

黄连水提液对腐皮镰孢菌抑制效果研究

贾正燕¹, 王昌梅^{1,2}, 张啸³, 赵兴玲^{1,2}, 吴凯^{1,2}, 尹芳^{1,2}, 杨斌¹, 梁承月¹, 张无敌^{1,2*}

(1. 云南师范大学, 云南昆明 650500; 2. 吉林东晟生物质能工程研究院, 吉林通化 134118; 3. 云南康艺三七种植有限公司, 云南昆明 650032)

摘要 [目的]探究黄连水提液对腐皮镰孢菌(*Fusarium solani*)的抑菌效果,为深入研究中药对植物根腐病防治提供科学参考。[方法]将黄连剪成0.5 cm左右的小段,称取10 g黄连,加入150 mL无菌水煮沸,小火熬30 min,提取其有效成分,得黄连水提液。采用二倍稀释法和菌丝生长速率法测定黄连水提液对腐皮镰孢菌的最小抑菌浓度及最适抑菌量。[结果]1 g/mL黄连水提液稀释后对腐皮镰孢菌的抑菌效果较差,4 d平均抑菌率不到20%,最小抑菌浓度为16 mg/mL;1 g/mL的黄连水提液增加用量后对腐皮镰孢菌的抑制效果明显增加,最适用量为0.3 mL,此时最大抑菌率可达76.56%,最大平均抑菌率达57%。[结论]不同浓度及不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌的菌丝生长具有显著影响,最小抑菌浓度为16 mg/mL,最适抑菌量为0.3 mL。

关键词 根腐病;腐皮镰孢菌;黄连水提液;最小抑菌浓度;最适抑菌量

中图分类号 R 285 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)20-0195-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.20.051



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Inhibitory Effect of the Water Extract of *Coptis chinensis* on *Fusarium solani*

JIA Zheng-yan¹, WANG Chang-mei^{1,2}, ZHANG Xiao³ et al (1. Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500; 2. Jilin Dongsheng Biomass Energy Engineering Research Institute, Tonghua, Jilin 134118; 3. Yunnan Kangyi Sanqi Planting Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650032)

Abstract [Objective] To investigate the antibacterial effect of water extract of *C. chinensis* on *F. solani*, and to provide scientific reference for further research on the prevention and treatment of plant root rot. [Method] *C. chinensis* was cut into small pieces about 0.5 cm, weighed 10 g of *C. chinensis*, added 150 mL sterile water to boil for 30 min at low fire, and the effective components were extracted to obtain water extract of *C. chinensis*. The minimum inhibitory concentration and the optimal inhibitory amount of water extract of *C. chinensis* against *F. solani* were determined by double dilution method and mycelial growth rate method. [Result] The antibacterial effect of 1 g/mL water extract of *C. chinensis* on *F. solani* was poor. The average antibacterial rate of 4 d was less than 20%, and the MIC value was 16 mg/mL. When the dosage of water extract of 1 g/mL of *C. chinensis* was increased, the inhibition effect on *F. solani* was significantly increased. The most suitable dosage was 0.3 mL, and the maximum and average inhibition rate reached 76.56% and 57% at this time. [Conclusion] The different concentrations and dosages of water extract of *C. chinensis* have significant effects on the mycelial growth of *F. solani*. The MIC is 16 mg/mL, and the optimal bacteriostatic amount is 0.3 mL.

Key words Root rot; *F. solani*; Water extract of *C. chinensis*; Minimum inhibitory concentration; Optimum inhibitory amount

三七(*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen, *P. notoginseng*), 又名田七、人参三七、田三七、山漆、三七参等,以其根部入药,其性温,味辛,具有显著的活血化痰、消肿定痛功效,有“金不换”“南国神草”之美誉^[1]。三七在云南省文山已400多年的种植历史,其种植面积和单产已达到我国的90%以上^[2],然而,在种植过程中会出现严重的连作障碍问题,导致三七的产量下降和质量下降^[3]。据报道,连作障碍的主要原因为根腐病,引起根腐病的病原体包括圆柱状腐霉、尖孢镰刀菌、链霉菌、腐皮镰孢菌等^[4]。

黄连为毛茛科黄连属植物黄连(*Coptis chinensis* Franc)的干燥根茎^[5]。目前,已从黄连中分离并鉴定出128种化学成分。从黄连中分离的提取物/化合物涵盖了广泛的药理学范围,包括抗菌、抗病毒、抗真菌、抗糖尿病、抗癌和心脏保护作用^[6]。该研究选用黄连为原料,通过水煎提取黄连中的有效成分,采用生长速率法测试了黄连水提液对三七根腐病原菌中腐皮镰孢菌的抑制活性,探讨黄连水提液对农业病原菌

的抑制作用,为基于天然产物的植物源抑菌剂的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试材。马铃薯,市售;琼脂条,购于国药集团化学试剂有限公司;葡萄糖,购于天津市大茂化学试剂厂;95%乙醇。PDA培养基:取240 g马铃薯(去皮,切为1.0 cm左右的正方形小块)加入1 200 mL水煮30 min过滤,滤液中加入29 g葡萄糖混合均匀,定容,分装入6个500 mL锥形瓶中,分别加入2 g琼脂条,121 °C高温灭菌20 min。腐皮镰孢菌(*Fusarium solani*),由云南省农村能源重点实验室分离提供,分离自文山三七根腐病病样。黄连(市售),烘干,剪成0.5 cm左右的小段。

1.1.2 仪器。SQ810C型高压蒸汽灭菌锅,RE-5298A型旋转蒸发仪,AIRTECH型超净工作台,101型鼓风干燥箱,GH-400BC隔水式恒温培养箱,SHZ-D(III)循环水式真空泵、烧杯、无菌打孔器、玻璃棒、纱布、培养皿、镊子、电磁炉、接种环。

1.2 试验方法

1.2.1 菌种的培养。将腐皮镰孢菌接种至提前备好的PDA培养基上,在恒温隔水式培养箱中恒温(T=30 °C)培养,直至菌株长满整个平板。

1.2.2 黄连水提液的制备。黄连剪成0.5 cm左右的小段,称

基金项目 云南省万人计划产业技术领军人才项目(20191096);吉林省科技发展计划项目(20200402099NC,20200403010SF);云南省国际科技合作专项(202003AF140001);昆明市国际科技合作基地、云南省农村能源工程重点实验室基金联合项目。

作者简介 贾正燕(1997—),女,云南永善人,硕士研究生,研究方向:生物质能。*通信作者,研究员,博士生导师,从事生物质能与环境工程教学科研工作。

收稿日期 2021-03-16

取 10 g 黄连,加入 150 mL 无菌水煮沸,小火熬 30 min,待冷却后抽滤。将所得滤液用旋转蒸发仪在 65 °C 下减压浓缩,制成浸膏,无菌蒸馏水定容至 10 mL,制成 1 g/mL 的黄连水提液,放 4 °C 冰箱备用。

1.2.3 最小抑菌浓度(MIC)的测定 MIC 定义为在可见的情况下会明显抑制生物体生长的抗菌物质的最低浓度^[7]。即取 1 g/mL 的黄连水提液,用无菌蒸馏水倍比稀释成 500、250、125、63、31、16、8、4、2 和 1 mg/mL 共 10 个浓度梯度。用移液器分别吸取 0.1 mL 稀释好的黄连水提液于提前备好的 PDA 培养基表面涂布均匀,与腐皮镰孢菌共同培养 4 d。各设 3 个平行,对照用无菌水,空白组直接放菌块。

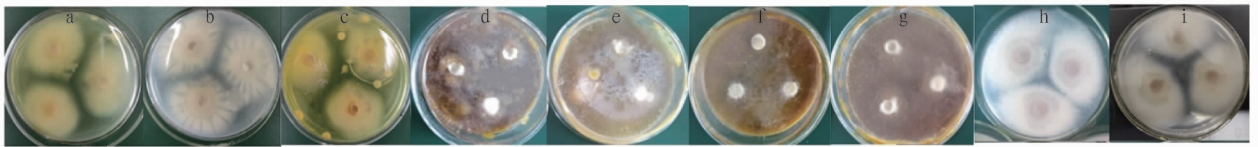
1.2.4 最适抑菌量的测定 最适抑菌量定义为在可见的情况下继续增加用量会使抑菌效果缓慢增加甚至下降的抗菌物质的最低浓度。即取浓度为 1 g/mL 黄连水提液,增加提取液的用量,梯度为 0.1、0.3、0.5、0.7 和 1.0 mL,用移液器吸

取相应水提液于提前备好的 PDA 培养基表面涂布均匀,与腐皮镰孢菌共同培养 4 d。各设 3 个平行,对照用无菌水,空白组直接放菌块。

1.3 数据处理 采用生长速率法计算抑制菌丝生长率。抑菌率=(对照组菌落直径-处理组菌落直径)/对照组菌落直径×100%^[8]。

2 结果与分析

取不同浓度梯度的黄连提取液和不同用量黄连水提液在提前备好的培养皿上涂布均匀,与腐皮镰孢菌放入 30 °C 隔水式恒温培养箱中共同培养,每 24 h 记录 1 次数据。腐皮镰孢菌培养 4 d 后的生长情况(图 1)可以看出,与对照组相比,黄连水提液浓度为 500 mg/mL 对腐皮镰孢菌抑菌效果较好,浓度为 1 mg/mL 时对腐皮镰孢菌几乎无抑菌效果;对照组和空白组腐皮镰孢菌生长情况无明显差异。黄连水提液增加用量后,0.1 mL 抑菌率较差,0.3~1.0 mL 抑菌效果非常好。



注:a.500 mg/mL 黄连水提液;b.1 mg/mL 黄连水提液;c.0.1 mL 黄连水提液;d.0.3 mL 黄连水提液;e.0.5 mL 黄连水提液;f.0.7 mL 黄连水提液;g.1.0 mL 黄连水提液;h.空白;i.对照

Note:a.500 mg/mL *C. chinensis* water extract;b.1 mg/mL *C. chinensis* water extract;c.0.1 mL *C. chinensis* water extract;d.0.3 mL *C. chinensis* water extract;e.0.5 mL *C. chinensis* water extract;f.0.7 mL *C. chinensis* water extract;g.1.0 mL *C. chinensis* water extract;h.Blank;i.Control

图 1 培养 4 d 后腐皮镰孢菌生长情况

Fig.1 Growth of *F. solani* after 4 days of culture

2.1 黄连水提液对腐皮镰孢菌最小抑菌率(MIC)的测定 取稀释后的黄连水提液在提取备好的培养皿上涂布均匀,与腐皮镰孢菌放入 30 °C 隔水式恒温培养箱中培养 4 d,每 24 h 记录 1 次数据。测定结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,培养 4 d 后,黄连水提液浓度为 500、250、125、63 和 31 mg/mL 时对腐皮镰孢菌有一定的抑菌效果,最大抑菌率为 26.56%。随着浓度的降低,抑菌物质浓度随之降低,对腐皮镰孢菌基本不表现抑菌作用,导致抑菌效果下降。

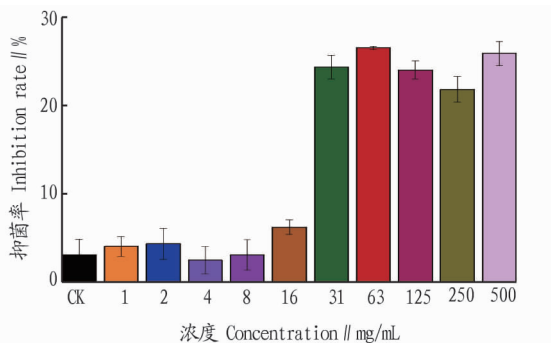


图 2 黄连水提液对腐皮镰孢菌的抑制效果

Fig.2 Inhibitory effect of water extract concentrate of *C. chinensis* on *F. solani*

不同浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的方差分析如表 1 所示,显著性分析如表 2 所示。由表 1 可得,不同浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌的抑菌率有显著影响,说明不同

浓度的黄连水提液会对腐皮镰孢菌的抑制产生重要影响。由表 2 可得,浓度为 500、250、125、63 和 31 mg/mL 之间抑菌效果无显著差异,浓度为 16、8、4、2、1 mg/mL 和对照之间抑菌效果无显著差异,但前者和后者之间存在极显著差异。前 5 个不同浓度梯度的黄连水提液对腐皮镰孢菌有一定的抑菌效果,从 16 mg/mL 开始,各浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌基本没有抑菌效果, MIC 为 16 mg/mL。

2.2 黄连水提液对腐皮镰孢菌最适抑菌量的测定 取浓度为 1 g/mL 的黄连水提液,增加用量,设置梯度为 0.1、0.3、0.5、0.7 和 1.0 mL,观察提取液对腐皮镰孢菌的抑制效果。从图 3 可以看出,培养 4 d 后,随着用量的增加,黄连水提液对腐皮镰孢菌的抑菌率在 0.3 mL 时达到 76.58%,继续增加用量,抑菌率缓慢增加,最大可达 77.69%。当水提液用量为 1.0 mL 时,抑菌率反而减小。由此可得最适抑菌量为 0.3 mL。与对照组相比,各试验组对腐皮镰孢菌的抑制效果显著。

不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的方差分析如表 3 所示,显著性分析如表 4 所示。由表 3 可得,不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌的抑菌率有显著影响,说明不同用量的黄连水提液会对腐皮镰孢菌的抑制产生重要影响。由表 4 可得,用量为 0.3、0.5、0.7、1.0 mL 时抑菌效果无显著差异,但 0.1 mL 与 0.3、0.5、0.7、1.0 mL 间抑菌效果存在极显著差异,且 0.1 mL 与对照组无显著差异。说明黄连提取液用

量为 0.3~1.0 mL 时对腐皮镰孢菌抑菌效果较明显,最适抑 菌量为 0.3 mL。

表 1 不同浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的方差分析

Table 1 Variance analysis of the inhibitory rate of different concentrations of *C.chinensis* water extract on *F.solani*

项目 Item	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F value	显著性 Significance
组间 Between groups	2 685.10	10	268.51	8.44	* *
组内 Within group	1 049.95	33	31.82		
总计 Total	3 735.05	43			

注: * * 表示差异显著($P<0.01$)

Note: * * indicates significant difference($P<0.01$)

表 2 不同浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的显著性分析

Table 2 Significant analysis of the inhibitory rate of different concentrations of *C.chinensis* water extract on *F.solani*

浓度 Concentration // mg/mL	均值 Average value // %	LSD _{0.05}	LSD _{0.01}
500	17.46	a	A
250	13.83	a	A
125	17.89	a	A
63	17.38	a	A
31	13.37	a	A
16	2.58	b	B
8	-1.47	b	B
4	-2.14	b	B
2	0.30	b	B
1	0.74	b	B
对照 Control	2.51	b	B

表 4 不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的显著性分析

Table 4 Significant analysis of the antibacterial rate of different amounts of *C.chinensis* water extract on *F.solani*

用量 Amount // mL	均值 Average value	LSD _{0.05}	LSD _{0.01}
1.0	56.61	a	A
0.7	58.70	a	A
0.5	56.01	a	A
0.3	57.20	a	A
0.1	23.73	b	B
对照 Control	2.83	b	B

丝酵母菌、白色念珠菌等真菌方面有明显的优势^[9]。蒋晶晶等^[10]研究发现黄连水提液对葡萄炭疽病菌、葡萄灰霉病菌、西瓜蔓枯病菌、辣椒疫霉病菌和玉米茎基腐病菌 5 种植物病原真菌均有较好的抑制作用。Ren 等^[11]研究 30 种中草药对食品中真菌的抑制效果,发现黄连的水提取物有很强的抗菌能力。Su 等^[12]研究了 16 种中药对嗜水气单胞菌的体外抗菌作用,结果表明,不同类型的中草药对嗜水气单胞菌有不同的抗菌作用;黄连水提取物具有较强的抑菌活性, MIC 值为 15.63 mg/mL; Qu 等^[13]采用液体稀释法测定半夏泻心汤和 7 种中药对 8 株耐药菌株体外抗菌作用,结果显示, 7 种单味中有 4 种中药具有抑菌作用,该汤对 8 种耐药菌株具有较强的抑菌作用,黄连提取液 MIC 为 0.16 mg/mL。

该试验通过生长速率法,利用水煎提取黄连中的活性成分,所得提取液分别对三七根腐病原菌中腐皮镰孢菌进行抑菌效果研究,结果发现,不同浓度梯度和不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌有不同的抑菌效果,不同浓度黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率均小于 30%,最大抑菌率为 26.56%;培养 4 d 所得平均抑菌率均小于 20%,当水提液浓度小于 16 mg/mL 时,几乎无抑菌效果, MIC 为 16 mg/mL。浓度为 1 g/mL 的黄连水提液增加用量后,当用量为 0.3 mL 时抑菌率达到 76.58%,继续增加用量,抑菌率缓慢增加,最大可达 77.69%;当水提液用量为 1.0 mL 时,抑菌率反而减小;由此可得,水提液最适抑菌量为 0.3 mL。原因可能是提取液用量越多,液体在培养皿表面停留时间越长,孢子在表面扩散生长,使得抑菌效果减弱^[14]。

黄连的使用具有上千年的历史,现代研究表明其对多种微生物的生长有抗菌作用,但微生物不同,其抗菌成分有差异^[9];而且用不同的方法提取黄连有效成分,所得有效成分不同,其抑菌作用也有差异。该试验通过水煎提取黄连中的

(下转第 209 页)

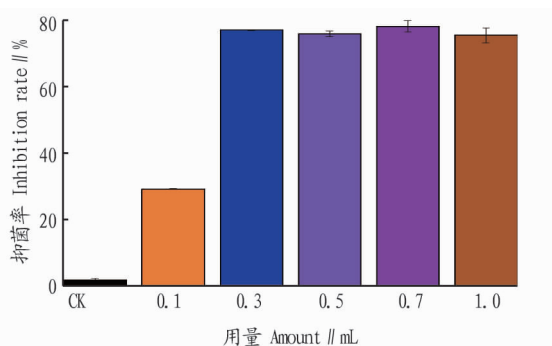


图 3 不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌效果

Fig.3 Antibacterial effect of different amounts of *C. chinensis* water extract on *F.solani*

表 3 不同用量黄连水提液对腐皮镰孢菌抑菌率的方差分析

Table 3 Variance analysis of the inhibitory rate of different amounts of *C.chinensis* water extract on *F.solani*

项目 Item	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F value	显著性 Significance
组间 Between groups	11 147.93	5	2 229.59	7.28	* *
组内 Within group	5 511.16	18	306.18		
总计 Total	16 659.09	23			

注: * * 表示差异显著($P<0.01$)

Note: * * indicates significant difference($P<0.01$)

3 讨论与结论

黄连因其优良的药用特性而闻名。Sharma 等^[6]研究发现黄连水提液中的主要活性成分包括小檗碱、麻风树碱和棕榈碱等生物碱。已有相关报道发现黄连在抗金黄色葡萄球菌等革兰氏阳性菌和淋病奈瑟氏菌等革兰氏阴性菌及抗假

(1) 剔除异常样本后,以 PLS 法所建校正模型性能有所改善,其 R_c^2 和 R_p^2 分别由 0.723 7、0.660 3 升到 0.725 3、0.661 0, RMSEC 和 RMSEP 分别由 0.784 9、0.800 3 降为 0.781 8、0.789 5, RPD 由 1.87 增至 1.90;在此基础上,选择、应用优化的光谱预处理和样本集划分方法,相应 PLS 模型的性能显著提升,此时 R_c^2 、 R_p^2 、RMSEC、RMSEP 和 RPD 分别为 0.970 2、0.936 9、0.261 9、0.269 1、5.77。相比之下,光谱预处理对模型性能提升的作用尤为显著。究其原因,SNV 变换可消除样品不均匀造成的噪声、散射以及光程变换对 NIR 漫反射的影响,增强光谱与数据之间的相关性;MC 方法可增加样品光谱之间的差异,提高模型的预测能力和稳健性。SPXY 算法利用光谱数据和待测成分参考值计算样品间距离,可保证最大程度表征样本分布,有效覆盖多维向量空间,增加样本间的差异性和代表性,从而提高模型稳定性。

(2) 同时引入了 LS-SVM 方法建模,所得模型性能显著优于 PLS 模型,其 R_c^2 、 R_p^2 、RMSEC、RMSEP 和 RPD 分别为 0.987 3、0.983 0、0.170 5、0.173 4、8.96。由此可见,马铃薯样品的 NIRS 与相应 SSC 之间并非简单的线性关系,采用非线性性的 LS-SVM 方法建模是更好的选择。

(3) 优化的 PLS 模型和 LS-SVM 模型大幅度缩减了波长变量,消除了光谱中的大量非待测成分信息,既提高了模型的预测能力,也显著降低了计算量,加快了运行速度。

综上所述,试验所建马铃薯 SSC 测定的 2 种 NIRS 定量校正模型均有较高精度和效率,其性能优于同类试验模型,均已达到国际谷物科技协会的实际检测标准,可用于马铃薯

SSC 的快速检测。2 种校正模型相比,PLS 模型波长变量较少、计算量小,故其运行速度占优;LS-SVM 模型则预测精度更高、稳健性较好,具有更好的泛化性能。

参考文献

- [1] 杨炳南,张小燕,赵凤敏,等.常见马铃薯品种特性分析及加工适宜性分类[J].食品科学技术学报,2016,34(1):28-36.
- [2] 吴聪宇,李子贤,李新国,等.3 种热带水果可溶性固形物含量的测定[J].热带农业科学,2018,38(9):69-72.
- [3] 张巍巍,安进军,赵玉靖,等.大葱干物质和可溶性固形物含量的研究[J].食品研究与开发,2017,38(10):128-130.
- [4] KRIVOSHIEV G P, CHALUCOVA R P, MOUKAREV M I. A possibility for elimination of the interference from the peel in nondestructive determination of the internal quality of fruit and vegetables by VIS/NIR spectroscopy[J]. LWT-Food science and technology, 2000, 33(5): 344-353.
- [5] KANG S, LEE K J, CHOI W, et al. A near-infrared sensing technique for measuring the quality of potatoes[C]//ASAE Annual International Meeting. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2003: 27-30.
- [6] 王世芳,韩平,崔广禄,等.SPXY 算法的西瓜可溶性固形物近红外光谱检测[J].光谱学与光谱分析,2019,39(3):738-742.
- [7] 王冬,张鹤冬,朱业伟,等.基于 LVF-NIR 的樱桃可溶性固形物含量无损快速检测模型的建立与优化[J].食品安全质量检测学报,2020,11(3):854-859.
- [8] 于怀智,陈东杰,姜沛宏,等.近红外光谱对蒙阴黄桃硬度和可溶性固形物的在线检测[J].食品与发酵工业,2020,46(14):216-221.
- [9] 陈素彬,胡振,张晓琪,等.软件技术在近红外光谱定量分析中的应用[J].化学教育,2018,39(16):62-67.
- [10] 陈素彬,胡振,杨华.近红外光谱法检测饲料玉米品质的优化 PLS 模型[J].饲料研究,2020,43(5):112-116.
- [11] 胡振,杨华,周金容,等.风驱动-差分进化混合优化算法设计及其性能分析[J].现代计算机,2020(20):14-19.
- [12] 陈素彬,胡振.优化的近红外光谱 LS-SVM 模型测定小麦蛋白质[J].食品工业,2019,40(12):329-333.
- [13] tula L.) against the pathogens causing otitis externa[J]. Jundishapur journal of microbiology, 2011, 4(3): 175-183.
- [8] ZENG Z Y, LI Q Q, HUO Y Y, et al. Inhibitory effects of essential oils from Asteraceae plant against pathogenic fungi of *Panax notoginseng* [J]. Journal of applied microbiology, 2021, 130(2): 592-603.
- [9] 张庆莲,黄娟,邵单炫,等.黄连抗菌作用研究进展[J].中医药信息, 2019, 36(5): 125-127.
- [10] 蒋晶晶,彭沛穰,苏锋锋,等.中草药水浸提液对 5 种植物病原真菌的影响[J].安徽农业科学, 2020, 48(17): 172-174, 235.
- [11] REN S C, FAN Y C, LI C C. Inhibitory effects of 30 kinds of Chinese herbal medicine on fungi in food. Advanced materials research [J]. Advanced materials research, 2011, 343/344: 737-742.
- [12] SU Z X, XIAO H, CHEN L H. In vitro antibacterial effect of Chinese herbal medicine against *Aeromonas hydrophila* [C]//ZHU E, SAMBATH S. Information Technology and Agricultural Engineering. Berlin: Springer-Verlag, 2012: 233-239.
- [13] QU Z W, YU M J, ZHANG A R, et al. An experimental bacteriostasis of the banxiaxienn decoction and 7 kinds of single taste traditional Chinese medicine on *Helicobacter pylori* resistant strains in vitro [J]. American journal of internal medicine, 2020, 8(3): 138-142.
- [14] 刘晓红,尹芳,王昌梅,等.萃取浓缩沼液对尖孢镰刀菌和腐皮镰孢菌抑制效果的影响研究[J].中国沼气, 2019, 37(1): 88-93.

(上接第 197 页)

抑菌活性成分,以抑制三七根腐病原菌腐皮镰孢菌的生长,为三七根腐病的防治以及植物性杀菌剂的开发奠定良好的基础。

参考文献

- [1] 周清华.云南省文山州三七产业化发展研究[D].昆明:云南大学,2014.
- [2] 沙孟晨,周永峰,张海珠,等.三七不同部位化学成分的差异性研究[J].中国现代中药,2018,20(7):832-836.
- [3] 刘大会,徐娜,郭兰萍,等.三七药材质量特征和商品规格等级标准研究[J].中国中药杂志,2016,41(5):776-785.
- [4] LI Q Q, HUO Y Y, CHEN C J, et al. Biological activities of two essential oils from *Pogostemon cablin* and *Eupatorium fortunei* and their major components against fungi isolated from *Panax notoginseng* [J/OL]. Chemistry and biodiversity, 2020, 17(12) [2020-11-03]. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202000520>. DOI: 10.1002/cbdv.202000520.
- [5] 杜用玺,蒋潜怡,徐扬,等.黄连常见病研究进展与防治策略[J].中国中药杂志,2021,46(5):1067-1072.
- [6] SHARMA G, NAM J S, SHARMA A, et al. Antimicrobial potential of silver nanoparticles synthesized using medicinal herb *Coptidis rhizome* [J]. Molecules, 2018, 23(9): 1-2.
- [7] ANEJA K R, SHARMA C, JOSHI R. In vitro efficacy of amalats (*Cassia fistula*