

## 有机富硒肥对青钱柳叶中硒、微量元素及 功效成分的影响

表1 叶面喷施后青钱柳叶中硒含量 mg/kg

种类	喷施剂量	硒含量		
		5月	7月	9月
3年生小树	空白	0.11	0.17	0.12
	高	6.46	6.48	3.59
	中	4.38	3.90	2.32
	低	3.58	3.25	2.08
10年生大树	空白	0.18	0.33	0.25
	高	7.31	7.28	4.90
	中	6.15	5.96	3.19
	低	4.49	4.09	2.63

吕萌<sup>1</sup>, 陈伟鸿<sup>2</sup>, 许琦<sup>1</sup>, 谭开祥<sup>3</sup>, 向极轩<sup>4</sup>, 刘卫<sup>5</sup> ( <sup>1</sup>武汉百思凯瑞纳米科技有限公司, 武汉 430000; <sup>2</sup>无限极(中国)有限公司, 广州 510665; <sup>3</sup>湖北思慧生物科技有限公司, 湖北恩施 445099; <sup>4</sup>恩施州农业科学院, 湖北恩施 445099; <sup>5</sup>华中科技大学生命科学与技术学院, 武汉 430074)

**摘要:** 研究了叶面喷施有机富硒肥对不同树龄青钱柳叶中硒、重要微量元素及皂苷、黄酮、多糖等功效成分的影响。试验设高、中、低3个喷施剂量组, 每100g有机富硒肥中硒含量分别为6000、3000、1500mg。分别在4、6、8月对10年生大树和3年生小树进行喷施, 5、7、9月采摘。采摘后测定青钱柳叶中硒、微量元素以及功效成分的含量。研究表明: 叶面喷施可显著提高青钱柳叶中硒含量, 硒含量最高可达7.31mg/kg, 是空白组的41倍, 且青钱柳叶中硒含量与喷施剂量呈正相关性; 青钱柳叶中硒含量与喷施时间有关, 5月与7月叶中硒含量相当, 9月叶中硒含量明显降低; 10年生大树叶中硒含量高于3年生小树。喷施有机富硒肥后青钱柳叶中镁、锌、铬、镍、钒含量增加, 锰、铜含量降低。功效成分皂苷、黄酮、多糖含量均有所提高, 分别达到2.8%、8.9%、2.4%。**关键词:** 有机富硒肥; 青钱柳;

硒; 微量元素; 功效成分中图分类号: S143.7 文献标志码: A 论文编号: cjas16020010

Effects of Organic Selenium Fertilizer on Selenium, Trace Elements and Active Components in *Cyclocarya paliurus* Lv Meng<sup>1</sup>, Chen Weihong<sup>2</sup>, Xu Qi<sup>1</sup>, Tan Kaixiang<sup>3</sup>, Xiang Jiqian<sup>4</sup>, Liu Wei<sup>5</sup> (<sup>1</sup>Wuhan Best-carrier Nano Science and Technology Company Ltd., Wuhan 430000, Hubei, China; <sup>2</sup>Infinitus (China) Company Ltd., Guangzhou 510665, Guangdong, China; <sup>3</sup>Sihui Bio-Technology Company Ltd., Enshi 445099, Hubei, China; <sup>4</sup>Enshi Agricultural Science Institute of Hubei Province, Enshi 445099, Hubei, China; <sup>5</sup>College of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China) Abstract: The effect of organic selenium fertilizer on contents of selenium, important trace elements and active components (saponins, flavonoids, polysaccharides and so on) of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja of different growth years were investigated. Three selenium spraying contents (6000, 3000 and 1500 mg/100 g) were set and sprayed in April, June and August on 10-year-old trees and 3-year-old trees, leaves were sampled respectively in May, July and September. The contents of selenium, trace elements and active components were determined. The results showed that the spraying of organic selenium fertilizer could significantly enhance selenium content in leaves, and the highest selenium content of leaves could reach 7.31 mg/kg, which was 41 times as much as that of CK, the selenium content in leaves were positively

correlated to the spraying amount and affected by spraying time. Leave selenium content in May was similar to that in July, and significantly higher than that in September. Leave selenium content of 10-year-old trees was higher than that of 3-year-old trees. The content of Mg, Zn, Cr, Ni, V increased after the spraying of organic selenium fertilizer, but the content of Mn and Cu decreased. The content of saponins, flavonoids and polysaccharides increased by 2.8%, 8.9% and 2.4%, respectively. Key words: Organic Selenium Fertilizer; *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja; Selenium; Trace Elements; Active Components

## 0 引言

青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja] 是中国特有的单种属植物, 2013 年被批准为食品新资源。青钱柳含有多糖<sup>[1]</sup>、黄酮<sup>[2]</sup>、皂苷<sup>[3]</sup>等多种活性成分, 已有研究证明其活性成分具有显著的降血糖、降血脂等功效。研究发现, 青钱柳提取物可显著增强四氧嘧啶糖尿病小鼠的葡萄糖耐受能力, 对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的活性有较强的抑制作用, 可以促进病变胰岛结构功能恢复, 增强小鼠糖耐量, 降低空腹血糖<sup>[4]</sup>。同时, 青钱柳提取物还具有明显的改善血脂代谢

和提高机体抗氧化能力的作用<sup>[5]</sup>，可抑制高脂血症小鼠 FAS 基因和蛋白质表达<sup>[6]</sup>。硒是人体必需的重要营养元素，具有增强人体免疫力、抗氧化、抗衰老以及抗癌、拮抗重金属毒性等生理功能<sup>[7]</sup>。特别地，硒是谷胱甘肽过氧化物酶的重要组成部分<sup>[8]</sup>。硒可以有效地清除自由基<sup>[9]</sup>，保护免疫细胞，并诱导 T、B 淋巴细胞<sup>[10]</sup>和巨噬细胞<sup>[11]</sup>产生免疫因子，增强机体免疫力<sup>[12]</sup>。因此，开发兼具降血糖、降血脂和增强免疫力功效的天然青钱柳产品作为保健食品具有很好的应用前景。笔者通过青钱柳叶面喷施有机富硒肥，研究了不同喷施剂量、不同喷施时间对不同树龄青钱柳叶中硒、重要微量元素及主要功效成分的影响，以期为研究、开发青钱柳保健食品提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

田间试验于 2015 年 4—9 月在湖北省恩施市青钱柳种植基地进行，室内试验在华中科技大学生命科学学院进行。

### 1.2 试验材料与仪器

青钱柳为 3 年生青钱柳小树（树高约 1.5 m）和 10 年生青钱柳大树（树高约 7~8 m）。有机富硒肥由武汉百思凯瑞纳米科技有限公司研制，含有富硒酵母、腐殖酸、氨基酸、植物生长调节剂以及叶面促渗剂等成分，高剂量富硒肥硒含量 6000 mg/100 g，中剂量富硒肥硒含量 3000 mg/100 g，低剂量富硒肥硒含量 1500 mg/100 g。原子荧光光度计(AFS-9700)，北京科创海光仪器有限公司；电感耦合等离子体质谱仪(NexION 350X)，美国 Perkin Elmer 公司；紫外可见分光光度计（UV-2000 型），日本岛津有限公司；微波消解器(WX400)，上海屹尧有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 喷施有机富硒肥

叶面喷施试验中，有机富硒肥按照 1:500 溶于水配制成水溶液后进行叶面喷施，喷施至叶面湿润且不见滴水。施肥期为 4、6、8 月，喷施后 30 天，即 5、7、9 月采收树叶为样品。

#### 1.3.2 硒、微量元素及功效成分含量检测

青钱柳叶中硒含量采用氢化物原子荧光光谱法检测<sup>[13]</sup>，其他微量元素采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法检测<sup>[14]</sup>。青钱柳脱脂后按照料液比 1:10 加入 70%乙醇回流提取 2 次，每次 2 h，提取液经正丁醇萃取后浓缩得浸膏，浸膏溶解于无水乙醇，采用紫外分光光度计法检测其中皂苷含量<sup>[15]</sup>。青钱柳脱脂后按照料液比 1:10 加入 70%乙醇回流提取 2 次，每次 2 h，得提取液，采用  $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$  法检测其中黄酮含量<sup>[16]</sup>。青钱柳脱脂后按照料液比 1:10 加入水，100℃提取 2 次，每次 2 h，提取液加入无水乙醇至乙醇浓度为 75%，沉淀物溶于水后采用蒽酮硫酸法检测多糖含量<sup>[17]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶面喷施对青钱柳叶中硒含量的影响

叶面喷施后青钱柳叶中硒含量的检测结果见表 1。由表 1 可以看出，空白组各个时期的硒含量均较低，而且在整个生长过程中变化很小，而喷施有机富硒肥后，各个时期、各个树龄的硒含量均显著高于空白组。叶面喷施有机富硒肥可明显提高青钱柳叶中硒含量。青钱柳叶

中硒含量最高可达 7.31 mg/kg，是空白组的 41 倍。最低为 2.08 mg/kg，是空白组的 17 倍。随着喷施剂量的提高，青钱柳叶中硒含量呈现逐渐增加的趋势，叶中硒含量与喷施剂量呈明显正相关性。叶中硒含量与喷施时间相关，5 月硒含量最高，7 月硒含量与 5 月硒含量相当，9 月硒含量明显降低。喷施有机富硒肥后，10 年生大树叶中硒含量在各个时期均高于 3 年生小树中硒含量。

**表1 叶面喷施后青钱柳叶中硒含量 mg/kg**

种类	喷施剂量	硒含量		
		5月	7月	9月
3年生小树	空白	0.11	0.17	0.12
	高	6.46	6.48	3.59
	中	4.38	3.90	2.32
	低	3.58	3.25	2.08
10年生大树	空白	0.18	0.33	0.25
	高	7.31	7.28	4.90
	中	6.15	5.96	3.19
	低	4.49	4.09	2.63

## 2.2 叶面喷施对青钱柳叶中重要微量元素的影响

叶面喷施后青钱柳叶中重要微量元素的检测结果见表 2。由表 2 可以看出，喷施有机富硒肥后青钱柳叶中的重要微量元素含量较空白组发生一定变化，镁、 锌、铬、镍、钒有所增加，锰、铜有所降低。不同树龄的青钱柳叶中微量元素存在一定的差异，小树中锰含量是大树中的锰含量的 2.7 倍，钛含量是大树钛含量的 1.8 倍，而大树中的锌含量是小树的 2 倍，镍含量是小树的 5.5 倍。

## 2.3 叶面喷施对青钱柳叶中主要功效成分的影响

叶面喷施后青钱柳叶中主要功效成分的检测结果见表 3。由表 3 可以看出，叶面喷施有机富硒肥后青钱柳叶中皂苷、黄酮、多糖等功效成分含量较空白组有不同程度的增加。皂苷含量

最高可达 2.8%，黄酮含量最高可达 8.9%，多糖含量最高可达 2.4%。相对于空白组，青钱柳中皂苷含量提高 21.7%，黄酮含量提高 9.9%，多糖含量提高 33.3%。不同树龄的青钱柳叶中的功效成分含量存在一定差异，10 年生大树中的皂苷含量比 3 年生小树低，而 10 年生大树中的黄酮、多糖含量高于 3 年生小树。

表2 叶面喷施后青钱柳叶中重要微量元素含量

mg/kg

种类	Mg	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	V	Ti
空白	2470	2031	37.7	14.6	0.59	2.93	0.10	2.29
5月小树中剂量	2680	1913	46.3	10.2	0.71	3.19	0.17	2.80
5月大树中剂量	2990	715	93.3	11.6	0.61	17.64	0.13	1.53

表3 叶面喷施后青钱柳叶中主要功效成分含量 %

种类	皂苷	黄酮	多糖
空白	2.3	8.1	1.8
5月小树中剂量	2.8	8.6	2.2
5月大树中剂量	2.5	8.9	2.4

### 3 结论

通过叶面喷施有机富硒肥可使青钱柳叶中硒含量明显提高，硒含量最高可达 7.31 mg/kg，最低为 2.08 mg/kg。根据 GB/T 1090—2014 规定<sup>[18]</sup>，富硒茶硒含量为 0.2~4 mg/kg。青钱柳达到富硒茶的标准。青钱柳叶中硒含量与喷施剂量呈正相关性且与喷施时间有关，5 月与 7 月叶中硒含量相当，9 月叶中硒含量明显降低。10 年生大树叶中硒含量高于 3 年生小树。喷施有机富硒肥后青钱柳叶中镁、锌、铬、镍、钒含量增加，锰、铜含量降低。功效成分皂苷、黄酮、多糖含量均有所提高，分别达到 2.8%、8.9%、2.4%。考虑到叶面喷施的施肥量非常低，短期内青钱柳叶中硒含量显著增加，镁、锌、铬、镍、钒等重要微量元素含量提高，皂苷、黄酮、多糖等主要功效成分含量均有所提高，因此喷施有机富硒肥的利用率非常高。通过叶面喷施有机富硒肥生产青钱柳是一种简洁、高效、可行的方法。

### 4 讨论

在前期研究中，曾尝试土壤施肥，青钱柳叶中的硒含量没有明显变化，可能是由于土壤施肥时硒元素通过根吸收，再运输到青钱柳茎、叶各个部位，硒吸收后大部分保留在根、茎之中。叶面喷施有机富硒肥后，青钱柳叶中硒含量明显提高，主要是由于叶面喷施中硒元素通

过叶面直接吸收进入代谢并转化<sup>[19]</sup>。由于受到青钱柳生长发育过程中叶片数量、叶片面积、生理活性强度等影响,叶中硒含量在不同喷施时间、不同树龄的青钱柳中存在一定差异。5月硒含量最高,7月硒含量与5月硒含量相当,9月硒含量明显降低。春夏季节(5、7月)青钱柳处于生长旺季,叶片数量、叶片面积较大,生理代谢速率较大,对硒元素的吸收转化效率较高,叶中硒含量较高。9月青钱柳逐渐枯萎落叶,叶片数量、叶片面积均减少,生理代谢速率趋缓,对硒元素的吸收转化效率逐渐降低,9月青钱柳叶中硒含量明显下降。同理,10年生青钱柳大树较3年生小树生长更旺盛,10年生大树叶中硒含量在各个时期均高于3年生小树中硒含量。有机富硒肥中富含硒,同时还含有氨基酸、腐殖酸等营养成分以及植物调理剂。有机富硒肥直接通过叶面吸收并转运进细胞,直接影响青钱柳生理代谢活动,使青钱柳中微量成分较空白组发生一定变化。青钱柳中的镁、锌、铬、镍、钒含量有所增加,锰、铜含量有所减少。镁、锌、镍、钒等元素与人体胰岛素分泌和葡萄糖的利用有关,可能在其降血糖方面发挥了重要作用<sup>[20]</sup>。锌同时也是对机体免疫作用起重要的调节作用<sup>[21]</sup>。铬、钒对维持血管壁的正常代谢、保持血管内壁完整性起至关重要的作用<sup>[22]</sup>。这些微量元素的变化可能进一步增强青钱柳降血糖、降血脂的功效,同时也可能赋予青钱柳一系列新的生理活性,需要进一步进行功效学研究。皂苷、黄酮、多糖为青钱柳主要功效成分,具有明显的降血糖功效,同时还可以改善血脂代谢并提高机体抗氧化能力,其含量为衡量青钱柳品质的重要指标。喷施有机富硒肥后,青钱柳生长所需营养成分供应充足,代谢活动增强。硒与其他微量元素在青钱柳内存在协同或颉颃效应,施加有机富硒肥影响了硒本身及其他微量元素参与的多种生理生化过程,进而影响青钱柳中次级代谢产物皂苷<sup>[23]</sup>、黄酮<sup>[24]</sup>、多糖<sup>[25]</sup>含量。富硒后青钱柳功效进一步增强,品质得到较大提高。另外硒以及其他微量元素还可以与皂苷、黄酮、多糖进一步结合,可能进一步增强、发挥青钱柳独特的降血糖功效。

参考文献[1] 李磊,谢明勇,易醒.青钱柳多糖降血糖作用研究[J].中药材,2002,25(1):39-41. [2] 杨武英,上官新晨,徐明生,等.青钱柳黄酮对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性及小鼠血糖的影响[J].营养学报,2007,29(5):507-509. [3] Hiroshi K, Harukazu F, Aki K, et al. Hypoglycemic action of *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinshaja in normal and diabetic mice[J].Biosci. Biotechnol. Biochem,2003,67(4):877-887. [4] 谢明勇,谢建华.青钱柳研究进展[J].食品与生物技术学报,2008,27(1):113-121. [5] 黄明圈,上官新晨,徐明生,等.青钱柳多糖降血脂作用的研究[J].江西农业大学学报,2011,33(1):157-161. [6] 刘姚,陈婷婷,傅凌韵,等.青钱柳多糖对高脂血症小鼠脂肪酸合成酶(FAS)表达影响[J].江西农业大学学报,2013,35(2):392-397. [7] 王以明,汪模辉,张勇,等.硒和硒化物的药理及药效学研究[J].药学进展,2003,27(2):96-99. [8] 朱善良.硒的生物学作用及其研究进展[J].生物学通报,2004,39(6):6-8. [9] 姚昭,李红艳,张云龙,等.有机硒、无机硒、VE单独使用及有机硒与VE联用对大鼠体内抗氧化能力的影响[J].食品科学,2013,34(15):272-276. [10] 蒋加进,张华,黄克和.不同硒源对兔体外淋巴细胞转化功能的影响[J].江苏农业科学,2007(6):188-191. [11] 孙纳新,王成华.硒蛋白及其对巨噬细胞功能调节作用的研究进展[J].食品科学,2012,33(19):363-366. [12] 李岩,霍娇,吕晓华,等.硒多糖对小鼠免疫功能的影响[J].四川大学学报:医学版,2014,45(3):512-514. [13] 苟体忠,唐文华,张文华,等.氢化物发生-原子荧光光谱法测定植物样品中的硒[J].光谱学与光谱分析,2012,32(5):1401-1404. [14] 李磊,谢明勇,吴熙鸿,等.用MAP-ICP-MS测定保健食品青钱柳及其浸提物中

多种矿质营养素的研究[J].食品科学,2000,21(2):53-56,57. [15] 徐睿庸,洪艳平,上官新晨,等.分光光度法测定青钱柳叶中总三萜皂甙含量[J].江西农业大学学报,2007,29(3):449-453. [16] 杨旭光.青钱柳黄酮的提取分离、抗氧化活性及其应用研究[D].南宁:广西大学,2012. [17] 谢建华,谢明勇,聂少平,等.青钱柳中多糖的测定[J].分析试验室,2007,26(8):33-36. [18] 中华全国供销总社杭州茶叶研究院,浙江科技学院,杭州亨达茶叶技术开发公司.GB/T1.1—2009,富硒茶[S].北京:中国标准出版社,2014:2. [19] 宁婵娟,丁宁,吴国良,等.喷硒时期与浓度对红富士苹果果实品质及部位全硒和有机态硒含量的影响[J].植物营养与肥科学报,2013,19(5):1109-1117. [20] 秦俊法.微量元素与糖尿病[J].广东微量元素科学,2000,7(2):1-15. [21] 单延春,盛晓阳,洪昭毅.锌缺乏对生长期大鼠免疫细胞凋亡的影响[J].营养学报,2004,26(2):94-97. [22] 余飞苑,刘浩宇,刘锡仪.微量元素与血脂代谢及心血管疾病的关 系[J].微量元素与健康研究,2005,22(5):10-12. [23] 李永明,孙玉新,刘德辉.施硒对药用菊花主要有效成分和花中硒含量的影响[J].土壤,2010,42(4):618-623. [24] 丁波,王德炉,蔡磊,等.硒对苦丁茶品质的影响[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2010,27(2):65-68. [25] 粟君,方升佐,尚旭岚,等.施肥对不同青钱柳种源苗期生长和多糖含量的影响[J].南京林业大学学报:自然科学版,2015,39(1):44-48.