

中阳木枣系品种果实制干品质的综合评价方法

樊保国¹ 李月梅¹ 张强¹ 杜学梅² 王永康² 李振岗³

(1. 山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041000;

2. 山西省农科院 果树研究所, 山西 太谷 030815;

3. 山西省襄汾县果树服务中心, 山西 襄汾 041500)

摘要 为探明中阳木枣系品种果实制干品质性状间的相互关系, 构建其制干品质综合评价体系, 以中阳木枣系19个品种果实为材料, 利用相关分析和改良的因子分析对干枣单果重、制干率、干枣含糖量和干枣饱满度等14项品质指标进行分析, 计算各品种果实品质因子综合得分, 并进行优良度排序, 筛选出中阳木枣系品种中适宜制干的优良品种; 在此基础上, 以中阳木枣系各品种的加权主因子得分作为新的变量进行Q型聚类分析, 对中阳木枣系品种进行分类; 运用判别分析对聚类结果进行判定。结果表明: 中阳木枣系品种干枣糖酸比、核重、干枣含酸量、干果单果重、鲜果单果重和抗裂果性6项指标性状差异较大; 因子分析表明, 前5个主因子的累计贡献率达91.226%, 能反映品质性状的绝大部分信息, 因子综合评价得分排名前7名的中阳木枣系品种由高到低依次是临黄1号、晋园红、方木枣、长条枣、陕北长枣、木枣抗裂1号和板条枣; 基于各品种加权主因子得分的聚类分析将19个中阳木枣系品种分为4类: 临黄1号、晋园红、陕北长枣和长条枣这一类品种综合得分较高, 制干性能好且抗裂性强, 属于制干品质优良的品种; 木枣抗裂1号、方木枣和板条枣这一类品种综合得分也较高、果个小、抗裂性较强且风味好, 属于制干品质较优良的品种; 木枣1号、帅枣1号、帅枣2号和帅枣3号这一类制干性能较差, 其主要特点是果个大、肉质疏松、抗裂性较差, 属于适宜加工蜜枣的品种; 其余8个品种为一类, 制干品质一般。判别结果验证了聚类分析结果的正确性。临黄1号、晋园红、陕北长枣、长条枣、方木枣、木枣抗裂1号和板条枣这7个品种制干品质较好, 且抗裂性较强, 在晋西沿黄丘陵枣区有较高的推广应用价值。本研究所采用的方法可对中阳木枣系品种制干品质进行科学评价和分类, 得出量化结果, 全面、客观地评价了中阳木枣系品种制干品质的优劣, 体现了评价方法和分类的有效性。

关键词 枣; 制干品质; 因子分析; 聚类分析; 判别分析; 综合评价

中图分类号 S665.1

文章编号 1007-4333(2019)05-0150-11

文献标志码 A

Comprehensive evaluation methods of the dried jujube quality of Zhongyangmuzao cultivars

FAN Baoguo¹, LI Yuemei¹, ZHANG Qiang¹, DU Xuemei², WANG Yongkang², LI Zhengang³

(1. College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041000, China;

2. Research Institute of Pomology, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taigu 030815, China;

3. Fruit Tree Service Center of Xiangfen, Xiangfen 041500, China)

Abstract This study aimed to explore the correlation of the dried jujube quality traits of Zhongyangmuzao (*Ziziphus jujuba* Mill. 'Zhongyangmuzao') systematic cultivars and construct a comprehensive evaluation system. A total of 19 Zhongyangmuzao cultivars were used as the experimental materials. Correlation analysis and improved factor analysis were used to analyze the fourteen quality indices of fruit of the Zhongyangmuzao cultivars, the comprehensive evaluation scores of these cultivars were calculated, and the superiority rank of nineteen cultivars was done. Based on the above analyses, the weighted principal factor score of the Zhongyangmuzao cultivars as new variable was used to Q-mode

收稿日期: 2018-08-11

基金项目: 山西省科学技术发展计划项目(20140311017-7)

第一作者: 樊保国, 副教授, 主要从事枣种质资源开发利用及评价研究, E-mail: fbg2012@163.com

cluster analysis, and the discriminant analysis was used to test the result of cluster analysis. The result showed that: Great differences of variations were found in the soluble sugar/titratable acid of dry jujube, stone weight, acid content of dry jujube, dry jujube weight, fresh fruit weight and resistant to cracking of the Zhongyangmuzao cultivars. By using factor analysis, the primary 5 comprehensive indices separately with a cumulative contribution rate 92.226%, which reflected most of the variance information. The top seven cultivars with higher scores of comprehensive evaluation were Linhuang 1, Jinyuanhong, Fangmuzao, Changtiaozao, Shaanbeichangzao, Muzao kanglie 1 and Bantiaozao. According to scores of the weighted principal 5 factors, the 19 Zhongyangmuzao cultivars were clustered into 4 groups: Linhuang 1, Jinyuanhong, Changtiaozao, Shaanbeichangzao had the higher score, fine drying performance and more resistant to cracking; Muzaokanglie 1, Fangmuzao and Bantiaozao are better, which have high score, small fruit, fine resistant to cracking and nice flavor; Muzao 1 and Shuaizao cultivars are poor in drying jujube quality, which have big fruit, loose texture of flesh and bad resistant to cracking, but the cultivars are suited to process candied jujube; Other 8 cultivars are general overall. The result of the discriminant analysis agreed with that of cluster analysis. Linhuang 1, Jinyuanhong, Changtiaozao, Shaanbeichangzao, Muzaokanglie 1, Fangmuzao and Bantiaozao have stronger resistant to cracking and better drying fruit quality, and these cultivars have higher popularization and application value in hill jujube area along Yellow River of western Shanxi. The above methods evaluated and classified Zhongyangmuzao cultivars, and gained the quantitative results which could comprehensively and objectively evaluate the quality of dried jujube, and reflected the effectiveness of the evaluation method and classification.

Keywords jujube; quality of dried jujube; factor analysis; cluster analysis; discriminant analysis; comprehensive evaluation

中阳木枣 (*Ziziphus jujuba* Mill. ‘Zhongyangmuzao’), 又称吕梁木枣、绥德木枣, 俗称“木枣”, 是我国枣树中仅次于金丝小枣的第二大栽培品种, 也是晋陕沿黄丘陵枣区最主要的制干枣栽培品种^[1-3], 约占该区枣栽培总面积的 70% 以上^[3]。同时, 中阳木枣也是我国最古老的栽培枣品种之一, 至今在晋陕沿黄丘陵枣区仍残存着多株千年以上的老树^[3]。中阳木枣经过多年的自然选择、人工选优和栽培驯化, 在抗裂性和果实大小、果肉汁液、制干率、糖酸含量等方面都发生了很大变异^[4-6]。中阳木枣果个较大, 果实汁液少, 肉质硬, 适宜制干, 且耐旱、耐瘠薄, 抗寒性强, 抗裂性也较强, 适栽区域较广, 是晋陕沿黄丘陵枣区许多农户赖以生存的经济林树种。然而近年来, 晋陕沿黄枣区气象灾害导致的裂果烂果频繁发生, 病虫害逐渐加重, 使得该枣区广大枣农收入持续下降, 枣产业难以为继。因此, 开展中阳木枣系品种制干品质的综合评价技术研究, 从中阳木枣系品种中筛选出抗裂性强、制干品质好的优良品种具有十分重要的现实意义。

近年来, 对中阳木枣的营养^[8]和功能成分^[9]、新品种选育^[10-12]、品种特性^[13-14]、与其他品种的亲缘关系^[15]、生态适应性^[16]和气候区划^[17]等进行了一系列研究, 但对中阳木枣系品种制干品质综合评价和分类的研究还鲜见报道。本研究拟以中阳木枣系 19 个品种为材料, 利用变异分析、相关分析和因子

分析探明各品质指标之间的关系, 构建中阳木枣系品种制干品质的综合评价体系, 以期为中阳木枣系品种制干品质的综合评价与分类提供技术支撑, 也为中阳木枣系品种良种筛选及优良品种的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种为中阳木枣、从中阳木枣选育出来的品种和与中阳木枣亲缘关系较近的品种, 包括‘中阳木枣’、‘保德油枣’、‘佳县油枣’、‘晋园红’、‘临黄 1 号’、‘木枣 1 号’、‘木枣抗裂 1 号’、‘帅枣 1 号’、‘帅枣 2 号’、‘帅枣 3 号’、‘方木枣’、‘陕北长枣’、‘佳县长枣’、‘永和条枣’、‘河津条枣’、‘延川条枣’、‘板条枣’、‘灰条枣’和‘长条枣’共 19 个品种。

1.2 果实品质指标的初选和测定

中阳木枣系品种果实制干品质指标包括理化品质指标和感官品质指标。根据枣品种资源权威文献^[1-2]、干制红枣标准^[18]的研究, 拟初选鲜枣单果重、鲜枣可溶性固形物含量、鲜枣果肉汁液、抗裂性、制干率、核重、干枣单果重、干枣可食率、干枣含糖量、干枣含酸量、干枣糖酸比、干枣色泽、干枣饱满度和干枣果肉质地等 14 个指标, 其中果肉汁液、抗裂性、干枣色泽、干枣饱满度和干枣果肉质地 5 项指标为感官品质指标。

为保证中阳木枣系各品种果实品质指标数据的权威性和准确性,各品种果实理化品质性状指标数据采用有关权威文献^[1]和中阳木枣系新品种选育者测定的数据。对个别品种某些品质指标缺失的数据按文献^[19-20]方法进行了测试,其果实样品取自于山西省农科院果树研究所临县试验基地,栽培管理基本一致。

感官品质指标测定:选择9位经过培训的园艺专业师生作为评价成员,分别从鲜枣果肉汁液、干枣色泽、干枣饱满度和干枣果肉质度4个指标对不同品种进行评价打分。为便于数据统计分析,且与理化品质指标相一致,根据中阳木枣系品种果实品质实际,各感官品质指标打分范围设定为5~9分,以其平均值对各个感官性状指标赋值。抗裂性采用清水浸泡法^[19]测定,由于中阳木枣系品种果实抗裂性差异较大,故打分范围设定在3~9分。

1.3 数据处理与统计分析

采用SPSS 17.0 统计分析软件,利用变异分

析、相关分析和改良的因子分析方法^[21]对于枣单果重、核重、制干率、干枣含糖量和干枣饱满度等14项初选品质指标进行分析,并对中阳木枣系品种果实制干品质进行综合评价。然后以各个品种的加权主因子得分数据作为新的变量进行聚类分析,之后采用判别分析对聚类分析结果进行评判验证。

在进行因子分析之前,为使分析评价结果科学合理,对各指标值进行正向化和标准化处理。对负向指标鲜枣果肉汁液、干枣含酸量和核重在其实值前加“—”号做正向化处理。数据标准化采用均值法处理。

2 结果与分析

2.1 中阳木枣系品种果实品质指标的变异情况和相关性分析

19个中阳木枣系品种果实品质指标的变异情况见表1。由表1可计算出各指标的变异系数(CV)分别为:鲜枣单果重32.44%、鲜枣可溶性固形

表1 中阳木枣系品种果实品质指标变异情况

Table 1 Variation of fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

指标 Index	最大值 Max value	最小值 Min value	平均值 Mean value	变幅 Range	标准差 SD
鲜枣单果重/g Fruit weight of fresh jujube	25.20	8.80	16.54	16.40	5.36
鲜枣可溶性固形物含量/% Soluble solid content of fresh jujube	36.00	26.40	30.17	9.60	2.59
鲜枣果肉汁液 Juice of fresh jujube	8.00	5.00	6.50	3.00	0.92
抗裂果性 Resistant to cracking	8.90	3.20	6.52	5.70	1.92
制干率/% Ratio of dried jujube	61.50	45.20	50.76	16.30	4.09
核重/g Stone weight	0.96	0.30	0.60	0.66	0.23
干枣单果重/g Dry jujube weight	14.00	4.00	8.35	10.00	2.71
干枣可食率/% Ratio of edibility of dry jujube	94.80	90.90	92.85	3.90	1.23
干枣含糖量/% Soluble sugar content of dry fruit	75.20	64.50	70.29	10.70	2.80
干枣含酸量/% Acidity content of dry fruit	2.10	0.61	1.35	1.46	0.45
干枣糖酸比/% Soluble sugar/titratable acid of dry fruit	108.90	30.80	59.20	78.10	23.35
干枣色泽 Dry jujube color	7.20	6.30	6.76	0.90	0.22
干枣饱满度 Plumpness of dry jujube	8.30	6.10	6.91	2.20	0.56
干枣果肉质度 Texture of dry jujube	8.50	6.10	6.89	2.40	0.71

物含量 8.60%、鲜枣果肉汁液 14.11%、抗裂果性 29.37%、制干率 8.06%、核重 38.82%、干枣单果重 32.46%、干枣可食率 1.32%、干枣含糖量 3.98%、干枣含酸量 33.26%、干枣色泽 3.21%、干枣饱满度 8.10%、干枣果肉质度 10.30%。在这些品质指标中,干枣糖酸比、核重、干枣含酸量、干果单果重、鲜果单果重和抗裂果性 6 项指标差异较大,其 CV 分别为 39.44%、38.82%、33.26%、32.46%、32.44% 和 29.37%;而干枣可食率、干枣色泽和干枣含糖量 3 个指标差异较小,变异系数只有 1.32%、3.21% 和 3.98%;其他指标差异居中,这说明中阳木枣系不同品种果实制干品质指标存在较大差异,可为筛选优良的中阳木枣品系品种提供较大的选择范围。

由于中阳木枣系不同品种间的干枣可食率和干枣色泽差异很小,故可将这 2 项指标舍去。干枣含糖量虽然不同品系间差异也较小,但由于它对干枣果实品质影响较大,所以将其予以保留。其他指标变异系数都在 8% 以上,故予以保留。这样就选出了鲜枣单果重、鲜枣可溶性固形物含量、鲜枣果肉汁液、抗裂性、制干率、核重、干枣单果重、干枣含糖量、干枣含酸量、干枣糖酸比、干枣饱满度和干枣果肉质度 12 个品质指标。

对 19 个中阳木枣系品种果实品质性状指标间的相关性进行分析,结果(表 2)表明:不同品质性状指标间相关系数差异较大,其中干枣糖酸比与干枣含酸量、鲜果单果重与核重和干枣单果重相关性较高,相关系数分别为 -0.969、0.958 和 0.949;制干率和干枣饱满度、干枣单果重和核重相关性也较高,相关系数分别为 0.908 和 0.904;制干率与鲜枣单果重和核重相关性较低,相关系数分别为 0.001 和 -0.008。其他各个品质性状之间的相关性介于二者之间。

2.2 中阳木枣系品种果实品质指标的因子分析

对中阳木枣系品种果实品质 12 项指标进行因子分析(表 3),前 5 个因子的贡献率分别为 27.779%、27.264%、17.681%、9.319% 和 9.182%,累计贡献率为 91.226%,即前 5 个因子所包含的信息量占到 12 个指标总信息量的 91.23%,表明前 5 个因子可以用于中阳木枣系品种果实品质性状综合评价。

通过因子分析,将 12 项品质指标转化为 5 个新的变量(因子),代表了 12 项品质指标中 91.226% 的有效信息。用 5 个因子代替原来的 12 项指标,既消除了指标间相关性,又减少了变量维数。因子 1 方差贡献率为 27.779%,决定因子 1 的主要是鲜枣单

果重、核重和干枣单果重,可将其命名为果重因子;因子 2 方差贡献率为 27.264%,决定因子 2 的主要是干枣饱满度、制干率、抗裂果性和鲜枣果肉汁液,可定义为制干与抗裂因子;因子 3 方差贡献率为 17.681%,决定因子 3 的主要是干枣糖酸比和干枣含酸量,可定义为风味因子;因子 4 方差贡献率分为 9.319%,决定因子 4 的主要是干枣含糖量,可定义为糖度因子,因子 5 方差贡献率为 9.182%,决定因子 5 的指标主要是干枣果肉质度,可定义为肉质因子。

根据各品种因子的标准化得分和各因子的贡献率,计算出各品种果实制干品质的综合得分,并进行品种品质的优良度排序,结果见表 4。可见,因子综合得分排名前 7 名的中阳木枣系品种依次是临黄 1 号、晋园红、方木枣、长条枣、陕北长枣、木枣抗裂 1 号和板条枣,表明这 7 个品种果实的制干综合品质较好。

2.3 聚类分析

聚类分析(Cluster analysis)是根据研究对象的若干个特征对其进行量化分类的一种多元统计分析方法^[22]。由于涉及中阳木枣系品种果实制干品质的原始指标较多,且它们之间存在复杂的关系,因而采用原始指标进行聚类分析会影响分析结果的准确性。本研究在因子分析的基础上进行聚类分析:首先用因子分析降低维数,根据累计贡献率 90% 以上的原则选取前几个重要的有代表性的互不相关的主因子作为新指标,以各主因子的相对贡献率作为权重,形成新的变量矩阵,然后进行聚类分析,从而保证在含有原指标 90% 以上的信息基础上进行聚类分析,实现更好地分类。

根据上面分析计算提取的 5 个不相关的主因子以及各主因子得分,使用 SPSS 17.0 对中阳木枣系品种果实品质进行加权主因子 Q 型聚类分析,品种间的距离定义为欧式距离,系统聚类的方法采用组间最长距离法。结果(图 1)表明,当临界值 >0.75 时,19 个品种聚为 4 类。临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣为一类,其综合得分高,且抗裂性强,属于制干品质优良的品种;木枣 1 号、帅枣 1 号、帅枣 2 号和帅枣 3 号为一类,其主要特点是果个大、肉质疏松、抗裂性较差,属于适宜加工蜜枣的品种;木枣抗裂 1 号、方木枣和板条枣为一类,这 3 个品种的共同特征是果个较小、抗裂性强、风味较好,属于制干品质较好的品种;剩余的 8 个品种归为一类,他们的

表2 中阳木枣系品种果实品质指标间的相关系数

Table 2 Correlation analysis of the fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

指标 Index	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1	1.000											
X_2	-0.429	1.000										
X_3	0.193	0.080	1.000									
X_4	-0.363	-0.142	-0.320	1.000								
X_5	0.001	-0.370	-0.677**	0.659**	1.000							
X_6	0.958**	-0.495*	0.200	-0.292	-0.008	1.000						
X_7	0.949**	-0.524*	-0.002	-0.126	0.294	0.904**	1.000					
X_8	0.054	0.070	0.240	0.151	-0.117	0.026	0.043	1.000				
X_9	0.619**	-0.261	-0.093	-0.325	0.012	0.545*	0.594**	-0.089	1.000			
X_{10}	-0.639**	0.348	0.151	0.317	-0.012	-0.579**	-0.613**	0.058	-0.969**	1.000		
X_{11}	-0.174	-0.157	-0.668**	0.694**	0.908**	-0.179	0.117	-0.020	-0.122	0.161	1.000	
X_{12}	-0.248	0.212	-0.155	0.400	0.245	-0.187	-0.153	0.091	-0.366	0.439	0.526*	1.000

注: X_1, X_2, \dots, X_{12} 分别代表鲜枣单果重、鲜枣可溶性固形物含量、鲜枣果肉汁液、抗裂性、制干率、核重、干枣单果重、干枣含糖量、干枣含糖酸比、干枣饱满度和干枣果肉质地。
*表示在0.05水平(双侧)上显著相关; **表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

Note: X_1, X_2, \dots and X_{12} indicate respectively fruit weight of fresh jujube, soluble solid content of fresh jujube, juice of fresh jujube, resistant to cracking, ratio of dried jujube, stone weight, dry jujube weight, soluble sugar content of dry fruit, acidity content of dry fruit, soluble sugar/titratable acid of dry fruit, plumpness of dry jujube and texture of dry jujube.

* and ** represent significant at 0.05 and 0.01 levels (2-tailed), respectively.

表 3 中阳木枣系品种果实品质指标因子分析结果

Table 3 Factor analysis of fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

指标 Index	因子 Component					共同度 Communality
	因子 1 Component 1	因子 2 Component 2	因子 3 Component 3	因子 4 Component 4	因子 5 Component 5	
鲜枣单果重 Fruit weight of fresh jujube	0.925	-0.152	-0.301	0.026	-0.055	0.973
鲜枣可溶性固形物含量 Soluble solid content of fresh jujube	-0.539	-0.301	-0.044	0.059	-0.678	0.848
鲜枣果肉汁液 Juice of fresh jujube	-0.215	0.756	-0.361	-0.274	0.082	0.834
抗裂果性 Resistant to cracking	-0.163	0.761	0.333	0.275	-0.093	0.801
制干率 Ratio of dried jujube	0.134	0.950	0.004	-0.082	-0.096	0.937
核重 Stone weight	-0.943	0.138	0.193	0.000	0.085	0.952
干枣单果重 Dry jujube weight	0.924	0.145	-0.280	0.032	-0.081	0.961
干枣含糖量 Soluble sugar content of dry fruit	0.028	-0.041	0.025	0.975	0.060	0.957
干枣含酸量 Acidity content of dry fruit	-0.416	0.040	0.856	0.035	0.073	0.915
干枣糖酸比 Soluble sugar/titratable acid of dry fruit	-0.423	0.031	0.861	0.015	0.181	0.955
干枣饱满度 Plumpness of dry jujube	0.009	0.952	0.095	0.000	0.191	0.952
干枣果肉质地 Texture of dry jujube	0.032	0.392	0.432	0.062	0.723	0.867
特征值 Eigen values	3.334	3.272	2.122	1.118	1.102	
贡献率/% Contribution rate	27.779	27.264	17.681	9.319	9.182	
累计贡献率/% Cumulative contribution rate	27.779	55.043	72.724	82.043	91.226	

表4 各品种因子得分、综合得分和优良度排序
Table 4 Scores of factors and general scores and ranking of dried jujube of Zhongyangmuzao cultivars

品种 Cultivar	因子得分 Factor value					综合得分 Comprehensive valuation	优良度排序 Order of excellent degree
	因子1 Component 1	因子2 Component 2	因子3 Component 3	因子4 Component 4	因子5 Component 5		
中阳木枣 Zhongyangmuzao	-0.453	-0.410	-0.194	0.462	-0.760	-0.33	14
保德油枣 Baodeyouzao	-1.456	-0.152	-1.804	0.496	0.658	-0.72	18
佳县油枣 Jiaxianyouzao	-1.265	-0.446	-0.673	1.560	0.243	-0.46	16
晋园红 Jinyuanhong	1.263	0.633	0.335	0.276	0.141	0.68	2
临黄1号 Linhuang 1	1.340	2.343	-0.550	0.081	-0.452	0.98	1
木枣1号 Muzao 1	1.275	-1.189	-0.098	0.190	-0.836	-0.05	11
木枣抗裂1号 Muzaokanglie 1	-0.282	0.420	1.564	0.656	-1.682	0.24	6
帅枣1号 Shuaizao 1	1.204	-1.080	-0.383	-1.293	-0.288	-0.19	12
帅枣2号 Shuaizao 2	0.896	-0.953	-0.450	-0.848	-0.359	-0.22	13
帅枣3号 Shuaizao 3	1.339	-1.505	-0.447	0.212	1.089	0.00	10
方木枣 Fangmuzao	0.153	0.355	1.995	0.316	0.803	0.65	3
陕北长枣 Shaanbeichangzao	-0.295	1.432	-0.269	0.517	0.141	0.35	5
佳县长枣 Jiaxianchangzao	0.190	-0.447	-0.631	2.028	0.159	0.03	8
永和条枣 Yonghetiaozao	-0.617	0.518	0.331	0.050	-0.143	0.02	9
河津条枣 Hejintiaozao	-1.008	0.281	0.437	-2.152	0.098	-0.35	15
延川条枣 Yanchuantiaozao	-0.898	0.562	-1.654	-1.654	0.019	-0.59	17
板条枣 Bantiaozao	-0.622	-0.484	1.540	-0.341	2.692	0.20	7
灰条枣 Huitiaozao	-1.337	-1.059	0.988	-0.318	-1.913	-0.76	19
长条枣 Changtiaozao	0.524	1.182	-0.039	-0.237	0.392	0.52	4

特点是果个小、抗裂性及制干品质一般。聚类分析的结果既支持了因子分析综合评价的结果，同时又对中阳木枣系品种的制干品质进行了科学分类。

2.4 基于因子分析和聚类分析结果的判别分析

根据各个品种的 5 个主因子得分和聚类分析结

果,对 19 个品种进行判别分析,判定聚类分析结果的准确性,判别分析结果见表 5。可见,用判别函数回代分类,判别的准确率为 100%;交叉验证结果只有木枣抗裂 1 号、陕北长枣和永和条枣 3 个品种误判,其余 16 个品种分类正确,判别的准确率达到 84.2%,说明上述聚类分析结果基本准确可靠。

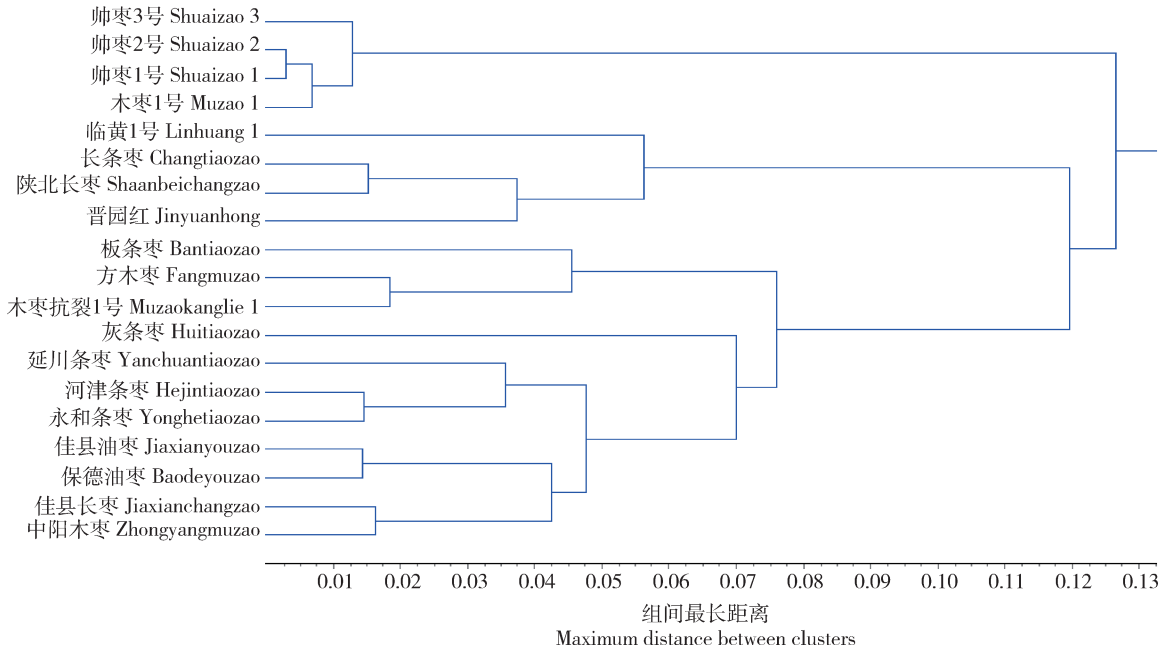


图 1 中阳木枣系品种聚类图

Fig. 1 Cluster map of Zhongyangmuzao cultivars

表 5 中阳木枣系品种判别分析结果

Table 5 Result of discriminant analysis of Zhongyangmuzao cultivars

类别 Group	聚类结果/个 Result of cluster				回代判别准确率/% Accuracy of back substitution discrimination				交叉验证判别准确率/% Accuracy of cross validation discrimination			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I	8	0	0	0	100	0	0	0	87.5	12.5	0	0
II	0	4	0	0	0	100	0	0	0	75.0	0	25.0
III	0	0	4	0	0	0	100	0	0	0	100	0
IV	0	0	0	3	0	0	0	100	0	33.3	0	66.7

3 讨论

中阳木枣系品种是晋陕沿黄丘陵枣区栽培最多的优良地方制干枣品种类群,由于长期的自然选择、人工选优和栽培驯化,形成了许多新的品种和类型。同金侠等^[5]通过对其选出的中阳木枣 13 株优树 11 个重要农艺性状的统计分析表明,平均树冠投影产

量、枣吊比、平均单果重、最大单果重、制干率和干枣含糖量均超过优树选择标准,表现出明显的优系特性。高文海等^[6-7]对中阳木枣多个无性系多性状综合比较和评价,遴选出了一些丰产性好、制干率高、抗裂果、抗锈病、高含糖量的无性系。殷晓等^[15]对中阳木枣主产区陕北枣品种群进行了遗传结构的 SSR 分析和聚类分析,分析了木枣品种群和近源品

种之间的亲缘关系。高文海等^[10-11]和 马光跃等^[12]分别从中阳木枣中选育出了一些新品种。上述研究说明中阳木枣容易发生变异,并为筛选优良的中阳木枣系制干品种奠定了基础。但对于中阳木枣系品种制干品质综合评价和分类的研究还未见报道,对其作出科学评价和分类是有效利用和选育优良种质的基础和前提。

影响中阳木枣系品种制干品质的指标较多,且诸指标间存在一定的交互关系,致使反映其制干品质状况的许多指标信息发生交织和重叠。应用因子分析可在复杂的制干品质指标体系中筛选出若干个彼此不相关的综合性指标,且能反映出原来全部指标所提供的绝大部分信息,便于综合评价各品种的制干品质,其结果具有准确性和科学性。目前因子分析与综合评价已在枣^[23-24]、梨^[25]、葡萄^[26]和枸杞^[27]等多种果树的选优上得到应用。本研究通过因子分析的方法,将中阳木枣系品种的12项相关性状简化成5个彼此不相关的综合指标,其累计贡献率达91.226%,反映了原始数据的绝大部分信息,极大减少了计算量,使评价结果更合理、客观。

聚类分析在研究果树品种资源的差异和分类方面,业已证明是比较可行的分析评价方法^[28-29]。聚类分析时采用的性状指标越多似乎越能综合反映品种的客观实际,但这些性状间可能存在着复杂的交互关系,一些性状的差异会被另一些性状的差异所掩盖,另外一些性状会因高度相关致使信息重叠,而造成分类结果不合理。所以有些研究在因子分析的基础上进行聚类分析^[30-31],这样可以用尽可能少的主因子反映品质性状的绝大部分信息,减少了统计分析的复杂性,使聚类分析过程更简便、结果更可靠。由于不同因子重要性不同,所以本研究利用主成分法提取因子,然后进行加权主因子聚类分析法,将中阳木枣系品种按照品质特性相似程度进行聚合,将19个品种分为4类,其中临黄1号、晋园红、长条枣、陕北长枣这一类品种综合得分高,且抗裂性强,属于制干品质优良的品种;‘木枣1号’、‘帅枣1号’、‘帅枣2号’和‘帅枣3号’这一类品种制干性能较差,其主要特点是果个大、肉质疏松、抗裂性较差,属于适宜加工蜜枣的品种。本研究聚类分析的结果与各品种生产上的实际情况相一致,说明基于因子分析基础上的聚类分析方法是研究不同物种及其样本之间相似性的有效方法,能较好地反映种质材料之间的亲缘关系。

判别分析是判别样品所属类型的一种多元统计分析方法^[22,31]。本研究对中阳木枣系品种制干品质聚类分析的结果进行了判别分析,结果表明:84.2%的品种交叉验证已正确分类,说明所建立的综合评价体系和分类结果可靠性较高。

本研究应用因子综合评价和聚类分析方法,对中阳木枣系品种制干品质进行了综合评价和分类,前者使各品种“优劣有序”或被“定量评价”,后者则使各品种“科学分类”或被“定性划分”,二者结合,各有侧重,互为补充,相得益彰,保证了中阳木枣系品种综合评价与分类的科学、客观、全面。需要强调指出的是枣的制干品质如营养、质地和制干率等受干制方式^[32-35]和成熟度^[36]的影响,因此枣不同品种的制干品质指标测定时应在同一种制干方式和同一成熟度条件下测定,只有这样获得的结果才准确可靠。另外,本研究的中阳木枣系品种制干品质指标主要考虑了干枣商品品质指标和与果实制干性能密切相关的一些重要品质指标,也考虑了果实抗裂性这一重要生产指标和干枣外观指标,但未考虑果实功能成分指标。

4 结 论

应用因子分析、聚类分析和判别分析方法对中阳木枣系19个品种果实制干品质进行了综合评价和分类研究,得出以下结论:

1) 19个中阳木枣系品种制干品质差异较大,主要受5大类因子的影响,果重因子、制干与抗裂因子影响较大,风味因子次之,糖量因子和质地因子影响较小。

2) 以19个品种5个主因子加权得分作为聚类分析的新变量,不仅剔除了传统聚类分析中指标之间的信息重叠,而且体现了各个因子的相对重要性,综合了因子分析和聚类分析的优点,提高了聚类分析的精度,使分类结果更加全面、客观。

3) ‘临黄1号’、‘晋园红’、‘陕北长枣’、‘长条枣’、‘方木枣’、‘木枣抗裂1号’和‘板条枣’这7个品种在19个中阳木枣系品种中制干综合品质相对较好,可替代晋西沿黄丘陵枣区原主栽品种中阳木枣和保德油枣,在该枣区推广应用。

本研究采用因子分析与聚类分析相结合的方法对中阳木枣系品种果实制干品质进行科学评价和分类,得出量化结果,全面、客观地评价了中阳木枣系品种果实制干品质的优劣,体现了评价方法和分类

的有效性,为果树类果实品质的科学综合评价提供了新的思路和方法。

参考文献 References

- [1] 曲泽洲,王永蕙. 中国果树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社,1993
Qu Z Z, Wang Y H. *Chinese Fruit Trees Record. Chinese Jujube* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993 (in Chinese)
- [2] 刘孟军,汪民. 中国枣种质资源[M]. 北京:中国林业出版社,2009
Liu M J, Wang M. *Germplasm Resources of Chinese Jujube* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009 (in Chinese)
- [3] 李新岗. 中国枣产业[M]. 北京:中国林业出版社,2015
Li X G. *Chinese Jujube Industry* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2015 (in Chinese)
- [4] 李新岗,黄建,高文海. 我国制干枣优生区研究[J]. 果树学报, 2005, 22(6): 620-625
Li X G, Huang J, Gao W H. A study on high-quality production regions of dry Chinese jujube in China[J]. *Journal of Fruit Science*, 2005, 22(6): 620-625 (in Chinese)
- [5] 同金侠,李新岗,郭鹏,孙文杰,王鸿哲. 中阳木枣的优树选择研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(6): 1233-1236
Tong J X, Li X G, Guo P, Sun W J, Wang H Z. Superior tree selection of Chinese date Zhongyangmuzao in Jiaxian County, Shaanxi[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2001, 21(6): 1233-1236 (in Chinese)
- [6] Gao W H, Li X G, Wang C Z. Variation in morphology of jujube ‘muzao’ (*Ziziphus jujuba* Mill) in the loess plateau of china[J]. *Acta Horticulturae*, 2009(840): 197-202
- [7] 高文海,李新岗,王长柱. 木枣优良株系的选择研究[J]. 果树学报, 2009, 26(4): 481-486
Gao W H, Li X G, Wang C Z. Superior clones selected from Muzao cultivar (*Ziziphus jujuba*) [J]. *Journal of Fruit Science*, 2009, 26(4): 481-486 (in Chinese)
- [8] 于孟杰,毛远,马养民. 枣果营养成分分析及品质评判[J]. 陕西林业科技, 1992(4): 38-44
Yu M J, Mao Y, Ma Y M. Nutrition ingredient and quality evaluation of jujube fruits [J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 1992(4): 38-44 (in Chinese)
- [9] 王蓉蓉,丁胜华,胡小松,单杨,吴继红. 不同品种枣果活性成分及抗氧化特性比较[J]. 中国食品学报, 2017, 17(9): 271-277
Wang R R, Ding S H, Hu X S, Shan Y, Wu J H. Comparison of bioactive compounds contents and antioxidant activity different cultivars jujube [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2017, 17(9): 271-277 (in Chinese)
- [10] 高文海,李新岗,王长柱,张学武. 制干枣新品种‘陕北长枣’[J]. 园艺学报, 2012, 39(12): 2533-2534
Gao W H, Li X G, Wang C Z, Zhang X W. A new drying Chinese jujube cultivar ‘Shanbei Changzao’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, 39(12): 2533-2534 (in Chinese)
- [11] 高文海,李新岗,王长柱,张学武,宋晓斌. 枣优良制干品种—‘方木枣’的选育[J]. 果树学报, 2013, 30(2): 325-327, 180
Gao W H, Li X G, Wang C Z, Zhang X W, Song X B. Selection of a new dry Chinese jujube cultivar—‘Fangmuzao’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(2): 325-327, 180 (in Chinese)
- [12] 马光跃,陈红玉,申仲妹,杨俊强. 抗裂新品种晋园红枣的选育[J]. 山西农业科学, 2015, 43(12): 1582-1584, 1593
Ma G Y, Chen H Y, Shen Z M, Yang J Q. Breeding of a new variety with anti-crack of *zizyphus jujuba* Mill Jinyuanhong [J]. *Journal Shanxi Agricultural Sciences*, 2015, 43(12): 1582-1584, 1593 (in Chinese)
- [13] 南娟,汪有科,李晓彬,汪星,马婧. 陕北不同品种红枣裂果比较及抗裂剂研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2011, 39(3): 181-187
Nan J, Wang Y K, Li X B, Wang X, Ma J. Study on different jujube cultivars and effect of anti-cracking agents in North Shaanxi[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2011, 39(3): 181-187 (in Chinese)
- [14] 王长柱,高京草,李新岗,高文海,辛文军,吴萍. 西北地区枣树主栽品种抗寒性研究[J]. 果树学报, 2011, 28(5): 898-902
Wang C Z, Gao J C, Li X G, Gao W H, Xin W J, Wu P. Study on cold hardiness of major jujube cultivars in northwestern China[J]. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28(5): 898-902 (in Chinese)
- [15] 殷晓,张春梅,李新岗,黄建,王长柱,练春兰. 陕北枣品种群遗传结构的SSR分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2014, 42(6): 152-160, 167
Yin X, Zhang C M, Li X G, Huang J, Wang C Z, Lian C L. SSR analysis on genetic structure of Chinese jujube in North Shaanxi[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2014, 42(6): 152-160, 167 (in Chinese)
- [16] 李新岗,同金霞,王鸿哲,孙文杰. 陕北地区中阳木枣生态适应性研究[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(2): 13-18
Li X G, Tong J X, Wang H Z, Sun W J. Ecological adaptability of *Ziaiphys jujuha* Mill in North Shaanxi[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2000, 15(2): 13-18 (in Chinese)
- [17] 梁轶,王景红,屈振江,王志伟,陈焕武. 黄土高原丘陵区中阳木枣精细化气候适宜性区划[J]. 中国农学通报, 2016, 32(10): 132-138
Liang Y, Wang J H, Qu Z J, Wang Z W, Chen H W. Climate suitability regionalization for Zhongyang Jujube in the hilly area of loess plateau [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(10): 132-138 (in Chinese)
- [18] GB/T 5835—2009 干制红枣[S]. 北京:中国标准出版社, 2009
GB/T 5835—2009 Dried Chinese Jujubes[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009 (in Chinese)
- [19] 李登科. 枣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 D K. *Descriptors and Data Standard for Chinese Jujube (Ziziphus jujube Mill)* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006 (in Chinese)
- [20] 王永康. 枣种质资源鉴定评价技术规范及遗传多样性研究

- [D]. 太谷:山西农业大学,2014
- Wang Y K. Evaluation technical code and genetic diversity research on Chinese Jujube germplasm resources [D]. Taigu: Shanxi Agricultural University,2014 (in Chinese)
- [21] 林海明. 因子分析应用中一些常见问题的解析[J]. 统计与决策,2012(15):65-69
- Lin H M. Analysis on some common problems in applications of factor analysis[J]. *Statistics and Decision*,2012(15):65-69 (in Chinese)
- [22] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用[M]. 北京:北京农业大学出版社,1991
- Pei X D. *Multivariate Statistical Analysis and Its Application* [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press,1991 (in Chinese)
- [23] 樊保国,李登科. 制干枣品种品质性状的因子分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(5):716-720
- Fan B G, Li D K. Factor analysis and comprehensive assessment on quality characters of dry-jujube cultivars[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*,2011,12(5):716-720 (in Chinese)
- [24] 马庆华,李永红,梁丽松,李琴,王海,许元峰,孙玉波,王贵禧. 冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价[J]. 中国农业科学,2010,43(12):2491-2499
- Ma Q H, Li Y H, Liang L S, Li Q, Wang H, Xu Y F, Sun Y B, Wang G X. Factor analysis and synthetical evaluation of the fruit quality of Dongzao (*Ziziphus jujuba* Mill 'Dongzao') advanced selections[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2010,43(12):2491-2499 (in Chinese)
- [25] 白世践,李超,王爱玲,陈光,赵荣华,王勇,蔡军社. 吐鲁番地区无核葡萄主要品质性状因子分析与综合评价[J]. 西北农业学报,2016,25(1):92-102
- Bai S J, Li C, Wang A L, Chen G, Zhao R H, Wang Y, Cai J S. Factor analysis and comprehensive evaluation of seedless grape quality in Turpan[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*,2016,25(1):92-102 (in Chinese)
- [26] 董星光,田路明,曹玉芬,张莹,齐丹. 我国南方砂梨主产区主栽品种果实品质因子分析及综合评价[J]. 果树学报,2014,31(5):815-822
- Dong X G, Tian L M, Cao Y F, Zhang Y, Qi D. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality in cultivars of *Pyrus pyrifolia* (Burm, f) Nakai from south China [J]. *Journal of Fruit Science*,2014,31(5):815-822 (in Chinese)
- [27] 赵建华,述小英,李浩霞,郑慧文,尹跃,安巍,王亚军. 不同果色枸杞鲜果品质性状分析及综合评价[J]. 中国农业科学,2017,50(12):2338-2348
- Zhao J H, Shu X Y, Li H X, Zheng H W, Yin Y, An W, Wang Y J. Analysis and comprehensive evaluation of the quality of wolfberry (*Lycium L*) fresh fruits with different fruit colors [J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2017,50(12):2338-2348 (in Chinese)
- [28] 聂继云,张红军,马智勇,杨振锋,李静. 聚类分析在我国果树研究中的应用及问题分析[J]. 果树科学,2000,17(2):128-130
- Nie J Y, Zhang H J, Ma Z Y, Yang Z F, Li J. The application of cluster analysis in the fruit research in China and its problems [J]. *Journal of Fruit Science*,2000,17(2):128-130 (in Chinese)
- [29] 公丽艳,孟宪军,刘乃侨,毕金峰. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报,2014,30(13):276-285
- Gong L Y, Meng X J, Liu N Q, Bi J F. Evaluation of apple quality based on principal component and hierarchical cluster analysis [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*,2014,30(13):276-285 (in Chinese)
- [30] 董梅生,张佳佳. 基于因子分析与聚类分析的城市设施水平综合评价[J]. 安徽工业大学学报:社会科学版,2012,29(4):16-19
- Dong M S, Zhang J J. Comprehensive evaluation to urban facility level based on factor analysis and cluster analysis[J]. *Journal of Anhui University of Technology: Social Sciences*,2012,29(4):16-19 (in Chinese)
- [31] 王正新,朱洪涛,陈雁南. 我国高技术服务业区域发展水平综合评价:基于因子分析与改进聚类分析的实证研究[J]. 科技管理研究,2016(15):70-76
- Wang Z X, Zhu H T, Chen Y N. Comprehensive evaluation on regional development of high-tech service industry in China: An empirical study based on factor analysis and improved cluster analysis[J]. *Science and Technology Management Research*,2016(15):70-76 (in Chinese)
- [32] 于静静,毕金峰,丁媛媛. 不同干燥方式对红枣品质特性的影响[J]. 现代食品科技,2011,27(6):610-614
- Yu J J, Bi J F, Ding Y Y. Effect of drying treatment methods on the quality properties of red jujube [J]. *Modern Food Science and Technology*,2011,27(6):610-614 (in Chinese)
- [33] 张宝善,陈锦屏,李强. 干制方式对红枣 Vc、还原糖和总酸变化的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(11):117-121
- Zhang B S, Chen J P, Li Q. Effects of drying methods on changes of Vc, reducing sugar and total acidity in Chinese jujube [J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition*,2004,32(11):117-121 (in Chinese)
- [34] 韦玉龙,于宁,许铭强,陈恺,李焕荣,王萍,刘超. 热风干制温度对枣果微观组织结构的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(7):244-251
- Wei Y L, Yu N, Xu M Q, Chen K, Li H R, Wang P, Liu C. Effect of hot air drying temperature on microstructure of Chinese jujube [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*,2016,32(7):244-251 (in Chinese)
- [35] 丁胜华. 生长成熟与干制对枣果品质特性及其果胶多糖的形成规律研究[D]. 北京:中国农业大学,2014
- Ding S H. Effect of growth stages and dehydration on the metabolic rules of physic-chemical properties and pectic polysaccharides in jujube fruits [D]. Beijing: China agricultural University,2014 (in Chinese)