

安徽地区华东野核桃果实特征和坚果品质的初步评价

翟大才^{1*}, 吴锦菲¹, 柏晓辉¹, 叶双峰¹,
姜育龙², 姚琦³, 杨立春¹, 毕淑峰¹

(1. 黄山学院生命与环境科学学院, 安徽 黄山 245041; 2. 安徽省旌德县庙首林场, 安徽 宣城 242600;

3. 歙县林业科技推广中心, 安徽 黄山 245200)

摘要: [目的] 探究华东野核桃果实性状、核仁成分及其相关性, 为其资源的开发和综合利用提供依据。 [方法] 本研究以皖南华东野核桃资源为对象, 测定其鲜果单果质量、果皮厚度与坚果单果质量、壳厚度、出仁率等果实性状及坚果核仁成分, 分析其相关性。 [结果] 华东野核桃果实性状具有丰富的变异, 大部分变异系数大于10%, 其中, 坚果壳厚度变异系数最大为43.92%。对坚果核仁成分的测定表明: 核仁中脂肪含量最高, 蛋白质次之, 总糖含量较低; 对脂肪组分的进一步分析可知, 其不饱和脂肪酸含量较高, 达92.68%。利用相关性分析, 发现坚果单果质量与核仁脂肪含量呈显著正相关。利用主成分分析对华东野核桃果实性状及核仁成分的综合分析及评价发现, 单株编号10和8的鲜果大小及不饱和脂肪酸含量在所受试单株中综合表现最好, 可作为进一步育种的遗传资源。 [结论] 本研究首次报道华东野核桃果实核仁成分, 发现其核仁脂肪含量高于薄壳山核桃、山核桃, 且饱和脂肪酸含量也高, 表明其核仁是值得开发的一种新食品资源。该研究结果为华东野核桃资源的综合开发与利用提供了数据支持。

关键词: 华东野核桃; 果实性状; 核仁成分; 相关性; 综合评价

中图分类号: S759.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2019)04-0129-08

胡桃科 (*Juglandaceae*) 植物虽然种类不多, 但大多数均为药食同源植物, 其有效成分具有抗肿瘤、抗氧化和抑菌等功能^[1], 具有重要的开发价值。在我国分布的胡桃科植物有山核桃属 (*Carya* Nutt.)、胡桃属 (*Juglans* L.) 和喙核桃属 (*Annamocarya* A. Chev.) 等7属27种1变种^[1], 其中, 山核桃属和胡桃属植物不仅是一种重要的木本油料, 而且其枝、叶及外果皮等皆可入药^[1], 因此, 其研究历来被很多国家及研究人员重视。野核桃 (*Juglans cathayensis* Dode) 为胡桃属 (*Juglans* L.) 植物, 分布于中国大陆陕西、山西、湖北和湖南等省^[2], 资源丰富。据《中国木本药用植物》和《本草纲目》记载, 野核桃的枝、

叶及果皮等均可入药, 用于治疗乳腺痛、乳腺癌和胃痛等疾病。目前, 对野核桃的研究主要集中在新疆野核桃资源的现状分析^[3]及种群统计及果实生长特性^[4]等方面; 对华东野核桃的研究相对较少, 仅有少量文献报道, 如华东野核桃对城市空气的净化作用^[5]、其叶片提取物的抑菌作用^[6]及光合生理特性^[7]等, 对其果实性状及核仁成分的分析还未见报道。

华东野核桃 (*Juglans cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)) 又称华胡桃, 是胡桃属的一种落叶乔木; 其树高可达25 m, 树皮呈浅褐色纵裂, 广泛分布于安徽、浙江、江苏、福建等地^[2, 8]。华东野核

收稿日期: 2019-04-19 修回日期: 2019-05-30

基金项目: 国家林业和草原局项目 (GR-核桃-2); 国家林业公益性行业科研专项 (201304407); 国家林业和草原局科技中心 (KJZR2018016); 国家林木种质资源共享服务平台 (2005DKA21003); 安徽省林业科技创新研究项目 (AHLICX-2018-10、AHLICX-2018-29); 安徽省大学生创新创业训练计划项目 (201810375132); 黄山学院生态学重点学科 (zdxk201801) 和生物资源研究所重点科研平台 (kyp201801) 资助

* 通讯作者: 翟大才, 副教授, 研究方向为林木遗传育种及经济林栽培. Tel: 13855922529, E-mail: hszdc@hsu.edu.cn

桃坚果壳厚而坚硬,可用于开发手工艺品^[9];其核仁含油,是一种油脂植物^[7]。本文在对安徽南部地区华东野核桃资源广泛调查的基础上,根据植株形态、结果量、果实形状与大小等综合分析从宁国市、旌德县、绩溪县和歙县等5个地区调查的88株中选择果实性状差异显著的单株,随机采集单株果实进行果实的单果质量、纵径和横径等性状及坚果核仁的总糖、总蛋白、单宁和脂肪含量等核仁成分的测定,以期阐明果实性状与其核仁成分含量变化间的关系,推动华东野核桃的进一步研究,为其资源的开发和综合利用提供数据支持。

表1 华东野核桃采样单株地信息

Table 1 Localization of individual plants of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

样品编号 No.	来源 Sources	经度(E) Longitude	纬度(N) Latitude	年均气温/°C Annual temperature	年降水量/mm Annual rainfall	无霜期/d Frost-free season
1	旌德县庙首马家溪 Jingdexian Majiaxi	118°25'	30°13'	15.5	1 580	234
2	旌德县庙首九号桥 Jingdexian Jiuhaoqiao	118°24'	30°16'	15.5	1 580	234
3	宁国市胡乐 Ningguoshi Hule	118°47'	30°19'	15.4	1 427	226
4	歙县杞梓里 Shexian Qizili	118°44'	29°59'	15.5	1 700	236
5	黄山区谭家桥1号 Huangshanqu Tanjiaqiao No. 1	118°16'	30°09'	15.5	1 670	236
6	黄山区谭家桥2号 Huangshanqu Tanjiaqiao No. 2	118°16'	30°09'	15.5	1 670	236
7	黄山区谭家桥3号 Huangshanqu Tanjiaqiao No. 3	118°16'	30°09'	15.5	1 670	236
8	旌德县孙村1号 Jingdexian Suncun No. 1	118°25'	30°16'	15.5	1 580	234
9	旌德县孙村2号 Jingdexian Suncun No. 2	118°25'	30°16'	15.5	1 580	234
10	旌德县孙村3号 Jingdexian Suncun No. 3	118°25'	30°16'	15.5	1 580	234
11	旌德县庙首镇新水村 Jingdexian Miaoshouzhen Xinsuicun	118°22'	30°13'	15.5	1 580	234
12	绩溪县杨溪 Jixixian Yangxi	118°38'	30°09'	16.2	1 532	233
13	旌德县俞村 Jingdexian Yucun	118°38'	30°20'	15.5	1 580	234

1.2 果实测定方法

将采集的华东野核桃同一株不同方位的果实分别混匀后,采用四分法,随机选取30个鲜果,剥去每个鲜果的果皮,取出坚果,用机械小心压破坚果壳并收集全部果仁;用电子天平(精度0.01 g)分别称量上述鲜果单果质量、坚果单果质量、果仁质量;用数显游标卡尺(精度0.01 mm)分别测量每个鲜果的纵径、坚果纵、横径;用螺旋测微仪(尖头千分尺,精度0.01 mm)分别测量鲜果皮厚度、坚果壳厚度;将收集的果仁分别标记后于4℃冰箱中保存备用。

1.3 坚果核仁成分的测定

分别将收集的单株核仁混匀后,随机取200 g用索氏脂肪提取器提取核仁脂肪,并参照标准 GB/T 14772-2008 的方法测定核仁粗脂肪的含量,重复3次,取其均值进行分析。

1.4 坚果核仁成分中脂肪酸组成的测定

参照毕淑峰等^[10]报道的方法对上述提取的粗脂肪进行甲酯化,简述如下:取80 μL 华东野核桃仁

1 材料与方法

1.1 试验材料

华东野核桃在安徽省宁国市、旌德县、绩溪县、歙县和黄山区等地区呈零星状态分布广泛,本课题组自2015年3月始在上述地区进行物候和生物学特性等调查,从调查的88株中选择13株具有代表性的华东野核桃单株(表1)树冠中上部外围四周枝条上采集成熟的鲜果10 kg,做好标记带回实验室测定性状。

油置于50 mL 尖底离心管中,依次加入4 mL 正己烷,2 mL 0.5 mol·L⁻¹的KOH-CH₃OH溶液,混匀后于60℃恒温反应30 min;然后加入12 mL 双蒸水、2 mL 饱和NaCl溶液混匀,静置后取上清液,并用无水Na₂SO₄干燥;将干燥后的上清液用于GC-MS分析。色谱和质谱条件参照毕淑峰等^[10]报道的方法进行。

1.5 坚果核仁成分中总糖、蛋白质及单宁含量的测定

参照标准 GB/T 10782-2006 方法测定华东野核桃核仁中总糖的含量;参照标准 GB 5009.5—2010 的方法测定核仁中总蛋白的含量;参照标准 NY/T 1600-2008 的方法测定核仁中单宁的含量。

1.6 数据处理与分析

利用软件 SPSS19.0 对测量的华东野核桃果实及坚果的性状数据进行分析,计算各性状的最大值(Max)、最小值(Min)、平均值(\bar{X})及标准差(δ),各性状的变异系数(CV)根据公式: $CV = \delta / \bar{X} \times 100\%$ 计算。根据统计数据的差异性将性状划分为8个等

级,1级 < $X - 1.5\delta$,8级 > $X + 1.5\delta$,每级相差 0.5 δ ;遗传多样性指数 Shannon-Weaver (H')参照潘存祥等^[11]报道的方法计算。用软件 SPSS19.0 对果实、坚果的性状数据进行方差分析、邓肯多重比较分析,并对果实性状与坚果性状进行相关性分析、主成分分析。

2 结果与分析

2.1 华东野核桃果实及坚果性状比较

通过对不同单株华东野核桃果实及坚果性状的

统计分析(表2)表明:鲜果单果质量的遗传多样性指数最大,为 2.02;其余性状的遗传多样性指数依次为:坚果横径 > 坚果单果质量 > 果皮厚度 > 鲜果纵径、坚果壳厚度 > 鲜果横径 > 坚果纵径 > 鲜果出仁率。根据对不同单株果实及坚果性状变异性分析可知:不同单株间性状变异系数差异显著,其中,坚果壳厚度的变异系数最大(43.92%),鲜果单果质量次之(20.97%),鲜果横径的变异系数最小(8.07%)。以上性状数据表明,华东野核桃遗传多样性显著,且变异较大。

表2 华东野核桃果实及坚果性状比较

Table 2 Comparison of fruit and nut traits of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

性状 Characteristics	均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性指数 Diversity index
鲜果单果质量 Single fruit weight of fresh fruit/g	35.76	53.40	18.36	7.50	20.97	2.02
鲜果纵径 Vertical diameter of fresh fruit/mm	46.65	56.80	35.33	4.51	9.67	1.97
鲜果横径 Transverse diameter of fresh fruit/mm	40.01	51.63	30.50	3.23	8.07	1.93
果皮厚度 Pericarp thickness/mm	5.44	9.00	2.48	1.09	20.04	1.98
坚果纵径 Vertical diameter of nuts/mm	38.31	48.85	25.22	4.47	11.67	1.92
坚果横径 Transverse diameter of nuts/mm	28.65	35.56	21.65	2.65	9.25	2.01
坚果单果质量 Single fruit weight of fresh nuts/g	13.30	20.20	7.50	2.73	20.53	2.00
坚果壳厚度 Nuts thickness/mm	2.96	6.34	0.62	1.30	43.92	1.97
鲜果出仁率 Kernel/%	19.39	25.02	14.31	2.61	13.46	1.41

2.2 华东野核桃坚果核仁成分比较

参照标准分别对 13 株华东野核桃单株的核仁总糖、蛋白质、单宁及粗脂肪等含量进行测定,结果见表3。用软件 SPSS 统计分析,结果(表4)表明:华东野核桃不同单株间核仁成分含量存在差异,其中,总糖含量变异系数最大(27.81%),单宁含量变异系数次之(27.08%),总蛋白含量变异系数中等

(15.77%),脂肪含量变异系数最小(6.37%);而脂肪组成成分中,十六碳烯酸含量变异系数最大(25.00%),顺式-11-二十烯酸变异系数次之(15.00%),亚油酸含量变异系数最小(4.96%),其余脂肪酸变异系数中等。从表4还看出:华东野核桃核仁中脂肪酸含量最大的为亚油酸和油酸。

表3 华东野核桃单株核仁总糖、蛋白质、单宁及粗脂肪等含量

Table 3 Total sugar, protein, tannin and fat content of nucleolu of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

样品编号 No.	糖 Sugar	蛋白质 Protein	单宁 Tannin	脂肪 Fat	脂肪中主要脂肪酸的相对含量/% Relative content of main fatty acid in fat								鲜果出仁率 Kernel/%
					十六碳烯酸 Hexadecenoic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	硬脂酸 Octadecanoic acid	棕榈酸 Palmitic acid	顺式-11-二十烯酸 Cis-11-eicoenoic acid	花生酸 Arachidic acid	
1	17.7	139.4	5.5	586.0	0.11	27.59	65.17	0.37	1.41	3.85	0.28	0.21	20.76
2	15.1	149.8	3.4	691.2	0.09	25.63	66.41	0.36	1.68	4.15	0.47	0.16	18.95
3	18.5	143.9	7.5	671.6	0.07	29.03	63.92	0.31	1.66	3.47	0.37	0.18	18.24
4	16.0	159.8	5.3	680.2	0.11	28.05	65.13	0.28	1.51	3.39	0.32	0.15	18.42
5	29.1	139.3	5.1	611.3	0.07	33.70	59.49	0.37	1.58	3.25	0.39	0.14	18.26
6	14.1	152.1	4.4	685.9	0.06	33.56	59.32	0.37	1.69	3.38	0.40	0.15	25.02
7	12.7	133.1	3.4	662.7	0.09	33.28	59.81	0.31	2.07	3.71	0.44	0.17	20.58
8	25.5	137.8	5.0	700.4	0.08	23.33	67.96	0.32	1.58	3.91	0.34	0.19	14.31
9	23.8	95.6	5.3	591.7	0.10	28.67	64.10	0.39	1.67	3.56	0.47	0.14	23.05
10	21.8	124.0	5.6	704.1	0.07	22.21	68.30	0.35	1.80	4.57	0.41	0.17	19.06
11	11.3	93.0	2.3	688.8	0.06	29.34	62.13	0.35	1.93	3.58	0.47	0.18	19.01
12	18.5	153.5	5.6	683.2	0.08	25.28	65.73	0.34	1.83	4.20	0.40	0.15	18.80
13	18.4	160.2	4.2	620.7	0.05	32.83	60.49	0.29	1.56	3.23	0.40	0.20	17.56

表4 华东野核桃核仁成分含量比较

Table 4 Comparison of kernel contents of nucleolu of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

指标 Index	均值 Mean	极大值 Max.	极小值 Min.	标准差 SD	变异系数 CV/%
总糖 Sugar/(mg · g ⁻¹)	18.7	29.1	11.3	0.52	27.81
蛋白质 Protein/(mg · g ⁻¹)	137.0	160.2	93.0	2.16	15.77
单宁 Tannin/(mg · g ⁻¹)	4.8	7.5	2.3	0.13	27.08
脂肪 Fat/(mg · g ⁻¹)	659.8	704.1	586.0	4.20	6.37
十六碳烯酸 Hexadecenoic acid/%	0.08	0.11	0.05	0.02	25.00
油酸 Oleic acid/%	28.65	33.70	22.21	3.88	13.54
亚油酸 Linolenic acid/%	63.69	68.30	59.32	3.16	4.96
亚麻酸 Octadecanoic acid/%	0.34	0.39	0.28	0.03	8.82
硬脂酸 Octadecanoic acid/%	1.69	2.07	1.41	0.18	10.65
棕榈酸 Palmitic acid/%	3.71	4.57	3.23	0.41	11.05
顺式-11-二十烯酸 Cis-11-eicoenoic acid/%	0.40	0.47	0.28	0.06	15.00
花生酸 Arachidic acid/%	0.17	0.21	0.14	0.02	11.76
鲜果出仁率 Kernel/%	19.39	25.02	14.31	2.61	13.46

2.3 华东野核桃果实性状与核仁成分相关性分析

对13株华东野核桃单株的果实性状及其核仁成分的相关性进行分析,结果(表5)表明:鲜果单果质量与鲜果纵径、坚果纵径及坚果单果质量均呈极显著正相关($P < 0.01$),与坚果横径呈显著正相关($P < 0.05$),与单宁含量呈显著负相关($P < 0.05$);鲜果纵径与坚果纵径、坚果单果质量均呈极显著正相关($P < 0.01$);坚果纵径与坚果单果质量呈极显

著正相关($P < 0.01$),与亚麻酸呈显著正相关($P < 0.05$);坚果横径与坚果单果质量呈极显著正相关($P < 0.01$);坚果单果质量与脂肪含量呈显著正相关($P < 0.05$);坚果脂肪含量与亚油酸、硬脂酸及棕榈酸含量均呈极显著正相关($P < 0.01$);坚果亚油酸含量与棕榈酸含量呈极显著正相关($P < 0.01$);坚果硬脂酸含量与棕榈酸含量呈显著正相关($P < 0.05$)。

表5 华东野核桃果实性状与核仁成分的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of fruit characters and contents of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

指标 Index	FSG	FFL	FFD	NLD	NTD	FNS	TAN	FAT	LEI	LEN	OCT	PAL	KER
FSG	1.000												
FFL	0.865**	1.000											
FFD	0.497	0.547	1.000										
NLD	0.707**	0.938**	0.419	1.000									
NTD	0.568*	0.472	0.427	0.513	1.000								
FNS	0.747**	0.752**	0.298	0.805**	0.817**	1.000							
TAN	-0.677*	-0.482	-0.362	-0.316	-0.352	-0.462	1.000						
FAT	0.407	0.391	-0.367	0.459	0.370	0.564*	-0.157	1.000					
LEI	0.157	0.343	-0.400	0.479	0.154	0.435	0.075	0.866**	1.000				
LEN	0.260	0.522	0.122	0.647*	0.205	0.365	-0.206	0.351	0.343	1.000			
OCT	0.428	0.352	-0.228	0.318	0.270	0.359	-0.405	0.745**	0.506	0.373	1.000		
PAL	0.084	0.361	-0.280	0.474	0.086	0.307	-0.026	0.744**	0.885**	0.515	0.613*	1.000	
KER	0.075	0.066	0.334	0.053	0.104	-0.187	-0.101	-0.278	-0.429	0.366	0.006	-0.241	1.000

注: *:显著相关, $P < 0.05$; **:极显著相关, $P < 0.01$ 。 Note: *:Significant correlation ($P < 0.05$). **:Highly significant correlation ($P < 0.01$). FSG:鲜果单果质量(Single fruit weight of fresh fruit);FFL:鲜果纵径(Vertical diameter of fresh fruit);FFD:鲜果横径(Transverse diameter of fresh fruit);NLD:坚果纵径(Vertical diameter of nuts);NTD:坚果横径(Transverse diameter of nuts);FNS:坚果单果质量(Single fruit weight of fresh nuts);TAN:单宁(Tannins);FAT:脂肪(Fat);LEI:亚油酸(Linoleic acid);LEN:亚麻酸(Linolenic acid);OCT:硬脂酸(Octadecanoic acid);PAL:棕榈酸(Palmitic acid);KER:鲜果出仁率(Kernel)。

2.4 果实性状及核仁脂肪酸组分含量的主成分分析

2.4.1 果实性状的主成分分析 对13株华东野核桃单株鲜果的单果质量、纵径、横径及坚果的纵径、横

径、单果质量及鲜果出仁率等9项性状进行主成分分析,结果(表6)表明:前3个主成分的累计贡献率为84.513%,表明这3个主成分基本能够满足分析要求;决定第1主成分的鲜果性状为鲜果的单果质量、

纵径、横径及坚果的纵径、单果质量与横径,表明华东野核桃鲜果与坚果的大小是品质评价的最重要因素;决定第2主成分的是果皮厚度、鲜果出仁率、坚果的壳厚度、坚果单果质量和横径、鲜果横径;决定第3主成分的是坚果横径、果皮厚度、出仁率、鲜果的横径和纵径、鲜果单果质量、坚果纵径和壳厚度。

表6 华东野核桃果实性状的主成分分析

Table 6 Principal component analysis of fruit traits of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

项目 Project	成分 Factor		
	1	2	3
鲜果单果质量 Single fruit weight of fresh fruit	0.213	0.070	-0.181
鲜果纵径 Vertical diameter of fresh fruit	0.221	0.019	-0.222
鲜果横径 Transverse diameter of fresh fruit	0.145	0.166	0.365
果皮厚度 Pericarp thickness	0.080	0.339	-0.469
坚果纵径 Vertical diameter of nuts	0.208	-0.080	-0.146
坚果横径 Nuts transverse diameter	0.165	-0.141	0.511
坚果单果质量 Single fruit weight of fresh nuts	0.201	-0.203	0.022
坚果壳厚度 Nuts thickness	-0.004	-0.381	-0.132
鲜果出仁率 Kernel	0.030	0.290	0.446
特征值 The eigenvalue	4.286	2.250	1.070
贡献率 Contribution rate/%	47.623	25.005	11.885
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	47.623	72.628	84.513

2.4.2 核仁脂肪酸组分含量的主成分分析 对13株华东野核桃单株核仁的总糖、蛋白质、脂肪及脂肪酸组成成分等含量进行主成分分析,结果(表7)表明:前3个主成分的累计贡献率为80.965%,满足分析要求;决定第1主成分的成分为脂肪、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸和棕榈酸含量,说明评价华东野核桃单株核仁成分时,以上5种脂肪酸的含量非常重要;决定第2主成分的是总糖、单宁和油酸;决定第3主成分的是蛋白质、亚麻酸、单宁和脂肪。

2.4.3 果实性状和核仁脂肪酸组分含量的主成分分析 对13株华东野核桃单株鲜果性状和核仁中核仁成分含量进行主成分分析,结果(表8)表明:前6个主成分的累计贡献率达到89.412%,其中,鲜果的单果质量、纵径,坚果的纵径、横径、单果质量及其核仁的脂肪、硬脂酸含量7个指标决定第1主要成

表7 华东野核桃果实核仁成分的主成分分析

Table 7 Principal component analysis of contents of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

项目 Project	成分 Factor		
	1	2	3
总糖 Sugar	-0.096	0.326	-0.149
蛋白质 Protein	-0.035	0.038	0.615
单宁 Tannins	-0.072	0.334	0.210
脂肪 Fat	0.248	-0.027	0.221
油酸 Oleic acid	-0.054	-0.385	0.160
亚油酸 Linoleic acid	0.240	0.172	0.152
亚麻酸 Linolenic acid	0.159	0.030	-0.375
硬脂酸 Octadecanoic acid	0.224	-0.184	-0.026
棕榈酸 Palmitic acid	0.250	0.153	0.020
特征值 The eigenvalue	3.631	2.191	1.465
贡献率 Contribution rate/%	40.347	24.343	16.275
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	40.347	64.690	80.965

分,贡献率为33.347%;鲜果的单果质量、横径、果皮厚度,坚果壳厚度、出仁率及其核仁的单宁、脂肪、油酸、亚油酸和棕榈酸含量10个指标决定第2主要成分,贡献率为22.501%;鲜果的纵径和横径,坚果纵径和壳厚度及其核仁的总糖、蛋白质、脂肪、油酸、亚麻酸和硬脂酸含量10个指标决定第3主要成分,贡献率为11.534%;鲜果的横径和果皮厚度,坚果的横径、单果质量和坚果壳厚度,鲜果出仁率及核仁的蛋白质、油酸、亚麻酸、硬脂酸和棕榈酸11个指标决定第4主要成分,贡献率为9.254%;鲜果的单果质量和纵径、果皮厚度、坚果的纵径和横径、坚果壳厚度、鲜果出仁率及其核仁的总糖、蛋白质、油酸、亚油酸、亚麻酸和硬脂酸含量这13个指标决定第5主要成分,贡献率为6.835%;鲜果的单果质量和横径、果皮厚度、坚果纵径和横径、坚果壳厚度、鲜果出仁率及核仁的总糖、蛋白质、单宁、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸和棕榈酸14个指标决定第6主要成分,贡献率为5.942%。以上结果说明,在华东野核桃果实品质评价中果实的大小和核仁中脂肪酸含量是重要的指标。

2.4.4 华东野核桃单株主成分分析得分排名 根据主成分分析,对受试13株华东野核桃单株得分进行排名,结果显示:依据鲜果性状的主成分分析结果排序,得分排名前4名的单株编号依次为6、7、11、2,其中,11号坚果单果质量最大。依据坚果核仁成分的主成分分析结果排序,得分排名前4名的单株编号依次为10、8、12、2,其中,10号的脂肪、亚油酸和棕榈酸含量最大。依据鲜果性状和坚果核仁成分的

主成分分析结果排序,得分排名前4名的单株编号依次为10、8、11、4,其中,10号和8号的鲜果大小及

不饱和脂肪酸(特别是亚油酸和亚麻酸)含量在所受试单株中综合表现是最好的。

表8 华东野核桃果实性状与核仁成分的主成分分析

Table 8 Principal component analysis of fruit traits and contents of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata)

项目 Project	成分 Factor					
	1	2	3	4	5	6
鲜果单果质量 Single fruit weight of fresh fruit	0.137	-0.111	-0.042	0.078	-0.191	-0.135
鲜果纵径 Vertical diameter of fresh fruit	0.146	-0.053	0.132	-0.024	-0.228	0.022
鲜果横径 Transverse diameter of fresh fruit	0.049	-0.170	0.203	0.118	-0.053	0.224
果皮厚度 Pericarp thickness	0.035	-0.155	-0.024	-0.304	-0.326	-0.267
坚果纵径 Vertical diameter of nuts	0.146	0.003	0.189	-0.007	-0.111	0.116
坚果横径 Nuts transverse diameter	0.107	-0.041	0.008	0.351	0.260	0.206
坚果单果质量 Single fruit weight of fresh nuts	0.143	0.008	0.067	0.276	0.000	-0.039
坚果壳厚度 Nuts thickness	0.031	0.166	0.126	0.130	0.310	-0.325
鲜果出仁率 Kernel	0.003	-0.147	0.013	-0.262	0.364	0.401
糖 Sugar	-0.064	0.087	0.297	0.074	-0.100	-0.177
蛋白质 Protein	-0.052	0.040	-0.250	0.185	-0.325	0.435
单宁 Tannins	-0.094	0.118	0.096	0.004	-0.007	0.302
脂肪 Fat	0.117	0.125	-0.222	0.000	-0.035	0.059
油酸 Oleinic acid	0.014	-0.154	-0.267	0.145	0.199	-0.096
亚油酸 Linoleic acid	0.093	0.184	-0.071	-0.064	-0.178	0.115
亚麻酸 Linolenic acid	0.099	0.026	0.157	-0.276	0.232	0.222
硬脂酸 Octadecanoic acid	0.110	0.052	-0.229	-0.158	0.246	-0.233
棕榈酸 Palmitic acid	0.093	0.169	-0.037	-0.190	-0.051	0.172
特征值 The eigenvalue	6.002	4.050	2.076	1.666	1.230	1.070
贡献率 Contribution rate /%	33.347	22.501	11.534	9.254	6.835	5.942
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	33.347	55.848	67.382	76.636	83.470	89.412

3 讨论

华东野核桃在我国分布较广,资源较丰富^[8];然而,目前对其果实品质性状和核仁成分含量的研究还未见报道。本文通过对安徽省南部地区华东野核桃资源的调查和研究发现,其核仁中含量最多的成分是脂肪,含量可达65%左右且变异系数较小为6.37%;蛋白质含量次之为13.70%左右,变异系数中等为15.77%;总糖含量较低仅为1.87%左右,但变异系数较大为27.81%。安徽省华东野核桃核仁中的脂肪酸含量与薄壳山核桃较接近^[12-16],但蛋白质和总糖含量均低于薄壳山核桃^[17];与常君等^[18]报道的无性系山核桃相比,安徽省华东野核桃脂肪含量(均值65.98%)明显高于无性系山核桃(均值56.11%),且华东野核桃蛋白质(均值13.70%)和总糖含量(均值1.87%)均高于无性系山核桃蛋白质(均值6.19%)和总糖含量(均值0.45%)。安徽省华东野核桃核仁脂肪组分中的亚油酸、油酸、棕榈酸和硬脂酸含量均值相对较高(表4),分别为63.69%、28.65%、3.71%和1.69%;其中,亚油酸含

量变异系数最小为4.96%,其余3种脂肪酸变异系数中等为11%左右;亚油酸、油酸、棕榈酸和硬脂酸占脂肪总量的97.74%,是构成核仁脂肪的主要成分,且核仁脂肪组分中亚油酸、油酸的含量与普通核桃油较为一致^[19],但与新疆野核桃油脂中二者含量不同^[20];值得注意的是,脂肪组分中不饱和脂肪酸(包括油酸、亚油酸、亚麻酸)含量高达92.68%,这表明其含有丰富的不饱和脂肪酸。据文献报道,不饱和脂肪酸对人体健康有促进作用^[21],特别是亚麻酸可以促进人体神经系统发育^[22],因此,华东野核桃核仁可作为一种保健食品原料来开发。

在调查、测定和分析中发现,旌德孙村同一地点、同一生境生长的8、9和10号样本在坚果大小、内果皮表面光滑程度、棱脊之间刺状凸起和凹陷的程度及排列方式等形态学特征存在极大的差异,这一现象值得进一步研究。

4 结论

根据华东野核桃鲜果性状、坚果核仁成分及二者综合的主成分分析得分排名,筛选出得分前3名

单株编号是10、8和11,其中10号和8号的综合表现突出,尤其是8号单株在3种评价体系中均排名第2,稳定性较好;因此,8号和10号单株可作为进一步育种的遗传资源。为了进一步了解华东野核桃遗传资源的特点,今后可通过扩大采样范围和采样密度,借助分子生物学技术研究其遗传多样性、药物成分和价值,为该种质资源的全面开发利用提供依据。

参考文献:

- [1] 吴威,李巍,张易,等.胡桃科植物的化学成分与生物活性研究进展[J].中草药,2013,44(17):2480-2488.
- [2] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学技术出版社,1979,21:35.
- [3] 张维,焦子伟,尚天翠,等.新疆西天山峡谷海拔梯度上野核桃种群统计与谱分析[J].应用生态学报,2015,26(4):1091-1098.
- [4] 邓凤彬,罗立新,虎海防,等.新疆野核桃坚果表型性状多样性分析[J].果树学报,2018,35(3):275-284.
- [5] 陈楚文,鲍沁星.浙江野生果树资源在城市园林绿地中的应用[J].安徽农业科学,2009,37(14):6725-6727.
- [6] 蒋剑平,熊耀康,姚振生,等.华东野核桃叶提取物体外抗菌作用研究[J].浙江中医药大学学报,2005,29(3):75-76.
- [7] 李月灵,金则新,王强,等.不同生境华东野核桃光合生理特性及叶绿素荧光参数比较[J].浙江大学学报:理学版,2013,40(2):221-229.
- [8] 浙江植物志编辑委员会.浙江植物志[M].杭州:浙江科学技术出版社,1992:13.
- [9] 汤睿,刘静波,刘劲,等.中国核桃嫁接繁殖技术研究进展[J].农学学报,2017,7(8):66-71.
- [10] 毕淑峰,任慧芳,陈文静,等.忍冬果实挥发油的化学成分分析及其体外抗氧化活性[J].中成药,2015,37(5):1021-1025.
- [11] 潘存祥,许勇,纪海波,等.西瓜种质资源表型多样性及聚类分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):59-63.
- [12] 罗会婷,贾晓东,翟敏,等.76株薄壳山核桃实生单株的果实品质差异及综合评价[J].植物资源与环境学报,2017,26(1):47-54.
- [13] 翟大才,毕淑峰,王娜娜.黄山市屯溪区薄壳山核桃形态指标、营养成分及其相关性研究[J].黄山学院学报,2016,18(5):41-44.
- [14] 刘昊,马庆国,张继勇,等.凉山州核桃坚果表型多样性研究[J].林业科学研究,2017,30(5):771-778.
- [15] 李永荣,李晓储,吴文龙,等.66个薄壳山核桃实生单株果实性状变异选择研究[J].林业科学研究,2013,26(4):438-446.
- [16] 王金星,潘刚,王滑,等.西藏核桃叶片和坚果表型多样性及其相关关系研究[J].林业科学研究,2012,25(2):236-240.
- [17] 张金丽,李靖,单显志,等.美国山核桃不同引种品种蛋白质和多糖含量比较分析[J].西部林业科学,2018,47(4):85-88.
- [18] 常君,任华东,姚小华,等.山核桃不同无性系果实性状及营养成分分析[J].林业科学研究,2017,30(1):166-173.
- [19] 万本屹,董海洲,李宏,等.核桃油的特性及营养价值的研究[J].西部粮油科技,2001,26(5):18-20.
- [20] 刘华英,刘俊霞,包东东,等.新疆野核桃油脂脂肪酸组成分析[J].中国油脂,2012,37(9):78-79.
- [21] Miraliakbari H, Shahidi F. Antioxidant activity of minor components of tree nut oils[J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 421-427.
- [22] 杨静,常蕊.α-亚麻酸的研究进展[J].农业工程,2011,1(1):72-76.

Preliminary Evaluation of Fruit Characteristics and Nut Quality of *Juglans cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata) from Anhui Province

ZHAI Da-cai¹, WU Jin-fei¹, BAI Xiao-hui¹, YE Shuang-feng¹,
JIANG Yu-long², YAO Qi³, YANG Li-chun¹, BI Shu-feng¹

(1. College of Life and Environment Sciences, Huangshan University, Huangshan 245041, Anhui, China;

2. Miaoshou Forest Farm of Jingde County, Xuancheng 242600, Anhui, China; 3. Forestry Science and Technology Promotion Center of Shexian, Huangshan 245200, Anhui, China)

Abstract [**Objective**] To investigate the fruit traits, the seed kernel components and their correlations of *Juglans cathayensis* Dode var. *formosana*. [**Method**] The fruits of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* from southern Anhui Province were used to measure the fruit characters and nut contents such as fresh fruit weight, peel thickness, nut weight, shell thickness, and kernel, and their correlations were analyzed. [**Result**] The results showed that the phenotypic traits of fresh fruit of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* had abundant variation (most variation coefficients were more than 10%), among which the maximum variation coefficient of nuts thickness was 43.92%. Furthermore, the determination of nut kernel contents showed that the kernel had the highest fat content, the protein followed, and the total sugar was lower. Further analysis of the fatty components showed that the unsaturated fatty acids (especially linoleic acid and oleic acid) contents were up to 92.68%. These results also revealed that there was a significant positive correlation between nut weight and kernel fat content. Principal component analysis showed that the fruit size and the fatty acid content of the nutmeat were very important in the fruit evaluation. The comprehensive evaluation showed that the fresh fruit size and unsaturated fatty acid content of two plant samples were the best among the plants tested, so they could be used as the candidate individual for cultivating excellent cultivar. [**Conclusion**] The fatty acid content of *J. cathayensis* Dode var. *formosana* is higher than that of *Carya illinoensis* and *C. cathayensis*, and the content of unsaturated fatty acids is also higher. The results show that the nutmeat is a new food resource worth developing.

Keywords: *Juglans cathayensis* Dode var. *formosana* (Hayata); fruit traits; contents; correlation; comprehensive evaluation

(责任编辑:徐玉秀)