

DOI: 10.13718/j.cnki.xdsk.2019.07.006

深绿木霉对青蒿的促生作用^①

伍晓丽^{1,2,3,4}, 谭 均^{1,2,3,4}, 崔广林^{1,2,3,4},
刘 飞^{4,5}, 李隆云^{1,2,3,4}

1. 重庆市中药研究院 种植研究所, 重庆 400065; 2. 重庆市中药良种选育与评价工程技术研究中心, 重庆 400065;
3. 重庆市中药资源学重点实验室, 重庆 400065; 4. 中国中医科学院中药资源中心重庆分中心, 重庆 400065;
5. 重庆市中药研究院 大健康中心, 重庆 400065

摘要: 为了研究深绿木霉对青蒿的促生作用, 用深绿木霉菌丝体和孢子分别施用于苗期和成株期的青蒿, 统计比较各项生长发育指标和生理指标. 结果表明: 与清水对照相比, 深绿木霉菌丝体和孢子均能显著促进青蒿幼苗生长, 但对大田成株青蒿没有显著促生作用. 深绿木霉适合作为青蒿苗肥, 部分替代化肥.

关键词: 深绿木霉; 青蒿; 促生作用

中图分类号: S476.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)07-0036-07

青蒿, 又名黄花蒿(*Artemisia annua*), 属菊科一年生草本植物, 是提取青蒿素的唯一原料药材^[1]. 青蒿素被世界卫生组织推荐为治疗疟疾的首选药物, 为人类防治疟疾做出了巨大贡献. 研究表明青蒿素除了具有抗疟作用外, 还能抗癌^[2-3], 抗白血病^[4], 抗寄生虫(日本血吸虫、弓形虫、肺孢子虫、球虫、锥虫等)^[5]等等. 目前, 青蒿主要靠人工栽培, 大量施用化肥导致土壤板结, 环境污染.

木霉菌是一种广泛存在于土壤、植物根际和叶面的腐生型真菌, 对多种植物病原真菌具有拮抗作用^[6-8]. 有的木霉对一些作物还有促生长作用^[9-13]. 因为木霉对植物的这些作用, 一些木霉被成功开发为微生物肥料和微生物农药, 占领了巨大的市场份额. 目前, 国内外已经有 50 多种木霉商品化制剂^[14].

本实验室从青蒿内生菌中分离出一株深绿木霉(*Trichoderma atroviride*), 前期研究表明其液体发酵菌丝体对青蒿幼苗有显著的促生长作用^[15]. 本研究用深绿木霉的发酵菌丝体和分生孢子施用于青蒿幼苗和大田成株, 进一步验证其对青蒿的促生作用, 为开发深绿木霉菌肥及减少青蒿种植中化肥施用奠定基础.

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试青蒿品种为本课题组保存: 药客佳 1 号、华立、渝青 2 号.

深绿木霉分离自青蒿内生真菌^[15].

1.2 深绿木霉产孢培养条件研究

采用以下方法培养深绿木霉分生孢子, 比较产孢效果, 筛选最佳产孢培养条件(表 1).

① 收稿日期: 2018-03-05

基金项目: 重庆市科委基本科研业务费计划项目(2016cstc-jbky-01913); 农业农村部国家中药材产业技术体系项目(CARS-21); 重庆市农委现代特色效益中药材产业技术体系建设项目(2018【5】号).

作者简介: 伍晓丽(1978-), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事植物内生真菌和病害绿色防控研究.

通信作者: 李隆云, 研究员.

表 1 深绿木霉产孢培养条件介绍

处理	培 养 条 件
1	深绿木霉试管种接种 PDB 液体培养基(土豆 200 g 切碎煮汁, 汁水去渣加葡萄糖 20 g, 定容至 1 L), 25 °C, 135 r/min 摇床振荡培养 5~7 d, 发酵产物置于 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
2	按照处理“1”进行液体发酵, 发酵产物用纱布滤出菌球装平皿, 置于 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
3	以碎玉米芯: 细木屑=1:1 为基质, 营养液(白糖 10 g/L+ CaSO ₄ ·2H ₂ O 10 g/L+MgSO ₄ ·7H ₂ O 1 g/L+KH ₂ PO ₄ 3 g/L+VB1 40 mg/L)浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
4	纯细木屑, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
5	纯麸皮, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
6	纯麦粒, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
7	细木屑: 麸皮=1:1 为基质, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
8	麸皮: 麦粒=1:1 为基质, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
9	细木屑: 麦粒=1:1 为基质, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
10	细木屑: 麦粒=10:1, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
11	细木屑: 麦粒=15:1, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h
12	细木屑: 麦粒=20:1, 清水浸泡过夜后挤干水分, 基质含水量 50%左右, 装罐头瓶, 灭菌冷却, 接种深绿木霉试管菌种后, 25 °C 培养, 光照/黑暗各 12 h

1.3 深绿木霉液体发酵菌丝体培养

将 4 °C 低温保存的试管菌种活化后接种到 PDA 固体培养基上, 置于 25 °C 培养箱培养, 间歇照光使其产生分生孢子. 加入无菌水配制分生孢子悬浮液, 用血球计数板计数, 无菌水稀释, 最终浓度为 1×10^8 个/mL. 取 1 mL 悬浮液于 100 mL PDB 液体培养基(250 mL 三角瓶), 置于 25 °C, 140 r/min 的摇床中培养. 约 6~7 d 后取出培养物, 纱布过滤去多余液体, 得到菌丝体, 用搅拌机搅拌均匀.

1.4 深绿木霉对青蒿生长的影响

1.4.1 深绿木霉对青蒿幼苗生长的影响

品种: 药客佳 1 号. 3 月播种青蒿于育苗格, 在苗生长至 10~15 cm 时分别用菌丝体(约 3 g/株)和分生孢子悬浮液(1 mL/株, 孢子浓度 1×10^8 个/mL)灌根, 部分苗 10 d 后分别用相同量菌剂第 2 次灌根, 以复合肥 100 mg/株 1 次和清水为对照. 3 个重复/处理, 20 株/重复. 第 2 次灌根 15~20 d 后统计植株相关生育指标和生理指标.

1.4.2 深绿木霉对青蒿成株生长的影响

(1) 深绿木霉不同施用量对青蒿成株生长的影响

品种: 药客佳 1 号. 3 月播种, 5 月移栽, 6 月初分别施用菌丝体 1 次(30 g/小区)和孢子悬浮液 1 次(50 mL/小区, 孢子浓度 1×10^8 个/mL), 部分苗 7 月初分别再施用同样量菌剂 1 次, 以复合肥 170 g/小区 2 次和清水为对照. 3 小区/处理, 10 株/小区, 随机区组排列. 8 月中、下旬收取青蒿, 统计相关生育指标.

(2) 深绿木霉对不同品种青蒿成株生长的影响

品种: 华立、渝青 2 号、药客佳 1 号. 3 月播种, 5 月移栽, 6 月初分别施用菌丝体 1 次(30 g/小区)和分生孢子悬浮液 1 次(50 mL/小区, 孢子浓度 1×10^8 个/mL), 7 月初分别再施用同样量菌剂 1 次, 以复合肥 170 g/小区 2 次和清水为对照. 3 小区/处理, 10 株/小区, 随机区组排列. 8 月中、下旬收取青蒿, 统计相关生育指标.

1.5 生理指标测定

可溶性蛋白质量分数测定: 考马斯亮蓝法^[16]

叶绿素质量分数测定: 丙酮提取法^[16]

可溶性总糖测定: 蒽酮比色法^[16]

青蒿素测定: 石油醚提取—高效液相色谱法

2 结果与分析

2.1 深绿木霉产孢培养条件比较

从表 2 可见, 10, 11, 12 号处理的孢子发生情况最好, 且均能持续生产数茬孢子. 但从减少麦粒用量, 节约成本角度出发, 以 11, 12 号处理为佳. 可以将细木屑: 麦粒 = 15~20: 1 作为深绿木霉菌肥孢子培养的基质.

表 2 深绿木霉产孢培养条件比较

处理	孢子生长情况
1	+++ 10 d 后, 液体表面长出厚厚一层分生孢子
2	+++ 5 d 后, 菌球表面长出一层分生孢子
3	+ 极少量孢子生长
4	+ 极少量孢子生长
5	+ 极少量孢子生长
6	+ 极少量孢子生长
7	+ 极少量孢子生长, 且孢子黄绿色, 不成熟
8	+ 极少量孢子生长, 孢子黄绿色, 不成熟
9	++ 少量孢子生长, 孢子成熟, 色泽深绿
10	+++ 孢子长势较好, 且在头茬孢子收获后, 继续培养, 还能再收获至少 1~2 茬孢子
11	++++ 孢子长势很好, 且在头茬孢子收获后, 继续培养, 还能再收获至少 1~2 茬孢子
12	++++ 孢子长势很好, 且在头茬孢子收获后, 继续培养, 还能再收获至少 1~2 茬孢子

注: +, ++, +++, +++++ 分别表示孢子不同的生长情况.

2.2 深绿木霉对青蒿幼苗生长的影响

从表 3 可见, 施用深绿木霉发酵菌丝体 1 次的幼苗各生长指标与清水对照差异不具有统计学意义; 施用菌丝体 2 次的处理其根粗、地上鲜质量、地上干质量、地下干质量、总鲜质量、总干质量均显著高于清水处理, 增加率分别达 10.72%, 60.89%, 43.59%, 22.22%, 53.25%, 40.63%, 且在这几个指标上与复合肥处理差异不具有统计学意义. 施用 2 次菌丝体的幼苗地上鲜质量、地上干质量、总鲜质量、总干质量均显著高于施用 1 次菌肥的苗, 增加率分别为 40.75%, 38.27%, 36.73%, 35.00%.

施用 1 次深绿木霉孢子的青蒿幼苗根粗、茎粗、株高、地上鲜质量、地上干质量、地下干质量、总鲜质量、总干质量均高于清水对照, 增加率分别为 11.80%, 11.02%, 21.66%, 44.99%, 53.85%, 83.33%, 38.51%, 59.38%. 且在根粗、茎粗、地上干质量、总鲜质量、总干质量方面与复合肥处理差异不具有统计学意义. 施用 2 次深绿木霉孢子的青蒿幼苗在根粗、茎粗、株高、地上鲜质量、地上干质量、地下干质量、总鲜质量、总干质量等指标上均高于清水对照, 其增加率分别为 13.14%, 8.14%, 21.11%, 38.31%, 46.15%, 27.78%, 33.99%, 42.71%, 且在根粗、茎粗、地上干质量、地下干质量、总干质量等方面与复合

肥差异不具有统计学意义。施用 1 次菌肥和 2 次菌肥的幼苗各生长指标的差异基本不具有统计学意义。

表 3 深绿木霉不同施用量对青蒿幼苗生长的影响

菌肥形态	处理	根粗/mm	茎粗/mm	根长/cm	株高/cm	地下鲜质量/g
菌丝体	复合肥对照	4.35±1.14a	4.72±0.99a	17.7±4.01b	40.93±9.31a	1.44±0.88a
	菌肥 1 次	3.79±0.92bc	3.9±0.84b	18.02±3.47b	33.92±8.77b	1.25±0.63a
	菌肥 2 次	4.13±1.25ab	4.14±1.12b	17.9±3.8b	35.46±11.94b	1.42±0.83a
	清水对照	3.73±0.82c	3.81±0.75b	19.51±3.52a	32.69±7.87b	1.23±0.65a
	处理	地上鲜质量/g	地上干质量/g	地下干质量/g	总鲜质量/g	总干质量/g
菌丝体	复合肥对照	11.81±6.14a	1.19±0.73a	0.22±0.15a	13.25±6.97a	1.41±0.87a
	菌肥 1 次	7.19±3.78b	0.81±0.43b	0.19±0.11ab	8.44±4.34b	1.00±0.54b
	菌肥 2 次	10.12±7.09a	1.12±0.81a	0.22±0.15a	11.54±7.87a	1.35±0.95a
	清水对照	6.29±3.14b	0.78±0.42b	0.18±0.11b	7.53±3.73b	0.96±0.52b
菌肥形态	处理	根粗/mm	茎粗/mm	根长/cm	株高/cm	地下鲜质量/g
分生孢子	清水对照	3.73±0.82b	3.81±0.75b	19.51±3.52a	32.69±7.87c	1.23±0.65a
	菌肥 1 次	4.17±0.79a	4.23±0.76a	17.79±3.53b	39.77±9.51b	1.31±0.56a
	菌肥 2 次	4.22±0.92a	4.12±0.74a	18.47±3.92ab	39.59±8.35b	1.39±0.67a
	复合肥对照	4.27±1.1a	4.35±0.91a	17.67±3.59b	45.31±9.38a	1.32±0.72a
	处理	地上鲜质量/g	地上干质量/g	地下干质量/g	总鲜质量/g	总干质量/g
分生孢子	清水对照	6.29±3.14c	0.78±0.42b	0.18±0.11b	7.53±3.73c	0.96±0.52c
	菌肥 1 次	9.12±4.59ab	1.2±0.52a	0.33±0.23a	10.43±4.96ab	1.53±0.69a
	菌肥 2 次	8.7±4.3b	1.14±0.59a	0.23±0.13b	10.09±4.9b	1.37±0.71a
	复合肥对照	10.63±5.42a	1.3±0.73a	0.21±0.14b	11.95±6.08a	1.51±0.86a

从表 4 可见,不同施用量菌丝体对青蒿幼苗各生理指标均没有显著提高;施用 1 次孢子对叶片叶绿素 b 和总叶绿素质量分数有显著提高;施用 2 次孢子对叶片叶绿素 a 和总叶绿素质量分数有显著提高。

表 4 深绿木霉不同施用量对青蒿幼苗各生理生化指标的影响

植株部位	菌肥形态	处理	可溶性蛋白质量 分数/(mg·g ⁻¹)	叶绿素 a 质量 分数/(mg·kg ⁻¹)	叶绿素 b 质量 分数/(mg·kg ⁻¹)	总叶绿素质量 分数/(mg·kg ⁻¹)	可溶性总糖/ %
茎	菌丝体	清水	4.06±0.61a	/	/	/	19.96±2.34a
		菌肥 1 次	4.77±0.13a	/	/	/	26.09±6.86a
		菌肥 2 次	4.4±0.32a	/	/	/	26.7±8.86a
		复合肥	3.75±0.52a	/	/	/	28.16±1.14a
	孢子	清水	4.08±0.34a	/	/	/	24.17±4.23a
		菌肥 1 次	1.31±0.42c	/	/	/	24.69±2.37a
		菌肥 2 次	4.99±0.7a	/	/	/	29.1±3.07a
		复合肥	2.46±0.52b	/	/	/	35.19±19.96a
叶	菌丝体	清水	3.23±0.15a	3.01±0.09b	0.74±0.01a	3.74±0.1ab	30.93±0.6a
		菌肥 1 次	3.4±0.44a	3.12±0.14ab	0.16±1.18a	3.29±1.07b	31.62±4.05a
		菌肥 2 次	2.01±0.19b	3.34±0.52ab	0.77±0.15a	4.11±0.67ab	28.44±6.61a
		复合肥	3.37±0.08a	3.8±0.5a	1.06±0.15a	4.85±0.66a	28.85±5.93a
	孢子	清水	2.87±0.12a	2.45±0.1b	0.55±0.02b	2.99±0.12b	44±4.78a
		菌肥 1 次	3.45±0.19a	2.74±0.18ab	0.63±0.03a	3.37±0.22a	33.72±7.55b
		菌肥 2 次	2.76±0.64b	2.86±0.15a	0.57±0.04b	3.43±0.18a	36.53±3.95ab
		复合肥	3.24±0.06a	2.82±0.11a	0.67±0.01a	3.48±0.12a	30.14±2.75b

2.3 深绿木霉对大田成株青蒿生长的影响

从表 5 可见, 施用深绿木霉菌丝体 1 次对青蒿植株的生长没有影响, 施用 2 次对地下干质量有显著提高; 施用深绿木霉孢子 1 次和 2 次对青蒿植株的生长均没有影响, 施用深绿木霉对于叶产量和青蒿素百分比没有显著影响。

表 5 深绿木霉不同施用量对大田青蒿成株生长的影响

菌肥形态	处理	株高/	根粗/	茎粗/	地下干质量/	地上干质量/	单株干叶产量/	青蒿素百分比/
		cm	mm	mm	g	g	g	%
菌丝体	菌肥 1 次	201.17±8.16b	24.76±4.18b	19.31±5.14b	94.5±36.45b	531.25±173.62a	94.17±51.38b	0.93±0.1a
	菌肥 2 次	221.33±21.42a	29.41±4.47a	24.13±2.43a	142.67±27.78a	776.32±138.95a	110.82±26.52b	0.8±0.11a
	清水	206±15.75ab	27.47±2.47ab	22.5±2.76ab	120.17±35.24b	594.32±315.14a	96.69±47.04b	0.94±0.1a
	复合肥	209.17±14.29ab	28.78±3.99ab	25.77±3.84a	185.17±56.21a	782.07±315.65a	185.49±24.36a	0.89±0.12a
孢子	菌肥 1 次	212.67±11.98a	27.3±1.78a	21.92±1.56a	120.5±30.72a	516.9±165.41b	89.21±19.4b	0.8±0.02ab
	菌肥 2 次	204.17±19.08a	24.49±6.86a	20.68±5.15a	114.67±56.81a	521.28±313.82b	70.54±76.66b	0.89±0.08a
	清水	218.83±16.68a	23.97±2.37a	20.23±2.91a	148.83±66.69a	515.2±167.43b	91.89±62.68b	0.92±0.23a
	复合肥	214.83±20.52a	27.51±3.71a	23.35±2.9a	176.83±100.76a	714.2±303.3a	176.27±70.18a	0.54±0.22b

从表 6 可见, 施用深绿木霉孢子对渝青 2 号各指标没有显著影响; 对华立根粗、茎粗、株高、地下干质量有显著提高; 对药客佳 1 号的根粗有显著提高。施用深绿木霉菌丝体对 3 个品种各指标没有显著影响。施用深绿木霉对 3 个品种青蒿成株干叶产量和青蒿素百分比没有显著影响。

表 6 深绿木霉对不同品种大田成株青蒿生长的影响

菌肥形态	品种	处理	株高/	根粗/	茎粗/	地下干质量/	地上干质量/	单株干叶产量/	青蒿素百分比/
			cm	mm	mm	g	g	g	%
菌丝体	渝青二号	复合肥	227.5±25.64a	28.52±6.65a	24.2±3.43a	148.17±60.12a	812.78±363.65a	165.79±61.42 a	0.96±0.2a
		清水	202.5±30.62a	23±3.32a	21.4±2.99a	135.33±34a	544.52±147.25a	50.18±11.72 b	0.69±0.33a
		菌肥 2 次	203.33±13.66a	27.65±4.88a	23.08±3.07a	160±102.81a	778.75±289.7a	62.00±11.32 b	0.86±0.12a
	华立	复合肥	208±10.37a	25.74±4.39a	22.97±5.65a	107.4±45.51a	914.4±405.61a	167.75±24.48 a	0.73±0.31a
		清水	189.67±18.62a	18.85±4.12a	16.05±2.11b	56.5±24.12a	372.53±147.53b	90.33±29.74 b	1.08±0.32a
		菌肥 2 次	187.33±18.02a	21±7.76a	16.56±4.82b	65.5±54.26a	485.22±330.66b	98.46±44.55 b	1.02±0.12a
	药客佳 1 号	复合肥	214.5±8.69a	29.37±2.44a	24.18±2.5a	158.17±47.13ab	719.22±280.81a	110.27±26.54 a	0.74±0.07a
		清水	207±13.96a	23.55±3.36b	21.6±2.98a	125.4±27.72a	562.84±166.08a	67.02±31.26 a	0.7±0.2a
		菌肥 2 次	202.5±26.03a	23.65±2.15b	21.41±2.4a	106.67±42.7b	523.53±167.34a	75.15±32.45 a	0.77±0.07a
孢子	渝青二号	复合肥	211.33±13.29a	28.01±8.89a	23.96±3.48a	189.67±51.2a	829.85±287.87a	85.92±25.63 a	0.93±0.05a
		清水	205.83±14.29a	25.26±2.4a	20.9±1.76b	100.33±23.1b	511.83±79.99b	54.78±14.72 a	1.07±0.03a
		菌肥 2 次	206.33±25.19a	23.76±4.73a	20.11±2.48b	96.83±49.75b	430.7±148.48b	73.10±13.59 a	1.07±0.05a
	华立	复合肥	189.67±18.73a	26.86±4.27a	18.95±1.7a	74.33±22.11a	661.45±145.1a	137.41±49.61 a	0.94±0.18a
		清水	164±16.96b	17.41±2.65b	12.9±1.81b	39.67±14.9b	301.15±184.27b	84.44±10.43 b	0.92±0.14a
		菌肥 2 次	192.83±18.42a	24.24±1.35a	19.89±1.64a	97.83±33.71a	449.78±146.27b	74.30±26.12 b	0.59±0.23b
	药客佳 1 号	复合肥	217.83±27.49a	30.03±2.85a	23.78±1.49a	188.5±37.01a	806.35±283.04a	132.56±14.97 a	0.9±0.06a
		清水	187.17±12.27b	23.14±3.19b	19.81±1.97b	108.17±31.88b	364.88±131.22b	71.41±35.54 b	0.83±0.04a
		菌肥 2 次	186.33±14.71b	25.24±5.45a	18.24±2.82b	87.5±38.05b	322.13±133.88b	65.30±20.21 b	0.82±0.01a

3 结论与讨论

目前, 国内在木霉对植物促生作用方面的研究比较多, 哈茨木霉、长枝木霉、钩状木霉等均对某些作

物有一定的促生作用^[9-11]。有研究表明,深绿木霉孢子对禾本科和豆科牧草、小麦、黄瓜有提高种子发芽率和促进生长的作用^[12-13]。

本研究表明,深绿木霉对青蒿幼苗也有显著的促生作用,但其促生效果受木霉制剂剂型、施用量、施用时期等多种因素影响。深绿木霉发酵菌丝体对药客佳 1 号品种青蒿幼苗的生长,无论是地上还是地下部分的干物质积累均有促进作用,但必须达到一定的施用剂量才能有明显效果。而深绿木霉孢子对青蒿苗的生长也有促生作用,且一些生长指标也与复合肥没有显著差异,但没有剂量效应,1 次菌肥和 2 次均能显著促进青蒿苗生长。可见,孢子比菌丝体更适合作为青蒿苗的苗肥,因为孢子不存在剂量效应,且更容易大规模生产,适合长期储藏和运输。

由于发现深绿木霉孢子和菌丝体对青蒿幼苗有促生作用,因此笔者进一步对深绿木霉对青蒿成株的促生作用进行了研究,并比较了对不同品种成株青蒿的促生效果,结果发现无论是孢子还是菌丝体对青蒿成株均没有显著促生作用。笔者之前对深绿木霉发酵菌丝体和孢子对不同播种时期青蒿幼苗生长的影响进行了研究,发现发酵菌丝体在 4-5 月对青蒿幼苗有促生作用,对 7 月以后的幼苗(注:6 月播种)均没有促生作用^[15]。而本研究也发现,深绿木霉菌丝体和孢子对 5 月的苗有促生作用(施用菌肥在 4-5 月),对大田成株没有促生作用(施菌肥在 6-7 月),推测其原因可能是由于季节温度和湿度对深绿木霉活力的影响。本地 4-5 月气温适宜,雨量丰沛,土壤温度和湿度都适合深绿木霉生长,而 7-8 月是(35~40)℃的连晴高温,土壤干燥,深绿木霉菌可能脱水死亡,失去活性。

因此,深绿木霉适合在 4-5 月施用,作为青蒿苗肥;如果施用于大田成株青蒿,应配合化肥,即在中温多雨的 5 月施用深绿木霉,在高温干燥的 7 月施用化肥,这样菌肥和化肥优势互补,减少化肥的用量。

目前,深绿木霉孢子培养基一般有纯麦麸、麦麸+泥土、纯麦粒、玉米渣+稻壳+稻草粉+麦麸等^[13,17]。本研究发现,纯麦粒不能大量产生分生孢子,估计是由于碳氮比不合适。因为深绿木霉对纤维素降解利用能力不强,麸皮、玉米芯、木屑产孢效果也不好,本研究采用细木屑与麦粒的组合,大量加入木屑可以降低培养基成本,麦粒中的淀粉可为木霉提供充足养分,保证其可以长出多批健壮的分生孢子,提高培养基利用效率。此外,生产上制作菌肥,在麦粒粉碎后,麦粉可以为深绿木霉分生孢子在土壤中萌发生长提供充足的养分,利于木霉充分发挥其促生抗病作用。但是,木屑和麦粒的比例要控制在一定范围,否则碳氮比不合适,也不能产孢。

参考文献:

- [1] 卢珊珊,吴兰鸥,杨照青.青蒿素类药物与其他药物配伍治疗疟疾的研究进展[J].中国病原生物学杂志,2009,4(3):232-235,239.
- [2] CHEN H. Inhibition of Human Cancer Cell Line Growth and Human Umbilical Vein Endothelial Cell Angiogenesis by Artemisinin Derivatives in Vitro [J]. Pharmacological Research, 2003, 48(3): 231-236.
- [3] POSNER G H, NORTHROP J, PAIK I H, et al. New Chemical and Biological Aspects of Artemisinin Derived Trioxane Dimmers [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2002, 10(1): 227-232.
- [4] 陈伟,王玲,杜苑苑,等.双氢青蒿素人对急性髓系白血病 HL-60 细胞凋亡的诱导作用[J].广东医学,2011,32(13):1641-1643.
- [5] 张婷,赵旭,桑晓宇,等.青蒿素及其衍生物抗寄生虫药理作用研究进展[J].动物医学进展,2017,38(10):98-102.
- [6] 吴琳,黄华平,杨腊英,等.拮抗香蕉枯萎病镰刀菌木霉菌株的分离筛选[J].热带作物学报,2010,31(1):106-110.
- [7] 高智谋,曹君,潘月敏,等.哈茨木霉 TH-1 对棉花枯萎病菌和黄萎病菌的拮抗机制研究[J].棉花学报,2007,19(3):168-172.
- [8] 纪明山,李博强,陈捷,等.绿色木霉 TR-8 菌株对尖镰孢的拮抗机制[J].中国生物防治,2005,21(2):104-108.
- [9] 赵兴丽,陶刚,赵玳琳,等.钩状木霉(*Trichoderma hamatum*)ACCC31649 的 GFP 标记及其对辣椒的定殖和促生作用[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1276-1285.
- [10] 景芳.生防菌长枝木霉 T6 发酵条件优化、剂型研制及促生防病作用研究[D].兰州:甘肃农业大学,2016.
- [11] 曾华兰,叶鹏盛,李琼芳,等.哈茨木霉 T23 对花生的促生增产作用[J].云南农业大学学报,2005,20(1):145-146.

- [12] 程玲娟. 深绿木霉对牧草促生作用及其作用机制研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [13] 王 芳. 深绿木霉的拮抗机理、促生作用及制剂加工研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.
- [14] 宋晓妍, 孙彩云, 陈秀兰, 等. 木霉生防作用机制的研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(6): 20-25.
- [15] 伍晓丽, 崔广林, 刘 飞, 等. 青蒿内生真菌分离、分子鉴定及深绿木霉对青蒿的促生作用研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26(1): 56-64.
- [16] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [17] 杨力凡. 深绿木霉 *Trichoderma atroviride* 生物菌肥的研制及对油菜菌核病、根肿病的生物防治 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.

Promoting Effects of *Trichoderma atroviride* on *Artemisia annual* Growth

WU Xiao-li^{1,2,3,4}, TAN Jun^{1,2,3,4}, CUI Guang-lin^{1,2,3,4},
LIU Fei^{4,5}, LI Long-yun^{1,2,3,4}

1. Institute of Material Medical Planting, Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China;
2. Chongqing Engineering Research Center for Fine Variety Breeding Techniques of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China;
3. Chongqing Key Laboratory of Chinese Medicine Resources, Chongqing 400065, China;
4. Chongqing Sub-center of National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Science, Chongqing 400065, China;
5. Health Center, Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China

Abstract: The mycelia and spores of *Trichoderma atroviride* were applied to young and adult *Artemisia annual* plants, and the development indexes and physiological indexes of *A. annual* were recorded. The result showed that compared with the control (water treatment), both mycelia and spores of *T. atroviride* significantly promoted the growth of young *A. annual* plants grown in the field, while no significant growth-promoting effect was detected on the adult plants. It is, therefore, concluded that *T. atroviride* can be used at the seedling stage of *A. annual* to replace part of chemical fertilizers.

Key words: *Trichoderma atroviride*; *Artemisia annual*; growth-promoting effect

责任编辑 夏 娟

