物所育成的 23 个优质高产谷子新品种的农艺性状、产量水平及品质性状进行了综合评价^[9]。杨慧卿等采用相关分析和主成分分析方法对 11 个山西省育成谷子品种的 10 个农艺性状进行了分析^[10]。但关于谷子地方品种遗传多样性的研究鲜有报道。

本研究依托中国作物种质资源信息网对在山西省境内收集到的 66 份地方谷子品种进行了表型性状的评价和多样性分析,分析这些谷子品种间的遗传差异及可能的遗传利用价值,以期为谷子遗传改良提供参考,为资源创新利用奠定基础,并为资源的再收集提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

通过中国作物种质资源信息网(<https://www.cgris.net/query/croplist.php#>) 采集了 66 份山西谷子地方品种资源作为研究材料,品种资源来源见表 1。试验数据均来自中国作物种质资源信息网,各数量性状值均为平均值。

表 1 山西省 66 份谷子地方种质资源的基本信息

序号	采集编号	名称	经度(°E)	纬度(°N)	海拔(m)	来源
1	II103358	小黄谷	113.60	40.03	1 320	山西大同
2	II106492	三变化	113.60	40.03	1 320	山西大同
3	II103359	紫瑞谷	113.75	40.37	1 040	山西阳高
4	II103360	黄钱串	113.75	40.37	1 040	山西阳高
5	II103361	牛毛黄	113.75	40.37	1 040	山西阳高
6	II103362	三盆稀	114.28	39.77	978	山西广灵
7	II103363	大同白	113.68	39.70	1 090	山西浑源
8	II103364	老来少	113.68	39.70	1 090	山西浑源
9	II103365	气死鸟	113.18	39.55	1 005	山西应县
10	II103366	二红袍	112.42	39.32	1 096	山西朔县
11	II103367	紫杆谷	113.60	40.03	1 320	山西大同
12	II103368	碱谷	113.60	40.03	1 320	山西大同
13	II109499	小双脖	113.68	39.70	1 090	山西浑源
14	II103369	白鞑谷	112.42	39.32	1 096	山西朔县
15	II103370	压塌车	113.60	40.03	1 320	山西大同
16	II103371	鸡旦黄	113.60	40.03	1 320	山西大同
17	II103372	六月间	113.75	40.37	1 040	山西阳高
18	II103373	绳头紧	113.75	40.37	1 040	山西阳高
19	II103374	狼尾青	113.75	40.37	1 040	山西阳高
20	II103375	二糙谷	114.28	39.77	978	山西广灵

表 1(续)

序号	采集编号	名称	经(°E)	纬度(°N)	海拔(m)	来源
21	II104213	力耳侧谷	112.18	37.20	759	山西平遥
22	II104214	爬城摸	112.18	37.20	759	山西平遥
23	II104215	临秋变	111.88	37.03	756	山西介休
24	II104216	一耳侧	112.18	37.20	759	山西平遥
25	II104217	尖侧谷	112.18	37.20	759	山西平遥
26	II104218	安春谷	112.15	37.55	765	山西交城
27	II104219	大头谷	112.33	37.35	760	山西祁县
28	II106458	青谷	111.77	36.85	850	山西灵石
29	II104220	老鼠谷	112.72	37.68	800	山西榆次
30	II104221	七十谷	111.80	37.12	761	山西孝义
31	II104222	金见谷	111.80	37.12	761	山西孝义
32	II106459	狼尾巴	111.77	36.85	850	山西灵石
33	II104223	单枝谷	111.77	36.85	850	山西灵石
34	II104224	朝天穗	112.53	37.87	1 000	山西太原
35	II104225	白流沙	113.35	37.07	1 120	山西左权
36	II104226	白流沙	113.62	37.79	723	山西平定
37	II104227	白流沙	113.37	38.01	1 000	山西盂县
38	II104228	白流沙	110.95	37.95	950	山西临县
39	II104229	小白流沙	111.75	37.27	750	山西汾阳
40	II104230	白苗白流沙	113.57	37.85	802	山西阳泉
41	II109204	鹤鹑谷	111.88	37.03	756	山西介休
42	II109205	碾底黄	111.88	37.03	756	山西介休
43	II109206	露米黄	111.88	37.03	756	山西介休
44	II109207	人人爱	111.77	36.85	850	山西灵石
45	II109208	大三变化	111.77	36.85	850	山西灵石
46	II109209	小软谷	111.77	36.85	850	山西灵石
47	II109210	大青谷	111.77	36.85	850	山西灵石
48	II109211	小紫秆	111.77	36.85	850	山西灵石
49	II109212	毛三谷	111.77	36.85	850	山西灵石
50	II109213	毛达谷	111.77	36.85	850	山西灵石
51	II109214	白母鸡	111.77	36.85	850	山西灵石
52	II109215	代通谷	111.77	36.85	850	山西灵石
53	II109216	白流沙	111.77	36.85	850	山西灵石
54	II109217	打锣锤	111.77	36.85	850	山西灵石
55	II109218	白熟谷	111.77	36.85	850	山西灵石
56	II109219	红毛谷	111.77	36.85	850	山西灵石
57	II109220	达谷	111.77	36.85	850	山西灵石
58	II109221	达谷	111.77	36.85	850	山西灵石
59	II109222	红谷	111.77	36.85	850	山西灵石
60	II105457	大罗君谷 2	112.33	37.62	1 000	山西清徐
61	II115558	大罗君谷 3	112.33	37.62	1 000	山西清徐
62	II118407	黑谷	112.33	37.62	1 000	山西清徐
63	II119175	西夜谷	112.33	37.62	1 000	山西清徐
64	II118408	砾灰谷	112.33	37.62	1 000	山西清徐
65	II118409	省城谷	112.33	37.62	1 000	山西清徐
66	II115559	尺八量	112.33	37.62	1 000	山西清徐

1.2 统计分析

对收集到的 66 份地方谷子品种的主要农艺性状及品质性状等进行了相关分析和主成分分析,并做了聚类分析。数据分析采用 SPSS 22 软件进行,图表采用 Microsoft Excel 2007 软件绘制。

2 结果与分析

2.1 遗传多样性分析

2.1.1 质量性状 66 份地方谷子的质量性状分布如图 1 所示,多样性较丰富。叶色以绿色居多;鞘色多为紫色或绿色;粒色较丰富,但以白色、黄色居多;米色以黄色为主;穗形也较丰富,以纺锤形居多;刺毛长度多为短中型。

2.1.2 数量性状 如表 2 所示,66 份地方谷子的

数量性状变异相对较丰富。9 个数量性状的变异系数在 6.34% ~ 29.72% 之间,其中,单株粒质量最大,为 29.72%,其次是单株穗质量、主穗长度,分别为 28.00%、19.12%,表明穗部性状的遗传潜力较大。

2.1.3 品质性状 由图 2 可知,66 份谷子的粗脂肪含量变异较大。粗脂肪含量变幅为 2.77% ~ 6.13%,其中,鹌鹑谷最高,金见谷最低。而赖氨酸占蛋白、赖氨酸占样品和粗蛋白含量变幅不大。

2.2 相关性分析

2.2.1 数量性状 9 个农艺性状的相关性分析(表 3)显示,主茎长度与主茎直径、主茎节数、单株穗质量、单株粒质量呈极显著相关,与生育期呈显著负相关;主茎直径与主茎节数、单株穗质量、单株粒质

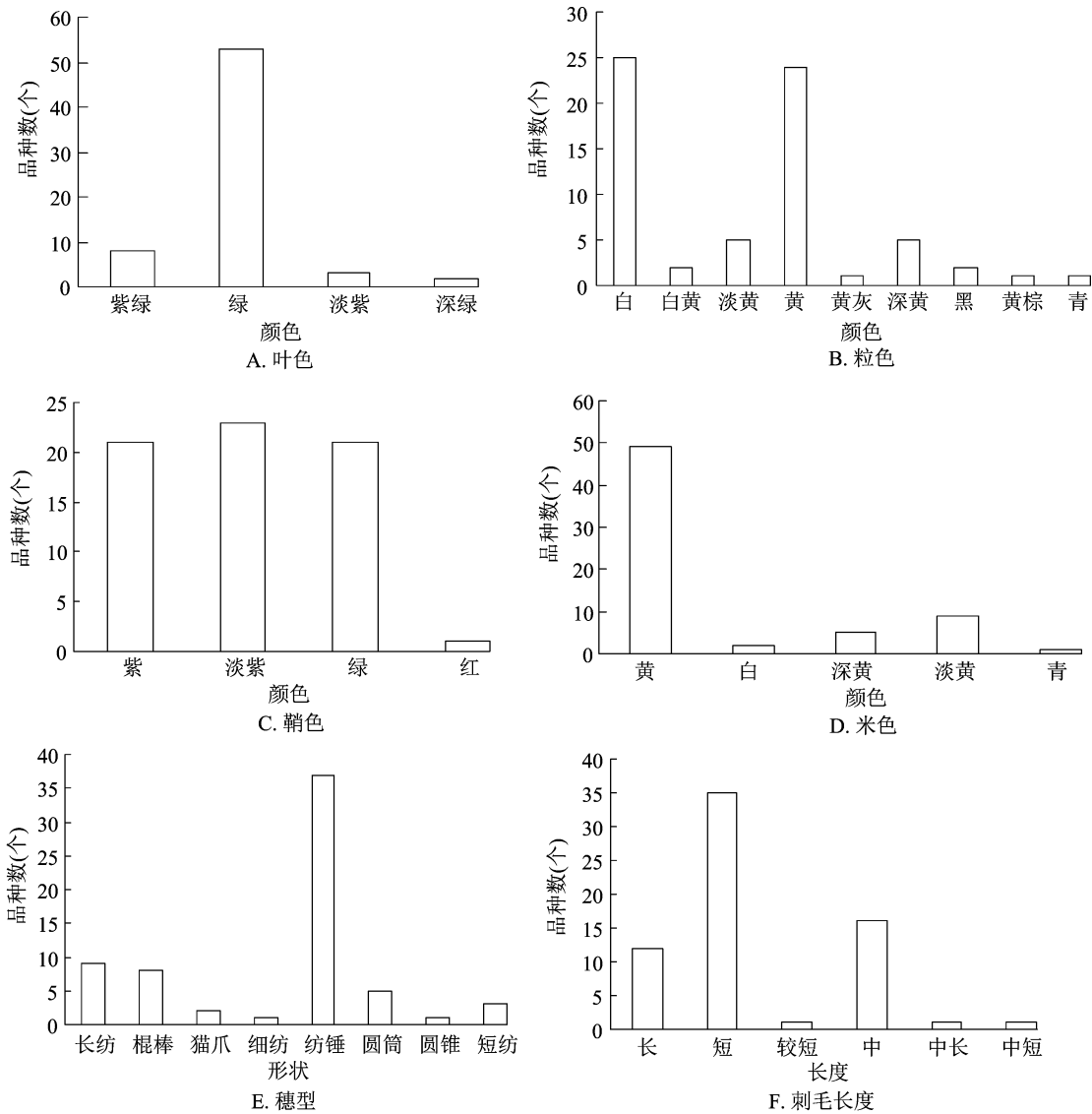


图1 山西省 66 份谷子地方种质质量性状多样性分布

表 2 8 个数量性状的多样性分析

性状	最小值	最大值	平均值	极差	标准差	变异系数(%)
主茎长度 (cm)	107.00	164.10	135.33	57.1	16.86	12.46
主茎直径 (cm)	0.50	0.90	0.72	0.40	0.11	15.25
主茎节数 (节)	10.00	16.00	12.71	6.00	1.48	11.64
单株穗质量 (g)	9.40	29.70	18.51	20.30	5.18	28.00
单株粒质量 (g)	5.40	23.80	13.95	18.40	4.15	29.72
千粒质量 (g)	2.30	4.10	3.37	1.80	0.32	9.56
主穗长度 (cm)	10.30	40.40	27.77	30.10	5.31	19.12
生育期 (d)	102.00	133.00	117.02	31.00	7.42	6.34
出谷率 (%)	40.60	95.67	75.33	55.07	8.35	11.09

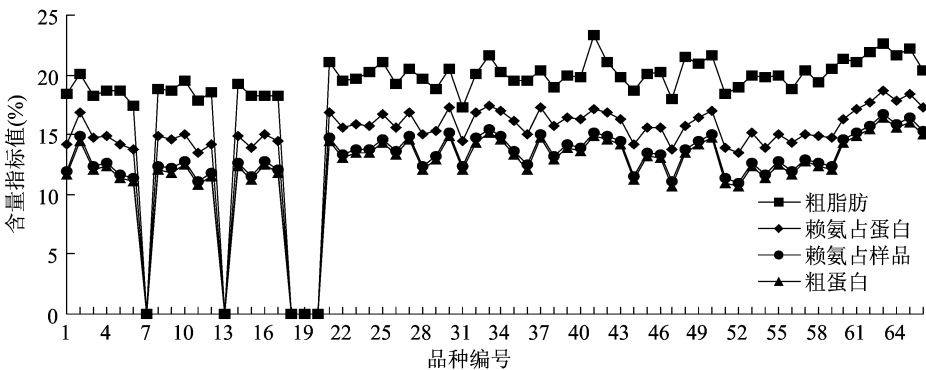


图2 谷子品质性状变异分布

表 3 数量性状的相关性分析

性状	相关系数								
	主茎长度	主茎直径	主茎节数	单株穗质量	单株粒质量	千粒质量	主穗长度	生育期	出谷率
主茎长度	1.000								
主茎直径	0.614 **	1.000							
主茎节数	0.762 **	0.625 **	1.000						
单株穗质量	0.438 **	0.426 **	0.099	1.000					
单株粒质量	0.442 **	0.422 **	0.137	0.948 **	1.000				
千粒质量	-0.144	-0.012	-0.326 **	0.362 **	0.399 **	1.000			
主穗长度	0.226	0.175	-0.064	0.463 **	0.396 **	0.229	1.000		
生育期	-0.277 *	-0.017	-0.393 **	0.298 *	0.268 *	0.351 **	-0.075	1.000	
出谷率	0.153	0.104	0.214	0.003	0.309 *	0.158	-0.082	-0.093	1.000

注: ** 表示相关性在 0.01 水平上显著, * 表示相关性在 0.05 水平上显著。表 4 同。

量均呈极显著相关;而主茎节数与千粒质量和生育期呈极显著负相关;单株穗质量与单株粒质量、千粒质量、主穗长度呈极显著相关,而与生育期呈显著相关;单株粒质量与千粒质量、主穗长度呈极显著相关,与生育期和出谷率呈显著相关;千粒质量与生育期呈极显著相关。生育期对株高和穗部性状的影响较大,主茎直径和节数对穗部性状也有一定的影响。因此,缩短生育期对提高株高有一定的

促进作用。
2.2.2 品质性状 4 个品质性状的相关性分析(表 4)显示,粗蛋白与赖氨占样品呈极显著正相关,与赖氨占蛋白呈极显著负相关,而与粗脂肪呈显著负相关;赖氨占样品与粗脂肪呈极显著负相关。因此,粗蛋白的含量遗传潜力较大。
2.3 主成分分析
主成分分析(表 5)显示,9 个农艺性状的主要

表 4 品质性状相关性分析

品质性状	相关系数			
	粗蛋白含量	赖氨占样品之比	赖氨占蛋白之比	粗脂肪含量
粗蛋白含量	1.000			
赖氨占样品之比	0.387 **	1.000		
赖氨占蛋白之比	-0.810 **	0.217	1.000	
粗脂肪含量	-0.271 *	-0.383 **	0.052	1.000

表 5 主要农艺性状的主成分分析

农艺性状	载荷值		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3
主茎长度	0.780	-0.475	-0.073
主茎直径	0.743	-0.292	-0.024
主茎节数	0.545	-0.752	0.099
单株穗质量	0.828	0.439	-0.155
单株粒质量	0.852	0.408	0.127
千粒质量	0.225	0.712	0.252
主穗长度	0.464	0.284	-0.520
生育期	0.024	0.693	0.130
出谷率	0.261	-0.085	0.854
特征值	3.203	2.311	1.137
贡献率(%)	35.587	25.678	12.630
累计贡献率(%)	35.587	61.265	73.895

信息集中在前 3 个主成分中,累计贡献率为 73.895%。其中,第 1 主成分的贡献率为 35.587%,载荷较高的为单株穗质量、单株粒质量、主茎长度,说明第 1 主成分是产量指标的综合反映;第 2 主成分的贡献率为 25.678%,载荷较高的正系数为千粒质量和生育期,载荷较高的负系数为主茎节数,说明第 2 主成分由千粒质量和主茎节数构成,而主茎节数在一定程度上又制约了千粒质量的大小;第 3 主成分的贡献率为 12.630%,载荷绝对值较高的为主穗长度和出谷率,说明第 3 主成分主穗长度起着一定的负影响。

2.4 聚类分析

根据主成分分析的结果对 66 份山西地方谷子品种的 9 个农艺性状进行聚类分析(图 3),划分为 2 个类群。第Ⅰ类群包括 31 个品种,主要是矮秆品种,最低株高仅为 107 cm,平均株高为 119.56 cm,平均穗质量为 15.82 g,平均穗长为 26.84 cm,平均千粒质量为 3.39 g;该类群资源多为株矮、穗小的谷子资源。第Ⅱ类群包括 35 个品种,多为高秆品种,平均株高为 149.28 cm,平均穗质量为 20.90 g,平均

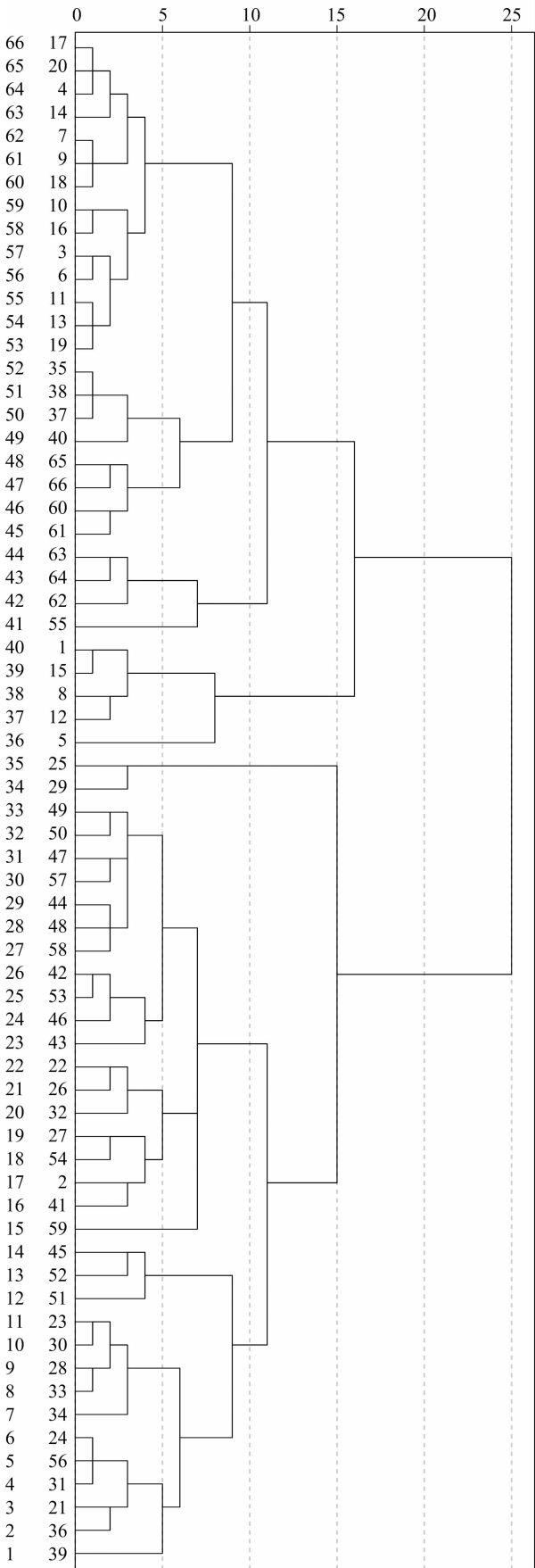


图3 山西谷子地方品种聚类分析

穗长为 28.60 cm, 平均千粒质量为 3.34 g, 该类群均为株高、穗大的谷子资源。

第 I 类群又可分为 2 个亚群, 亚群 I-1 包括 26 份种质, 亚群 I-2 包括 5 份种质(小黄谷、压塌车、老来少、碱谷、牛毛黄); 第 II 类群也可分为 2 个亚群, 其中 II-1 仅包括 2 份种质(尖侧谷、老鼠谷), II-2 包括 33 份种质。

2.5 筛选出的优异种质

根据性状鉴定结果, 综合考虑株高、穗质量、穗粒质量、千粒质量等产量因素和品质因素, 从 66 份谷子地方种质资源筛选出 12 份种质资源。第 I 类群早熟组为白流沙, 中晚熟组为大罗君谷 2, 晚熟组为白熟谷、气死鸟; 第 II 类群早熟组为小白流沙、老鼠谷、尖侧谷, 中晚熟组为小紫杆, 晚熟组为白流沙、露米黄、小软谷、碾底黄。

3 讨论

谷子地方品种是长期选择演化而来的, 它们保持了较高的遗传多样性。然而多年来, 对地方品种的关注度明显低于选育品种, 缺乏系统深入的研究, 导致利用效率较低^[11]。地方品种虽然在产量等相关性状上与育成品种有一定的差距, 但在品质和特色育种上有很强优势。近年来, 随着谷子育种的目标向优质转变, 重新评价和利用地方品种是拓展中国谷子育种遗传基础的重要途径^[11]。此外, 谷子种质资源的表型及农艺性状遗传多样性研究多集中在特定地区^[11-13], 而山西省是谷子资源丰富多样性地区之一。本研究同样表明, 山西省地方谷子在质量性状、数量性状、品质性状等方面均存在较丰富的遗传变异, 这与谷子种质资源地区多样性高于品种多样性, 且品种聚类结果与其来源地生态类型一致性有关^[14]。粒色、穗型、粗脂肪含量等性状遗传变异相对较大, 可用于地方种质的初步分类。相关性分析表明, 缩短生育期对提高谷子株高有一定的促进作用, 粗蛋白的含量在影响其他品质性状方面起主导作用。

通过主成分分析发现, 9 个农艺性状分析集中在前 3 个主成分中, 累计贡献率为 73.895%, 载荷较高的为产量指标的综合反映; 另外, 主茎节数和主穗长度也起着一定的影响。可以根据这些特征,

对谷子地方种质资源进行有效利用。聚类分析把 66 份地方种质划分为 2 个类群, 不同类群的分类明显区分在株高性状上; 其中, 少数种质如尖侧谷、老鼠谷等特殊种质可以作为研究的骨干亲本; 另外依据不同的生育期鉴定出的 12 份种质资源为今后不同生育期的遗传育种研究提供了参考。这与王海岗等的聚类分析结果^[7]略有不同, 但划分结果都与地理来源吻合, 并都把品质性状作为划分依据, 可以为山西谷子优质种质的选育提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] Yang X Y, Wan Z W, Perry L, et al. Early millet use in Northern China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, 109(10): 3726-3730.
- [2] Bettinger R L, Barton L, Morgan C. The origins of food production in North China: a different kind of agricultural revolution[J]. Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews, 2010, 19(1): 9-21.
- [3] Lu H Y, Zhang J P, Liu K B, et al. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago[J]. PNAS, 2009, 106(18): 7367-7372.
- [4] 刁现民. 谷子种质资源的深度分析和研究利用[C]//2017 年中国作物学会学术年会摘要集. 保定: 中国作物学会, 2017: 13.
- [5] 古兆明, 古世禄. 山西谷子起源与发展研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 3-7.
- [6] 李顺国, 刘斐, 刘猛, 等. 中国谷子产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学, 2021, 54(3): 459-470.
- [7] 王海岗, 温琪汾, 穆志新, 等. 山西谷子核心资源群体结构及主要农艺性状关联分析[J]. 中国农业科学, 2019, 52(22): 4088-4099.
- [8] 王海岗, 温琪汾, 乔治军, 等. 山西谷子地方品种初选核心种质构建[J]. 农学报, 2019, 9(4): 26-31.
- [9] 吕建珍, 马建萍, 赵凯, 等. 23 个谷子育成品种的综合评价[J]. 种子, 2020, 39(11): 126-132.
- [10] 杨慧卿, 王根全, 郝晓芬, 等. 山西谷子品种主要农艺性状的相关和主成分分析[J]. 农学报, 2020, 10(10): 19-23.
- [11] 田伯红. 谷子地方品种和育成品种的遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(2): 224-228.
- [12] 闫锋, 崔秀辉, 李清泉, 等. 谷子农艺性状的遗传多样性分析[J]. 湖南农业科学, 2010(2): 8-9, 12.
- [13] 李艳, 马庆州, 王彦辉, 等. 谷子种质资源重要性状的统计分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(5): 88-91.
- [14] 李志华, 穆婷婷, 李会霞, 等. 谷子种质遗传多样性研究进展[J]. 中国种业, 2017(6): 21-24.