

不同母岩发育山核桃林地土壤性质及叶片营养元素分析

陈世权¹, 黄坚钦², 黄兴召², 楼 中³, 吕健全², 夏国华², 吴家森²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省临安市农业技术推广中心, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了解不同母岩发育山核桃 *Carya cathayensis* 林地土壤性质及叶片营养的差异, 于 2008 年 7 月采集和分析了板岩、花岗岩、千枚岩和砂页岩等 4 种母岩发育的土壤和山核桃植株叶片。结果表明, 花岗岩发育的土壤酸碱度最低(pH 4.72), 有机质(43.11 g·kg⁻¹)和有效硫(38.73 mg·kg⁻¹)质量分数最高, 交换性钙(5.22 mg·kg⁻¹)和有效锌(1.65 mg·kg⁻¹)质量分数最低; 而有效磷(7.29 mg·kg⁻¹), 有效铁(31.24 mg·kg⁻¹)和有效锰(67.49 mg·kg⁻¹)质量分数则以千枚岩发育的土壤为最高; 山核桃叶片中各营养元素质量分数的大小顺序表现为氮>钙>钾>镁>磷>锰>铁>锌; 花岗岩发育的土壤上的山核桃叶片氮、钙、镁、锌质量分数最高, 磷、铁质量分数最低; 不同母岩发育山核桃林地土壤 pH 值、有机质与多个大中微量元素有效养分之间存在显著或极显著相关关系。叶片氮、钾、钙、镁、铁与土壤多种养分质量分数之间存在一定的相关性。表 5 参 22

关键词: 森林土壤学; 山核桃; 母岩; 土壤性质; 叶片营养; 相关性

中图分类号: S714.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2010)04-0572-07

Nutrient elements in soil and *Carya cathayensis* leaves from four parent rock materials

CHEN Shi-quan¹, HUANG Jian-qin², HUANG Xing-zhao², LOU Zhong³, LÜ Jian-quan²,
XIA Guo-hua², WU Jia-sen²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjiang Forestry University, Nanjiang 210037, Jiangsu, China;

2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Agricultural Technology Extension Center of Lin'an City, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To reveal changes in soil properties and leaf nutrition from different parent rock material in a *Carya cathayensis* forest in Lin'an City, soil and leaf samples developed from four types of parent rock material: i.e. slate, granite, phyllite, and sandy shale, were collected in July of 2008 and analyzed with a correlation analysis. Results showed soil sampled from the granite parent material had the highest organic matter (43.11 g·kg⁻¹) and available sulfur (38.73 mg·kg⁻¹); however, it had the lowest pH (4.72), available calcium (Ca, 5.22 mg·kg⁻¹), and available zinc (Zn, 1.65 mg·kg⁻¹). Soil sampled from the phyllite parent material had the highest available phosphorus (P, 7.29 mg·kg⁻¹), iron (Fe, 31.24 mg·kg⁻¹), and manganese (Mn, 67.49 mg·kg⁻¹). Available nutrient elements in *C. cathayensis* leaves for all soils were in the order: nitrogen (N) > Ca > potassium (K) > Mg > P > Mn > Fe > Zn. Additionally, leaves growing on soil developed from phyllite parent material had the highest available N, Ca, Mg, and Zn, but the lowest available P and Fe. The correlation analysis was also significant for soil pH, soil organic matter, and

收稿日期: 2009-11-12; 修回日期: 2010-03-15

基金项目: 科学技术部农业科技成果转化资金项目(2006GB2C200113); 农业部测土配方施肥项目(浙财农字 2008-89 号); 浙江省科学技术重点计划项目(2007C12023); 浙江省杭州市科技计划项目(20080632B63)

作者简介: 陈世权, 博士研究生, 从事森林生态与环境研究。E-mail: chensq@zjftu.org. 通信作者: 吴家森, 高级实验师, 从事植物生理生态学研究。E-mail: jswu@zjfc.edu.cn

available nutrients. Correlations for N, K, Ca, Mg, and Fe content in leaves as well as content of soil nutrient element were also significant. [Ch, 5 tab. 22 ref.]

Key words: forest soil science; *Carya cathayensis*; parent rock material; soil properties; nutrient element; correlation analysis

山核桃 *Carya cathayensis* 为中国特有的高档干果和木本油料植物。2007 年浙江省山核桃面积达 5.2 万 hm^2 , 产量约 1.7 万 t, 分别占全国的 58.5% 和 61.4%^[1]。在山核桃主产区, 农户的山核桃收入占总收入的 70% 以上, 是天目山区农民致富奔小康的主要经济树种之一。山核桃分布区的母岩主要有石灰质板岩、砂页岩、千枚岩和花岗岩等。不同母岩发育形成不同类型的土壤, 它们的物理、化学性质往往存在较大的差异^[2-3], 从而影响植物的生长, 继而对叶片营养及果实品质产生一定的影响^[4]。叶片养分状况不仅能反映林分营养状况, 而且能反映土壤营养变化, 是人工林营养管理的重要依据。前人已对山核桃林地土壤肥力、果实品质、叶果提取物的生理活性等进行了研究^[5-12], 但很少涉及不同母岩发育土壤性质及叶片营养。笔者研究了 4 种不同母岩发育山核桃林地土壤性质及叶片营养元素质量分数, 旨在了解不同母岩发育土壤对山核桃营养元素的供给状况, 为山核桃林的科学施肥及养分管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设于浙江省临安市, 是山核桃的中心产区。该区属亚热带季风气候, 年平均气温为 16.0 $^{\circ}\text{C}$, 极端最高气温 41.7 $^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温 -13.3 $^{\circ}\text{C}$, 年平均有效积温 5 774.0 $^{\circ}\text{C}$, 年平均降水量 1 350 ~ 1 500 mm, 年平均日照时数 1 774 h, 无霜期 235 d。海拔高度为 140 ~ 1 037 m。

1.2 样品采集与制样

根据临安市山核桃产区土壤母岩的分布特点及其形成的土壤类型的分布情况, 在对板岩、花岗岩、千枚岩和砂页岩等 4 种土壤母岩进行调研的基础上, 于 2008 年 7 月 14 - 24 日采集这些母岩上发育的代表性土壤样品各 10 个。不同采样点海拔介于 400 ~ 600 m 之间, 坡度为 20 $^{\circ}$ 左右的山核桃 (树龄 30 ~ 40 a) 纯林中。人为经营措施相似, 即每年 3 月中旬、9 月上旬各施复合肥 ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 15 : 15 : 15$) 225 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 果实采收前割刈林下杂灌, 以利于山核桃采摘。采集方法如下: 在选定的代表性地块上, 按“S”型布点, 分别采集 5 个点的表层 (0 ~ 30 cm) 土样, 混合, 然后采用四分法分取样品 1.0 kg 左右, 带回室内风干, 待用。同时在样地中随机选择山核桃优势木 5 株, 在树冠中部于东西南北 4 个方向, 选取 1 年生正常叶 8 片 $\cdot \text{株}^{-1}$, 混合后, 用四分法选取 10 片, 洗净, 105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青 30 min, 70 ~ 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘 24 h, 叶片冷却后粉碎研磨, 储于磨口玻璃瓶中待测。

1.3 分析方法

土壤理化性质测定方法: 土壤 pH 值用酸度计法 (水土比为 2.5 : 1.0); 有机质用硫酸重铬酸钾外加热法; 碱解氮采用碱解扩散法; 有效磷用盐酸氟化铵浸提-分光光度法; 速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度法; 有效硫采用硫酸钡比浊法; 有效硼采用沸水浸提-甲亚胺比色法; 交换性钙和交换性镁采用乙酸铵浸提-原子吸收分光光度计法; 有效铁、有效锰、有效锌采用稀酸浸提-原子吸收分光光度计法。植物样品用硫酸-过氧化氢 ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$) 消化后, 氮用凯氏定氮蒸馏法, 磷用钼锑抗比色法, 钾用火焰光度法, 钙、镁、铁、锰、锌用日本岛津 AA6650 原子吸收分光光度计测定^[13]。对分析结果采用 DPS 等分析软件进行数据处理和统计分析^[14]。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质差异性分析

2.1.1 土壤 pH 值 土壤 pH 值是影响土壤肥力的重要因素之一, 它直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性, 从而直接影响植物的生长发育。影响土壤 pH 值的主要因素有气候、生物、母质类型

等,另外,施肥也会促进土壤酸度增大^[15]。不同母岩发育山核桃林地土壤pH值存在较大的差异(表1),山核桃经营过程中大量肥料的使用,使林地土壤酸化,4种母岩形成的土壤平均pH值均低于6.0,但土壤pH值对母岩有较大的继承性,各种母岩形成的土壤pH值从高到低依次是板岩(5.99),砂页岩(5.76),千枚岩(5.11)和花岗岩(4.72)。有关研究表明,最有利于山核桃生长的土壤pH值为5.5~6.5^[5,7],因此,如何阻止山核桃林地土壤进一步酸化显得尤为重要,在花岗岩和千枚岩发育的林地土壤中增施石灰,以便改良土壤,从而更适合山核桃的丰产。

表1 不同母岩发育山核桃林地土壤性质

Table 1 Status of soil in *Carya cathayensis* forest from different rocks

母岩	pH 值	有机质/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	有效硫/(mg·kg ⁻¹)
板岩	5.99 ± 0.61 a	33.09 ± 6.07 b	174.85 ± 28.20 a	1.23 ± 0.12 d	100.62 ± 21.15 a	14.58 ± 2.73 c
花岗岩	4.72 ± 0.31 b	43.11 ± 6.48 a	234.21 ± 41.64 a	3.73 ± 0.58 c	116.51 ± 26.28 a	38.73 ± 7.06 a
千枚岩	5.11 ± 0.41 b	31.35 ± 6.10 b	212.91 ± 40.52 a	7.29 ± 0.99 a	134.70 ± 28.94 a	24.59 ± 4.29 b
砂页岩	5.76 ± 0.46 a	30.45 ± 5.02 b	192.28 ± 37.91 a	4.91 ± 0.85 b	109.30 ± 25.00 a	16.16 ± 2.98 c

说明:同一列中相同字母表示差异不显著,不同字母则差异显著($P<0.05$)。

2.1.2 土壤有机质 土壤有机质是土壤的重要组成部分,它包括动植物及微生物残体和它们的分解产物以及土壤中特殊的有机物——腐殖质,它含有各种养分,并能改善土壤结构和其他物理性状,是土壤肥力的重要标志之一。不同母岩发育山核桃林地土壤有机质质量分数见表1。从表中可以看出,不同母岩发育形成的不同土壤,其有机质存在明显差异,其中花岗岩发育的土壤有机质质量分数最高(43.11 g·kg⁻¹),明显高于板岩、千枚岩和砂页岩。在山核桃生产经营过程,在板岩、千枚岩和砂页岩为母岩的林地应多施有机肥,以增加土壤有机质。

2.1.3 土壤速效养分 土壤矿物质营养的最基本来源是土壤矿物质风化所释放的养分,不同成土母岩的矿物组成不同,所以,风化产物中释放的养分种类和数量也不同,人工施肥是耕作土壤养分的重要来源^[16]。因此,山核桃林地土壤养分同时受母岩和人为施肥的影响。近年来,山核桃经营中肥料的施用,林地土壤养分质量分数与1997年相比^[17]有不同程度的升高。不同母岩山核桃林地土壤有效养分质量分数见表1和表2。从表1中可知,不同母岩发育土壤碱解氮、速效钾没有显著差异,林地碱解氮、速效钾质量分数分别大于150和100 mg·kg⁻¹,能很好地供应山核桃生长。土壤速效磷质量分数是衡量土壤磷素供应状况的较好指标。不同母岩发育山核桃林地土壤有效磷存在着显著差异,从大到小依次为千枚岩(7.29 mg·kg⁻¹),砂页岩(4.91 mg·kg⁻¹),花岗岩(3.73 mg·kg⁻¹)和板岩(1.23 mg·kg⁻¹)。不同母岩发育的土壤中有有效硫质量分数存在显著差异。从表1可知,从大到小依次为花岗岩(38.73 mg·kg⁻¹),千枚岩(24.59 mg·kg⁻¹),砂页岩(16.16 mg·kg⁻¹)和板岩(14.58 mg·kg⁻¹)。土壤中钙质量分数与母质母岩类型有关。从表2可知,由花岗岩发育的山核桃林地土壤交换性钙质量分数为5.22 mg·kg⁻¹,明显低于其他3种母岩发育的土壤。不同母岩发育山核桃林地土壤交换性镁、有效硼质量分数差异均不显著,土壤交换性镁质量分数为0.90~1.56 mg·kg⁻¹,有效硼为1.27~1.54 mg·kg⁻¹。土壤有效铁、

表2 不同母岩发育山核桃林地土壤微量元素

Table 2 Trace element of soil in *Carya cathayensis* forest from different rocks

母岩	交换性钙/(mg·kg ⁻¹)	交换性镁/(mg·kg ⁻¹)	有效硼/(mg·kg ⁻¹)	有效铁/(mg·kg ⁻¹)	有效锰/(mg·kg ⁻¹)	有效锌/(mg·kg ⁻¹)
板岩	11.13 ± 1.63 a	1.14 ± 0.21 a	1.27 ± 0.22 a	18.57 ± 3.87 c	33.83 ± 0.17 c	2.40 ± 0.42 a
花岗岩	5.22 ± 0.83 b	0.90 ± 0.15 a	1.41 ± 0.23 a	23.68 ± 5.68 b	41.12 ± 0.22 b	1.65 ± 0.32 b
千枚岩	12.53 ± 1.70 a	1.20 ± 0.19 a	1.40 ± 0.25 a	31.24 ± 6.81 a	67.49 ± 0.19 a	2.17 ± 0.41 a
砂页岩	11.00 ± 1.46 a	1.56 ± 0.17 a	1.54 ± 0.28 a	25.80 ± 5.15 b	49.59 ± 0.21 b	1.75 ± 0.25 b

说明:同一列中相同字母表示差异不显著,不同字母则差异显著($P<0.05$)。

有效锰和有效锌质量分数由于不同母岩发育而存在一定差异。从表 2 可知, 有效铁和有效锰质量分数以千枚岩发育的土壤最高, 分别是 31.24 和 67.49 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 明显高于砂页岩、花岗岩和板岩。而有效锌则表现为板岩和千枚岩发育的土壤明显高于砂页岩和花岗岩。

2.2 叶片营养元素差异性分析

叶是光合作用的重要器官, 生命活动最为活跃, 营养元素在叶中质量分数明显高于其他部位^[18]。测定叶片养分质量分数常常作为果树养分诊断的主要手段, 不同母岩发育山核桃叶片营养元素分析结果见表 3。从表 3 中可以看出, 不同母岩发育的土壤上的山核桃叶片中各营养元素质量分数各不相同, 但总体的变化规律是相似的: 其中以氮的质量分数最高, 其次是钙和钾, 然后是镁和磷, 而微量元素中以锰为最高, 其次是铁, 最低的是锌。

山核桃叶片氮质量分数以花岗岩发育的土壤上的为最高, 达 18.12 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 明显高于其他 3 种土壤; 而磷质量分数则以千枚岩的最高(1.81 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 其中又以花岗岩发育的土壤的叶片中磷质量分数最低; 叶片中钾质量分数相对稳定, 不同母岩发育的土壤之间差异不大。

从表 3 可知, 山核桃叶片中钙、镁质量分数均以生长在花岗岩发育的土壤上的为最高, 分别为 13.71 和 4.66 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 明显高于其他 3 种母岩。

叶片中锰质量分数在 4 种母岩发育的土壤中不存在显著差异, 在 0.92 ~ 1.19 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$; 锌质量分数在 4 种母岩发育的土壤中差异显著, 大小顺序表现为花岗岩、砂页岩、板岩和千枚岩; 铁质量分数在 4 种母岩发育的土壤中也存在显著差异, 大小顺序表现为砂页岩、千枚岩、板岩和花岗岩。

表 3 不同母岩发育山核桃叶片营养元素

Table 3 Nutrient content in *Carya cathayensis* leaves from different rocks

母岩	氮/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	磷/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	钾/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	钙/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	镁/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	锰/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	锌/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	铁/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
板岩	13.90 ± 2.09 b	1.37 ± 0.13 b	5.73 ± 1.30 a	10.30 ± 1.62 b	4.02 ± 0.72 b	1.02 ± 0.15 a	74.06 ± 14.92 c	294.68 ± 59.35 b
花岗岩	18.12 ± 2.27 a	1.19 ± 0.14 b	7.16 ± 2.17 a	13.78 ± 2.03 a	4.66 ± 0.76 a	1.19 ± 0.17 a	98.78 ± 20.92 a	127.07 ± 19.51 c
千枚岩	15.06 ± 2.71 b	1.81 ± 0.20 a	6.95 ± 2.04 a	9.68 ± 1.71 b	2.44 ± 0.46 b	1.09 ± 0.17 a	38.69 ± 9.35 d	308.30 ± 68.06 b
砂页岩	12.12 ± 2.19 b	1.42 ± 0.25 b	4.87 ± 1.19 a	11.34 ± 2.07 b	3.36 ± 0.51 b	0.92 ± 0.22 a	87.67 ± 19.31 b	343.16 ± 65.04 a

说明: 同一列中相同字母表示差异不显著, 不同字母则差异显著($P<0.05$)。

2.3 营养元素之间的相关分析

为了解不同母岩发育土壤养分之间、土壤与叶片营养元素之间的相关性, 将 4 种母岩发育的土壤养分、叶片营养元素等进行相关分析, 结果如表 4 和表 5。

2.3.1 山核桃林地土壤 pH 值、有机质及有效元素之间的相关性 土壤酸碱度影响着大多数元素的吸收, 如柑橘园 pH 值与土壤交换性钙和镁为极显著正相关^[19], 随 pH 值提高, 土壤交换性钙和交换性镁明显增加^[20]。从表 4 可知, 随着 pH 值升高, 山核桃林地土壤交换性镁、有效锌质量分数显著提高, 而有效硫、有效铁质量分数极显著降低; 土壤 pH 值与碱解氮、有效磷、速效钾呈负相关关系, 即由于大量肥料的施用, 使林地土壤有效养分提高的同时, 也使土壤酸化。pH 值与交换性钙、有效锰、有效硼质量分数呈现正相关关系。土壤有机质与碱解氮、有效磷、速效钾、有效硫、有效锰和有效锌等存在着显著或极显著正相关, 说明有机质丰富的土壤, 在矿化过程中能释放大量的营养元素为植物生长提供养分。

表 4 山核桃林地土壤 pH、有机质及有效元素之间的相关性分析

Table 4 Correlation between soil pH, organic matter and available nutrients in *Carya cathayensis* forest

项目	速效钾	有效磷	碱解氮	有效硫	交换性钙	交换性镁	有效铁	有效锰	有效锌	有效硼
pH	- 0.157	- 0.054	- 0.179	- 0.464**	0.264	0.359*	- 0.553**	0.138	0.554**	0.183
有机质	0.361*	0.350*	0.869**	0.473**	- 0.034	0.065	0.286	0.368*	0.362*	0.192

说明: ** 表示 $P<0.01$ * 表示 $P<0.05$ 。

2.3.2 山核桃林地土壤与叶片中营养元素之间的相关性 土壤是果树生长的基础, 叶片是土壤营养水平的具体表现形式与确切反映。所以叶片与土壤矿质元素质量分数之间存在着密切的相关性, 是指导山核桃施肥的重要理论依据^[21]。如表5所示, 叶片中的氮、钾、钙、镁、锌、锰质量分数与土壤的pH值呈现负相关, 这与郭传友等^[22]研究结果相似, 即山核桃果实中钙元素与土壤pH值呈极显著负相关, 镁元素也与土壤pH值间具有较强的负相关关系。钱新标等^[4]研究也表明果仁中钙质量分数以pH值低的非石灰性土壤上的山核桃为高。土壤交换性钙与叶片全钙、全镁为显著负相关, 土壤交换性镁与叶片全钾、全镁为显著负相关, 而与叶片铁为显著正相关。这与黄玉溢等^[17]对柑橘 *Citrus* 的研究结果相反, 这是由于不同植物对元素的吸收特性不同造成的。土壤碱解氮、有机质与叶片中全氮之间存在着极显著正相关, 而土壤速效磷、有效铁、锰、锌与叶片中全磷、铁、锰、锌为负相关关系, 说明元素吸收机理的复杂性, 盲目施肥并不一定带来增产效果。

表5 山核桃林地土壤与叶片中营养元素之间的相关关系

Table 5 Correlation between nutrition elements in *Carya cathayensis* leaves and soil

土壤状况	叶片营养元素							
	氮	磷	钾	钙	镁	锌	锰	铁
pH 值	- 0.149	0.297	- 0.207	- 0.172	- 0.312	- 0.066	- 0.182	0.231
有机质	0.507**	- 0.302	- 0.070	- 0.002	0.072	- 0.074	- 0.017	- 0.127
碱解氮	0.491**	- 0.275	0.040	- 0.044	0.003	- 0.018	0.045	- 0.037
有效磷	- 0.099	- 0.074	- 0.267	- 0.109	- 0.205	- 0.148	- 0.179	- 0.114
速效钾	0.044	- 0.221	0.033	- 0.223	- 0.215	0.149	- 0.071	- 0.160
交换性钙	0.132	- 0.003	- 0.134	- 0.354*	- 0.417*	- 0.331	0.247	0.278
交换性镁	0.003	- 0.161	- 0.368*	- 0.322	- 0.414*	- 0.189	- 0.158	0.387*
有效铁	- 0.147	- 0.115	0.032	0.060	- 0.067	0.017	- 0.013	- 0.229
有效锰	0.043	- 0.206	0.098	- 0.016	- 0.221	- 0.109	- 0.039	- 0.027
有效锌	0.243	0.024	- 0.025	- 0.044	- 0.255	- 0.074	- 0.106	- 0.056

说明: ** 表示 $P < 0.01$ * 表示 $P < 0.05$ 。

3 结论

土壤pH值对母岩有较大的继承性, 各种母岩形成的土壤pH值从高到低依次是板岩(5.99)、砂页岩(5.76)、千枚岩(5.11)和花岗岩(4.72)。不同母岩发育形成的土壤的有机质质量分数存在显著差异, 其中花岗岩发育的土壤有机质质量分数最高($43.11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 明显高于板岩、千枚岩和砂页岩。不同母岩发育山核桃林地土壤碱解氮、速效钾、交换性镁和有效硼质量分数差异均不显著, 土壤速效磷质量分数大小顺序表现为千枚岩、砂页岩、花岗岩和板岩。有效硫质量分数大小顺序为花岗岩($38.73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、千枚岩($24.59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 砂页岩($16.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和板岩($14.58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。花岗岩发育的山核桃林地土壤交换性钙质量分数为 $5.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 明显低于其他3种母岩发育的土壤。有效铁、有效锰质量分数以千枚岩发育的土壤最高, 分别是 31.24 和 $67.49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 明显高于砂页岩、花岗岩, 同时也明显高于板岩。而有效锌则表现为板岩和千枚岩发育的土壤明显高于砂页岩和花岗岩。

山核桃叶片中各营养元素质量分数的大小顺序表现为氮>钙>钾>镁>磷>锰>铁>锌。叶片氮质量分数以花岗岩发育的土壤上的为最高, 达 $18.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 明显高于其他3种土壤; 而磷质量分数则以千枚岩的最大($1.81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 明显高于其他3种土壤, 其中又以花岗岩发育的土壤的叶片中磷质量分数最低; 叶片中钙、镁质量分数均以生长在花岗岩发育的土壤上的为最高, 分别为 13.71 和 $4.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 明显高于其他3种母岩。锌质量分数在4种母岩发育的土壤中差异显著, 大小顺序表现为花岗岩、砂页岩、板岩和千枚岩; 铁含量在4种母岩发育的土壤中也存在显著差异, 大小顺序表现为砂页

岩、千枚岩、板岩、花岗岩。叶片中钾、锰质量分数相对稳定, 不同母岩发育的土壤之间差异不大。

随着 pH 值升高, 山核桃林地土壤交换性镁、有效锌质量分数显著提高, 而有效硫、有效铁极显著降低; 土壤有机质与碱解氮、有效磷、速效钾、有效硫、有效锰和有效锌等存在着显著、极显著正相关。土壤交换性钙与叶片全钙、镁为显著负相关, 土壤交换性镁与叶片全钾、镁为显著负相关, 而与叶片铁为显著正相关, 土壤碱解氮、有机质与叶片中全氮之间存在着极显著正相关。

参考文献:

- [1] 黄坚钦, 夏国华. 图说山核桃生态栽培技术[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2008.
- [2] 董玲玲, 何腾兵, 刘元生, 等. 喀斯特山区不同母质(岩)发育的土壤主要理化性质差异性分析[J]. 土壤通报, 2008, 39 (3): 471 - 474.
DONG Lingling, HE Tengbing, LIU Yuansheng, *et al.* Changes of soil physical-chemical properties derived from different parent materials/rocks in karst mountain [J]. *Chin J Soil Sci*, 2008, 39 (3): 471 - 474.
- [3] 何腾兵, 董玲玲, 刘元生, 等. 贵阳市乌当区不同母质发育的土壤理化性质和重金属含量差异研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20 (6): 157 - 162.
HE Tengbing, DONG Lingling, LIU Yuansheng, *et al.* Change of physical-chemical properties and heavy metal elements in soil from different parent material/rock [J]. *J Soil Water Conserv*, 2006, 20 (6): 157 - 162.
- [4] 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.
QIAN Xinbiao, XU Wenxin, ZHANG Yuanyuan, *et al.* Trace elements in kernels of Chinese hickory (*Carya cathayensis*) grown in limestone and non-limestone soils [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, 26 (4): 511 - 515.
- [5] 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.
- [6] 吕惠进. 浙江临安山核桃立地环境研究[J]. 森林工程, 2005, 21 (1): 1 - 6.
LÜ Huijin. The natural stands condition of *Carya cathayensis* in Lin'an County of Zhejiang Province [J]. *For Eng*, 2005, 21 (1): 1 - 6.
- [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 Zhen, ZHOU Gengtu, *et al.* The suitable condition and cultivation technique of *Carya cathayensis* [J]. *Nonwood For Res*, 2003, 21 (2): 1 - 4.
- [8] 路玉林, 戴圣潜, 李运怀, 等. 安徽宁国市山核桃农业地质环境的因子分析研究[J]. 土壤通报, 2006, 37 (6): 1203 - 1206.
LU Yulin, DAI Shengqian, LI Yunhuai, *et al.* Factor analysis of agro-geological environment of *Carya cathayensis* plantation in Ningguo City, Anhui Province [J]. *Chin J Soil Sci*, 2006, 37 (6): 1203 - 1206.
- [9] 宋明义, 陈文光, 斯小君, 等. 安吉县山核桃立地环境条件分析[J]. 浙江林业科技, 2008, 28 (6): 11 - 15.
SONG Mingyi, CHEN Wenguang, SI Xiaojun, *et al.* Study on site conditions of *Carya cathayensis* stand in Anji County [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2008, 28 (6): 11 - 15.
- [10] 殷舒, 毛胜凤, 杨琼霞, 等. 山核桃叶片提取物的抑菌作用[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 604 - 607.
YIN Shu, MAO Shengfeng, YANG Qiongxia, *et al.* Bacteriostatic and fungistatic effects with extracts from *Carya cathayensis* leaves [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, 24 (5): 604 - 607.
- [11] 苏秀, 马良进, 陈安良, 等. 山核桃外果皮提取物抑菌活性的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25 (3): 355 - 358.
SU Xiu, MA Liangjin, CHEN Anliang, *et al.* Antifungal and antibacterial activity of extracts from the husk of *Carya cathayensis* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, 25 (3): 355 - 358.
- [12] 杨琼霞, 殷舒, 申屠垠, 等. 山核桃外果皮提取液对小鼠的辐射防护作用[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23 (6): 604 - 607.
YANG Qiongxia, YIN Shu, SHENTU Yin, *et al.* Radioprotective effects of extract from *Carya cathayensis* nut exocarp on mice [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, 23 (6): 604 - 607.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.

- [14] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 15 – 70.
- [15] 郭建军, 李惠卓. 不同母岩母质上土壤特性的分析与研究[J]. 内蒙古林业科技, 2003 (1): 21 – 23.
GUO Jianjun, LI Huizhuo. Analysis and study on soil characteristics in different parent rock [J]. *J Inner Mongolia For Sci Technol*, 2003 (1): 21 – 23.
- [16] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [17] 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 of *Carya cathayensis* forests [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 1997, 17 (6): 1 – 8.
- [18] 吴家森, 周国模, 徐秋芳, 等. 不同年份毛竹营养元素的空间分布及与土壤养分的关系[J]. 林业科学, 2005, 41 (3): 171 – 173.
WU Jiasen, ZHOU Guomo, XU Qiufang, *et al.* Spatial distribution of nutrition element and its relationship with soil nutrients in different years of *Phyllostachys pubescens* [J]. *Sci Silv Sin*, 2005, 41 (3): 171 – 173.
- [19] 黄玉溢, 王影, 陈桂芬, 等. 低产柑橘园植株叶片及土壤营养状况分析及评价[J]. 土壤通报, 2009, 40 (1): 118 – 121.
HUANG Yuyi, WANG Ying, CHEN Guifen, *et al.* Studies and evaluation on contents of nutrient elements of soil and citrus leaves in low-yield *Citrus* orchard [J]. *Chin J Soil Sci*, 2009, 40 (1): 118 – 121.
- [20] 谢志南, 庄伊美, 王仁玓, 等. 福建亚热带果园土壤pH值与有效态养分含量的相关性[J]. 园艺学报, 1997, 24 (3): 209 – 214.
XIE Zhinan, ZHUANG Yimei, WANG Renji, *et al.* Correlation between soil pH and the contents of available nutrients in selected soils from three kinds of orchards at subtropical zone in Fujian [J]. *Acta Horti Sin*, 1997, 24 (3): 209 – 214.
- [21] 郭全恩, 郭天文, 王益权, 等. 甘肃省干旱地区苹果叶片营养和土壤养分相关性研究[J]. 土壤通报, 2009, 40 (1): 114 – 117.
GUO Quanen, GUO Tianwen, WANG Yiquan, *et al.* Correlation analysis on apple leaves nutrition and soil nutrient in arid area in Gansu Province [J]. *Chin J Soil Sci*, 2009, 40 (1): 114 – 117.
- [22] 郭传友, 陈楚. 山核桃果实品质与土壤性质的相关分析[J]. 安徽农学通报, 2008, 14 (21): 122 – 123, 188.
GUO Chuanyou, CHEN Chu. Study on correlation between soil property and fruit quality of *Carya cathayensis* [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2008, 14 (21): 122 – 123, 188.