

铁皮石斛软腐病菌终极腐霉生物学特性及其抑菌植物筛选

谭智勇^{1,2,4},周震宇^{1*},杨文明³,李亚娟⁵,卢志宏²¹ 湘南学院, 郴州 423000; ² 铜仁学院, 铜仁 554300; ³ 贵州梵天农业科技有限责任公司, 铜仁 554400;⁴ 湖南梵宇景观规划设计有限责任公司, 郴州 423000; ⁵ 铜仁市农业科教信息站, 铜仁 554300

摘要:开展铁皮石斛软腐病菌终极腐霉(*Pythium ultimum*)生物学特性及其抑菌植物筛选研究,为铁皮石斛软腐病防治奠定理论基础。采用菌丝生长速率法测定不同中药材水提取物对铁皮石斛软腐病菌终极腐霉的抑制作用及其生物学特性。终极腐霉在PDA培养基上菌丝平均生长速度为0.22 cm/h,最适宜的温度为30℃,最适宜的pH在6~7,最适碳源为葡萄糖、可溶性淀粉,最适氮源为酵母浸膏,光照对菌丝生长影响不显著。当水提取物浓度为40 mg干样/mL时,丁香和薄荷的抑制率均分别为100%和96.48%。丁香和薄荷水提取物具有防治铁皮石斛软腐病的良好应用潜力。

关键词:铁皮石斛;软腐病;终极腐霉;抑菌植物

中图分类号:S432.1

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2022)7-1189-07

DOI:10.16333/j.1001-6880.2022.7.012

Biological characteristics of *Pythium ultimum* causing damping-off disease of *Dendrobium officinale* and the screening of antifungal plants against it

TAN Zhi-yong^{1,2,4}, ZHOU Zhen-yu^{1*}, YANG Wen-ming³, LI Ya-juan⁵, LU Zhi-hong²¹ Xiangnan University, Chenzhou 423000, China; ² Tongren University, Tongren 554300, China;³ Guizhou Fantian Agricultural Technology Co., Ltd., Tongren 554400, China;⁴ Hunan Fanyu Landscape Planning and Design Co., Ltd., Chenzhou 423000, China;⁵ Tongren Agricultural Science and Education Information Station, Tongren 554300, China

Abstract: The biological characteristics of *Pythium ultimum* causing damping-off disease of *Dendrobium officinale* and the screening of antifungal plants against *P. ultimum* were studied to lay a theoretical foundation for the prevention and control of damping-off disease of *D. officinale*. The inhibitory effect and biological characteristics of aqueous extracts of different Chinese herbal medicines on the *P. ultimum* were determined by mycelium growth rate method. The average mycelial growth rate of the *P. ultimum* on the PDA medium was 0.22 cm/h. The optimum temperature was 30 °C, the optimum pH was 6-7, the optimum carbon source were glucose and soluble starch, and the optimum nitrogen source was yeast extract. The light has no significant impact on the growth of mycelium. When the concentration of aqueous extract was 40 mg DW/mL, the inhibition rates of aqueous extract of *Eugenia caryophyllata* Thunb. and *Mentha haplocalyx* Briq. were 100% and 96.48%, respectively. The water extracts of *E. caryophyllata* and *M. haplocalyx* have good application potential in the control of *D. officinale* damping-off disease.

Key words: *Dendrobium officinale*; damping-off disease; *Pythium ultimum*; antifungal plants

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Mi-go)为兰科石斛属多年生附生草本植物,是名贵中药

材“石斛”的来源之一,具有增强机体免疫力、益胃生津,滋阴清热等功效^[1],也可作为保健品的原材料,具有较大的市场需求和较高的经济价值,为了满足不断扩大的市场需求,其人工种植面积也不断扩大,主要分布在我国的云南、贵州、浙江、福建、广东以及四川等地区^[2]。

随着铁皮石斛在各地产业化栽培的大力发展,

收稿日期:2021-12-22 接受日期:2022-04-29

基金项目:贵州省科技厅科技计划(黔科合支撑[2020]4Y065、[2020]4Y069);贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合KY字[2019]175);铜仁学院2021年硕士点及学科建设研究子项目(trxywxdxm-029)

* 通信作者 E-mail:jockey@xnu.edu.cn

其种植过程中病害的发生也越来越严重,其中铁皮石斛软腐病是一种毁灭性的病害,田间一旦发生,常造成严重的经济损失^[3]。由终极腐霉引起的铁皮石斛软腐病病株茎部呈水浸状,逐渐发展到叶片,水浸状黑褐色坏死,茎倒伏,湿腐状,比较透明,表面有白色菌丝出现^[4],目前生产上对于该病害的防治仍以化学防治为主,存在农药残留、容易产生抗药性、污染环境等问题^[5,6]。关于铁皮石斛软腐病生物防治的研究论文较少,且多集中于生防菌和植物源农药的室内筛选,未开展大田试验,其田间效果有待进一步验证。Li等^[7]研究发现了石斛属植物内生两株内生真菌有拮抗终极腐霉的活性,并通过盆栽试验证明石斛属植物内生真菌具有良好的生物防治铁皮石斛软腐病效果。He等^[8]研究表明:0.3%四霉素AS、1%申嗉霉素SC、0.3%丁子香酚SL、1%蛇床子素EW均对终极腐霉菌丝生长的抑制效果较好,其EC₅₀值分别为0.13、0.21、0.29、5.04 mg/L。

植物病害病原菌受易受光照、温度、pH值和营养物质等因子的影响^[9,10],同时初筛出对植物病害真菌有一定抑制作用的丁香(*Eugenia caryophyllata* Thunb.)等34种中药材^[1,11-17],开展终极腐霉生物学特性及其抑菌植物的筛选研究,旨在为研究和开发用于防治铁皮石斛软腐病的高效、低毒和安全的植物源杀菌剂提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试病原真菌

供试的铁皮石斛软腐病菌终极腐霉(*Pythium ultimum*)由北京北纳创联生物技术研究院提供。

1.1.2 植物材料

34种中药材购于铜仁市大健康产业园(具体名单如表1所示),粉碎机粉碎后过20目筛,得到的粉末于置于阴凉干燥处密封保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 生物学特性测定

1.2.1.1 生长速度测定

用直径5 mm的打孔器在PDA平板上打取菌落边缘新鲜菌丝块,接至PDA培养基中,置于25℃培养箱恒温培养,每隔12 h用十字交叉法测量菌落直径,直至菌落长满培养皿,每个处理3个重复。

1.2.1.2 温度对菌丝生长的影响

用直径5 mm的打孔器在PDA平板上打取菌落边缘新鲜菌丝块,接至PDA培养基中,分别置于温

度设置为5、10、15、20、25、30和35℃的培养箱中培养,每个处理重复3次,待第一组菌丝长满培养基后用十字交叉法测量所有培养皿菌落直径。

1.2.1.3 pH对菌丝生长的影响

用0.1%的NaOH和0.1%HCl配制pH为2、3、4、5、6、7、8和9的PDA培养基,用直径5 mm的打孔器在PDA平板上打取菌落边缘新鲜菌丝块,接至于上述不同pH的PDA平板上,设3组重复,置于25℃培养箱恒温培养48 h,用十字交叉法测量菌落直径。

1.2.1.4 不同碳、氮源对菌丝生长的影响

以沙氏培养基为基础培养基,分别等量替换其中的碳源和氮源。其中供试碳源分别为葡萄糖、蔗糖、乳糖、果糖、麦芽糖、甘露醇、肌醇、可溶性淀粉来配制不同碳源的培养基,设置对照组不加碳源。供试氮源分别为硝酸钠、硫酸铵、丙氨酸、甘氨酸、蛋白胨、酵母浸膏,配制不同氮源的培养基,以不加氮源的培养基为对照。用灭菌打孔器取菌落边缘新鲜菌丝块,分别接种于含不同碳、氮源的培养基上,重复3组,置于25℃培养箱恒温培养96 h,用十字交叉法测量所有培养皿菌落直径。

1.2.1.5 光照对菌丝生长的影响

将病原菌转接至PDA平板中央,设全光、全黑暗和光暗交替3个处理,重复3组,置于25℃培养箱恒温培养,间隔12 h用十字交叉法测量菌落直径直至菌丝长满培养基。

1.2.2 对铁皮石斛软腐病菌具有抑制作用的植物提取物的筛选

1.2.2.1 植物提取液的制备

采用振荡提取法。称取20 g植物粉末,按液液比1:20(即20 g药用植物,加入400 g的水)30℃摇床振荡培养24 h,抽滤,收集滤液,75℃旋转蒸发至近干,用无菌水定容至50 mL,即得到药用植物的水提取物母液,浓度为0.4 g干样/mL(即每1 mL提取物中含0.4 g植物干物质),作为母液,保存于4℃备用。

1.2.2.2 含提取物PDA培养基的制备

在无菌条件下,将药用植物水提取物与已灭菌并冷却到50℃左右的PDA培养基均匀混合,制成药用植物水提取物浓度为40 mg干样/mL的含药培养基。以此方法,得到不同种类药用植物水提取物的含药培养基。

1.2.2.3 植物提取物对铁皮石斛软腐病菌抑制活性测定

采用菌丝生长速率法测定药用植物水提取物对供试菌落生长的抑制作用,重复3组,置于25℃培养箱恒温培养,待对照(CK)长满培养皿后,用十字交叉法测量菌落直径,根据公式(1)计算抑菌率。

$$\text{抑菌率} = \frac{\text{CK 菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{CK 菌落直径} - 0.5} \times 100\% \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 生长速度

由图1可知,终极腐霉在PDA培养基上菌丝生长速度较快,48 h菌丝长满培养皿,菌丝在36 h以内平均生长速度为0.22 cm/h。

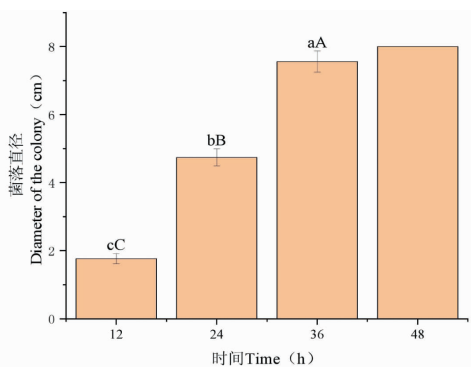


图1 菌丝的生长速度

Fig. 1 Growth rate of mycelium

注:图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),下同。Note: Different lowercase letters in graph indicate significant differences ($P < 0.05$); Different uppercase letters in graph indicate extremely significant differences ($P < 0.01$), the same below.

2.2 温度对菌丝生长的影响

由图2可知,终极腐霉在5~35℃之间均可以生长,在30℃时菌丝生长速度最快,在36 h时即可

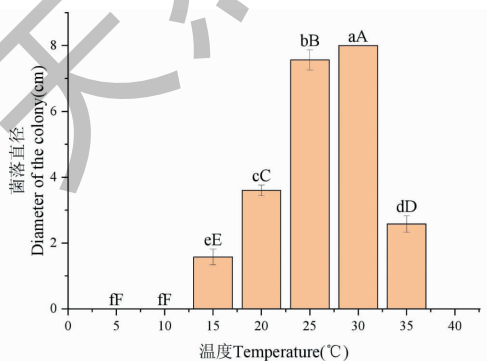


图2 温度对菌丝生长的影响

Fig. 2 Effect of temperature on mycelium growth

长满培养皿。在5~30℃之间,菌丝生长速度随温度的升高而加快,30℃之后菌丝生长速度随温度的升高而降低。这一研究结果与引起的铁皮石斛软腐病在夏季高温时易发生的报道相符^[11],说明在夏季高温下更适宜病原菌的生长。

2.3 pH对菌丝生长的影响

由图3可知,终极腐霉菌丝在pH为4及以下时48 h以内未长出菌丝,pH在5~9之间时有菌丝生长,在pH为5时48 h菌落直径仅为2.24 cm,随着pH增大,菌丝生长速度加快,当pH为6,7时菌落48 h长满培养皿;当pH高于8以上时,菌丝生长速度减慢。终极腐霉在pH在6~7之间时菌丝生长速度最快。因此,在满足铁皮石斛正常生长的情况下,可以通过调节其栽培环境pH值来达到防控软腐病的目的。

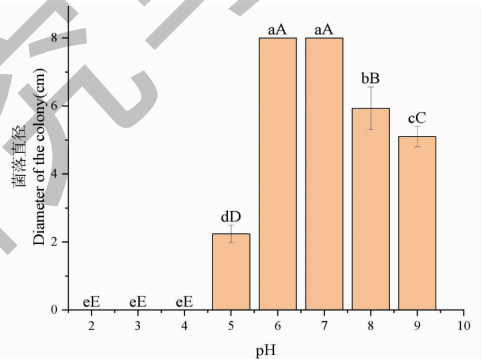


图3 pH对菌丝生长的影响

Fig. 3 Effect of pH on mycelium growth

2.4 不同碳、氮源对菌丝生长的影响

由图4可知,终极腐霉菌丝在不同的碳源培养基上均能生长,96 h菌丝均能长满培养皿,但菌丝生长情况差异较大。病原菌在葡萄糖、可溶性淀粉为碳源的培养基上生菌丝生长相对旺盛、浓密。在乳糖、甘露醇和肌醇上,菌丝呈半透明状、稀薄、可见度低,菌丝长势相对较差。

由图5可知,终极腐霉菌丝在不同的氮源培养基上均能生长,酵母浸膏、蛋白胨96 h菌丝均能长满培养皿,在酵母浸膏上生长最好,菌丝生长旺盛、浓密。在蛋白胨上生长次之,菌丝相对旺盛、浓密。病原菌在硫酸铵、丙氨酸和甘氨酸上的菌落直径较小,菌丝稀疏、较短。因此,在满足铁皮石斛正常生长的情况下,可以通过选择适合氮源肥料来达到防控软腐病的目的。

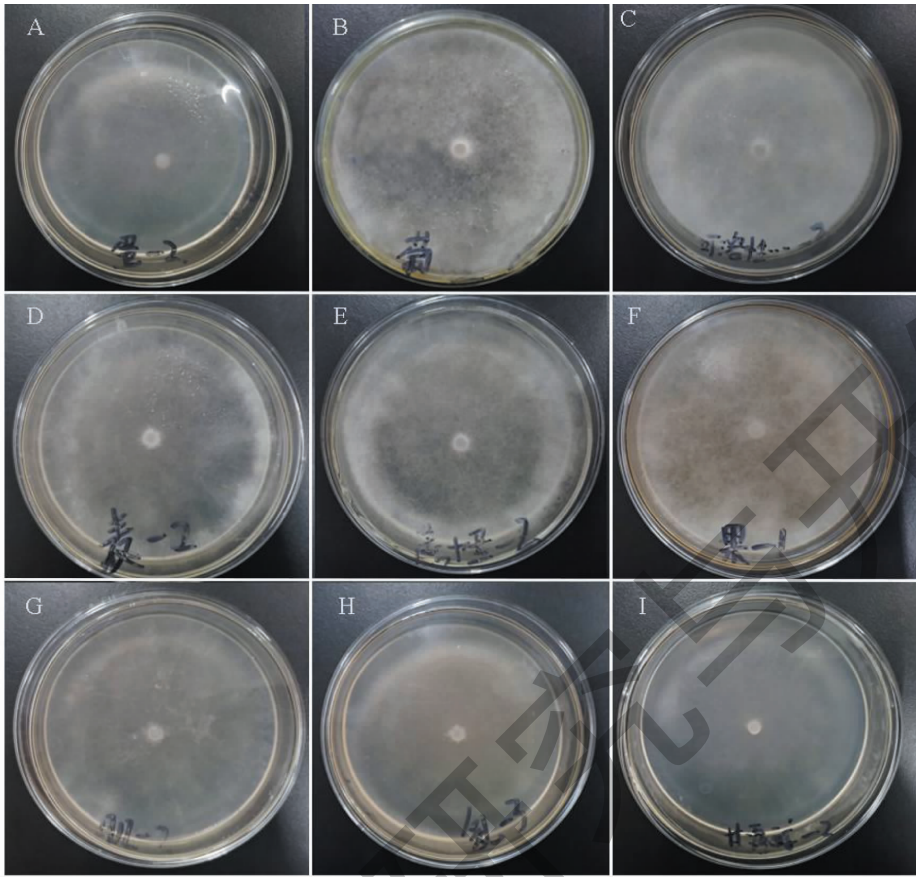


图4 不同碳源对菌丝生长的影响

Fig. 4 Effects of different carbon sources on mycelium growth

注:图中 A~I 分别表示 CK、葡萄糖、可溶性淀粉、麦芽糖、蔗糖、果糖、肌醇、乳糖、甘露醇。Note: A-I represent CK, glucose, soluble starch, maltose, sucrose, fructose, inositol, lactose, mannito, respectively.

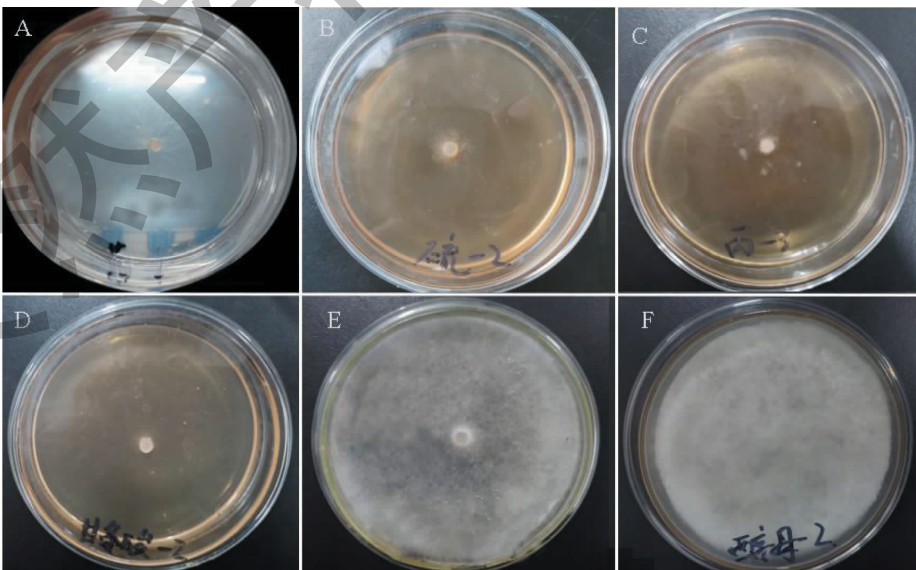


图5 不同氮源对菌丝生长的影响

Fig. 5 Effects of different nitrogen sources on mycelium growth

注:图中 A~F 分别表示 CK、硫酸铵、丙氨酸、甘氨酸、蛋白胨、酵母浸膏。Note: A-F represent CK, ammonium sulfate, alanine, glycine, peptone and yeast extract, respectively.

表1 光照对菌丝生长的影响

Table 1 Effect of light on mycelium growth

时间 Time (h)	处理 Treatment	菌落直径 Diameter of the colony (cm)
12	全光	1.70 ± 0.11 ^{aA}
	全黑暗	1.77 ± 0.15 ^{aA}
	光暗交替	1.85 ± 0.13 ^{aA}
24	全光	4.86 ± 0.17 ^{aA}
	全黑暗	4.74 ± 0.25 ^{abAB}
	光暗交替	4.52 ± 0.14 ^{bB}
36	全光	7.56 ± 0.19 ^{aA}
	全黑暗	7.56 ± 0.31 ^{aA}
	光暗交替	6.02 ± 0.16 ^{bB}
48	全光	8.00
	全黑暗	8.00
	光暗交替	8.00

注:表中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),下同。

Note: Different lowercase letters in table indicate significant differences ($P < 0.05$); Different uppercase letters in table indicate extremely significant differences ($P < 0.01$), the same below.

2.5 光照对菌丝生长的影响

由表1可知,全光、全黑暗和光暗交替处理下终

极腐霉菌丝在48 h均能长满培养皿。在12 h时,各处理间菌丝直径无显著差异。在36 h时,全光与全黑暗处理间无显著差异,但与光暗交替处理差异性显著。

2.6 对铁皮石斛软腐病菌具有抑制作用的植物提取物的筛选

采用生长速率法测定了34种药用植物水提取物对终极腐霉的影响。由表2可知,不同药用植物提取物对供试菌菌丝生长存在差异。当水提物浓度为40 mg干样/mL时,丁香水提物的抑制效果最好,抑制率为100%。抑菌率在60%以上的药物有薄荷(96.48%)、五加皮(67.78%)、黄连(66.10%)和银杏叶(63.41%)的水提物。芦荟、蒲公英、木香、苍耳、穿心莲、麻黄、大黄、甘草、独活、苦参、陈皮、牛蒡、决明、黄精、黄柏、紫苏叶、马鞭草和虎杖水提物的抑菌率在9.65%~56.15%。紫苏子、半夏、侧柏、百部、紫草、苍术、天麻、当归、鱼腥草、细辛和天南星水提物对终极腐霉菌丝生长均无抑制作用。

3 讨论与结论

本文研究结果表明,终极腐霉在5~35℃之间均可以生长,在30℃时菌丝生长速度最快,在该温度环境下有利于病害的发生。病菌在pH5~9之间

表2 药用植物水提取物对菌丝生长的抑制效果

Table 2 Inhibitory effect of water extract from medicinal plants on mycelium growth

样品名称 Sample name	部位 Part	菌落直径 Diameter of the colony (cm)	抑菌率 Inhibition rate (%)
CK	-	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
紫苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.	果实	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
半夏 <i>Pinellia ternata</i> (Thunb.) Breit.	块茎	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i> (Linn.) Franco	枝梢和叶	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
百部 <i>Stemona japonica</i> (Bl.) Miq	块根	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
紫草 <i>Arnebia euchroma</i> (Royle) Johnst.	根	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
苍术 <i>Atractylodes lancea</i> (Thunb.) DC.	根茎	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
天麻 <i>Gastrodia elata</i> Bl.	块茎	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
当归 <i>Angelica sinensis</i> (Oliv.) Diels	根	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	地上部分	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
细辛 <i>Asarum heterotropoides</i> Fr. Schmidt var. <i>mandshuricum</i> (Maxim.) Kitag.	根和根茎	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
天南星 <i>Arisaema heterophyllum</i> Blume	块茎	8.00 ± 0.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{aA}
虎杖 <i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. et Zucc.	根和根茎	7.22 ± 0.61 ^{bB}	9.65 ± 7.62 ^{bB}
马鞭草 <i>Verbena officinalis</i> L.	地上部分	7.14 ± 0.24 ^{bB}	10.75 ± 3.02 ^{bB}
紫苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.	叶	6.71 ± 0.42 ^{cBC}	16.09 ± 5.31 ^{cBC}
黄柏 <i>Phellodendron chinense</i> Schneid.	树皮	6.58 ± 0.17 ^{cC}	17.69 ± 2.10 ^{cC}
黄精 <i>Polygonatum cyrtonema</i> Hua	根茎	6.57 ± 0.64 ^{cC}	17.83 ± 8.05 ^{cD}

续表 2(Continued Tab. 2)

样品名称 Sample name	部位 Part	菌落直径 Diameter of the colony (cm)	抑菌率 Inhibition rate (%)
决明 <i>Cassia tora</i> L.	种子	6.01 ± 0.43 ^{dD}	24.88 ± 5.43 ^{dE}
牛蒡 <i>Arctium lappa</i> L.	果实	5.97 ± 0.29 ^{dDE}	25.42 ± 3.61 ^{dE}
陈皮 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	果皮	5.96 ± 0.21 ^{dDE}	25.53 ± 2.64 ^{dEF}
苦参 <i>Sophora flavescens</i> Alt.	根	5.91 ± 0.23 ^{dDE}	26.11 ± 2.92 ^{dEF}
独活 <i>Angelica pubescens</i> Maxim. f. <i>biserrata</i> Shan et Yuan	根	5.42 ± 0.61 ^{eE}	32.24 ± 7.65 ^{eF}
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	根和根茎	4.98 ± 0.49 ^{fE}	37.80 ± 6.12 ^{fG}
大黄 <i>Rheum palmatum</i> L.	根和根茎	4.47 ± 0.20 ^{fF}	44.13 ± 2.43 ^{fG}
麻黄 <i>Ephedra sinica</i> Stapf	草质茎	4.41 ± 0.25 ^{ghFG}	44.86 ± 3.15 ^{ghGH}
穿心莲 <i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees	地上部分	4.38 ± 0.21 ^{ghFG}	45.21 ± 2.66 ^{ghGH}
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patr.	果实	4.16 ± 1.09 ^{ghFG}	48.04 ± 13.61 ^{ghGH}
木香 <i>Aucklandia lappa</i> Decne.	根	4.03 ± 0.42 ^{hG}	49.58 ± 5.24 ^{hGH}
蒲公英 <i>Taraxacum borealisinense</i> Kitam.	全草	3.92 ± 0.78 ^{hG}	51.09 ± 9.76 ^{hiH}
芦荟 <i>Aloe barbadensis</i> Miller	叶	3.51 ± 0.27 ^{iG}	56.15 ± 3.3 ^{ih}
银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	叶	2.93 ± 0.22 ^{ih}	63.41 ± 2.77 ^{ij}
黄连 <i>Coptis chinensis</i> Franch.	根茎	2.71 ± 0.57 ^{ih}	66.10 ± 7.19 ^{ij}
五加皮 <i>Acanthopanax gracilistylus</i> W. W. Smith.	根皮	2.58 ± 0.20 ^{ih}	67.78 ± 2.49 ^{ij}
薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i> Briq.	地上部分	0.28 ± 0.09 ^{kl}	96.48 ± 1.10 ^{kj}
丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	花蕾	0.00 ± 0.00 ^{ll}	100 ± 0.00 ^{kj}

均可以生长,最适宜的 pH 为 6~7。营养元素是病原菌生长不可缺少的条件,碳源和氮源是病菌生长中最基本、最重要的两大要素^[12]。终极腐霉可利用多种碳、氮源,其中葡萄糖和可溶性淀粉为最适碳源,乳糖、甘露醇和肌醇作为碳源时不利于菌丝生长。酵母浸膏为最适氮源,硫酸铵、丙氨酸和甘氨酸作为氮源时不利于菌丝生长。培养 48 h 时光照条件对终极腐霉菌丝生长影响不显著。

本文研究了 34 种中药材水提取物(浓度为 40 mg 干样/mL)对终极腐霉抑制作用,结果表明,丁香等 23 种中药材水提取物对终极腐霉有抑制作用,抑菌率在 9.65%~100%。Huang 等^[13]研究表明鄂西北野生植物蒲公英无水乙醇提取物浓度为 40 mg/mL 时对终极腐霉的抑菌率为 53.47%,高于本文中蒲公英水提取物同浓度的抑菌率(51.09%),但数值相差不大,可能是由于药物品种差异、不同提取剂选择或提取物浓度表述方式不同导致的。Júlia 等^[14]研究表明芦荟粗提物对同属腐霉属的瓜果腐霉(*Pythium aphanidermatum*)有抑制作用。紫苏不同部位紫苏子、紫苏叶的水提取物在本研究中表现出不同的抑菌效果,在今后的研究中可关注两者水提物质的差

异性,以期找到其抑菌活性物质,为植物源农药开发提供理论依据。

本文中抑菌效果表现优异的两种中药材分别是薄荷(96.48%)和丁香(100%)。薄荷是一种在我国广泛分布的多年生草本植物,被广泛用于日化、食品、药品等领域^[15-17]。前人针对薄荷的抑菌实验多集中在金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)等人类病原菌的研究上^[18-20],Liu 等^[21]研究表明一定浓度薄荷精油对几种引起果实采后病害的病原真菌的有较强的抑制作用,本文首次报道了薄荷水提取物对铁皮石斛软腐病菌终极腐霉的抑制作用,其水提取物抑菌效果较强,且薄荷种植广泛,相对其他中药材成本低廉,具有良好的防治铁皮石斛软腐病的应用潜力。

丁香是一种常见的中草药和香料,已有的研究表明丁香对多种植物病原菌生长有一定的抑制效果^[16,22],目前我国以丁香为主要原料生产的丁子香酚植物源农药已完成登记工作,并形成了产品,登记作物为番茄、马铃薯、葡萄、观赏牡丹等。He 等^[8]研究表明 0.3% 丁子香酚 SL 对终极腐霉菌丝生长的抑制效果较好,这与本人研究结果相同,同时丁子香

酚可能是丁香抑制终极腐霉的主要抑菌活性成分,其结果可为铁皮石斛软腐病终极腐霉田间防治提供参考,对于该植物源农药拓展使用范围有一定指导意义。

参考文献

- Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010:11.
- Li CF. Study on developmental situation and countermeasures of *Dendrobium officinale* industry in Guangxi [D]. Nanning: Guangxi University (广西大学), 2019.
- Guo ZX, Wang XM, Liao X, et al. Research progress on the occurrence and control of main diseases in the ecological cultivation of *Dendrobium officinale* in Guizhou [J]. J Mount Agr Boil (山地农业生物学报), 2021, 40(2):54-59.
- Li XD, Wang YQ, Wang H, et al. The isolation and identification of pathogen of *Dendrobium nobile* and *Dendrobium candidum* damping-off disease [J]. Chin Pharm J (中国药学杂志), 2011, 46:249-252.
- Inthama P, Pumas P, Pekkoh J, et al. Plant growth and drought tolerance-promoting bacterium for bioremediation of paraquat pesticide residues in agriculture soils [J]. Front Microbiol, 2021, 12:604662.
- Jenkins NE. Effects of chemical insecticide residues and household surface type on a *Beauveria bassiana*-based biopesticide (aprehend) for bed bug management [J]. Insects, 2021, 12(3):214.
- Li XD, Wang YQ, Wang H, et al. Biocontrol of *Dendrobium candidum* damping-off disease with endophytic fungi [J]. Chin Pharm J (中国药学杂志), 2013, 48:1669-1673.
- He MR, Wang XM, Tian XJ, et al. Sensitivity of *Pythium ultimum* to 10 biological pesticides and their mixtures [J]. J Mount Agr Boil (山地农业生物学报), 2021, 40(3):42-47.
- Zhang L, Peng L, Shao ZW, et al. Biological characteristics and indoor fungicide screening of *Colletotrichum brevisporum* causing pumpkin anthracnose [J]. Plant Protect (植物保护), 2021, 47(4):59-65.
- Zhang NN, Li SM, Wen XL, et al. Identification and biological characteristics of the pathogen causing pink disease of chestnut [J]. J Agr Sci Technol (中国农业科技导报), 2021, 23(7):145-152.
- Wu LP. Evaluation of pesticide activity of crude extracts of 143 plants in Qinlin region [D]. Yangling: Northwest A&F University (西北农林科技大学), 2014.
- Zhang X, Ma ZQ, Feng JT, et al. Review on research and development of botanical pesticides [J]. Chin J Biol Control (中国生物防治学报), 2015, 31:685-698.
- Huang T, Lie L, Yu HZ. Inhibitory activity of wild *Taraxacum officinale* extract to several fungi in northwestern Hubei [J]. Acta Agr Jiangxi (江西农业学报), 2011, 23(12):71-73.
- Júlia DSSV, Anelise DODSF, Denardi LB, et al. *In vitro* susceptibility of *Pythium insidiosum* to *Melaleuca alternifolia*, *Mentha piperita* and *Origanum vulgare* essential oils combinations [J]. Mycopathologia 2016, 181(7-8):617-622.
- Sheng XQ. Analysis of volatile constituents and aroma quality of mints [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (中国农业科学院), 2021.
- Yao HW, Ge KK, Pan JL, et al. Screening antifungal activity of 29 plant extracts including *Syzygium aromaticum* [J]. J Northeast For Univ (东北林业大学学报), 2017, 45(10):35-39.
- Ye T, Ma ZQ, Wang WQ, et al. Resistance induction of *Fusarium graminearum* to tebuconazole and bionomics of resistant-mutants [J]. Chin J Pestic Sci (农药学学报), 2011, 13(3):261-266.
- Wang SS, Wang B, Liao Y, et al. Ingredients analysis of Yongzhou mint essential oil and its antibacterial effect mixing with the slough extract of Yongzhou *Agkistrodon acutus* [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2020, 32:1545-1551.
- Zhang XY, Pan Y, Wang ZJ, et al. The stability mechanism and antimicrobial property of peppermint oil nanoemulsion [J]. J Chin Inst Food Sci Technol (中国食品学报), 2020, 20(07):34-43.
- Su YC, Duan Yu, Chen YJ, et al. Analysis of chemical constituents of volatile oils in *Menthae Haplocalycix Herba-Schizonepetae Herba* and herbal pairs and comparison of antibacterial effects *in vitro* [J]. Chin J Exp Tradit Med Formulae (中国实验方剂学杂志), 2019, 25(7):6-13.
- Liu F, Fan JX, Li KM. Peppermint oil bacteriostatic preservation role of several fruit diseases research [C]. Proceedings of 2018 Academic Annual Meeting of Chinese Society of Plant Pathology (中国植物病理学会 2018 年学术年会), 2018:522.
- Fu ZX. Study on the effects of postharvest treatment with cloves and other kinds antibacterial ingredients on fruits and vegetables [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology (天津科技大学), 2010.