

# 核桃杂交后代群体及优选单株 种仁中粗蛋白质和粗脂肪含量的遗传特性

安海山<sup>1a</sup>, 孟亚楠<sup>1a</sup>, 杨克强<sup>1a,1b,①</sup>, 侯立群<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学: a. 农业生态与环境重点实验室, b. 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018;

2. 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 为明确核桃(*Juglans regia* L.)种仁中粗蛋白质和粗脂肪含量的遗传特性,分别对品种‘元林’(母本)和‘青林’(父本)及其杂交后代群体种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量及其遗传参数进行了测定及分析;并在此基础上,比较分析了15个优选单株种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量以及种仁油的脂肪酸组成。结果显示:‘元林’和‘青林’及其杂交后代群体种仁中粗蛋白质含量均值分别为17.61%、19.28%和19.70%,变异系数分别为4.25%、7.99%和18.75%;粗脂肪含量均值分别为61.03%、59.28%和57.61%,变异系数分别为10.54%、4.93%和9.56%。杂交后代群体种仁的粗蛋白质及粗脂肪含量的各遗传参数均有较大差异;单株间粗蛋白质含量差异极显著( $P \leq 0.01$ ),遗传力( $H^2$ )和相对遗传增益( $\Delta G'$ )分别为0.93和33.12%;粗脂肪含量差异显著( $P \leq 0.05$ ), $H^2$ 和 $\Delta G'$ 分别为0.92和19.06%。15个优选单株种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量分别为15.78%~25.22%和50.41%~64.69%,其中,单株6-7、5-19和3-19的粗蛋白质和粗脂肪含量均较高。优选单株种仁油由亚油酸、油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、顺-11-二十碳烯酸和花生酸组成,以亚油酸相对含量最高(61.57%),不饱和脂肪酸总相对含量达87.48%。研究结果表明:与亲本相比,核桃杂交后代种仁的粗蛋白质含量较高、粗脂肪含量较低;对杂交后代进行优良单株筛选可获得粗蛋白质和粗脂肪含量较高的遗传增益。

**关键词:** 核桃; 杂交后代; 粗蛋白质含量; 粗脂肪含量; 遗传参数; 脂肪酸组成

中图分类号: Q946; S664.1-03 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2011)04-0024-05

**Genetic characters of crude protein and crude fat contents in kernel of hybrid progeny group and superior individuals of *Juglans regia*** AN Hai-shan<sup>1a</sup>, MENG Ya-nan<sup>1a</sup>, YANG Ke-qiang<sup>1a,1b,①</sup>, HOU Li-qun<sup>2</sup> (1. Shandong Agricultural University: a. Key Laboratory of Agricultural Ecology and Environment, b. State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, China; 2. Shandong Academy of Forestry, Ji'nan 250014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(4): 24-28

**Abstract:** In order to definite the genetic characters of crude protein and crude fat contents in kernel of walnut (*Juglans regia* L.), contents of crude protein and crude fat and their genetic parameters in kernel of cultivars ‘Yuanlin’ (female), ‘Qinglin’ (male) and their hybrid progeny group were determined and analyzed. And on this basis, crude protein and crude fat contents and fatty acid components in kernel oil of fifteen superior individuals were also comparatively analyzed. The results show that the average value of crude protein content in kernel of ‘Yuanlin’ and ‘Qinglin’ and their hybrid progeny group is 17.61%, 19.28% and 19.70% with variation coefficient of 4.25%, 7.99% and 18.75%, respectively, and that of their crude fat content is 61.03%, 59.28% and 57.61% with variation coefficient of 10.54%, 4.93% and 9.56%, respectively. There is great difference among genetic parameters between crude protein content and crude fat content of hybrid progeny group. The difference of crude protein content among progeny individuals is extremely significant ( $P \leq 0.01$ ) and its heritability

收稿日期: 2011-08-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31170632); 山东省农业良种工程项目(2010LZ010); 作物生物学国家重点实验室开放项目(2009KF02); 山东省教育厅资助项目(J10LC19)

作者简介: 安海山(1985—),男,河北邯郸人,硕士研究生,主要从事林木遗传育种研究。

①通信作者 E-mail: yangwere@126.com

( $H^2$ ) and relative genetic gain ( $\Delta G'$ ) is 0.93 and 33.12%, respectively. And the difference of crude fat content is significant ( $P \leq 0.05$ ) and its  $H^2$  and  $\Delta G'$  is 0.92 and 19.06%, respectively. The contents of crude protein and crude fat in kernel of fifteen superior individuals are 15.78%–25.22% and 50.41%–64.69%, respectively. In which, crude protein and crude fat contents of individuals 6–7, 5–19 and 3–19 all are higher. Kernel oil of superior individuals is composed of linoleic acid, oleic acid,  $\alpha$ -linolenic acid, palmitic acid, stearic acid, *cis*-11-eicosenoic acid and arachidic acid, in which, relative content of linoleic acid is the highest (61.57%), and that of unsaturated fatty acid is up to 87.48%. It is suggested that the crude protein content in kernel of walnut hybrid progenies is higher but crude fat content is lower as compared to the parents. The higher genetic gain of contents of crude protein and crude fat should be obtained by selecting superior individuals from these hybrid progenies.

**Key words:** *Juglans regia* L.; hybrid progeny; crude protein content; crude fat content; genetic parameter; fatty acid component

核桃(*Juglans regia* L.)又名胡桃,其果仁营养丰富,富含多种植物蛋白质、脂肪酸(尤其是不饱和脂肪酸)、碳水化合物以及多种维生素和人体必需的矿物质元素,具有很高的食用价值和保健价值<sup>[1-2]</sup>,是国际公认的传统坚果食品。2004年美国食品和药物管理局(FDA)批准将核桃作为健康食品,并将核桃称为“21世纪的超级食品”<sup>[3-4]</sup>。

目前,关于核桃的营养成分已有大量研究报道,有关核桃果实营养性状遗传特性对核桃品质和栽培的重要性也有一定的研究报道。Sharma等对核桃果仁中的蛋白质和脂肪含量进行了研究,并对Himachal Pradesh地区16个种源核桃的脂肪和蛋白质含量进行了遗传多样性分析<sup>[5-7]</sup>;郝艳宾等<sup>[8]</sup>对5个早实核桃品种及实生核桃坚果中的蛋白质和脂肪酸组成进行了比较;吴开志等<sup>[9]</sup>对4个核桃类群种仁的粗脂肪和氨基酸含量的遗传多样性进行了研究。然而,目前关于核桃蛋白质和脂肪含量遗传特性的研究多集中于不同种及品种间,有关同一品种杂交后代不同个体间营养成分的遗传变异研究鲜见报道。

作者对核桃品种‘元林’和‘青林’及其杂交后代实生单株种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量及其遗传参数进行了测定和分析,通过综合评价筛选出蛋白质和脂肪含量较高的优良单株,并对这些优良单株的粗蛋白质和粗脂肪含量及脂肪酸组成和相对含量进行了比较,旨在为营养型核桃的育种提供实验依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

于2002年以核桃早实品种‘元林’为母本、晚实速生品种‘青林’为父本进行人工杂交,当年秋季获

得F1杂交种子,并于2003年春季播种;2005年3月将94株杂交苗标记后定植于山东农业大学林学综合实验站,同时采用随机区组实验设计法栽植亲本‘元林’和‘青林’2年生嫁接苗各3株,共计100株。

### 1.2 方法

1.2.1 粗蛋白质及粗脂肪含量测定 2008年9月3日收获上述100株6年生实生苗的果实,每株随机选取5~10个果实进行粗蛋白质和粗脂肪含量测定。

称取核桃种仁2~5g,采用索氏提取法<sup>[10-11]</sup>测定粗脂肪含量;称取核桃种仁(粉碎干样)约0.2g,采用半微量凯氏定氮法<sup>[12]</sup>测定粗蛋白质含量。均重复测定3次,并计算和分析各遗传参数。

1.2.2 脂肪酸组成及含量测定 经综合评价筛选出高脂肪的油用优系和高蛋白的仁用优系共15个优良单株用于脂肪酸组成和含量的测定和分析。

核桃种仁粉碎后取5.0g,加入100mL乙醚,用AS7240A1型超声波提取器(天津奥特赛恩斯仪器有限公司)提取1~2min,过滤,旋转蒸发溶剂,脱水后得到核桃仁油,重复提取3次;核桃仁油经甲酯化后取上清液,用岛津GC-14C气相色谱仪进行分析。色谱条件为:CBP1-N12-010毛细管柱(30m×0.250mm×0.25 $\mu$ m);起始温度170 $^{\circ}$ C保温2min后,以5 $^{\circ}$ C·min<sup>-1</sup>速率升温至240 $^{\circ}$ C并保持16min;汽化室和检测室温度均为270 $^{\circ}$ C;载气为高纯氮气,总流速60mL·min<sup>-1</sup>;分流比100:1,进样量0.4 $\mu$ L。

### 1.3 数据处理

参照文献<sup>[13-14]</sup>的公式计算遗传方差( $\sigma_g^2$ )、环境方差( $\sigma_e^2$ )、表型方差( $\sigma_p^2$ )、遗传力( $H^2$ )、相对遗传增益( $\Delta G'$ )、环境变异系数( $CV_e$ )、遗传变异系数( $CV_g$ )和表型变异系数( $CV_p$ );各成分含量的变异系数计算公式为 $CV=(\sigma/\mu)\times 100\%$ ,式中, $\sigma$ 为含量的

方差,  $\mu$  为含量的平均值。

采用 Excel 2007 和 SAS 9.0 软件对实验数据进行统计和分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 亲本及杂交后代群体粗蛋白质和粗脂肪含量的变异及其遗传参数分析

2.1.1 粗蛋白质和粗脂肪含量的变异分析 供试核桃品种‘元林’和‘青林’及其杂交后代群体种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量及其变异系数见表1。核桃品种‘元林’和‘青林’及其杂交后代群体种仁中粗蛋白

质含量的均值分别为 17.61%、19.28% 和 19.70%，对应的变异系数分别为 4.25%、7.99% 和 18.75%。比较而言，杂交后代群体的粗蛋白质含量略高于双亲，但其变异系数则明显高于双亲，表明杂交后代群体中各单株的粗蛋白质含量发生了较大变异。

核桃品种‘元林’和‘青林’及其杂交后代群体种仁中粗脂肪含量的均值分别为 61.03%、59.28% 和 57.61%，对应的变异系数分别为 10.54%、4.93% 和 9.56%。比较而言，杂交后代群体的粗脂肪含量略低于双亲，极差较大(47.38%~67.71%)，变异系数介于双亲之间但与母本接近。

表1 核桃品种‘元林’和‘青林’及其杂交后代群体种仁中粗蛋白质和粗脂肪含量及变异系数的比较<sup>1)</sup>

Table 1 Comparison of contents and variation coefficients of crude protein and crude fat in kernel of cultivars ‘Yuanlin’ and ‘Qinglin’ of *Juglans regia* L. and their hybrid progeny group<sup>1)</sup>

样品 Sample	粗蛋白质含量/% Crude protein content		粗脂肪含量/% Crude fat content	
	极差 Range	均值 Average	极差 Range	均值 Average
元林 Yuanlin	16.75-18.12	17.61(4.25%)	55.32-68.00	61.03(10.54%)
青林 Qinglin	17.52-20.39	19.28(7.99%)	56.28-62.10	59.28(4.93%)
杂交后代 Hybrid progeny	15.34-23.97	19.70(18.75%)	47.38-67.71	57.61(9.56%)

<sup>1)</sup> 括号中的数值为变异系数 The datums in brackets represent the variation coefficients.

2.1.2 粗蛋白质和粗脂肪含量的遗传参数分析 供试核桃品种‘元林’和‘青林’的 94 个杂交后代单株种仁粗蛋白质及粗脂肪含量的遗传参数见表2。方差分析结果表明：不同杂交后代单株间的种仁粗蛋白质含量存在极显著差异( $P \leq 0.01$ )，其遗传力( $H^2$ )和相对遗传增益( $\Delta G'$ )分别为 0.93 和 33.12%；不同杂交后代单株间的种仁粗脂肪含量则存在显著差异( $P \leq 0.05$ )，其  $H^2$  和  $\Delta G'$  分别为 0.92 和 19.06%。分析结果说明：在这些杂交后代单株中进行优良单株筛选可获得粗蛋白质和粗脂肪含量较高的遗传增益。

杂交后代群体种仁粗蛋白质和粗脂肪含量的各遗传参数存在较大差异，其中，粗脂肪含量的遗传方

差和表型方差大于粗蛋白质含量；粗蛋白质含量的环境方差、遗传力、相对遗传增益、环境变异系数、遗传变异系数和表型变异系数均大于粗脂肪含量。

### 2.2 优选单株粗蛋白质和粗脂肪含量及脂肪酸组成和含量分析

2.2.1 粗蛋白质和粗脂肪含量分析 经综合分析后筛选出的 15 个优选单株分别为 3-19、1-3、4-2、5-11、5-19、1-9、1-6、5-16、5-4、3-14、4-12、4-17、4-23、6-7 和 1-11，其种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量见表3。15 个优选单株种仁的粗蛋白质和粗脂肪含量分别为 15.78%~25.22% 和 50.41%~64.69%，平均值分别为 19.86% 和 59.83%，粗蛋白质和粗脂肪含

表2 核桃品种‘元林’和‘青林’杂交后代群体种仁中粗蛋白质和粗脂肪含量的遗传参数<sup>1)</sup>

Table 2 Genetic parameters of crude protein and crude fat contents in kernel of hybrid progeny group of cultivars ‘Yuanlin’ and ‘Qinglin’ of *Juglans regia* L.<sup>1)</sup>

指标 Index	$F$	$\sigma_g^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$H^2$	$\Delta G'$	$CV_e/\%$	$CV_g/\%$	$CV_p/\%$
粗蛋白质含量 Crude protein content	16.65 **	9.56	1.32	8.21	0.93	33.12	5.55	16.54	18.35
粗脂肪含量 Crude fat content	11.99 *	33.02	0.98	31.68	0.92	19.06	1.61	9.45	10.02

<sup>1)</sup>  $\sigma_g^2$ : 遗传方差 Genetic variance;  $\sigma_e^2$ : 环境方差 Environmental variance;  $\sigma_p^2$ : 表型方差 Phenotypic variance;  $H^2$ : 遗传力 Heritability;  $\Delta G'$ : 相对遗传增益 Relative genetic gain;  $CV_e$ : 环境变异系数 Environmental variation coefficient;  $CV_g$ : 遗传变异系数 Genetic variation coefficient;  $CV_p$ : 表型变异系数 Phenotypic variation coefficient. \*:  $P \leq 0.05$ ; \*\*:  $P \leq 0.01$ .

表3 核桃品种‘元林’和‘青林’杂交后代15个优选单株种仁粗蛋白质和粗脂肪含量的比较<sup>1)</sup>Table 3 Comparison of crude protein and crude fat contents in kernel of 15 superior individuals selected from hybrid progenies of cultivars ‘Yuanlin’ and ‘Qinglin’ of *Juglans regia* L.<sup>1)</sup>

单株编号 No. of individual	含量/% Content	
	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat
1-3	21.39B	62.29AB
1-6	19.27E	60.92AB
1-9	19.37DE	55.26C
1-11	18.00F	61.29AB
3-14	16.47G	63.75A
3-19	20.84BC	63.87A
4-2	20.64BCD	50.41D
4-12	19.65CDE	60.95AB
4-17	16.68G	58.16BC
4-23	15.78G	55.70C
5-4	17.98F	63.82A
5-11	21.54B	53.68CD
5-19	24.67A	64.69A
6-7	25.22A	62.11AB
5-16	20.46BCDE	60.53AB
均值 Average	19.86	59.83

<sup>1)</sup> 同列中不同的大写字母表示差异极显著 ( $P \leq 0.01$ ) Different capitals in the same column indicate the highly significant difference ( $P \leq 0.01$ ).

量高于平均含量的优选单株分别有7株和10株。

单株6-7的粗蛋白质含量最高(25.22%),与均值的差值达5.36%,极显著高于其他单株(单株5-19除外)。单株5-19、5-11、1-3、3-19、4-2和5-16的粗蛋白质含量分别达24.67%、21.54%、21.39%、20.84%、20.64%和20.46%,均高于均值,与均值的差值分别达4.81%、1.68%、1.53%、0.98%、0.78%和0.60%。单株4-23、3-14、4-17、5-4、1-11、1-6、1-9和4-12的粗蛋白质含量为15.78%~19.65%,均低于均值;其中,单株4-23的粗蛋白质含量最低,仅15.78%;单株4-17、4-23和3-14的粗蛋白质含量极显著低于其他单株。

单株5-19的粗脂肪含量最高(64.69%),与均值的差值达4.86%;单株3-19、5-4、3-14、1-3、6-7、1-11、4-12、1-6和5-16的粗脂肪含量也较高,分别为63.87%、63.82%、63.75%、62.29%、62.11%、61.29%、60.95%、60.92%和60.53%,并且均高于均值,与均值的差值分别达4.04%、3.99%、3.92%、2.46%、2.28%、1.46%、1.12%、1.09%和0.70%;与其他单株粗脂肪含量差异达极显著水平。单株4-2、5-11、1-9、4-23和4-17的粗脂肪含量均低于均值,

为50.41%~58.16%;其中,单株4-2的粗脂肪含量最低,仅50.41%。

2.2.2 脂肪酸组成及含量分析 脂肪酸含量是评价核桃营养品质的重要指标之一。核桃品种‘元林’和‘青林’杂交后代15个优选单株种仁油的脂肪酸组成及相对含量见表4。从种仁油中共检测出7种脂肪酸,包括3种饱和脂肪酸[棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和花生酸(C20:0)]和4种不饱和脂肪酸[油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、 $\alpha$ -亚麻酸(C18:3)和顺-11-二十碳烯酸(C20:1)];按相对含量由高到低排序为亚油酸、油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、顺-11-二十碳烯酸、花生酸;除亚油酸外,相对含量的变异系数均在20%以上。总体而言,种仁中油酸、亚油酸和 $\alpha$ -亚麻酸等不饱和脂肪酸的相对含量较高,均在10%以上;尤其是亚油酸,相对含量高达61.57%;不饱和脂肪酸的总相对含量达87.48%。

表4 核桃品种‘元林’和‘青林’杂交后代15个优选单株种仁油中脂肪酸成分的相对含量及变异系数

Table 4 Relative content and variation coefficient of fatty acid components in kernel oil of 15 superior individuals selected from hybrid progenies of cultivars ‘Yuanlin’ and ‘Qinglin’ of *Juglans regia* L.

成分 Component	相对含量/% Relative content		变异系数/% Variation coefficient
	极差 Range	均值 Average	
棕榈酸 palmitic acid	4.30-7.78	5.11	22.06
硬脂酸 stearic acid	2.13-3.21	2.55	24.54
花生酸 arachidic acid	0.05-0.14	0.08	27.15
油酸 oleic acid	9.54-18.82	15.27	24.29
亚油酸 linoleic acid	47.38-66.22	61.57	7.39
$\alpha$ -亚麻酸 $\alpha$ -linolenic acid	9.95-12.54	10.54	21.34
顺-11-二十碳烯酸 cis-11-eicosenoic acid	0.07-0.13	0.10	20.22

### 3 讨 论

核桃是富含多种营养成分的优良干果食品,其种仁的主要营养成分是脂肪和蛋白质。核桃品种‘元林’与‘青林’杂交后代单株种仁的粗脂肪含量最高可达67.71%,最低为47.38%;粗蛋白质含量最高达23.97%,最低为15.34%,这一研究结果与赵安玖等<sup>[15]</sup>的研究结果基本相符。与其他油料作物<sup>[16-18]</sup>相比,核桃的蛋白质和脂肪含量均较高,说明核桃是富含蛋白质的油料树种,具有较高的食用和营养价值,

可作为天然保健食品的首选。

核桃种仁的含油量较高,脂肪酸含量达97%以上,其中不饱和脂肪酸含量超过90%<sup>[19]</sup>,主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸( $\alpha$ -亚麻酸)组成<sup>[20-21]</sup>。其中,亚麻酸( $\omega$ -3脂肪酸)和亚油酸( $\omega$ -6脂肪酸)为人的必需脂肪酸,均有重要的生物活性,对维持人体健康、调节生理机能具有重要作用<sup>[22-23]</sup>,这2种脂肪酸含量保持4:1~10:1的比例才有利于人体健康。核桃杂交后代15个优选单株种仁中这2种脂肪酸相对含量的比例约6:1,比例较佳。

脂肪酸组成决定了油脂的品质,必需脂肪酸对人体健康具有非常重要的作用,因此,人们越来越重视对核桃油脂成分的分析<sup>[24]</sup>。核桃品种‘元林’与‘青林’杂交后代15个优良单株种仁油由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、花生酸及顺-11-二十碳烯酸组成,按相对含量由高到低排序为亚油酸、油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、顺-11-二十碳烯酸、花生酸,与王晓燕等<sup>[25]</sup>的研究结果基本趋同。

与核桃品种‘元林’和‘青林’相比,其杂交后代群体种仁中的粗蛋白质和粗脂肪含量均产生了一定的变异,其中粗蛋白质含量存在极显著差异( $P \leq 0.01$ ),粗脂肪含量存在显著差异( $P \leq 0.05$ );粗蛋白质含量的变异系数较大且呈现超亲现象,而粗脂肪含量的变异系数介于双亲之间。说明在核桃杂交后代中进行优选单株筛选可获得粗蛋白质及粗脂肪含量都较高的遗传增益,有利于核桃营养品质的改良。然而,有关核桃种仁中蛋白质及脂肪遗传变异的具体调控机制及核桃优选单株的评价,尚待进一步研究,这也是高营养型核桃育种研究的重要方面之一。

#### 参考文献:

[1] 周兰英,肖千文,胡庭兴,等. 核桃杂交育种试验[J]. 林业实用技术, 2004(9): 7-8.

[2] 赵敏,孔令泉. 对当前核桃产业发展的几点看法[J]. 西北园艺: 果树, 2010(2): 5-6.

[3] Feldman E B. The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease [J]. The Journal of Nutrition, 2002, 132(5): 1062-1101.

[4] 李敏,刘媛,孙翠,等. 核桃营养价值研究进展[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 166-170.

[5] Sharma O C, Sharma S D. Protein and fat contents in the kernels of some promising walnut seedling (*Juglans regia* L.) [J]. Himachal Journal of Agricultural Research, 1997, 23(1/2): 122-124.

[6] Sharma O C, Sharma S D. Correlation between nut and kernel characters of Persian walnut seedling trees of Garsa Valley in Kullu District of Himachal Pradesh [J]. Acta Horticulturae, 2001, 544: 129-132.

[7] Sharma O C, Sharma S D. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (*Juglans regia* L.) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh [J]. Scientia Horticulturae, 2001, 88(2): 163-171.

[8] 郝艳宝,王克建,王淑兰,等. 几种早实核桃坚果中蛋白质、脂肪酸组成成分分析[J]. 食品科学, 2002, 23(10): 123-125.

[9] 吴开志,肖千文,唐礼贵,等. 核桃种仁粗脂肪和氨基酸含量的差异性分析[J]. 经济林研究, 2007, 25(2): 15-18.

[10] 朱凤岗,王忠胜,耿玉珍,等. 农科化学实验[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

[11] 陈隆升,彭方仁,梁有旺,等. 不同种源黄连木种子形态特征及脂肪油品质的差异性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(1): 16-21.

[12] NY/T 3—1982. 谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法: 微量凯氏法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1982.

[13] 李加纳. 数量遗传学概论[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1995: 140-210.

[14] 刘来福. 作物数量遗传学基础: 三、遗传力与选择效果[J]. 遗传, 1979, 1(5): 44-48.

[15] 赵安玖,肖千文,胡庭兴. 四川省核桃的品质生态区划[J]. 经济林研究, 2004, 22(2): 1-4.

[16] Savage G P, McNeil D L. Chemical composition of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 1998, 48(3): 199-203.

[17] 吴社兰,周可金,路伟. 优质花生新品种的生育特征与产量结构研究[J]. 花生学报, 2005, 34(4): 28-31.

[18] 梁维坚,董德芬. 大果榛子育种与栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 17.

[19] 王尔茂. 食品营养与卫生[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995: 26-100.

[20] 罗伟强,刘宝,刁开盛. 毛细管气相色谱法测定核桃油中的脂肪酸[J]. 贵州化工, 2005, 30(3): 40-41.

[21] 王思宏,方英玉,朴英爱,等. 毛细管气相色谱/质谱法测定核桃仁油的脂肪酸[J]. 延边大学学报: 自然科学版, 1999, 25(1): 23-25.

[22] 刘志皋. 食品营养学[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2004.

[23] 郑建仙. 功能性食品: 第一卷[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995: 215-217.

[24] 景淑华,付渝滨,尚京川,等. 羟肟酸法快速测定食用油主要营养必需脂肪酸[J]. 色谱, 1998, 16(1): 53-55.

[25] 王晓燕,张志华,李月秋,等. 核桃品种中脂肪酸的组成与含量分析[J]. 营养学报, 2004, 26(6): 499-501.