

元宝枫叶生物活性物质研究进展

白雪¹, 李小英^{1*}, 邱宗海²

(1. 西南林业大学生态与水土保持学院, 云南昆明 650224; 2. 昆明海之灵生物科技开发有限公司, 云南昆明 650224)

摘要 元宝枫是我国特有的树种。元宝枫叶中含有黄酮、绿原酸、SOD、多酚等多种生物活性物质, 不同的研究条件下各个生物活性物质动态含量有所不同。在系统搜集整理文献的基础上, 对元宝枫叶在不同条件下生物活性物质含量的动态变化、生物活性物质的提取工艺及其应用开发进行综述, 为元宝枫叶中生物活性物质高效获取及开发利用提供指导。

关键词 元宝枫; 叶; 生物活性物质

中图分类号 S-03 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)06-0026-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.06.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Bioactive Substance in *Acer truncatum* Leaves

BAI Xue¹, LI Xiao-ying¹, QIU Zong-hai² (1. College of Ecology and Soil Conservation, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. Kunming Haizhiling Biotechnology Development Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650224)

Abstract *Acer truncatum* is an unique tree species in China. The leaves of *A. truncatum* contain flavonoids, chlorogenic acid, SOD, polyphenols and so on. The dynamic contents of bioactive substances are different under different research conditions. Based on the systematic collection and collation of literature, the dynamic changes of bioactive substances content, the extraction process of bioactive substances, and the development of their applications in different conditions were reviewed in this paper, which can provide guidance for the efficient acquisition, development and utilization of bioactive substances in the leaves of *A. truncatum*.

Key words *Acer truncatum*; Leaf; Bioactive substance

元宝枫(*Acer truncatum* Bunge)是槭树科(Aceraceae)槭树属植物,因翅果形似中国古代金锭“元宝”而得名。20世纪70年代,原西北农学院王性炎教授首次用元宝枫种子榨取食用油以缓解我国食用油紧张的压力,直到2005年,王性炎教授发现元宝枫籽中含有高达5.2%的神经酸,开创了脑科学史上的新纪元,经过更加深入的研究后发现元宝枫叶及种皮中也含有大量有益的生物活性物质^[1]。在王性炎教授科研成果的推动下,大量学者从不同方面对元宝枫进行了研究,如栽培育种、元宝枫各部分生物活性物质的含量及提取工艺等。随着元宝枫产业的不断发展,对元宝枫的开发应用研究不仅仅再停留于元宝枫籽油,许多研究者对元宝枫叶活性物质的成分进行了研究,发现元宝枫叶中含有多种生物活性成分,如黄酮类、绿原酸、多糖、维生素、氨基酸、超氧化物歧化酶(SOD)等,其中绿原酸、黄酮含量较高^[2-4],且大量的研究为掌握元宝枫叶有效成分动态含量规律、元宝枫叶有效活性物质的提取及应用开发提供了依据,为元宝枫产业中能够准确高效获取和高效开发应用元宝枫叶中的有效成分提供指导。

1 不同研究条件下元宝枫叶生物活性物质含量

1.1 干旱胁迫

目前,元宝枫在干旱胁迫下,其叶的生物活性物质研究以叶的植物保护酶和渗透调节物质的动态研究为主。水分是限制植物生长的重要因子,几乎所有的植物对水分胁迫都有一定的耐受性,当植物受到干旱胁迫时,会引起植物保护酶和渗透调节物质活性发生改变,使植物细胞中活性氧产生与清除之间失去平衡,引发膜脂过氧化作用,严

重时可导致植物死亡^[5]。胡景江等^[6]采用盆栽控水法和聚乙二醇6000(PEG6000)处理法研究了1年生和7年生元宝枫在水分胁迫条件下元宝枫膜脂过氧化作用的变化与抗旱性的关系,结果发现随胁迫时间的延长和胁迫程度的加深,丙二醛(MDA)含量和质膜相对透性逐渐增大,但在轻度和中度水分胁迫条件下增幅不显著。SOD和过氧化氢酶(CAT)活性随胁迫程度加深缓慢降低,在同一胁迫程度下一定的时间范围内,2种酶活性均呈增高趋势,并逐渐接近正常水平,这与元宝枫对干旱的适应性有关,说明元宝枫在缺水条件下,体内的保护酶仍能保持较高的活性水平。徐莲珍等^[7]在西北农林科技大学苗圃基地上,对1年生元宝枫苗木在干旱条件下叶中渗透调节物质与保护酶活性的影响进行了研究,结果显示元宝枫叶中渗透调节物质脯氨酸(Pro)和可溶性糖含量增加,而可溶性蛋白含量降低;SOD、过氧化物酶(POD)、CAT活性随干旱强度增大开始增加,而在重度胁迫时,酶活性下降,但干旱胁迫时的酶活性始终高于正常水分时。孔艳菊等^[8]对山东农业大学新校区林学实验站的元宝枫苗木进行了干旱处理,结果显示元宝枫净光合速率均呈下降趋势;Pro含量在整个胁迫期间显著增大,中度干旱胁迫对幼苗的生长没有显著抑制,各指标反应良好;在土壤最大持水量为40%以上时,元宝枫生长情况较好,总的来说,元宝枫具有一定的抗旱性,短期的干旱处理可以提高元宝枫体内保护酶的活性,但长时间的重度干旱胁迫对元宝枫生长不利。

元宝枫叶中保护酶SOD、CAT和POD以及可溶性糖等活性物质在干旱胁迫下仍能维持较高的活性水平,这是元宝枫耐旱的根本原因,可见适度的干旱处理可提高元宝枫叶中生物活性物质的含量,同时为元宝枫叶生物活性物质的大量获取提供了更多的可能。

基金项目 国家重点研发计划项目(2017YFC0505102)。

作者简介 白雪(1994—),女,重庆人,硕士研究生,研究方向:生态学。
*通信作者,副教授,博士,从事环境生态与水土保持研究。

收稿日期 2018-10-31

1.2 月份、季节变化 元宝枫叶中的生物活性成分在不同的生长月份和不同的生长季节会产生动态变化,通过对元宝枫叶中生物活性物质的动态变化研究,以确定含量最高的月份或季节,为高效开发和利用元宝枫叶提供科学指导。樊艳平等^[9]用方差分析和多重比较的方法,研究了山西省农业科学院果树研究所 5 年生元宝枫叶内黄酮、绿原酸含量及有关成分随月份的变化规律,结果表明元宝枫叶内黄酮含量最高为 8 月,含量为 5.86%,绿原酸含量最高为 6 月,含量为 3.62%,SOD 酶活性最高为 8 月,叶绿素含量最高为 6 月,可溶性糖含量最高为 9 月,不同月份 SOD 活性、叶绿素、可溶性糖含量差异显著。也有学者对元宝枫叶中多酚含量进行了研究^[10],结果显示 4 月嫩叶和 11 月落叶中的多酚含量较高,有良好的抗氧化剂资源。樊媛洁等^[11]对北京陶然亭公园元宝枫叶中有效成分含量的动态变化和对脂肪酸合酶(FAS)的抑制作用进行了研究,结果显示不同月份的元宝枫叶中总多酚、黄酮和绿原酸含量不同;多酚类物质含量最高为 7 月,叶中黄酮和绿原酸类含量最高为 11 月;不同月叶提取物对 FAS 都有抑制作用,但抑制效果有较大差异,其中 7 月份叶提取物对 FAS 的抑制作用最大,明显高于其他月份。庞晓莉等^[12]对重庆璧山凤湖仙山生态农业开发公司生产基地的元宝枫叶肉和叶柄主要生化成分的季节变化规律进行了研究,结果显示元宝枫叶中黄酮总量平均达 4.15%,其中夏季叶中黄酮总量>秋季叶中黄酮总量>春季叶中黄酮总量,叶肉黄酮总量>叶柄黄酮总量;叶中绿原酸平均为 1.58%,叶绿素含量季节差异不明显,其中春季含量略高,叶肉绿原酸含量>叶柄绿原酸含量。

每月元宝枫叶中主要的生物活性物质有所不同,说明元宝枫叶活性物质含量动态研究还存在很大的空间;黄酮和绿原酸含量在相同月份动态变化有差异,说明元宝枫叶中生物活性物质含量不仅仅受季节影响,还受到林龄、立地条件、生长区等因素的影响。若不考虑其他因素,元宝枫叶最适宜在 7 月和 8 月采摘,也可根据叶片品质,选择性去除叶柄,从叶肉中获得更高纯度的绿原酸和黄酮。

1.3 光照条件 光是影响植物存活、生长、繁殖与分布的重要环境因子^[13]。农业生产上常常通过调控光强来调节植物生长,不同光强会使得植物体内活性物质的积累发生动态变化。樊艳平等^[14-15]对山西省农业科学院果树研究所 2 年生元宝枫进行了不同光强及不同覆盖处理,结果显示元宝枫叶黄酮含量最高为 60% 自然光处理下,全自然光处理下绿原酸和 V_c 含量可达最高,而元宝枫叶 SOD 活性含量最大值出现在 45% 自然光处理下;在白膜覆盖下黄酮含量最高,在绿膜覆盖下绿原酸和叶绿素含量最高,在红膜覆盖下 SOD 活性含量最高,说明不同的光强处理、不同覆盖处理对元宝枫叶内生物活性物质含量的影响均极显著。韩丽英^[16]对山西省太谷县城南的元宝枫做了相似的研究,在自然光下,用遮阳网来设置不同光照强度,用彩色薄膜覆盖控制光质,对不同条件下元宝枫叶绿原酸含量进行了测定,结果显示在不同光质条件下,绿原酸质量浓度大小关系依次为自然光照条件、

绿色薄膜覆盖条件、红色薄膜覆盖条件、蓝色薄膜覆盖条件、黄色薄膜覆盖条件,其中蓝色与黄色薄膜覆盖条件下绿原酸含量差异不显著。在不同光强条件下,绿原酸质量浓度大小关系依次为 5% 自然光条件、25% 自然光条件、35% 自然光条件、全自然光照强度。尽管光照强度对绿原酸质量浓度有显著影响,但并不是光照强度越大绿原酸质量浓度越大。

总的来说,不同膜覆盖对绿原酸含量总体影响不大,不同研究中光照条件对绿原酸含量影响仍存在差异,总体来看,要从元宝枫叶中获取较高含量绿原酸和 SOD,可采取自然光、红膜覆盖处理。目前,光照条件对元宝枫叶中生物活性物质的研究较少,应当充分利用光照条件可人工调控这一优势展开更多研究。

2 元宝枫叶生物活性物质的不同提取工艺

2.1 绿原酸 绿原酸具有抗炎、抗菌解毒等作用,绿原酸在植物界的分布十分广泛,是许多中药材以及水果蔬菜中的主要有效成分,但绿原酸含量高的植物不多,而元宝枫叶中绿原酸含量高达 4%^[17]。近年来关于绿原酸提取工艺也在不断改进,但关于元宝枫叶中绿原酸提取的最优工艺未形成较为系统的研究。王乐等^[18]对元宝枫中绿原酸的提取工艺做了简单介绍,绿原酸的提取方法主要有醇提、水提、超临界萃取等。刘祥义等^[19]利用超声提取绿原酸的提取率为指标,研究了在不同条件下对元宝枫叶中绿原酸提取的影响,以乙醇溶液为溶剂,利用超声效应提取元宝枫叶中绿原酸,对超声强度、超声作用时间、料液比等因素进行研究,得到绿原酸提取的最优条件为室温下乙醇质量分数 30%,超声强度 2 档,作用时间 15 min,料液比(干燥叶用量:60%乙醇用量)为 1:16,提取次数 2 次。胡青平等^[20]采用乙醇提取法和酶提取法提取元宝枫叶中绿原酸,发现酶提取法的绿原酸提取率高于乙醇提取法,同时对酶法提取所选用酶的种类进行了筛选,并通过单因素试验、正交试验和方差分析得到了酶法提取绿原酸的最优操作条件,结果表明选用纤维素酶提取元宝枫绿原酸效果较好,最佳操作参数为纤维素酶添加量 0.015%、pH 为 4.5、酶解温度 50 ℃、酶解时间 1.5 h。

超声提取较常规提取具有可以节省溶剂、节省提取时间、提高提取率等优点,酶提取法较乙醇提取法具有提取条件温和、活性物质不易失活、操作简单、无溶剂残留等优点。因此,对于不同生产要求,超声提取法和酶法提取元宝枫叶绿原酸都是可行有效的。

2.2 黄酮 黄酮类物质有抑菌、抗肿瘤、抗氧化等生理活性^[21]。马登磊等^[22]采用荧光分析法对陕西杨陵元宝枫叶(粉碎机磨碎并过 40 目筛)总黄酮含量进行了测定,研究发现采用荧光分析法,通过改变激发光的波长,能够减小绿原酸对黄酮测定的干扰,可作为元宝枫叶总黄酮含量测定的参考方法。黄酮的提取受到料液比、乙醇浓度、时间、温度因素的影响。王兰珍等^[23]以西北林学院东院试验地的元宝枫叶为材料,比较了热水提取法、碱液提取法、70%乙醇提取法、60%丙酮提取法、甲醇提取法的黄酮提取率及提取物中总黄酮含量,黄酮提取率大小依次为 60%丙酮提取法(19.92%)、

70%乙醇提取法(12.20%)、碱液提取法(4.16%)、甲醇提取法(1.16%)、热水提取法(0.72%)。曾里等^[24]以四川元宝公司提供的元宝枫叶为原料,研究超声波技术在元宝黄酮浸提中的应用,通过改变溶剂浓度、提取时间、料液比等条件对产品提取率的影响进行了探讨,并比较了传统浸提法、超声波2种方法的提取,结果显示超声波法提取元宝黄酮是一种快速、高效、节能的新型提取方法,其中超声波提取元宝黄酮的最佳浸提条件为溶剂使用60%乙醇,料液比为1:25,超声作用时间为30 min,浸提温度为60℃,提取率为6.26%。

元宝枫叶黄酮的提取技术已经较为成熟,从提取率来看,采用70%乙醇提取法和60%丙酮提取法较为理想;若要减小测定过程中绿原酸对黄酮的干扰,可采用荧光分析法;要实现批量快速、高效提取元宝枫叶黄酮可采取超声波技术提取法。

2.3 多酚 多酚类物质是具有独特生理活性和药理活性的天然产物,是元宝枫叶的主要活性物质之一,具有抗肿瘤、抗氧化、抗病毒等作用。有研究表明,大多数多酚类物质能够抑制FAS,抑制作用的大小与提取物中多酚类物质含量成正比^[25]。目前,有大量研究为获取更高纯度的多酚提供了方法。叶燕彬等^[26]采用大孔树脂分离纯化法,对纯化元宝枫叶总多酚的工艺条件进行了筛选评价,大孔树脂分离纯化法以元宝枫叶总多酚的静态与动态吸附量和解吸率为指标筛选大孔树脂,采用紫外分光光度法测定元宝枫叶总多酚含量,通过比较HPD100型、HPD-400型、AB-8型、DA201型、DI01型5种大孔树脂对元宝枫叶多酚分离效果,发现HPD100型大孔树脂分离效果较好,HPD100型大孔树脂在筛选出的工艺条件下,树脂的吸附-解吸附性能稳定,且能较好地分离纯化元宝枫叶总多酚,多酚含量纯化前为28.55%,纯化后为39.52%,大大提升了多酚的纯度,纯化后的多酚物质提高了其对FAS的抑制能力。蔡霞等^[27]以乙醇作为提取溶剂,探讨了溶剂浓度、微波温度、提取时间、料液比等因素对多酚提取的影响,并将超声波法、磁力搅拌法和微波萃取法进行比较,发现微波萃取法较其他2种方法有明显优势,且确定了微波法从元宝枫叶中提取多酚的最佳工艺条件:乙醇浓度90%、物料颗粒120目、料液比(干燥叶用量:90%乙醇用量)为1:15、微波温度160℃、提取时间5 min、辐射前常温浸泡时间10 min,在此条件下,元宝枫叶中多酚的提取率为93.08 g/kg。以上方法都可用于元宝枫叶多酚的提取,其中微波萃取法提取率高,且所需时间短,而采用大孔树脂进行元宝枫叶多酚分离纯化则能够提升多酚的纯度,具有可多次重复使用、操作简单等特点,2种方法是否可以同时用于元宝枫叶多酚的提取以提高元宝枫叶多酚的利用率,值得进一步研究。

2.4 其他 元宝枫叶中除了主要成分黄酮、绿原酸和多酚,还有许多其他活性物质,如儿茶素、没食子酸、SOD等,但都未形成较为系统的提取工艺。其中没食子酸是鞣质在稀酸和酶作用下的水解产物,具有抗突变、抗氧化、抗肿瘤和保肝

消炎等作用;儿茶素具有抑制肿瘤、清除自由基、护肤美容等作用;SOD能够有效地清除植物细胞内的多种活性氧,维持植物正常的生命活动,具有良好的抗氧化作用^[28]。李珺等^[29]用高效液相色谱法测定元宝枫叶中游离和水解没食子酸的含量,测定结果为水解没食子酸含量为1.456%,游离没食子酸含量为0.045%,不同季节含量不同。吴松兰等^[30]用高效液相色谱法测定元宝枫叶中儿茶素类物质含量,表没食子儿茶素(EGC)、表儿茶素(EC)和没食子茶素没食子酸酯(GCG)平均含量分别为38.9、28.9、28.4 mg/kg。以上研究均只是测定了元宝枫叶活性物质含量,并未对其提取工艺进行评价筛选。

3 元宝枫叶生物活性物质的应用开发

3.1 医疗方面 近年来的研究表明元宝枫叶中提取出的生物活性物质有极高的药用价值。相关研究指出,FAS是治疗肥胖及抗肿瘤的潜在靶点^[25,31]。高丽芳等^[32]对元宝枫叶提取物对营养性肥胖大鼠的减肥作用及机制进行了研究,利用营养饲料制备大鼠肥胖模型,不同组别大鼠元宝枫叶提取物用量为10、30和100 mg/kg,试验结束后测定大鼠体重、体脂、食物消耗量、脂/体比及肝脏脂肪酰合酶活性指标。试验持续31 d,结果与模型对照组比较,30 mg/kg与100 mg/kg组21 d后体重和试验终体重均显著降低,即元宝枫叶提取物有减肥作用。钟莲梅等^[33]对元宝枫叶中黄酮对脂多糖(LPS)诱导的小胶质细胞株BV-2细胞炎性因子释放的抑制作用进行了研究,结果显示元宝枫叶黄酮可通过调控LPS诱导的小胶质细胞株BV-2细胞炎性因子释放从而抑制小胶质细胞激活,发挥抗神经炎症的作用。李丽华等^[34]对云南元宝枫叶黄酮诱导个旧肺鳞癌细胞(YTM-LC)凋亡诱导作用及相关基因表达的影响进行了研究,结果显示云南元宝枫叶黄酮可以抑制YTM-LC体外生长,引起肿瘤细胞坏死,诱导肿瘤细胞凋亡。元宝枫叶提取物是一种天然的药物资源,可以作为减肥、治疗神经炎症、防癌抗癌药物进行开发应用研究。

3.2 食品方面 元宝枫叶在食品方面的开发主要是茶饮,有研究对元宝枫叶提取物的食用安全性进行了评价,研究采用小鼠急性经口毒性试验、遗传毒性试验(小鼠骨髓细胞微核试验、小鼠精子畸变试验和Ames试验)及亚慢性毒性试验(90 d喂养试验),对元宝枫叶提取物的食用安全性进行了评价,结果显示元宝枫叶提取物在此试验条件下,未表现出有急性毒性和遗传毒性;在1~2 g/kg剂量范围内未显示出亚慢性毒性^[35]。夏辉^[36]对元宝枫叶茶饮工艺进行了研究,采用正交试验设计对元宝枫叶茶饮工艺中影响因素进行了筛选试验,结果显示元宝枫叶汁最佳浸提条件为温度70℃、时间40 min、叶水比1:10、ZTC组分澄清剂用量40 g/kg、护色剂V_c用量0.5 g/kg;饮料最佳配方为元宝枫叶汁稀释15倍、柠檬酸0.04%、白砂糖4%、蜂蜜0.5%、D-异抗坏血酸钠0.01%;最佳杀菌方法为微波2 200 MHz、杀菌2 min;产品色泽为淡黄色,并制定了元宝枫叶茶饮料的质量指标。刘祥义等^[37]对云南元宝枫叶茶营养成分进行了分析,结果显示元宝枫叶粗

蛋白含量为 13.42%, 氨基酸为 117.9 g/kg 干叶, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的 41.48%, 单宁含量 10.82%, SOD 含量 91.40 mg/kg, V_E 含量 141.3 g/kg, 总黄酮含量 4.13%, 绿原酸含量 2.38%, 矿物质元素含量丰富, 其中 Ca、K 等尤为丰富, 并具有十分典型的高钾低钠特点。由此可见, 元宝枫茶饮具有较高的营养价值及医疗保健作用。

3.3 饲料添加剂 近年来, 国内外养殖领域对用微生物发酵植物饲料饲养家禽进行了一些研究, 这些研究成果使得家禽饲料中抗生素的使用明显减少, 也使得元宝枫叶的营养成分在饲料添加方面得以被开发利用, 可在充分利用元宝枫叶优良蛋白质资源的同时, 利用其中特有的黄酮、绿原酸和多糖等天然活性物质, 通过叶中有效活性成分作用提高家禽自身免疫能力, 从而达到改善家禽肉类品质的目的。张旭晖等^[38]研究了元宝枫叶发酵前后对育肥猪生产性能、肉质和肠道菌群的影响, 结果显示试验组与对照组相比, 未发酵元宝枫叶组和发酵元宝枫叶组育肥猪的平均日增重和肌肉的红度值显著增加, 肌肉的剪切力显著降低; 发酵元宝枫叶组的红度值较未发酵元宝枫叶组显著增加, 与对照组和未发酵元宝枫叶组相比, 发酵元宝枫叶组育肥猪直肠内容物中大肠杆菌数量显著降低, 乳酸杆菌数量显著增加, 说明饲料中添加发酵元宝枫叶能在一定程度上改善育肥猪的生产性能、肉质和肠道健康。赵素君等^[39]通过在肉鸡饲料中添加元宝枫黄酮, 确定添加不同水平(0、5、10、20、40 mg/kg)的元宝枫黄酮对肉鸡免疫机能的影响, 结果表明添加适当剂量的元宝枫黄酮能够极显著提高胸腺指数、T 淋巴细胞转化率、法氏囊指数等, 但对脾脏的发育影响不大, 对 3 周龄和 5 周龄血清新城疫抗体水平有显著影响。这些结果表明, 黄酮类化合物能提高饲料转化率, 促进畜禽生长, 提高畜禽机体免疫力, 畜禽饲料中添加元宝枫黄酮可提高肉鸡的细胞免疫和体液免疫功能。谢晶等^[40]比较了元宝枫黄酮、大豆黄酮和金霉素对肉鸡生长性能和免疫机能的影响, 研究发现元宝枫黄酮的 T 淋巴细胞转化率显著高于对照组、金霉素组和大豆黄酮组, 说明元宝枫叶黄酮对肉鸡细胞免疫的促进作用明显。

总的来说, 元宝枫叶作为饲料添加剂可以让叶中生物活性物质发挥出作用, 适量添加能够更有效地提高畜禽机体免疫力, 而发酵元宝枫叶较未发酵元宝枫叶用于饲料添加更能够发挥叶中生物活性物质的作用。目前大多数研究仅仅对元宝枫叶黄酮、叶整体作为饲料添加剂进行了研究, 对于活性物质或叶添加量的研究还不明确, 对于叶中其他生物活性物质用做饲料添加还鲜见报道, 由此可见, 元宝枫叶作为饲料添加剂还需要更加深入的研究, 也预示着元宝枫叶作为饲料添加剂还有着广阔的市场。

4 小结与展望

综合以上内容, 元宝枫叶在食品、医疗、饲料加工方面有着广阔的应用前景。目前对元宝枫叶的生物活性物质研究还不深入, 且许多研究结果也存在分歧, 比如元宝枫叶中黄酮、绿原酸含量最高月份不同, 有的表现为黄酮含量 8 月最

高, 绿原酸含量 6 月最高, 有的则表现为绿原酸、黄酮含量均为 11 月最高, 这些研究结果的差异说明元宝枫叶生物活性物质不仅受到水分条件、月份、季节及光照条件的影响, 还受到林龄、立地条件、生长区等因素的影响, 不同的区域应当根据当地自然条件制定合理的生产方案, 科学获得元宝枫叶最佳收获时机, 从而保证生产需要。现阶段大多数研究主要围绕叶中主要活性物质绿原酸和黄酮展开, 对叶中其他有效活性成分开发利用程度很小, 而且叶中黄酮主要是应用在医疗、饲料加工方面, 并未获得食品添加许可。目前, 元宝枫产业与“精准扶贫”紧密结合, 在国家的大力扶持下, 成为一项全新的生态产业扶贫工程, 产生了良好的经济效益和社会影响, 应当利用现有市场优势加大力度推广元宝枫叶作为饲料添加剂, 提高畜禽肉类食用安全等级, 同时注重元宝枫优质叶用品筛选, 从提高元宝枫叶质量的角度展开研究, 更加高效地获取元宝枫叶中有效活性物质, 为医疗、食品、保健品等方面提供更优质天然的原料。由此可见, 元宝枫产业“栽培试验—选育优种—产品开发”的链式发展已是大势所趋。

参考文献

- [1] 王性炎. 中国元宝枫[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2013: 1-4.
- [2] 吴卫中, 李琪, 许惠. 元宝枫化学成分的研究概况[J]. 中国药事, 2008, 22(7): 603-609.
- [3] 王兰珍, 马希汉, 王妹清, 等. 元宝枫叶营养成分分析[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(4): 61-63.
- [4] 刘祥义, 付惠, 邱宗海. 云南元宝枫叶营养评价[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(3): 222-223, 226.
- [5] 徐璐. 干旱胁迫对五树种苗木生理生化特性影响研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2009.
- [6] 胡景江, 顾振瑜, 文建雷, 等. 水分胁迫对元宝枫膜脂过氧化作用的影响[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(2): 7-11.
- [7] 徐莲珍, 蔡靖, 姜在民, 等. 水分胁迫对 3 种苗木叶片渗透调节物质与保护酶活性的影响[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(2): 12-16.
- [8] 孔艳菊, 孙明高, 苗海霞, 等. 干旱胁迫下元宝枫生长性状及生理特性研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5): 26-31.
- [9] 樊艳平, 姚延涛, 赵全保. 不同月份元宝枫叶内黄酮、绿原酸含量的变化[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 157-160.
- [10] YANG L G, YIN P P, LI K, et al. Seasonal dynamics of constitutive levels of phenolic components lead to alterations of antioxidant capacities in *Acer truncatum* leaves[J]. Arabian journal of chemistry, 2018, 11(1): 14-25.
- [11] 樊媛洁, 叶燕彬, 邵文, 等. 元宝枫叶中有效成分的动态变化及对 FAS 抑制作用的研究[J]. 中药材, 2010, 33(11): 1740-1742.
- [12] 庞晓莉, 司辉清, 王海燕. 元宝枫叶主要生化成分的季节变化[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 147-148, 159.
- [13] 王满莲, 韦霄, 唐辉, 等. 光强对三种喀斯特植物幼苗生长和光合特性的影响[J]. 生态学杂志, 2015, 34(3): 604-610.
- [14] 樊艳平, 姚延涛. 不同光强对元宝枫叶生物活性物质含量的影响[J]. 林业科技开发, 2011, 25(3): 55-58.
- [15] 樊艳平, 赵全保, 姚延涛. 不同覆盖处理对元宝枫叶生物活性物质含量的影响[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 50-54.
- [16] 韩丽英. 光和肥对元宝枫叶中绿原酸质量浓度的影响[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(26): 103-105.
- [17] 刘颖, 郭明晔, 白根本. 绿原酸的研究进展[J]. 中药材, 2012, 35(7): 1180-1185.
- [18] 王乐, 李多伟. 元宝枫中绿原酸的研究进展[J]. 西北药学杂志, 2009, 24(3): 230-232.
- [19] 刘祥义, 付惠. 元宝枫绿原酸的超声提取方法研究[J]. 云南化工, 2003, 30(2): 23-25.
- [20] 胡青平, 徐建国, 李琪, 等. 酶法提取元宝枫叶绿原酸的新工艺研究[J]. 食品科学, 2006, 27(7): 159-162.
- [21] 袁丽娜, 金晟君. 黄酮类化合物的提取、分离、纯化研究进展[J]. 黑龙江科技信息, 2013(4): 55.

富集镉、砷、铅、铬4种重金属的烤烟品种云烟87、云烟99、云烟202、云烟205。进一步比较4个烤烟品种烟叶砷含量高低,从大到小依次为云烟99、云烟202、云烟87、云烟205。

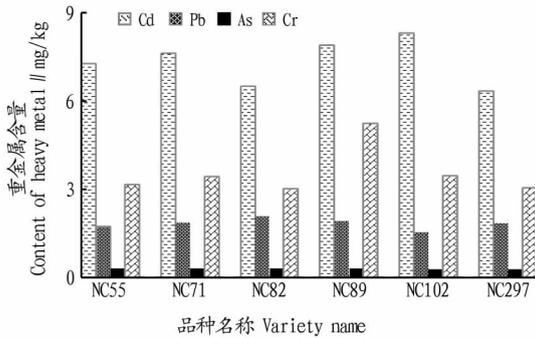


图2 NC系列不同烤烟品种烟叶镉、砷、铅、铬含量比较

Fig.2 Comparison of the Pb,As,Cd and Cr contents in tobacco leaves of different NC series

3 结论与讨论

土壤中的重金属元素会严重影响农作物的生长、产量与品质的形成^[11-13]。烟草是一种以叶片为收获对象的特殊经济作物,其农艺、经济及品质性状同样会受到重金属的影响^[14]。张艳玲等^[2]在6个生态区中分析发现,K326、云烟85、云烟87和云烟100共4个品种对重金属Cd的吸收积累不一致,但是无显著差异。李晓婷等^[15]研究表明烟草植株的镉含量与镉累积量品种间存在显著差异,且烟草地上部累积量均大于根部。该试验供试土壤镉含量超标2.5倍,烟叶中镉含量均大于土壤中镉含量,最高达11倍,而其他重金属则没有出现这种情况,可见烤烟能够富集镉,这与Lugon-MoulinN等^[16]的研究结果一致;该研究同时发现不同烟草品种对重金属吸收能力有明显的差异,如G80品种在抑制铅

吸收方面有突出能力,总体上以云烟87、云烟99、云烟202、云烟205共4个烤烟品种吸收土壤中砷、铅、镉、铬重金属的能力较低,但这4个烤烟品种对硒元素的吸收差异不大。因此从烟叶生产安全及品质考虑,建议种植云烟87品种。

参考文献

- [1] 黎大荣,韦杰,王英辉,等.广西土壤重金属污染修复概况分析[J].大众科技,2013,15(12):81-82,62.
- [2] 张艳玲,周汉平.烟草重金属研究概述[J].烤烟科技,2004(12):20-23,27.
- [3] 郎思曼,王龙宪,许自成,等.烟草对重金属的吸收分布特征及影响因素研究综述[J].江西农业学报,2012,24(11):93-99.
- [4] 陈清,王耐芬.吸烟与肺癌——肺癌患者肺组织内砷、镉、镍、硒、锌的分析[J].北京医科大学学报,1992,24(3):195-197.
- [5] 曹祥练,孙敬国,卢红良.重金属对烤烟产量及品质影响的研究进展[J].河北农业科学,2009,13(9):3-6,9.
- [6] 汪季涛,杨波,姚忠达,等.硒元素对烤烟重金属及内在质量的影响[J].热带作物学报,2015,36(11):1938-1942.
- [7] 谭周磁,陈嘉勤,薛海霞.硒(Se)对降低水稻重金属Pb、Cd、Cr污染的研究[J].湖南师范大学自然科学学报,2000,23(3):80-83.
- [8] 韩丹.硒在烤烟中的累积、形态转化及缓解砷毒害的机理研究[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [9] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:274.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2003.
- [11] 高胜华,廖勇,冯小芽,等.烟叶重金属关键影响因子及其含量预测[J].贵州农业科学,2017,45(2):42-47.
- [12] 汪季涛,杨波,姚忠达,等.硒元素对烤烟重金属及内在质量的影响[C]//中国烟草学会2016年度优秀论文汇编——烟草农业主题.北京:中国烟草学会,2016:7.
- [13] 曾维爱,李帆,谭琳,等.不同烤烟品种对6种重金属吸收能力的比较研究[J].农业科学与技术:英文版,2016,17(9):2081-2084.
- [14] 陈佳武,邓祥,汤若云,等.不同烤烟品种富集土壤重金属的效应[J].福建农林大学学报(自然科学版),2016,45(2):214-218.
- [15] 李晓婷,常寿荣,徐洁,等.不同烤烟品种吸收积累镉铅的差异性研究[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(6):16-21.
- [16] LUGON-MOULIN N, MARTIN F, KRAUSS M R, et al. Cadmium concentration in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) from different countries and its relationship with other elements [J]. Chemosphere, 2006, 63(7): 1074-1086.
- [17] activity [J]. Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry, 2006, 21(5): 589 - 596.
- [18] 高丽芳,曹丽歌,田蜜,等.元宝枫叶提取物的减肥作用研究[J].卫生研究,2012,41(4):609-611,616.
- [19] 钟蓬梅,宗一,戴纪男,等.元宝枫叶黄酮抑制脂多糖诱导的小胶质细胞激活的作用[J].云南大学学报(自然科学版),2011,33(3):345-349.
- [20] 李丽华,王熙才,邱宗海,等.云南元宝枫黄酮诱导个旧肺鳞癌细胞YTMLC凋亡的实验研究[J].肿瘤防治研究,2010,37(4):382-386.
- [21] 高丽芳,曹丽歌,田蜜,等.元宝枫叶提取物的安全性毒理学研究[J].首都医科大学学报,2014,35(5):646-652.
- [22] 夏辉.元宝枫叶茶饮料加工工艺研究[J].饮料工业,2010,13(7):14-17.
- [23] 刘祥义,付惠,邱宗海.云南元宝枫茶营养成分分析[J].云南化工,2004,31(2):17-19.
- [24] 张旭晖,吴元媛,汪贵斌,等.发酵元宝枫叶对育肥猪生产性能、肉品质和肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2018,30(1):246-254.
- [25] 赵素君,谢晶,林毅,等.元宝枫黄酮对肉鸡免疫机能的影响[J].饲料工业,2012,33(2):10-12.
- [26] 谢晶,杨晓梅,林毅,等.元宝枫黄酮、大豆黄酮和金霉素对肉鸡生长性能和免疫机能影响的比较研究[J].畜禽业,2008(8):12-13.
- [27] 马登磊,邵建群,何深知,等.荧光分析法测定元宝枫叶中总黄酮含量的研究[J].首都医科大学学报,2014,35(1):113-117.
- [28] 王兰珍,马希汉,王姝清,等.元宝枫叶总黄酮提取方法研究[J].西北林学院学报,1997,12(4):64-67.
- [29] 曾里,曾凡骏,张杰,等.超声波技术应用于元宝枫黄酮浸提的研究[J].食品科技,2008,33(1):163-166.
- [30] 叶燕彬,杨帅,郜文,等.元宝枫叶多酚类物质的提取及对脂肪酸合酶的抑制研究[J].中药材,2009,32(2):283-286.
- [31] 叶燕彬,李希璇,郜文,等.大孔吸附树脂分离纯化元宝枫叶总多酚[J].首都医科大学学报,2010,31(5):628-632.
- [32] 蔡霞,李璐,邹洪.微波萃取元宝枫多酚的工艺研究[J].中药材,2008,31(11):1728-1730.
- [33] 汪萌,张翠,刘泉.元宝枫的药用植物化学成分及药理作用研究进展[J].黑龙江医药,2008,21(1):70-73.
- [34] 李璐,黎金龙,王耀楠,等.HPLC测定元宝枫中游离和水解没食子酸的含量[J].中成药,2006,28(12):1788-1790.
- [35] 吴松兰,李璐,邹洪.高效液相色谱法分析元宝枫叶中儿茶素类物质[J].分析科学学报,2008,24(2):173-176.
- [36] ZHAO W H, ZHANG J F, WANG Z, et al. The extract of leaves of *Acer truncatum* Bunge: A natural inhibitor of fatty acid synthase with antitumor

(上接第29页)