

4种菊科入侵植物提取物的抑菌活性研究*

罗雨薇, 谭亚婷, 刘洋, 罗建梅, 闫晓慧

(西南林业大学 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要:探究4种菊科(Asteraceae)入侵植物紫茎泽兰(*Eupatorium adenophora*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)和牛膝菊(*Galinsoga parviflora*)不同部位的乙醇提取物(后简称醇提取物)对芸薹链格孢(*Alternaria brassicae*)、灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)、恶疫霉(*Phytophthora cactorum*)、镰刀菌(*Fusarium sp.*)、厚垣镰刀菌(*Fusarium chlamydosporum*)等5种植物病原真菌是否有抑菌活性,为后期开发新型植物源农药及综合治理和利用菊科入侵植物奠定基础。通过乙醇回流法制备4种菊科植物不同部位的醇提取物,通过滤纸片抑菌圈法和菌丝生长速率法测定上述醇提取物对5种植物病原真菌的抑菌活性。结果显示当4种入侵植物不同部位的醇提取物质量浓度为 $5\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,它们对5种病原真菌具有选择性的抑制作用,其中:紫茎泽兰花、茎叶和三叶鬼针草地上部分的醇提取物抑菌活性较强;紫茎泽兰花醇提取物对芸薹链格孢菌丝生长抑制效果最强,半数效应浓度(EC_{50})为 $0.0868\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$;紫茎泽兰茎叶和三叶鬼针草的醇提取物对厚垣镰刀菌菌丝生长具有良好的抑制作用,它们的 EC_{50} 分别为 0.0913 和 $0.1943\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。研究结果提示4种菊科入侵植物中紫茎泽兰、三叶鬼针草提取物对供试病原真菌的抑菌效果较好,其中又以紫茎泽兰花、茎叶提取物的抑菌效果为佳,值得进一步研究。

关键词:入侵植物;乙醇提取物;植物病原真菌;抑菌活性;毒力测定;菊科

中图分类号:Q16;S482.2⁺92

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2023)06-0129-07

由于国际贸易往来日益频繁和其他人类活动的日益加剧,生物入侵已成为一个全球关注的生态问题^[1]。生物入侵可导致农林牧业减产和生物多样性功能的丧失^[2],进而给人们带来巨大的经济损失并引起生态环境的恶化^[3]。在数量众多的入侵植物中,菊科(Asteraceae)入侵植物占有相当比例,物种数量多达59种^[4],其中被认为危害较大且比较有代表性的有紫茎泽兰(*Eupatorium adenophora*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、牛膝菊(*Galinsoga parviflora*)等^[5-10]。目前人们已总结出多种防治入侵植物的方法。这些方法虽然在一定程度上可以抑制入侵植物的生长和繁殖,但也存在着耗时费力、可能对环境造成污染或导致入侵植物产生抗性不足之处,而对各种入侵植物进行资源利用则为入侵植物的防治提供了一个新途径^[11]。

近些年来,各种食用、药用植物病害愈加严重。目前主要通过使用化学杀菌剂来防治植物病害,但这会带来药物残留、环境污染等一系列问题。而在长期进化和自然选择过程中,为抵御来自于环境或其他生物物种的外来伤害,植物体内逐渐形成了基于特异性作用机制的化学防御物质^[12],这为研发人员从植物中寻找具有生物活性的抗菌物质并以此开发高效、低毒、低残留且对作物和人体都安全的新型植物源农药植物提供了基础^[13]。已有研究结果显示:飞机草的无水乙醇和丙酮粗提液抑菌效果较好、抑菌谱较广^[14];通过顶空技术,飞机草挥发性物质已被成功应用于玉米螟虫(*Ostrinia nubilalis*)的防治^[15];三叶鬼针草的乙醇提取液具有广谱抗菌作用^[16];番石榴(*Psidium guajava*)叶提取液与质量分数为50%的多菌灵粉剂800倍稀释液的抗菌效果接近^[17],假臭草(*Praxelis clematidea*)全株提取液对可可毛色二孢(*Botryodiplodia theobromae*)和胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)均有较强的抑菌效果^[18]。由此可见,利用入侵植物中的活性成分开发生物农药,既可以变废为宝,减少环境污染,具有一定的社会、生态及经济效益^[19];还可以对今后有效利用和综合治理入侵植物起到积极的推动和指导作用^[20]。

* 收稿日期:2022-06-06 修回日期:2023-06-26 网络出版时间:2023-09-21T11:53

资助项目:国家自然科学基金地区科学基金项目(No. 32160378);云南省应用基础研究重点项目(No. 2019FA011);西南林业大学博士科研启动经费(No. 111712)

第一作者简介:罗雨薇,女,研究方向为园林植物农药学,E-mail:2193465570@qq.com;通信作者:闫晓慧,女,教授,博士,E-mail:luckyyxh@163.com

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20230920.1858.004

基于上述背景,本研究选择紫茎泽兰、飞机草、三叶鬼针草、牛膝菊等 4 种常见菊科入侵植物为研究材料,考察了它们不同部位的乙醇提取物(后简称醇提物)对芸薹链格孢(*Alternaria brassicae*)、灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)、恶疫霉(*Phytophthora cactorum*)、镰刀菌(*Fusarium* sp.)、厚垣镰刀菌(*Fusarium chlamydosporum*)等 5 种植物病原真菌的抑制作用,期望为新型植物源农药的开发及菊科入侵植物的综合治理和利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

4 种供试植物的标本由西南林业大学林学院胡世俊副教授鉴定,相关具体信息如表 1 所示。用体积分数为 95% 的乙醇溶液采用加热回流方式对供试植物不同部位材料进行提取,加热提取 1 h 为 1 次,每种材料均提取 3 次;每次提取完成后过滤并收集滤液,并用旋转蒸发器浓缩至无液体后收集所得固体即为醇提物,然后测定醇提物质量。最后,将醇提物溶解于分析纯二甲基亚砷溶液中,配制成醇提物质量浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的粗提物母液,置于冰箱内在 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下保存备用。

表 1 供试植物名录

Tab. 1 List of tested plants

物种名	属名	采集地	采集部位	物种名	属名	采集地	采集部位
紫茎泽兰 (<i>E. adenophora</i>)	泽兰属 (<i>Eupatorium</i>)	云南昆明	根、茎叶、花	三叶鬼针草 (<i>B. pilosa</i>)	鬼针草属 (<i>Bidens</i>)	云南昆明	地上部分
飞机草 (<i>E. odoratum</i>)	泽兰属 (<i>Eupatorium</i>)	云南红河	地上部分	牛膝菊 (<i>G. parviflora</i>)	牛膝菊属 (<i>Galinsoga</i>)	云南昆明	全草

供试菌种方面,白菜黑斑病菌芸薹链格孢和番茄灰霉病菌灰葡萄孢由西南林业大学生物多样性保护学院病理实验室刘丽高级实验师提供;齿瓣石斛褐斑病菌恶疫霉、齿瓣石斛根腐病菌镰刀菌和齿瓣石斛茎尖病菌厚垣镰刀菌由上述单位的伍建榕教授提供。

1.2 方法

1.2.1 供试菌种的活化

将 5 种供试菌种从保存状态恢复至室温状态后,于无菌环超净台上接种到 PDA 培养基上,在 $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养 3~6 d 后,挑选培养基中菌落边缘的菌丝进行转接培养、纯化^[21]。

1.2.2 供试植物醇提物抑菌活性的初步筛选

将纯化好的 5 种供试菌种分别加入 10 mL 无菌水,并刮取表面菌层,制成孢子悬浮液。采用滤纸片法^[22],取配置好的各供试植物不同部位的粗提物母液,用无菌水稀释成醇提物质量浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的药液;并以相同的方法将成品药多菌灵配制为药液,其中多菌灵质量浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$,以此作为阳性对照;以加入等体积含二甲基亚砷的无菌水(二甲基亚砷质量分数为 5%)为阴性对照;由此测定 4 种供试植物不同部位醇提物对 5 种供试病原真菌的抑菌效果,其中每种供试菌种以及每种供试植物的不同部位醇提物均设置 3 个重复。将全部接种后的培养皿置于 $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温培养箱中培养 24 h,之后记录每个处理组的相关数据。

采用交叉法对各处理组的抑菌圈的直径进行测量^[23],计算和记录它们的平均直径,以此计算 4 种供试植物的不同部位醇提物对 5 种供试病原真菌的相对抑菌率^[24]来衡量它们的抑菌活性。

1.2.3 供试植物醇提物对病原真菌的毒力测定

经过初步筛选后,对具有较好抑菌效果的供试植物的不同部位醇提物进行毒力测定。采用生长速率法^[25],配制不同梯度浓度的含毒介质,并设对照组。将全部接种后的培养皿置于 $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温培养箱中培养,每日定时观察测量,同时记录每个处理组的相关数据,直到空白对照组的菌落边缘长至接近培养皿边缘后则停止记录。

采用交叉法对各处理组的菌落进行测量^[23],计算和记录它们平均直径,采用文献^[26]的方法计算供试植物的不同部位醇提物对有关病原真菌的相对抑菌率。将各处理组醇提物质量浓度对应的抑制率替换成机率

值(y),将醇提物的质量浓度取对数(x),用 Excel 作图法得到毒力回归方程,取抑制率为 50% 的机率值,分别求出供试植物的不同部位醇提物对有关病原真菌的半数效应浓度(EC_{50})^[27]。

2 结果与分析

2.1 4种菊科入侵植物醇提物对病原真菌的抑菌作用

图 1 显示:1) 紫茎泽兰、牛膝菊、三叶鬼针草不同部位的醇提物对芸薹链格孢均具有一定的抑菌活性,其中紫茎泽兰根醇提物的对芸薹链格孢的抑菌效果最好,多菌灵对该病原真菌的抑菌效果较差。2) 除紫茎泽兰根醇提物外,其他几种供试植物的不同部位的醇提物都具有抑制灰葡萄孢菌的活性,但对该病原真菌抑菌效果最好的是多菌灵,其次则是牛膝菊全草醇提物。3) 紫茎泽兰的茎叶和根、飞机草地上部分和牛膝菊全草的醇提物均具有抑制恶疫霉的活性,但对该病原真菌抑菌效果最好仍是多菌灵,其次是紫茎泽兰茎醇提物。4) 紫茎泽兰花、飞机草和三叶鬼针草的地上部分以及牛膝菊全草的醇提物都具有良好的抑制镰刀菌活性,其中紫茎泽兰花醇提物对该病原真菌的抑菌效果最好,且比多菌灵对该病原真菌的抑菌效果更佳;5) 紫茎泽兰花和茎叶、三叶鬼针草地上部分的醇提物有明显的抑制厚垣镰刀菌活性,其中紫茎泽兰花醇提物对该病原真菌的抑菌效果最好,且比多菌灵对该病原真菌的抑菌效果更佳。

综上所述,对 4 种菊科入侵植物的整体抑菌效果进行评价,可以看出紫茎泽兰的花和茎叶、三叶鬼针草地上部分的醇提物对供试病原真菌的抑菌效果较好,有望后期开发为对抗供试病原真菌的天然抗菌剂。

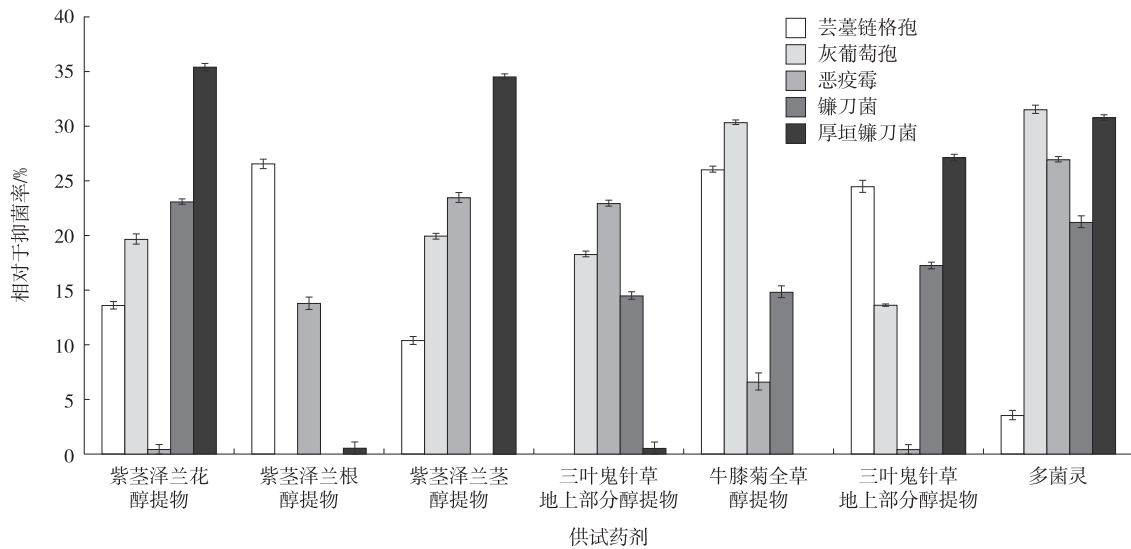


图 1 4种入侵植物醇提物对 5 种病原菌的抑菌作用

Fig. 1 The inhibition effects of ethanol extracts from four invasive plants on five pathogenic fungi

2.2 紫茎泽兰与三叶鬼针草醇提物对病原真菌的相对抑菌毒力

由表 2 可知,紫茎泽兰的花和茎叶、三叶鬼针草地上部分的醇提物对 4 种病原真菌均表现出一定的抑菌毒力,且 EC_{50} 值之间的差异较大。三叶鬼针草地上部分醇提物对芸薹链格孢的 EC_{50} 值和紫茎泽兰茎叶醇提物对灰葡萄孢菌的 EC_{50} 值最高,紫茎泽兰花醇提物对芸薹链格孢的 EC_{50} 值最小,对该真菌的菌丝生长抑制作用最强。对灰葡萄孢菌的 EC_{50} 值最大的是紫茎泽兰茎叶醇提物,其次是三叶鬼针草地上部分醇提物,最小的是紫茎泽兰花醇提物。此外,紫茎泽兰茎叶醇提物对厚垣镰刀菌菌丝生长具有良好的抑制作用, EC_{50} 值最小。紫茎泽兰花醇提物对芸薹链格孢、灰葡萄孢菌、镰刀菌等 3 种植物病原真菌的抑菌效果如图 2 所示。

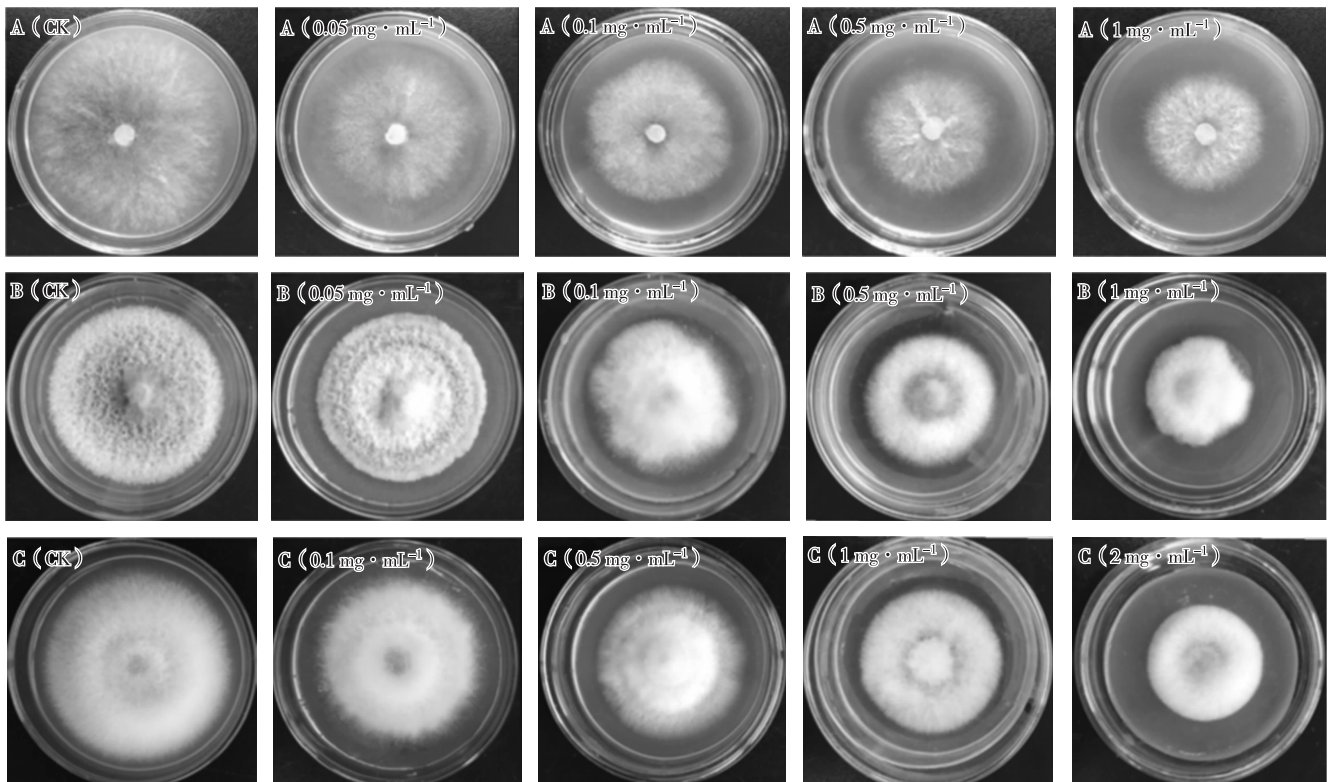
3 结论与讨论

近些年来,在果蔬和中药材植物的病虫害治理过程中产生的农药残留、环境污染等问题受到越来越多的学者关注^[28]。不少植物如菊科植物体内含有对杂草具有化感作用的生物活性物质,并具有良好的抑菌活性^[29];植物体中所含的某种代谢物也有利于提升植物在自然环境中存活和繁衍机率^[30]。因此,筛选植物源活性物质作为抑菌剂的主要成分,这对低毒、少残留、无污染的新型天然抗菌剂的研发具有重要意义^[31]。

表 2 紫茎泽兰与三叶鬼针草醇提取物对 4 种病原菌的相对毒力

Tab. 2 Toxicity of ethanol extracts from *E. adenophora* and *B. pilosa* against four pathogenic fungi

供试菌株	供试植物及部位	毒力回归方程	r^2	$EC_{50}/(mg \cdot mL^{-1})$
芸蓼链格孢(<i>A. brassicae</i>)	紫茎泽兰(<i>E. adenophora</i>)花	$y=0.5110x+5.5423$	0.9922	0.0868
	三叶鬼针草(<i>B. pilosa</i>)地上部分	$y=2.0028x+5.1300$	0.9139	0.8601
灰葡萄孢(<i>B. cinerea</i>)	紫茎泽兰花	$y=0.8566x+5.6890$	0.9139	0.1569
	紫茎泽兰茎叶	$y=1.2381x+5.2921$	0.9168	0.5809
	三叶鬼针草地上部分	$y=0.7176x+5.5068$	0.9671	0.1997
镰刀菌(<i>Fusarium sp.</i>)	紫茎泽兰花	$y=0.9152x+5.6376$	0.9139	0.2010
厚垣镰刀菌(<i>F. chlamydosporum</i>)	紫茎泽兰茎叶	$y=0.5050x+5.5250$	0.9479	0.0913
	三叶鬼针草地上部分	$y=0.4662x+5.3317$	0.9982	0.1943



注: A、B、C 分别代表灰葡萄孢(*B. cinerea*)、芸蓼链格孢(*A. brassicae*)、镰刀菌(*Fusarium sp.*); 括号内数字为带毒平板中含紫茎泽兰花醇提取物的质量浓度; CK 为对照样本, 平板中不含紫茎泽兰花醇提取物。

图 2 不同质量浓度的紫茎泽兰花醇提取物带毒平板对植物病原真菌的抑菌效果

Fig. 2 The antifungal effect of different mass concentration of

E. adenophora flowers ethanol extract with poisonous plate on plant pathogenic fungi

本研究中, 紫茎泽兰根醇提取物对芸蓼链格孢的抑菌效果最好, 紫茎泽兰花醇提取物对镰刀菌和厚垣镰刀菌的抑菌效果最好, 均明显比多菌灵对上述病原真菌的抑菌效果更好; 牛膝菊全草、紫茎泽兰茎叶的醇提取物分别具有抑制灰葡萄孢菌和恶疫霉的活性, 它们的抑菌效果接近对这 2 种病原真菌的抑菌效果最好的多菌灵。紫茎泽兰花、茎叶的醇提取物与三叶鬼针草地上部分醇提取物相比, 紫茎泽兰花醇提取物对芸蓼链格孢菌丝生长抑制效果最强; 紫茎泽兰茎叶醇提取物对厚垣镰刀菌菌丝生长具有良好的抑制效果。总体看来, 紫茎泽兰花和茎叶的醇提取物毒性相对更低、更安全, 是开发低毒高效植物源农药的良好原材料, 在今后的病害防治以及环境治理方面更具有开发潜力。

采用乙醇萃取植物中次生代谢产物是目前安全性最好的选择, 但不同提取溶剂的选择对植物提取物抑菌效

果具有不同影响^[32]。有研究表明,将紫茎泽兰汁液依次用石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇萃取得到不同紫茎泽兰汁液提取物,这些提取物对马铃薯晚疫病菌(*Phytophthora infestans*)的菌丝生长具有不同程度的抑制作用,其中用石油醚提取得到的活性物质抑菌效果最好,相对抑菌率达44.42%^[33]。因此,在今后研究中为提高植物中活性物质的产量和防止活性物质的漏筛,可进一步选用其他有机溶剂萃取活性物质^[34]。同一种植物的不同部位对同一种病原菌的抑制作用有所差异^[35]。对于紫茎泽兰而言,不同部位醇提物的抑菌效果与抑菌种类有所差异:它的花和茎叶醇提物与根醇提物相比,总体抑菌活性更佳。而且紫茎泽兰花和茎叶的醇提物在抑制厚垣镰刀菌菌丝生长方面超过了多菌灵,且多菌灵对芸薹链格孢的抑菌效果极差。上述结果可能与紫茎泽兰花和茎叶的醇提物中活性物质含量相对较高或其他杂质含量相对较低有关,也可能与不同提取物的抑菌活性物质对不同病原菌的作用机理存在差异有关^[36]。

入侵植物可借风力与其他人为因素传播到异地^[37],目前入侵植物的防治方法都存在不足,需耗费大量资金、时间和人力,且入侵植物易恢复而不能被彻底根除^[4]。有研究认为,入侵物种在危害当地自然环境的同时,也为当地生计和人类福祉起到促进作用^[38],但这需要人们找到将入侵物种转化为资源加以有效利用的方法。入侵植物有作为生物源农药原材料的潜力,如能对它们资源丰富、生长迅速的优势进行充分利用,且以这些入侵植物为材料追踪其中的活性物质并进一步鉴定这些物质的分子结构,也许会发现具有新型杀菌活性和作用机制的先导化合物,从而为入侵植物的有效治理和综合利用奠定基础。

参考文献:

- [1] 陈明林,张小平,苏登山.安徽省外来杂草的初步研究[J].生物学杂志,2003,20(6):24-27.
CHEN M L,ZHANG X P,SU D S. A preliminary study on the invasive weeds in Anhui[J]. Journal of Biology,2003,20(6):24-27.
- [2] 李叶,林培群,余雪标,等外来植物入侵研究[J].广东农业科学,2010,37(5):156-159.
LI Y,LIN P Q,YU X B,et al. Studies on exotic plants invasion[J]. Guangdong Agricultural Sciences,2010,37(5):156-159.
- [3] 姜景鹤.中国主要外来植物入侵趋势分析[J].价值工程,2018,37(21):289-293.
JIANG J H. Analysis of invasion of alien plants in China[J]. Value Engineering,2018,37(21):289-293.
- [4] 丁晖,徐海根,强胜,等.中国生物入侵的现状与趋势[J].生态与农村环境学报,2011,27(3):35-41.
DING H,XU H G,QIANG S,et al. Status quo and trends of biological invasion into China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2011,27(3):35-41.
- [5] 陆辰晨.中国重要外来物种紫茎泽兰的研究现状[J].杂草科学,2007(2):10-13.
LU C C. Research status of *Eupatorium adenophorum* Spreng (an important alien species)[J]. Weed Science,2007(2):10-13.
- [6] 王韧,丁建清.外来有害生物防治和国际生防国际公约[C]//中国植物保护研究进展(第三次全国农作物病虫害综合防治学术讨论会论文集).北京:中国植物保护学会,1996.
WANG R,DING J Q. Exotic pest control and international convention on biological control[C]//Progress in plant protection research in China (Proceedings of the Third National Symposium on Integrated Control of Crop Diseases and Pests). Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences,1996.
- [7] 李象钦,韦春强,王云波,等.入侵植物飞机草的风险评估[J].林业科技,2017,42(5):59-62.
LI X Q,WEI C Q,WANG Y B,et al. Risk assessment of the invasive plant *Chromolaena odorata* [J]. Forestry Science & Technology,2017,42(5):59-62.
- [8] 郝建华,刘倩倩,强胜.菊科入侵植物三叶鬼针草的繁殖特征及其与入侵性的关系[J].植物学报,2009,44(6):656-665.
HAO J H,LIU Q Q,QIANG S. Reproductive traits associated with invasiveness in *Bidens pilosa* (Asteraceae)[J]. Bulletin of Botany,2009,44(6):656-665.
- [9] 田陌,张峰,王璐,等.入侵物种粗毛牛膝菊(*Galinsoga quadriradiata*)在秦岭地区的生态适应性[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2011,39(5):71-75.
TIAN M,ZHANG F,WANG L,et al. The ecological suitability of an exotic invasive plant (*Galinsoga quadriradiata*) in Qinling Mountain[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition),2011,39(5):71-75.
- [10] 李振宇,解焱.中国外来入侵种[M].北京:中国林业出版社,2002.
LI Z Y,XIE Y. Invasive alien species in China[M]. Beijing:China Forestry Publishing House,2002.
- [11] 王旭萍,刘强.中国植物入侵防治研究[J].湖北农业科学,2018,57(7):5-10.
WANG X P,LIU Q. Review of research on invasive plant control in China[J]. Hubei Agricultural Sciences,2018,57(7):5-10.
- [12] 黄天芳.生物的化学防御及其协同进化[J].孝感学院学报,2007,27(3):23-25.

- HUANG T F. Chemical defense of living thing and its coevolution[J]. Journal of Xiaogan University, 2007, 27(3): 23-25.
- [13] 谭亚婷, 左建安, 何彦仪, 等. 飞机草地上部分化学成分及其抑菌活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(3): 410-418.
TAN Y T, ZUO A J, HE Y Y, et al. Study on chemical components from aerial part of *Chromolaena odorata* and their antifungal activity[J]. Natural Product Research and Development, 2021, 33(3): 410-418.
- [14] 党金玲, 杨小波, 岳平, 等. 外来入侵种飞机草的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10539-10541.
DANG J L, YANG X B, YUE P, et al. Research progress of an exotic invasive species *Eupatorium odoratum* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(24): 10539-10541.
- [15] OSEI-OWUSU J, ACHEAMPONG A, AFUN J V K, et al. Chemical composition of the headspace volatiles from *Chromolaena odorata* (L.) RM King in Ghana[J]. Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 2017, 20(5): 1418-1423.
- [16] KHAN M R, KIHARA M, OMOLOSO A D. Anti-microbial activity of *Bidens pilosa*, *Bischofia javanica*, *Elmerillia papuana* and *Sigesbekia orientalis* [J]. Fitoterapia, 2001, 72(6): 662-665.
- [17] 福建省亚热带植物研究所. 番石榴叶有效成分提取纯化及作为植物源农药的应用[R]. 厦门: 福建省亚热带植物研究所, 2016.
Fujian Institute of Subtropical Botany. Extraction and purification of active components from guava leaves and their application as botanical pesticides[R]. Xiamen: Fujian Institute of Subtropical Botany, 2016.
- [18] 何书婷, 贺锐林, 王立, 等. 5种入侵植物提取物对2种芒果病原真菌的抑制作用[J]. 热带生物学报, 2017, 8(1): 22-28.
HE S T, HE R L, WANG L, et al. Inhibitory effects of the extracts of 5 invasive plants against 2 major pathogenic fungi on mango[J]. Journal of Tropical Biology, 2017, 8(1): 22-28.
- [19] 厚凌宇, 田兆丰, 谢响明. 紫茎泽兰多糖诱导烟草对烟草花叶病毒的抗性[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(12): 55-59.
HOU L Y, TIAN Z F, XIE X M. *Eupatorium adenophorum* polysaccharide induced defense responses in tobacco against TMV [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2015, 43(12): 55-59.
- [20] 魏友钦. 农药污染对生态环境的影响及防治对策[J]. 农家科技, 2016(2): 351.
WEI Y Q. The impact of pesticide pollution on the ecological environment and its prevention and control measures[J]. Nongjia Keji, 2016(2): 351.
- [21] 柯尚艳, 杨林毅, 陈璐, 等. 白及植株上一种真菌病害的分离与鉴定[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(3): 405-409.
KE S Y, YANG L Y, CHEN L, et al. Isolation and identification of a fungal disease from *Bletilla striata* [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2018, 33(3): 405-409.
- [22] 田双娥. 三种不同抑菌圈试验法在牛至油抑菌评价中的应用研究[J]. 香料香精化妆品, 2019(1): 37-41.
TIAN S E. Study on three kinds of inhibition zone tests applied in evaluation of antifungal activity of oregano oil[J]. Flavor Fragrance Cosmetics, 2019(1): 37-41.
- [23] 李枢妍, 阳黎恒, 肖雪婷, 等. 一株香蕉枯萎病拮抗菌的筛选、鉴定及生防效果研究[J]. 南方农业学报, 2021, 52(7): 1826-1834.
LI S Y, YANG L H, XIAO X T, et al. Screening, identification and biocontrol effect of antagonistic bacteria against banana *Fusarium wilt* [J]. Journal of Southern Agricultural, 2021, 52(7): 1826-1834.
- [24] 赵洪涛, 陈东奎, 陈香玲, 等. 沃柑溃疡病病原菌分离鉴定及防治药剂筛选[J]. 南方农业学报, 2019, 50(12): 2703-2712.
ZHAO H T, CHEN D K, CHEN X L, et al. Pathogen identification and bactericide screening of Orah citrus canker[J]. Journal of Southern Agricultural, 2019, 50(12): 2703-2712.
- [25] 康卓, 顾宝根. 农药生物活性测试标准操作规范(杀菌剂卷)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
KANG Z, GU B G. Standard practice for pesticide bioactivity testing (fungicide volume)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2016.
- [26] 何彦仪, 罗雨薇, 许美滢, 等. 5种蒿属植物提取物对马铃薯晚疫病的抑菌活性研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2021, 41(4): 162-167.
HE Y Y, LUO Y W, XU M Y, et al. Antifungal activity of extracts from 5 *Artemisia* plants against *Phytophthora infestans* [J]. Journal of Southwest Forestry University (Natural Sciences), 2021, 41(4): 162-167.
- [27] 牛新威, 罗兰, 董艳丽, 等. 龙柏茎叶粗提物对植物病原真菌的抑制作用[J]. 内蒙古农业科技, 2008(4): 57-58.
NIU X W, LUO L, DONG Y L, et al. Inhibition of crude extracts of dragon juniper (*Juniperus chinensis* cv. Kaizuka) stems and leaves on plant pathogenic fungi[j]. inner mongolia agricultural science and technology, 2008(4): 57-58.
- [28] 占绣萍. 浅谈农药残留与环境污染治理研究进展[J]. 世界农药, 2013, 35(5): 4.
ZHAN X P. Research on pesticide residues and environmental pollutions control[J]. World Pesticides, 2013, 35(5): 4.
- [29] 李珊珊, 刘琳, 李猛, 等. 茼蒿中绿原酸抑制西瓜枯萎病菌活性研究[J]. 核农学报, 2018, 32(1): 104-111.
LI S S, LIU L, LI M, et al. Antifungal activity of chlorogenic acid from *Chrysanthemum coronarium* L. on *Fusarium oxysporum*

- f. sp. *niveum* [J]. Journal of Nuclear Agriculture Sciences, 2018, 32(1): 104-111.
- [30] 董妍玲, 潘学武. 植物次生代谢产物简介 [J]. 生物学通报, 2002, 37(11): 17-19.
DONG Y L, PAN X W. Introduction of plant secondary metabolites [J]. Bulletin of Biology, 2002, 37(11): 17-19.
- [31] 陈启建. 抗烟草花叶病毒植物源活性物质的筛选及其作用机制 [D]. 福州: 福建农林大学, 2003.
CHEN Q J. Screening of anti-TMV substance from plants and its inhibiting mechanism on TMV [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2003.
- [32] 鲁世伟, 罗兰, 李玲玲, 等. 22 种植物乙醇提取物对植物病原菌的抑菌作用 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 98-102.
LU S W, LUO L, LI L L, et al. Antifungal activity of ethanolic extracts from 22 plant against plant pathogens [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(1): 98-102.
- [33] 张培花, 罗文富, 杨艳丽. 紫茎泽兰汁液及其萃取物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用 [J]. 西南农业学报, 2006, 19(2): 246-250.
ZHANG P H, LUO W F, YANG Y L. Inhibition effect of leaf juice extracts of *Eupatorium adenophorum* on *Phytophthora infestans* [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2006, 19(2): 246-250.
- [34] 祁之秋, 李修伟, 纪明山. 4 种胡椒科植物粗提物对灰葡萄孢的抑菌活性 [J]. 中国蔬菜, 2018(7): 64-67.
QI Z Q, LI X W, JI M S. *In vitro* antifungal activity of four pepper plant seeds extracts against *Botrytis cinerea* Pers [J]. China Vegetables, 2018(7): 64-67.
- [35] 杨帮. 中药植物美洲商陆抗菌活性及作用机理研究 [D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
YANG B. Research on antifungal activities of Chinese traditional medicine *Phytolacca americana* Roxb and its action mechanism [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2005.
- [36] 李书明, 陈雅婷, 王奇志. 入侵植物假臭草和胜红蓟提取物的抑菌活性研究 [J]. 核农学报, 2017, 31(9): 1717-1722.
LI S M, CHEN Y T, WANG Q Z. Antibacterial activity of extracts on invasive plant of *Praxelis Clematidea* (Griseb.) R. M. King & H. Rob. and *Ageratum conyzoides* L. [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(9): 1717-1722.
- [37] 杨逢建, 张衷华, 王文杰, 等. 八种菊科外来植物种子形态与生理生化特征的差异 [J]. 生态学报, 2007(2): 442-449.
YANG F J, ZHANG Z H, WANG W J, et al. Anatomical and physiological differences of eight exotic species from Asteraceae [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007(2): 442-449.
- [38] SHACKLETON R T, SHACKLETON C M, KULL C A. The role of invasive alien species in shaping local livelihoods and human well-being: a review [J]. Journal of Environmental Management, 2019, 229: 145-157.

Study on Inhibitory Activity of Extracts from Four Asteraceae Invasive Plants on Pathogenic Fungi

LUO Yuwei, TAN Yating, LIU Yang, LUO Jianmei, YAN Xiaohui

(Key Laboratory of Forestry Disaster Early Warning & Control in Yunnan Province,
Southwest Forestry University, Kunming 6502244, China)

Abstract: It was explored whether ethanol extracts from different parts of four species of Asteraceae invasive plants such as *Eupatorium adenophora*, *Eupatorium odoratum*, *Bidens pilosa*, and *Galinsoga parviflora* had antifungal activity against five strains of plant pathogens such as *Alternaria brassicae*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora cactorum*, *Fusarium* sp., and *Fusarium chlamydosporum*, in order to provide theoretical foundation for further development of new botanical pesticides and comprehensive management of Asteraceae invasive plants. Ethanol extracts from different parts of four invasive Asteraceae plants were prepared by ethanol reflux extraction, and their antifungal activities against five plant pathogens were determined by filter paper inhibition zone method and mycelial growth rate method. The results showed that the ethanol extracts of four invasive plants at the mass concentration of $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ showed selective inhibitory effects on five pathogens, and among them the flower ethanol extract of *E. adenophora* showed the best inhibitory effect on the growth of *A. brassicae* mycelium, with EC_{50} of $0.0868 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; the stem and leaf ethanol extract of *E. adenophora* and the aerial part ethanol extract of *B. pilosa* display potent inhibition effects on the mycelial growth of *F. chlamydosporum* and their EC_{50} were 0.0913 and $0.1943 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectively. The results suggested that the ethanol extracts of *E. adenophora* and *B. pilosa* showed significant antifungal activity, especially the aerial part ethanol extract of *E. adenophora* worth further study.

Keywords: invasive plant; ethanol extract; plant pathogenic fungi; inhibitory activity; toxicity test; Asteraceae

(责任编辑 方 兴)