

桉树林地中捕食线虫真菌的多样性研究^{*}

杨浩然¹, 杨东升², 周峻沛², 莫明和²

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083;

2. 云南大学 生物资源保护与利用重点实验室培育基地, 云南 昆明 650091)

摘要: 从 2004~2005 年采自文山桉树林的 420 份土样中共鉴定出 4 属、18 种捕食线虫真菌. *Arthrobotrys thaumasium*, *A. oligospora* 为优势种, 检出率分别为 25.40% 和 21.21%. 通过对 2 个桉树林样地及其对照地 2 a 的捕食线虫真菌多样性分析, 未发现桉树种植短期内对捕食线虫真菌多样性有明显的负面影响. 通过对桉树林及其对照地土壤中 2 a 的土壤营养测定和比较, 发现桉树林地土壤中的 N, P, K 和有机质含量的下降幅度大于对照地, 桉树种植容易导致土壤贫瘠. 相邻地段中捕食线虫真菌群落结构非常相似, 变化不大; 而随着时间的推移, 相同地段环境中捕食线虫真菌的群落结构在不断地变化. 桉树林中捕食线虫真菌多样性与 N, P, K 和有机质含量均成正相关关系.

关键词: 捕食线虫真菌; 真菌多样性; 桉树

中图分类号: Q 938.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-7971(2008)01-0101-08

桉树林在云南省广泛种植, 是云南省具有代表性的经济人工林. 桉树原产澳洲和印尼, 因其具有速生、丰产、抗性好、耐瘠薄、干形好且用途广泛等特点而被世界各国广泛引种和种植, 主要是生长在热带和亚热带地区. 目前, 桉树已成为世界三大造林树种(松、桉、杨)之一, 我国于 20 世纪五六十年代大量引入桉树, 到 2003 年, 种植面积已有 154 万 hm^2 , 云南省有 14.3 万 hm^2 . 桉树引种成功, 虽给当地带来了新的经济增长点, 但随着大面积营造桉树人工林, 产生了一些负面影响, 其社会效益、生态效益问题日益得到重视. Shive 和 Bandyopadhyay^[1] 研究了印度 Karnataka 地区的桉树人工林后认为, 桉树在该地区的种植, 并没有带来良好的社会效益, 对该地区的生态反而产生不良影响, 而林业部门却持相反观点, 由此引发的争论一直持续到现在. 目前, 此问题在学术界引发了诸多争论, 争论的焦点是桉树人工林的生态问题: ① 桉树林过度消耗养分和水分; ② 桉树林减少生物多样性; ③ 桉树林生态稳定性差. 反对者认为: 桉树对土壤有毒害作用, 抑制了其它植物的生长, 使生物多样性大

大减少. 支持者认为: 桉树是一个对贫瘠和干燥气候具有显著进化适应性的树种, 不可能消耗过多的养分和水分, 只要种植管理得当, 适当进行混交林等方法, 可以使桉树在其发挥经济作用、保持水土, 绿化荒山等的同时, 对生态环境的保护、生物多样性的丰富方面还可以起到积极作用.

捕食线虫真菌(Nematode-trapping fungi)是一类以营养菌丝特化形成捕食器(capturing device)捕食线虫的真菌^[2], 在土壤中广泛存在, 是自然界中控制线虫种群数量变化的重要生物因子. 尽管对这类真菌在各种生态环境中(如自然森林, 农业土壤, 水体环境, 荒破, 草地等)的生物多样性已有广泛研究, 但对人工林下这类真菌分布特征的研究鲜有报道. 本文研究桉树林土壤中捕食线虫真菌物种多样性, 并结合探讨种植人工林后对捕食线虫真菌多样性产生的影响, 探讨桉树林对这类真菌的分布是否产生负面影响.

1 材料与方法

1.1 样点描述及土样采集 在云南文山共采集了

* 收稿日期: 2007-02-10

基金项目: 国家 973 计划前期研究专项课题资助(2007CB116310).

作者简介: 杨浩然(1987-), 男, 云南人, 本科生, 主要从事土壤微生物生态学方面的研究.

通讯作者: 莫明和(1970-), 男, 贵州人, 博士, 教授, 主要从事生防微生物方面的研究.

7 个样地的样品,其中包括 2 个对照点.文山 1 号样地(简称“文梭 I”,海拔 1 467 m, 103. 917 15°E, 23. 563 11°N)和文山 2 号样地(简称“文梭 II”,海拔 1 459 m, 103. 935 60°E, 23. 558 31°N)为 5 年生梭树林,种植梭树前为菜地.1 年生梭树样地(简称“文梭 1”,海拔 1 464 m, 23. 532 33°E, 23. 323 13°N),3 年生梭树样地(简称“文梭 3”,海拔 1 485 m, 23. 521 33°E, 23. 845 45°N)和 7 年生梭树样地(简称“文梭 7”,海拔 1 476 m, 23. 642 35°E, 23. 654 22°N)在种植梭树前为荒坡.为了比较种植梭树后土壤微生物的变化,在文梭 I 和文梭 II 梭树林环绕的耕作地中选取对照土样,其中文梭 I 的对照地为玉米地(简称“文梭 ICK”),文梭 II 的对照的为花生地(简称“文梭 II CK”).在种植梭树前,这一区域全为耕作地.2004 年 5 月采集全部样点的土样,2005 年 5 月再次采集文梭 I、文梭 II 及其对照样地土样.

样品采集方法:随机采样,取梭树根际土,去除表层杂物,取距地表 3~10 cm 的土壤,每份土样 10~20 g,装入封口塑料袋.每个样地各采集 60 份土样,2 a 共采集土样 660 份.

1.2 捕食线虫真菌的分离和鉴定 在 CMA 培养基(玉米粉 20 g,琼脂 18 g,水 1000 mL)平板上撒入 1 g 土样,每个平板加入线虫 5 000 条左右以诱导捕食线虫真菌的产生,每个土样 3 个重复,培养 2~3 周后开始镜检和分离捕食线虫真菌.捕食线虫真菌的鉴定根据真菌形态学特征采用 Li 等^[3]的分类系统进行鉴定.

1.3 土壤线虫数量的测定 对一个样地的土样在完成捕食线虫真菌的分离后,将土样全部混合均匀,然后取出 100 g 混合土样,用漏斗分离法分离线虫,计算出每 100 g 土样中的线虫数,每个位点 3 个重复.

1.4 土壤有机质, N, P, K 含量测定 土壤营养含量测定由云南大学实验中心根据以下标准测定并提供数据:土壤有机质含量根据国家标准(GB7857—87)^[4]进行测定;土壤总氮含量根据国家标准(GB7173—87)^[5]测定;土壤全磷含量根据国家标准(GB9836—88)^[6]测定;土壤全钾含量根据国家标准(GB7852—87)^[7]测定.

1.5 真菌多样性分析方法 群落相似性指数(S')= $2C/(A+B)$ ^[8].其中, A, B 分别为样点 A, B 的物种数, C 为 2 样点共有的物种数.

检出率(OF) = 某一物种的个体数/样点中所

有物种的个体数×100%.

$$\text{物种多样性指数}(H') = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i^{[9]}. \text{其}$$

中, $P_i = \frac{N_i}{N}$, N_i 为第 i 种的数量, N 为所有种的数量, S 为采样点的物种.

2 结果与讨论

2.1 文山梭树林土壤中的捕食线虫真菌种类 检测了 2 a 中采自文山文梭 I、文梭 II 及其对照地的 480 份土样中捕食线虫真菌物种出现情况,从中分离、鉴定出 18 种捕食线虫真菌,其中 *Arthrobotrys* 属 11 个种, *Drechalerella* 属 1 个种, *Dactylella* 属 1 个种, *Dactylellina* 属 3 个种, *Stylopage* 属 2 个种.在所有分到的捕食线虫真菌中(包括来自对照地的种类), *A. thaumasium*, *A. oligospora*, *Da. elliposporum* 为优势种,检出率(OF)分别为 30%, 28% 和 14%.

从梭树林的 420 份土壤中(包括文梭 I、文梭 II 2 a 的 240 份及文梭 1、文梭 2、文梭 3 的 180 份)分离、鉴定出 16 种捕食线虫真菌(表 1),其优势种为 *A. thaumasium* 和 *A. oligospora*, OF 分别为 25.40% 和 21.21%,其中以粘性网捕食线虫的种类最多,共 9 种,占分离种类的 75%.从对照样地中鉴定出 18 种捕食线虫真菌(表 2),其中以粘性网捕食线虫的种类最多,共 10 种,占分离种类的 55.6%.

在分离到的种类中,有 15 种捕食线虫真菌既分布在梭树林又分布在对照样地的土壤中,占总数 83.3%.

Gray^[10]和 Persmark^[11]等的研究结果认为,产粘性菌网的捕食线虫真菌对环境中的营养依赖性较小,生长速度快,腐生能力强,比较适应环境,所以产粘性菌网的捕食线虫真菌在调查的区域中分布最多.本研究表明这类真菌在梭树林土壤中的分布占绝对优势,符合产生粘性菌网的种类是捕食线虫真菌优势种类的普遍规律.

2.2 文山梭树林与其对照样地中捕食线虫真菌的多样性及群落相似性 文山梭树林与其对照样地中的物种多样性指数(H')分别为:1.91(文梭 I, 2004 年), 2.04(文梭 I CK, 2004 年), 2.00(文梭 II, 2004 年), 1.94(文梭 II CK, 2004 年), 1.91(文梭 I, 2005 年), 2.09(文梭 I CK, 2005 年), 1.86

(文桉 II, 2005 年), 1.77(文桉 II CK, 2005 年).

表 1 云南文山桉树林土壤中的捕食线虫真菌多样性

Tab. 1 Diversity of NTF from the soils of eucalyptus plantations in Wenshan, Yunnan

种名	第 i 种的个体数				检出率/%
	文桉 I (2004 年)	文桉 II (2004 年)	文桉 I (2005 年)	文桉 II (2005 年)	
<i>A. conoides</i>	3	14	12	5	4.91
<i>A. elegans</i>	13	5			2.59
<i>A. gephyropaga</i>	12	3		3	2.59
<i>A. musiformis</i>	3		7		1.44
<i>A. oligospora</i>	40	37	48	22	21.21
<i>A. sinesne</i>		5	3	1.15	
<i>A. sphaeroides</i>	3	16	7	7	4.76
<i>A. thaumasium</i>	59	41	43	33	25.40
<i>A. vermicola</i>	20	33			7.65
<i>D. clavata</i>	3	2		2	1.01
<i>Da. candidum</i>	12	4	11	17	6.35
<i>Da. drechsler</i>	58				8.37
<i>Da. ellipsosporum</i>	58	8	4	5	10.82
<i>Dr. dactyloides</i>		2	2	0.58	
<i>S. dadra</i>		6			0.87
<i>S. sp</i>				2	0.29
<i>N</i>	292	169	149	100	
<i>H'</i>	1.91	2.00	1.91	1.86	

A.: *Arthrobotrys*; *Da.*: *Dactylellina*; *Dr.*: *Drechslerella*; *S.*: *Stylopaga*; *N*: 所有种的个体数; *H'*: 多样性指数

图 1 显示了文山 2 样点及其对照地 2 年来捕食线虫真菌多样性的变化情况. 文桉 I 样地的捕食线虫真菌多样性稍低于其对照样地. 样点文桉 I 中 2004, 2005 年的捕食线虫真菌的多样性指数都为 1.91, 没有变化. 横向比较, 尽管都略小于对照样地的同期水平, 但纵相比较时无变化, 说明短期内桉树种植对捕食线虫真菌分布无负面影响.

样点文桉 II 中, 2 a 的调查结果显示捕食线虫真菌多样性指数都高于其对照样地. 其对照地为被桉树林包围在其中的一块面积约 0.13 hm² 的花生地. 尽管该样点 2005 年的真菌多样性数值比 2004 年的低, 但对照样地的情况亦是如此. 也不能说明桉树种植对捕食线虫真菌分布有负面影响.

通过对各样点间捕食线虫真菌群落相似性的分析, 结果(表 3)显示群落相似值最高的是文桉 I (2005 年)与其对照地文桉 I CK(2005 年)之间, 文桉 II (2004 年)与其对照地文桉 II CK(2004 年)之间, 相似值均高达 0.96. 其次分别为文桉 I 及其对照地之间, 文桉 I (2004 年)与其对照地文桉 I CK (2004 年)之间, 文桉 II (2005 年)与其对照地文桉 II CK(2005 年)之间, 相似值依次为 0.85 和 0.81. 而同一样地中捕食线虫真菌在 2004 年和 2005 年间的群落相似值相对较低. 此结果充分表明相邻地段的捕食线虫真菌群落结构非常相似, 变化不大; 随着时间的推移, 相同地段环境中捕食线虫真菌的群落结构也在不断地变化.

表 2 云南文山桉树林对照样点土壤中的捕食线虫真菌多样性

Tab.2 Diversity of NTF from the soils of control sites against to eucalyptus plantations in Wenshan, Yunnan

种名	第 i 种的个体数				检出率/%
	文桉 I CK (2004 年)	文桉 II CK (2004 年)	文桉 I CK (2005 年)	文桉 II CK (2005 年)	
<i>A. conoides</i>	13	4	10	18	5.59
<i>A. elegans</i>	27	4			3.85
<i>A. gamposporum</i>	3			2	0.62
<i>A. gephyropaga</i>	5	3			0.99
<i>A. musiformis</i>	4	1	9	5	2.36
<i>A. oligospora</i>	50	13	31	47	17.52
<i>A. sphaeroides</i>		4	9	7	2.48
<i>A. superba</i>	4				0.49
<i>A. thaumasium</i>	60	56	34	45	24.22
<i>A. vermicola</i>	33	32			8.07
<i>D. clavata</i>	14	4			2.24
<i>Da. candidum</i>	20	2	6		3.48
<i>Da. drechsler</i>	55	15			8.7
<i>Da. ellipsosporum</i>	60	54	7	9	16.15
<i>Da. letospora</i>		4	3		0.87
<i>Dr. dactyloides</i>		5	2		0.87
<i>S. dadra</i>	5	6			1.37
<i>S. sp</i>				1	0.12
<i>N</i>	423	198	121	143	
H'	2.04	1.94	2.09	1.77	

A. : *Arthrobotrys*; Da. : *Dactylellina*; Dr. : *Drechslerlla*; S. : *Stylopage*; N: 所有种的个体数; H' : 多样性指数

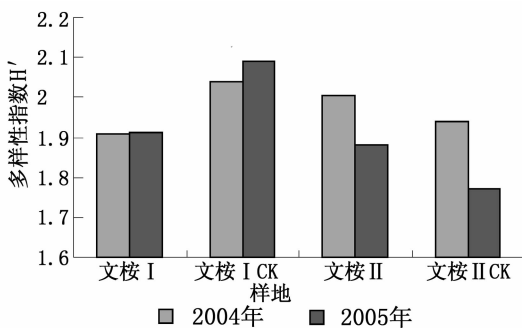


图 1 文山桉树林及其对照样地中捕食线虫真菌的多样性

Fig. 1 Diversities of nematode - trapping fungi in eucalyptus plantations and their control sites

Hardi^[12]认为在桉树林下微生物的多样性呈下降态势. 本研究综合 2 a 的调查结果, 初步认为在 4 年生和 5 年生的桉树林中, 捕食线虫真菌多样性没有明显的变化, 桉树种植对这类真菌的负面影响没有体现出来. 至于 5 a 后的情况如何有待进一步的跟踪调查. 缪作清等^[13]研究了果树林中捕食线虫真菌的变化情况, 认为当果树树龄到达一定年限后其根际环境就会比较稳定, 其周围的捕食线虫真菌种类和数量也会趋于稳定. 在桉树林土壤中捕食线虫真菌是否也存在这样的趋势是本研究下一步研究兴趣之一.

表 3 文山桉树与对照样地的捕食线虫真菌群落相似性指数

Tab. 3 Similarity indices of nematode-trapping fungi communities in the soil of eucalyptus plantations and their control sites in Wenshan

样点	群落相似性指数(S')			
文桉 I (2004 年)	—	0.85	0.67	0.67
文桉 I CK(2004 年)	—	0.52	0.42	
文桉 I (2005 年)		—	0.96	
文桉 I CK(2005 年)			—	
文桉 II (2004 年)	—	0.96	0.60	0.47
文桉 II CK(2004 年)		—	0.67	0.44
文桉 II (2005 年)			—	0.81
文桉 II CK(2005 年)				—

2.3 不同树龄桉树林中捕食线虫真菌的多样性

通过对采自文山不同树龄桉树林土样的分离、鉴定,获得了捕食线虫真菌在这些人工林中的分布情况.结果(表 4)显示:从 1 年生桉树林的土样中共分离到 10 种捕食线虫真菌,其中 *Arthrobotrys* 属 7 个种,

Dactylella 属 3 个种, *Drechalerella* 属 1 个种. 优势种是 *A. oligospora*, 其 OF 值为 19.6%, H' 为 2.08.

从 3 年生桉树林的土样中分离了 8 种捕食线虫真菌,其中属于 *Arthrobotrys* 属 4 个种, *Dactylella* 属 3 个种, *Drechalerella* 属 1 个种. 优势种是 *A. thau-*

表 4 不同树龄桉树林土壤中捕食线虫真菌的物种多样性

Tab. 4 Diversities of nematode-trapping fungi in the soil of plantations with different aged eucalyptus

种名	第 i 种的个体数			检出率/%
	文桉 1	文桉 3	文桉 7	
<i>A. conoides</i>	23	11	2	10.37
<i>A. elegans</i>	17	8	10	10.01
<i>A. gamposporum</i>	1			0.29
<i>A. indicum</i>	1			0.29
<i>A. oligospora</i>	30	33	11	21.32
<i>A. thaumasium</i>	24	49	21	27.09
<i>A. superba</i>	2		3	1.45
<i>Da. candidum</i>	17	6	8	8.93
<i>Da. ellipsosporum</i>	10		19	8.36
<i>Da. leptospora</i>	21	1	5	7.78
<i>Da. lysi pagum</i>		1		0.29
<i>Dr. dactyloides</i>	8	6		4.04
N	153	115	79	
H'	2.08	1.63	1.86	

A: *Arthrobotrys*; Da: *Dactylellina*; Dr: *Drechlerella*; S: *Stylopage*; N: 所有种的个体数; H' : 多样性指数

masium, 其 OF 值为 42.6%, H' 为 1.63.

从 7 年生桉树林的土样中分离了 8 种捕食线虫真菌, 其中属于 *Arthrobotrys* 属 5 个种, *Dactylella* 属 3 个种. 优势种是 *A. thaumasium*, 其 OF 值为 26.6%, H' 为 1.86.

2.4 土壤营养状况分析 测定了文山桉树林及其对照样地 2004~2005 年的土壤营养状况, 包括 N, P, K 及有机质质量分数. 结果(表 5)显示桉树林土壤中的这 4 种营养成分均低于其相应的对照样地, 如样地文桉 I (2004 年)的 N, P, K 及有机质质量分数分别为 0.13%, 0.09%, 0.34% 和 3.20%; 而其对照地文桉 I CK(2004 年)的 N, P, K 及有机质含量稍高, 分别为 0.15%, 0.11%, 0.42% 和 4.43%. 样地文桉 II 的情况也是如此, 其 2004 年 N, P, K 及有机质质量分数分别为 0.14%, 0.11%, 0.32% 和 3.36%. 对照地文桉 II CK(2004 年)的 N, P, K 及有机质质量分数稍高, 分别为 0.16%, 0.13%, 0.45% 和 3.96%. 这一趋势在 2005 年的调查中也如此, 即桉树林土壤的营养状况略低于其对照地, 说明桉树种植容易导致土壤贫瘠化.

比较同一样地 2004 年和 2005 年的营养状况, 发现各样地 2005 年的土壤营养水平低于 2004 年的营养水平, 即整个采样点的土壤营养呈下降趋势. 如文桉 I (2004 年)的 N, P, K 及有机质质量分数分别由 0.13%, 0.09%, 0.34% 和 3.20% 下降到 2005 年的 0.08%, 0.05%, 0.19% 和 2.43%. 样地文桉 II 的情况也是如此, 其 2004 年 N, P, K 及有机质质量分数分别由 0.14%, 0.11%, 0.32% 和 3.36% 下降到 2005 年的 0.07%, 0.06%, 0.21% 和 2.67%. 对照样地的情况也是如此, 如对照地文桉 I CK(2004 年)的 N, P, K 及有机质质量分数分别由 0.15%, 0.11%, 0.42% 和 4.43% 下降到 2005 年的 0.14%, 0.09%, 0.39% 和 4.12%. 对照地文桉 II CK(2004 年)的 N, P, K 及有机质质量分数分别由 0.16%, 0.13%, 0.45% 和 3.96% 下降到

2005 年的 0.14%, 0.09%, 0.36% 和 3.67%.

虽然整个样地 2005 年的营养水平比 2004 年的均有所下降, 但可以看出桉树林土壤中的营养水平下降幅度明显大于其对照样地, 说明桉树种植确实容易导致土壤营养贫瘠. 如样地文桉 I 的 N, P, K 及有机质质量分数下降幅度分别为 38.46%, 44.44%, 44.12% 和 24.06%. 而其对照样地文桉 I CK 中 N, P, K 及有机质质量分数下降幅度仅分别为 6.67%, 18.18%, 7.14% 和 6.99%. 样地文桉 II 土壤中的营养水平下降也同样比其对照样地文桉 II CK 的大, 如样地文桉 II 的 N, P, K 及有机质质量分数下降幅度分别为 50%, 45.45%, 4.38% 和 20.54%. 而其对照地“文桉 II CK”的 N, P, K 及有机质质量分数下降幅度分别为 12.5%, 30.77%, 20% 和 8.26%.

钟继洪等^[14]对雷州半岛桉树人工林土壤肥力状况作了研究, 发现桉树林土壤中的营养成分含量变化很大, 全 N 质量比在 0.12~2.54 g/kg 之间, 平均为 0.51 g/kg; 桉树人工林地土壤全 P 质量比在 0.02~0.91 g/kg 之间, 平均为 0.17 g/kg; 桉树人工林地土壤全 K 质量比在 0.13~21.35 g/kg 范围之间, 平均为 15.46 g/kg. 他们认为桉树幼龄期的水土流失严重, 是导致桉树人工林土壤肥力退化的重要原因. 马涪等^[15]研究广西桉树林地土壤养分状况, 发现桉树林下土壤 N 水平中等, 土壤 P 严重缺乏, K 处于缺乏水平, 有机质质量比大部分为 23~42 g/kg, 属中等水平. 黄毓雄等^[16]研究了海南省定安县桉树林地土壤肥力, 发现桉树人工林地土壤有机质含量逐年有不同程度的下降, 土壤中有有机质呈现矿质化的趋向. 桉树人工林地土壤全 N 造林后第 2 年开始下降, 至第 5 年还有继续下降的趋向. 与上述研究结果类似, 本研究结果也表明桉树林下土壤中养分有下降趋势, 因其下降幅度明显高于对照样地.

表 5 文山桉树林及其对照地土壤中的 N, P, K 及有机质质量分数

Tab. 5 Content of N, P, K and organic matter of soils from eucalyptus plantations in Wenshan, Yunnan %

样地	2004 年				2005 年			
	全氮	全磷	全钾	有机质	全氮	全磷	全钾	有机质
文桉 I	0.13	0.09	0.34	3.20	0.08	0.05	0.19	2.43
文桉 I CK	0.15	0.11	0.42	4.43	0.14	0.09	0.39	4.12
文桉 II	0.14	0.11	0.32	3.36	0.07	0.06	0.21	2.67
文桉 II CK	0.16	0.13	0.45	3.96	0.14	0.09	0.36	3.67

2.5 土壤营养状况与捕食线虫真菌多样性的相关性分析 通过对各样地土壤中 N,P,K 和有机质含量与其捕食线虫真菌多样性的相关性分析,发现土壤中的这 4 种营养成分与捕食线虫真菌多样性均

呈正相关关系(表 6),捕食线虫真菌多样性与 N,P,K 和有机质质量分数的相关系数分别为:0.38,0.33,0.35 和 0.59.

表 6 土壤营养与捕食线虫真菌多样性的相关性分析

Tab.6 Correlation analysis between soil nutrition and diversity indices of nematode-trapping fungi

x (土壤营养)	y	相关性方程	相关系数(r)
N	真菌多样性	$y = 1.1318x + 1.7984$	0.38
P	真菌多样性	$y = 1.254x + 1.8283$	0.33
K	真菌多样性	$y = 0.3745x + 1.8172$	0.35
有机质	真菌多样性	$y = 4E - 05x + 1.9216$	0.59

Gray^[10]调查了土壤营养成分 N,P,K 对于食线虫真菌分布的影响,发现有着不同捕器类型的捕食线虫真菌对营养的需求不同.形成粘球的种类对矿物质营养的要求不高,而形成粘性网的种类对土壤中营养物质的要求则比较高,特别对 K 含量的需求比较高. Linford 等^[17]观察到当往土壤中加入有机质的时候,线虫的密度会增加,同时也会增加土壤中捕食线虫真菌的活性,从而反过来又会减缓线虫的增加,并最终导致线虫密度的降低.李志辉等^[18]研究桉树人工林地土壤微生物类群的生态分布规律与土壤因子的关系,发现好气性细菌和固氮菌与速效氮呈极显著相关,厌气性细菌与速效钾呈显著相关,固氮菌也与速率磷有显著相关关系.本研究结果表明捕食线虫真菌在土壤肥力高的环境中多样性较高.

参考文献:

- [1] SHIVA V, BANDYOPADHYAY J. Eucalyptus-a disastrous tree for India[J]. The Ecologist, 1983, 13(5): 184-187.
- [2] 张克勤,刘杏忠,李天.食线虫菌物生物学[M].北京:中国科学技术出版社,2001.
- [3] LI Y, HYDE K D, ZHANG K Q. Phylogenetics and evolution of nematode-trapping fungi (Orbiliates) estimated from nuclear and protein coding genes[J]. Mycologia, 2005, 97(5): 1034-1046.
- [4] 中华人民共和国农业部. GB7857—87 土壤有机质测定法[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [5] 中华人民共和国农业部. GB7173—87 土壤全氮测定[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [6] 中华人民共和国农业部. GB9837—88 土壤全磷测定[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [7] 中华人民共和国农业部. GB9836—88 土壤全钾测定[S].北京:中国标准出版社,1987.
- [8] ODUM E P. Fundamentals of Ecology[M]. 3rd ed. Philadelphia: W B Saunders Company, 1971.
- [9] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communications[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1963.
- [10] GRAY N F. Nematophagous fungi with particular reference to their ecology[J]. Biol Rev, 1987, 62: 245-304.
- [11] PERSMARK L. Ecology of nematophagous fungi in agricultural soils[D]. Sweden: Lund University, 1997, 104.
- [12] HARDIT T W. The influence of biophysical environment change from natural forest to eucalyptus plantation forest on insect family abundance and its diversity[J]. Buletin Penelitian Hutan, 1997, 61: 59-76.
- [13] 缪作清,刘杏忠,雷丽萍.北京地区苹果及葡萄根基捕食线虫真菌的种类及分布[J].微生物学通报, 1999, 26(2): 81-85.
- [14] 钟继洪.雷州半岛桉树人工林土壤肥力特征及其成因[J].水土保持通报, 2005, 25(3): 25-28.
- [15] 马涪,谷宜园,奚国强.广西桉树林地土壤养分状况与施肥研究土壤肥料[J].土壤肥料, 2005, 2: 53-54.
- [16] 黄毓雄,郭国华,杨众养.刚果 12 号桉树林地土壤肥力观测研究[J].林业科学, 1999, 35: 118-123.
- [17] LINFORD M B, YAP F, OLIVEIRA J M. Reduction of soil populations of root-knot nematode during decomposition of organic matter[J]. Soil Science, 1938, 45: 127-141.
- [18] 李志辉,李跃林,杨民胜,等.桉树人工林地土壤微生物

物类群的生态分布规律[J]. 中南林学院学报, 2000, 20(3):188-191.

Diversity of nematode-trapping fungi in soil of eucalyptus

YANG Hao-ran¹, YANG Dong-sheng², ZHOU Jun-pei, MO Ming-he²

(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-resources, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The distribution and species diversity of nematode-trapping fungi (NTF) in soils of eucalyptus were investigated. Totally, 18 species falling into 4 genera of NTF were identified from 420 soil samples of eucalyptus in Wenshan, Yunnan, collected in 2004 and 2005. The abundant species were *Arthrobotrys thaumasi-um* and *A. oligospora* with the highest occurring frequencies as 25.40% and 21.21% respectively. During the 2 years, eucalyptus planting was not found to affect negatively on the species diversity of NTF, but easily reduced the contents of N, P, K and organic matter of soil. In eucalyptus plantation, NTF showed high community similarity in adhering regions but more change was found in different sampling time for the fungal community in same place. Diversity of NTF was positively correlated with the contents of N, P, K and organic matter.

Key words: nematode-trapping fungi; fungal diversity; eucalyptus

* * * * *

(上接第 100 页)

- [4] 董荫良, 钱兴丽, 候宗柳, 等. 口服液体型脊髓灰质炎减毒活疫苗的稳定性研究[J]. 中国计划免疫, 2004, 8(10):232-233.
- [5] 杨树勤. 中国医学百科全书 医学统计学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [6] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典(三部)[M]. (2005s). 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 郭飏, 胡锡忠. 应用冷链监测卡开展全国冷链系统评审的结果与分析[J]. 中国计划免疫 1998, 4(1):10-13.
- [8] 周剑惠, 陈超王, 静杨放, 等. 吉林省 1989~1996 年口服脊髓灰质炎疫苗、麻疹疫苗效力及冷链运转效果评价[J]. 中国计划免疫, 1998, 4(2):88-90.
- [9] 廖国阳, 姜述德, 陈巍, 等. 硫鱼精蛋白去除 OPV 中 Vero 细胞基质 DNA 的研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 1999, 21(3):192-194.

Stabilities of live attenuated oral poliomyelitis vaccine

SONG Xia, DUAN Wei-guo, QUAN Wen-qi, HUANG Kai, ZHANG Xiao-li,

ZHANG Yun-kun, XIE Min-xue, XIE Zhong-ping

(Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Institute of Medical Biology, Kunming 650118, China)

Abstract: The influences of temperature, freezing and melting repeatedly and cold-chain transportation on oral polio vaccine (OPV) were analyzed. The results indicated that the titers of OPV had no obvious changes after being put at 37 °C for 3 days, 25 °C for 14 days and -20 °C for 36 months, and being freezed and melted for 35 times, respectively. The titers had no obvious changes under the cold-chain transportation. The stability of the liquid form is better than the dragee candy form ($t = 3.2043, P < 0.01$).

Key words: poliomyelitis virus, live attenuated vaccine; stability