25 种中草药提取物对棉花黄萎病菌的抑制作用

金利容*， 尹海辰， 万 鹏， 黄 薇， 许 冬， 杨妮娜

（农业部华中作物有害生物综合治理重点实验室，农作物重大病虫草害防控湖北省重点实验室，湖北省农业科学院植保土肥研究所，武汉 430064）

摘要 以棉花黄萎病菌 *Verticillium dahliae* 为供试菌种，采用菌丝生长速率法测定了 25 种中草药乙醇提取物的抑菌作用。结果表明，25 种中草药乙醇提取物中，花椒、黄柏和木香的抑菌作用最好，抑制率分别为 59.30%、48.29%和 45.54%。同时，这 3 种中草药的乙醇提取物抑菌活性均显著高于石油醚提取物的抑菌活性。在室内毒力测定中，花椒、黄柏和木香的乙醇提取物对供试菌株的 EC_{50} 分别为 3.74，13.98 和 17.02 mg/mL。

关键词 中草药提取物； 棉花； 棉花黄萎病菌； 抑制作用

中图分类号： S 435.621.2 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2018153

Antifungal activity of 25 kinds of Chinese herbal extract against *Verticillium dahliae*

JIN Lirong， YIN Haichen， WAN Peng， HUANG Wei， XU Dong， YANG Nina

（*Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Central China*, *Ministry of Agriculture*, *Hubei Key Laboratory of Crop Diseases*, *Insect Pests and Weeds Control*, *Institute of Plant Protection*, *Soil and Fertilizer*, *Hubei Academy of Agricultural Sciences*, *Wuhan* 430064, *China*）

Abstract Antifungal activity of 25 kinds of Chinese herbal extract against *Verticillium dahliae* was tested using the method of the mycelial growth rate. The results showed that alcohol extracts from *Zanthoxylum bungeanum* Maxim, *Phellodendron amurense* and Radix Aucklandiae showed strong inhibitory activities to the pathogenic fungi, with the inhibition rates of 59.30%, 48.29% and 45.54%, respectively. Antifungal activities of the alcohol extracts from the three plants were significantly higher than that of the petroleum ether extracts. Indoor toxicity test demonstrated that the EC_{50} values of the alcohol extract of the 3 plants were 3.74 mg/mL, 13.98 mg/mL 和 17.02 mg/mL, respectively.

Key words herbal extract； cotton； *Verticillium dahliae*； antifungal activity

棉花是重要的经济作物，棉花黄萎病是棉花上的主要病害，严重影响棉花的品质和产量。棉花黄萎病是一种土传病害，其病原菌具有广泛的寄主，可产生具有强抗逆性的微菌核休眠结构，能够定殖在植物的根部和维管束内，这些特点导致传统的杀菌剂对其并不能产生好的防治效果[1]。抗病品种的选育是防治棉花黄萎病的重要方法，但是，品种抗性的不稳定是抗病育种的一大阻力。因此，黄萎病的防治一直是作物病害防治和农业生产中的一大难题。

利用植物产生的活性物质防治病害是植物病害防治的一个重要方面。植物是天然活性化合物的重要来源，具有非常丰富的次生代谢物质。目前科研工作者已经从植物中提取到多类抗真菌的活性物质[2-6]。与微生物杀菌剂相比，植物杀菌剂具有稳定，不太容易受到环境要素影响[7-8]，对人畜安全，低毒低污染等优势。在我国，中草药在医学领域的应用有悠久的历史。中草药资源丰富，种类达 1 万多种，是植物源杀菌剂的重要来源。

采用中草药提取物抑制各种常见植物病害的研究已有一些文献报道，比如玉米大斑病、番茄枯萎病、辣椒根腐病、黄瓜白粉病等[9-12]，但未见中草药提取物抑制棉花黄萎病菌的研究报道。笔者采用菌丝生长速率法测定了 25 种中草药的乙醇提取物对棉花黄萎病菌的抑菌作用，在此基础上选取抑菌活性最好的 3 种中草药的乙醇提取物进行了毒力测定，并比较了这 3 种中草药的乙醇提取物和石油醚提取物的抑菌活性。

收稿日期： 2018-04-08 **修订日期**： 2018-07-24

基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0201907)；湖北省农业科学院青年科学基金(2016NKYJJ13)

* 通信作者 E-mail：jinlirong_1999@163.com

1　材料和方法

1.1　材料

1.1.1　供试菌种

棉花黄萎病菌 V991b 为一株典型的大丽轮枝菌 *Verticillium dahliae* 菌株,由本实验室－80℃保存。

1.1.2　供试中草药

25 种供试中草药原料从湖北省武汉市中药材市场采购,具体信息见表 1。

表 1　中草药名称及提取部位

Table 1　Names and extracted parts of Chinese herbal medicine

编号	中草药名称 Chinese herbal medicine	科 Family	提取部位 Extracted part
1	青蒿 *Artemisia carvifolia*	菊科 Asteraceae	全株
2	大黄 Radix et Rhizoma Rhei	蓼科 Polygonaceae	根茎
3	泽漆 Herba Euphorbiae Helioscopiae	大戟科 Euphorbiaceae	全草
4	百部 *Stemona japonica*	百部科 Stemonaceae	块根
5	川楝子 Fructus Toosendan	楝科 Meliaceae	果实
6	紫花地丁 *Viola philippica*	堇菜科 Violaceae	全草
7	石榴皮 Cortex Granati	石榴科 Punicaceae	果皮
8	木香 Radix Aucklandiae	菊科 Asteraceae	根
9	花椒 *Zanthoxylum bungeanum*	芸香科 Rutaceae	果皮
10	乌梅 Fructus Mume	蔷薇科 Rosaceae	果实
11	萹蓄 *Polygonum aviculare*	蓼科 Polygonaceae	全株
12	金银花 *Lonicera japonica*	忍冬科 Caprifoliaceae	全株
13	黄柏 *Phellodendron amurense*	芸香科 Rutaceae	树皮
14	龙胆 *Gentiana scabra*	龙胆科 Gentianaceae	根茎
15	使君子 Fructus Quisqualis	使君子科 Combretaceae	果实
16	麻黄 Herba Ephedrae	麻黄科 Ephedraceae	根茎
17	贯众 Rhizoma Cyrtomii Fortunei	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	根茎
18	香加皮 Cortex Periplocae	萝藦科 Asclepiadaceae	根皮
19	蛇床子 *Cnidium monnieri*	伞形科 Umbelliferae	果实
20	槟榔 Semen Arecae	棕榈科 Palmae	果实
21	苦杏仁 Semen Armeniacae Amarum	蔷薇科 Rosaceae	果实
22	苦参 Radix Sophorae Flavescentis	豆科 Leguminosae	根
23	牵牛子 Semen Pharbitidis	旋花科 Convolvulaceae	果实
24	韭菜子 Semen Allii Tuberosi	葱科 Alliaceae	果实
25	苦楝皮 Cortex Meliae	楝科 Meliaceae	树皮

1.2　方法

1.2.1　供试中草药粗提取物的制备

粗提物的提取采用有机溶剂(乙醇和石油醚)提取法[13]。将风干的中药用粉碎机磨制成干粉,称取 100 g 粉末分别置于 250 mL 无水乙醇(或石油醚)中室温浸泡 15 d 后用布氏漏斗过滤。用旋转蒸发仪 45℃左右水浴蒸干溶剂,获得粗提物,并保存于 4℃冰箱中备用。

1.2.2　供试中草药乙醇提取物的抑菌作用

采用生长速率法测定中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌生长的抑制作用。将供试中草药提取物称重,先用 200 μL 无水乙醇将其完全溶解,再加入无菌水使溶液的终浓度为 10 mg/mL,与冷却至 50℃左右的 PDA 培养基以体积比 1∶9的比例混匀后倒入培养皿中直至凝固,每处理 3 次重复,以无菌水和 PDA 培养基按同样比例混匀作为对照。活化菌株 V991b,用 6 mm 的打孔器沿着菌种同一个圆周打孔,用接种针小心将供试菌种接到含药培养基的正中央,菌丝面朝下,每皿一块。于 25℃ 恒温培养箱中培养 7 d。用十字交叉法测量菌落直径,取平均值,计算抑菌率。

抑菌率=(对照菌落直径－处理菌落直径)/对照菌落直径×100%。

1.2.3　供试中草药乙醇提取物的室内毒力测定

根据“1.2.2”的结果,选择抑菌率在 45% 以上的中草药,设置 2.5、5、10、20 和 40 mg/mL 5 个浓度梯度,按照“1.2.2”的试验方法,测定不同浓度的中草药乙醇提取物的抑菌作用,计算抑菌率。

1.2.4 供试中草药乙醇提取物和石油醚提取物的抑制作用比较

按照“1.2.2”中所述的试验方法，统一将提取物配制成10 mg/mL，分别测定抑菌效果好的3种供试中草药的乙醇提取物和石油醚提取物的抑菌率，比较两者的抑制活性。

1.2.5 数据处理及分析

采用Excel软件和SPSS软件处理相关数据，将各中草药乙醇提取物的抑菌率转换成几率值(y)，药剂浓度转换成对数值(x)，采用回归法求得不同提取物对供试菌株的毒力回归方程 $y=ax+b$，并计算毒力回归方程相关系数 r 和抑制中浓度 EC_{50}。

2 结果与分析

2.1 供试中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌的抑制作用

各中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌的抑制作用结果见表2。由表2可知，25种中草药乙醇提取物(测试浓度为10 mg/mL)对棉花黄萎病菌均有不同程度的抑制作用。抑制作用最好的是花椒乙醇提取物，抑菌率为59.30%；抑菌率在45%以上的还有黄柏和木香的乙醇提取物。抑菌率在30%～45%的有蛇床子和苦参。选择花椒、黄柏和木香进行后续试验。

表2 中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌V991b的抑制作用[1)]

Table 2 Inhibition of the herbal alcohol extracts against *Verticillium dahliae* isolate V991b

中草药名称 Chinese herbal medicine	菌落直径/cm Colony diameter	抑菌率/% Inhibition ratio	中草药名称 The name of Chinese herbal medicine	菌落直径/cm Colony diameter	抑菌率/% Inhibition ratio
花椒 *Zanthoxylum bungeanum*	(1.23±0.11)l	59.30	川楝子 Fructus Toosendan	(2.67±0.08)cdef	11.99
黄柏 *Phellodendron amurense*	(1.57±0.02)k	48.29	龙胆 *Gentiana scabra*	(2.67±0.06)cdef	11.99
木香 Radix Aucklandiae	(1.65±0.03)jk	45.54	香加皮 Cortex Periplocae	(2.73±0.09)bcde	9.79
蛇床子 *Cnidium monnieri*	(1.80±0.03)j	40.59	泽漆 Herba Euphorbiae Helioscopiae	(2.77±0.02)bcd	8.69
苦参 Radix Sophorae Flavescentis	(2.10±0.07)i	30.69	使君子 Fructus Quisqualis	(2.78±0.08)bc	8.14
乌梅 Fructus Mume	(2.17±0.06)i	28.49	牵牛子 Semen Pharbitidis	(2.82±0.09)bc	7.04
贯众 Rhizoma Cyrtomii Fortunei	(2.17±0.21)i	28.49	苦杏仁 Semen Armeniacae Amarum	(2.83±0.09)abc	6.49
麻黄 Herba Ephedrae	(2.18±0.12)i	27.94	百部 *Stemona japonica*	(2.85±0.07)abc	5.94
苦楝皮 Cortex Meliae	(2.18±0.02)i	27.94	萹蓄 *Polygonum aviculare*	(2.85±0.10)abc	5.94
大黄 Radix et Rhizoma Rhei	(2.43±0.08)h	19.69	金银花 *Lonicera japonica*	(2.85±0.03)abc	5.94
槟榔 Semen Arecae	(2.50±0.17)fg	17.49	紫花地丁 *Viola philippica*	(2.87±0.06)abc	5.39
青蒿 *Artemisia carvifolia*	(2.55±0.02)efg	16.39	韭菜子 Semen Allii Tuberosi	(2.90±0.03)ab	4.29
石榴皮 Cortex Granati	(2.57±0.06)defg	15.29	对照 Control	(3.03±0.02)a	—

1) 表中数据为平均值±标准差。同列不同字母表示处理间在0.05水平上差异显著。
Data in the table are mean value±standard deviation. The different letters in the same column indicate significant differences at the 0.05 levels.

2.2 供试中草药乙醇提取物的室内毒力测定

花椒、黄柏和木香的乙醇提取物对棉花黄萎病菌的抑制活性最好，抑制率均在45%以上。对这3种中药的乙醇提取物进行了室内毒力测定，结果表明，当这3种中草药的乙醇提取物的浓度在2.5～40 mg/mL范围内时，随着提取物浓度的增加，3种中草药的乙醇提取物对黄萎病菌的抑菌能力有所增强(表3)。

表3 3种中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌V991b的室内毒力测定

Table 3 Indoor toxicity measurements of three kinds of herbal alcohol extracts to *Verticillium dahliae* isolate V991b

浓度/mg·mL^{-1} Concentration	花椒 *Zanthoxylum bungeanum*		黄柏 *Phellodendron amurense*		木香 Radix Aucklandiae	
	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition ratio	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition ratio	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition ratio
2.5	(1.83±0.11)a	45.60	(2.87±0.08)a	14.94	(2.50±0.07)a	25.82
5	(1.67±0.09)a	50.54	(2.13±0.14)b	36.70	(2.13±0.09)b	36.70
10	(1.23±0.04)b	63.40	(1.90±0.07)b	43.62	(1.77±0.02)c	47.58
20	(1.27±0.04)b	62.41	(1.25±0.17)c	62.91	(1.60±0.07)d	52.52
40	(1.10±0.03)b	67.36	(1.20±0.03)c	64.39	(1.43±0.04)e	57.47

对表 3 中的数据进行分析表明,提取物的浓度和抑制率之间存在明显的线性关系,花椒、黄柏和木香的乙醇提取物对供试菌株的 EC_{50} 分别为 3.74 mg/mL、13.98 mg/mL 和 17.02 mg/mL。相关系数分别为 0.94、0.96 和 0.98。结果见表 4。

表 4　3 种中草药乙醇提取物对棉花黄萎病菌 V991b 的毒力回归方程

Table 4　Toxic regression equations of three kinds of herbal alcohol extracts to *Verticillium dahliae* isolate V991b

中草药名称 Chinese herbal medicine	毒力回归方程 Toxic regression equation	EC_{50}/mg·mL^{-1}	相关系数(r) Correlation coefficient
花椒 *Zanthoxylum bungeanum*	$y=0.47x+4.73$	3.74	0.94
黄柏 *Phellodendron amurense*	$y=1.16x+3.67$	13.98	0.96
木香 Radix Aucklandiae	$y=0.69x+4.15$	17.02	0.98

2.3　供试中草药乙醇提取物和石油醚提取物的抑制作用比较

测定和比较花椒、黄柏和木香的乙醇提取物和石油醚提取物对黄萎病菌的抑制作用,结果表明,3 种中草药的乙醇提取物的抑菌活性都显著高于石油醚提取物的抑菌活性($P<0.05$)。在这 3 种中草药的乙醇提取物中,花椒的抑菌作用最好。但在石油醚提取物中,木香的抑菌作用最好,结果见表 5。

表 5　3 种中草药的乙醇提取物和石油醚提取物对棉花黄萎病菌 V991b 的抑菌作用[1)]

Table 5　Inhibition of the alcohol extracts and the petroleum ether extracts of the three herbal medicine against *Verticillium dahliae* isolate V991b

中草药名称 Name of Chinese herbal medicine	抑菌率/% Inhibition ratio	
	乙醇提取物 Alcohol extracts	石油醚提取物 Petroleum ether extracts
花椒 *Zanthoxylum bungeanum*	61.35a	17.83b
黄柏 *Phellodendron amurense*	45.96a	3.83b
木香 Radix Aucklandiae	46.56a	29.97b

1) 同行不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。
The different letters in the same row indicate significant differences at 0.05 levels.

3　讨论

引起棉花黄萎病的病原菌为大丽轮枝菌。该研究以大丽轮枝菌 V991b 为供试菌株,选取 25 种中草药提取物对大丽轮枝菌 V991b 进行室内抑菌试验。结果表明,25 种中草药提取物对大丽轮枝菌均有一定的抑制作用,其中花椒、黄柏和木香的乙醇提取物(药剂浓度为 10 mg/mL)的抑菌率均在 45%以上,且抑菌活性随着药剂浓度的升高而增强。花椒的乙醇提取物抑菌效果最好,抑菌率在 50%以上。花椒能够产生挥发性物质,可能在抑制病原菌生长过程中发挥一定的作用。马欣等报道黄柏的乙醇提取物对番茄枯萎病菌和辣椒根腐病菌的抑菌率能够达到 90%和 60%以上。黄柏能够产生黄酮醇甙,对某些人类病原菌如金黄色葡萄球菌等具有抑制作用[14],但该物质在抑制植物病原菌的过程中是否有作用,需要进一步验证。本研究还比较了 3 种中草药的乙醇提取物和石油醚提取物的抑菌活性,结果表明乙醇提取物的抑菌作用要显著高于石油醚提取物的抑菌作用,其原因尚不明确。

很多研究表明一些中草药对植物病原菌有一定的抑菌作用[15-18],抑菌机理主要是中草药的有效成分通过破坏病原菌细胞膜和细胞壁或者干扰病原菌的代谢作用达到抑菌的目的[19]。下一步的研究工作包括:对花椒、黄柏和木香等的有效抑菌活性成分的分离和鉴定;活性成分对大丽轮枝菌抑菌机制研究;田间药效测定等。筛选对植物病原菌有效的中草药药剂并研究其作用机制,将会为植物源农药的研制和开发提供新途径和新思路。

参考文献

[1] FRADIN E F, THOMMA B P H J. Physiology and molecular aspects of Verticillium wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum* [J]. Molecular Plant Pathology, 2006, 7(2): 71-86.

[2] 刘峰,代光辉,周熙荣,等. 合欢叶提取物对油菜菌核病菌的抑制作用及其苗期防治效果[J]. 植物病理学报,2010, 40(5): 511-516.

[3] 于志同,韩立荣,吴华,等. 34 种植物丙酮提取物抑菌活性的初步筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(9): 72-76.

[4] 苟亚峰,刘爱勤,孙世伟,等. 23 种植物提取物对胡椒瘟病病原菌的抑制作用[J]. 植物保护,2010,36(6):128-131.

[5] 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.

[6] 程永芳,宗磊,赵莉,等. 广玉兰叶乙醇提物对植物病原菌抑菌活性研究[J]. 中国农学通报,2010,26(4):267-270.

(下转 246 页)

种植面积的扩大，机械采摘被广泛使用。研究表明雨水飞溅和机械采摘是茶轮斑病传播的两种主要途径，病原菌随着机械采摘伤口快速传播，危害成叶和老叶。随着病害的不断传播和发展，对树势造成了一定影响，从而影响茶叶的产量和品质。使用多菌灵和甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂在机械采摘后立即喷洒能有效防止茶轮斑病的传播和发展，但是杀菌剂的频繁使用也造成了病菌抗药性的产生，并且随机械采摘造成抗性菌株的传播，同时叶片和土壤的农药残留对茶叶的出口也会造成潜在威胁。

诺沃霉素 A 是一种新型的大环内酯类化合物，前期大鼠毒性试验研究表明其毒性为微毒级，并对多种植物病原真菌具有一定的抑菌活性，显示出良好的应用前景。本研究中，诺沃霉素 A 对茶轮斑病 EC_{50} 为2.11 μg/mL，离体叶片条件下 150 μg/mL 防效达到 100%，显示出良好的防控效果。同时其对菌丝造成扭曲、膨大和变形，表明诺沃霉素 A 可能通过影响菌丝形态来抑制病菌生长。本研究选取的茶拟盘多毛孢为多菌灵敏感菌株，诺沃霉素 A 对多菌灵及其他类型杀菌剂如甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的交互抗药性需要进一步研究，为其进一步的田间应用和推广奠定基础。同为大环内酯类化合物的纳他霉素由于不易产生抗药性，无致癌、致畸形、致突变和过敏性等优点，被广泛应用于食品防腐和水果保鲜[10]，诺沃霉素在食品和水果方面的应用也值得进一步的研究。

参考文献

[1] 王效举，陈鸿昭. 茶园—土壤系统的某些生物地球化学特征[J]. 土壤，1993，25(4)：196－200.

[2] 乔春连，布仁巴音. 合成氮肥对中国茶园土壤养分供应和活性氮流失的影响[J]. 土壤学报，2018，55(1)：174－181.

[3] PALLAV R V，NEPOLEAN P，BALAMURUGAN A，et al. *In vitro*，studies of biocontrol agents and fungicides tolerance against grey blight disease in tea [J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine，2012，2(1)：S435－S438.

[4] PALANISAMY S，MANDAL A K. Susceptibility against grey blight disease-causing fungus *Pestalotiopsis* sp. in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) cultivars is influenced by anti-oxidative enzymes [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology，2014，172(1)：216－223.

[5] SANJAY R，PONMURUGAN P，BABY U I. Evaluation of fungicides and biocontrol agents against grey blight disease of tea in the field [J]. Crop Protection，2008，27(3)：689－694.

[6] HORIKAWA T. Effective fungicides and application time for control of tea gray blight caused by *Pestalotia longiseta* Speg. [J]. Chagyo Kenkyu Hokoku，2009，1982(65)：55－60.

[7] ONIKI M，NARISAWA N，ANDO Y. Incidence of strains of the tea gray blight fungi *Pestalotia longiseta* and *P. theae* resistant to benzimidazole fungicides in Japan [J]. Tea Research Report，1986(64)：29－33.

[8] WAN Zhongyi，FANG Wei，SHI Liqiao，et al. Novonestmycins A and B，two new 32-membered bioactive macrolides from Streptomyces phytohabitans HBERC-20821 [J]. Journal of Antibiotics，2015，68(3)：185－190.

[9] 李应详，王勇. 贵州省都匀市茶轮斑病病原鉴定及生物学特征的研究[J]. 中国茶叶加工，2013(3)：37－40.

[10] 闫德博，卢彩鸽，王俊丽，等. 利迪链霉菌 G117 产纳他霉素发酵培养基的优化[J]. 华北农学报，2015，30(S1)：296－302.

（责任编辑：杨明丽）

（上接 237 页）

[7] 严振，莫小路，王玉生. 中草药源农药的研究与应用[J]. 中国中药杂志，2005，30(21)：1714－1717.

[8] 贾福丽，陈义娟，陈佳，等. 20 种植物提取物对植物病原细菌的抑制活性[J]. 农药，2011，50(8)：599－601.

[9] 马欣，乔俊卿. 中草药提取物对蔬菜土传病原真菌的抑制作用[J]. 安徽农业科学，2015，43(6)：113－115.

[10] 于淑玲. 几种中草药提取液防治黄瓜白粉病的研究[J]. 安徽农业科学，2005，33(12)：2298－2299.

[11] 金丽琼，王宁. 中草药提取物对大斑病凸脐蠕孢菌的抑菌特性[J]. 安徽农业科学，2015，43(35)：194－196.

[12] 杨素梅，贾变桃. 6 种中草药提取物对 12 种植物病原真菌的生物活性[J]. 农药科学与管理，2013，34(11)：18－21.

[13] 李秀梅，方继朝. 18 种中草药提取物对褐飞虱和甜菜夜蛾的杀虫活性分析[J]. 昆虫学报，2010，53(3)：298－306.

[14] 郭志坚，郭书好，何康明. 黄柏叶中黄酮醇甙含量测定及其抑菌实验[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版)，2002，23(5)：64－66.

[15] 刘海燕，高微微，樊瑛. 细辛挥发油抗植物病原真菌活性初步研究[J]. 植物病理学报，2007，37(1)：95－98.

[16] 张新强，桑维钧，倪云跃，等. 中草药提取物对辣椒炭疽病菌和番茄灰霉病原菌的抑制效果[J]. 贵州农业科学，2012，40(4)：100－101.

[17] 孙伟，蒋红，张燕宁，等. 55 种中草药提取物对 2 种植物病原菌的生物活性[J]. 植物保护，2011，37(3)：124－127.

[18] 周建云，刁朝强，廖勇，等. 10 种中草药提取物对烤烟白粉病菌的抑制活性[J]. 贵州农业科学，2016，44(11)：65－68.

[19] 李亚娜，陶庆春. 中药抑菌的研究现状及思考[J]. 国际检验医学杂志，2014，35(2)：198－200.

（责任编辑：杨明丽）