

山核桃果仁微量元素分析初报

钱新标¹, 徐温新^{1,2}, 张圆圆¹, 窦春英¹, 叶正钱¹

(1. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300; 2. 陕西省宝鸡市市区河道综合治理委员会, 陕西 宝鸡 721003)

摘要: 通过野外调研并采集临安山核桃 *Carya cathayensis* 果实及对应的山核桃林地土壤, 分析山核桃果仁品质和不同母质类型土壤的基本理化性质, 比较了石灰岩母岩土壤和非石灰岩母岩土壤上山核桃品质的差别。结果表明, 生长于石灰岩母岩土壤和非石灰岩母岩土壤的山核桃果仁都富含粗蛋白和粗脂肪。经 *t* 检验分析, 不同土壤对果仁粗蛋白和粗脂肪质量分数的影响没有达到显著差别。果仁粗蛋白和粗脂肪变幅分别为 90 ~ 109 g·kg⁻¹ 和 665 ~ 694 g·kg⁻¹。山核桃果仁中的微量元素丰富, 特别是锌和铁, 变幅分别为 30 ~ 51 mg·kg⁻¹ 和 36 ~ 94 mg·kg⁻¹。果仁微量元素量与成土母质、母岩性质密切相关, 硒为某些石灰岩母岩土壤山核桃果仁所特有。表 4 参 13

关键词: 经济林学; 山核桃; 石灰岩土壤; 非石灰岩土壤; 果仁; 微量元素

中图分类号: S664.1; S714.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)04-0511-05

Trace elements in kernels of Chinese hickory (*Carya cathayensis*) grown in limestone and non-limestone soils

QIAN Xin-biao¹, XU Wen-xin^{1,2}, ZHANG Yuan-yuan¹, DOU Chun-ying¹, YE Zheng-qian¹

(1. School of Environmental Sciences and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Committee of River Management in Urban Area of Baoji City, Baoji 721003, Shaanxi, China)

Abstract: Because of only a few direct research reports, a field survey was conducted to determine kernel quality of Chinese hickory (*Carya cathayensis*), a reputed healthy food in China, grown in limestone soils, which are believed to be better for the trees than other soils. Soils were divided into two groups, namely limestone soils and the other non-limestone soils. Next, nuts of *C. cathayensis* with corresponding soil samples were collected. Kernel quality was analyzed for crude protein, crude fat, and trace elements and then compared using a *t*-test. Results showed that the kernels were rich in crude protein (ranging from 90 to 109 g·kg⁻¹) and crude fat (ranging from 665 to 694 g·kg⁻¹), but there were no significant differences between the two soil groups. The kernels were also rich in many nutritional trace elements, especially Zn (30 - 51 mg·kg⁻¹) and Fe (36 - 94 mg·kg⁻¹). However, concentrations of most analyzed trace elements in the kernels were higher when collected from the trees grown in non-limestone soils, whereas Se was only detected in kernels grown in some of the limestone soils. Thus, more effort is needed to develop high quality *C. cathayensis* kernels rich in Zn, Fe, and Se for healthy and nutritious food products. [Ch, 4 tab. 13 ref.]

Key words: cash forestry; *Carya cathayensis*; limestone soils; non-limestone soils; kernel; trace elements

山核桃 *Carya cathayensis* 是中国著名的干果和木本油料作物, 具有很高的经济价值, 主要分布在 29° ~ 30°N, 118° ~ 120°E, 即浙江的临安、淳安、安吉、桐庐和安徽的宁国、歙县、旌德、绩溪等

收稿日期: 2008-05-25; 修回日期: 2009-03-04

基金项目: 浙江省科学技术重点项目(2007C12023); 浙江林学院科学研究发展基金资助项目(2004FK01)

作者简介: 钱新标, 实验师, 从事土壤肥料等研究。E-mail: qianxinbiao@zjfc.edu.cn。通信作者: 叶正钱, 教授, 博士, 从事土壤微量元素等研究。E-mail: yezhq@zjfc.edu.cn

县市,其中浙江临安为中心产区^[1]。山核桃多生长在坡陡土薄的山地,分布区的母岩以石灰岩最多,其次是板岩、石英斑岩、砂岩和页岩等。山核桃果肉香脆可口,营养价值丰富,山核桃油油味清香,具有润肺、滋补之功效,还可降低血脂,预防心脑血管疾病等药效,在人体营养和保健作用等方面都具有独特的作用^[2],山核桃仁中较高的微量元素是其具有独特功效的原因之一^[3-4]。有关山核桃果仁的有机组分的分离、测定等方面已有较多的研究^[1-2],但关于山核桃果仁微量元素的研究很少。据报道,以石灰岩发育的土壤上的山核桃品质较好。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。为此,作者在浙江山核桃主产区选择了发育于不同母质土壤的16个山核桃试验点,对试验点土壤的基本理化性质以及山核桃果仁粗脂肪、粗蛋白和20多种元素质量分数进行了分析,为山核桃生产、加工以及山核桃营养研究和药效研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2006年7月,在中国山核桃中心产区浙江临安选择了具有代表性的16个试验点,其中发育于石灰岩和非石灰岩母岩的土壤各8个试验点,树龄均为40~50年生,采集0~30cm土层土样,风干过筛后供土壤基本理化性质分析用。山核桃样品于2006年9月20日分别采于各试验点,果仁经75℃烘干粉碎后供品质分析和元素分析用。

1.2 分析测定方法

土壤基本理化性质测定方法:pH用酸度计测定(水土比为2.5:1.0);土壤有机质用硫酸重铬酸钾外加热法测定;碱解氮用碱解扩散法测定;有效磷用盐酸氟化铵浸提-分光光度法测定;速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度法测定;粗脂肪用残余法测定;粗蛋白用定氮法测定;微量元素用硝酸高氯酸消解-ICP(ICP-OES,美国TJA公司)测定^[5]。

2 结果与讨论

土壤理化性质分析结果表明(表1),山核桃林地中石灰岩土壤的pH值要比非石灰岩母岩土壤高出将近1个pH单位,非石灰岩母岩土壤pH 4.6~6.2,平均pH 5.0,最低的一个土壤接近pH 4.0;8个非石灰岩母岩土壤样地中有6个土壤的pH<5.5。而8个石灰岩母岩土壤样地中仅2个土壤的pH<5.5。相关研究表明,土壤pH 5.5~6.5最有利于山核桃的生长^[6-7],因此,单从pH值来看,石灰岩母岩土壤比非石灰岩母岩土壤更有利于山核桃生长。2种山核桃土壤中有机质和碱解氮平均质量分数相差不大;石灰岩母岩土壤的速效磷远远大于非石灰岩母岩土壤的速效磷质量分数,将近非石灰岩母岩土壤质量分数的8倍;速效钾平均质量分数也是石灰岩母岩土壤大于非石灰岩母岩土壤。与10多年前山核桃林地土壤相比,临安山核桃土壤pH下降显著,但是土壤有机质有所增加。那时土壤pH值5.6以上^[8],速效养分变幅较大。与最近郭传友等^[6]对大别山山核桃林地土壤的研究相比,除土壤有机质较高之外,本研究中的土壤速效养分明显低于大别山山核桃林地土壤。土壤肥力是影响山

表1 山核桃土壤基本理化性质和所产山核桃果仁粗蛋白、粗脂肪质量分数

Table 1 Basic soil properties of *Carya cathayensis* lands and contents of crude protein and fat in *C. cathayensis* kernels

土壤	土壤基本性质					果仁品质		
	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	粗蛋白/ (g·kg ⁻¹)	粗脂肪/ (g·kg ⁻¹)	
非石灰岩母岩土壤	变幅	4.1~6.2	24.8~31.3	126.0~213.0	0.6~5.8	17.4~70.5	90.5~109.3	674.9~693.9
	平均	5.0	27.3	178.0	2.2	49.2	9.97	684.1
石灰岩母岩土壤	变幅	4.9~7.3	23.2~32.4	140.0~266.0	4.8~38.1	30.0~112.5	94.5~108.3	664.6~692.0
	平均	5.9	27.2	188	17.1	61.6	101.5	681.5

核桃生长发育的主导因素^[8], 施肥可以极大地提高山核桃产量^[9]。本研究表明, 当前情况下, 临安山核桃林地土壤中, 石灰岩土壤的 pH 值和速效磷显著高于非石灰岩土壤, 更适宜于山核桃的生长。

2.1 山核桃果仁粗蛋白和粗脂肪质量分数

山核桃在商品开发以前, 是山核桃产区农民的重要油料资源, 因其出油率高, 油味清香, 营养丰富, 还具有润肺、滋补之功效, 还可降低血脂, 预防心脑血管疾病等药效而著名。油脂和蛋白是山核桃果仁中 2 种主要成分, 具有较高的营养价值, 其质量分数的高低对果实品质及其生产的系列食品的风味有着重要影响。郭传友等^[6]的研究表明, 粗脂肪和粗蛋白的质量分数与山核桃树林土壤 pH 值存在着一定的负相关关系, 在 pH 5.5 ~ 6.3 范围内, 随着土壤 pH 值的升高, 粗脂肪和粗蛋白的质量分数有所降低, 但未达到显著水平。由表 1 可知, 非石灰岩母岩土壤的山核桃果仁中粗蛋白和粗脂肪的平均质量分数分别为 99.7 和 684.1 mg·kg⁻¹, 石灰岩母岩土壤的为 101.5 和 681.5 mg·kg⁻¹。t 检验分析表明, 2 种山核桃果仁中的粗蛋白、粗脂肪质量分数都没有显著差别。因此, 土壤 pH 值对山核桃果仁粗蛋白和粗脂肪质量分数没有特别的影响作用。

2.2 山核桃果仁微量元素质量分数

2.2.1 山核桃果仁人体必需微量元素质量分数分析 由表 2 可知, 山核桃果仁中含有丰富的铁、铜、锌、钴、锰、钼、镍、硅、铬等人体必需的微量元素, 特别是山核桃果仁中锌和铁的质量分数比其他坚果丰富^[4,10]。与郑春霞等^[11]测定的新疆 9 种干果微量元素比较可以发现, 山核桃果仁中的锰、铜、锌质量分数明显大于新疆地区干果(枸杞子 *Lycium chinese*, 核桃 *Juglans regia*, 梨 *Pyrus sinkiangensis*, 无花果 *Ficus carica*, 哈密瓜 *Hami cantaloupe*, 杏 *Armeniaca vulgaris*, 葡萄 *Vitis vinifera* 等)的质量分数, 但必需微量元素铬相对比较低。本研究显示, 不同土壤上的山核桃果仁微量元素质量分数不同, 变化大。这与一项全国食品调研分析的结果报道一致^[10], 说明山核桃产地对果仁微量元素质量分数影响大。非石灰岩母岩土壤上的山核桃果仁中铁、铜、锌、钴、锰、钼、镍、硅和铬等微量元素的质量分数要高于石灰岩母岩土壤山核桃果仁, 尤其是钴、锰、钼、镍、硅和铬。锡为某些非石灰岩土壤山核桃果仁特有元素, 平均质量分数达到 34.41 mg·kg⁻¹, 而硒元素却只在某些石灰岩母岩土壤山核桃果仁中检测到, 这显然与土壤母质性质相关。某些灰岩风化后硒在土壤中得到富集^[12]。非石灰岩母岩土壤上的山核桃果仁中铁、铜、锌等多数微量元素的质量分数比石灰岩母岩土壤上的高, 除母质、母岩元素质量分数差别影响它们在土壤中的质量分数水平之外^[8,12], 主要可能是由于在非石灰岩母岩土壤特别是酸性土壤上这些金属微量元素的有效性较高, 有利于植物吸收、转运之故, 而石灰岩母岩土壤上它们的有效性较低。由于人群中铁、锌缺乏比较普遍, 以及铁、锌、硒在人体保健中的特殊作用^[4], 果仁富含铁、锌、硒的山核桃立地条件有待进一步研究, 以便开发优质保健山核桃食品。

2.2.2 山核桃果仁中其他人体必需或有益元素质量分数分析 山核桃果仁中不仅富含人体必需的微量元素, 还含有丰富的钙、钾、镁、钠、磷和硫等元素(表 3)。相对于新疆等西北地区的干果^[11], 山核桃的钙、钾、镁、硫、钠质量分数丰富。与微量元素质量分数状况类似, 它们因不同土壤而有很大差

表 2 山核桃果仁中人体必需微量元素的质量分数

Table 2 Contents of essential trace elements in *Carya cathayensis* kernels

土壤	元素质量分数/(mg·kg ⁻¹)									
	铜	铁	锰	钼	锌	钴	镍	铬	硒	锡
非石灰岩土壤	变幅 16.35 ~ 26.02	48.15 ~ 94.33	27.53 ~ 95.43	0.37 ~ 1.62	30.14 ~ 50.59	0.20 ~ 0.92	1.59 ~ 5.97	0.16 ~ 0.84	—	0 ~ 89.53
	平均 19.59	62.83	78.85	1.00	37.96	0.71	3.72	0.41	—	34.41
石灰岩土壤	变幅 13.42 ~ 15.94	35.60 ~ 62.87	27.00 ~ 66.67	0.49 ~ 0.90	32.23 ~ 36.56	0.23 ~ 0.38	1.34 ~ 3.14	0.05 ~ 0.36	0 ~ 0.12	—
	平均 14.91	50.98	47.00	0.69	34.07	0.29	2.16	0.18	0.02	—

说明: —表示未检测到。

异。除硫之外,山核桃果仁中质量分数最高的元素都来自非石灰岩母岩土壤的山核桃。因此,山核桃果仁中营养元素的质量分数不仅与土壤 pH 值有关,某些特殊人体营养元素如硒更取决于成土母岩的性质。

表 3 山核桃果仁中某些大量元素和有益元素的质量分数

Table 3 Contents of some macro-elements and beneficial elements in *Carya cathayensis* kernels

土壤	元素质量分数/(mg·kg ⁻¹)							
	砷	钾	锰	磷	硫	硼	钠	硅
非石灰岩土壤	变幅 1 485 ~ 1 894	1 331 ~ 1 928	602 ~ 798	1 498 ~ 1 941	1 659 ~ 4 982	6.63 ~ 21.03	129 ~ 466	3 157 ~ 12 692
	平均 1 626	1 525	672	1 697	3 149	11.39	251	6 925
石灰岩土壤	变幅 1 401 ~ 1 572	1 294 ~ 1 645	655 ~ 762	1 699 ~ 1 857	3 538 ~ 20 256	6.12 ~ 10.35	152 ~ 282	2 139 ~ 8 255
	平均 1 472	1 401	707	1 752	8 863	8.43	203	4 060

2.2.3 山核桃果仁中危险微量元素质量分数分析 从表 4 可知,个别来自石灰岩母岩土壤的样点中山核桃果仁砷质量分数略高于绿色坚果标准(0.5 mg·kg⁻¹),可能与产地母岩性质有关,有待于进一步研究。试验区其他各山核桃果仁中砷、镉、铅等对生态环境和动植物以及人类健康威胁的危险微量元素的质量分数均小于国家相关食品安全标准^[13]。

表 4 山核桃果仁中危险微量元素的质量分数

Table 4 Contents of toxic elements in *C. cathayensis* kernels

土壤	样品	元素质量分数/(mg·kg ⁻¹)			
		砷	镉	铅	铝
非石灰岩土壤	变幅	0.150 ~ 0.481	0.001 ~ 0.041	0.036 ~ 0.200	25.7 ~ 70.19
	平均	0.341	0.023	0.123	37.97
石灰岩土壤	变幅	0 ~ 0.587	0.016 ~ 0.056	0 ~ 0.200	15.2 ~ 45.22
	平均	0.291	0.039	0.102	26.14

3 结论

研究结果表明,相对于非石灰岩母岩土壤,石灰岩母岩土壤更有利于山核桃的生长,这也和目前山核桃主要分布于石灰岩母岩土壤上的结果相一致。山核桃果仁中含有丰富的粗蛋白、粗脂肪和微量元素,微量元素中尤以锌、铁比其他坚果丰富。成土母质、母岩性质对粗蛋白和粗脂肪质量分数没有明显影响,但与微量元素质量分数有密切关系,大部分微量元素的质量分数以非石灰岩母岩土壤山核桃果仁中相对较高,而硒为某些石灰岩母岩土壤山核桃果仁的特有元素。因此,果仁富含铁、锌、硒的山核桃立地条件有待进一步研究,以便开发优质保健山核桃食品。

参考文献:

- [1] 黎章矩,钱莲芳.山核桃科研成就和增产措施[J].浙江林业科技,1992,12(6):49-53.
LI Zhangju, QIAN Lianfang. Achievements and measures of increase production of *Carya cathayensis* Sarg. [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 1992, 12(6): 49-53.
- [2] 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.

- WANG Jiping, LI Yanan, MA Jianwei. Compositions and contents of amino acids, fatty acids, proteins and fats in kernel of *Carya cathayensis* Sarg. [J]. *Food Sci*, 1998, **19** (4): 44 - 46.
- [3] 牛凤兰, 贺玺, 李晨旭, 等. 食补共用中药微量元素的测定及分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, **17** (3): 446 - 447.
NIU Fenglan, HE Xi, LI Chenxu, *et al.* Study on trace elements in 6 kinds of Chinese medicine [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2007, **17** (3): 446 - 447.
- [4] 陆美芳. 坚果类食物的营养保健功能[J]. 中国食物与营养, 2004 (8): 43 - 45.
LU Meifang. Healthy functions of nut food [J]. *Food Nutr China*, 2004 (8): 43 - 45.
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 郭传友, 黄坚钦, 王正加, 等. 大别山山核桃果实品质与土壤性质的相关分析[J]. 经济林研究, 2006, **24** (4): 19 - 22.
GUO Chuanyou, HUANG Jianqin, WANG Zhengjia, *et al.* Correlation analysis between soil property and fruit quality in *Carya dabieshanensis* [J]. *Nonwood For Res*, 2006, **24** (4): 19 - 22.
- [7] 傅松玲, 丁之恩, 周根土, 等. 安徽山核桃适生条件及丰产栽培研究[J]. 经济林研究, 2003, **21** (2): 1 - 4.
FU Songling, DING Zhien, ZHOU Gentu, *et al.* The suitable condition and cultivation technique of *Carya cathayensis* [J]. *Nonwood For Res*, 2003, **21** (2): 1 - 4.
- [8] 洪游游, 唐小华, 王慧. 山核桃林土壤肥力的研究[J]. 浙江林业科技, 1997, **17** (6): 1 - 8.
HONG Youyou, TANG Xiaohua, WANG Hui. Study on soil fertility of *Carya cathayensis* forests [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 1997, **17** (6): 1 - 8.
- [9] 徐江森. 山核桃施肥的经济效益分析[J]. 浙江林学院学报, 1990, **7** (3): 276 - 279.
XU Jiangsen. Economic analysis of applying fertilizer to *Carya cathayensis* forest [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1990, **7** (3): 276 - 279.
- [10] 王光亚. 食物成分表: 全国代表值[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
- [11] 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): 542 - 544.
ZHENG Chunxia, WANG Wenquan, RUAN Xiao. Analysis of trace elements contents in dry-fruit of Xinjiang [J]. *Spectrosc Spect Anal*, 2000, **20** (4): 542 - 544.
- [12] 徐小磊, 戴圣潜, 刘家云, 等. 安徽宁国地区岩-土系统元素迁移及其农业地质环境效应 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2005, **30** (2): 168 - 176, 244.
XU Xiaolei, DAI Shengqian, LIU Jiayun, *et al.* Movement of elements in a rock-soil system and the effects of a geological environment on agriculture in the Ningguo Region, Anhui Province [J]. *Earth Sci- J China Univ Geosci*, 2005, **30** (2): 168 - 176, 244.
- [13] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准: NY/T 1042-2006 绿色食品坚果[S]. 北京: 农业出版社, 2006.