

网络出版时间:2019-06-12 09:41 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.12.016
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190612.0939.032.html

中阳木枣品种群果实制干品质性状及其综合评价

樊保国¹,李月梅¹,张强¹,李登科²,杜学梅²

(1 山西师范大学 生命科学学院,山西 临汾 041000;2 山西省农业科学院 果树研究所,山西 太谷 030815)

【摘要】【目的】分析中阳木枣品种群果实品质性状指标间的差异和相互关系,探讨影响其果实制干品质的关键指标,构建其综合评价体系,筛选出制干综合品质性状优良的红枣品种,为合理评价与挖掘利用中阳木枣种质资源提供参考。【方法】以中阳木枣品种群 19 个品种果实为材料,利用变异分析、相关分析和因子分析法,对鲜枣单果质量、可溶性固形物含量、果肉汁液、抗裂性、制干率、核质量及干枣单果质量、可食率、含糖量、含酸量、糖酸比、色泽、饱满度和果肉质地共 14 项品质指标进行分析,确定影响其果实制干品质的关键评价指标;应用层次分析法确定关键评价指标的权重,运用合理-满意度和多维价值评价理论建立中阳木枣品种群果实制干品质评价体系,计算各品种果实制干品质综合得分,并进行优良度排序,筛选出该品种群中适宜制干的优良品种;运用线性回归分析法对综合评价模型进行验证。【结果】中阳木枣品种群果实品质性状变异丰富,变异系数为 1.32%~39.44%,其中干枣糖酸比、鲜枣核质量、干枣含酸量、干枣单果质量、鲜枣单果质量和鲜枣抗裂性 6 项指标差异较大,而干枣可食率、干枣含糖量和干枣色泽 3 项指标差异较小;利用变异分析、相关分析和因子分析,从 14 项品质指标中筛选出干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质地 6 项指标作为该品种群果实制干品质的关键评价指标。综合考虑 6 项评价指标对该品种群果实品质的影响程度,构建层次结构模型,优化出 6 项指标的权重分别为 30.20%,15.10%,32.04%,9.37%,4.68%和 8.61%。根据合成合理-满意度公式计算出各个品种的综合评价价值,可知不同品种果实制干综合品质存在较大差异,其中临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣、佳县长枣和方木枣得分较高,综合品质较好。回归分析结果表明,评价结果与基于因子分析的综合评价结果相近,其拟合系数接近于 0.80,说明此综合评价模型能较为准确地评价中阳木枣品种群果实制干综合品质。【结论】中阳木枣品种群果实制干品质可用于干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质地 6 项关键指标进行综合评价;临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣、佳县长枣和方木枣制干综合品质表现较优,而帅枣系品种适宜做蜜枣品种栽培。

【关键词】红枣;中阳木枣;果实制干品质;木枣品质评价

【中图分类号】S665.1

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2019)12-0139-10

Analysis and comprehensive evaluation of quality traits of dried jujube from Zhongyangmuzao systematic cultivars

FAN Baoguo¹, LI Yuemei¹, ZHANG Qiang¹, LI Dengke², DU Xuemei²

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

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

Abstract: 【Objective】 This study analyzed the differences and relations between fruit quality indices of Zhongyangmuzao (*Ziziphus jujuba* Mill.) series cultivars, searched key evaluation indices, set up a comprehensive evaluation system for dried jujube, and screened good cultivars to provide basis for fruit quality evaluation and utilization of Zhongyangmuzao resources. 【Method】 Fourteen indices were determined from nineteen Zhongyangmuzao cultivars. Six evaluation indices were chosen by variation analysis, correlation a-

【收稿日期】 2018-11-14

【基金项目】 山西省科学技术发展计划项目(20140311017-7)

【作者简介】 樊保国(1962—),男,山西洪洞人,教授,硕士,主要从事枣种质资源评价与栽培技术研究。E-mail:fbg2012@163.com

analysis and factor analysis. The analytic hierarchy process (AHP) was used to decide the weights of indices, and a comprehensive evaluation system was established using the ration-satisfaction process and multi-dimensional value theory. The comprehensive evaluation scores of nineteen cultivars were calculated, and superiority ranking was conducted. Regression analysis was used to authenticate model accuracy. 【Result】 Large differences in variations of fruit indices were observed in tested Zhongyangmuzao cultivars, and their coefficients of variation (CV) were from 1.32% to 39.44%. The CV values of soluble sugar/titratable acid of dry jujube, stone weight, acid content of dry jujube, dry jujube weight, fresh fruit weight and resistant to cracking were larger while that of ratio of edibility of dry jujube, soluble sugar content of dry jujube and dry jujube color were lesser. Six key evaluation indices including dry jujube weight, plumpness of dry jujube, resistant to cracking, soluble sugar content of dry jujube, soluble sugar/titratable acid of dry jujube and texture of dry jujube were screened from fourteen indices by correlation analysis and factor analysis. An analytical hierarchy model was proposed based on the six indices, and weight coefficients of the indices were 30.20%, 15.10%, 32.04%, 9.37%, 4.68% and 8.61%, respectively. The values of comprehensive evaluation in tested Zhongyangmuzao cultivars were calculated according to the synthetic ration-satisfaction formula. The comprehensive evaluation of dried jujube quality of Zhongyangmuzao cultivars showed significant differences, and Linhuang 1, Jinyuanhong, Changtiaozao, Shaanbeichangzao, Jiaxianchangzao and Fangmuzao were better. Regression analysis showed that the comprehensive evaluation model was acceptable ($R^2=0.758$) and could be used to evaluate the Zhongyangmuzao cultivars. 【Conclusion】 Dried jujube quality of Zhongyangmuzao cultivars could be evaluated by dry fruit weight, plumpness of dry jujube, resistant to cracking, soluble sugar content of dry jujube, soluble sugar/titratable acid of dry jujube and texture of dry jujube. Linhuang 1, Jinyuanhong, Changtiaozao, Shaanbeichangzao, Jiaxianchangzao and Fangmuzao are better, while Shuaizao cultivars are suitable for candied jujube.

Key words: red jujube; Zhongyangmuzao; fruit drying quality; quality evaluation of Muzao

枣树原产于我国,是我国特产果树之一,已有 7 000 多年的栽培历史,其品种类型众多^[1]。中阳木枣(*Ziziphus jujuba* Mill.),又称吕梁木枣、绥德木枣、柳林木枣,俗称“木枣”,是我国枣树栽培面积最大、年产量最多的品种之一,也是晋陕沿黄丘陵枣区最主要的制干枣栽培品种^[1-3]。晋陕沿黄丘陵枣区是我国栽培枣最早的原产地和栽培中心^[1,4],也是我国重要的制干枣产区^[3-4],蕴藏着丰富的枣树种质资源,中阳木枣品种群即中阳木枣类品种是该枣区的主要栽培品种类群,其种植面积约占该区枣栽培总面积的 70% 以上^[3-4]。该区气候温和,雨水较少,光照充足,立地类型多样,土层较厚,中阳木枣经多年的自然选择、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,形成了很多新的品种^[2-3]和优良单株^[5-7]。但由于目前中阳木枣品种群果实品质缺乏科学有效的评价体系,致使中阳木枣种质资源的挖掘利用进展缓慢。因此,研究中阳木枣品种群果实制干品质性状之间的关系,并对其制干品质进行综合评价具有重要意义。

近年来,有关学者对中阳木枣的营养^[8]、功能成分^[9]、新品种选育^[10-12]、品种特性^[13-14]、亲缘关系^[15]、生态适应性^[16-17]、气候区划^[18]和栽培技术^[19]等进行了一系列研究,但尚未见对中阳木枣品种群果实制干品质性状分析和综合评价的报道。为此,本研究以中阳木枣品种群 19 个品种为材料,利用变异分析、相关分析和因子分析等方法探明各果实制干品质指标之间的关系,筛选出制干品质关键评价指标;并运用层次分析法确定各评价指标的权重,根据合理一满意度和多维价值理论合并规则计算出各供试品种的综合得分值,筛选出制干综合品质优良的红枣品种,以期为中阳木枣品种群中优良品种在生产上的应用推广和新品种制干品质鉴定提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种为中阳木枣品种群品种,包括中阳木枣、从中阳木枣选育出的新品种及与中阳木枣亲缘关系较近的品种,共 19 个,详见表 1。

表 1 供试中阳木枣品种群 19 个品种概况

Table 1 Introduction of nineteen Zhongyangmuzao cultivars

编号 Number	品种 Cultivar	来源 Source	主要用途 Main application	主要栽培区域 Main planting area
1	中阳木枣 Zhongyangmuzao	传统主栽品种 Traditional main cultivar	制干 Dried jujube	晋陕沿黄丘陵枣区 Hilly jujube region of Shanxi and Shaanxi along the Yellow River
2	保德油枣 Baodeyouzao	传统主栽品种 Traditional main cultivar	制干 Dried jujube	山西省保德、兴县 Baode and Xingxian, Shanxi
3	佳县油枣 Jiaxianyouzao	西北农林科技大学 Northwest A&F University	制干 Dried jujube	陕西省佳县 Jiaxian, Shaanxi
4	晋园红 Jinyuanhong	山西省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture Shanxi Academy of Agricultural Sciences	制干 Dried jujube	山西省柳林县 Liulin, Shanxi
5	临黄 1 号 Linhuang 1	山西省农业科学院果树研究所 Institute of Pomology Shanxi Academy of Agricultural Sciences	制干 Dried jujube	山西省临县 Linxian, Shanxi
6	木枣 1 号 Muzao 1	山西省林业科学研究院 Shanxi Academy of Forestry Sciences	制干, 蜜枣 Dried jujube, candied jujube	山西省临县 Linxian, Shanxi
7	木枣抗裂 1 号 Muzaokanglie 1	山西省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture Shanxi Academy of Agricultural Sciences	制干 Dried jujube	山西省临县 Linxian, Shanxi
8	帅枣 1 号 Shuaizao 1	山西省林业科学研究院 Shanxi Academy of Forestry Sciences	制干, 蜜枣 Dried jujube, candied jujube	山西省石楼县 Shilou, Shanxi
9	帅枣 2 号 Shuaizao 2	山西省林业科学研究院 Shanxi Academy of Forestry Sciences	制干, 蜜枣 Dried jujube, candied jujube	山西省石楼县 Shilou, Shanxi
10	帅枣 3 号 Shuaizao 3	山西省林业科学研究院 Shanxi Academy of Forestry Sciences	制干, 蜜枣 Dried jujube, candied jujube	山西省石楼县 Shilou, Shanxi
11	方木枣 Fangmuzao	西北农林科技大学 Northwest A&F University	制干 Dried jujube	陕西省延川县 Yanchuan, Shaanxi
12	陕北长枣 Shaanbeichangzao	西北农林科技大学 Northwest A&F University	制干 Dried jujube	陕西省延川、清涧县 Yanchuan and Qingjian, Shaanxi
13	佳县长枣 Jiaxianchangzao	陕西省科学院 Shaanxi Academy of Sciences	制干, 鲜食 Dried jujube, fresh jujube	陕西省佳县 Jiaxian, Shaanxi
14	永和条枣 Yonghetiaozao	山西省永和县地方品种 Local specie, Yonghe, Shanxi	制干 Dried jujube	山西省永和县 Yonghe, Shanxi
15	河津条枣 Hejintiaozao	山西省河津县地方品种 Local specie, Hejin, Shanxi	制干 Dried jujube	山西省河津县 Hejin, Shanxi
16	延川条枣 Yanchuantiaozao	陕西省延川地方品种 Local specie, Yanchuan, Shaanxi	制干 Dried jujube	陕西省延川县 Yanchuan, Shaanxi
17	板条枣 Bantiaozao	陕西省延川地方品种 Local specie, Yanchuan, Shaanxi	制干, 鲜食 Dried jujube, fresh jujube	陕西省延川县 Yanchuan, Shaanxi
18	灰条枣 Huitiaozao	陕西省延川、清涧地方品种 Local specie, Yanchuan and Qingjian, Shaanxi	制干, 鲜食 Dried jujube, fresh jujube,	陕西省延川、清涧县 Yanchuan and Qingjian, Shaanxi
19	长条枣 Changtiaozao	陕西省延川、佳县地方品种 Local specie, Yanchuan and Jiaxian, Shaanxi	制干 Dried jujube	陕西省延川、佳县 Yanchuan and Jiaxian, Shaanxi

1.2 果实品质指标初选与测定

中阳木枣品种群属于制干类品种,其果实品质指标包括理化指标和感官品质指标。由于其鲜枣品质性状对制干品质有一定的影响,因而在初选品质指标时既要重点考虑制干枣品质指标,又要顾及到与制干枣品质有关的一些主要鲜枣品质性状指标。为此,根据枣种质资源权威文献^[1-3]、GB/T 5835—2009《干制红枣》^[20]和笔者的研究^[21],并征求一些枣树专家的意见,拟初选鲜枣单果质量、可溶性固形物含量、果肉汁液、抗裂性、制干率、核质量和干枣单果质量、可食率、含糖量、含酸量、糖酸比、色泽、饱满度和果肉质地 14 项指标,其中鲜枣果肉汁液、抗裂性和干枣色泽、饱满度、果肉质地 5 项指标为感官品质

指标。为保证中阳木枣品种群各品种果实品质指标数据的权威性和准确性,其理化品质性状指标数据主要采用有关权威文献^[1]提供的数据和品种选育者测定的数据,对个别品种某些缺失的品质指标数据按文献[22-23]的方法进行测试,其果实样品采自山西省农业科学院果树研究所临县试验基地。

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,且与理化指标相一致,根据中阳木枣品种群各品种果实品质实际,各感官品质指标打分设定在 5~9 分,以其平均值作为各个感官性状指标值。抗裂性采用清水

浸泡法^[22]测定,由于该品种群不同品种果实抗裂性差异较大,故打分设定在 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法^[24-25],对于干枣单果质量、鲜枣制干率、干枣含糖量和干枣饱满度等 14 项初选品质指标进行分析,筛选中阳木枣品种种群果实制干品质关键评价指标。

为使分析评价结果科学合理,在进行因子分析前,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、干枣含酸量和鲜枣核质量在其实际值前加“—”号做正向化处理。数据标准化处理采用均值法,计算公式为: $N_{(in)} = X_{in} / \bar{X}_i$ 。其中, $N_{(in)}$ 指第 n 个品种第 i 个指标的原始数据经均值化后的标准数据, X_{in} 指第 n 个品种第 i 个指标的原始测定值, $\bar{X}_i$ 指第 i 个指标的平均值。

根据各个评价指标的相对重要性并征求有关专家的意见,运用层次分析法确定各评价指标的权重。依据合理—满意度和多维价值理论合并规则^[26],首先计算各品种果实各个品质指标的“合理—满意度”值。对于正向指标即数值越大越好的性状指标按公式(1)计算,对于负向指标即数值越小越好的指标(鲜枣果肉汁液、核质量和干枣含酸量)按公式(2)计算,然后按加法规则计算各品种的综合得分值,并进行优良度排序。

$$M(b)=[b_i-\text{Min}(b_i)]/[\text{Max}(b_i)-\text{Min}(b_i)]。$$

(1)

$$M(b)=[\text{Max}(b_i)-b_i]/[\text{Max}(b_i)-\text{Min}(b_i)]。$$

(2)

$$Y=\sum W_i M_i。$$

(3)

式中: $M(b)$ 表示该品质指标的“合理—满意度”得分

值, b_i 表示第 i 个评价指标的值, $\text{Min}(b_i)$ 表示第 i 个评价指标的最小值, $\text{Max}(b_i)$ 表示第 i 个评价指标的最大值, Y 表示各个品种的“合成合理—满意度”综合得分值, W_i 表示第 i 个评价指标的权重, M_i 表示第 i 个评价指标的合理—满意度值。

为验证评价模型的准确性和实用性,以中阳木枣品种种群果实品质初选指标进行因子分析与综合评价,计算出各品种的因子综合评价得分。然后以因子综合评价得分为纵坐标,该评价模型综合评价得分为横坐标,利用线性回归分析法对该评价模型进行验证。

2 结果与分析

2.1 中阳木枣品种种群果实品质性状及其变异情况

中阳木枣品种群 19 个品种 14 项果实品质性状及其变异情况见表 2。从表 2 可以看出,干枣糖酸比、鲜枣核质量、干枣含酸量、干枣单果质量、鲜枣单果质量和抗裂性 6 项性状指标差异较大,其变异系数分别为 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,其变异系数只有 1.32%,3.21%和 3.98%;其他指标差异居中,说明该品种群不同品种果实品质性状存在较大差异,可为筛选良种提供较大的选择空间。

由于各品种间干枣可食率和干枣色泽差异很小,故将这 2 项指标舍去。干枣含糖量虽然在不同品种间差异也较小,但由于其对干枣果实品质影响较大,所以予以保留。这样就选出了鲜枣单果质量、可溶性固形物含量、果肉汁液、抗裂性、制干率、核质量及干枣单果质量含糖量、含酸量、糖酸比、饱满度和果肉质地 12 项品质指标。

表 2 中阳木枣品种种群果实品质性状指标
Table 2 Fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

编号 Number	X ₁ /g	X ₂ /%	X ₃	X ₄	X ₅ /%	X ₆ /g	X ₇ /g	X ₈ /%	X ₉ /%	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃ /%	X ₁₄
1	14.20	28.50	6.60	5.40	48.60	0.53	7.00	72.00	1.34	53.73	6.60	6.60	92.43	6.60
2	11.60	33.60	6.30	5.50	50.00	0.30	5.80	71.30	1.87	38.13	6.90	6.70	94.83	7.20
3	12.30	32.80	6.40	5.50	47.60	0.35	5.90	75.20	1.20	62.67	6.80	6.60	94.06	7.20
4	21.60	28.00	7.10	8.50	53.20	0.75	11.50	70.10	1.58	44.37	7.30	7.50	93.48	6.60
5	22.80	26.40	5.20	8.80	61.50	0.83	14.00	70.30	1.78	39.49	8.30	6.90	94.07	6.70
6	24.30	26.50	7.50	4.10	45.90	0.87	11.20	71.20	1.74	40.92	6.20	6.40	92.23	6.60
7	13.30	28.50	7.30	8.70	54.50	0.50	7.30	71.70	0.77	93.12	7.20	6.30	93.15	6.80
8	23.60	28.80	7.10	3.20	48.20	0.92	11.40	67.10	1.74	38.56	6.40	6.20	91.93	6.70
9	22.80	29.10	6.90	3.90	48.30	0.91	10.00	68.30	1.69	40.41	6.40	6.20	90.90	6.70
10	25.20	32.00	7.40	3.30	46.10	0.96	11.60	71.60	1.65	43.39	6.10	6.80	91.72	6.70
11	12.30	29.80	7.30	8.10	52.60	0.48	6.50	71.30	0.74	96.35	7.20	8.40	92.62	6.80
12	14.30	28.50	5.00	8.50	54.80	0.51	7.80	72.00	1.30	55.38	7.50	7.60	93.46	7.00
13	20.20	33.20	7.30	8.50	48.70	0.75	9.80	74.80	1.60	46.75	6.50	6.40	92.35.	6.60
14	14.00	30.50	5.50	6.40	53.00	0.43	7.40	71.40	0.88	81.14	7.20	6.80	94.19	6.90

表 2(续) Continued table 2

编号 Number	X ₁ /g	X ₂ /%	X ₃	X ₄	X ₅ /%	X ₆ /g	X ₇ /g	X ₈ /%	X ₉ /%	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃ /%	X ₁₄
15	12.30	32.90	5.40	6.50	53.20	0.35	6.50	64.50	0.78	82.69	7.00	6.60	94.62	6.70
16	13.10	30.60	5.50	6.70	52.60	0.44	6.90	64.70	2.10	30.81	7.10	6.70	93.62	6.60
17	10.40	36.00	7.10	6.50	46.80	0.35	4.90	69.70	0.64	108.91	7.20	8.50	92.86	6.80
18	8.80	29.00	7.50	7.40	45.20	0.35	4.00	68.50	0.90	76.11	6.10	6.10	91.25	6.30
19	17.10	28.50	5.10	8.40	53.60	0.81	9.20	69.80	1.35	51.70	7.40	7.60	91.20	6.90
平均值 Mean	16.54	30.17	6.50	6.52	50.76	0.60	8.35	70.29	1.35	59.20	6.91	6.89	92.85	6.76
标准差 STD	5.36	2.59	0.92	1.92	4.09	0.23	2.71	2.80	0.45	23.35	0.56	0.71	1.23	0.22
变异系数/% CV	32.44	8.60	14.11	29.37	8.06	38.82	32.46	3.98	33.26	39.44	8.10	10.30	1.32	3.21

注：X₁—X₁₄ 分别代表鲜枣单果质量、鲜枣可溶性固形物含量、鲜枣果肉汁液、鲜枣抗裂性、鲜枣制干率、鲜枣核质量、干枣单果质量、干枣含糖量、干枣含酸量、干枣糖酸比、干枣饱满度、干枣果肉质地、干枣可食率和干枣色泽。表 2 同。

Note: X₁—X₁₄ represent fruit weight of fresh jujube (g), soluble solid content of fresh jujube (%), juice of fresh jujube, resistant to cracking of fresh jujube, ratio of dried jujube of fresh jujube (%), stone weight of fresh jujube (g), dry jujube weight (g), soluble sugar content of dry fruit (%), acidity content of dry fruit (%), soluble sugar/titratable acid of dry fruit, plumpness of dry jujube, texture of dry jujube, edible rate of dry jujube (%) and color of dry jujube, respectively. The same as Table 2.

2.2 中阳木枣品种群果实制干品质评价指标筛选

2.2.1 品质性状指标间的相关性分析 中阳木枣品种群 12 项品质性状指标的相关性分析结果见表 3。由表 3 可以看出,鲜枣单果质量与鲜枣核质量和干枣单果质量极显著正相关;干枣糖酸比与干枣含酸量呈极显著负相关,而与干枣含糖量无明显关系;鲜枣果肉汁液与鲜枣制干率和干枣饱满度呈极显著负相关,鲜枣制干率与干枣饱满度呈极显著正相关;鲜枣抗裂性与鲜枣制干率和干枣饱满度均呈极显著

正相关。由表 3 还可知,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、鲜枣单果质量与鲜枣核质量和干枣单果质量相关性较高,相关系数分别为-0.969,0.958 和 0.949;鲜枣制干率与干枣饱满度、干枣单果质量与鲜枣核质量相关性也较高,相关系数分别为 0.908 和 0.904;鲜枣制干率与鲜枣单果质量和鲜枣核质量相关性较低,相关系数分别为 0.001 和-0.008。

表 3 中阳木枣品种群果实主要品质指标间的相关性

Table 3 Correlation of main quality indices of Zhongyangmuzao jujube fruits

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：* 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: * represents significant at 0.05, ** represents 0.01 level (2-tailed).

2.2.2 果实品质指标的因子分析 由表 4 可以看出,中阳木枣品种群 12 项果实品质指标的因子分析中,前 5 个因子的累计方差贡献率为 91.226%,即前 5 个因子所包含的信息量占到 12 项指标总信息量的 91.226%,且前 5 个因子的特征值均超过 1,表明前 5 个因子可以用于中阳木枣品种群果实品质性状综合评价。因子 1 方差贡献率为 27.779%,决定因子 1 的主要是鲜枣单果质量、鲜枣核质量和干枣

单果质量,可将其定义为果质量因子;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、鲜枣制干率、鲜枣抗裂性和鲜枣果肉汁液,可将其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,可定将其义为风味因子;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,可将其定义为糖度因子;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, 可将其定义为肉质因子。

表 4 中阳木枣品种群果实品质指标的因子分析

Table 4 Factor analysis of fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

指标 Index	权重 Weight				
	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
鲜枣单果质量 Fruit weight of fresh jujube	0.925	−0.152	−0.301	0.026	−0.055
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
鲜枣果肉汁液 Juice of fresh jujube	−0.215	0.756	−0.361	−0.274	0.082
鲜枣抗裂性 Resistant to cracking of fresh jujube	−0.163	0.761	0.333	0.275	−0.093
鲜枣制干率 Ratio of dried jujube of fresh jujube	0.134	0.950	0.004	−0.082	−0.096
鲜枣核质量 Stone weight of fresh jujube	−0.943	0.138	0.193	0.000	0.085
干枣单果质量 Dry jujube weight	0.924	0.145	−0.280	0.032	−0.081
干枣含糖量 Soluble sugar content of dry fruit	0.028	−0.041	0.025	0.975	0.060
干枣含酸量 Acidity content of dry fruit	−0.416	0.040	0.856	0.035	0.073
干枣糖酸比 Soluble sugar/titratable acid of dry fruit	−0.423	0.031	0.861	0.015	0.181
干枣饱满度 Plumpness of dry jujube	0.009	0.952	0.095	0.000	0.191
干枣果肉质度 Texture of dry jujube	0.032	0.392	0.432	0.062	0.723
特征值 Eigen values	3.334	3.272	2.122	1.118	1.102
累计方差贡献率/% Cumulative contribution rate	27.779	55.043	72.724	82.043	91.226

2.2.3 果实制干品质评价指标筛选 从上述分析可以看出,中阳木枣品种群果实主要品质性状指标之间存在着复杂的关系。鲜枣单果质量与鲜枣核质量和干枣单果质量、鲜枣制干率与干枣饱满度之间有高度的信息重叠,高度相关的指标间可择一作为评价指标。由于在红枣品质评价中干枣单果质量和干枣饱满度相对更为重要且测定方便,因此选择干枣单果质量和干枣饱满度作为评价指标。鲜枣抗裂性虽与干枣饱满度和鲜枣制干率之间有一定的相关性,但相关系数较小,且抗裂性是制约制干类枣品种栽培、果实品质的重要性状,所以予以保留。

综合变异分析、相关性分析、因子分析结果和

《GB/T 5835—2009 干制红枣》中的相关品质要求,从 12 项品质指标中筛选出干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣糖酸比、干枣含糖量和干枣果肉质度作为中阳木枣品种群果实制干品质评价指标。

2.3 中阳木枣品种群果实制干品质的综合评价

2.3.1 评价指标的权重 对干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质度 6 项评价指标,根据其隶属关系,依据层次分析法构建层次结构关系(表 5);同时根据同一层次内各项指标的相对重要程度并征求有关专家意见,建立相应的判断矩阵(表 6)。

表 5 中阳木枣品种群果实制干品质评价指标的层次结构

Table 5 Hierarchical structure of dried fruit quality indices of Zhongyangmuzao cultivars

中阳木枣品种群果实制干品质(A) Fruit drying quality of Zhongyangmuzao					
外观因子(B1) Appearance factors		抗裂因子(B2) Resistant cracking factor	风味因子(B3) Flavor factors		肉质因子(B4) Texture factor
干枣单果质量(C1) Dry jujube weight	干枣饱满度(C2) Plumpness of dry jujube	鲜枣抗裂性(C3) Resistant to cracking of fresh fruit	干枣含糖量(C4) Soluble sugar content of dry fruit	干枣糖酸比(C5) Soluble sugar/titratable acid of dry fruit	干枣果肉质度(C6) Texture of dry jujube

表 6 中阳木枣品种群果实制干品质评价指标权重判别矩阵及一致性检验

Table 6 Discriminant matrix and consistency checking of evaluation indices for Zhongyangmuzao cultivars

A	B1	B2	B3	B4	B1	C1	C2	B2	C3	B3	C4	C5	B4	C6
B1	1	1/2	1/4	1/4	C1	1	1/2	C3	1	C4	1	1/2	C6	1
B2		1	1/3	1/3	C2		1			C5		1		
B3			1	1/2										
B4				1										
CR=0.026 34					CR=0			CR=0		CR=0		CR=0		

由表 6 可知,一致性比率 $CR<0.1$,表明此判断矩阵通过一致性检验。干枣单果质量、干枣饱满度、抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质 6 项指标的权重分别为 30.20%,15.10%,32.04%,9.37%,4.68%和 8.61%。由此可见,鲜枣抗裂性和干枣单果质量对中阳木枣品种群果实制干品质贡献较大,其次为干枣饱满度,而干枣含糖量、干枣果肉质地和干枣糖酸比对中阳木枣品种群果实制干品质的影响相对较小。

2.3.2 果实制干品质的综合评价 根据“合成合

理-满意度”计算公式和层次分析法确定的评价指标权重,建立中阳木枣品种群果实制干品质综合评价模型:

$$Y=0.302\times\text{干枣单果质量}+0.151\times\text{干枣饱满度}+0.3204\times\text{抗裂性}+0.0937\times\text{干枣含糖量}+0.0468\times\text{干枣糖酸比}+0.0861\times\text{干枣果肉质地}。$$

先计算出单指标“合理-满意度”得分,然后再根据该模型计算出各品种果实制干品质“合成合理-满意度”得分即综合得分,按各品种综合得分多少进行优良度排序,结果见表 7。

表 7 中阳木枣品种群果实制干品质评价指标单指标合理-满意度得分、综合得分及排序
Table 7 Comprehensive scores and ranking of ration-satisfaction of dried fruit quality evaluation indices of Zhongyangmuzao cultivars

品种 Cultivar	干枣单果质量 Dry jujube weight	干枣饱满度 Plumpness of dry jujube	鲜枣抗裂性 Resistant to cracking of fresh jujube	干枣含糖量 Soluble sugar content of dry jujube	干枣糖酸比 Soluble sugar/titratable acid of dry jujube	干枣果肉质 地 Texture of dry jujube	综合得分 Comprehensive score	优良度排序 Order of excellent degree
中阳木枣 Zhongyangmuzao	0.30	0.23	0.39	0.70	0.29	0.21	0.35	13
保德油枣 Baodeyouzao	0.18	0.36	0.41	0.64	0.09	0.25	0.33	15
佳县油枣 Jiaxiayouzao	0.19	0.32	0.41	1.00	0.41	0.21	0.37	12
晋园红 Jinyuanhong	0.75	0.55	0.95	0.52	0.17	0.58	0.72	2
临黄 1 号 Linhuang 1	1.00	1.00	1.00	0.54	0.11	0.33	0.86	1
木枣 1 号 Muzao 1	0.72	0.05	0.16	0.63	0.13	0.13	0.35	14
木枣抗裂 1 号 Muzaokanglie 1	0.33	0.50	0.98	0.67	0.80	0.08	0.60	7
帅枣 1 号 Shuaizao 1	0.74	0.14	0.00	0.24	0.10	0.04	0.28	18
帅枣 2 号 Shuaizao 2	0.60	0.14	0.12	0.36	0.12	0.04	0.28	19
帅枣 3 号 Shuaizao 3	0.76	0.00	0.02	0.66	0.16	0.29	0.33	16
方木枣 Fangmuzao	0.25	0.50	0.88	0.64	0.84	0.96	0.61	6
陕北长枣 Shaanbeichangzao	0.38	0.64	0.95	0.70	0.31	0.63	0.65	4
佳县长枣 Jiaxianchangzao	0.58	0.18	0.95	0.96	0.20	0.13	0.62	5
永和条枣 Yonghetiaozao	0.34	0.50	0.57	0.64	0.64	0.29	0.48	8
河津条枣 Hejintiaozao	0.25	0.41	0.59	0.00	0.66	0.21	0.38	10
延川条枣 Yanchuantiaozao	0.29	0.45	0.63	0.02	0.00	0.25	0.38	11
板条枣 Bantiaozao	0.09	0.50	0.59	0.49	1.00	1.00	0.47	9
灰条枣 Huitiaozao	0.00	0.00	0.75	0.37	0.58	0.00	0.30	17
长条枣 Changtiaozao	0.52	0.59	0.93	0.50	0.27	0.63	0.66	3

从表 7 可以看出,不同品种枣果实制干综合品质存在较大差异。在供试的 19 个枣品种中,临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣、佳县长枣和方木枣排名为前 6 名,这些品种主要特征为干枣果个较大、饱

满度较高、鲜枣抗裂性较强。

2.4 中阳木枣品种群果实制干品质综合评价结果的验证

为验证该评价模型的准确性和实用性,以中阳

木枣品种种群果实品质 12 项初选指标进行因子分析与综合评价,计算出各品种的因子综合评价得分。然后以因子综合评价得分为纵坐标,该评价模型综合评价得分为横坐标,利用线性回归分析法对该评价模型进行验证,结果见图 1。由图 1 可以看出,通过回归分析得到公式 $y = 2.467x - 1.171$ ($R^2 = 0.758$),其拟合优度接近 0.80,说明此综合评价模型能较准确地评价该类品种果实制干综合品质,也证明筛选出的干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质度 6 项关键评价指标具有代表性。

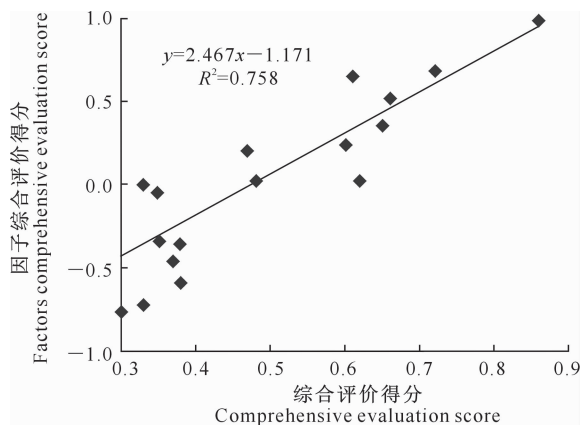


图 1 中阳木枣品种种群果实品质因子分析综合评价和综合评价模型的验证

Fig. 1 Fitness for fruit comprehensive evaluation based on factor analysis and comprehensive evaluation model of fruit quality of Zhongyangmuzao cultivars

3 讨 论

枣品种根据其果实用途大体上可分为鲜食品种、制干品种、鲜食制干兼用品种、蜜枣品种和观赏品种 5 类,其中制干品种枣是我国枣树中栽培面积最大、年产量最多、用途最广的品种群^[1-3]。中阳木枣作为晋陕沿黄丘陵枣区广泛栽培的传统制干品种,在数千年的栽培过程中由于基因突变、自然选择和人工选择等多种因素的综合作用,产生了很多变异类型,包括一些综合性状优异的类型^[7]。同金侠等^[5]、高文海等^[6,10-11]和马光跃等^[12]先后从中阳木枣中选出了一些优良的株系和一些抗裂性较强的新品种。殷晓等^[15]对中阳木枣品种种群亲缘关系的研究表明,该品种种群亲缘关系相对较近,但与延川狗头枣亲缘关系较远。目前该枣区仍以栽培品种中阳木枣为主,品种单一,成熟期尤其是脆熟期遇雨裂果严重,且其制干品质一般。因此开展中阳木枣品种种群果实制干品质性状分析与综合评价研究,对筛选优

质制干品种、改善该枣区品种组成具有重要意义。

本研究发现,中阳木枣品种种群果实品质 14 项指标的变异系数为 1.32%~39.44%,反映不同品种间果实品质性状差异大,遗传多样性丰富。优良制干枣品种就果实品质来说应具备果个较大、鲜枣汁液少、制干率较高和抗裂性强及干枣含糖量较高、糖酸比较低、肉厚核小且果面饱满、果肉致密等特点。评价时指标的选择非常重要,在某种程度上决定着品质综合评价的成败。王永康^[23]研究认为,优良制干种质除应符合丰产性、制干率、干枣总糖含量指标外,还应符合抗裂性或抗缩果病性至少 1 项指标。李新岗^[3]提出了包括果形、果实整齐度、果色、干枣口感、干枣含糖量、干枣总酸含量和鲜枣可溶性固形物含量、可食率及制干率多项指标的制干枣质量标准。本研究采用因子分析法将 12 项品质指标缩合为 5 类因子,分别为果质量因子、制干与抗裂因子、风味因子、糖度因子和肉质因子;在同类因子指标中根据各项品质指标的重要程度和《干制红枣》国家质量标准,筛选出干枣单果质量、干枣饱满度、鲜枣抗裂性、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质度 6 项指标为中阳木枣系品种果实制干品质评价的关键性指标,既包含生产性因子鲜枣抗裂性,又包含了商品因子干枣单果质量和干枣饱满度;既包含了理化品质指标干枣含糖量和干枣糖酸比,也包含了感官品质指标干枣单果质量和干枣饱满度,符合制干枣品质特性和目前红枣市场品质要求。

层次分析法是将定性分析与定量分析有机结合的综合评价方法^[27],该方法已用于梨果实品质综合评价^[28]和桂花品种观赏性综合评价^[29]研究。本研究利用层次分析法确定了中阳木枣品种种群果实制干品质各项评价指标的权重,量化了其对该类品种制干综合品质的影响程度。结果表明 6 项评价指标中,鲜枣抗裂性和干枣单果质量权重较大,其次为干枣饱满度,干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质度权重相对较小,符合该类品种生产实际和制干枣商品品质要求,因而各品质评价指标的权重较为合理。

本研究通过建立中阳木枣品种种群制干综合品质评价体系,得出 19 个品种的综合得分及优良度排序,其中综合评价值较高的品种为临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣、佳县长枣和方木枣,这 6 个品种果实制干综合品质性状优良。从该枣区生产实际来看,临黄 1 号、晋园红近年来发展较快,陕北长枣、方木枣、长条枣和佳县长枣也在推广中;灰条枣、保德油枣、佳县油枣和延川条枣综合评价值较低,其果

实小、抗裂性一般,近年来在生产上很少发展;帅枣 1 号、帅枣 2 号、帅枣 3 号和木枣 1 号果个大,但由于其抗裂性较差、含糖量较低,且肉质疏松,因而排序靠后,这 4 个品种适宜作为蜜枣品种栽培。由此可见,本研究所获得的中阳木枣品种群各品种果实制干综合品质的评价结果,与这些品种生产利用的实际状况基本相符。

本研究结果表明,基于 6 个关键评价指标的果实品质综合评价模型的各品种综合得分与基于 12 项品质指标的因子综合评价得分具有高度的一致性,说明本研究选出的 6 项评价指标具有较好的代表性,也说明该综合评价模型适用于中阳木枣品种群果实制干品质综合评价。评价指标较少,易于获得,评价技术简单,表明本研究建立的中阳木枣品种群综合品质评价方法,具有科学性、便捷性和实用性,可为制干枣品种果实综合品质评价提供参考。

本研究利用因子分析、层次分析和合成合理一满意度理论建立了中阳木枣品种群制干品质综合评价体系,为该类品种制干综合品质规范化评价奠定了基础,大大减少了人为因素造成的评价差异。但需要说明的是,本研究建立的基于因子分析、层次分析和合成合理一满意度综合评价体系是一种带有“经验型”的综合评价方法,很大程度上依赖于研究者对研究问题的认识程度,要求构建判别矩阵和确定各指标权重时要尽量符合研究对象的实际,不然会使评价结果的准确性下降。在以后的研究中需要进一步完善评价指标的选取,力求选取的指标更具有代表性和实效性;利用层次分析法确定各指标权重时要多征求有关专家的意见,以使评价结果更准确、更符合品种实际。

4 结 论

通过变异分析、相关分析和因子分析以及干制红枣质量标准,确定了中阳木枣品种群果实 6 个制干品质关键评价指标,分别为干枣单果质量、鲜枣抗裂性、干枣饱满度、干枣含糖量、干枣糖酸比和干枣果肉质,利用这 6 项指标对中阳木枣品种群果实制干品质进行综合评价,结果表明中阳木枣品种群不同品种果实制干综合品质呈现出明显差异,其中临黄 1 号、晋园红、长条枣、陕北长枣、佳县长枣和方木枣 6 个品种果实制干综合品质表现较优,可在本枣区栽培推广。对基于 6 个关键评价指标的中阳木枣品种群制干品质合成合理一满意度综合评价得分与基于 12 个初选指标的因子综合评价得分进行回

归分析,结果表明此综合评价模型能较为准确地评价中阳木枣品种群果实制干综合品质。

[参考文献]

[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 volume [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993.

[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.

[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.

[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.

[5] 同金侠,李新岗,郭 鹏,等. 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, et al. Superior tree selection of Chinese date Zhongyangmuzao [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentia Sinica, 2001, 21(6): 1233-1236.

[6] Gao W H, Li X G, Wang C Z, et al. Variation in morphology of jujube ‘muzao’ (*Ziziphus jujuba* Mill.) in the loess plateau of China [J]. Buletin Penelitian Kehutanan, 2009, 21(6): 1110-1122.

[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.

[8] 于孟杰,毛 远,马养民. 枣果营养成分分析及其品质评判 [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.

[9] 王蓉蓉,丁胜华,胡小松,等. 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, et al. Comparison of bioactive of compounds contents and antioxidant activity different cultivars jujube [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(9): 271-277.

[10] 高文海,李新岗,王长柱,等. 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, et al. A new drying Chinese jujube cultivar ‘Shanbei Changzao’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(12): 2533-2534.

[11] 高文海,李新岗,王长柱,等. 枣优良制干品种——‘方木枣’的选育 [J]. 果树学报,2013,30(2):325-327.

Gao W H, Li X G, Wang C Z, et al. Selection of a new dry Chinese jujube cultivar——‘Fangmuzao’ [J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(2): 325-327.

[12] 马光跃, 陈红玉, 申仲妹, 等. 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, et al. Breeding of a new variety with anti-crack of *Zizyphus jujuba* Mill. Jinyuanhong [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2015, 43(12): 1582-1584, 1593.

[13] 南 娟, 汪有科, 李晓彬, 等. 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, et al. 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.

[14] 王长柱, 高京草, 李新岗, 等. 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, et al. Study on cold hardiness of major jujube cultivars in Northwestern China [J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(5): 898-902.

[15] 殷 晓, 张春梅, 李新岗, 等. 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): 152-159.

Yin X, Zhang C M, Li X G, et al. SSR analysis on genetic structure of Chinese jujube in North Shaanxi [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2014, 42(6): 152-159.

[16] 李新岗, 同金霞, 孙文杰. 适合陕北枣区的良种选择研究 [J]. 经济林研究, 2001, 19(4): 1-4.

Li X G, Tong J X, Sun W J. Selective breeding of jujube varieties suitable for Northern Shaanxi province [J]. Economic Forest Researches, 2001, 19(4): 1-4.

[17] 李新岗, 同金霞, 王鸿哲, 等. 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, et al. Ecological adaptability of *Ziaiphus jujuha* Mill in North Shaanxi [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2000, 15(2): 13-18.

[18] 梁 轶, 王景红, 屈振江, 等. 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, et al. Climate suitability regionalization for Zhongyang jujube in the hilly area of loess plateau [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(10): 132-138.

[19] 刘长厚, 雷占峰, 张建军, 等. 丘陵地木枣低产园改造技术 [J]. 中国果树, 2002(6): 39-41.

Liu C H, Lei Z F, Zhang J J, et al. Improvement technology on low-yield orchard of Muzao in the hilly area [J]. China Fruits, 2002(6): 39-41.

[20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫局. GB/T 5835—2009 干制红枣 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People’s Republic of China. GB/T 5835—2009 Dried Chinese jujubes [S]. Beijing: China Standards Press, 2009.

[21] 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.

[22] 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 jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.

[23] 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]. 山西太谷: 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: Shanxi Agricultural University, 2014.

[24] 林海明, 王 翔. 因子分析模型 L 及其解是更好的 [J]. 统计研究, 2007, 24(8): 77-83.

Lin H M, Wang X. Factor analysis model L and improved solution of factor analysis [J]. Statistical Research, 2007, 24(8): 77-83.

[25] 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.

[26] 赵思东, 周 建, 段经华, 等. 引种的 10 个砂梨品种果实品质的分析比较 [J]. 经济林研究, 2005, 23(4): 42-44.

Zhao S D, Zhou J, Duan J H, et al. Fruit quality comparison between introduced cultivars of *pyrus pyrifolia* [J]. Economic Forest Researches, 2005, 23(4): 42-44.

[27] 吴殿廷, 李东方. 层次分析法的不足及其改进的途径 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2004, 40(2): 264-268.

Wu D T, Li D F. Shortcomings of analytic hierarchy process and the path to improve the method [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2004, 40(2): 264-268.

[28] 刘遵春, 包东娥, 廖明安. 层次分析法在金花梨果实品质评价上的应用 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(8): 125-128.

Liu Z C, Bao D E, Liao M A. Application of analytic hierarchy process in evaluating Jinhua pear quality [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2006, 34(8): 125-128.

[29] 陈仲芳, 张 霖, 尚富德. 利用层次分析法综合评价湖北省部分桂花品种 [J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 825-828.

Chen Z F, Zhang L, Shang F D. Use analytic hierarchy process to appraise some osmanthus fragrans cultivars in Hubei province [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(6): 825-828.