

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2023.08.007

唐佳佳, 李秀珍, 彭秀, 等. 重庆乡土核桃无性系坚果品质分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(8): 76-82.

重庆乡土核桃无性系坚果品质分析

唐佳佳, 李秀珍, 彭秀, 周小舟, 冯大兰

重庆市林业科学研究院, 重庆 400036

摘要: 对 6 个重庆乡土核桃无性系的坚果品质进行分析与评价, 为重庆优良核桃品种的选育提供一定的理论依据. 采用方差分析、多重比较、主成分分析等方法对参试核桃无性系坚果的单果质量、三径均值、出仁率、脂肪、蛋白质以及脂肪酸组分等 16 项指标进行了测量、分析和综合评价. 结果表明: 核桃坚果的三径均值(28.45~35.16 mm)、单果质量(6.85~15.18 g)、壳厚(0.96~1.32 mm)、出仁率(50.00%~60.25%)、蛋白质(17.07%~24.23%)、脂肪(54.40%~67.63%)、可溶性糖(4.47%~7.95%)、单宁(10.50~25.40 mg/g)以及检测出的 8 种脂肪酸组分的质量分数在参试无性系间存在差异, 所有参试无性系的出仁率、蛋白质质量分数、脂肪质量分数均达到国家良种标准. 6 个无性系的主成分综合得分由高到低依次为 YC-8, YC-3, YC-10, YC-6, YC-12, YC-2. 基于重庆乡土核桃无性系坚果品质特点, 探讨了重庆乡土核桃无性系选育利用方向, 初步明确了 YC-8 可作为综合性状优的干食核桃无性系, YC-3 可作为高出仁率的干鲜两用核桃无性系, YC-10 可作为高蛋白核桃无性系.

关键词: 重庆乡土核桃; 无性系; 坚果品质; 出仁率

中图分类号: S792.13

文献标识码: A

文章编号: 1673-9868(2023)08-0076-07

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis on Nut Quality of Asexual Lines of Chongqing Local Walnut (*Juglans regia* L.)

TANG Jiajia, LI Xiuzhen, PENG Xiu,
ZHOU Xiaozhou, FENG Dalan

Chongqing Academy of Forestry, Chongqing 400036, China

Abstract: To provide important reference for breeding of Chongqing local walnut varieties, nut quality of 6 walnut (*Juglans regia* L.) asexual lines from Chongqing were investigated. Variance analysis, multiple comparison, principal component analysis and other methods were employed to analyze 16 traits such as nut weight, three diameter values, kernel ratio, fat content, protein content, and fatty acid components. The results showed that the three-diameter value (28.45~35.16 mm), nut weights (6.85~15.18 g),

收稿日期: 2022-05-18

基金项目: 重庆市林业局科技兴林项目(渝林科 2019-1).

作者简介: 唐佳佳, 硕士, 工程师, 主要从事经济林遗传育种与栽培研究.

通信作者: 李秀珍, 硕士, 高级工程师.

shell thicknesses (0.96 ~ 1.32 mm), kernel ratio (50.00% ~ 60.25%), protein contents (17.07% ~ 24.23%), fat contents (54.40% ~ 67.63%), soluble sugar contents (4.47% ~ 7.95%), tannin contents (10.50 ~ 25.40 mg/g) and 8 fatty acid components were significantly different among the tested asexual lines. The kernel ratio, protein contents and fat contents of all the tested asexual lines reached the national standard of walnut superior varieties. The asexual lines were comprehensively evaluated through principal component analysis, and the resulted rank was: YC-8 > YC-3 > YC-10 > YC-6 > YC-12 > YC-2. Based on the nut quality characteristics of Chongqing local walnut asexual lines, the asexual selection and utilization directions of Chongqing local walnut were discussed. It was preliminarily determined that YC-8 is a fresh walnut line for its excellent comprehensive characteristics, YC-3 is a line for fresh and dry nut because of its high kernel rate, and YC-10 is a high protein line.

Key words: Chongqing local walnut; asexual lines; nut quality; kernel ratio

核桃(*Juglans regia* L.)属于胡桃科(Juglandaceae)胡桃属(*Juglans*)植物,它与泡核桃(*J. sigillata* Dode)、核桃楸(*J. mandshurica* Max.)、河北核桃(*J. hopeiensis* Hu)以及野核桃(*J. cathayensis* Dode)同为我国原产的胡桃属植物^[1].我国是核桃的起源中心,已有 2 000 多年的栽培历史.核桃在我国分布甚广,主要分布在云南、陕西、河北、山西、新疆等地区^[2-3].

重庆市核桃的栽培面积也较大,截至 2021 年底,总面积已达到 7.53 万 hm²,核桃产业的发展情况极大地影响着重庆经济林产业的发展.目前,在重庆核桃产业发展中还存在很多问题,其中产量和品质问题较为突出.多年来,重庆核桃产业发展主要依靠外引品种,而外引品种在本地多表现为产量不高、品质参差不齐、病虫害严重等,因此从重庆乡土核桃资源中选育良种进行推广更具现实意义.核桃也是重庆的乡土树种,在渝东北、渝东南等高海拔地区存在较多的野生群体,早在 2001 年,重庆城口县就被国家林业局命名为中国“核桃之乡”,因此从重庆本地核桃资源中选育(培育)核桃新品种或核桃良种是可行的^[4-5].

核桃是一种集脂肪、蛋白质、糖类、纤维素、维生素 5 大营养要素于一体的优良干果类食物,具有很高的营养价值^[6],其中脂肪和蛋白质是核桃仁的主要营养成分.核桃蛋白质质量分数约为 15.00%,最高可达 29.70%,其消化率达到 87.20%,被誉为优质蛋白^[7].核桃仁脂肪质量分数约为 63.00%,最高可达 76.34%.脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和 α -亚麻酸组成,其中不饱和脂肪酸质量分数可达 90.00%;必需脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)的质量分数达 72.00%,其对维持身体健康、调节身体机能有着重要的作用,是大脑组织细胞的主要结构脂肪,能软化血管、预防高血压和心脏病,具有“动脉清道夫”的美誉^[8-9].核桃的主要经济收入是坚果,坚果的品质和产量直接影响该品种的成效,而坚果品质受核桃品种、立地环境和栽培管理等多重因素的影响,其中核桃品种是影响核桃品质的最重要因素之一^[10].

重庆市林业科学研究院长期致力于重庆乡土核桃实生选种工作,经过 10 多年的选育,获得了 6 个适应重庆独特气候的乡土核桃无性系.本文对该 6 个乡土核桃无性系的 16 个坚果品质指标进行测试分析,旨在探明重庆乡土核桃无性系坚果的形态特征、内含物营养成分组成及质量分数,为这些无性系成为良种及其应用提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 实验材料

YC-2, YC-3, YC-6, YC-8, YC-10, YC-12 均为重庆市林业科学研究院核桃课题组前期依据生长势、病害情况、产量等,在重庆市范围内进行综合评价以后,通过单株繁育而成的无性系.所有材料定植于该研究院核桃实验基地——巫溪县菱角镇店子核桃基地,为高接换种 6 年生树,于 2020 年 9 月果实成熟期采摘,每个无性系设置 3 个重复,每个重复采摘果实 30 个.样品取好后带回实验室,进行去青皮和烘干备用.

1.2 实验仪器

电子数显游标卡尺(0~150 mm),螺旋测微仪(尖头千分尺 0~25 mm),宁波得力工具有限公司;电子天平,昆山优科维特电子科技有限公司;电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9146A),上海一恒科学仪器有限公司;定氮仪(FOSS 2300),丹麦福斯;可见分光光度计(723N),上海精科仪器有限公司;气相色谱仪(Agilent 7890),美国安捷伦。

1.3 方法

烘干坚果后用游标卡尺测定坚果三径值(纵径、横径、侧径),坚果壳厚;用电子天平直接称质量法测定坚果单果质量、果仁质量,计算出仁率(KR):

$$KR = \frac{MK}{MN} \times 100\%$$

式中, MK 为果仁质量, MN 为坚果单果质量。

脂肪质量分数测定参照《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(GB 5009.6-2016),蛋白质质量分数测定参照《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5-2016),可溶性糖质量分数测定参照《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》(NY/T 1278-2007),单宁质量分数测定参照《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 分光光度法》(NY/T 1600-2008),脂肪酸质量分数测定参照《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》(GB 5009.168-2016)。

1.4 数据处理

实验数据采用 EXCEL 2017 进行处理,用 SPSS 24.0 对实验数据进行多重比较、主成分分析。在主成分分析中,根据主成分函数模型计算单项主成分得分^[11]:

$$F_i = A_1 ZX_1 + A_2 ZX_2 + A_3 ZX_3 + \dots + A_n ZX_n$$

式中, F_i 代表第 i 个主成分表达式, A_1, \dots, A_n 代表特征向量矩阵, ZX_1, \dots, ZX_n 为标准化后的数据,最后以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算综合主成分(F)^[12]:

$$F = (\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)$$

式中, F_1, \dots, F_n 为提取的单一主成分, $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ 为主成分对应的特征值。

2 结果与分析

2.1 坚果外观品质分析

各参试无性系坚果的三径均值、单果质量、壳厚、出仁率存在一定的差异(表 1)。YC-8 和 YC-3 的三径均值高于其他无性系,其中 YC-8 的三径均值最大,为 35.16 mm; YC-6 的三径均值最小,为 28.45 mm。YC-8 的单果质量最大,为 15.18 g,高于其他无性系且差异有统计学意义($p < 0.05$); YC-6 的单果质量最小,仅为 6.85 g。YC-8 的壳最厚,为 1.32 mm,高于其他无性系且差异有统计学意义($p < 0.05$); YC-2 的壳最薄,仅为 0.96 mm。YC-3 的出仁率最高,为 60.25%;其次是 YC-12,为 55.75%,二者均高于其他无性系; YC-6 的出仁率最低,仅为 50.00%。

表 1 坚果外观品质分析

无性系	三径均值/mm	单果质量/g	壳厚/mm	出仁率/%
YC-2	33.10±1.17ab	10.28±0.25c	0.96±0.04d	53.25±3.86bc
YC-3	33.58±3.01ab	11.50±1.01b	1.12±0.06b	60.25±1.71a
YC-6	28.45±0.42c	6.85±0.64d	1.06±0.02bc	50.00±4.24c
YC-8	35.16±1.28a	15.18±1.00a	1.32±0.04a	52.50±3.42bc
YC-10	31.49±1.32b	10.26±0.46c	0.97±0.05d	51.50±2.65bc
YC-12	31.84±0.34b	10.07±0.15c	1.02±0.08cd	55.75±2.75ab

注:小写字母不同表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义。

参照《核桃 第 2 部分: 核桃良种选育标准》所载^[13], 从单果质量来看, 除 YC-6 外, 其余 5 个无性系均达到鲜食和干食良种标准(≥ 10 g). 从壳厚看, YC-8 符合干食良种标准(0.80~1.50 mm), 但不符合鲜食良种标准(0.80~1.20 mm), 其余 5 个无性系均符合鲜食和干食良种标准. 从出仁率来看, 6 个无性系均达到鲜食和干食良种标准($\geq 50\%$). 结果表明, 6 个无性系除 YC-6 外, 其余无性系的坚果外观品质均较高.

2.2 坚果种仁内含物分析

各无性系坚果种仁的脂肪、蛋白质、可溶性糖和单宁质量分数均存在一定的差异(表 2). YC-10, YC-2 和 YC-8 的蛋白质质量分数高于其他无性系, 且差异有统计学意义($p < 0.05$), 其中 YC-10 最高(为 24.23%), 较最低的 YC-6(为 17.07%)高出 41.94%. YC-6, YC-3 和 YC-8 的脂肪质量分数高于其他无性系, 其中 YC-6 最高(为 67.63%), 较最低的 YC-10(为 54.40%)高出 24.32%. YC-3 的单宁质量分数最低, 为 10.50 mg/g. YC-2, YC-10 和 YC-3 的可溶性糖质量分数高于其他无性系, 其中 YC-2 可溶性糖质量分数最高(为 7.95%), 较最低的 YC-6(为 4.47%)高出 77.85%.

参照《核桃 第 2 部分: 核桃良种选育标准》所载^[13], 6 个参试无性系的蛋白质质量分数和脂肪质量分数均达到良种标准; YC-2 和 YC-10 因其脂肪质量分数仅符合鲜食良种标准($\geq 50\%$)而未达到干食良种标准($\geq 60\%$), YC-3 和 YC-12 符合干食和鲜食良种标准.

表 2 坚果种仁内含物分析

无性系	蛋白质/%	脂肪/%	单宁/(mg · g ⁻¹)	可溶性糖/%
YC-2	22.83±0.29a	58.37±0.93bc	25.40±5.21a	7.95±1.21a
YC-3	18.60±0.56b	63.30±0.72ab	10.50±1.10b	6.38±1.15ab
YC-6	17.07±0.50b	67.63±1.01a	17.60±2.50ab	4.47±0.16b
YC-8	21.77±1.98a	62.33±0.40ab	16.80±3.30ab	4.62±1.46b
YC-10	24.23±1.12a	54.40±3.69c	17.70±6.70ab	7.47±1.06a
YC-12	18.93±2.30b	60.00±5.60bc	12.40±1.80b	5.89±1.72b

注: 小写字母不同表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义.

2.3 坚果种仁脂肪酸组成分析

各无性系坚果种仁脂肪酸组成成分的质量分数存在一定的差异(表 3).

表 3 坚果种仁脂肪酸组成分析

无性系	饱和脂肪酸			不饱和脂肪酸				
	棕榈酸	硬脂酸	花生酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	棕榈烯酸	顺-11-二十碳烯酸
YC-2	6.02±0.17a	2.48±0.19d	0.08±0.01bc	30.33±2.11a	54.30±2.29c	7.19±0.37bc	0.08±0.01b	0.21±0.01a
YC-3	5.28±0.09b	4.41±0.13a	0.10±0.01a	18.87±2.28b	61.43±1.33b	9.07±0.93a	0.08±0.00b	0.15±0.01c
YC-6	5.91±0.15a	3.44±0.14b	0.10±0.01a	20.97±2.97b	61.00±2.86b	8.27±0.58ab	0.08±0.01b	0.20±0.01a
YC-8	6.16±0.17a	3.10±0.18c	0.09±0.01b	29.40±3.24a	55.20±2.25c	6.68±1.12c	0.09±0.01a	0.20±0.02a
YC-10	5.24±0.29b	2.20±0.14e	0.07±0.01c	19.97±2.30b	63.13±1.47ab	8.33±0.89ab	0.08±0.00b	0.19±0.01a
YC-12	5.76±0.43a	2.50±0.03d	0.07±0.01c	17.13±0.91b	65.20±0.69a	8.72±0.42a	0.09±0.01a	0.18±0.00b

注: 小写字母不同表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义.

棕榈酸质量分数介于 5.24%~6.16%之间, 其中 YC-2, YC-6, YC-8 和 YC-12 之间差异无统计学意义, 它们均高于 YC-3 和 YC-10 且差异有统计学意义($p < 0.05$), 最高的 YC-8 较最低的 YC-10 高出 17.56%. 硬脂酸质量分数介于 2.20%~4.41%之间, 其中 YC-3 最高, 高于其他无性系且差异有统计学意义($p < 0.05$), 较最低的 YC-10 高出 100.45%. 花生酸质量分数介于 0.07%~0.10%之间, 其中 YC-3 和

YC-6 高于其他无性系,且差异有统计学意义($p < 0.05$).油酸质量分数介于 17.13%~30.33%之间,其中 YC-2 和 YC-8 高于其他无性系且差异有统计学意义($p < 0.05$),油酸质量分数最高的 YC-2 较最低的 YC-12 高出 77.06%.亚油酸质量分数介于 54.30%~65.20%之间,其中 YC-12 最高,高于 YC-2, YC-3, YC-6 和 YC-8,且差异有统计学意义($p < 0.05$),较最低的 YC-2 高出 20.07%. α -亚麻酸质量分数介于 6.68%~9.07%之间,其中 YC-3, YC-6, YC-10, YC-12 之间差异无统计学意义,它们高于 YC-2 和 YC-8,最高的 YC-3 较最低的 YC-8 高出 35.78%.YC-8 和 YC-12 的棕榈烯酸质量分数高于其他无性系且差异有统计学意义($p < 0.05$).YC-2, YC-6, YC-8 和 YC-10 的顺-11-二十碳烯酸质量分数高于 YC-3 和 YC-12 且差异有统计学意义($p < 0.05$),其中最高的 YC-2 较最低的 YC-3 高出 40.00%.

2.4 坚果品质主成分分析及综合评价

主成分的特征值和方差贡献率是选择主成分的依据,由表 4 可以看出,总方差 94.94%的贡献来自前 4 个主成分,因此可以用这 4 个主成分代替 16 个指标来评价参试核桃无性系坚果的综合性状.第 1 主成分(F_1)与 α -亚麻酸、亚油酸、棕榈酸高度正相关,与单宁、油酸和顺-11-二十碳烯酸高度负相关;第 2 主成分(F_2)与蛋白质、单果质量高度正相关,与花生酸、硬脂酸高度负相关;第 3 主成分(F_3)与出仁率、三径均值高度正相关;第 4 主成分(F_4)与棕榈烯酸、脂肪、壳厚高度正相关.

表 4 坚果品质主成分分析

指标	F_1	F_2	F_3	F_4
单宁	-0.909	0.007	-0.162	0.077
脂肪	0.462	-0.713	-0.068	0.508
可溶性糖	-0.719	0.424	0.032	-0.324
蛋白质	-0.248	0.870	-0.162	-0.333
棕榈酸	0.827	0.191	-0.516	-0.096
棕榈烯酸	0.063	0.536	0.461	0.535
硬脂酸	0.452	-0.784	0.388	-0.173
油酸	-0.907	-0.123	0.371	0.115
亚油酸	0.832	0.292	-0.444	-0.050
花生酸	0.035	-0.979	0.171	-0.101
α -亚麻酸	0.907	0.002	-0.280	-0.278
顺-11-二十碳烯酸	-0.846	0.072	-0.341	0.401
三径均值	0.350	0.638	0.602	0.003
单果质量	0.508	0.724	0.415	0.149
壳厚	0.812	0.249	0.129	0.506
出仁率	0.263	-0.131	0.871	-0.394
特征值	6.674	4.456	2.555	1.503
方差贡献率/%	41.72	27.85	15.97	9.40
累积方差贡献率/%	41.72	69.57	85.54	94.94

根据前 4 个主成分的贡献率和主成分得分可建立重庆乡土核桃无性系坚果性状综合评价的数学模型: $F = (0.417 \times F_1 + 0.279 \times F_2 + 0.159 \times F_3 + 0.094 \times F_4) / 0.9494$,综合主成分 F 值越高,综合品质表现越好.各主成分得分及优良度排序见表 5,各无性系坚果性状综合得分由高到低依次为 YC-8, YC-3, YC-10, YC-6, YC-12, YC-2.结果显示, YC-8 的三径均值最大,单果最重,壳最厚,棕榈酸质量分数最高,可

作为选育综合品质优良的干食核桃无性系; YC-3 的出仁率最高, 单宁质量分数最低, 硬脂酸质量分数和 α -亚麻酸质量分数最高, 可作为选育高出仁率的干鲜两用核桃无性系; YC-10 的蛋白质质量分数最高, 可作为选育专门加工核桃蛋白用途的高蛋白核桃无性系。

表 5 无性系主成分得分及优良度排名

无性系	F_1	F_2	F_3	F_4	F	排名
YC-2	21.19	6.68	26.58	0.51	15.78	6
YC-3	36.91	3.96	27.93	-0.95	21.97	2
YC-6	31.20	-0.39	18.39	5.27	17.20	4
YC-8	37.34	9.24	22.87	0.84	23.04	1
YC-10	29.65	10.49	20.61	-3.53	19.22	3
YC-12	24.90	4.05	28.36	0.55	16.94	5

3 讨论与结论

核桃的单果质量与产量有较大关系, 且是核桃坚果外观品质的主要指标。本研究中 6 个核桃无性系中除 YC-6 的单果质量较小外, 其余较为适中, YC-8 单果质量达到 15.18 g, 超过其他大多数品种^[14-15], 为大果型核桃。核桃坚果的出仁率、种仁脂肪质量分数、蛋白质质量分数等是核桃选育种的重要指标^[16], 6 个参试核桃无性系坚果的出仁率、蛋白质质量分数和脂肪质量分数均达到国家良种标准^[13]。出仁率最高的 YC-3 达到了 60.25%, 高于大多数核桃品种^[17-20]; 3 个无性系(YC-2, YC-8 和 YC-10)的蛋白质质量分数高于 20.00%, 与其他品种相比也较高^[21-22]。在核桃的不同资源类型中, 大多蛋白质质量分数在 15.00%~23.00%之间^[1], 本研究中 YC-10 蛋白质质量分数高达 24.23%, 已超过大多核桃资源类型。对照《核桃 第 2 部分: 核桃良种选育标准》^[13], YC-3 和 YC-12 均满足鲜食和干食良种标准, YC-2 和 YC-10 满足鲜食良种标准, YC-8 满足干食良种标准, YC-6 因单果质量小不满足良种标准。除 YC-6 外, 其余 5 个可作为进一步选育不同用途品种的优良无性系。核桃坚果品质性状评价的指标较多, 依据某个或少数几个指标进行评价所得的结果并不可靠, 因此需利用多指标进行综合评价, 主成分分析法是目前核桃品质综合评价的一种有效方法^[23-26]。依据主成分分析结果, YC-8 可作为选育综合品质优良的干食核桃无性系, YC-3 可作为选育高出仁率的干鲜两用核桃无性系, YC-10 可作为选育专门加工核桃蛋白用途的高蛋白核桃无性系。

综上所述, 本研究对重庆市 6 个乡土核桃无性系的坚果品质进行了分析, 为重庆优良核桃品种选育提供了重要参考, 后续将继续对其抗性、早实性、丰产稳产性等方面进行评价, 以期早日获得重庆乡土核桃优质品种。

参考文献:

- [1] 张志华, 裴东. 核桃学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [2] 张锐. 新疆核桃资源的遗传多样性及系统进化研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [3] 仲雪娜, 任小娜, 曾俊, 等. 新疆不同品种核桃及其油脂品质对比分析 [J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 130-133.
- [4] 李秀珍, 彭秀, 谭名照, 等. 重庆市核桃产业发展现状及对策 [J]. 湖北林业科技, 2014, 43(2): 56-58.
- [5] 宋琴, 党江波, 刘超, 等. 基于 ISSR 重庆秦巴山区优选核桃的遗传多样性分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(11): 16-22.

- [6] 黄黎慧, 黄群, 孙术国, 等. 核桃的营养保健功能与开发利用 [J]. 粮食科技与经济, 2009, 34(4): 48-50.
- [7] 张美勇, 徐颖, 刘嘉芬, 等. 核桃不同品种果实坚果品质分析 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 313-316.
- [8] 王帅, 戴连漪, 库雪晶, 等. 核桃营养组成与保健功能研究进展 [J]. 中国酿造, 2016, 35(6): 30-34.
- [9] 虎海防. 不同主栽区核桃坚果品质研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- [10] 李世亮. 中国七个主产区核桃综合品质差异比较 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [11] 朱建平, 殷瑞飞. SPSS 在统计分析中的应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [12] 魏海斌. 贵德县地方核桃坚果性状分析 [J]. 青海大学学报, 2020, 38(5): 10-17.
- [13] 国家林业和草原局. 核桃 第 2 部分: 核桃良种选育标准: LY/T 3004. 2-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [14] 唐敏, 刘紫烟, 陈利英, 等. 河北太行山区 15 个核桃品种性状综合评价 [J]. 西北林学院学报, 2022, 37(1): 137-144.
- [15] 刘娇, 范志远, 负新华, 等. 云南主栽核桃品种坚果品质比较及综合评价 [J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2018, 38(5): 97-102.
- [16] 齐静. 中国主栽区核桃坚果品质研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [17] 于秋香, 李扬, 白仲奎. 燕山地区 5 个主栽核桃品种的果实品质 [J]. 河北农业科学, 2020, 24(3): 51-54.
- [18] 贺娜, 耿树香, 宁德鲁, 等. 云南核桃主栽品种表型特征及主成分分析 [J]. 西部林业科学, 2019, 48(5): 101-106.
- [19] 陈芮蝶, 高飞, 计雅男, 等. 秦巴山区和黄土塬区不同基因型核桃坚果品质的综合评价 [J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(5): 868-874.
- [20] 高雪峰, 张林涛, 牛瑞霞, 等. 甘肃陇东地区 10 个核桃品种引进筛选试验研究 [J]. 林业科技通讯, 2018(6): 62-65.
- [21] 张强, 虎海防, 李西萍. 七个新疆良种核桃品质评价分析 [J]. 北方园艺, 2010(19): 16-17.
- [22] 耿树香, 宁德鲁, 陈海云, 等. 我国不同主产区核桃品质综合评价分析 [J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 97-101.
- [23] 梁珊珊, 吕芳德, 蒋瑶, 等. 核桃待选优株坚果品质主成分分析及综合评判 [J]. 经济林研究, 2015, 33(3): 7-12, 32.
- [24] 时羽杰, 汪志焱, 糜加轩, 等. 四川核桃遗传资源评价及优良无性系选育 [J]. 四川农业大学学报, 2020, 38(2): 152-160.
- [25] 胡安鸿, 董玉芝, 李月, 等. 新疆乌什县核桃优树坚果性状评价 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48(1): 53-59.
- [26] 杜天宇, 胡去非, 王相媛, 等. 核桃坚果主成分分析及优株筛选研究 [J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2018, 39(2): 34-45.

责任编辑 周仁惠