

JOURNAL OF HEBEI
NORMAL UNIVERSITY OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

Vol. 36 No. 4 2022

第 36 卷 第 4 期

2022

HEBEI KEJI SHIFAN XUEYUAN XUEBAO

河北科技师范学院学报

中国·秦皇岛

ISSN 1672-7983



9 771672 798229

目 次

植物科学

- 冀东地区黍子(*Panicum miliaceum* L.)不同品系(种)农艺性状及产量比较 马浩雄,李海权,郭振清,等(1)
- 棘孢木霉抑菌谱及木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果 李婧婷,韩亚梅,金 歌,等(7)
- 不同培养和储藏条件对北美豆梨、我国杜梨花粉萌发的影响 邓 伟,王一菲,李泽根,等(13)
- 冀东地区丹参药用和非药用部位干物质质量与活性成分积累动态变化 马姗姗,苏书乐,张翔宇,等(19)
- 播期和种源对冀东地区丹参种苗质量、药材产量和品质的影响 张莉萍,马姗姗,杜 鑫,等(26)

动物科学

- 鸡 *IFITM/IFIT* 基因家族中与抗禽流感病毒相关的关键基因挖掘 张夕霏,张 贝,周泽宇,等(32)
- 调控鸡黑色素生成相关基因共表达网络的构建 周泽宇,张夕霏,孟 婕,等(39)
- 秦皇岛市沿海地区春季迁徙水鸟的多样性调查 李学玉,杜利强,佟 娜,等(47)

数学与计算机科学

- 时标上带有积分边界条件的脉冲边值问题的正解 武利猛,李素红,刘海怡,等(53)
- 以数据为中心的协同业务流程服务伙伴推荐方法 刘海滨,柴朝华,李 晖(63)

土木工程

- 电石渣掺量对粉煤灰-矿渣复合材料的凝结时间与抗压强度影响 陈文秀,范丽楠,安 赛,等(72)

其它

- 运动通过内源性大麻素系统防治抑郁症的研究现状 陈 芳,王子健,胡文同,等(78)

附:

- 《河北科技师范学院学报》第 36 卷总目次 (86)

棘孢木霉抑菌谱及木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果

李婧婷¹, 韩亚梅¹, 金 歌¹, 芦国嫣², 贺字典^{1*}

(1 河北科技师范学院农学与生物科技学院 河北省作物逆境生物学重点实验室, 河北 秦皇岛, 066600;

2 河北科技师范学院科研处)

摘要: 为明确棘孢木霉的抑菌谱及其制备的生物炭木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果, 采用平板对峙法筛选出抑菌谱最广的菌株后, 采用田间随机区组试验测定了木霉菌肥对北苍术根腐病的田间防治效果。结果表明: Shi-1-8 的抑菌谱最广, 对串珠镰孢菌等 8 种病原菌的抑菌率均高于 80%。经过 6 d 发酵分生孢子为 1.48×10^9 个 \cdot g⁻¹。木霉菌肥对北苍术根腐病的田间防治效果达到 73.32%。由此表明, 木霉菌肥可用于防治北苍术根腐病。

关键词: 棘孢木霉; 抑菌谱; 木霉菌肥; 北苍术根腐病; 防治效果

中图分类号: S432.9⁺5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-7983(2022)04-0007-06

木霉菌是一类广泛存在于土壤、根际、叶面、空气等环境中的有益菌, 因其具有多机制性和广泛适应性, 哈茨木霉 (*Trichoderma harizanum*)、棘孢木霉 (*Trichoderma asperellum*)、拟康宁木霉 (*Trichoderma pseudokoningii*)、钩状木霉 (*Trichoderma hamatum*)、绿色木霉 (*Trichoderma viride*)、长枝木霉 (*Trichoderma longbranchiatum*) 可以用于防治黄瓜霜霉病、白粉病、灰霉病、枯萎病、根腐病、白绢病等 29 种病原菌引起的病害^[1-6]。其中, 棘孢木霉对黄瓜枯萎病、番茄枯萎病和水稻恶苗病等土传病害具有很好防治效果^[7,8]。棘孢木霉 TCS007 对小麦全蚀病菌 (*Gaeumannomyces graminis*) 的抑制率最高为 87.62%^[9]; F2 对三七灰霉病的预防效果为 81.7%, 防治效果为 52.6%^[10]。有的棘孢木霉菌株对苹果霉心病和炭疽病的防治效果分别达到 45.9% 和 53.3%^[11]。但棘孢木霉不同菌株防治对象不同, 同一菌株的抑菌谱也未见到相关报道。尤其是中药材根腐病往往是由多种病原菌复合侵染引起的^[12-14], 因此筛选抑菌谱广的棘孢木霉菌株极为重要。

北苍术为菊科苍术属多年生药用植物, 主要分布于我国的河北、山西、陕西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江等省和自治区, 其中河北省秦皇岛市青龙满族自治县和承德市隆化县、滦平县、丰宁县为河北省道地药材十大产业县, 北苍术种植面积达 2 000 hm²。田间调查发现, 北苍术根腐病是造成北苍术死亡的重要病害^[15]。发病初期, 根茎维管束变黄, 皮层与肉质部易剥离, 须根变褐, 干腐状; 后期根茎腐烂, 植株枯死。发病田块一般减产 30%, 严重时减产 80%, 给种植者造成了巨大的经济损失, 并制约了该地北苍术产业的可持续发展。为此, 笔者在测定棘孢木霉不同菌株抑菌谱的基础上, 测定优势菌株菌肥对北苍术根腐病的防治效果, 以期能为木霉菌肥对北苍术根腐病的防治提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

棘孢木霉菌株: Shi-10-5, Shi-1-8, Bao-7-2, Fu-8-7, 07-4-1, Leh-1, Lang-1-4, PSR-1。

病原菌: 茄腐镰孢菌 (*Fusarium solani*)、尖孢镰孢菌 (*Fusarium oxysporum*)、轮枝镰孢菌 (*Fusarium verticillioides*)、串珠镰孢菌 (*Fusarium moniliforme*)、藤仓镰孢菌 (*Fusarium fujikuroi*)、拟枝孢镰孢菌 (*Fusarium sporotrichioides*)、半裸镰孢菌 (*Fusarium semitectum*)、灰葡萄孢 (*Botrytis cinerea*)、多主棒孢菌

基金项目: 河北省重点研发项目 (项目编号: 21326516D, 22326501D); 秦皇岛市重点研发计划项目 (项目编号: 201901B022); 河北省自然科学基金项目 (项目编号: C2019407103); 河北省研究生创新资助项目 (项目编号: CXZZ202206)。

* 通信作者, 女, 教授, 博士, 硕士研究生导师。主要研究方向: 植物病害生物防治。E-mail: zidianhe@163.com。

收稿日期: 2022-08-12; **修改稿收到日期:** 2022-09-28

(*Corynespora cassiicola*)、黑点炭疽菌(*Colletotrichum capsici*)、辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)、齐整小核菌(*Sclerotium rolfsii*)、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)和尖孢镰孢菌草莓专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*)。

化学药剂:62.5 gL⁻¹精甲咯菌腈悬浮种衣剂,瑞士先正达作物保护有限公司生产。

生物炭:采用玉米芯制备,pH 6.45,有机质(以烘干基计)质量分数为43.26%,总氮质量分数为5.07%,磷(P₂O₅)质量分数为3.70%,钾(K₂O)质量分数为3.19%。

北苍术:河北省道地中药材青龙北苍术1年生苗。

1.2 方法

1.2.1 菌株活化 将4℃保存的木霉菌株和病原菌分别接种于PDA平板上,28℃恒温培养至长满培养皿时,备用。

1.2.2 拮抗木霉筛选 用直径7 mm打孔器分别在病原菌和木霉菌落边缘打取菌饼,置于同一PDA平板上,二者相距5 cm,以单独接种病原菌的平板作为对照,3次重复。28℃培养5 d后分别测量病原菌和木霉的菌落半径,计算木霉菌对病原菌的抑菌率。

抑菌率 = [(对照病原菌菌落半径 - 供试菌株病原菌菌落半径) / (对照病原菌菌落半径 - 菌饼半径)] × 100%

1.2.3 棘孢木霉孢子悬浮液的制备 在无菌操作条件下,将对病原菌拮抗效果最好的供试木霉菌株接种在PDA平板上进行扩繁,28℃培养5 d后,每皿加入5 mL无菌水后用无菌毛刷将孢子洗至无菌的三角瓶中^[16],稀释到孢子浓度为1 × 10⁷ 个 · mL⁻¹,备用。

1.2.4 木霉菌肥的制备及贮存期测定 按表1中各培养基质的质量,制定L₉(3⁴)的正交设计方案。将稀释好的木霉菌孢子悬浮液,按照每1 000 g灭菌后的麦麸、玉米粉和生物炭基质中加入80 mL的木霉菌孢子悬浮液的比例制备木霉菌肥,于28℃条件下发酵培养7 d,测定木霉菌分生孢子数量^[17]。将制备的木霉菌肥置于28℃培养箱中,每隔15 d进行取样,采用四分法将木霉菌肥用打孔器取出1.0 g放入无菌三角瓶中,加入9 mL无菌水放在摇床上振荡20 min后,逐级稀释后吸取100 μL于PDA上,用无菌涂布器涂匀后置于28℃条件下培养7 d后调查单菌落数,计算出每克基质上木霉菌分生孢子数量,测定木霉菌肥的贮存期。

木霉菌分生孢子数量(cfu · g⁻¹) = 单菌落数 × 10 × 10⁴ / 基质干质量(g)

表1 木霉菌肥防治北苍术根腐病的固体培养基配比正交试验设计

处理	因素		
	A 生物炭水平(用量)	B 玉米粉水平(用量)	C 麦麸水平(用量)
T1	1(20 g)	1(6 g)	1(20 g)
T2	2(15 g)	1(6 g)	2(25 g)
T3	3(10 g)	1(6 g)	3(30 g)
T4	1(20 g)	2(8 g)	2(25 g)
T5	2(15 g)	2(8 g)	3(30 g)
T6	3(10 g)	2(8 g)	1(20 g)
T7	1(20 g)	3(10 g)	3(30 g)
T8	2(15 g)	3(10 g)	1(20 g)
T9	3(10 g)	3(10 g)	2(25 g)

1.2.5 木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果 北苍术根腐病防治试验于2021年5月~8月在秦皇岛元正农业科技发展有限公司进行。土壤为砂质土壤,前茬种植北苍术4年收获后重茬种植北苍术1年生苗,前茬北苍术根腐病发病率为30%~40%。北苍术于5月3日整地时施入木霉菌肥,施入量分别为1 500,3 000,6 000 kg · hm⁻²,撒施均匀后,旋耕起垄栽培,垄高25 cm,宽70 cm,小区长度为100 m,以精甲咯菌腈为药剂CK,并设清水CK。田间随机区组排列,3次重复。用银灰色和黑色双层打孔地膜覆盖,孔距18 cm,每孔栽1株1年生幼苗。于北苍术根腐病自然发病后8月7日调查发病率,采用平行

线取样法,每小区调查 100 株,计算防治效果。

$$\text{发病率} = (\text{发病株数} / \text{总株数}) \times 100\%$$

$$\text{防治效果} = [(\text{对照发病率} - \text{处理发病率}) / \text{对照发病率}] \times 100\%$$

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2019 和 SPSS 24.0 软件对数据进行统计分析,采用单因素方差分析、LSD 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 棘孢木霉的抑菌谱

试验结果表明,不同木霉菌株的抑菌谱明显不同,以 Shi-1-8 抑菌谱最广,其次是 PSR-1,其他菌株只对 2 种病原菌有效(表 2)。Shi-1-8 对串珠镰孢菌、轮枝镰孢菌、茄腐镰孢菌、尖孢镰孢菌、藤仓镰孢菌、半裸镰孢菌、尖孢镰孢菌草莓专化型、多主棒孢菌等 8 种病原菌的抑菌率分别为 89.00%, 92.78%, 69.12%, 82.06%, 92.36%, 82.80%, 84.97%, 75.17%, 其中对串珠镰孢菌、茄腐镰孢菌、藤仓镰孢菌、半裸镰孢菌和多主棒孢菌的抑菌率显著高于其他菌株;PSR-1 对多主棒孢菌、齐整小核菌、尖孢镰孢菌草莓专化型、立枯丝核菌、核盘菌的抑菌率分别为 70.69%, 82.31%, 78.84%, 79.03% 和 61.61%, 其中对立枯丝核菌的抑菌率显著于其他菌株;Shi-10-5 对齐整小核菌和辣椒疫霉的抑菌率最高,分别为 96.99% 和 83.12%;Fu-8-7 对齐整小核菌和核盘菌的抑菌率最高,分别为 100.00% 和 82.58%, 但与 Shi-10-5 对齐整小核菌的抑菌率差异未达到显著水平;07-4-1 对核盘菌抑菌率最高,为 82.58%, 与 Fu-8-7 对该菌的抑菌率差异未达到显著水平;而所有棘孢木霉菌株对灰葡萄孢的抑菌率均在 61% ~ 67% 之间,且差异不显著。经过木霉菌株抑菌谱的比较,Shi-1-8 可以有效抑制 8 种病原菌,抑菌谱最宽,因此用该菌株制作木霉菌肥。

表 2 棘孢木霉对病原菌的抑菌率

%

木霉菌株 编号	串珠镰孢菌 <i>F. moniliforme</i>	轮枝镰孢菌 <i>F. verticillioide</i>	茄腐镰孢菌 <i>F. solani</i>	尖孢镰孢菌 <i>F. oxysporum</i>	藤仓镰孢菌 <i>F. fujikuroi</i>	黑点炭疽菌 <i>C. Capsici</i>	拟枝孢镰孢菌 <i>F. sporotrichioide</i>	半裸镰孢菌 <i>F. Semitectum</i>
Shi-1-8	89.00 ± 0.00 a	92.78 ± 8.62 a	69.12 ± 3.74 a	82.06 ± 1.79 a	92.36 ± 0.00 a	42.75 ± 0.00 c	67.46 ± 7.64 ab	82.80 ± 0.00 a
Lang-1-4	82.92 ± 1.50 b	89.57 ± 2.82 a	63.64 ± 2.67 b	86.28 ± 1.86 a	92.91 ± 3.52 b	41.70 ± 1.81 c	74.13 ± 4.67 a	78.34 ± 0.64 b
Shi-10-5	71.25 ± 1.18 c	68.75 ± 1.57 c	56.28 ± 2.41 cd	57.78 ± 1.93 c	65.57 ± 1.72 cd	39.87 ± 2.75 cd	65.71 ± 4.07 ab	77.49 ± 1.84 b
Bao-7-2	66.72 ± 2.03 d	79.22 ± 6.60 b	60.42 ± 2.32 bc	67.30 ± 9.08 b	68.55 ± 9.01 c	60.78 ± 2.35 a	60.79 ± 0.27 b	50.21 ± 3.67 g
07-4-1	66.28 ± 2.51 d	67.97 ± 3.12 c	65.00 ± 3.92 ab	58.85 ± 3.00 c	59.51 ± 4.43 de	58.69 ± 1.97 a	63.02 ± 0.27 ab	60.30 ± 2.94 f
PSR-1	65.85 ± 3.00 d	64.71 ± 1.92 c	64.07 ± 3.74 ab	57.78 ± 1.93 c	55.44 ± 1.92 e	32.29 ± 12.01 d	76.19 ± 2.86 a	67.52 ± 2.21 d
Fu-8-7	64.04 ± 1.49 de	66.32 ± 2.64 c	56.77 ± 1.34 cd	58.84 ± 0.19 c	61.53 ± 1.35 cde	51.90 ± 1.20 b	64.92 ± 2.75 ab	74.52 ± 0.00 c
Leh-1	61.33 ± 2.10 e	69.53 ± 1.60 c	54.95 ± 0.29 d	57.77 ± 3.84 c	59.52 ± 3.09 de	60.52 ± 3.62 a	70.79 ± 5.95 ab	66.24 ± 0.00 de

木霉菌株 编号	齐整小核菌 <i>S. rolfiii</i>	核盘菌 <i>S. sclerotiorum</i>	辣椒疫霉 <i>P. capsici</i>	立枯丝核菌 <i>R. solani</i>	多主棒孢菌 <i>C. cassicola</i>	灰葡萄孢 <i>B. cinerea</i>	尖孢镰孢菌草莓专化型 <i>F. oxysporum f. sp. fragariae</i>
Shi-1-8	50.33 ± 4.89 cd	70.60 ± 4.50 b	54.03 ± 14.35 cd	48.10 ± 4.72 cd	75.17 ± 0.00 a	66.27 ± 2.34 a	84.97 ± 5.38 a
Lang-1-4	64.44 ± 34.56 bc	84.08 ± 1.32 ab	66.50 ± 2.49 c	61.40 ± 37.22 b	47.87 ± 6.24 c	62.97 ± 3.18 a	77.15 ± 0.00 ab
Shi-10-5	96.99 ± 5.93 a	79.96 ± 1.85 ab	83.12 ± 2.49 a	51.25 ± 3.11 c	65.32 ± 3.87 ab	67.31 ± 12.62 a	58.47 ± 6.27 de
Bao-7-2	29.07 ± 12.38 de	76.97 ± 4.50 ab	49.25 ± 0.84 d	30.97 ± 2.01 ef	57.05 ± 4.40 bc	65.62 ± 4.90 a	41.94 ± 5.70 ef
07-4-1	38.48 ± 0.98 de	82.58 ± 1.85 a	54.65 ± 2.14 cd	34.84 ± 2.74 e	63.09 ± 1.34 ab	63.21 ± 1.00 a	56.85 ± 3.99 de
PSR-1	82.31 ± 0.33 ab	79.03 ± 5.83 abc	55.42 ± 6.06 cd	78.84 ± 0.00 a	67.79 ± 1.16 ab	61.61 ± 2.87 a	84.97 ± 5.38 a
Fu-8-7	100.00 ± 0.00 a	82.58 ± 1.85 a	78.34 ± 0.00 ab	47.10 ± 4.56 cd	57.72 ± 11.62 bc	64.58 ± 5.21 a	67.74 ± 14.83 bc
Leh-1	43.74 ± 26.07 cde	77.53 ± 0.00 bc	83.12 ± 2.49 a	52.90 ± 0.00 c	70.69 ± 3.87 a	61.53 ± 6.92 a	28.63 ± 1.70 f

注:同列数据有不同字母表示经 LSD 法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著,下同。

2.2 木霉菌肥质量检测

2.2.1 木霉菌肥产孢量 将木霉菌 Shi-1-8 菌株在不同比例生物炭固体基质上培养 7 d 后测量分生孢子数量。结果表明,Shi-1-8 在 T6 上产孢量最高,为 1.20×10^9 个 $\cdot g^{-1}$ (表 3),其次是 T1 上的产孢量,

为 0.96×10^9 个 $\cdot g^{-1}$, 二者差异显著。

2.2.2 木霉菌肥中 Shi-1-8 的存活期 将生物炭木霉菌肥置于 $28\text{ }^\circ\text{C}$ 培养箱中保存 6 个月, 结果表明, Shi-1-8 在 TSM 平板上长出的菌落数呈现出逐步下降的变化趋势(图 1)。第 15 天和第 30 天时, Shi-1-8 菌落数为 45.67×10^7 cfu $\cdot g^{-1}$ 和 31.33×10^7 cfu $\cdot g^{-1}$, 二者数量差异不显著。到第 90 天时, Shi-1-8 菌落数下降到 11.33×10^7 cfu $\cdot g^{-1}$, 显著低于第 30 天时的菌落数。第 150 天和第 180 天时, Shi-1-8 菌落数分别为 0.56×10^7 cfu $\cdot g^{-1}$ 和 0.43×10^7 cfu $\cdot g^{-1}$, 显著低于其他时期的数量。

表 3 Shi-1-8 在不同比例生物炭
固体基质上的产孢量

处理	产孢量/($\times 10^9$ 个 $\cdot g^{-1}$)
T ₁	0.96 ± 0.02 b
T ₂	0.76 ± 0.06 cde
T ₃	0.72 ± 0.17 de
T ₄	0.63 ± 0.07 ef
T ₅	0.90 ± 0.09 bc
T ₆	1.20 ± 0.07 a
T ₇	0.51 ± 0.05 f
T ₈	0.84 ± 0.07 cd
T ₉	0.93 ± 0.04 b

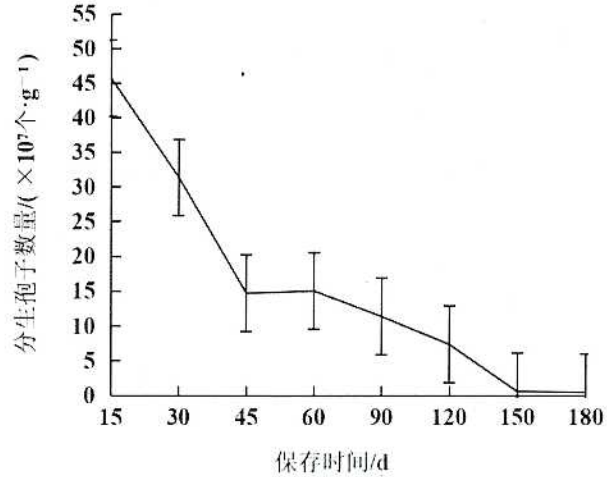


图 1 Shi-1-8 在生物炭菌肥中的存活期

2.3 木霉菌肥对根腐病的田间防治效果

试验结果表明, 木霉菌肥施用量为 $1\ 500\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 对北苍术根腐病的防治效果为 73.32%, 显著高于施用量为 $6\ 000, 3\ 000\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的防治效果(表 4)。与施用药剂 CK 相比, 施用 $1\ 500\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果显著低于施用药剂 CK(精甲咯菌腈)84.68% 的防治效果。

表 4 木霉菌肥对北苍术根腐病的田间防治效果

木霉菌肥用量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	死亡率/%	防治效果/%
1 500	9.49 ± 5.12	73.32 ± 14.57 b
3 000	19.87 ± 5.77	44.15 ± 9.49 d
6 000	15.25 ± 9.98	57.13 ± 15.65 c
药剂 CK	5.45 ± 2.26	84.68 ± 7.26 a
清水 CK	35.58 ± 13.36	

3 结论与讨论

棘孢木霉 Shi-1-8 菌株对 8 种病原菌的抑菌率超过 75%。木霉菌肥产孢量达到 1.48×10^9 个 $\cdot g^{-1}$ 时对北苍术根腐病的防治效果为 73.32%。

多数研究表明, 不同种类木霉菌对同一种病原菌的抑制效果不同, 康氏木霉对核盘菌菌丝抑制率为 70.3%, 绿色木霉仅为 22.7%^[18]。同一种木霉菌抑菌谱并不相同, 长枝木霉对 12 种植物病原菌中的苹果树腐烂病菌(*Valsa ceratosperma*)和棉花立枯病菌(*Rhizoctonia solani*)的抑制率最高^[19]。本次研究表明, Shi-1-8 的抑菌谱最宽, 不仅对镰孢菌等土传病原菌的抑制率超过 80%; 对多主棒孢菌、灰葡萄孢等气传病原菌的抑菌率也超过 60%; 但对立枯丝核菌的抑菌率仅为 48.10%, 这与董纯辛等^[20]的研究结果一致。

木霉菌与不同营养物质复配不仅提高了产孢量还可以促进植物的生长。棘孢木霉在椰纤维生物炭上产孢量可达到 9.053×10^5 cfu $\cdot g^{-1}$ 且促进番茄生长^[21]。钩状木霉与氨基寡糖素复配后分别提高了黄瓜和辣椒株高 172% 和 59.56%, 与氨基寡糖素或矿源黄腐酸钾的复配制剂可显著增加辣椒根质量^[22]。棘孢木霉在生物炭中发酵 6 d 后分生孢子数量达到 1.48×10^9 个 $\cdot g^{-1}$, 比麦麸、玉米粉、稻壳和硅藻土复配基质上的分生孢子数量低^[2], 比椰纤维生物炭上产孢量高^[23]。究其原因可能在于加工生物炭的原材料不同, 加工温度和停留时间不同, 从而对生物炭物理性质, pH, 灰分含量, 电导率和阳离子交换量等理化指标差异很大, 从而造成木霉菌产孢量不同^[24]。

棘孢木霉不仅对疫霉(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*)引起的柑橘根腐病、黄瓜枯萎病、根结线虫和珍珠谷子霜霉病有明显的抑制效果^[25-27],还能够调节玉米幼苗根际土壤离子平衡,降低了土壤 pH 和钠吸附率^[28]。应用棘孢木霉处理甘蔗土壤后增加了甘蔗叶片超氧化物歧化酶和过氧化物酶的活性、脯氨酸浓度和糖的分配,从而提高了甘蔗抗旱能力^[29]。此外棘孢木霉与哈茨木霉、芽孢杆菌等其他微生物组合处理辣椒种子后增加了辣椒酚类化合物积累,提高相对叶绿素含量和防御相关酶活性,从而诱导辣椒对炭疽病产生系统抗性^[30]。木霉菌肥对北苍术根腐病的田间防治效果达到了 73.32%,高于绿色木霉(*T. virens*) M2 和棘孢木霉(*T. asperellum*) MX 对苦瓜枯萎病的 54.63% 和 45.72% 的防治效果^[31],这不仅与木霉菌提高了植物的抗逆能力和促进黄瓜根际微生物种群繁殖有关,还与其定殖能力强、促进产孢有关系。因此,今后在筛选促进木霉菌产孢的生物炭种类与浓度基础上,研究木霉菌肥对植物根系分泌物、土壤微生物的影响,将对于生物炭木霉菌肥的研制及协同应用更有意义。

参考文献:

- [1] 郭成瑾,沈瑞清,张丽荣,等. 哈茨木霉协同秸秆对马铃薯黑痣病及根际土壤微生态的影响[J]. 核农学报,2020,34(7):1447-1455.
- [2] 张成,廖文敏,薛鸣,等. 棘孢木霉 DQ-1 分生孢子固体发酵优化及其对 4 种作物幼苗生长的影响[J]. 中国生物防治学报,2021,37(2):315-322.
- [3] 尤佳琪,李国庆. 拟康宁木霉 T-51 菌株发酵液对灰葡萄孢的抑菌活性[J]. 植物保护,2021,47(1):74-78,83.
- [4] 赵兴丽,陶刚,娄璇,等. 钩状木霉在辣椒根际定殖动态及其对辣椒疫病的生物防治[J]. 中国农业科技导报,2020,22(5):106-114.
- [5] 李通,毛维兴,薛应钰,等. 绿色木霉 B3 菌株发酵液杀线活性分析及其稳定性测定[J]. 西北农业学报,2019,28(9):1535-1542.
- [6] DEGANI O, DOR S. *Trichoderma* Biological control to protect sensitive maize hybrids against late wilt disease in the field[J]. Journal of Fungi,2021,7(4):315.
- [7] SANT D, CASANOVA E, SEGARRA G, et al. Effect of *Trichoderma asperellum* strain T34 on *Fusarium* wilt and water usage in carnation grown on compost-based growth medium[J]. Biological Control, 2010,53(3):291-296.
- [8] SEGARRA G, CASANOVA E, AVILÉS M, et al. *Trichoderma asperellum* strain T34 controls *Fusarium* wilt disease in tomato plants in soilless culture through competition for iron[J]. Microbial Ecology,2010,59(1):141-149.
- [9] 郑柯斌. 海洋生境棘孢木霉 TSO07 的抑菌、促生长及抗逆作用[D]. 杭州:浙江农林大学,2020.
- [10] 蒋妮,白丹宇,宋利沙,等. 棘孢木霉 F2 菌株对三七灰霉病的生物防治作用[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):94-97.
- [11] 杨睿. 棘孢木霉(*Trichoderma asperellum*) 发酵液对苹果保鲜效果的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨商业大学,2021.
- [12] 陈志杰,张锋,张淑莲,等. 陕西温室黄瓜根腐病及流行因素研究[J]. 中国生态农业学报,2009,17(4):699-703.
- [13] 霍佳欢,温晓蕾,李双民,等. 北苍术根腐病病原鉴定及生物学特性研究[J]. 中国农业科技导报,2022,24(5):137-144.
- [14] 李婧婷. 木霉菌和杀菌剂协同防治北苍术根腐病和白绢病研究[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院,2022.
- [15] 王铁霖,郭兰萍,张燕,等. 苍术常见病害的病原、发病规律及综合防治[J]. 中国中药杂志,2016,41(13):2411-2415.
- [16] 贺字典. 河北省蔬菜保护地木霉菌种群动态及抗逆生防木霉菌株筛选[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2010.
- [17] 易征璇,王征,谭著名. 康氏木霉固体发酵产孢子粉工艺研究[J]. 现代农业科技,2013(8):194-196.
- [18] 曹翠玲,赵晋铭,路炳声. 4 种木霉对核盘菌的抑制作用[J]. 仲恺农业技术学院学报,2005,18(4):21-24,52.
- [19] 张瑾,张树武,徐秉良,等. 长枝木霉菌抑菌谱测定及其抑菌作用机理研究[J]. 中国生态农业学报,2014,22(6):661-667.
- [20] 董纯辛,崔艺,牛启尘,等. 棘孢木霉特性及其对两种草坪病原菌的生防作用[J]. 草地学报,2022,30(5):1102-1109.
- [21] HASAN Z A E, MOHD ZAINUDIN N A I, ARIS A, et al. Biocontrol efficacy of *Trichoderma asperellum*-enriched coconut fibre against *Fusarium* wilts of cherry tomato[J]. Journal of Applied Microbiology,2020,129(4):991-1003.
- [22] 张锋涛,张成,廖文敏,等. 1 株钩状木霉 SX005 的鉴定及其复合制剂对黄瓜和辣椒苗生长的影响[J]. 中国瓜菜,

- 2021,34(2):23-29.
- [23] Šimanský V, Šrank D, Jonczak J, et al. Fertilization and application of different biochar types and their mutual interactions influencing changes of soil characteristics in soils of different textures[J]. *Journal of Ecological Engineering*, 2019, 20(5):149-164.
- [24] VECSTAUDZA D, GRANTINA-IEVINA L, MAKARENKOVA G, et al. The impact of wood-derived biochar on the survival of *Trichoderma* spp. and growth of *Secale cereale* L. in sandy soil[J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2018, 28(4):341-358.
- [25] CHOUDHARY A K, SINGH N, SINGH D. Evaluation of the bioformulation of potent native strains of *Trichoderma* spp. against the foot rot/gummosis of Kinnow mandarin[J]. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, 31(1):101.
- [26] SREENAYANA B, VINODKUMAR S, NAKKEERAN S P, et al. Multitudinous potential of *Trichoderma* species in imparting resistance against *F. Oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and *Meloidogyne incognita* disease complex[J]. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2022, 41:1 187-1 206.
- [27] NANDINI B, PUTTASWAMY H, SAINI R K, et al. Trichovariability in rhizosphere soil samples and their biocontrol potential against downy mildew pathogen in pearl millet[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1):9 517.
- [28] FU J, XIAO Y, WANG Y F, et al. Saline-alkaline stress in growing maize seedlings is alleviated by *Trichoderma asperellum* through regulation of the soil environment[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1):11 152.
- [29] SCUDELETTI D, CRUSCIOL C A C, BOSSOLANI J W, et al. *Trichoderma asperellum* inoculation as a tool for attenuating drought stress in Sugarcane[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12:645 542.
- [30] YADAV M, DUBEY M K, UPADHYAY R S. Systemic resistance in chilli pepper against anthracnose (caused by *Colletotrichum truncatum*) induced by *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* and *Paenibacillus dendritiformis*[J]. *Journal of Fungi*, 2021, 7(4):307.
- [31] 王永阳, 杜佳, 高克祥. 苦瓜枯萎病生防木霉的筛选鉴定及其定殖的 qPCR 检测[J]. *山东农业科学*, 2018, 50(8):110-115.

第一作者简介: 李婧婷(1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 植物病害生物防治。

(责任编辑: 朱宝昌)

Trichoderma asperellum Antibacterial Spectrum and Control Effect of

Trichoderma Fertilizer on Root Rot of *Atractylodes lanceolata*

LI Jingting¹, HAN Yamei¹, JIN Ge¹, LU Guoyan², HE Zidian¹

(1 College of Agronomy and Biotechnology, Hebei Key Laboratory of Crop Stress Biology, Hebei Normal University of Science & Technology; 2 Scientific Research Department, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao Hebei, 066600, China)

Abstract: The widest inhibition effect of *Trichoderma asperellum* different strains to pathogens were screened with plate confrontation to clarify the antibacterial spectrum of *T. Asperellum* and control effect on *Atractylodes lanceolata* root rot with random block in the field of *Trichoderma* fertilizer that was made by *T. Asperellum*. The result showed that the widest inhibition spectrum to *Fusarium moniliforme* and other 7 kinds of pathogens was Shi-1-8, and their inhibition rates were higher than 80%. The conidia quantities of Shi-1-8 reached $1.48 \times 10^9 \cdot g^{-1}$ after 6 days of fermentation. The control effect of *Trichoderma* fertilizer on *A. Lanceolata* root rot in the field was 73.32%, marking that *Trichoderma* fertilizer could be used to control root rot of *A. Lanceolata*.

Key words: *Trichoderma asperellum*; antibacterial spectrum; *Trichoderma* fertilizer; *Atractylodes lanceolata* root rot; control effect

《河北科技师范学院学报》

第九届编辑委员会

主任委员：郭鸿湧

副主任委员：闫立英

委 员：（以姓氏笔画为序）

于凤鸣	马玉泉	马增军	王利江	车永和	牛 奎
白俊东	巩元芳	吕金凤	朱天志	朱凤妹	朱英波
朱建佳	任 海	刘志亮	刘荣昌	刘素稳	齐秀东
闫立英	孙伟明	杜 彬	李志新	李国防	杨越冬
邹德文	宋士清	张传生	张国君	张京政	陈丽娜
武军凯	林小虎	侍朋宝	赵立强	郭鸿湧	常学东
蔡爱军					

主 编：杨越冬

副 主 编：邹德文

HEBEI KEJI SHIFAN XUEYUAN XUEBAO

河北科技师范学院学报

季刊 1987年创刊

第36卷 第4期（总第144期）

2022年12月出版

JOURNAL OF HEBEI NORMAL UNIVERSITY
OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Quarterly, Founded in 1987

Vol.36 No.4(General Serial No.144)

Published in Dec. 2022

主管单位：河北省教育厅

主办单位：河北科技师范学院

主 编：杨越冬

主 任：邹德文

编辑出版：河北科技师范学院学报编辑部

电 话：0335-8076375

E-mail: ksxbyj@163.com

印刷单位：秦皇岛市昌黎文苑印刷有限公司

国内发行：河北科技师范学院学报编辑部

（河北秦皇岛，邮政编码：066004）

海外发行：中国国际图书贸易集团有限公司

国外发行代号 Q 462

Supervised by: Hebei Education Department

Sponsored by: Hebei Normal University of
Science & Technology

Editor-in-Chief: YANG Yuedong

Director: ZOU Dewen

Published by: Journal Editorial Department of
Hebei Normal University of
Science & Technology

Distributed Abroad by: China Interational Book
Trading Cprporation
(Code NO. Q462)

公开发行

国际标准连续出版物号 ISSN 1672-7983

国内统一连续出版物号 CN 13-1344/N

定价：10.00 元