

临安区山核桃林不同地质背景下的土壤肥力特性研究

董建华¹, 赵伟明¹, 周建金², 赵科理³, 董建明⁴, 李皓¹, 袁紫倩¹

(1. 杭州市林业科学研究院, 浙江 杭州 310022; 2. 杭州市林木种苗管理中心, 浙江 杭州 310022; 3. 浙江农林大学 环境与资源学院, 浙江省土壤污染生物修复重点实验室, 浙江 杭州 311300; 4. 杭州市临安区林业局, 浙江 杭州 311300)

摘要: 为了解临安区山核桃 *Carya cathayensis* 分布区不同地质背景下山核桃林地土壤肥力特性, 利用 ArcGIS 对不同地质背景发育土壤的山核桃分布面积进行统计, 于 2013 年 3–4 月, 采用 GPS 野外定位并采集临安山核桃主产区 189 个土壤样品, 并分析其主要化学性质。结果表明: (1) 临安区山核桃主要分布在的寒武系地层, 以及与之上接的奥陶系部分地层, 其次是侏罗系地层。(2) 侏罗系发育的土壤酸化最为严重 (pH 值 4.89), 有效养分含量整体较低, 其中有效磷 ($10.19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效钙 ($359 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效镁 ($52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效铜 ($0.71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效锌 ($0.84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效铁 ($59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效锰 ($54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 的含量最低; 寒武系发育的土壤酸化程度最低 (pH 值 5.57), 有效养分含量整体高于其他两个地层, 其中有效磷 ($19.35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效钙 ($1\,313 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效镁 ($137 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效铜 ($2.41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效锌 ($1.24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 的含量最高; 奥陶系发育土壤养分含量水平居中, 但有效铁 ($91 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、有效锰 ($76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 的含量超过其他两个地层。(3) 随着土壤 pH 值提高, 有效钙、有效镁、有效铜、有效锌等中微量元素含量显著提高, 土壤有机质与中微量元素整体呈现不同程度的正相关关系。不同地层发育的山核桃林地土壤具有不同的肥力特性, 特别是中微量营养元素对土壤母质的继承性明显, 不同地层发育的土壤对酸的缓冲能力也存在差异, 各地需要因地制宜地开展土壤酸性改良和施肥结构调整, 制定以地层为管理单位的分区施肥规划。

关键词: 山核桃; 土壤肥力; 土壤地质背景; 地层; 临安

中图分类号: S714.8; S664.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776 (2018) 02-0014-07

Soil Fertility of *Carya cathayensis* Plantations on Different Geological Strata

DONG Jian-hua¹, ZHAO Wei-ming¹, ZHOU Jian-jin², ZHAO Ke-li³, DONG Jian-ming⁴, LI Hao¹, YUAN Zi-qian¹

(1. Hangzhou Forestry Academy of Zhejiang, Hangzhou 310022, China; 2. Hangzhou Forest Seed and Seedling Administration of Zhejiang, Hangzhou 310022, China; 3. Key Laboratory of Soil Contamination Bioremediation of Zhejiang Province, School of Environmental and Resources Science, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China; 4. Lin'an Forestry Bureau of Zhejiang, Hangzhou 311300, China)

Abstract: Soil samples were collected in spring 2013 by GPS at *Carya cathayensis* plantations in Lin'an district, Zhejiang province. Soil chemical properties were determined and compared. The results showed that *C. cathayensis* mainly distributed in the Cambrian strata, followed by the Ordovician and Jurassic. The determination showed that soil from the Jurassic strata had the lowest pH(4.89), and lower available nutrient content,

收稿日期: 2017-09-16; 修回日期: 2018-01-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41201323); 浙江省科学技术厅公益项目 (2015C33051); 浙江省林业科研成果推广项目 (2015)

作者简介: 董建华, 硕士, 从事经济林栽培研究; E-mail: hbls08@163.com。通信作者: 赵伟明, 教授, 从事森林培育研究; E-mail: 1099367873@qq.com。

that from Cambrian strata had the highest pH(5.57) and the highest available nutrient contents, that from the Ordovician strata had medium content of nutrient contents among tested 3 strata, but there had the highest available iron($91.25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and available manganese($76.89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). With the increase of soil pH, the contents of available calcium, available magnesium, available copper and available zinc increased significantly. Soil organic matter had positive relation with medium trace elements. Soil from different geological strata had different soil fertility properties, especially, the succession of medium trace element from geological strata was evident. The buffering capacity of acid in different soils was also different.

Key words: *Carya cathayensis*; soil fertility; soil geological background; strata; Lin'an

山核桃 *Carya cathayensis*, 属胡桃科 Juglandaceae 山核桃属 *Carya*, 主要分布在浙皖交界的天目山地区, 该区地质构造复杂, 地层岩性多样, 成土母质复杂^[1]。山地土壤与成土母质有十分明显的继承性, 不同地质背景下土壤元素分布特征差异较大^[2]。山核桃的生长分布和其下的地(岩)层、岩石类型有一定的相关性^[3], 不同基岩分布区, 山核桃的长势有很大区别^[4], 因此, 了解不同地质背景下的山核桃林地土壤肥力特性, 对开展山核桃林地科学施肥管理具有重要意义。近年来, 针对山核桃林地土壤、植物叶片和果仁等方面的土壤植物营养研究逐渐增多^[5-7], 并对山核桃林地土壤肥力性质相继进行了调研^[8-11], 但是对不同地质背景发育的土壤肥力水平状况及其空间分布差异性的研究却甚少。因此, 通过科学布点开展调查与土样分析, 研究山核桃主产区不同地质背景下林地土壤基本肥力现状及其区域空间分布特点和存在问题, 以为山核桃林地科学施肥和土壤养分管理提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于浙江省临安区, $118^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{ E}$, $29^{\circ} \sim 31^{\circ} \text{ N}$, 涵盖昌化镇、岛石镇、湍口镇、清凉峰镇、太阳镇、龙岗镇和河桥镇 7 个山核桃分布较为集中的乡镇, 年平均气温 16.4°C , 7 月平均气温 29.1°C , 1 月平均气温 4.1°C , 年平均降水量 $1\,628.6 \text{ mm}$, 年平均日照时数 $1\,847.3 \text{ h}$, 无霜期 235 d。该区域为扬子准地台钱塘台褶带, 属江南地层区中江山至临安地层分区。境内地层自元古界震旦纪至新生界第四系, 除中生界三叠系和新生界第三系缺失外, 均有发育。印支运动后进入大陆板块内部演化阶段。燕山期内, 该区块有大量岩浆喷发和侵入活动, 主要产物有花岗岩、花岗闪长岩和流纹岩等。龙岗镇和清凉峰镇的西北部以岩浆喷发为主, 西南部以岩浆侵入为主。山核桃主要分布在该区海拔 $50 \sim 1\,200 \text{ m}$ 的丘陵山地, 林地土壤类型主要为油黄泥、黄红泥、钙质页岩土、黄泥土等。

1.2 样品采集与制备

考虑样点分布的均匀性和代表性, 按 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 网格布设山核桃林地土壤采样点(即选平方千米网格中有山核桃林分的点确定为采样点)^[9], 对采样点进行准确定位, 于 2013 年 3-4 月, 山核桃林地施肥前, 对不同地质背景下山核桃林地土壤开展普查, 根据林地采样布点图, 通过手持 GPS (GPSMAP 631sc, 美国 GARMIN) 导航和定位, 共确定 189 个采样点, 在每个选定的典型样地上, 按“S”型布点, 分别采集 5 个点的表层 ($0 \sim 20 \text{ cm}$) 土样, 将其混合后采用四分法留取样品 1 kg , 带回实验室, 样品经风干, 分别过 10 目和 100 目筛, 供土壤 pH、有机质、速效养分及中微量元素的测定。同时, 记录采样点山核桃的立地条件、土壤情况、农户施肥管理和山核桃产量。

1.3 土壤测定方法

土壤 pH 采用 pH 计 [$\text{m}(\text{土}) : \text{m}(\text{水}) = 1.0 : 2.5$] 电位法; 有机质采用重铬酸钾-外加热法; 速效氮采用碱解扩散法; 有效磷采用 Olsen 法; 速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法; 有效钙、镁采用乙酸铵交换-原子吸收分光光度法; 有效硼采用热水浸提-电感耦合等离子光谱法(简称 ICP-OES); 有效铁、锰、铜、锌采用 DTPA 浸提-电感耦合等离子光谱法^[12]。

1.4 数据分析

在 ArcGIS 软件环境下利用调查样点的空间和土壤养分信息建立临安区山核桃主产区土壤样点养分数据库。对临安区矿产资源分布电子图进行矢量化处理,取得临安区地质地层分布的矢量数据。将临安区地质地层分布的矢量数据、临安区山核桃林小班分布矢量数据、临安区行政区划矢量数据逐一入库。从数据库中提取研究区样点分布矢量图和地质地层矢量图,通过叠加获取各调查点的地质年代和岩石地层等属性。提取数据库中的地质地层矢量图和山核桃小班分布图,统计研究区地层和山核桃林地总面积,并通过地质地层矢量图和山核桃小班分布图的相交处理,统计得到各类地层面积以及不同地层内山核桃林地面积。

图表均采用 Excel 2007 软件处理,使用 SPSS 17.0 进行数据分析和 Duncan 方差分析。

2 结果与分析

2.1 山核桃分布的地质特征

在地质构造上,从地质年代特征来看,研究区除中生界三叠系和新生界第三系缺失外,自元古界震旦纪至新生界侏罗系,均有发育。但以侏罗系地层出露最多,所占出露地层总面积的 37.30%,其次为奥陶系地层和寒武系地层,所占比例分别为 32.06% 和 21.18% (图 1,表 1)。

由表 1 可见,山核桃主要分布在该区出露的震旦系、寒武系、奥陶系和侏罗系地层上。其中,分布于寒武系的山核桃林面积最多,达 15 456.54 hm²,占山核桃总面积的 51.33%;其次为奥陶系,面积 7 032.51 hm²,占总面积的 23.36%;再次为侏罗系,面积 5 295.45 hm²,占山核桃总分布面积 17.59%,其他地层山核桃分布较少。

从研究区所出露各地层的山核桃栽培利用情况来看,以寒武系地层利用率最高,山核桃栽培面积占寒武系地层总面积的 48.21%;其次为震旦系地层,山核桃栽培利用比例为 18.66%;再次是奥陶系地层,为 14.49%;而侏罗系地层仅为 9.38%。从山核桃分布的岩石地层特征来看,山核桃主要分布在寒武系出露的西阳山组、杨柳岗组、华严寺组等岩石地层上,以及在地质构造上与之上接的奥陶系印渚埠组、胡乐组等,和下接的震旦系兰田、皮园村组等;另外,在侏罗系的黄尖组及花岗岩等岩体发育的土壤上也有斑块状分布。

同一年代地层具有相似岩性变化和岩性组合,但不同年代地层出露的岩体存在着很大的岩性差异。在山核桃主要分布的地层中,寒武系的西阳山组、杨柳岗组、华严寺组等地层的岩性以灰岩为主;而奥陶系的印渚埠组、胡乐组以及震旦系的兰田、皮园村组等地层主要是钙质页岩、泥质页岩和砂岩等;侏罗系的黄尖组地层以流纹岩、凝灰岩等酸性岩为主,同时有部分花岗岩和花岗闪长岩等出露岩体。

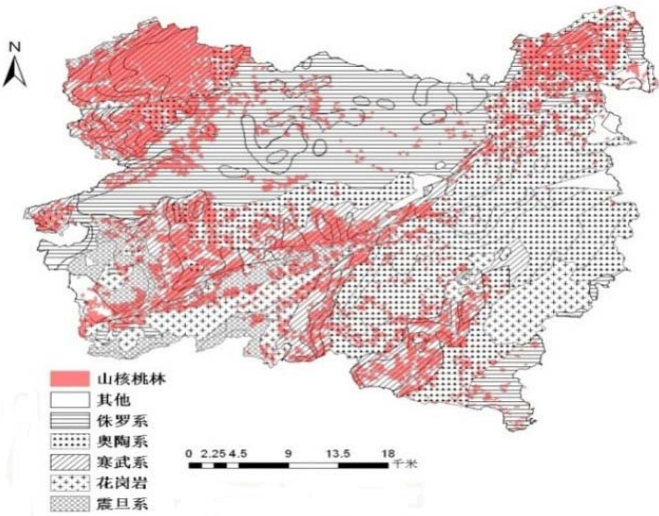


图 1 临安区山核桃林地的地质分布

Figure 1 Geological distribution of *C. cathayensis* forest in Lin'an

表 1 临安区山核桃林在不同地质背景发育土壤的分布
Table 1 Distribution of *C.cathayensis* on different geological soils

地层	总面积/hm ²	山核桃林地面积/hm ²	比例/%		样点数/个
			占该地层的比例	占山核桃总面积的比例	
侏罗系	56 456.55	5 295.45	9.38	17.59	57
奥陶系	48 528.12	7 032.51	14.49	23.36	56
寒武系	32 064.09	15 456.54	48.21	51.33	69
震旦系	10 491.44	1 958.12	18.66	6.50	5
其他	3 820.32	367.28	9.61	1.22	2
总计	151 360.52	30 109.90	19.89	100	189

山核桃林的生长表明, 山核桃适生于石灰岩岩体为地质背景的土壤环境; 在年代地层上, 主要分布在以寒武系为中心, 上接奥陶系的印渚埠组、胡乐组, 下接震旦系的兰田、皮园村组等岩石地层发育的土壤。同时, 在侏罗系的黄尖组和斑岩类岩石地层发育的部分土壤上也能正常生长。由于寒武系、奥陶系和侏罗系三个地层山核桃的分布面积远远超过其他地层, 将重点探讨。

2.2 不同地质背景下的土壤养分特征

2.2.1 土壤有机质和速效养分 有机质是土壤肥力的重要指标之一, 提供植物所需要的养分, 改善土壤肥力特性。侏罗系以酸性火成岩发育的土壤为主相对瘠薄, 特别是花岗岩等发育的土壤一般为砂性, 容易水土流失。由表 2 可以看出侏罗系发育土壤有机质含量为 30.87 g·kg⁻¹ 显著低于其他两个地层。奥陶系、寒武系发育的土壤有机质含量差异不大, 分别为 32.34 g·kg⁻¹, 32.16 g·kg⁻¹。

土壤矿物质营养的基本来源是土壤矿物质风化所释放的养分, 但人工施肥也是耕作土壤养分, 特别是氮、磷、钾等营养元素的重要来源^[13]。因此山核桃林地养分同时受成土母质和人为施肥的影响。由表 2 可以看出不同地质背景的土壤速效氮没有显著差异, 除侏罗系发育的土壤外, 其他地层发育土壤速效氮含量均大于 150 mg·kg⁻¹, 能很好地供应山核桃生长。

不同地质背景下土壤有效磷含量从高到低依次是寒武系 (19.35 mg·kg⁻¹)、奥陶系 (11.78 mg·kg⁻¹)、侏罗系 (10.19 mg·kg⁻¹), 经方差分析可知, 不同地质背景下发育土壤有效磷的含量差异达到显著水平。与 N, P 不同, 土壤速效钾含量最高的是侏罗系发育的土壤 (90 mg·kg⁻¹), 其次是奥陶系 (89 mg·kg⁻¹), 寒武系发育土壤钾的含量最低 (82 mg·kg⁻¹)。这与侏罗系酸性火成岩如花岗岩类母岩中富含长石、云母等含钾丰富的矿物有一定关系^[14]。

可以看出, 有机质丰富的土壤, 其速效养分的含量也较高, 但速效钾继承了原生母岩的特性, 在有机质含量最低的侏罗系其含量反而最高。

表 2 不同地层发育土壤的有机质和速效养分
Table 2 The content of organic matter and available nutrient in soil of different strata

地层	有机质/(g·kg ⁻¹)	速效氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
侏罗系	30.87±1.63a	149±5.61a	10.19±2.45b	90±4.83a
奥陶系	32.34±1.32a	155±5.45a	11.78±1.86b	89±5.41a
寒武系	32.16±1.30a	163±5.25a	19.35±2.93a	82±5.01a

注: 不同字母表示具有统计上的差异性, 多重比较结果, 置信度 95%。下同。

2.2.2 土壤 pH 值和中量元素 pH 值是土壤重要的基本性质, 它直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性。因近年来山核桃林地大量施用化肥, 再加上本区降水比较丰富, 土壤淋溶作用较强, 土壤酸化明显。由表 3 可以看出, 不同地质背景下土壤 pH 值均低于 6.0。但土壤 pH 值对母岩仍有较大的继承性, 不同母质发育土壤 pH 值存在极显著差异 ($P<0.01$)。由表 3 可以看出, 不同地质背景下形成的土壤 pH 值从高到低依次是: 寒武系发育的土壤 (5.57)、奥陶系发育的土壤 (5.15)、侏罗系发育的土壤 (4.89)。

方差分析表明, 不同地质背景下土壤的有效钙、有效镁的含量也达到极显著水平 ($P<0.01$), 且可以看出不同地层发育土壤的 pH 值、有效钙和有效镁的分布特征相似。土壤有效钙和有效镁含量最高的也是寒武系发育的土壤 (1 313 mg·kg⁻¹, 137 mg·kg⁻¹), 其次是奥陶系、侏罗系发育的土壤。土壤中钙、镁主要来源于成土母质, 其含量高低主要受成土母质及其风化和成土条件的影响。山核桃分布区的寒武系发育的土壤成土母岩以富含碳酸钙的灰岩、泥质灰岩和钙质泥岩为主, 风化成土过程中碳酸钙延缓了土壤盐基的淋失和土壤的酸化进程, 土壤 pH 值最高, 有效钙和有效镁的含量也最高。侏罗系发育的土壤成土母岩以酸性火成岩为主, 碳酸钙含量偏低, 风化成土过程中盐基淋失较多, 土壤 pH 值最低, 有效钙、有效镁也相对贫乏。

表 3 不同地层发育土壤的 pH 值和中量元素
Table 3 Soil pH value and middle element content in the soil from different geological strata

地层	pH 值	有效钙/(mg·kg ⁻¹)	有效镁/(mg·kg ⁻¹)
侏罗系	4.89±0.04c	359±56.54c	52±9.02c
奥陶系	5.15±0.07b	647±86.69b	114±12.35b
寒武系	5.57±0.09a	1313±113.18a	137±11.93a

2.2.3 土壤微量营养元素 以背景地质体为基础的地质背景是土壤有效性微量元素丰缺的重要决定因素^[15]。由表 4 可以看出,不同地质背景下土壤微量元素含量差异较大。方差分析表明不同地质背景下土壤的有效态铁、有效态锰、有效态铜、有效态锌的含量差异达到显著水平 ($P<0.05$)。有效态铁和有效态锰的含量由高到低依次是奥陶系、寒武系、侏罗系;有效铜和有效态锌的含量由高到低依次是寒武系、奥陶系、侏罗系。奥陶系和寒武系有效硼的含量相当,均高于侏罗系。可以看出,奥陶系、寒武系发育土壤微量元素含量整体高于侏罗系发育土壤。在一定程度上说明土壤中微量元素分布特征受控于其下地质单位的空间分布。由表 4 还可以看出,不同地质背景下土壤中有效态铁和有效态锰的含量都极丰富,而有效态铜、有效态硼和有效态锌的含量都较低。

表 4 不同地层发育土壤微量元素含量
Table 4 Micromineral content in the soil from different geological stratification

地层	有效态铁 / (mg·kg ⁻¹)	有效态锰 / (mg·kg ⁻¹)	有效态铜 / (mg·kg ⁻¹)	有效态锌 / (mg·kg ⁻¹)	有效态硼 / (mg·kg ⁻¹)
侏罗系	59±2.98a	54±3.90a	0.71 ±0.11a	0.84 ±0.08a	0.24 ±0.01a
奥陶系	91±5.20b	76±3.90b	1.48±0.09b	1.07±0.11ab	0.27 ±0.02a
寒武系	82±5.13bc	64±2.78c	2.41 ±0.14c	1.24±0.13b	0.27 ±0.01a

2.3 不同地质背景下土壤养分的相关性分析

由表 5 可知,研究区土壤有机质和中微量元素整体呈正相关,特别在寒武系发育土壤的有机质与有效钙、有效镁、有效铜、有效锌、有效硼相关性均达到显著水平 ($P<0.05$),说明随着土壤有机质含量的提高,有效态中微量元素的含量呈增加趋势。研究区土壤 pH 值与有效钙、有效镁、有效铜、有效锌的相关性也较一致,呈显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 正相关,有效钙、有效镁、有效铜、有效锌的含量随着土壤酸度的改善而提高。土壤有效铁的含量与土壤氧化还原环境的改变有很大的关系,有效铁与土壤 pH 值在侏罗系呈显著正相关关系 ($P<0.05$),而在奥陶系、寒武系呈显著负相关关系 ($P<0.05$),可能是土壤氧化还原状态影响的结果,且在不同地质背景发育的土壤中速效养分和微量元素之间相关性也存在差异,需要进一步深入研究。

表 5 不同地质背景发育土壤因子的相关性分析
Table 5 Correlation analysis on factors from different geological stratification

指标	有效钙	有效镁	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	有效硼
有机质	整体	0.105	0.094	0.173*	0.104	0.083	0.242**
	侏罗系	-0.082	-0.096	0.323*	0.195	-0.052	-0.044
	奥陶系	0.000	-0.023	0.098	-0.009	-0.113	0.230
	寒武系	0.240*	0.268*	0.149	0.071	0.246*	0.421*
pH 值	整体	0.835**	0.601**	-0.246**	0.130	0.606**	0.212**
	侏罗系	0.803**	0.573**	0.286*	0.242	0.624*	0.140
	奥陶系	0.854**	0.668**	-0.344*	-0.018	0.470*	0.413*
	寒武系	0.765**	0.476*	-0.559*	0.146	0.457*	0.018
速效氮	整体	0.243**	0.120	0.249**	0.084	0.198**	0.187*
	侏罗系	0.052	-0.028	0.425*	0.081	0.120	-0.046
	奥陶系	0.228	0.126	0.315*	0.110	0.214	0.431*
	寒武系	0.258*	0.098	0.113	0.026	0.119	0.114
有效磷	整体	0.058	0.061	0.472**	0.072	0.154*	0.299**
	侏罗系	-0.071	0.058	0.132	0.132	0.215	-0.065
	奥陶系	0.013	-0.052	0.315*	0.110	0.214	0.431*
	寒武系	-0.068	-0.008	0.602*	-0.169	0.054	0.262*
速效钾	整体	0.050	0.127	0.094	0.189*	0.100	0.326**
	侏罗系	-0.078	0.066	0.127	0.408*	0.078	0.256
	奥陶系	0.124	0.088	0.248	0.178	0.296*	0.381*
	寒武系	0.166	0.274*	0.013	0.039	0.203	0.371*

注: ** $P<0.01$, * $P<0.05$ 。

3 结论与讨论

山核桃主要分布在以石灰岩岩体为主的寒武系和奥陶系地层发育的土壤上,其次,在矿化作用强烈的侏罗

系地层发育的土壤上也有部分分布;而在研究区所出露的寒武系地层中,山核桃栽培利用比例最高,达到 48.21%。不同地质背景下发育的土壤主要化学性质存在明显差异,土壤 pH 值和有效钙、有效镁、有效铜、有效锌等中微量元素养分水平均以寒武系地层最高,其次是奥陶系、侏罗系。土壤有机质含量以侏罗系地层最低,土壤有效磷含量以寒武系地层最高。相关分析表明,山核桃分布区土壤 pH 值和有效钙、有效镁、有效铜、有效锌整体上存在显著正相关关系,随着土壤 pH 值提高,有效钙、有效镁、有效铜、有效锌等中微量元素含量显著提高。

不同地层所具有的母岩特性、成土过程和山核桃林地施肥等林间管理的人为干扰是造成不同地质背景发育的山核桃林地土壤化学性质差异的主要原因。在侏罗系地层中,山核桃主要分布在黄尖组地层发育的土壤上,其成土母岩以流纹岩和凝灰岩为主;部分分布在花岗岩和石英二长岩发育的土壤上。该系地层岩性为酸性,其发育的土壤都呈酸性至微酸性,阳离子交换量整体不高,因此,土壤缓冲性能低,土壤更容易酸化;同时,由于淋溶强度大,极易造成盐基离子的流失,养分流失严重,导致土壤肥力相对较低,特别是钙、镁、铜、锌、硼等中微量元素整体贫乏。另一方面,该系土壤质地一般为砂性,通气性好,因此,有机质分解和土壤矿化作用,是土壤养分的重要来源,与成土母岩化学成分相对应的钾、锰等养分相对丰富,但是,该系土壤抗侵蚀能力弱,极易造成水土流失。

奥陶系出露的地层中,山核桃主要分布在印渚埠组及印渚埠、胡乐组并层,另外长坞组和宁国组地层也有少量出露。其岩性以粉砂质页岩夹钙质页岩和页岩为主,部分夹泥灰岩、瘤状泥灰岩和粉砂岩。土壤特性表现为钙质含量相对丰富,该类土壤在成土过程中经历了不同程度的脱硅富铝化过程,盐基离子淋失强烈,土壤普遍呈现为弱酸性至酸性;由于代换性酸度大^[16],土壤酸化风险高,而其对酸的缓冲能力主要取决于成土母质中碳酸钙的含量,母质中碳酸钙含量越高,对酸的缓冲能力越强。研究区奥陶系地层发育的土壤,其质地以粘性为主,部分为粉砂性,土壤中的粘粒含量总体较高,虽然土壤持肥能力相对较强,但也增强了土壤的还原性状,极易造成锰毒对山核桃生长的危害。相关分析表明,有效铁与有效磷呈极显著正相关($P<0.01$),可能是由于该类土壤中磷主要以闭蓄态存在,在酸性土壤中铁的还原也促进了磷的释放;而 pH 值与有效铜、有效锌均呈现极显著正相关($P<0.01$)和速效氮与有效铁、有效铜、有效锌存在不同程度的正相关,主要是由于该类土壤成土母质中碳酸钙含量不同所造成,碳酸钙含量越高,土壤对酸的缓冲能力越强,阳离子交换量越大,土壤持肥能力、对铜、锌等微量元素的富集和吸附能力越强。

寒武系发育的山核桃林地土壤在研究区分布的面积最大,出露的地层主要有西阳山组、华严寺组、杨柳纲组和荷塘、大陈岭组合并层,其中以西阳山组出露最广。其岩性主要以泥质、白云质灰岩为主,碳质硅质泥岩、页岩和磷矿层等少量出露。该系发育的土壤大部分为石灰性土壤,保持了母岩的特性,土壤多呈中性至微酸性;土壤中盐基饱和度高,阳离子交换量大;丰富的钙含量,增强了土壤有机质团粒结构的稳定性。因此,该系土壤淋溶性小,持肥能力强;土壤中微量元素的富集明显,铜、锌、硼微量元素含量丰富;对酸的缓冲能力高,土壤抗侵蚀能力较强。有机质与有效铜、有效锌、有效硼、有效钙、有效镁呈显著的正相关($P<0.05$)。

经营措施等人为干扰是影响土壤性质变化的主要因子。长期大量使用化学肥料和化学除草剂是影响山核桃林地土壤理化性质的主要人为因素,而不同地质背景所发育的土壤,由于自身特性的不同,导致其土壤性质的变化特征也存在显著差异。

施肥和化学除草会引发土壤出现不同程度的酸化。马闪闪等的研究也发现山核桃主产区绝大部分土壤处于酸性和强酸性状态^[17],且与 20 世纪 80 年代第 2 次土壤普查结果(pH 在 6.0~8.0)相比显著降低。不同地质背景下发育的土壤由于其对酸的缓冲能力不同,施肥对土壤酸化程度的影响存在显著差异。寒武系土壤由于阳离子交换量大,缓冲能力强,酸化现象相对较轻;侏罗系土壤由于阳离子交换量小,酸化严重;而奥陶系土壤虽然阳离子交换量相对较大,但是由于代换性酸度大,化肥的使用会导致大量 H^+ 和 Al^{3+} 交换到土壤溶液中,而造成严重酸化。另一方面,土壤有机质的变化是影响土壤阳离子交换量变化的最重要因素之一。除草剂的频繁使用,造成山核桃林下植被数量急剧减少,土壤有机质积累受阻,有机质含量逐年下降,导致阳离子交换量减小,从而加剧了土壤酸化;同时还引发土壤功能团活性下降。侏罗系地层的山核桃林地,由于土壤质地以砂性为主,

有机质分解快、阳离子交换量小、水土流失风险大,因此,除草剂的频繁使用导致土壤有机质含量急剧下降,加速了土壤的酸化和肥力的衰退。

施肥能显著提高山核桃林地土壤主要养分的含量水平。研究表明,3种地层土壤的速效氮含量均位于较高水平,其平均值接近或达到 $150\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上;速效钾平均含量位于中等偏下水平;而有效磷平均含量达到了中等水平以上,寒武系地层土壤更达到了 $19.35\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,造成部分林地存在着一定磷淋失风险。究其原因,主要是林农在施肥时,过多的偏施氮素肥料和氮、磷、钾养分比例各占15%的复合肥所造成,而没有根据山核桃植物营养需求规律,科学平衡施肥。寒武系地层发育的土壤有效磷水平过高,主要是由于该类土壤中磷主要以P-Ca的形态存在,而且土壤大多处于微酸水平,土壤磷活性最高。研究区大部分山核桃林地土壤微量元素养分相对贫乏,其原因,一方面是由于受地质背景的影响,其中有效铜和有效锌含量随寒武系、奥陶系和侏罗系地层依次呈明显下降,而土壤有效硼在研究区呈整体贫乏;另一方面主要是长期以来在山核桃施肥时忽视对铜、锌和硼等微量元素肥的补充和使用而造成。相关研究表明补充铜、锌、硼等微量元素配施能显著提高山核桃的产量^[18]。

4 建议

制定山核桃种植规划时要重视地质背景的调查,切实做到适地适树。根据不同地层发育土壤主要化学性质存在显著差异的特征,结合土壤pH与中微量元素均具有显著相关的特性,开展山核桃林地分区施肥技术和土壤酸性改良技术的研究和推广工作,提高科学施肥技术的推广效率和质量。当前山核桃林地管理的生产实践中,重点并因地制宜地开展酸化土壤改良,肥料施用上要注意增施有机肥,控制氮肥用量,同时注意微量元素肥料的补充施用,促进山核桃林地土壤健康和山核桃平稳生产。

参考文献:

- [1] 任荣福,解怀生,简中华,等.浙江省天目山地区土壤地质与地球化学特征[J].地球科学与环境学报,2008,30(1):50-53.
- [2] 东野光亮,赵文武.中国土壤地质学研究进展与展望[J].土壤学报,2008,45(5):875-880.
- [3] 吕惠进.浙江临安山核桃立地环境研究[J].森林工程,2005,21(1):1-4.
- [4] 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.
- [5] 童根平,王卫国,张圆圆,等.大田条件下山核桃林地土壤和叶片养分变化规律[J].浙江林学院学报,2009,26(4):516-521.
- [6] 宋明义,陈文光,斯小军,等.安吉县山核桃立地环境条件[J].浙江林业科技,2008,28(6):11-15.
- [7] 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.
- [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.
- [9] 钱孝炎,黄坚钦,帅小白,等.临安市不同乡镇山核桃林地土壤理化性质比较[J].浙江林业科技,2013,33(1):7-11.
- [10] 陈卫新,邬奇峰,黄仁仁,等.临安市山核桃林地土壤肥力状况及存在问题[J].中国农技推广,2013,29(6):45-46.
- [11] 黄兴召,黄坚钦,陈丁红,等.不同垂直地带山核桃林地土壤理化性质比较[J].浙江林业科技,2010,30(6):27-31.
- [12] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [13] 孙向阳.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [14] 赵玉国,张甘霖,龚子同,等.海南岛不同地质背景下的土壤类型、质量特征和作物适宜性[J].第四纪研究,2005,25(3):390-394.
- [15] 周俊,朱江,查世新,等.安徽省土壤微量元素状况与地质背景的关系[J].南京农业大学学报,2001,24(1):59-64.
- [16] 赵凯丽.不同母质红壤的酸化特征及趋势[D].北京:中国农业科学院,2016.
- [17] 马闪闪,赵科理,丁立忠,等.临安市不同山核桃产区土壤肥力状况的差异性研究[J].浙江农林大学学报,2016,33(6):953-960.
- [18] 马闪闪,程礼泽,丁立忠,等.硼锌铜微肥配施对山核桃生长和产量的影响[J].浙江林业科技,2016,36(2):32-36.