

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.03.006

10 种药用植物乙醇提取物的抑真菌活性研究

赵永田, 王兴娥, 张练, 王克英, 吴艳春

黔南民族师范学院 生物科学与农学院, 贵州 都匀 558000

摘要: 真菌病害是降低农作物产量和品质的最重要因素之一, 严重威胁粮食安全。化学农药是防治真菌的有效手段, 但长期不合理的使用, 其弊端凸显; 而采用植物代谢产物防治真菌病害是化学杀菌剂的理想替代品。因此, 本研究采用菌丝生长速率法, 检测了 10 种药用植物的乙醇提取物对 9 种植物病原真菌的抑制效果。结果表明姜黄、川芎、苦参乙醇提取物在 1 000 g/mL 浓度下对超过 5 种真菌(马铃薯晚疫菌、西瓜枯萎菌、小麦赤霉菌、水稻纹枯菌和苹果轮纹菌)的抑制率高于 50%, 显示出较高的抑菌活性。本研究发现姜黄、川芎、苦参具有广谱抑菌活性, 抑菌活性成分值得进一步分离鉴定, 为寻找天然产物抑真菌活性物质提供了参考依据。

关键词: 植物源杀菌剂; 抑菌活性; 真菌;
天然产物

中图分类号: S432

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2022)03-0040-07

Antifungal Activity of Ethanol Extracts from Ten Medicinal Plants

ZHAO Yongtian, WANG Xing'e, ZHANG Lian,
WANG Keying, WU Yanchun

College of Life Science and Agriculture, Qiannan Normal University for Nationalities, Duyun Guizhou 558000, China

Abstract: Fungal disease is one of the most important factors to reduce crop yield and quality, which seriously threaten food security. Chemical pesticides are effective means to control fungi, but their disadvantages are obvious due to the long-term unreasonable use. Plant metabolites are ideal substitutes for chemical fungicides on control of fungal disease. Therefore, the inhibitory effects of ethanol extracts of ten medicinal plants on nine plant pathogenic fungi were detected by mycelial growth rate method. The results showed that at the concentration of 1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$,

收稿日期: 2022-05-13

基金项目: 黔南民族师范学院教育质量提升工程一流平台项目(2021xjg018); 黔南民族师范学院高层次人才科研专项项目(2021qnsyrc07)。

作者简介: 赵永田, 副教授, 博士, 主要从事天然产物化学与植物农药研究。

the ethanol extracts of *Curcuma longa*, *Ligusticum chuanxiong* and *Sophora flavescens* had over 50% of inhibitory effects on more than five kinds of fungi, such as *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia solani*, *Botryosphaeria dothidea*, demonstrating the high antifungal activity. In this study, it was found that extracts of *Curcuma longa*, *Ligusticum chuanxiong* and *Sophora flavescens* have broad-spectrum antifungal activities, and the antifungal active components are worthy of further isolation and identification to provide a reference for the search for antifungal active substances of natural products.

Key words: plant derived fungicides; antifungal activity; fungus; natural product

植物病害是导致农产品产量降低的重要因素,全球估计有10%的粮食损失是由于各种植物病原体引发的植物病害^[1],给全球的生态、经济和社会造成巨大的损失^[2].长期以来,化学农药防治策略是治理植物病害的有效手段.但是,化学农药带来的一系列环境安全问题也越来越引起人类的注意,如农药残留^[3-5]、土壤肥力下降^[6-7]、人畜中毒^[8-9]、抗药性^[10-11]等.鉴于化学农药带来的风险与危害,许多国家都开始对化学农药的使用及管理进行了规范和限制^[12-14].我国农业农村部也在2015年发布了《到2020年农药使用量零增长行动方案》,并提倡大力推广新型农药.植物在与病原菌长期斗争的过程中,自身必然产生某些抵御病原菌的次生代谢物质.采用植物的次生代谢物质防治植物病害将是未来的重要研究领域,是化学农药的理想替代品^[15-16].因此,植物源杀菌剂就是从植物的次生代谢产物中发掘出具有抑菌活性的天然活性物质,这些物质具有低毒、低残留、易降解、对人畜等非靶标生物相对安全且不易产生抗药性等特点,符合绿色防控和可持续发展理念,越来越受到人们的关注^[17-18].而药用植物是人类和动物治疗疾病的药物来源,大多具有抗微生物性质的次生代谢物质,是筛选抑菌物质的便捷渠道^[19].

目前,国内外学者研究了大量本土药用植物对植物病原真菌抑制效果,取得了一定的研究进展.如Salhi等^[20]评估了阿尔及利亚北撒哈拉地区自发生长的4种本土药用植物白草蒿(*Artemisia herba alba*)、山茺蓂(*Cotula cinerea*)、薄叶日影兰(*Asphodelus tenuifolius*)和圭亚那大戟(*Euphorbia guyaniana*)水提取物对小麦上禾谷镰刀菌和拟枝孢镰刀菌2种镰刀菌属真菌的抑制效果,研究表明,白草蒿、山茺蓂、薄叶日影兰和圭亚那大戟水提取物在10%和20%的浓度下均能有效抑制镰刀菌菌丝体的生长,特别是薄叶日影兰提取物对禾谷镰刀菌有效,而拟枝孢镰刀菌菌丝体的生长受到圭亚那大戟的强烈影响.Mafakheri等^[21]评估了伊朗5种药用植物辣薄荷(*Mentha piperita* peppermint)、茴香(*Foeniculum vulgare*)、夏季香薄荷(*Satureja hortensis*)、阿魏(*Ferulaasa foetida*)和孜然芹(*Cuminum cyminum*)的精油对链格孢、菌核生枝顶霉和禾草离蠕孢的抗真菌活性,结果表明所有植物精油的最低抑菌浓度(MIC)值在1~8 mg/mL;茴香精油的MIC值与杀真菌剂Captan获得的最低杀菌浓度(MFC)值相当;辣薄荷精油在2 mg/mL和4 mg/mL的浓度下对链格孢菌表现出最大的抑制和杀菌活性;而孜然芹对所有真菌的敏感性较低.Mongalo等^[22]对10种南非药用植物进行了水提取和有机溶剂萃取,并检测了对尖孢镰刀菌、轮枝镰刀菌、禾谷镰刀菌、黄曲霉和赭曲霉的抑菌效果,结果表明有机溶剂萃取物比水提取物显示出更显著的抗真菌活性,尤其是鸡血藤属植物(*Milletia grandis*)的有机萃取物对赭曲霉、禾谷镰刀菌和尖孢镰刀菌显示最低的MIC值(0.01 mg/mL).姚翰文等^[23]选取丁香等29种我国传统中药材,获得乙醇提取物,检测了对山核桃干腐病菌和油茶炭疽病菌的活性,结果表明,丁香和牡丹乙醇提取物对2种菌的抑制效果明显高于其他植物提取物,且有效中浓度(EC₅₀)分别为2.566 mg/mL,10.268 mg/mL和1.005 mg/mL,10.988 mg/mL.尽管我国药用植物资源丰富,历史悠久,但对植物源杀菌剂的筛选还远远不够,存在筛选植物种

类少, 抑菌谱筛选范围窄等问题, 还需要在深度和广度上加大筛选范围, 为寻找新型先导化合物奠定基础^[24]. 基于此, 本研究将选择 10 种我国传统药用植物, 以 9 种植物病原真菌为供试菌, 进行体外抑菌活性筛选, 旨在发现具有较高抑菌效果的植物材料, 为寻找天然产物活性物质提供依据.

1 材料与方法

1.1 供试植物

供试药用植物共 10 种, 均从四川省成都市中药材批发市场购买, 具体名录见表 1.

表 1 供试植物名录

植物名称	拉丁学名	科	用药部位
鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	菊科	全草
葛根	<i>Pueraria lobata</i>	豆科	根
知母	<i>Anemarrhena asphodeloides</i>	百合科	根茎
肉桂	<i>Cinnamomum cassia</i>	樟科	树皮
苦参	<i>Sophora flavescens</i>	豆科	根
鹤虱	<i>Carpesium abrotanoides</i>	菊科	果实
川芎	<i>Ligusticum chuanxiiong</i>	伞形科	根茎
透骨草	<i>Phryma leptostachya</i>	透骨草科	全草
姜黄	<i>Curcuma longa</i>	姜科	根茎
黄柏	<i>Phellodendron Chinense</i>	芸香科	树皮

1.2 供试植物病原菌

供试植物病原真菌共 9 种, 具体名录见表 2.

表 2 植物病原真菌名录

真菌名称	拉丁学名	属
苹果轮纹菌	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	葡萄座腔菌属
水稻纹枯菌	<i>Rhizoctonia solani</i>	丝核菌属
小麦赤霉菌	<i>Fusarium graminearum</i>	镰孢菌属
西瓜枯萎菌	<i>Fusarium oxysporum</i>	镰孢菌属
马铃薯晚疫病	<i>Phytophthora infestans</i>	疫霉属
烟草赤星菌	<i>Alternaria alternata</i>	链格孢属
猕猴桃褐斑菌	<i>Corynespora cassiicola</i>	棒孢属
番茄灰霉菌	<i>Botrytis cinerea</i>	葡萄孢属
苹果斑点落叶菌	<i>Alternaria alternata</i> f. sp. Mali	链格孢属

1.3 试验方法

1.3.1 植物材料的处理

10 种药用植物自然阴干后, 用植物粉碎机进行粉碎处理, 并过 40 目筛去除杂质, 然后放于密封袋中在阴凉处保存备用.

1.3.2 植物乙醇粗提物的制备

乙醇粗提物的制备采用冷浸法^[25-26]. 称取 200 g 制备好的植物粉末放入广口瓶中, 加入 2 000 mL 的 95% 乙醇[溶剂: 干粉 = 10: 1(v/m)]. 在室温条件下浸泡 48 h, 每天手动搅拌

3次,然后用布氏漏斗过滤,重复浸提3次,并合并3次滤液.把滤液用旋转蒸发仪在45℃进行浓缩,对所得浸膏进行称质量,计算提取率.所得浸膏放在4℃冰箱中保存待用.

1.3.3 植物乙醇粗提物体外抑菌活性初筛

10种植物乙醇粗提物的体外抑菌活性检测采用菌丝生长速率法^[27].首先将所得的10种浸膏用二甲亚砜(DMSO)溶解配制成250 μg/mL母液,然后每种取0.2 mL母液,加入49.8 mL马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基中配成终浓度为1 000 μg/mL的带药培养基,以不加乙醇粗提物的PDA培养基作为对照,混合均匀后倒入3个灭菌的培养皿中(培养皿直径为9 cm).取新活化的0.7 cm菌饼接种在培养皿中,28℃倒置培养,至菌丝生长至培养皿2/3大小时采用十字交叉法测量菌丝直径,每个处理重复3次.菌丝生长抑制率的计算按照以下公式进行计算:

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - 0.7} \times 100\%$$

1.4 数据处理与统计分析

数据统计采用Excel进行计算平均值和标准差,采用DPS 7.05 Duncan氏新复极差法进行显著性($p < 0.05$)检验.

2 结果与分析

2.1 植物乙醇粗提物的提取率

10种植物经乙醇浸提48 h后,乙醇粗提物的提取率见表3.如表3所示,知母的乙醇粗提物浸膏质量为88.86 g,提取率为44.43%,提取率最高,其次为苦参、肉桂和鹤虱,提取率分别为24.50%,22.50%和22.33%;而鬼针草的乙醇粗提物浸膏质量为14.49 g,提取率为7.25%,提取率最小,其次为葛根,提取率为10.92%.

表3 10种植物乙醇粗提物的提取率

植物名称	干粉质量/g	浸膏质量/g	提取率/%
鬼针草	200	14.49	7.25
葛根	200	21.84	10.92
知母	200	88.86	44.43
肉桂	200	44.99	22.50
苦参	200	49.00	24.50
鹤虱	200	44.65	22.33
川芎	200	37.75	18.88
透骨草	200	27.20	13.60
姜黄	200	27.68	13.84
黄柏	200	28.36	14.18

2.2 乙醇粗提物的体外抑菌效果

10种植物乙醇粗提物在1 000 μg/mL浓度下对9种植物病原真菌的抑真菌活性见表4.

由试验结果可知,对番茄灰霉菌抑制效果较好的植物有黄柏和川芎,抑制率分别为(41.11±2.34)%和(45.21±1.65)%,其他植物材料的抑制率均小于30%.对马铃薯晚疫菌抑制效果超过50%的有姜黄、川芎、苦参和鹤虱,抑制率分别为(64.86±1.28)%,(60.54±13.75)%,(54.05±0.91)%和(65.36±0.27)%.对苹果斑点落叶菌抑制效果高于50%的只有姜黄,抑制率为(50.95±3.92)%.对烟草赤星菌抑菌效果超过50%的有姜黄和川芎,抑制率分别

为 $(59.24 \pm 2.39)\%$ 和 $(58.98 \pm 0.69)\%$. 对猕猴桃褐斑菌抑制效果超过 50% 的只有姜黄, 抑制率为 $(52.12 \pm 1.32)\%$. 对西瓜枯萎菌抑制效果高于 50% 的有姜黄、黄柏、苦参和川芎(图 1), 抑菌率分别为 $(70.65 \pm 2.33)\%$, $(68.23 \pm 3.89)\%$, $(56.87 \pm 2.20)\%$ 和 $(50.23 \pm 3.26)\%$. 对小麦赤霉菌抑制效果超过 50% 的有苦参和川芎, 抑制率分别为 $(53.91 \pm 2.77)\%$, $(55.20 \pm 5.69)\%$. 对水稻纹枯菌抑制效果超过 50% 的有姜黄、苦参、川芎、鹤虱和肉桂, 抑制率分别为 $(81.07 \pm 2.37)\%$, $(69.21 \pm 3.20)\%$, $(80.82 \pm 0.56)\%$, $(54.38 \pm 0.38)\%$, $(53.87 \pm 2.69)\%$. 对苹果轮纹菌抑制效果超过 50% 的有姜黄、苦参、川芎(图 1), 抑制率分别为 $(80.76 \pm 1.20)\%$, $(50.88 \pm 1.01)\%$, $(67.25 \pm 1.59)\%$.

由此可知, 姜黄对 7 种真菌的抑制率超过 50%; 川芎对 6 种真菌的抑制率超过 50%; 苦参对 5 种真菌的抑制率超过 50%; 葛根、知母、鬼针草和透骨草对 9 种真菌的抑制效果较差, 尤其是透骨草, 对猕猴桃褐斑菌、西瓜枯萎菌、小麦赤霉菌、水稻纹枯菌和苹果轮纹菌均无抑制效果.

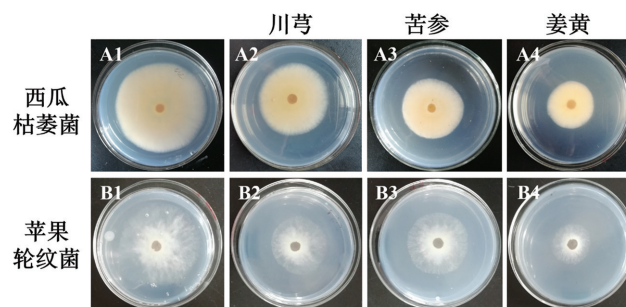


图 1 川芎、苦参、姜黄提取物对西瓜枯萎菌和苹果轮纹菌的抑菌活性

表 4 10 种植物乙醇粗提取物对 9 种真菌的抑制率

植物名称	番茄灰霉菌	马铃薯晚疫病	苹果斑点落叶菌	猕猴桃褐斑菌	烟草赤星菌	西瓜枯萎菌	小麦赤霉菌	水稻纹枯菌	苹果轮纹菌
姜黄	$25.54 \pm 3.99c$	$64.86 \pm 1.28a$	$50.95 \pm 3.92a$	$52.12 \pm 1.32a$	$59.24 \pm 2.39a$	$70.65 \pm 2.33a$	$49.72 \pm 3.57a$	$81.07 \pm 2.37a$	$80.76 \pm 1.20a$
黄柏	$41.11 \pm 2.34b$	$47.15 \pm 2.48d$	$21.84 \pm 4.19c$	$27.22 \pm 2.74c$	$31.02 \pm 2.34d$	$68.23 \pm 3.89ab$	$35.67 \pm 4.54b$	$44.58 \pm 3.34d$	$18.95 \pm 3.04e$
葛根	$2.82 \pm 0.97e$	$4.87 \pm 0.71g$	$2.36 \pm 1.32e$	$0 \pm 0f$	$6.59 \pm 2.36f$	$0 \pm 0h$	$6.96 \pm 0.40d$	$0 \pm 0f$	$3.99 \pm 1.77g$
苦参	$27.18 \pm 0.64c$	$54.05 \pm 0.91c$	$40.22 \pm 3.48b$	$16.60 \pm 0.65e$	$45.10 \pm 1.49b$	$56.87 \pm 2.20c$	$53.91 \pm 2.77a$	$69.21 \pm 3.20b$	$50.88 \pm 1.01c$
川芎	$45.21 \pm 1.65a$	$60.54 \pm 13.75b$	$41.51 \pm 3.38b$	$38.30 \pm 0.70b$	$58.98 \pm 0.69a$	$50.23 \pm 3.26d$	$55.20 \pm 5.69a$	$80.82 \pm 0.56a$	$67.25 \pm 1.59b$
鹤虱	$11.79 \pm 2.44d$	$65.36 \pm 0.27a$	$16.23 \pm 3.87d$	$39.16 \pm 3.93b$	$38.68 \pm 2.82c$	$38.13 \pm 1.98e$	$10.51 \pm 3.36cd$	$54.38 \pm 0.38c$	$10.48 \pm 1.84f$
肉桂	$29.06 \pm 2.13c$	$45.45 \pm 0.60d$	$1.59 \pm 0.74e$	$22.33 \pm 1.77d$	$28.70 \pm 4.26d$	$25.18 \pm 1.13f$	$16.34 \pm 4.59c$	$53.87 \pm 2.69c$	$45.92 \pm 3.38d$
知母	$3.05 \pm 1.67e$	$14.82 \pm 3.76ef$	$6.05 \pm 0.82e$	$36.81 \pm 0.79b$	$6.89 \pm 2.81f$	$16.54 \pm 3.92g$	$0 \pm 0e$	$3.47 \pm 0.79f$	$0 \pm 0h$
鬼针草	$10.40 \pm 0.97d$	$15.71 \pm 2.13e$	$0 \pm 0e$	$0 \pm 0f$	$22.63 \pm 4.11e$	$2.39 \pm 2.10h$	$10.91 \pm 4.33cd$	$19.71 \pm 3.26e$	$0 \pm 0h$
透骨草	$6.11 \pm 2.74e$	$12.02 \pm 1.67f$	$5.26 \pm 3.17e$	$0 \pm 0f$	$4.11 \pm 1.83f$	$0 \pm 0h$	$0 \pm 0e$	$0 \pm 0f$	$0 \pm 0h$

注: 小写字母不同表示组间比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

3 结论与讨论

植物源杀菌剂具有低毒、低残留、易降解及使病原菌难以产生抗药性等优点, 与当前的生态、绿色、环保等发展理念相一致, 是未来新农药开发的重要方向. 因此, 从植物中筛选抑菌物质是发现先导化合物或天然抑菌物质的重要基础工作, 对新农药的创制意义重大. 本研究筛选了 10 种药用植物乙醇粗提取物对 9 种常见的植物病原真菌的抑菌活性, 结果表明在 $1\ 000\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下, 姜黄、川芎、苦参具有较广的抑菌范围, 抑菌效果较好. Khattak 等^[28] 研究显示, 本土药用植物姜黄乙醇提取物对长毛癣菌具有良好的抗真菌活性, 抑制率为 65%. Cho 等^[29] 评估了姜黄根茎甲醇提取物在 $3\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下对 6 种植物病原真菌的抑制作用, 研究发现姜黄根茎甲醇

提取物对稻瘟菌和番茄晚疫菌的抑制率均超过了80%,对小麦叶锈菌的抑制率超过60%,而对水稻纹枯菌、番茄灰霉菌和大麦白粉菌均无抑制效果.本研究在1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下发现姜黄对马铃薯晚疫菌的抑制率超过60%,与Cho等^[29]的研究结论一致,而对番茄灰霉菌和水稻纹枯菌的抑制率分别为25.54%和81.07%,抑菌效果与Cho^[29]的研究结果不同.这种差异可能是不同地域的姜黄品种不同导致所含主要抑菌成分不同^[30-31]或者不同地域菌种对药物的敏感基线不同^[32-33],也可能是浸提的有机溶剂不同导致提取的有效抑菌成分不同^[34-35].也有研究表明苦参根甲醇提取物对灰霉菌的MIC为1.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ^[36];苦参水提取液在10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下对小麦条锈菌孢子萌发的抑制率为84%^[37],而苦参根丙酮提取物在100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下对水稻恶苗病菌等6种植物病原真菌的抑制率均高于50%,说明苦参对植物病原菌具有较好的抑菌效果.程小梅等^[38]研究表明,8.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 川芎乙醇提取液对猕猴桃青霉菌的抑制率为92.79%;胡军华等^[39]评价了川芎乙醇提取液对柑桔上3种病原菌的抑制能力,研究显示10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 川芎乙醇提取液对柑橘青霉菌、绿霉菌、酸腐菌的抑制率分别为100%,54.89%和77.08%,表明川芎对某些植物病原菌也具有较好的抑菌活性.本研究表明姜黄、川芎、苦参等在1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下对供试的9种真菌中有超过5种真菌的抑制率高于50%,同样显示出较高的抑菌活性,说明这几种植物可能存在某种活性成分,抑菌谱较广,值得进一步研究.

本研究虽筛选出了部分具有较高抑菌活性的植物,但因为只选取了9种常见的真菌进行了筛选,可能存在抑菌活性漏筛的现象.这是由于不同地域采集的病原菌对药物的敏感基线不同,所以可能导致某些植物抑菌的漏筛.另外一个重要原因是本研究只选取了药用植物的具有药用价值的特定部位,而不是全株,也有可能導致其他部位活性成分的遗漏;而且本研究只选择了乙醇粗提物的抑菌活性检测,可能导致非极性较强和极性较强的活性物质没有浸提出来.虽然以上问题在初步的筛选中难以避免,但在今后的研究中应当引起重视.

参考文献:

- [1] MAAYER P. Genome Comparisons to Identify Selected Pathogenicity Factors of a Plant-Associated *Pantoea* Strain[Z]. University of Pretoria, 2011.
- [2] CHAKRABORTY S, NEWTON A C. Climate Change, Plant Diseases and Food Security: an Overview[J]. *Plant Pathology*, 2011, 60(1): 2-14.
- [3] GEVAO B, SEMPLE K T, JONES K C. Bound Pesticide Residues in Soils: a Review[J]. *Environmental Pollution*, 2000, 108(1): 3-14.
- [4] SILVA V, MOL H G J, ZOMER P, et al. Pesticide Residues in European Agricultural Soils-a Hidden Reality Unfolded[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 653: 1532-1545.
- [5] TANG W X, WANG D, WANG J Q, et al. Pyrethroid Pesticide Residues in the Global Environment: an Overview[J]. *Chemosphere*, 2018, 191: 990-1007.
- [6] PANDEY N, ADHIKHARI M, BHANTANA B. *Trichoderma* and Its Prospects in Agriculture of Nepal: an Overview[J]. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 2019, 7(3): 309-316.
- [7] MAJEED A. Application of Agrochemicals in Agriculture: Benefits, Risks and Responsibility of Stakeholders [J]. *Journal of food science and toxicology*, 2018.
- [8] LONE M Y, BABA B A, RAJ P, et al. Haematological and Hepatopathological Changes Induced by Dime-thoate in *Rattus Rattus*[J]. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 2013.
- [9] XIA Y Y, HUANG G, ZHU Y X. Sustainable Plant Disease Control: Biotic Information Flow and Behavior Manipulation[J]. *Science China Life Sciences*, 2019, 62(12): 1710-1713.
- [10] RANGASAMY K, ATHIAPPAN M, DEVARAJAN N, et al. Emergence of Multi Drug Resistance among Soil Bacteria Exposing to Insecticides[J]. *Microbial Pathogenesis*, 2017, 105: 153-165.
- [11] GRESSEL J. Microbiome Facilitated Pest Resistance: Potential Problems and Uses[J]. *Pest Management Science*, 2018, 74(3): 511-515.
- [12] MWATAWALA M, YEYEEYE G E. Education, Training and Awareness of Laws as Determinants of Compliance with Plant Protection Law: The Case of Pest Iicide Use Practices in Tanzania[J]. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 2016, 16(1): 10686-10700.
- [13] DIARRA A, HAGGBLADE S. Regulatory Challenges in West Africa: Instituting Regional Pesticide Regula-

- tions during a Period of Rapid Market Growth[Z]. 2017.
- [14] YANGA N, WOFFORD P, DEMARS C, et al. Pesticide Use Reporting Data in Pesticide Regulation and Policy: The California Experience[M]//ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society, 2018: 97-114.
- [15] SAJEENA A, JOHN J, SUDHA B, et al. Significance of Botanicals for the Management of Plant Diseases Plant Health Under Biotic Stress, 2019: 231-243.
- [16] CHOUDHURY D, DOBHAI P, SRIVASTAVA S, et al. Role of Botanical Plant Extracts to Control Plant Pathogens[J]. Indian Journal of Agricultural Research, 2018, 52(4): 341-346. .
- [17] YOON M Y, CHA B, KIM J C. Recent Trends in Studies on Botanical Fungicides in Agriculture[J]. The Plant Pathology Journal, 2013, 29(1): 1-9.
- [18] SHUPING D S S, ELOFF J N. The Use of Plants to Protect Plants and Food Against Fungal Pathogens: a Review[J]. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines: AJTCAM, 2017, 14(4): 120-127.
- [19] MAHLO S M, CHAUKE H R, MCGAW L, et al. Antioxidant and Antifungal Activity of Selected Medicinal Plant Extracts Against Phytopathogenic Fungi[J]. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines: AJTCAM, 2016, 13(4): 216-222.
- [20] SALHI N, MOHAMMED SAGHIR S A, TERZI V, et al. Antifungal Activity of Aqueous Extracts of Some Dominant Algerian Medicinal Plants[J]. BioMed Research International, 2017, 2017: 7526291.
- [21] MAFAKHERI H, MIRGHANFARI S M. Antifungal Activity of the Essential Oils of some Medicinal Plants Against Human and Plant Fungal Pathogens[J]. Cellular and Molecular Biology (Noisy-Le-Grand, France), 2018, 64(15): 13-19.
- [22] MONGALO N I, DIKHOBIA P M, SOYINGBE S O, et al. Antifungal, Anti-Oxidant Activity and Cytotoxicity of South African Medicinal Plants Against Mycotoxigenic Fungi[J]. Heliyon, 2018, 4(11): e00973.
- [23] 姚翰文, 葛康康, 潘佳亮, 等. 丁香等 29 种植物提取物抑菌活性的筛选[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(10): 35-39.
- [24] 张兴, 马志卿, 冯俊涛, 等. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.
- [25] 单体江, 张伟豪, 王松, 等. TLC-生物自显影检测 26 种植物中的抗细菌和抗氧化活性物质[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 66-72.
- [26] LIN H C, KUO Y L, LEE W J, et al. Antidermatophytic Activity of Ethanolic Extract from *Croton Tiglium* [J]. BioMed Research International, 2016, 2016: 3237586.
- [27] TAO N G, JIA L, ZHOU H E. Anti-Fungal Activity of *Citrus Reticulata* Blanco Essential Oil Against *Penicillium Italicum* and *Penicillium Digitatum*[J]. Food Chemistry, 2014, 153: 265-271.
- [28] KHATTAK S, SAEED-UR-REHMAN, ULLAH SHAH H, et al. Biological Effects of Indigenous Medicinal Plants *Curcuma Longa* and *Alpinia Galanga*[J]. Fitoterapia, 2005, 76(2): 254-257.
- [29] CHO J Y, CHOI G J, LEE S W, et al. In Vivo Antifungal Activity Against Various Plant Pathogenic Fungi of Curcuminoids Isolated from the Rhizomes of *Curcuma Longa*[J]. The Plant Pathology Journal, 2006, 22(1): 94-96.
- [30] 金磊, 方凌, 汪颖. 铜陵地区不同种类牡丹籽提取物抑菌性比较[J]. 食品工程, 2019(1): 36-38.
- [31] 姜文洁. 不同栽培蓝莓品种抗氧化与抑菌功能的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [32] 张传清, 章祖平, 孙品雷, 等. 山核桃干腐病菌对 7 种杀菌剂的敏感性比较及其对苯醚甲环唑敏感基线的建立[J]. 农药学学报, 2011, 13(1): 84-86.
- [33] 龚双军, 杨立军, 向礼波, 等. 小麦白粉病菌对啮氧灵和苯菌酮的敏感基线及药剂的生物活性[J]. 农药学学报, 2013, 15(5): 511-515.
- [34] 刘琼, 张新龙, 黄琦, 等. 茼蒿粗提物对西瓜枯萎病菌的抑菌活性[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(5): 832-835.
- [35] 姜少娟, 陈豪, 李飞. 紫茎泽兰不同溶剂提取物的抑菌活性[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 124-126.
- [36] PARK S, RHU Y H, BAE S G, et al. Screening of Antifungal Activities of Plant Extracts Against *Phytopathogenic* fungi[J]. Korean Journal of Plant Resources, 2017, 30(4): 343-351.
- [37] 胡定慧, 徐兴全, 王小松, 等. 苦参提取液对小麦条锈病菌的抑制作用[J]. 江苏农业科学, 2008, 36(6): 120-122.
- [38] 程小梅, 彭亚军, 杨玉, 等. 猕猴桃青霉病原菌鉴定及中草药提取物对其抑菌效果[J]. 植物保护, 2018, 44(3): 186-189, 202.
- [39] 胡军华, 马丽娜, 贺磊, 等. 47 种植物提取物对 3 种柑桔常见贮藏病害病原菌活性抑制作用研究[J]. 中国南方果树, 2010, 39(3): 1-4, 8.