植物遗传资源学报 2022，23（6）：1613-1625
Journal of Plant Genetic Resources DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20220417001

枣种质果实性状多样性分析与综合评价

吴 昊[1,2]，苏万龙[2]，石美娟[2]，薛晓芳[2]，任海燕[2]，王永康[2]，赵爱玲[2]，李登科[2]
（[1]山西农业大学园艺学院，晋中 030800；[2]山西农业大学果树研究所 / 果树种质创制和利用山西省重点实验室，太原 030031）

摘要：以 116 份枣种质为研究材料，通过遗传多样性指数、聚类分析和主成分分析等方法对 22 个果实性状进行多样性及综合评价分析。结果表明：13 个数量性状变异系数介于 1.76%~41.30%，单果重和可滴定酸含量变异程度较大。22 个果实性状遗传多样性指数范围在 1.04~2.05，其中果实横径（2.05）、维生素 C 含量（1.96）、单果重（1.97）和果实形状（1.88）遗传多样性指数较高。22 个果实性状进行聚类分析，分为 4 个类群，Ⅰ类群属于野生资源类型，Ⅱ类群属于高营养物质含量种质类型，Ⅲ类群属于特异营养含量种质，Ⅳ类群属于果实外观品质较好的种质类型。主成分分析把 22 个果实性状分为 8 个主成分，累计贡献率为 75.620%，第 1 主成分与果实大小有关，第 2 个主成分与果形指数有关，第 3、4 主成分与果实营养物质和果实口感有关。果实性状综合评价得分（D）为 0.155~1.039，平均值 0.64，河北的赞晶和山西临县的杨家山大枣等种质位居前列，综合评价优异。根据行业标准筛选出 14 份特异种质。泗洪大枣和赞皇 1 号为大果型种质，清徐蘑菇枣、榆次奶头枣、襄汾葫芦枣、鲁枣 7 号和稷山水枣为果形特异种质，稷山蛤蟆枣和稷山猪牙枣为可溶性固形物含量高的种质，临县甜酸枣、临县刘家会枣、临县开阳大酸枣和鲁枣 10 号为高酸特异种质，兴县老婆枣和临县刘家会枣为高维生素 C 含量特异种质。本研究对枣种质果实性状进行多样性分析和优特异性状鉴定，可为构建枣种质综合评价体系和筛选特异种质提供重要参考。

关键词：枣；种质资源；遗传多样性；综合评价；果实性状

Diversity Analysis and Comprehensive Evaluation of Jujube Fruit Traits

WU Hao[1,2], SU Wan-long[2], SHI Mei-juan[2], XUE Xiao-fang[2], REN Hai-yan[2], WANG Yong-kang[2], ZHAO Ai-ling[2], LI Deng-ke[2]
（[1]*College of Horticulture, Agricultural University of Shanxi, Jinzhong 030800*; [2]*Institute of Fruit Trees, Shanxi Agricultural University/Shanxi Key Laboratory of Fruit Germplasm Creation and Utilization, Taiyuan 030031*）

Abstract: The diversity analysis and comprehensive evaluation of 22 fruit traits of 116 jujube germplasms were conducted by deployment of the coefficient of variation, genetic diversity index, cluster analysis, principal component analysis and comprehensive score. The coefficient of variation at 13 quantitative traits ranged from 1.76% to 41.30%, and a higher coefficient of variability were detected at two traits single fruit weight and content of titratable acid. Shannon-Weaver Information index of 22 fruit traits ranged from 1.04 to 2.05, while a higher Shannon-Weaver Information index was observed at the fruit diameter（2.05）, vitamin C content（2.04）, fruit weight（1.36）and fruit shape（1.88）. The cluster analysis using the phenotypic datasets at the 22 fruit traits suggested four groups, including Group I that belonged to wild resource type, group II that belonged to high nutrient content germplasm type, group III that belonged to specific nutrient content germplasm, and group IV that belonged to germplasm type with good fruit appearance quality. The 22 fruit traits were divided into 8

收稿日期：2022-04-17 **修回日期：**2022-06-13 **网络出版日期：**2022-07-05
URL：https：//doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20220417001
第一作者研究方向为枣种质资源创新与利用，E-mail：1028936445@qq.com
通信作者：王永康，研究方向为枣种质资源创新与利用，E-mail：274322374@qq.com
基金项目：国家科技资源共享服务平台项目（NHGRC2021-NH12-1）；国家重点研发计划项目（2019YFD10016050101）；国家农业产业技术体系（CARS-30-ZZ-22）
Foundation projects: National Science and Technology Resource Sharing Service Platform Project（NHGRC2021-NH12-1）; National Key Research and Development Project（2019YFD10016050101）; National Agricultural Industrial Technology System（CARS-30-ZZ-22）

principal components by principal component analysis, and the cumulative contribution rate was 75.620%. The first principal component was associated with fruit size, the second principal component was associated with fruit shape index, and the third and fourth principal components were associated with fruit nutrients and fruit taste. The comprehensive score (D) of fruit traits ranged from 0.155 to 1.039, with an average value of 0.64. The comprehensive evaluation suggested the elite germplasms zanjing of Hebei province and yangjiashandazao of Linxian county of Shanxi province. 14 special germplasms selected according to industry standard, sihongdazao and zanhuang1hao were large fruit germplasm, qingxumuguzao, yucinaitouzao, xiangfenhuluzao, luzao7 and jishanshuizao were ftuit shape specific germplasm, jishanhamazao and jishanzhuyazao were high soluble solids content germplasm, linxiantiansuanzao, linxianliujiahuizao, linxiankaiyangdasuanzao and luzao10 were high acid specific germplasm, xingxianlaopozao and linxianliujiahuizao were high vitamin C content specific germplasm. Collectively, the diversity analysis and identification of elite germplasm would provide important reference for the innovation and utilization of jujube germplasm resources and the construction of comprehensive evaluation system.

Key words: Chinese jujube; germplasm resources; genetic diversity; comprehensive evaluation; fruit character

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)属鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus* Mill.)植物,原产中国,是我国特色经济林果树[1]。种质资源是生产和科学研究的物质基础[2-3],果实性状多样性研究是种质资源研究的重要内容之一[4]。枣果实性状多样性分析及综合评价体系构建,对于枣种质创新利用及筛选优异种质具有重要意义。

李世鹏等[5]对86份酸枣种质进行变异分析,发现单果重变异程度最大,为42.09%。李晓兰等[6]对山西26份酸枣种质进行多样性分析,8个性状变异系数均在10%以上,分成2个主成分,累计贡献率87.30%,聚类分析分成两大类群,为酸枣资源保护与利用提供基础。陈武等[7]对137份枣核心种质9个表型性状进行遗传多样性分析,遗传多样性指数最高的是果实纵径(1.93),最低的是果形指数(1.49),主成分分析分为4个主成分,累计贡献率为94.79%。仇倩倩等[8]对177份枣种质叶表型性状进行遗传多样性分析,叶锯齿数变异系数最大,为42.79%,提取的6个主成分累计贡献率达到82.02%,利用聚类分析分成6个类群,发现叶片形状、锯齿数、叶面积等性状遗传潜力较大。

上述研究仅对枣种质资源的少量性状进行分析,但是对果实的系统鉴定和综合评价仍鲜有报道。目前,随着枣精准鉴定不断深入和品种创新需求的不断提高,种质资源的潜力亟待深入发掘。开展枣种质资源果实多样性分析与综合评价,对研究枣主要经济性状的遗传规律及丰富的遗传背景具有重要参考价值。本研究对116份枣种质的22个重要果实性状,包括13个数量性状和9个质量性状,进行遗传多样性分析,并利用隶属函数以及主成分分析进行综合评价,筛选出综合性状优异的种质,为枣种质资源的多样性研究及鉴定评价提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试枣种质共116份(表1),收集于山西、重庆、河南、河北、陕西、湖北、山东、江苏、安徽、北京等10个省份,编号Zao001~Zao116,均以嫁接方式田间保存于国家枣种质圃,砧木为普通酸枣。

1.2 试验方法

国家枣种质资源圃位于山西省晋中市太谷区,海拔830 m,年均温10.6 ℃,无霜期170~180 d,年降水量400~600 mm,沙壤土,pH值7.5,属典型的黄土高原气候土壤生态条件。调查植株于2011-2015年嫁接在国家枣种质圃,树龄5~10年,每份种质调查3株,选取稳定性较好的2020年和2021年的数据平均值。调查果实性状包括单果重、果实纵径、果实横径、果形指数、核重、核纵径、核横径、鲜食可食率、维生素C含量、可溶性固形物含量、单糖含量、可溶性总糖含量和可滴定酸含量13个数量性状和果实形状、果顶形状、果实颜色、果面光滑度、梗洼深度、梗洼广度、果肉质地、果实风味和核形9个质量性状。参考《农作物种质资源鉴定评价技术规范 - 枣》[9]在果实脆熟期进行性状调查,每份材料选取30~50个具有代表性的果实进行测定。

表 1　供试枣种质基本情况

Table 1　Basic situation of tested jujube germplasm

编号 No.	种质名称 Germplasm name	原产地 Origin	资源类型 Biological status	编号 No.	种质名称 Germplasm name	原产地 Origin	资源类型 Biological status
Zao002	临县小马牙枣	山西临县	地方品种	Zao078	泗洪大木枣	江苏泗洪	地方品种
Zao003	临猗梗枣	山西临猗	地方品种	Zao079	六安红珍珠枣	安徽六安	地方品种
Zao004	临县大酸枣 -1	山西临县	地方品种	Zao080	盱眙小木枣	江苏盱胎	地方品种
Zao005	临县长木枣	山西临县	地方品种	Zao081	金乡脆铃枣	山东金乡	地方品种
Zao006	临县拍不板	山西临县	地方品种	Zao082	盱眙木刀枣	江苏盱胎	地方品种
Zao007	娄烦脆枣	山西太原	地方品种	Zao083	泗洪沙枣 1 号	江苏泗洪	地方品种
Zao008	襄汾葫芦枣	山西临汾	地方品种	Zao085	泗洪大枣	江苏泗洪	地方品种
Zao009	临县牛心脆	山西临县	地方品种	Zao087	泗洪沙枣 2 号	江苏泗洪	地方品种
Zao010	临县扁枣	山西临县	地方品种	Zao088	泗洪马红枣	江苏泗洪	地方品种
Zao011	临县皑皑枣	山西临县	地方品种	Zao089	佳县狗头枣	陕西佳县	地方品种
Zao012	临县黄瓜枣	山西临县	地方品种	Zao090	宁陵大糖枣	河南宁陵	地方品种
Zao013	稷山小板枣	山西稷山	地方品种	Zao092	临县牛奶奶枣 -1	山西临县	地方品种
Zao014	平遥半截枣	山西平遥	地方品种	Zao093	兰考长枣 -1	河南兰考	地方品种
Zao015	榆次狗牙枣	山西榆次	地方品种	Zao095	永城圆红枣	河南永城	地方品种
Zao016	榆次甜酸枣	山西榆次	地方品种	Zao096	天洪大木枣 1 号	山西临县	地方品种
Zao017	庄子乡酸牙枣	山西榆次	地方品种	Zao097	临县玉梨梨枣	山西临县	地方品种
Zao018	临县圆枣 -1	山西临县	地方品种	Zao099	泗洪小木枣	江苏泗洪	地方品种
Zao019	兴县老婆枣	山西兴县	地方品种	Zao101	宁阳圆红	山东宁阳	地方品种
Zao020	太谷窑子头枣	山西太谷	地方品种	Zao104	临县牛奶奶枣 -2	山西临县	地方品种
Zao022	临县圆枣 -2	山西临县	地方品种	Zao105	兰考长枣 -2	河南兰考	地方品种
Zao023	临县辣椒枣	山西临县	地方品种	Zao106	泗洪小铃枣	江苏泗洪	地方品种
Zao024	临县方木枣	山西临县	地方品种	Zao107	临县小枣	山西临县	地方品种
Zao025	清徐蘑菇枣	山西太原	地方品种	Zao108	齐家山大木枣	山西临县	地方品种
Zao026	清徐苹果枣	山西太原	地方品种	Zao109	稷山水枣	山西稷山	地方品种
Zao027	定襄崖枣	山西定襄	地方品种	Zao110	稷山蛤蟆枣	山西稷山	地方品种
Zao028	定襄黑腰子枣	山西定襄	地方品种	Zao116	延川长木枣	陕西延川	地方品种
Zao029	定襄羊粪蛋枣	山西定襄	地方品种	Zao001	马家湾大木枣 -2	山西临县	品系
Zao030	定襄小团枣	山西定襄	地方品种	Zao052	马家湾大木枣 -1	山西临县	品系
Zao031	重庆猪腰枣	重庆武隆	地方品种	Zao053	马家湾大木枣 -3	山西临县	品系
Zao032	珍珠龙枣	山西太谷	地方品种	Zao054	新庄则大木枣 -1	山西临县	品系
Zao033	榆次面枣	山西榆次	地方品种	Zao057	杨家山大枣	山西临县	品系
Zao034	榆次奶头枣	山西榆次	地方品种	Zao059	杨家山大木枣 -1	山西临县	品系
Zao035	临县伢枣	山西临县	地方品种	Zao067	马家湾大木枣 -4	山西临县	品系
Zao036	临县大酸枣 -2	山西临县	地方品种	Zao086	月坛 1 号	北京西城区	品系
Zao037	临县虎枣	山西临县	地方品种	Zao112	枣庄长红枣	山东枣庄	品系
Zao038	临县宿萼枣	山西临县	地方品种	Zao021	帅枣 1 号	山西永和	选育品种
Zao039	临县蛮枣	山西临县	地方品种	Zao042	鲁枣 4 号	山东泰安	选育品种
Zao040	定襄大木枣	山西定襄	地方品种	Zao043	颖玉	河北行唐	选育品种
Zao041	宁陵小脆枣	河南宁陵	地方品种	Zao044	赞玉	河北保定	选育品种
Zao045	河北沟大枣	河北保定	地方品种	Zao046	鲁枣 9 号	山东泰安	选育品种
Zao048	稷山猪牙枣	山西稷山	地方品种	Zao047	鲁枣 8 号	山东泰安	选育品种
Zao049	稷山大板枣	山西稷山	地方品种	Zao050	鲁枣 11 号	山东泰安	选育品种
Zao055	临县甜酸枣	山西临县	地方品种	Zao051	颖秀	河北行唐	选育品种
Zao056	临县无刺木枣	山西临县	地方品种	Zao061	鲁枣 7 号	山东泰安	选育品种
Zao058	永和大叶条枣	山西永和	地方品种	Zao069	雨帅	河北保定	选育品种
Zao060	新郑铃枣	河南郑州	地方品种	Zao075	鲁枣 10 号	山东泰安	选育品种
Zao062	广宗紫枣	河北广宗	地方品种	Zao094	赞晶	河北保定	选育品种
Zao063	兰考圆脆枣	河南兰考	地方品种	Zao098	赞皇 1 号	河北赞皇	选育品种
Zao064	狼窝沟大枣	河北保定	地方品种	Zao100	河北圆丰枣	河北保定	选育品种
Zao065	临潼馍湖莉	陕西临潼	地方品种	Zao102	新郑红 3 号	河南新郑	选育品种
Zao066	永城药枣	河南永城	地方品种	Zao103	新郑红 2 号	河南新郑	选育品种
Zao068	北刁沟大枣	河北保定	地方品种	Zao111	蜜罐新 1 号	陕西临渭	选育品种
Zao070	蓝田大枣	陕西蓝田	地方品种	Zao113	茌红 1 号	山东茌平	选育品种
Zao071	湖南谷城大枣	湖北谷城	地方品种	Zao114	茌圆金	山东茌平	选育品种
Zao072	枣庄小铃枣	山东枣庄	地方品种	Zao115	中秋贡 2 号	山东茌平	选育品种
Zao073	陨县碌枣	湖北陨县	地方品种	Zao076	酸枣 3 号	河北邢台	野生资源
Zao074	五里江大枣	江苏泗洪	地方品种	Zao084	老牙大酸枣	陕西延川	野生资源
Zao077	临县刘家会枣	山西临县	地方品种	Zao091	临县开阳大酸枣	山西临县	野生资源

1.3 数据统计及分析

数量性状计算其平均值、标准差、极值、变异系数和遗传多样性指数，质量性状计算各性状频率和遗传多样性指数，分级标准参考王永康等[10]，二者均利用Excel2019进行数据分析。主成分分析和逐步回归分析利用SPSS25.0进行，聚类分析和相关性分析利用R语言进行。综合评价参照徐泽俊等[11]和贾瑞玲等[12]方法，先将原始数据利用隶属函数进行标准化，再利用各主成分所占权重进行综合得分的计算，最后筛选出特异种质。

2 结果与分析

2.1 枣种质果实多样性分析和特异种质筛选

经对调查数据进行方差分析，选取稳定性较好的2020年和2021年的数量性状数据作为统计分析的依据。以马家湾大木枣-2为例，2019-2021年数据的方差分析结果表明，2020年和2021年单果重、果实纵径、维生素C含量、可溶性固形物含量、单糖含量等13个数量性状数据差异水平不显著（P>0.05），说明性状表现和调查数据稳定有效（表2）。根据差异一致性和最大相似性原则，2020年和2021年果实形状、果实颜色和核形等9个质量性状表现稳定。总之，2020年和2021年连续2年的数据具有效性和稳定性，可用于多样性统计分析。

枣种质果实性状调查结果表明，116份枣种质13个数量性状的变异系数为1.76%~41.30%，遗传多样性指数介于1.62~2.05，均大于1（表3）。在果实外观品质中，果实纵径、果实横径、果形指数、核重和核纵径变异系数分别为17.61%、17.07%、14.67%、31.50%、18.66%，遗传多样性指数均大于1.8，分别为2.05、2.05、2.00、1.83、1.97。单果重变异系数最大，为41.30%，遗传多样性指数为1.97，单果重最大为33.60 g，最小为3.90 g。鲜食可食率变异系数最小，为1.76%，遗传多样性指数为1.62。在营养成分含量方面，可滴定酸含量变异系数最大，高达39.93%，遗传多样性指数为1.62，最大值为2.20%，最小值为0.30%。可溶性固形物变异系数最小，为7.86%，遗传多样性指数为1.79，最大值为40.50%，最小值为0.50%。果实外观品质中的单果重和功能性营养物质中的可滴定酸含量呈现出明显的遗传差异。

9个质量性状调查结果表明，遗传多样性指数在1.04~1.88之间，平均为1.23，均大于1（表4）。果实形状遗传多样性指数最高，为1.88，主要以卵圆形为主，占试材的0.2982，果顶形状（1.04）、果实颜色（1.10）、果面光滑度（1.06）、梗洼深度（1.08）、梗洼广度（1.05）、果肉质地（1.31）、果肉风味（1.36）和核形（1.22）遗传多样性指数相对较高。果顶形状以平为主，占0.4298。果实颜色以赭红为主，占0.5526。果面光滑度主要以粗糙为主，占0.4561。梗洼深度与广度以中为主，占0.4123和0.4474。果肉质地以较致密为主，占0.3509。果肉风味以酸甜为主，占0.4386。核形以椭圆形为主，占0.4298。根据质量性状的各项指标，说明大部分质量性状具有丰富的遗传多样性。

表2 不同年份马家湾大木枣-2果实数量性状差异性分析

Table 2 Difference analysis of fruit quantitative traits of majiawandamuzao-2 in different years

年份 Year	单果重（g） SFW	果实纵径（cm） FLD	果实横径（cm） FTD	果形指数 FSI	核重（g） SW	核纵径（cm） SLD
2019	11.17 ± 0.37a	3.39 ± 0.23b	2.24 ± 0.06b	1.51 ± 0.07a	0.21 ± 0.02b	2.42 ± 0.12a
2020	11.92 ± 0.9a	3.74 ± 0.3ab	2.58 ± 0.13a	1.44 ± 0.08a	0.32 ± 0.04a	2.37 ± 0.13a
2021	10.66 ± 1.65a	3.92 ± 0.36a	2.49 ± 0.2a	1.58 ± 0.21a	0.31 ± 0.04a	2.47 ± 0.11a

年份 Year	核横径（cm） STD	鲜食可食率（%） FER	维生素C含量（mg/kg） VCC	可溶性固形物含量（%） SSC	单糖含量（%） MON	可溶性总糖含量（%） TSC	可滴定酸含量（%） TAC
2019	0.59 ± 0.07a	98.14 ± 0.17a	4155.30 ± 4.5a	28.00 ± 1.8a	11.55 ± 0.96b	26.16 ± 1.7a	0.52 ± 0.13a
2020	0.63 ± 0.11a	97.33 ± 0.27b	4084.80 ± 8.06a	29.50 ± 1.41a	20.1 ± 1.06a	27.67 ± 2.06a	0.51 ± 0.04a
2021	0.6 ± 0.03a	97.00 ± 0.63b	4128.80 ± 10.61a	34.50 ± 7.07a	14.56 ± 5.36ab	33.07 ± 5.05a	0.61 ± 0.04a

表中数据为平均值 ± 标准差，同列不同字母表示差异显著（$P < 0.05$）；SFW：单果重；FLD：果实纵径；FTD：果实横径；FSI：果实指数；SW：核重；SLD：核纵径；STD：核横径；FER：鲜食可食率；VCC：维生素C含量；SSC：可溶性固形物含量；MON：单糖含量；TSC：可溶性总糖含量；TAC：可滴定酸含量；下同

The data in the table is mean ± standard deviation, different letters in the same column indicate significant difference（$P < 0.05$）. SFW：Single fruit weight；FLD：Fruit longitudinal diameter ；FTD：Fruit transverse diameter；FSI：Fruit shape index；SW：Stone weight；SLD：Stone longitudinal diameter；STD：Stone transverse diameter；FER：Fresh edible rate；VCC：Vitamin C content；SSC：Soluble solids content；MON：Monosaccharide content；TSC：Total soluble sugar content；TAC：Titratable acid content，；The same as below

表 3　116 份枣种质果实数量性状变异程度分析

Table 3　Analysis on variation degree of fruit quantitative traits of 116 jujube germplasms

性状 Trait	遗传多样性指数 *H′*	均值 Mean	标准差 *SD*	变异系数（%）*CV*	最大值 Max.	最小值 Min.
单果重（g）SFW	1.97	13.50	5.59	41.30	33.60	3.90
果实纵径（cm）FLD	2.05	3.70	0.66	17.61	5.60	2.30
果实横径（cm）FTD	2.05	2.70	0.47	17.07	4.60	1.80
果形指数 FSI	2.00	1.38	0.20	14.67	1.90	1.00
核重（g）SW	1.83	0.40	0.14	31.50	0.80	0.20
核纵径（cm）SLD	1.97	2.20	0.42	18.66	3.40	1.50
核横径（cm）STD	1.76	0.80	0.14	18.21	1.50	0.50
鲜食可食率（%）FER	1.62	96.50	1.69	1.76	98.10	89.80
维生素 C 含量（mg/kg）VCC	1.96	3733.00	868.70	23.27	6719.00	1682.00
可溶性固形物含量（%）SSC	1.79	29.00	2.28	7.86	40.50	0.50
单糖含量（%）MON	1.91	11.00	2.91	26.48	22.40	4.80
可溶性总糖含量（%）TSC	1.92	26.10	2.71	10.41	34.20	19.20
可滴定酸含量（%）TAC	1.62	0.60	0.24	39.93	2.20	0.30

表 4　116 份枣种质果实质量性状多样性分析

Table 4　Diversity analysis of fruit quality characters of 116 jujube germplasm

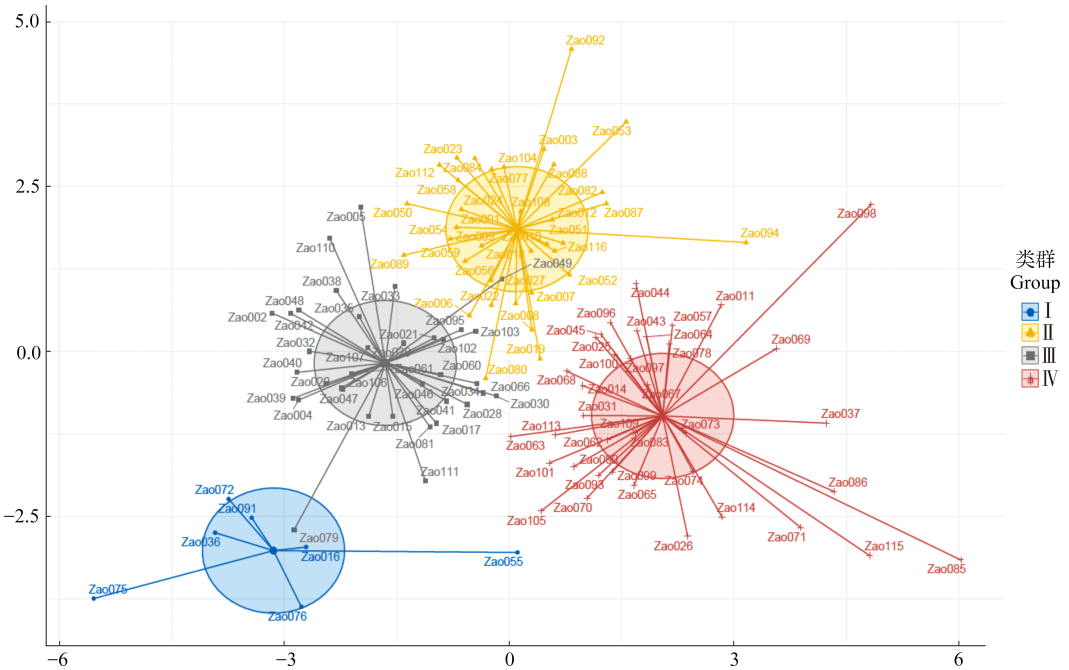
性状 Trait	性状分级 Grading of character									遗传多样性指数 H′
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
果实形状 FS	圆形（0.1140）	扁圆形（0.0263）	卵圆形（0.2982）	长圆形（0.2281）	倒卵圆形（0.1491）	圆柱形（0.0789）	圆锥形（0.0263）	磨盘形（0.0351）	扁柱形（0.0439）	1.88
果顶形状 FAS	尖（0.1842）	凹（0.3860）	平（0.4298）							1.04
果实颜色 FC	浅红（0.0526）	红（0.1316）	紫红（0.2632）	赭红（0.5526）						1.10
果面光滑度 FSS	粗糙（0.4561）	光滑（0.2982）	有隆起（0.2456）							1.06
梗洼深度 DFS	浅（0.3158）	深（0.2719）	中（0.4123）							1.08
梗洼广度 WFS	广（0.3596）	狭（0.1930）	中（0.4474）							1.05
果肉质地 TFP	疏松（0.1404）	酥脆（0.3333）	较致密（0.3509）	致密（0.1754）						1.31
果实风味 TAFP	无（0.0351）	酸（0.1140）	甜酸（0.2719）	酸甜（0.4386）	甜（0.1404）					1.36
核形 SS	扁圆形（0.0088）	倒纺锤形（0.1930）	纺锤形（0.3246）	椭圆形（0.4298）	圆形（0.0439）					1.22

FS：果实形状；FAS：果顶形状；FC：果实颜色；FSS：果面光滑度；DFS：梗洼深度；WFS：梗洼广度；TFP：果肉质地；TAFP：果实风味；SS：核形；（ ）数据为性状分级数值所占比例

FS：Fruit shape；FAS：Fruit apex shape；FC：Fruit color；FSS：Fruit smoothness；DFS：Depth of fruit stem；WFS：Width of fruit stem；TFP：Texture of fruit pulp；TAFP：Tastiness of fruit pulp；SS：Stone shape；( ) data are proportion of trait classification values

2.2　枣种质果实性状聚类分析

对 116 份枣种质的 22 个果实性状采用 Kmeans 聚类法进行聚类（图 1），分为 4 个类群，并进行统计分析（表 5）。Ⅰ类群包括 7 份枣种质，该类群果实形状多为扁圆形，果肉质地以酥脆为主，鲜食可食率、可溶性总糖含量低，单果重小，可滴定酸含量较大，属于野生资源类型。Ⅱ类群包括 35 份枣种质，该类群单果重较大，鲜食可食率、维生素 C 含



横坐标和纵坐标分别代表主成分 1（20.152%）和主成分 2（14.655%）

The abscissa and ordinate represented principal component 1（ 20.152 % ）and principal component 2（ 14.655 % ）

图 1 116 份枣种质聚类分析图

Fig. 1 Cluster analysis of 116 jujube germplasms

表 5 116 份枣种质 4 个类群数量性状表现

Table 5 Quantitative traits of 4 groups of 116 jujube germplasms

类群	单果重（g）SFW	果实纵径（cm）FLD	果实横径（cm）FTD	果实指数 FSI	核重（g）SW	核纵径（cm）SLD	核横径（cm）STD	鲜食可食率（%）FER
Ⅰ	6.84d	2.72c	2.21d	1.23b	0.52a	1.75c	0.85a	91.85c
Ⅱ	12.85b	4.14a	2.60b	1.60a	0.39b	2.58a	0.68b	96.94a
Ⅲ	9.30c	3.15b	2.42c	1.31b	0.35b	1.93c	0.69b	96.00b
Ⅳ	19.43a	4.14a	3.26a	1.28b	0.57a	2.34b	0.88a	96.97a

类群	维生素 C 含量（mg/kg）VCC	可溶性固形物含量（%）SSC	单糖含量（%）MON	可溶性总糖含量（%）TSC	可滴定酸含量（%）TAC
Ⅰ	390.41a	27.50b	11.78a	23.18b	1.16a
Ⅱ	409.59ab	29.19a	11.20a	26.63a	0.61b
Ⅲ	362.20ab	29.76a	10.64a	26.48a	0.56b
Ⅳ	347.35b	28.29ab	11.04a	25.70a	0.51b

量、单糖含量、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量较高，维生素 C 含量高，属于高营养物质含量种质类型。Ⅲ类群包括 36 份枣种质，该类群属于单糖含量低，可溶性固形物含量高的特异营养含量种质。Ⅳ类群包括 38 份种质，该类群果实形状为卵圆形，其大果型果面光滑，属于果实外观品质较好的种质类型。

2.3 枣种质果实数量性状相关性分析

13 个数量性状相关性分析表明，单果重与果实纵径（r=0.750）、果实横径（0.942）、核重（0.662）、核纵径（0.403）、核横径（0.538）、鲜食可食率（0.498）存在极显著正相关，说明单果重是评价其他外观品质指标的基础（表 6）。可滴定酸含量与单果重（–0.300）、果实纵径（–0.299）、果实横径（–0.292）之间存在显著负相关，说明高质量枣种质选育不仅要考虑果实农艺性状，还需要考虑可滴定酸含量。维生素 C 含量与核重（–0.267）、核横径（–0.295）呈显著负相关，鲜食可食率与可滴定酸含量（0.512）呈极显著正相关。维生素 C 含量与单糖含量（0.343）和可滴定酸含量（0.304）呈显著正相关，可溶性固形物含量和可溶性总糖含量（0.722）呈极显著正相关，说明枣种质功能性营养物质之间存在相互作用的关系。

表 6　116 份枣种质果实数量性状相关性分析

Table 6　Correlation analysis of fruit quantitative traits in 116 jujube germplasms

性状 Trait	单果重 SFW	果实纵径 FLD	果实横径 FTD	果实指数 FSI	核重 SW	核纵径 SLD	核横径 STD	鲜食可食率 FER	维生素 C 含量 VCC	可溶性固形物含量 SSC	单糖含量 MON	可溶性总糖含量 TSC	可滴定酸含量 TAC
单果重 SFW	1.000												
果实纵径 FLD	0.750***	1.000											
果实横径 FTD	0.942***	0.612***	1.000										
果实指数 FSI	−0.147	0.506***	0.362***	1.000									
核重 SW	0.662***	0.408***	0.637***	−0.230*	1.000								
核纵径 SLD	0.403***	0.816***	0.261**	0.664***	0.302***	1.000							
核横径 STD	0.538***	0.188	0.642***	0.477***	0.788***	0.096	1.000						
鲜食可食率 FER	0.498***	0.553***	0.468***	0.151	−0.220*	0.284**	−0.180	1.000					
维生素 C 含量 VCC	−0.143	−0.001	−0.161	0.157	−0.267*	0.091	−0.295**	0.062	1.000				
可溶性固形物含量 SSC	−0.052	−0.046	−0.074	0.019	−0.181	−0.048	−0.169	0.170	−0.082	1.000			
单糖含量 MON	−0.085	−0.048	−0.020	−0.041	−0.030	−0.004	−0.032	−0.060	0.343**	−0.031	1.000		
可溶性总糖含量 TSC	0.031	0.073	0.029	0.064	−0.152	0.103	−0.149	0.288*	−0.053	0.722***	0.117	1.000	
可滴定酸含量 TAC	−0.300**	−0.299**	−0.292**	−0.050	−0.009	−0.113	0.010	0.512	0.304**	−0.146	0.059	−0.199	1.000

*、**、*** 分别表示 α=0.05、α=0.01、α=0.001 时的显著性，下同

*, **, *** represent significance when α = 0.05, α = 0.01, α = 0.001, the same as below

2.4 枣种质果实性状主成分分析及综合得分

对116份枣种质22个果实性状进行主成分分析。KMO（0.626）和Bartlett球形检验（$P<0.001$）合格。根据其特征值和特征向量可知，8个主成分特征值均大于1，累计贡献率高达75.620%，可反映全部22个果实性状的大部分信息（表7）。第1主成分特征值最大，为4.433，贡献率为20.152%，单果重、果实纵径、果实横径、核重的特征向量较高，说明第1主成分可能与果实大小有关。第2主成分特征值为3.224，贡献率为14.655%，果形指数、核纵径和鲜食可食率特征向量较高，说明第2个主成分与果形指数有关。第3主成分特征值为2.349，贡献率为10.676%，可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、可滴定酸含量和果实风味特征向量绝对值较高；第4主成分特征值为1.702，贡献率为7.738%，维生素C含量、单糖含量和果肉质地特征向量较高，说明第3、4主成分与果实功能性营养物质和果实口感有关。第5主成分特征值为1.524，贡献率为6.927%，果面光滑度、果实形状和梗洼广度特征向量较高，说明第5主成分与果实形状有关。第6、7、8主成分贡献率分别为5.945%、4.918%和4.610%。

表7 116份枣种质果实性状的特征值和特征向量

Table 7 Eigenvalues and eigenvectors of fruit traits of 116 jujube germplasms

性状 Trait	主成分 Principal component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
单果重 SFW	0.939	−0.056	0.012	0.099	−0.215	−0.097	0.000	0.002
果实纵径 FLD	0.796	0.497	0.248	−0.018	−0.011	−0.073	0.007	−0.039
果实横径 FTD	0.905	−0.181	−0.066	0.156	−0.221	−0.125	0.001	0.035
果形指数 FSI	−0.055	0.794	0.358	−0.185	0.259	0.014	−0.019	−0.079
核重 SW	0.696	−0.441	0.249	−0.025	0.242	0.043	0.244	−0.180
核纵径 SLD	0.513	0.583	0.417	−0.045	0.168	−0.013	0.177	−0.171
核横径 STD	0.644	−0.600	0.077	0.025	0.169	−0.021	0.158	−0.082
鲜食可食率 FER	0.505	0.536	−0.276	0.154	−0.374	−0.037	−0.283	0.197
维生素C含量 VCC	−0.303	0.298	0.452	0.496	−0.161	−0.020	−0.007	0.301
可溶性固形物含量 SSC	−0.088	0.227	−0.662	0.296	0.346	−0.279	0.132	−0.158
单糖含量 MON	−0.115	0.003	0.209	0.553	0.084	−0.307	0.280	0.415
可溶性总糖含量 TSC	0.057	0.299	−0.652	0.424	0.294	−0.210	0.124	−0.065
可滴定酸含量 TAC	−0.444	−0.240	0.467	0.069	−0.133	−0.090	0.325	0.014
果实形状 FS	−0.071	0.505	−0.191	−0.262	0.457	0.243	0.091	0.129
果顶形状 FAS	−0.258	−0.220	−0.314	0.311	−0.285	0.187	0.214	−0.424
果实颜色 FC	0.235	0.167	−0.032	0.138	0.162	0.621	0.245	−0.011
果面光滑度 FSS	0.099	−0.166	0.209	−0.010	0.410	−0.532	−0.247	−0.148
梗洼深度 DFS	0.157	−0.220	0.052	0.469	0.170	0.435	−0.065	0.098
梗洼广度 WFS	0.139	−0.340	0.098	0.126	0.499	0.147	−0.076	0.331
果肉质地 TFP	0.055	0.304	0.211	0.521	−0.031	0.221	−0.390	−0.335
果实风味 TAFP	0.367	−0.250	−0.453	−0.225	0.041	0.156	−0.244	0.360
核形 SS	−0.217	−0.404	0.252	0.203	0.291	0.035	−0.522	−0.164
特征值 Eigenvalues	4.433	3.224	2.349	1.702	1.524	1.308	1.082	1.014
贡献率（%）Contribution rate	20.152	14.655	10.676	7.738	6.927	5.945	4.918	4.610
累计贡献率（%）Cumulative contribution rate	20.152	34.807	45.483	53.221	60.148	66.093	71.011	75.620

利用主成分成分矩阵和总方差解释计算各主成分得分权重和得分系数，将原始数据进行标准化，代入各主成分方程计算综合得分并综合评价。根据各主成分贡献率，将F_1~F_8代入综合得分公式$D=0.27F_1+0.19F_2+0.14F_3+0.10F_4+0.09F_5+0.08F_6+0.07F_7+0.06F_8$。由表8可知，综合得分（D）范围在0.155~1.039，平均值0.64。排名在前20%的枣种质综合得分在0.787~1.039之间，排名在后20%的枣种质综合得分在0.155~0.506之间。其中位于前5名的种质有Zao094（赞晶）、Zao057（杨家山大枣）、

Zao098（赞皇 1 号）、Zao115（中秋贡 2 号）、Zao003（临猗梗枣）。赞晶、赞皇 1 号和中秋贡 2 号为优良选育品种，临猗梗枣为地方特色种质，杨家山大枣为地方优秀品系。赞晶果实为倒卵圆形，果面光滑，口感酸甜，单果重为 21.04 g，可溶性总糖（25.72%）和可溶性固形物（29.50%）等营养物质含量较高，鲜食可食率为 96.87%。杨家山大枣果实为长圆形，口感酸甜，维生素 C（4543.40 mg/kg）和单糖（22.39%）等营养物质较高，鲜食可食率为 97.28%。将综合得分与果实性状进行相关性分析结果表明，综合得分与 15 个果实性状有显著相关性，其中，与单果重、鲜食可食率、可溶性总糖含量和果肉质地等 13 个果实性状有极显著或显著正相关，与可滴定酸含量极显著负相关，与果顶形状显著负相关（表 9）。

表 8　116 份枣种质果实综合得分（D）

Table 8　Fruit comprehensive scores of 116 jujube germplasms（D）

编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking	编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking	编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking	编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking
Zao094	1.039	1	Zao024	0.743	30	Zao093	0.634	59	Zao095	0.546	88
Zao057	0.933	2	Zao008	0.735	31	Zao078	0.631	60	Zao113	0.545	89
Zao098	0.933	3	Zao062	0.734	32	Zao050	0.63	61	Zao047	0.532	90
Zao115	0.905	4	Zao019	0.732	33	Zao061	0.628	62	Zao073	0.527	91
Zao003	0.899	5	Zao009	0.732	34	Zao007	0.626	63	Zao110	0.513	92
Zao069	0.899	6	Zao023	0.716	35	Zao080	0.626	64	Zao033	0.51	93
Zao108	0.888	7	Zao084	0.707	36	Zao021	0.624	65	Zao027	0.506	94
Zao097	0.882	8	Zao109	0.707	37	Zao048	0.623	66	Zao042	0.502	95
Zao058	0.881	9	Zao010	0.704	38	Zao018	0.615	67	Zao041	0.502	96
Zao053	0.866	10	Zao104	0.703	39	Zao054	0.613	68	Zao102	0.500	97
Zao082	0.864	11	Zao087	0.702	40	Zao045	0.611	69	Zao006	0.490	98
Zao100	0.859	12	Zao026	0.698	41	Zao030	0.611	70	Zao081	0.488	99
Zao051	0.837	13	Zao001	0.696	42	Zao111	0.597	71	Zao014	0.487	100
Zao086	0.828	14	Zao064	0.696	43	Zao017	0.596	72	Zao004	0.477	101
Zao092	0.827	15	Zao112	0.695	44	Zao028	0.589	73	Zao083	0.476	102
Zao085	0.822	16	Zao071	0.691	45	Zao015	0.587	74	Zao107	0.461	103
Zao049	0.820	17	Zao043	0.690	46	Zao089	0.587	75	Zao040	0.459	104
Zao011	0.820	18	Zao022	0.689	47	Zao029	0.577	76	Zao063	0.44	105
Zao088	0.815	19	Zao090	0.683	48	Zao035	0.574	77	Zao002	0.419	106
Zao037	0.811	20	Zao103	0.682	49	Zao055	0.568	78	Zao091	0.387	107
Zao065	0.804	21	Zao046	0.678	50	Zao013	0.568	79	Zao020	0.362	108
Zao031	0.787	22	Zao044	0.670	51	Zao099	0.563	80	Zao075	0.345	109
Zao052	0.787	23	Zao066	0.669	52	Zao060	0.561	81	Zao036	0.335	110
Zao074	0.786	24	Zao067	0.667	53	Zao005	0.559	82	Zao076	0.332	111
Zao096	0.786	25	Zao101	0.661	54	Zao038	0.558	83	Zao039	0.277	112
Zao114	0.784	26	Zao056	0.659	55	Zao070	0.556	84	Zao016	0.276	113
Zao077	0.779	27	Zao105	0.654	56	Zao068	0.554	85	Zao079	0.220	114
Zao012	0.774	28	Zao025	0.654	57	Zao034	0.549	86	Zao106	0.219	115
Zao116	0.755	29	Zao059	0.640	58	Zao032	0.549	87	Zao072	0.155	116

表 9 综合得分（D）与果实性状相关系数

Table 9 Correlation coefficient between comprehensive score（D）and fruit traits

性状 Trait	综合得分 Score	性状 Trait	综合得分 Score
单果重 SFW	0.580**	果肉质地 TFP	0.430**
果实纵径 FLD	0.793**	核横径 STD	0.186*
果实横径 FTD	0.475**	可滴定酸含量 TAC	−0.306**
果形指数 FSI	0.456**	果顶形状 FAS	−0.200*
核重 SW	0.372**	维生素 C 含量 VCC	0.139
核纵径 SLD	0.727**	可溶性固形物含量 SSC	0.131
鲜食可食率 FER	0.471**	单糖含量 MON	0.114
可溶性总糖含量 TSC	0.287**	果面光滑度 FSS	0.024
果实形状 FS	0.292**	梗洼广度 WFS	0.116
果实颜色 FC	0.377**	果实风味 TAFP	0.24
梗洼深度 DFS	0.368**	核形 SS	−0.035

根据行业标准《农作物种质资源鉴定评价技术规程 枣》筛选出了泗洪大枣、赞皇 1 号、清徐蘑菇枣、榆次奶头枣、襄汾葫芦枣、鲁枣 7 号、稷山水枣、稷山蛤蟆枣、稷山猪牙枣、临县甜酸枣、临县刘家会枣、兴县老婆枣、临县开阳大酸枣和鲁枣 10 号特异种质 14 份。江苏省的泗洪大枣和河北省的赞皇 1 号为特大果型特异种质，单果重分别为 30.1 g 和 33.6 g。山西省清徐蘑菇枣、榆次奶头枣、襄汾葫芦枣、和山东省的鲁枣 7 号为果实中部缢痕显著的特异种质，稷山水枣为多汁特异种质，且果形呈现为水滴状（图 2）。山西省稷山蛤蟆枣和稷山猪牙枣为可溶性固形物高特异种质，含量分别为 35.0% 和 40.5%。山西省的临县甜酸枣、临县刘家会枣、临县开阳大酸枣和山东省鲁枣 10 号为高酸特异种质，可滴定酸含量分别为 1.35%、1.03%、1.73% 和 2.15%。山西省兴县老婆枣和临县刘家会枣为高维生素 C 特异种质，含量分别为 6106.90 mg/kg 和 6718.80 mg/kg。临县刘家会枣的可滴定酸和维生素 C 指标均符合特异种质标准。

A~H 为榆次奶头枣、鲁枣 7 号、襄汾葫芦枣、稷山水枣、临县宿萼枣、清徐蘑菇枣、赞皇 1 号、泗洪大枣

A-H are Yucinaitouzao, Luzao 7, Xiangfenhuluzao, Jishanshuizao, Linxiansuezao, Qingxumuguzao, Zanhuang1, Sihongdazao

图 2 果实形状特异种质基本特征

Fig. 2 Basic characteristics of fruit shape specific germplasm

3 讨论

3.1 枣种质资源果实性状多样性分析

果实性状多样性分析不仅是种质资源鉴定评价的主要内容[13-14]，而且可以了解果实性状的综合价值以及遗传潜力[15-16]。本研究对 116 份枣种质的 22 个果实性状进行多样性分析，调查的 13 个数量性状都是与果实品质相关的关键性状。除鲜食可食率和可溶性固形物含量外其他性状变异系数均在 10% 以上，其中单果重变异系数最大（41.30%），这与李世鹏等[5]和李晓兰等[6]研究结果相似。本研究果实性状变异系数普遍比前人高，可能与所选试材不同有关，不同种质果实性状差异较大，多样性丰富，具有更强的代表性，可筛选出更多的优特异种质。13 个数量性状遗传多样性指数均在 1.6 以上，最高的为果实纵径和果实横径（2.05），最低的为鲜食可食率和可滴定酸含量（1.62）。维生素 C 含量（1.96）、单糖含量（1.91）和可溶性总糖含量（1.92）

较高，与周晓凤等[17]研究结果不一致，可能与试材来源差异较大有关。在 9 个质量性状中，遗传多样性指数在 1.04~1.88 之间，果实形状（1.88）和果实风味（1.36）较高，这与孙亚强[18]研究结果一致。

聚类分析是将数据进行类别分类，相同类别中的数据有极大相似性。本研究选取的种质收集于山西、重庆、河南、河北、陕西、湖北、山东、江苏、安徽、北京等 10 个省份，选取范围较广。116 个枣种质分为 4 个类群，Ⅰ类群属于野生资源，Ⅱ类群为高营养物质含量种质，Ⅲ类群属于特异营养含量种质，Ⅳ类群属于果实外观品质较好的种质。聚类结果并未按照种质收集区域来分开，可能与区域间相互引种较多、最早起源地不明有关，这与张昊[19]的研究结果相似。

表型受基因型和环境型等共同影响[20]。本研究选取试材树龄为 5~10 年，为盛果期的成龄树，果实性状表现基本稳定，可完全代表种质本身的特性，选取稳定性较好的 2020 年和 2021 年的数据平均值，尽量减少环境饰变影响。后续研究将开展大群体核心种质关键农艺性状多年、多点和全生育期的精准鉴定，并与 SNP 等分子标记基因型信息数据相结合，探究枣种质资源的遗传多样性，筛选和挖掘优特异基因[21-22]，为枣种质资源的高效利用提供可靠依据。

3.2　枣种质果实性状综合评价

主成分分析是利用降维将原有的性状指标重新组合成新的不相关的性状指标[23-24]。本研究将 22 个指标进行主成分分析，前 8 个主成分代表大部分信息，累计贡献率高达 75.620%，特征值均大于 1。第 1 主成分与果实大小有关，第 2 个主成分与果形指数有关，第 3、4 主成分与果实功能性营养物质和果实口感有关，第 5 主成分与果实形状有关。通过对比李晓兰等[6]研究结果，本研究所涉及的果实性状范围广，代表性强，且各主成分所代表性状也是造成枣种质果实性状多态性的主要原因。

种质综合评价已有大量相关研究报道[25-26]，但是枣种质综合评价鲜有报道，本研究利用隶属函数和主成分分析法将 116 份枣种质进行综合排名，河北的赞晶和山西临县的杨家山大枣等种质位居前列，综合评价优异。排名前 20% 的种质综合得分在 0.787~1.039 之间，综合性状优异，为优异种质筛选提供参考。排名后 20% 的种质综合得分在 0.155~0.506 之间，综合性状较差，但个别性状特异，如鲁枣 10 号和临县开阳大酸枣综合得分仅 0.345 和 0.387，是高酸特异种质。本研究综合评价方法可对大部分枣种质资源进行较为准确的评价，为优特异种质筛选利用提供参考。但有些优特异种质在综合评价当中并不占优势，需要结合统计学方法和行业标准进行评价，保证优特异种质不漏选。将综合得分与果实性状进行相关性分析，发现综合得分与 15 个果实性状具有显著相关性。绝对值高、且相关系数达到显著的性状，可以作为筛选优异种质的重要参考指标。

4　结论

本研究 116 份枣种质果实性状变异性较大，遗传多样性丰富，聚类分析分为野生资源、高营养物质种质、特异营养种质和果实外观品质较好等 4 个类群，为枣种质资源多样性研究和创新利用提供依据。通过果实主要性状主成分和相关性分析，单果重、鲜食可食率、可溶性总糖含量和可滴定酸含量等 15 个果实性状与综合得分的相关性达到显著水平，筛选出赞晶、杨家山大枣、赞皇 1 号、中秋贡 2 号、临猗梗枣等综合性状较好的优良种质和 14 份大果型、特异果形、可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 高含量特异种质，为构建枣种质资源综合评价方法和筛选优特异种质提供参考。

参考文献

[1] 刘孟军，王玖瑞．新中国果树科学研究 70 年 - 枣．果树学报，2019，36（10）：1369-1381
Liu M J，Wang J R. Fruit scientific research in New China in the past 70 years：Chinese jujube. Journal of Fruit Science，2019，36（10）：1369-1381

[2] 王海岗，贾冠清，智慧，温琪汾，董俊丽，陈凌，王君杰，曹晓宁，刘思辰，王纶，乔治军，刁现民．谷子核心种质表型遗传多样性分析及综合评价．作物学报，2016，42（1）：19-30
Wang H G，Jia G Q，Zhi H，Wen Q F，Dong J L，Chen L，Wang J J，Cao X N，Liu S C，Wang L，Qiao Z M，Diao X M. Phenotypic diversity evaluations of foxtail millet core collections. Acta Agronomica Sinica，2016，42（1）：19-30

[3] 兴旺，崔平，潘荣，苏宝忠．不同国家甜菜种质资源遗传多样性研究．植物遗传资源学报，2018，19（1）：76-86
Xing W，Cui P，Pan R，Su B Z. Genetic diversity of sugar beet from different countries. Journal of Plant Genetic Resources，2018，19（1）：76-86

[4] 赵孟良，王丽慧，任延靖，孙雪梅，侯志强，杨世鹏，李莉，钟启文．257 份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性．作物学报，2020，46（5）：712-725
Zhao M L，Wang L H，Ren Y J，Sun X M，Hou Z Q，Yang S P，Li L，Zhong Q W. Genetic diversity of phenotypic traits in 257 Jerusalem artichoke accessions. Acta Agronomica Sinica，2020，46（5）：712-725

[5] 李世鹏,陈叶,郭明欣,田珊,刘红霞,赵旭升. 86份酸枣种质资源筛选和遗传多样性分析. 安徽农业科学,2019,47(11):51-55
Li S P, Chen Y, Guo M X, Tian S, Liu H X, Zhao X S. Screening and genetic diversity analysis of 86 sour jujube germplasm resources. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(11): 51-55

[6] 李晓兰,丁雯,段慧竹,杜晨晖,闫艳,裴香萍. 基于表型性状的酸枣种质资源表型多样性分析. 分子植物育种,2022,URL:http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20210423.1751.030.html
Li X L, Ding W, Duan H Z, Du C H, Yan Y, Pei X P. Genetic diversity of *Ziziphus jujuba* germplasm resources based on morphological traits. Molecular Plant Breeding, 2022, URL: http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20210423.1751.030.html

[7] 陈武,孔德仓,崔艳红,曹明,庞晓明,李颖岳. 枣核心种质表型性状多样性及裂果相关性. 北京林业大学学报,2017,39(6):78-84
Chen W, Kong D C, Cui Y H, Cao M, Pang X M, Li Y Y. Phenotypic genetic diversity of a core collection of *Ziziphus jujuba* and correlation analysis of dehiscent characters. Journal of Beijing Forestry University, 2017, 39(6): 78-84

[8] 仇倩倩,冯一峰,吴翠云. 枣种质资源叶表型性状遗传多样性分析. 新疆农业科学,2021,58(2):282-293
Qiu Q Q, Feng Y F, Wu C Y. Genetic diversity of leaf phenotypic traits in jujube germplasm resources. Xinjiang Agricultural Sciences, 2021, 58(2): 282-293

[9] 李登科,王永康,江用文,李捷,卢桂宾,隋串玲,熊兴平,赵爱玲,任海燕,杜学梅. 农作物种植资源鉴定评价技术规范 - 枣(NY/T 2326). 北京:中国农业出版社,2013
Li D K, Wang Y K, Jiang Y W, Li J, Lu G B, Sui C L, Xiong X P, Zhao A L, Ren H Y, Du X M. Technical specification for identification and evaluation of crop planting resources-jujube (NY/T 2326). Beijing: China Agricultural Publishing House, 2013

[10] 王永康,吴国良,赵爱玲,李登科. 枣种质资源的表型遗传多样性. 林业科学,2014,50(10):33-41
Wang Y K, Wu G L, Zhao A L, Li D K. Phenotypic genetic diversity of jujube germplasm resources. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(10): 33-41

[11] 徐泽俊,齐玉军,邢兴华,童飞,王幸. 黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价. 植物遗传资源学报,2022,23(2):468-480
Xu Z J, Qi Y J, Xing X H, Tong F, Wang X. Analysis and evaluation of agronomic and quality traits in soybean germplasms from Huang-Huai-Hai region. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(2): 468-480

[12] 贾瑞玲,赵小琴,南铭,陈富,刘彦明,魏立平,刘军秀,马宁. 64份苦荞种质资源农艺性状遗传多样性分析与综合评价. 作物杂志,2021(3):19-27
Jia R L, Zhao X Q, Nan M, Chen F, Liu Y M, Wei L P, Liu J X, Ma N. Genetic diversity analysis and comprehensive assessment of agronomic traits of 64 Tartary Buckwheat Germplasms. Crops, 2021(3): 19-27

[13] 王海平,李锡香,沈镝,邱杨,宋江萍,张晓辉,Philipp W.Simon. 基于表型性状的中国大蒜资源遗传多样性分析. 植物遗传资源学报,2014,15(1):24-31
Wang H P, Li X X, Shen N, Qiu Y, Song J P, Zhang X H, Simon P W. Evaluation on genetic diversity of garlic (*Allium sativum* L.) clones in China based on morphological characters. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(1): 24-31

[14] 张莹,曹玉芬,霍宏亮,田路明,董星光,齐丹,张小双. 基于花表型性状的梨种质资源多样性研究. 园艺学报,2016,43(7):1245-1256
Zhang Y, Cao Y F, Huo H L, Tian L M, Dong X G, Qi D, Zhang X S. Research on diversity of pear germplasm resources based on flowers phenotype traits. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(7): 1245-1256

[15] 胡标林,万勇,李霞,雷建国,罗向东,严文贵,谢建坤. 水稻核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价. 作物学报,2012,38(5):829-839
Hu B L, Wan Y, Li X, Lei J G, Luo X D, Yan W G, Xie J K. Analysis on genetic diversity of phenotypic traits in rice (*Oryza sativa*) core collection and its comprehensive assessment. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(5): 829-839

[16] 黄勇,谢一青,李志真,王开良,林萍,姚小华. 小果油茶表型多样性分析. 植物遗传资源学报,2014,15(2):270-278
Huang Y, Xie Y Q, Li Z Z, Wang K L, Lin P, Yao X H. Analysis of camellia meiocarpa phenotype ddiversity. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(2): 270-278

[17] 周晓凤,郭雪飞,冯一峰,蒲小秋,吴翠云. 枣种质资源果实糖组分及其含量特征分析. 干旱区资源与环境,2019,33(7):181-186
Zhou X F, Guo X F, Feng Y F, Pu X Q, Wu C Y. Analysis of sugar components and content characteristics in jujube germplasm resources. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2019, 33(7): 181-186

[18] 孙亚强. 酸枣种质资源遗传多样性分析及其核心种质的构建. 阿拉尔:塔里木大学,2016
Sun Y Q. Genetic diversity analysis and core collection construction of *Zizphhus jujuba* var.*Spinsoa* (Bunge) Hu ex H. F. Chow. Alar: Tarim University, 2016

[19] 张昊. 宁夏红枣种质资源调查及遗传多样性研究. 银川:宁夏大学,2019
Zhang H. Investigation on germplasm resources and genetic diversity of jujube in Ningxia. Yinchuan: Ningxia University, 2019

[20] 杨涛,黄雅婕,李生梅,任丹,崔进鑫,庞博,于爽,高文伟. 海岛棉种质资源表型性状的遗传多样性分析及综合评价. 中国农业科学,2021,54(12):2499-2509
Yang T, Huang Y J, Li S M, Ren D, Cui J X, Pang B, Yu S, Gao W W. Genetic diversity and comprehensive evaluation of phenotypic traits in Sea-Island cotton germplasm resources. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(12): 2499-2509

[21] Ji Q, Zhu H L, Huang X F, Zhou K, Liu Z W, Sun Y L, Wang Z X, Ke W D. Uncovering phylogenetic relationships and genetic diversity of water dropwort using phenotypic traits and SNP markers. PLoS ONE, 2021, 16(7): e0249825

[22] Orita R, Nagano Y, Kawamura Y, Kimura K, Kobayashi G. Genetic diversity and population structure of razor clam Sinonovacula constricta in Ariake Bay, Japan, revealed using

RAD-Seq SNP markers. Scientific Reports，2021 ，11（1）：7761

［23］ 李洪果，陈达镇，许靖诗，刘光金，庞晓东，叶金辉，莫小文，谌红辉．濒危植物格木天然种群的表型多样性及变异．林业科学，2019，55（4）：69-83
Li H G，Chen D Z，Xu J S，Liu G J，Pang X D，Ye J H，Mo X W，Shen H H. Phenotypic diversity and variation in natural populations of *Erythrophleum fordii*，an endangered plant species. Scientia Silvae Sinica，2019，55（4）：69-83

［24］ 胡光明，夏文娟，郑丽，饶航空，雷鸣，王建，赵婷婷，李作洲，钟彩虹．湖北省通山县野生猕猴桃种质资源调查与果实遗传多样性分析．植物科学学报，2021，39（6）：620-631
Hu G M，Xia W J，Zheng L，Rao H K，Lei M，Wang J，Zhao T T，Li Z Z，Zhong C H. Investigation and fruit genetic diversity analysis of wild *Actinidia* germplasm resources in Tongshan county，Hubei province. Plant Science Journal，2021，39（6）：620-631

［25］ 崔翠，孙建蓉，赵愉风，郜欢欢，程闯，王瑞莉，王刘艳，周清元．豌豆嫩尖几个营养品质性状的遗传多样性分析及其综合评价．植物遗传资源学报，2019，20（4）：932-948
Cui C，Sun J R，Zhao Y F，Gao H H，Cheng C，Wang R L，Wang L Y，Zhou Q Y. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of several nutritional quality traits in pea sprouts. Journal of Plant Genetic Resources，2019，20（4）：932-948

［26］ 尹世华，王康，黄晓霞，李淑斌，程小毛．47 份月季品种表型多样性分析及综合评价．江西农业大学学报，2021，43（1）：94-105
Yin S H，Wang K，Huang X X，Li S B，Cheng X M. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 47 rose resources. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis，2021，43（1）：94-105

欢迎订阅 2023 年《植物资源与环境学报》

《植物资源与环境学报》为江苏省中国科学院植物研究所和江苏省植物学会联合主办的学术刊物，国内外公开发行。本刊为全国中文核心期刊（北大核心）、中国科技核心期刊和中国科学引文数据库核心期刊（CSCD 核心），并为 BA（预评）、CAB、BCI、JST、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊（光盘版）、超星期刊域出版平台和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收录。2013 年荣获“首届江苏省新闻出版政府奖・期刊奖”及江苏省精品科技期刊项目；2015 年荣获“第六届江苏省科技期刊金马奖・精品期刊奖”；2015 年至 2022 年均荣获江苏省精品科技期刊项目；2021 年荣获第三届江苏省新闻出版政府奖・期刊奖提名奖。

本刊围绕植物资源与环境两个中心命题，报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护，自然保护区与植物园的建设和管理，植物在保护和美化环境中的作用，环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者均可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为双月刊，大 16 开本，每期 100 页。全国各地邮局均可订阅，邮发代号 28-213，每期定价 26 元，全年定价 156 元。国内统一连续出版物号 CN 32-1339/S，国际标准连续出版物号 ISSN 1674-7895。若错过征订时间或需补齐 1992 年至 2023 年各期，请直接与编辑部联系邮购。1992 年至 1993 年每年 8 元；1994 年至 2000 年每年 16 元；2001 年至 2005 年每年 24 元；2006 年至 2008 年每年 40 元；2009 年至 2011 年每年 60 元；2012 年至 2019 年每年 80 元；2020 年至 2021 年每年 120 元；2022 年至 2023 年每年 156 元（均含邮资，如需挂号另付挂号费 3 元；快递到付）。

编辑部地址：江苏省南京市中山门外江苏省中国科学院植物研究所内（邮编 210014）；电话：025-84347014；QQ：2219161478；E-mail：zwzybjb@163.com。本刊目前只接收在线投稿，投稿网址：http：//zwzy.cnbg.net。

本刊已开通微信公众号，欢迎您扫码关注。