



王蕾,张巍,张明月,等. 橐吾属植物研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2021(4):130-135.

橐吾属植物研究进展

王蕾¹, 张巍², 张明月¹, 董然¹, 韩东洋¹, 林强¹

(1. 吉林农业大学园艺学院, 吉林 长春 130118; 2. 安图县园林管理中心, 吉林 延边 133600)

摘要: 橐吾属植物资源分布广, 化学活性物质多样, 药理作用明显, 营养和食疗价值较高。为促进橐吾属植物的开发利用, 本文针对近几年橐吾属植物的资源分布、形态学、遗传与鉴定、繁殖生物学、化学活性物质、药理作用及营养与食用价值方面的研究进展进行综述。

关键词: 橐吾属; 化学活性成分; 药理作用; 营养价值; 研究与利用

橐吾属(*Ligularia*)植物为菊科(Compositae)千里光族多年生草本, 东北地区多数种类集食用、药用、观赏等功能于一体。橐吾属植物一般花期较长, 花多为黄色, 常作为园林湿地或林缘花境绿化以及花海中多功能植物材料^[1], 其中蹄叶橐吾(*L. fischeri*)、狭苞橐吾(*L. intermedia*)的根、茎可入药, 常作为藏药、川药等民间草药使用, 分别称为山紫菀和光紫菀。该属植物富含倍半萜类、黄酮类、生物碱类等化学成分, 药理上在抗炎抑菌、抗癌、抗肿瘤、保护胃黏膜等方面发挥着重要功效^[2], 同时营养成分十分丰富, 在保健品和医药领域有着广阔的开发利用价值。本文全面综述了近几年国内外相关的研究进展, 以期对橐吾属植物的开发利用提供帮助。

1 分类与资源分布

橐吾属自 1861 年建立一直持有两种意见, 部分学者认为其形态与千里光属有很大区别, 应将其立为一个独立的属, 也有部分学者坚持将本属作为千里光族的一部分或千里光族下的一个属, 1938 年, 外国学者首次进行分类并记述了 89 种中国产橐吾属植物, 依据花序类型分为伞房组和总状花序组, 为橐吾属植物分类奠定了基础^[3]。刘尚武^[4]根据橐吾属植物形态特征进行分类, 包括伞房组、线苞组、花葶组、橐吾组、合苞组及蓝灰组共 6 个组, 其中伞房组和橐吾组下各有 3 个系, 后将其种类系统分为 6 个组, 11 个系, 共计 129 个种。

现橐吾属全世界报道约有 150 种, 欧洲仅有西伯利亚橐吾(*L. sibirica*)和灰绿橐吾(*L. glauca*)2 种, 主要分布在喀尔巴阡山和阿尔卑斯山, 其余种类全部产于亚洲, 日本有 8 种, 喜马拉雅及克什米尔地区 11 种, 中亚-帕米尔-伊朗 16 种, 西伯利亚 7 种及远东地区有 9 种, 中国橐吾属植物

收稿日期: 2020-12-04

基金项目: 吉林省科技厅科技支撑计划项目(20180201079NY)。

第一作者: 王蕾(1996—), 女, 在读硕士, 从事长白山野生植物种质资源及观赏园艺研究。E-mail: 1198565201@qq.com。

通信作者: 董然(1966—), 女, 博士, 教授, 博导, 从事长白山野生植物引种驯化研究。E-mail: 1836630983@qq.com。

Mechanism and Application of Plant Rhizosphere *Bacillus* in Promoting Growth and Preventing Diseases

LIU Yue, WANG Li-da, LAN Ying, LI Qing-chao, ZHAO Xiu-mei, YANG Ying, ZHOU Chuan-yu
(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to promote the development and application of environmentally friendly, efficient and safe beneficial *Bacillus* preparation. This paper summarized and systematically described, the colonization of *Bacillus* in host plants and the mechanism of synergism and disease prevention of host plants, further reviewed the application of *Bacillus* rhizosphere in promoting the growth of agricultural and forestry crops and controlling plant diseases, and prospected the scientific issues and application of *Bacillus* rhizosphere in the future.

Keywords: *Bacillus* rhizosphere; promoting growth; preventing diseases; colonization; mechanism of action

种类居多,主要分布自我国中部向西南扩散至横断山区^[5]。据《中国植物志》记载,中国分布 111 种及 6 个变种^[6],西南地区有 91 种,其中云南多达 58 种,四川 54 种,西藏 24 种,贵州 10 种;西北地区分布 32 种,包括甘肃 19 种,陕西 13 种,少数分布在新疆、青海等地;华中地区分布 15 种,其中湖北分布 13 种,湖南 6 种,河南 4 种;华北地区分布 12 种,其中河北橐吾(*L. hopeiensis*)为特有种;华东地区分布 10 种,其中浙江橐吾(*L. chekian-gensis*)为特有种;华南地区分布 6 种。除此之外,据《东北植物检索表》记载,东北地区分布有 11 种^[7],其中合苞橐吾(*L. schmidtii*)、单花橐吾(*L. jamesii*)和复序橐吾(*L. jaluensis*)为长白山特有种。《新疆植物志第五卷》记载了昆仑山橐吾(*L. kunlunshanica*)、吐鲁番橐吾(*L. tulupani-ca*)和哈密橐吾(*L. hamiica*)3 个新品种^[8]。中国植物图像库记载了唐古特橐吾(*L. tangutorum*)和甘孜橐吾(*L. limprichtii*)的植物形态图片。另外,国内外学者不断地在橐吾属新品种、新变种和杂交种的资源开发上进行相关报道。

2 生物学研究

2.1 形态学研究

近年来,国内外学者对橐吾属植物根、茎、叶的显微形态进行相关研究,于婷^[9]研究认为,蹄叶橐吾和狭苞橐吾均为背腹型叶,结构相似,表皮细胞不规则,上下表皮皆有气孔分布,使得植物可抵御强烈日光照射,促进与外界气体的交换;这两种橐吾的茎均有发达的髓部和维管组织,其中狭苞橐吾维管束导管直径大于蹄叶橐吾,能够有效快速地运输和吸收水分,表现出较强的抗旱性。瞿小杰等^[10-11]采用光学显微镜和电镜扫描法对长白山 6 种橐吾属植物进行形态研究,认为供试橐吾种子的冠毛有颜色、大小之别,是重要的分类依据;而果实方面:蹄叶橐吾瘦果为新月形,其余多数为两端略窄的圆柱形;花粉形状均为长球形,极面观为三裂圆形,赤道面观为椭圆形,其中复序橐吾(*L. jaluensis*)、狭苞橐吾、蹄叶橐吾和白毛橐吾(*L. villosum*)属于大花粉粒,合苞橐吾和单花橐吾属中等花粉粒,为橐吾属植物种间鉴别与分类提供了一定的辅助依据。

2.2 遗传与物种鉴定研究

通过对植物染色体、核基因的遗传与鉴定研究,可为橐吾属植物的种间亲缘关系、杂交育种及新品种选育与鉴定提供相关理论依据^[12]。张勉等^[13]对 12 种橐吾属植物的 5SrRNA 区序列进行 PCR 扩增、测序,建立了 12 种橐吾属药用植物的 5SrRNA 区序列数据库。车彩凤^[14]利用 SDS 法、改良 CTAB1 法和改良 AB2 法提取长白山区橐吾属植物基因组 DNA,研究出能够大量提取直接用于 PCR 扩增的较高纯度 DNA 的方法。何维颖等^[15]以 4 个 DNA 核心条形码片段对橐吾属 35 种 144 个个体进行条形码研究,显示 3 个叶绿体基因片段对橐吾属的物种鉴定效率极低,ITS 在种间变异率相对较大,物种鉴定率为 60%。瞿小杰等^[16]采用压片法对单花橐吾进行核型分析,发现其染色体数为 $2n=2x=58$,核型为 2A,核不对称系数为 58.90%,核型公式为 $2n=2x=58=44m+14sm$ 。

2.3 繁殖生物学研究

目前对橐吾属植物的种子萌发特性、光合特性、繁殖技术及栽培条件的相关研究较为集中。有研究表明:蹄叶橐吾种子的最适萌发温度是 20℃,窄头橐吾(*L. stenocephala*)为 25℃,而单花橐吾种子在 4℃下层积 13 d 可显著缩短萌发启动时间,黄帚橐吾(*L. virgaurea*)的种子发芽和幼苗生长可耐受 15~30℃ 的温度变化,在无光条件下 5~15℃ 变温的种子萌发率最高,达 95.33%^[17-19]。栽培技术方面,才燕等^[20]认为合苞橐吾在遮光 30%~70%,土壤疏松、肥沃的环境中生长发育良好;窦天图等^[21]研究认为最佳基质配方 V(园土):V(蛙石):V(草炭)=1:1:1,能够明显提高白毛橐吾、狭苞橐吾、蹄叶橐吾和合苞橐吾种子出苗率。

东北地区的野生橐吾属植物花期在 8 月中下旬,种子成熟率较低,播种后繁殖出苗率低,可采用组织培养技术解决快速繁殖的需求。董然等^[22]用复序橐吾种子获得无菌苗,再以其叶片为外植体,筛选出不同浓度的细胞分裂素和生长素最适的诱导培养基和增殖培养基。高国超等^[23]以蹄叶橐吾嫩茎为外植体,得到了愈伤组织诱导的最佳培养基,并对其不定芽分化和生根的理想培养基进行研究,建立了蹄叶橐吾快速繁殖技术

体系。潘艳艳等^[24]以全缘橐吾(*L. mongolica*)种子获得无菌苗的茎尖为外植体,研究出种子最佳萌发的培养基为 MS+0.2 mg·L⁻¹ 6-BA,增殖的最适培养基为 MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ IBA,植株生长健壮,叶色深绿,可满足快速繁殖的需求。刘纯玲^[25]报道窄头橐吾的最佳外植体为未完全展开的叶片,且叶片尖部出愈率较高,最佳诱导培养基配方为 MS+0.05 mg·L⁻¹ TDZ+0.5 mg·L⁻¹ NAA,出愈率达 93.33%。庄倩倩等^[26]认为单花橐吾愈伤组织诱导的最佳外植体为叶柄,最佳培养基配方为 MS+3.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.2 mg·L⁻¹ NAA+35 g·L⁻¹ 蔗糖+8.6 g·L⁻¹ 琼脂,出愈率可达 99.5%。近几年,橐吾属植物组织培养技术已基本成熟,但在种类上的相关报道还是具有局限性。

3 化学活性成分研究

通过综合运用多种提取分离方法结合波谱手段,最终鉴定了橐吾属植物中近百种化合物,包括倍萜类、甾醇类、生物碱类、苯并呋喃类、黄酮类等^[27-32]。其中蹄叶橐吾的化学活性成分主要有倍半萜类、三萜类、呋喃及其衍生物、甘油酸和脂肪族类以及多酚类化合物;刚毛橐吾(*L. achyrotica*)的主要成分有木脂素、松柏醇、芥子醇衍生物以及吡咯烷核生物碱;棉毛橐吾(*L. velutera*)的成分为 β -谷甾醇、对羟基桂皮酸甲酯、环戊 4-烯-1,2,3-三醇-2-O-十三烷酸酯、1,5-二咖啡酰奎宁酸及 2,5-二羟基-6,7-二甲基萘醌等;准噶尔橐吾(*L. songarica*)的成分包含苯并呋喃核苷二烯、2-羟基铂酐内酯、异维他命、10 α -羟基-1-氧代-嗜氧菌 7(11),8(9)-二烯-8,12-内酰胺等化合物;狭苞橐吾的主要活性成分有蜂斗菜素、 β -胡萝卜苷、咖啡酸、棕榈酸、蒲公英甾醇等。

橐吾属植物挥发油成分种类较多,类型多为萜类和烯醛类化合物,部分烯类化合物具有新鲜蔬菜风味,可作为探究植物香气成分和风味特征的基础。研究表明,复序橐吾花的挥发油主要化学成分为 4-萜烯、D-柠檬烯、1-甲基-乙酮、 $\alpha,\alpha,4$ -三甲基-3-环己烯-1-甲醇和 β -水芹烯,全缘橐吾(*L. mongolica*)的主要成分为 α -9-十八烷烯醛, α -法呢烯、 α -金合欢烯和石竹烯等,蹄叶橐吾挥发油的主要成分为 α -金合欢烯、石竹烯、A-法呢烯和 3,7-二甲基-6-辛烯-1-醇甲酸酯等。萜类化合物

作为药用植物的主要有效成分,也是一类重要的天然香料,在橐吾属植物中最为丰富,通常以醇、酮、内酯等形式存在^[33-35]。近几年,国内外学者在橐吾属植物根、根茎及地上部分中分离出双七硼烷型、高氧双酚烷型、艾里莫芬烷型等多种类型^[36-37],鉴定出的新倍半萜类化合物主要有:异戊二酸、7 α -H-11-嗜羟基菌-1(10)-en-2-酮、(4S,5R,6S,8S,1R)-6 β -乙酰氧基-埃立霉素-7(11-en-10 β H-8 α ,12 内酯、6 α ,9 α -二羟异丙内酯和 1 β ,10 β -二羟异丙内酯、1 α ,6 β ,10 β -三羟基嗜血菌-7(11),8-二烯-12,8-内酯、艾里莫芬内酯、嗜血杆菌-7(11),9-二烯-8-酮、10 α -羟基-3-氧嗜血杆菌-1(2),7(11),8(9)-三烯-8(12)-内酯等,通过物理和光谱数据分别分析阐明各新化合物的结构^[38-44]。大量活性成分发现,不仅丰富了橐吾属植物化合物种类,同时奠定了进一步研究其次生代谢产物的基础,也为其药材的品质鉴定、食疗和芳香产品开发及新品种选育提供了主要科学依据。

4 药理作用研究

橐吾属植物丰富的化学成分在药理上可表现出良好的抗炎抑菌、抗癌消瘤、保护胃黏膜等功效,临床上可在清热解毒、活血止痛、镇咳化痰、利尿利胆等方面发挥着重要作用^[45-46]。

4.1 抗炎抑菌作用

蹄叶橐吾常被用作食用草药和传统药物来治疗各种人类疾病,其总酚含量较高,可表现出较强的抗氧化作用^[47],叶子中 3,5-二咖啡酰奎宁酸可表现出有效的抗炎作用^[48]。多毛橐吾(*L. sachalinensis*)的总黄酮可抑制 NF-KB 信号途径的活化,表现出显著的抗炎效果^[49]。更多研究表明^[50-51],黄芩橐吾茎叶部分的无水乙醇提取物抑菌效果相对较好,对灰葡萄孢、尖孢镰刀菌、茄病镰刀菌和辣椒疫霉等常见细菌均可表现出良好的抑制作用,其抑菌活性物质主要为酚类和生物碱类,对橐吾属抑菌效果方面的研究将会在生物防治、新药开发等的方面开辟一条新道路。

4.2 抗癌消瘤作用

活性试验表明,苯并呋喃类成分具有体外抗肿瘤活性,从宽戟橐吾(*L. latihastata*)中分离的 5-乙酰基-6-羟基-2-异丙烯基苯并呋喃可表现出较强的抗宫颈癌细胞毒性作用^[52],在临床医学上具有进一步开发利用的价值。研究发现,蹄叶橐

吾叶子中的乙基咖啡酸酯具有抗人类卵巢癌的作用,其乙醇提取物可通过有丝分裂信号通路的失活及血管内粘蛋白的分布和基质金属蛋白酶表达的调节来抑制内皮细胞及癌细胞的增殖与迁移^[53-54]。复序橐吾和狭苞橐吾的乙醇提取物在体外均具有一定的抗肿瘤活性和较好的综合抗氧化能力,而抗氧化极可能是抗肿瘤作用的机制之一^[55]。张晶^[56]通过对藏橐吾(*L. rumicifolia*)乙醇提取部位化学活性的鉴定,认为萜类化合物可表现出显著的抗肿瘤活性。

4.3 胃粘膜保护作用

研究证明,窄头橐吾叶片的甲醇和丁醇提取物中咖啡酰奎尼酸可减少小鼠胃部病变的直径,可表现出良好的抗溃疡作用^[57]。Cha 等^[58]通过模拟消化过程得到含有以蹄叶橐吾为主要成分的茶,对胃肠道脂肪分解表现出较强的抑制作用。赵玉娟等^[59]研究认为 6 月下旬采摘的合苞橐吾可起到良好的降血糖和保护胃黏膜作用。通过体外和体内试验发现,含有蹄叶橐吾的复合剂可提高酒精代谢活性和抗氧化系统,降低炎症反应,从而保护肝脏免受酒精损伤^[60]。网脉橐吾(*L. dictyoneura*)醇提取物对酒精所致大鼠胃溃疡具有明显的保护作用,但对醋酸所致的胃溃疡治疗作用较弱^[61]。因此橐吾属植物具有胃黏膜保护作用的机制有待于进一步研究。

5 营养与食用价值研究

据报道狭苞橐吾含有丰富的 VC、氨基酸和粗蛋白,复序橐吾含有较高的粗脂肪含量^[62]。蹄叶橐吾中的总糖、还原糖、胡萝卜素及磷含量较高,其叶片中的 Mg、Mo 和 Zn 的含量较高,在其野生型及栽培型的营养成分评价中,栽培型蹄叶橐吾比野生型中蛋白质、粗纤维含量稍高,野生型比种植型中还原糖、总糖的含量高,且野生型蹄叶橐吾叶中维生素: B₁、B₂、C、PP、E 和叶酸及胡萝卜素的含量均高于种植型^[63]。

在橐吾的不同生长发育期中,抽薹期的白毛橐吾粗蛋白含量最高,并且可溶性糖、氨基酸及矿物质元素 N、K、Na、P、Mg、Fe、Mn 的含量随着植物发育过程呈现先增加后降低的趋势, Ca、Cu、Zn、B 的含量呈逐渐增高趋势^[64]; 6 月采摘的合苞橐吾总黄酮和多糖的含量较高,分别可达 25.5 mg·g⁻¹、289.06 mg·g⁻¹,而 5 月中旬采摘的合苞橐吾皂苷

类含量最高,达 18.87 mg·g⁻¹^[65],这为开发我国橐吾属植物营养及食用价值提供了科学依据和参考。

有些橐吾属植物是当地富含营养价值的药、食两用型蔬菜,延边地区民众常用蹄叶橐吾和合苞橐吾的嫩叶做酱汤、凉拌或鲜食打饭包,或焯水速冻、腌渍保存常年出口韩国,朝鲜族民众餐桌四季不离,其味道清香独特,公认具有宽胸理气、健脾开胃的作用。有报道将蹄叶橐吾的叶片和罗汉果、甘草按一定比例熬煮制备蹄叶橐吾饮料,可以用来缓解不良环境对人咽喉部的影响^[66]。

6 结语

橐吾属植物资源分布广泛,部分种类作为山野菜产业开发发展迅速,化学活性成分多样,药理作用明显,在抗炎抑菌、抗癌消瘤、保护胃黏膜等方面具有显著效果,同时具有丰富的营养成分和食用价值,应用前景十分广阔。

近年来,随着分离纯化和化学结构鉴定技术发展的逐渐成熟,国内外在橐吾属植物资源化学和药理作用方面的研究较为广阔,但有关橐吾属植物育种方面和分子层面的相关研究还不充分,有待进一步深入。

在营养和食用价值方面,其作为食疗保健作用的资源植物十分可贵,目前研究的种类还比较单一,因此对属内其他植物资源的研究与开发具有市场前景。另外,随着我国森林旅游业和特色产业规模的逐渐形成,蹄叶橐吾、合苞橐吾等橐吾属植物利用温室等设施反季节栽培,其叶片是出口韩国和内销的特色野菜品种,是延边地区民族特色山野菜开发项目之一,不仅种植户获利丰厚,其花、叶观赏价值较高,花期也长,已成为乡村旅游特色产业园区的一大亮点,同时也是城乡绿化、保健食品的特色植物来源,市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 潘艳艳,董然. 橐吾属植物的研究进展[J]. 北方园艺, 2009(8):148-151.
- [2] 王君,皇甫玉飞,高晓航. 橐吾属植物药理作用的研究进展[J]. 求医问药(下半月), 2012,10(2):269-270.
- [3] 刘尚武,邓德山,刘建全. 橐吾属的起源、演化与地理分布[J]. 植物分类学报, 1994(6):514-524.
- [4] 刘尚武. 橐吾属的分类系统[J]. 植物研究, 1985(4):63-80.
- [5] 田璧瑞,马林喜,费良丹,等. 橐吾属植物研究与应用[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2014,23(4):88-93.

- [6] 中国科学院中国植物志委员会. 中国植物志第 77 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [7] 傅沛云. 东北植物检索表[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [8] 《新疆植物志》编辑委员会. 新疆植物志. 第 5 卷[M]. 新疆科学技术出版社, 1900.
- [9] 于婷. 2 种橐吾属植物比较解剖学研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [10] 瞿小杰, 董然. 长白山 6 种橐吾花粉形态扫描电镜观察[J]. 电子显微学报, 2019, 38(6): 673-677.
- [11] 瞿小杰, 邹国明, 董然. 长白山橐吾属植物核型研究[C]// 中国园艺学会. 中国园艺学会观赏园艺专业委员会 2009 年全国观赏园艺年会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [12] Ilves A, Lanno K, Sammul M, et al. Genetic variability, population size and reproduction potential in *Ligularia sibirica* (L.) populations in Estonia[J]. Conservation Genetics, 2013, 14(3): 661-669.
- [13] 张勉, 张达治, 许翔鸿, 等. 橐吾属药用植物 5S rRNA 基因间隔区序列与含 HPAs 植物的鉴别[J]. 中国天然药物, 2005(1): 42-44.
- [14] 车彩凤. 长白山区橐吾属植物遗传多样性研究[D]. 延吉: 延边大学, 2011.
- [15] 何维颖, 潘跃芝. 菊科橐吾属植物的 DNA 条形码研究(英文)[J]. 植物分类与资源学报, 2015, 37(6): 693-703.
- [16] 瞿小杰, 董然. 长白山特有种单花橐吾的核型研究[J]. 中国草地学报, 2019, 41(2): 107-110.
- [17] 卢婷. 蹄叶橐吾和窄头橐吾的引种培育及抗性研究[D]. 杭州: 浙江林学院, 2008.
- [18] 庄倩倩, 董然, 陈少鹏, 等. 单花橐吾组织培养中无菌苗培养条件的优化[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 229-231.
- [19] 王满堂. 家系、种子产生部位和土层深度对黄帚橐吾种子萌发出苗的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(8): 102-106.
- [20] 才燕, 董然, 赵春莉, 等. 长白山区特色野菜合苞橐吾栽培技术[J]. 北方园艺, 2016(11): 54-55.
- [21] 窦天图, 孟宪忠. 不同栽培基质对长白山 4 种橐吾出苗及幼苗生长的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2013(24): 290-291.
- [22] 董然, 潘艳艳, 王丽清, 等. 复序橐吾组培再生体系研究[J]. 草地学报, 2010, 18(2): 286-290.
- [23] 高国超, 黄楠, 廖彦, 等. 蹄叶橐吾组织培养及快速繁殖技术研究[J]. 湖南农业科学, 2011(11): 27-29.
- [24] 潘艳艳, 那少众, 王福维, 等. 全缘橐吾组培再生体系的研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 56-59.
- [25] 刘纯玲. 窄头橐吾(*Ligularia stenocephala*)组织培养及试管开花研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [26] 庄倩倩, 陈少鹏, 顾德峰, 等. 单花橐吾愈伤组织诱导及分化培养条件研究[J]. 中国草地学报, 2013, 35(3): 24-30.
- [27] Kim S M, Jeon J S, Kang S W, et al. Content of antioxidative caffeoylquinic acid derivatives in field-grown *Ligularia fischeri* (Ledeb.) Turcz and responses to sunlight. [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2012, 60(22): 5597.
- [28] Azam A M, Chung I M, Rajakumar G, et al. Evaluation of polyphenolic compounds and pharmacological activities in hairy root cultures of *Ligularia fischeri* Turcz. f. *spiciformis* (Nakai) [J]. Molecules, 2019, 24(8): 1586.
- [29] Hua L, Chen J, Gao K. A new pyrrolizidine alkaloid and other constituents from the roots of *Ligularia achyrotricha* (Diels) Ling [J]. Phytochemistry Letters, 2012, 5(3): 541-544.
- [30] Wang C F, Zhu L, Zhao Y, et al. A new compound from the roots of *Ligularia vellea* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2013, 49(2): 219-221.
- [31] Li M, Li L N, Yan G Q, et al. Chemical constituents of *Ligularia songarica* [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2014, 37(10): 1789-1792.
- [32] 李树立, 张香美, 刘玉衡, 等. 狭苞橐吾根的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(5): 894-896.
- [33] 朱梅, 刘洪章, 董然, 等. 长白山复序橐吾挥发油化学成分的分析[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(4): 101-105.
- [34] 董然, 王丽清, 刘洪章. 长白山复序橐吾和全缘橐吾叶片挥发油成分分析[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(1): 105-107.
- [35] 董然, 南敏伦, 刘洪章. 两种长白山橐吾挥发油成分分析[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 228-230.
- [36] Yaoita Y. New sesquiterpenoids from the rhizomes of *Petasites japonicus* MAXIM. and the roots of *Ligularia dentata* HARA. [J]. Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 2012, 132(8): 887.
- [37] Hirota H, Horiguchi Y, Kawaii S, et al. Four new bisabolane-type sesquiterpenes from *Ligularia lankongensis* [J]. Natural Product Communications, 2012, 7(4): 451-454.
- [38] Yuan Y L, Fang L Z, Bai S P, et al. A novel eremophilane sesquiterpenoid from *Ligularia intermedia* roots and rhizomes [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2013, 49(2): 258-260.
- [39] Liu X, Li J, Luo J, et al. A new sesquiterpene from *Ligularia fischeri* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2016, 52(4): 642-646.
- [40] Qi F M, Dong L L, Li Z Y, et al. Eremophilane-type sesquiterpenes from the leaves of *Ligularia virgaurea* [J]. Natural Product Communications, 2017.
- [41] Wang W, Zhan R, Chen Y. Two new eremophilane sesquiterpenoids from *Ligularia dictyoneura* [J]. Natural Product Research, 2020, 34(9): 1297-1302.
- [42] Lu C Q, Dai W, Zhou W, et al. A new eremophilanoid sesquiterpene from *Ligularia macrophylla* and diversity of the species [J]. Natural Product Communications, 2019, 14(9): 1934578X1987894.
- [43] 徐健龙, 邹坤, 杨迪, 等. 离舌橐吾中艾里莫酚烷型倍半萜

- 类化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(4): 643-647.
- [44] Wu H B, Liu T T, Deng W J, et al. A new eremophilane sesquiterpene with nematocidal activity from *Ligularia veitchiana* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2019, 55(4): 671-673.
- [45] Piao X L, Mi X Y, Tian Y Z, et al. Rapid identification and characterization of antioxidants from *Ligularia fischeri* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2009, 32 (12): 1689-1694.
- [46] 郑斌. 蹄叶橐吾化学成分及其抑菌活性研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2014.
- [47] Lee Y J, Kim D B, Lee J S, et al. Antioxidant activity and anti-adipogenic effects of wild herbs mainly cultivated in Korea [J]. Molecules, 2013, 18(10): 12937-12950.
- [48] Hong S, Joo T, Jhoo J W. Antioxidant and anti-inflammatory activities of 3, 5-dicaffeoylquinic acid isolated from *Ligularia fischeri* leaves [J]. Food Science & Biotechnology, 2015, 24(1): 257-263.
- [49] 管晓辉, 夏炎, 崔艳艳, 等. 多毛橐吾总黄酮的提取及其抗炎机制研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(11): 9-17.
- [50] 刘曦. 黄帚橐吾提取物抑菌活性初步研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2014.
- [51] 罗彪. 黄帚橐吾内生真菌的分离鉴定及其代谢产物抑菌活性研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2015.
- [52] 王蓓. 藜芦和宽叶橐吾的化学成分及其生物活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
- [53] Lee H N, Kim J K, Kim J H, et al. A mechanistic study on the anti-cancer activity of ethyl caffeate in human ovarian cancer SKOV-3 cells [J]. Chemico-Biological Interactions, 2014, 219: 151-158.
- [54] Kim J H, Kim H J, Kim J K, et al. *Ligularia fischeri* inhibits endothelial cell proliferation, invasion and tube formation through the inactivation of mitogenic signaling pathways and regulation of vascular endothelial cadherin distribution and matrix metalloproteinase expression [J]. Oncology reports, 2015, 34(1): 221-226.
- [55] 朱梅, 孙海明, 任桂红, 等. 长白山 2 种橐吾属植物乙醇提取物抗肿瘤作用研究[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2015, 16(6): 733-736.
- [56] 张晶. 三种药用植物的化学成分、抗肿瘤活性及其作用机制研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.
- [57] Lee B I, Nugroho A, Bachri M S, et al. Anti-ulcerogenic effect and HPLC analysis of the caffeoylquinic acid-rich extract from *Ligularia stenocephala* [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2010, 33(3): 493.
- [58] Cha K H, Song D G, Kim S M, et al. Inhibition of gastrointestinal lipolysis by green tea, coffee, and gomchui (*Ligularia fischeri*) tea polyphenols during simulated digestion [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2012, 60(29): 7152-7157.
- [59] 赵玉娟, 张梦莹, 李倩竹, 等. 不同采摘时期合苞橐吾功效成分含量变化及其水煮液对胃黏膜的保护作用[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 263-267.
- [60] Pyun C W, Seo T S, Kim D J, et al. Protective effects of *Ligularia fischeri* and *Aronia melanocarpa* extracts on alcoholic liver disease (*in vitro* and *in vivo* study) [J]. BioMed Research International, 2020, 2020(2): 1-11.
- [61] 吴德松, 符德欢, 赵道强, 等. 网脉橐吾醇提取物抗大鼠实验性胃溃疡作用研究[J]. 中国新药杂志, 2020, 29(7): 782-787.
- [62] 吴国英, 朱梅, 刘树英, 等. 长白山三种橐吾属植物营养成分的分析[J]. 北方园艺, 2012(5): 171-172.
- [63] 姚艳红, 李承范, 张小勇, 等. 长白山区蹄叶橐吾及其嫩茎中维生素和微量元素的分析[J]. 现代预防医学, 2007(22): 4231-4232.
- [64] 孙青竹. 不同生境对橐吾生长及品质形成的影响研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [65] 赵玉娟. 不同采摘时期合苞橐吾三种功效成分含量变化规律及其功能研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [66] 刘方哲, 于润美, 姜燕, 等. 蹄叶橐吾功能饮料的制备及其智能感官分析[J]. 现代食品科技, 2018, 34(6): 174-179.

Research Progress of *Ligularia* Plant

WANG Lei¹, ZHANG Wei², ZHANG Ming-yue¹, DONG Ran¹, HAN Dong-yang¹, LIN Qiang¹

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130018, China; 2. Landscape Management Office of Antu County, Yanbian 133600, China)

Abstract: *Ligularia* plant resources are widely distributed, with various chemical active substances, obvious pharmacological effects and high nutritional and therapeutic value. In order to promote the development and utilization of *Ligularia*, this paper expounded the research on the distribution, morphology, heredity and identification, reproductive biology, chemical active substances, pharmacological action, nutrition and edible value of *Ligularia* in recent years.

Keywords: *Ligularia*; chemical active ingredients; pharmacological effects; nutritional value; research and utilization