

山核桃不同无性系果实性状及营养成分分析

常君¹, 任华东^{1*}, 姚小华¹, 王开良¹, 周燕², 周振琪²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311400;

2. 浙江省建德市林业局, 浙江 建德 311600)

摘要: [目的] 探明山核桃无性系果实形态结构特征、内含物营养成分组成与含量及其变异规律。 [方法] 采用国家标准、方差分析、多重比较等方法对山核桃无性系测定试验林 11 个无性系果实性状和营养成分进行分析。 [结果] 结果表明: 山核桃果实际青果果长和坚果果长无性系间表现出显著性差异外, 其它指标均未表现出显著性差异; 种仁富含脂肪 (52.64%~58.51%)、蛋白质 (55.07~65.50 mg·g⁻¹)、可溶性糖 (0.26%~0.68%) 和 K、Ca、Na、Mg、Zn、Mn、Fe 等矿质元素, 种仁蛋白共检测出 17 种氨基酸, 各氨基酸含量在无性系间差异极显著。 [结论] 基于山核桃营养成分特点, 探讨了山核桃无性系选育利用方向, 并综合筛选出大源 4 号、高岭 8 号和高岭 4 号 3 个优质果用无性系, 徐坑 89 号高档食用油无性系及大源 2 号、大源 4 号 2 个高氨基酸无性系。

关键词: 山核桃; 无性系; 果实性状; 营养成分

中图分类号: S759.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)01-0166-08

Nut Fruit Characteristics and Nutrients of *Carya cathayensis* Clones

CHANG Jun¹, REN Hua-dong¹, YAO Xiao-hua¹, WANG Kai-liang¹,
ZHOU Yan², ZHOU Zhen-qi²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding of Zhejiang Province, Hangzhou 311400, Zhejiang, China; 2. Jiande Forestry Bureau, Jiande 311600, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] To study the nut fruit shape, the composition, the nutrient contents and their variation of *Carya cathayensis* clone. [Method] 11 trait and nutrient indices of *C. cathayensis* nut fruit from trial forest were analyzed by the methods of variance analysis and multiple comparison based on the national standard of China. [Result] The results showed that there was a significant difference in nut length between the fresh fruits and the nuts, and no significant difference was found in the rest indices of *C. cathayensis*. The kernels of *C. cathayensis* were rich in fats (52.64% - 58.51%), proteins (55.07 - 65.50 mg·g⁻¹), soluble sugars (0.26% - 0.68%) and mineral elements such as K, Ca, Na, Mg, Zn, Mn, and Fe. 17 kinds of amino acid were identified in the kernels of *C. cathayensis*. There were extremely significant differences in the contents of amino acids among the clones of *C. cathayensis*. [Conclusion] According to the characteristics of the nut nutrients of *C. cathayensis*, the directions of breeding and utilizing of *C. cathayensis* are suggested. Three clones are comprehensively selected as the clones of high yield and high quality; one clone is selected as the clone suitable for edible oil production; and two clones are selected as the clones with high contents of amino acids.

Keywords: *Carya cathayensis*; clones; fruit characteristics; nutrients

收稿日期: 2016-03-14

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2013BAD14B0104); 国家林业局科技发展中心山核桃遗传资源调查项目(GR-2015-16)。

作者简介: 常君(1981—), 男, 山西怀仁人, 助理研究员, 硕士, 从事经济林栽培与育种研究。

* 通讯作者: 任华东(1963—), 男, 浙江永康人, 副研究员, 从事经济林栽培与育种研究。 E-mail: renhd@163.com

山核桃(*Carya cathayensis* Sarg.), 又称山核、山蟹、小核桃, 属胡桃科(Juglandaceae)、山核桃属(*Carya* Nutt.)^[1-3]物种, 其坚果种仁富含脂肪、蛋白质及大量人体必需矿物质元素, 风味独特, 深受消费者喜爱, 是我国南方重要的特色干果和木本油料树种, 也是我国特有的坚果树种。我国浙皖天目山区是山核桃天然分布区, 也是山核桃的主产区, 主要包括浙江杭州地区的临安市、淳安县、桐庐县、富阳市、建德市和湖州市的安吉县, 安徽黄山市的歙县和宣城市旌德县、绩溪市、宁国市等县(市)^[4-6]。种植山核桃经济效益好, 年亩产值可达万元以上, 是产区群众主要的收入来源, 随着栽培面积不断扩大, 山核桃产业已成为主产区重要支柱产业。

长期以来我国山核桃生产以实生栽培为主, 生产林分个体分化严重, 存在产量、品质不稳定等问题。实现种植品种无性化是山核桃产业持续高效发展的必然选择, 也是我国山核桃产业亟待解决的科学问题。有关山核桃无性系品种选育的研究国内仅有无性扩繁方面的研究报道^[7-12], 未见成功的无性系选育研究报道, 对山核桃果实性状及营养成分分析与评价也多是基于实生优株或实生资源果实生长发育规律、蛋白质及氨基酸含量与变异、土壤微生物量碳氮的变化、山核桃油提取工艺、脂肪酸组成及加工炒制过程中营养成分、脂肪酸氧化及抗氧化能力变化中的部分指标进行分析^[13-22]。作者单位在攻克无性繁殖技术后成功开展了山核桃无性系测定试验, 在浙江省金华市东方红林场建立了山核桃无性系测定试验林。本文以该试验林无性系为研究对象, 对11个参试无性系的果实性状及营养成分组成和含量进行了测定与分析, 旨在探明山核桃无性系果实形态结构特征、内含物营养成分组成与含量及其变异规律, 并依据各参试无性系的果实性状和种仁营养成分特点, 探讨山核桃无性系选育方向并筛选适宜不同利用方向的优良无性系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料取自浙江省金华市东方红林场8年生山核桃无性系试验林, 试验地为丘陵缓坡地, 普通红壤, 立地条件较一致, 土地肥力一般。试验采用随机区组设计, 5株小区3次重复, 参试无性系共11个, 分别为大源2号、大源4号、大源5号、高岭1号、高岭3号、高岭5号、高岭7号、高岭8号、徐坑24号、

徐坑40号和徐坑89号。

1.2 测定方法

在山核桃果实成熟期, 每小区取果实30个, 采用游标卡尺(电子数显卡尺0~150 mm, 上海量刃工具有限有限公司)分别测定青果、坚果长度与宽度, 采用螺旋测微仪(尖头千分尺0~25 mm, 上海量刃工具有限有限公司)测定坚果壳厚度, 采用精确度为0.01的电子天平称量青果单果质量、坚果单果质量、果仁质量, 并计算出籽率与出仁率。出籽率=坚果单果质量/青果单果质量×100%, 出仁率=果仁质量/坚果单果质量×100%。

采用山核桃鲜仁为测定材料, 按照以下方法进行相关指标的测定: 粗脂肪含量按照 GB/T14772-2008《食品中粗脂肪的测定》方法测定, 蛋白质含量按照 GB 5009.5-2010《食品中蛋白质的测定》方法测定, 可溶性糖含量按照 NY/T 1278-2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》方法测定, 单宁含量按照 NY/T 1600-2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 分光光度法》方法测定, 铬含量按照 GB 5009.123-2014《食品安全国家标准 食品中铬的测定》方法测定, 钙含量按照 GB/T 5009.92-2003《食品中钙的测定》方法测定, 铜含量按照 GB/T 5009.13-2003《食品中铜的测定》方法测定, 锌含量按照 GB/T 5009.14-2003《食品中锌的测定》方法测定, 钾、钠含量按照 GB/T 5009.91-2003《食品中钾、钠的测定》方法测定, 镁、锰、铁含量按照 GB/T 5009.90-2003《食品中铁、镁、锰的测定》方法测定, 参照 GB/T 5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》方法测定氨基酸含量。

1.3 数据处理

所有数据采用 Excel 2007、DPS 14.5 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 山核桃无性系果实形态特征性状变异分析

表1为11个山核桃参试无性系果实形态特征性状的变异分析结果。从分析结果可以看出, 山核桃果实青果单果质量、青果果长、青果果宽、坚果单果质量、出籽率、坚果果长、坚果果宽、坚果壳厚、果仁质量及出仁率10个测定性状上无性系间均存在一定程度的变异, 但多数性状变异幅度不大, 变异幅度最大的性状是坚果壳厚(变异系数为7.15%), 坚果果宽变异幅度最小(变异系数为0.83%)。方

差分析结果表明,除青果果长与坚果果长无性系间表现出显著差异外,其它8个指标无性系间差异均未达到显著水平,表明山核桃果实形态无性系间总体上比较一致,但山核桃青(坚)果果长性状在参试无性系间确实存在本质上的差异,差异具有一定的遗传稳定性,说明在无性系水平上进行山核桃果长特征的选择改良是可能的,有可能取得良好的效果。进一步对参试无性系的 SSR 多重比较表明:高岭7

号、高岭8号及高岭3号3个无性系的青果果长显著高于其它无性系,其中高岭7号无性系青果果长最长(为35.95 mm),高出最短青果果长大源4号无性系(为32.84 mm)9.47%。坚果果长 SSR 多重比较结果表明:高岭8号、高岭7号2个无性系坚果果长显著高于其它无性系,其中高岭8号无性系坚果果长最长(为26.67 mm),较最短坚果果长大源4号无性系(为24.98 mm)高出6.77%。

表1 山核桃无性系果实形态特征变异分析结果

Table 1 Variation analysis of characteristics of *C. cathayensis* clones

无性系号 Clone code	青果单果质量 Single fruit weight/g	青果果长 Fruit length/mm	青果果宽 Fruit width/mm	坚果单果质量 Single nut weight /g	出籽率 Seed-producing percentage /%
大源2号 Dayuan 2	18.31 ± 1.18ab	35.02 ± 0.26 ab	32.66 ± 0.17ab	5.58 ± 0.44a	30.24 ± 0.64ab
大源4号 Dayuan 4	17.13 ± 0.28ab	32.84 ± 0.75 c	32.06 ± 0.47ab	5.50 ± 0.32a	32.28 ± 1.33ab
大源5号 Dayuan 5	18.83 ± 0.77ab	34.28 ± 1.08 abc	32.67 ± 0.47ab	5.68 ± 0.30a	30.51 ± 1.37ab
高岭1号 Gaoling 1	17.88 ± 1.74ab	35.21 ± 1.22 ab	32.25 ± 0.55ab	5.37 ± 0.33a	30.40 ± 1.37ab
高岭3号 Gaoling 3	19.04 ± 2.24a	35.95 ± 0.56 a	33.04 ± 1.48a	5.64 ± 0.82a	29.82 ± 0.78b
高岭5号 Gaoling 5	17.12 ± 0.41ab	34.81 ± 1.54 ab	31.77 ± 0.30ab	5.60 ± 0.19a	32.90 ± 1.79a
高岭7号 Gaoling 7	18.27 ± 0.71ab	35.40 ± 1.31 a	32.69 ± 0.26ab	5.68 ± 0.46a	31.39 ± 1.90ab
高岭8号 Gaoling 8	18.25 ± 0.29ab	35.64 ± 0.49 a	32.38 ± 0.29ab	5.71 ± 0.08a	31.71 ± 0.81ab
徐坑24号 Xukeng 24	16.69 ± 0.94b	33.56 ± 0.72 bc	31.44 ± 1.12b	5.40 ± 0.22a	32.89 ± 3.06a
徐坑40号 Xukeng 40	17.90 ± 1.02ab	34.74 ± 1.56 ab	32.33 ± 0.77ab	5.53 ± 0.61a	30.93 ± 2.97ab
徐坑89号 Xukeng 90	18.42 ± 1.10ab	34.64 ± 0.63 ab	32.84 ± 0.29a	5.62 ± 0.51a	30.46 ± 1.46ab
均值 Mean	17.99	34.74	32.38	5.57	31.23
变异系数 CV/%	4.10	2.61	1.47	2.02	3.47
均方 MS	1.63	2.47	0.68	0.04	3.52
F值 F value	1.32	2.78*	1.48	0.34	1.80

无性系号 Clone code	坚果果长 Nut length/mm	坚果果宽 Nut width/mm	坚果壳厚 Nut shell thickness/mm	果仁质量 Nutlet weight/g	出仁率 Kernel percent/%
大源2号 Dayuan 2	26.34 ± 0.55ab	21.38 ± 0.18a	1.03 ± 0.08 a	2.67 ± 0.31a	45.62 ± 3.17a
大源4号 Dayuan 4	24.98 ± 0.35c	21.28 ± 0.27a	1.03 ± 0.06 a	2.71 ± 0.12a	48.63 ± 5.19a
大源5号 Dayuan 5	26.27 ± 0.43ab	21.53 ± 0.19a	1.03 ± 0.10 a	2.60 ± 0.14a	43.84 ± 1.06a
高岭1号 Gaoling 1	25.79 ± 0.76abc	21.38 ± 0.37a	1.27 ± 0.15 a	2.55 ± 0.13a	46.36 ± 0.09a
高岭3号 Gaoling 3	26.30 ± 0.46ab	21.60 ± 1.72a	1.17 ± 0.26 a	2.63 ± 0.39a	45.28 ± 3.32a
高岭5号 Gaoling 5	26.19 ± 0.80ab	21.46 ± 0.71a	1.15 ± 0.20 a	2.69 ± 0.09a	47.36 ± 3.48a
高岭7号 Gaoling 7	26.57 ± 0.61a	21.49 ± 0.86a	1.14 ± 0.19 a	2.66 ± 0.30a	45.33 ± 2.24a
高岭8号 Gaoling 8	26.67 ± 0.66a	21.70 ± 0.39a	1.11 ± 0.17 a	2.72 ± 0.01a	46.89 ± 1.25a
徐坑24号 Xukeng 24	25.51 ± 0.66bc	21.06 ± 0.30a	1.11 ± 0.05 a	2.50 ± 0.06a	45.79 ± 1.64a
徐坑40号 Xukeng 40	26.19 ± 0.68ab	21.54 ± 0.58a	1.04 ± 0.06 a	2.55 ± 0.26a	44.12 ± 0.07a
徐坑89号 Xukeng 89	25.71 ± 0.87abc	21.61 ± 1.24a	1.19 ± 0.21 a	2.59 ± 0.20a	44.32 ± 0.94a
均值 Mean	26.05	21.46	1.12	2.63	45.78
变异系数 CV/%	1.93	0.83	7.15	2.73	3.19
均方 MS	0.76	0.10	0.02	0.02	6.38
F值 F value	2.75*	0.17	0.95	0.40	0.99

注:显著水平为5%,字母相同为差异不显著,字母不同为差异显著,*为差异显著。

Note: At the significant level of 5%, no significant difference for the same letter, and different letters for the significant difference, * mean the differences was significant.

2.2 不同山核桃无性系种仁内含物含量比较分析

粗脂肪、蛋白质、可溶性糖和单宁是影响山核桃种仁品质的重要质量指标。对11个山核桃参试无性系种仁粗脂肪、蛋白质、可溶性糖和单宁含量的测

定分析结果表明(表2):种仁粗脂肪、蛋白质、可溶性糖和单宁含量在参试无性系间均存在一定的变异,变异程度差异较大,种仁可溶性糖含量变异程度最大,无性系间变异系数高达39.67%,粗脂肪含量

无性系间变异较小,变异系数仅为2.76%。进一步的方差分析结果表明,可溶性糖含量参试无性系间的差异达极显著差异水平,说明山核桃无性系在种仁可溶性糖含量上存在显著的遗传变异。经SSR多重比较结果表明:高岭7号、徐坑40号与高岭8号3个无性系种仁可溶性糖含量极显著高于其它无性系,种仁可溶性糖含量最高的无性系是高岭7号,含量达0.68%,高出参试无性系总体均值74.00%,是

含量最低无性系高岭1号(含量0.29%)的2.34倍。种仁中的单宁是导致种仁涩口的主要物质,其含量高低直接影响山核桃仁的风味,种仁单宁含量在参试无性系中也表现出较大的差异,无性系间的变异系数达13.7%,其含量最高的是徐坑40号(单宁含量 $12.43 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),其含量高出所有参试无性系总体均值($9.87 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)25.9%,是含量最低无性系大源4号(单宁含量 $8.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)的1.53倍。

表2 山核桃不同无性系营养成分指标变异分析

Table 2 Variation analysis of nutrients of *C. cathayensis* clones

无性系号 Clone code	粗脂肪 Crude/%	蛋白质 Protein/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	可溶性糖 Soluble sugar/%	单宁 Tannin/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
徐坑89号 Xukeng 89	58.51 ± 2.86A	55.07 ± 4.59B	0.30 ± 0.11 CD	9.18 ± 1.69A
徐坑40号 Xukeng 40	57.61 ± 4.05A	59.93 ± 4.72AB	0.67 ± 0.08 AB	12.43 ± 1.08A
高岭7号 Gaoling 7	57.01 ± 4.56A	64.30 ± 7.11AB	0.78 ± 0.07 A	8.55 ± 2.15A
大源4号 Dayuan 4	56.83 ± 3.69A	63.40 ± 2.50AB	0.30 ± 0.09 CD	8.11 ± 3.24A
高岭5号 Gaoling 5	56.70 ± 5.25A	62.93 ± 7.72AB	0.51 ± 0.09 BC	10.34 ± 2.14A
大源2号 Dayuan 2	56.21 ± 3.84A	65.37 ± 6.03A	0.38 ± 0.07 CD	10.34 ± 1.72A
高岭1号 Gaoling 1	55.75 ± 4.09A	60.07 ± 5.59AB	0.36 ± 0.08 CD	10.38 ± 0.39A
高岭3号 Gaoling 3	55.69 ± 3.22A	63.00 ± 2.80AB	0.31 ± 0.07 CD	10.02 ± 3.10A
高岭8号 Gaoling 8	55.43 ± 3.64A	62.40 ± 3.70AB	0.66 ± 0.04 AB	9.65 ± 3.27A
大源5号 Dayuan 5	54.86 ± 6.31A	65.50 ± 1.73A	0.44 ± 0.18 CD	8.37 ± 2.81A
徐坑24号	52.64 ± 9.89A	58.57 ± 4.59AB	0.26 ± 0.08 D	11.18 ± 2.41A
均值 Mean	56.11	61.87	0.45	9.87
变异系数 CV/%	2.76	5.13	39.67	13.07
均方 MS	7.22	30.16	0.10	4.99
F值 F value	0.60	2.23	12.84**	1.13

注:显著水平为1%,字母相同为差异不显著,字母不同为差异显著,**为差异极显著。

Note: At the significant level of 1%, no significant difference for the same letter, and different letters for the significant difference, ** mean the difference was extremely significant.

2.3 山核桃不同无性系矿质元素含量比较分析

植物籽粒微量元素质量分数常受土壤母质性质的巨大影响,并可能由此影响农产品品质^[23],矿质元素含量的高低是评鉴山核桃种仁品质的主要指标。山核桃种仁中富含钾、钙、钠、镁、锌等人体必需矿质营养物质,与郑春霞等^[24]测定的新疆9种干果微量元素比较可以发现,山核桃种仁中的锰、铜、锌含量明显大于新疆地区9种干果的含量,这也与钱新标等^[23]研究结果一致。表3为11个山核桃参试无性系种仁中9种矿质元素含量变异分析结果,从中可以看出:山核桃种仁矿质元素总量及各元素含量在无性系间均存在一定程度的差异,种仁中矿质元素总量参试无性系总体均值为 $4\,530.49 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$,变异系数6.51%,总量最高的是徐坑24号($5\,073.78 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$),最低的是高岭7号($3\,906.71 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$),两者相差 $1\,167.07 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$;山核桃种仁中含量最高的矿质元素是钾(K)(平均含量为 $3\,087.66 \text{ ug} \cdot$

g^{-1}),其次为镁(Mg)(平均含量为 $818.98 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$)。9种矿质元素中,无性系间变异最大的是钠(Na)和铬(Cr),变异系数分别高达46.15%和24.00%,说明铬(Cr)和钠(Na)在参试无性系间存在较大的差异。对参试无性系种仁矿质元素总量及各元素含量的方差分析结果表明,山核桃种仁中钠(Na)含量参试无性系间差异达极显著水平,钙(Ca)含量参试无性系间差异达显著水平。经SSR多重比较,大源4号无性系钠(Na)含量高达 $11.53 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$,极显著高于其它无性系,是所有参试无性系总体均值($5.36 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$)的2.15倍;徐坑24号和徐坑89号钙(Ca)含量显著高于其它无性系,其中徐坑24号无性系钙(Ca)含量最高,其含量($507.93 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$)高出所有参试无性系总体均值($424.89 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$)19.54%,是含量最低无性系高岭7号($322.53 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$)的1.57倍。

表3 山核桃不同无性系的矿质元素含量方差分析、多重比较及变异分析

Table 3 Variance analysis, multiple comparison and variation analysis of mineral element contents of

<i>C. cathayensis</i> clones						ug · g ⁻¹
无性系号 Clone code	K	Ca	Na	Mg	Zn	
徐坑 24 Xukeng 24	3 473.57 ± 252.25A	507.93 ± 120.91A	3.70 ± 0.66C	882.23 ± 81.12A	56.67 ± 14.57A	
高岭 3号 Gaoling 3	3 197.40 ± 253.37A	444.13 ± 69.28AB	5.07 ± 0.81BC	854.70 ± 52.58A	59.33 ± 4.51A	
徐坑 89号 Xukeng 89	3 194.97 ± 284.02A	495.47 ± 100.75A	5.77 ± 1.27BC	816.87 ± 74.36A	59.33 ± 6.43A	
徐坑 40号 Xukeng 40	3 182.33 ± 564.61A	460.03 ± 137.57AB	3.17 ± 0.31C	845.13 ± 137.13A	55.00 ± 3.46A	
大源 4号 Dayuan 4	3 162.20 ± 5.39A	397.57 ± 27.32AB	11.53 ± 1.77A	807.30 ± 69.36A	60.67 ± 10.97A	
高岭 8号 Gaoling 8	3 106.13 ± 421.38A	457.43 ± 27.12AB	3.20 ± 1.31C	827.07 ± 102.18A	60.67 ± 20.23A	
大源 2号 Dayuan 2	3 014.37 ± 210.03A	406.80 ± 105.64AB	4.27 ± 0.31C	861.90 ± 69.54A	55.33 ± 3.51A	
大源 5号 Dayuan 5	2 984.50 ± 456.10A	367.23 ± 45.77AB	6.07 ± 0.55BC	821.13 ± 211.08A	57.00 ± 4.36A	
高岭 5号 Gaoling 5	2 951.07 ± 306.20A	390.83 ± 8.75AB	3.83 ± 0.42C	818.40 ± 52.36A	54.67 ± 10.21A	
高岭 1号 Gaoling 1	2 950.47 ± 337.37A	423.87 ± 73.65AB	4.57 ± 1.69C	804.87 ± 22.70A	56.67 ± 5.13A	
高岭 7号 Gaoling 7	2 747.23 ± 406.59A	322.53 ± 57.31B	7.80 ± 2.25B	669.23 ± 97.76A	48.00 ± 15.39A	
均值 Mean	3 087.66	424.89	5.36	818.98	56.67	
变异系数 CV/%	6.12	13.01	46.15	6.76	6.36	
均方 MS	107 017.82	9 173.28	18.36	9 191.26	39.00	
F值 F value	0.90	2.48 *	11.62 **	1.00	0.49	
无性系号 Clone code	Mn	Fe	Cu	Cr	总含量 Total content	
徐坑 24 Xukeng 24	121.27 ± 25.30A	23.00 ± 2.36A	10.10 ± 2.41A	0.26 ± 0.04A	5 078.73 ± 476.70A	
高岭 3号 Gaoling 3	94.47 ± 18.42A	24.27 ± 0.80A	11.30 ± 0.79A	0.45 ± 0.10A	4 691.12 ± 299.89A	
徐坑 89号 Xukeng 89	115.07 ± 11.68A	20.43 ± 2.63A	11.00 ± 1.25A	0.41 ± 0.13A	4 719.31 ± 156.13A	
徐坑 40号 Xukeng 40	108.80 ± 3.97A	20.17 ± 2.31A	10.13 ± 0.57A	0.37 ± 0.02A	4 685.13 ± 826.26A	
大源 4号 Dayuan 4	102.10 ± 22.86A	29.17 ± 6.71A	11.37 ± 0.81A	0.35 ± 0.09A	4 582.25 ± 110.40A	
高岭 8号 Gaoling 8	114.00 ± 29.53A	23.17 ± 6.77A	12.20 ± 4.72A	0.29 ± 0.06A	4 604.15 ± 595.02A	
大源 2号 Dayuan 2	97.53 ± 27.34A	23.47 ± 3.46A	10.83 ± 1.56A	0.21 ± 0.08A	4 474.71 ± 103.14A	
大源 5号 Dayuan 5	79.17 ± 19.81A	28.50 ± 5.29A	10.77 ± 0.67A	0.34 ± 0.11A	4 354.71 ± 642.22A	
高岭 5号 Gaoling 5	106.20 ± 28.86A	26.53 ± 7.37A	10.67 ± 1.44A	0.34 ± 0.20A	4 362.54 ± 271.15A	
高岭 1号 Gaoling 1	102.50 ± 19.51A	21.57 ± 1.37A	11.27 ± 0.81A	0.25 ± 0.13A	4 376.00 ± 336.07A	
高岭 7号 Gaoling 7	84.90 ± 33.96A	17.30 ± 6.28A	9.47 ± 2.97A	0.24 ± 0.05A	3 906.71 ± 560.68A	
均值 Mean	102.36	23.42	10.83	0.32	4 530.49	
变异系数 CV/%	12.51	15.39	6.86	24.00	6.51	
均方 MS	491.73	38.96	1.65	0.02	260 766.87	
F值 F value	0.92	1.68	0.61	1.83	1.20	

注:显著水平为1%,字母相同为差异不显著,字母不同为差异显著,*为差异显著,**为差异极显著。

Note: At the significant level of 1%, no significant difference for the same letter, and different letters for the significant difference, * mean the differences was significant, ** mean the difference was extremely significant.

2.4 山核桃不同无性系种仁蛋白氨基酸组分含量比较分析

氨基酸是蛋白质的组成成分,在人体营养和生理上占有重要地位,为满足人体新陈代谢的需要,人们必须从食物中摄取人体所需的氨基酸^[25]。山核桃种仁中富含17种氨基酸,包含人体所必需8种氨基酸中的7种。表4为11个山核桃参试无性系种仁氨基酸含量的分析测定结果,从中可以看出:参试无性系种仁中氨基酸总量总体均值为53.99 mg · g⁻¹,7种人体必需氨基酸总量总体均值为18.39 mg · g⁻¹,占氨基酸总量的34.06%。山核桃种仁所含的17种氨基酸中,大源2号谷氨酸和精氨酸含量最高,分别为12.02 mg · g⁻¹和7.51 mg · g⁻¹。在山核

桃种仁所含人体所必需的7种氨基酸中,大源2号亮氨酸含量最高,含量为4.59 mg · g⁻¹,占7种人体必需氨基酸总量的24.96%。

对种仁氨基酸总量及各组分含量无性系间变异分析结果显示:氨基酸总量、人体必需氨基酸总量及各氨基酸含量在无性系间均存在较大程度的变异,无性系间变异系数在7.88%~22.95%之间,变异系数最大的是蛋氨酸,变异系数为22.95%,说明蛋氨酸在参试无性系间存在较大的差异。进一步的方差分析表明,氨基酸总量、人体必需氨基酸含量及各氨基酸组分含量无性系间差异均达极显著水平。经SSR多重比较结果表明:大源2号、大源4号和高岭7号3个无性系的氨基酸总量和必需氨基酸总量也

表 4 山核桃不同无性系水解氨基酸含量方差分析、多重比较与变异分析
Table 4 Variance analysis, multiple comparison and variation analysis of hydrolysis amino acid contents of *C. cathayensis* clones

无性系号 Clone code	mg · g ⁻¹													均值/Mean/ 变异系数 CV/%	徐坑 89 号 Xukeng 89	徐坑 40 号 Xukeng 40	徐坑 24 号 Xukeng 24	高岭 8 号 Gaoling 8	高岭 7 号 Gaoling 7	高岭 5 号 Gaoling 5	高岭 3 号 Gaoling 3	大源 5 号 Dayuan 5	大源 4 号 Dayuan 4	大源 2 号 Dayuan 2	F 值
	高岭 1 号 Gaoling 1	高岭 3 号 Gaoling 3	高岭 5 号 Gaoling 5	高岭 7 号 Gaoling 7	高岭 8 号 Gaoling 8	徐坑 24 号 Xukeng 24	徐坑 40 号 Xukeng 40	徐坑 89 号 Xukeng 89																	
天冬氨酸 Asp	6.30 ± 0.20A	5.77 ± 0.15A	4.27 ± 0.040B	4.57 ± 0.25B	4.50 ± 0.26B	4.53 ± 0.15B	5.63 ± 0.47A	4.50 ± 0.40B	4.07 ± 0.25B	4.63 ± 0.38B	4.40 ± 0.30B	4.83/14.89	1.55/16.08**												
苏氨酸 Thr*	3.09 ± 0.17A	2.79 ± 0.15AB	2.19 ± 0.12D	2.19 ± 0.12D	2.39 ± 0.13CD	2.29 ± 0.13CD	2.79 ± 0.15AB	2.39 ± 0.13CD	2.19 ± 0.12D	2.29 ± 0.13CD	2.59 ± 0.14BC	2.47/12.20	0.27/14.42**												
丝氨酸 Ser	3.51 ± 0.18A	3.31 ± 0.177A	2.60 ± 0.14BC	2.50 ± 0.13C	2.80 ± 0.15BC	2.70 ± 0.14BC	3.41 ± 0.18A	2.90 ± 0.15B	2.60 ± 0.14BC	2.90 ± 0.15B	2.70 ± 0.14BC	2.90/11.95	0.36/15.37**												
谷氨酸 Glu	12.02 ± 0.63A	11.52 ± 0.60A	9.02 ± 0.47B	8.81 ± 0.46BC	9.22 ± 0.48B	8.71 ± 0.46BC	10.92 ± 0.57A	9.72 ± 0.51B	7.61 ± 0.40C	8.91 ± 0.47B	8.41 ± 0.44BC	9.53/14.44	5.69/22.34**												
甘氨酸 Gly	3.19 ± 0.17A	2.99 ± 0.16AB	2.50 ± 0.13C	2.40 ± 0.13C	2.50 ± 0.13C	2.60 ± 0.14C	3.09 ± 0.16A	2.60 ± 0.14C	2.40 ± 0.13C	2.70 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14C	2.69/10.44	0.24/11.70**												
丙氨酸 Ala	3.21 ± 0.17A	3.21 ± 0.17A	2.70 ± 0.14BC	2.50 ± 0.13CD	2.60 ± 0.14CD	2.50 ± 0.13CD	3.01 ± 0.16AB	2.60 ± 0.14CD	2.30 ± 0.12D	2.40 ± 0.13CD	2.60 ± 0.14CD	2.70/11.45	0.29/14.14**												
缬氨酸 Val*	3.41 ± 0.18A	3.21 ± 0.17A	2.70 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14B	2.80 ± 0.15B	2.80 ± 0.15B	3.41 ± 0.18A	2.80 ± 0.15B	2.50 ± 0.13B	2.60 ± 0.14B	2.80 ± 0.15B	2.88/11.02	0.30/13.10**												
胱氨酸 Cys	0.84 ± 0.03A	0.76 ± 0.03BC	0.57 ± 0.02E	0.65 ± 0.03DE	0.70 ± 0.03CD	0.72 ± 0.03BC	0.77 ± 0.03B	0.74 ± 0.03BC	0.63 ± 0.03DE	0.70 ± 0.03CD	0.76 ± 0.03BC	0.71/11.29	0.02/22.83**												
蛋氨酸 Met*	0.67 ± 0.03BC	0.53 ± 0.02E	0.45 ± 0.02FG	0.40 ± 0.02G	0.47 ± 0.02F	0.55 ± 0.02DE	0.72 ± 0.03B	0.59 ± 0.02D	0.42 ± 0.02FG	0.79 ± 0.03A	0.65 ± 0.03C	0.56/22.95	0.05/91.06**												
异亮氨酸 Ile*	2.70 ± 0.13A	2.70 ± 0.13A	2.10 ± 0.11BC	2.10 ± 0.11BC	2.20 ± 0.11B	2.10 ± 0.11BC	2.70 ± 0.13A	2.30 ± 0.12B	1.90 ± 0.09C	2.10 ± 0.11BC	2.10 ± 0.11BC	2.27/12.77	0.25/19.27**												
亮氨酸 Leu*	4.59 ± 0.24A	4.59 ± 0.24A	3.59 ± 0.19B	3.59 ± 0.19B	3.69 ± 0.19B	3.79 ± 0.20B	4.89 ± 0.26A	3.99 ± 0.21B	3.69 ± 0.19B	3.99 ± 0.21B	3.69 ± 0.19B	4.01/11.56	0.64/14.30**												
酪氨酸/Tyr	2.20 ± 0.12BC	2.60 ± 0.14A	1.90 ± 0.10DEF	2.10 ± 0.11BCD	1.70 ± 0.09F	2.00 ± 0.11CDE	2.30 ± 0.12B	1.90 ± 0.10DEF	1.80 ± 0.09EF	1.90 ± 0.10DEF	1.80 ± 0.09EF	2.02/13.08	0.21/18.37**												
苯丙氨酸 Phe*	3.99 ± 0.21A	3.99 ± 0.21A	3.59 ± 0.19AB	3.39 ± 0.18BCD	3.39 ± 0.18BCD	3.59 ± 0.19AB	3.79 ± 0.20AB	3.49 ± 0.18BC	2.99 ± 0.16D	3.09 ± 0.16CD	3.09 ± 0.16CD	3.49/9.90	0.36/10.52**												
赖氨酸 Lys*	3.11 ± 0.16A	2.90 ± 0.15AB	2.60 ± 0.14BC	2.40 ± 0.13C	2.60 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14BC	3.01 ± 0.16A	2.60 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14BC	2.60 ± 0.14BC	2.70/7.88	0.14/6.73**												
组氨酸 His	1.70 ± 0.09A	1.60 ± 0.08AB	1.30 ± 0.07DE	1.20 ± 0.06E	1.40 ± 0.07CD	1.40 ± 0.07CD	1.50 ± 0.08BC	1.50 ± 0.08BC	1.30 ± 0.07DE	1.30 ± 0.07DE	1.40 ± 0.07CD	1.42/10.37	0.06/11.55**												
精氨酸 Arg	7.51 ± 0.39A	7.21 ± 0.38A	6.21 ± 0.33BC	5.81 ± 0.30BCD	6.11 ± 0.32BC	5.11 ± 0.27D	7.11 ± 0.37A	6.31 ± 0.33B	5.41 ± 0.28CD	6.11 ± 0.32BC	5.61 ± 0.29BCD	6.23/12.35	1.77/16.41**												
脯氨酸 Pro	3.19 ± 0.17A	3.09 ± 0.16A	2.50 ± 0.13BC	2.20 ± 0.12C	2.60 ± 0.14B	2.60 ± 0.14B	2.50 ± 0.13BC	2.70 ± 0.14B	2.20 ± 0.12C	2.50 ± 0.13BC	2.20 ± 0.12C	2.57/13.02	0.34/18.09**												
必需氨基酸总量 Total amount of essential amino acids	21.55 ± 1.13A	20.71 ± 1.08A	17.24 ± 0.90B	16.69 ± 0.87B	17.56 ± 0.92B	17.74 ± 0.93B	21.30 ± 1.11A	18.17 ± 0.95B	16.31 ± 0.85B	17.48 ± 0.91B	17.53 ± 0.91B	18.39/10.20	10.55/11.35**												
氨基酸总量 Total amino acid content	65.23 ± 2.80A	62.78 ± 2.96A	50.80 ± 2.47BC	49.41 ± 1.97BC	51.68 ± 2.52BC	50.61 ± 2.31BC	61.54 ± 2.31A	53.64 ± 2.23B	46.62 ± 1.94C	51.54 ± 2.02BC	50.03 ± 2.10BC	53.99/11.49	115.42/20.86**												

注: * 为人体必需氨基酸; ** 为差异极显著; 显著水平为 1%; 字母相同为差异不显著, 字母不同为差异显著。

Note: * Mean essential amino acids; ** * mean the difference was extremely significant, and the significant level = 1%; no significant difference for the same letter, and different letters for the significant difference.

极显著高于其它无性系,其中大源 2 号含量最高,分别为 $65.23 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $21.55 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,分别高出氨基酸总量和必需氨基酸总量均值 20.82% 和 17.18%,分别是含量最低无性系徐坑 24 号的 1.40 倍和 1.32 倍。大源 2 号、大源 4 号和高岭 7 号 3 个无性系的天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸和精氨酸 10 种氨基酸含量极显著高于其它无性系;大源 2 号无性系苏氨酸、胱氨酸和组氨酸 3 种氨基酸含量极显著高于其它无性系;徐坑 40 号无性系蛋氨酸含量极显著高于其它无性系;大源 4 号无性系酪氨酸含量极显著高于其它无性系;大源 2 号和大源 4 号 2 个无性系的苯丙氨酸和脯氨酸含量极显著高于其它无性系。

3 讨 论

对 11 个山核桃参试无性系果实形态 10 个指标的测定分析结果表明:参试无性系平均青果单果质量为 17.99 g ,平均坚果单果质量为 5.57 g ,较解红恩等^[26]对山核桃实生起源林分测定的平均鲜果单果质量 13.58 g 和贾晓东等^[27]平均坚果单果质量 3.81 g 高出 32.47% 和 46.19%,平均坚果果长和坚果果宽分别为 26.05 mm 和 21.46 mm ,较贾晓东等^[27]平均坚果果长 21.85 mm 和坚果果宽 19.82 mm 分别高出 19.22% 和 8.27%,主要原因可能是山核桃无性系化种植果实大小较实生种植更为均一,品质更好。在 10 个果实形态测定指标中,仅青果果长和坚果果长在无性系间存在显著水平的差异,在 11 个山核桃参试无性系中,高岭 8 号、高岭 7 号 2 个无性系坚果果长显著高于其它无性系。

对参试山核桃无性系果实种仁内含物的测定分析表明:山核桃种仁内含物质主要为脂肪、蛋白质、可溶性糖及单宁,其含量分别占种仁的 56.11%、6.19%、0.45%、9.87%。在种仁中共检测出钾、钙、钠、镁、锌、锰、铁、铜、铬 9 种人体所需矿质元素,内含矿质元素中含量最高的元素是钾(K),参试无性系平均含量高达 $3\,087.66 \text{ ug} \cdot \text{g}^{-1}$,测定分析结果与李新委等^[17]研究结果基本一致。对 11 个山核桃无性系种仁内含物含量的方差分析结果表明,可溶性糖、矿质元素钠和钙含量在无性系间表现出显著或极显著差异。参试无性系中,高岭 7 号、徐坑 40 号与高岭 8 号 3 个无性系可溶性糖含量极显著高于其它无性系,大源 4 号无性系钠(Na)含量高达 11.53

$\text{ug} \cdot \text{g}^{-1}$,极显著高于其它无性系,徐坑 24 号和徐坑 89 号钙(Ca)含量显著高于其它无性系。有研究认为,成年人对微量元素日需求量铁为 $10 \sim 18 \text{ mg}$,铜为 2 mg ,锰为 $3 \sim 9 \text{ mg}$,锌为 $10 \sim 15 \text{ mg}$ ^[28],依据山核桃种仁矿质元素含量水平,成年人每天食用 $5 \sim 6$ 颗山核桃(约 30 g),即可满足铁日需求量的 3.78% $\sim 6.96\%$,铜日需求量的 16.25%,锰日需求量的 34.11% $\sim 102.33\%$,锌日需求量的 11.33% $\sim 17.00\%$,可见山核桃是优良的人体必需矿质元素来源食品。

对 11 个山核桃无性系果实种仁蛋白内含氨基酸组分及含量测定分析结果表明:山核桃种仁含有 17 种氨基酸,包含人体所必需 8 种氨基酸中的 7 种,这与王冀平等^[13]、刘力等^[15]、李新委等^[17]和章亭洲等^[29]研究结果一致。参试无性系种仁氨基酸总量均值为 $53.99 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,必需氨基酸总量均值为 $18.39 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,占总氨基酸含量的 34.06%,与 WHO/FAO 规定的标准(40%)^[30]差距较小,在所检测出的氨基酸中,谷氨酸和精氨酸含量显著高于其它氨基酸含量,精氨酸含量次之。谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸,其中谷氨酸还参与脑组织代谢,具有健脑作用,能促进脑细胞进行呼吸,有利于脑组织中的氨排除,天冬氨酸还具有降血压、抗疲劳等多种生理功能^[29,33],精氨酸可促进生长发育、创伤愈合和增强细胞免疫功能等效用^[13,34],因此山核桃可作为优质的蛋白质资源。对 11 个山核桃无性系种仁氨基酸含量的方差分析结果表明,氨基酸总量、人体必需氨基酸总量及各氨基酸含量在参试无性系间均表现出极显著差异。在参试无性系中,大源 2 号、大源 4 号和高岭 7 号 3 个无性系的氨基酸总量和人体必需氨基酸总量极显著高于其它无性系;大源 2 号、大源 4 号和高岭 7 号 3 个无性系的天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸和精氨酸 10 种氨基酸含量极显著高于其它无性系;大源 2 号无性系的苏氨酸、胱氨酸和组氨酸含量极显著高于其它无性系;徐坑 40 号无性系蛋氨酸含量极显著高于其它无性系;大源 4 号无性系酪氨酸含量极显著高于其它无性系;大源 2 号和大源 4 号 2 个无性系的苯丙氨酸和脯氨酸含量极显著高于其它无性系。

4 小 结

同核桃种仁^[31]、薄壳山核桃种仁^[32]一样,山核

桃种仁也富含蛋白质、可溶性糖、矿质元素和各种氨基酸,具有较高的营养和保健价值。山核桃作为浙皖天目山区最重要的特色干果和木本油料树种,对山核桃无性系的筛选评价,在优先考虑丰产性的同时,应对果实形态结构及种仁内含物营养指标进行综合分析评价。本文对11个山核桃参试无性系果实性状及营养成分研究结果表明:大源4号、高岭8号和高岭4号3个无性系的坚果大小、出籽率、出仁率、果仁质量等均高于其它几个无性系,具有优良的干果利用性状特点,可以作为山核桃干果利用无性系予以重点关注,徐坑89号无性系粗脂肪含量明显高于其它参试无性系,可作为山核桃高档食用油定向开发的重要资源。大源2号和大源4号无性系谷氨酸、精氨酸和天冬氨酸含量相对最高,可以作为氨基酸类产品开发的无性系进行进一步的评价。

参考文献:

[1] 张若惠,路安民. 中国山核桃属研究[J]. 植物分类学报,1979,17(2):40-44.

[2] 郑万钧. 中国树木志 第2卷[M]. 北京:中国林业出版社,1985:2379.

[3] 马良进,林君阳,李桥,等. 山核桃外果皮中的抑菌活性成分[J]. 林业科学,2009,45(12):90-94.

[4] 姚小华. 山核桃高效栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2012:1-9.

[5] 王静,吕芳德. 我国山核桃属植物研究进展[J]. 经济林研究,2012,30(1):138-142.

[6] 金志凤,赵宏波,李波,等. 基于GIS的浙江山核桃栽植综合区划[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(2):256-261.

[7] 黎章距,钱莲芳,钱光林. 山核桃保花保果技术研究[J]. 林业科学,1993,29(4):360-365.

[8] 常君,姚小华,王开良,等. 山核桃异砧嫁接技术研究[J]. 浙江林业科技,2013,33(6):28-31.

[9] 洪旗,叶浩然,周燕,等. 山核桃本砧嫁接技术研究[J]. 经济林研究,2013,31(4):203-205.

[10] 余琳,张卫斌,余兵妹. 山核桃不同砧穗组合嫁接苗造林效果及结实情况分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(3):143-145.

[11] 王白坡,程晓建,喻卫武,等. 山核桃嫁接育苗成活率探讨[J]. 浙江林学院学报,2002,19(3):231-234.

[12] 余琳,余忠敏,余家中,等. 山核桃嫁接育苗技术与造林试验[J]. 浙江林业科技,2006,26(5):20-23.

[13] 王冀平,李亚南,马建伟. 山核桃仁中主要营养成分的研究[J].

食品科学,1998,19(4):44-46.

[14] 张鹏,钟海雁,姚小华,等. 四种山核桃种仁含油率及脂肪酸组成比较分析[J]. 江西农业大学学报,2012,34(3):499-504.

[15] 刘力,龚宁,夏国华,等. 山核桃种仁蛋白质及氨基酸成分含量的变异分析[J]. 林业科学研究,2006,19(3):376-378.

[16] 葛林梅,邵海雁,穆宏磊,等. 山核桃加工过程脂肪酸氧化及抗氧化能力变化研究[J]. 中国粮油学报,2014,29(1):61-65.

[17] 李新委,谢世友,马燕,等. 山核桃营养价值与种植经济效益分析[J]. 农学学报,2015,5(2):51-56.

[18] 吴晓骏,吴威,赵余庆. 山核桃化学成分和生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发,2013,34(12):127-130.

[19] 王鸿飞,徐超,周明亮,等. 山核桃油改善小鼠记忆功能的研究[J]. 中国粮油学报,2012,27(7):63-66.

[20] 邵亮亮,徐佳杰,张亮,等. 炒制对山核桃仁营养成分的影响[J]. 食品科学,2010,31(24):424-426.

[21] 余兆硕,丁宏武,唐琦,等. 山核桃油提取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 农产品加工,2016,(1):19-23.

[22] 邵香君,徐建春,吴家森,等. 山核桃集约经营过程中土壤微生物量碳氮的变化[J]. 水土保持通报,2016,36(02):72-75.

[23] 钱新标,徐温新,张圆圆,等. 山核桃果仁微量元素分析初报[J]. 浙江林学院学报,2009,26(4):511-515.

[24] 郑春霞,王文全,阮晓. 新疆干果中微量元素含量分析[J]. 光谱学与光谱分析,2000,20(4):543-544.

[25] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养,2005,(7):48-49.

[26] 解红恩,黄有军,薛霞铭,等. 山核桃果实生长发育规律[J]. 浙江林学院学报,2008,25(4):527-531.

[27] 贾晓东,王婵,莫正海,等. 美国山核桃与浙江山核桃果实品质的比较研究[J]. 天津农业科学,2013,19(3):28-31.

[28] 李旭玫. 茶叶中的矿质元素对人体健康的作用[J]. 中国茶叶,2002,24(2):30-31.

[29] 章亭洲. 山核桃的营养、生物学特性及开发利用现状[J]. 食品与发酵工业,2006,32(4):90-93.

[30] Pellett P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods[J]. Food and Nutrition Bulletin,1980(S4):167.

[31] 张琦,程滨,赵瑞芬,等. 不同品种核桃仁的脂肪酸与氨基酸含量分析[J]. 山西农业科学,2011,39(11):1165-1169.

[32] 于敏,徐宏化,王正加,等. 6个薄壳山核桃品种的形态及营养成分分析[J]. 中国粮油学报,2013,28(12):74-77.

[33] 王芳,高瑜珑,阮琴,等. 山茶花氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 浙江师范大学学报:自然科学版,2015,38(3):342-347.

[34] Bauer I, Graessle S, Loidl P, et al. Novel insights into the functional role of three protein arginine methyltransferases in *Aspergillus nidulans*[J]. Fungal Genetics and Biology,2010,47(6):551-561.

(责任编辑:金立新)