

文章编号:1001-1498(2012)06-0685-06

利用三种梢栖真菌生物防治落叶松枯梢病的研究*

刘秀徽, 刘雪峰**, 王 鹏, 李成德

(东北林业大学林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:从落叶松梢栖真菌筛选出对落叶松枯梢病病原菌有抑制作用的菌株,对落叶松枯梢病进行生物防治。将自落叶松梢部分离到的11种梢栖真菌与落叶松枯梢病病原菌进行对峙培养,根据被覆盖程度、抑菌率、拮抗系数和防治预试验的结果,综合评价后发现:粪生粪壳、深绿木霉和球毛壳3种梢栖真菌对落叶松枯梢病有良好的拮抗作用。利用这3个菌株在黑龙江省勃利县通天一林场国富沟进行林间防治试验,结果表明:防治效果为粪生粪壳>代森锰锌400倍液>深绿木霉>球毛壳;深绿木霉和粪生粪壳喷洒浓度50%和球毛壳喷洒浓度75%时,真菌多样性最多,梢栖真菌系统较其他浓度更为稳定,与化学防治相比,既达到了防治目的又具有不污染环境的优势。

关键词:落叶松葡萄座腔菌;球毛壳;深绿木霉;粪生粪壳

中图分类号:S7181.81

文献标识码:A

Biocontrolling Larch Shoot Blight by Using Three Species of Dendrocola Fungi

LIU Xiu-wei, LIU Xue-feng, WANG Peng, LI Cheng-de

(Forestry College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: The research aims to using dendrocola fungi of larch shoot to find the fungi which can inhibit *Botryosphaeria laricina*. During antagonistic activity test of *B. laricina* against 11 species of dendrocola fungi, the *Trichoderma atroviride*, *Chaetomium globosum* and *Sordaria fimicola* were identified as the biocontrol fungi, based on the overall evaluation of extent of coverage, inhibitory rate, antagonistic coefficient, and indoor infection experiment. Through field biocontrol test in Guofugou (Tongtianyi Forest Farm, Boli County, Heilongjiang Province), it was found that the comprehensive control effect was in the order of *S. fimicola* > Mancozeb 400 times > *T. atroviride* > *C. globosum*. When *T. atroviride* and *S. fimicola* were sprayed with a concentration of 50%, and *C. globosum* was sprayed with a concentration of 75%, there were the greatest diversity of fungi and the system of dendrocola fungi of larch shoot were more stable than other concentration. Compared with chemical control, it could be reaching prevention purpose without polluting the environment.

Key words: *Botryosphaeria laricina*; *Chaetomium globosum*; *Trichoderma atroviride*; *Sordaria fimicola*

落叶松枯梢病(落叶松葡萄座腔菌 *Botryosphaeria laricina*(Sawada) Y. Z. Shang)是对落叶松(*Larix Mill.*)人工林造成极大威胁的严重林木病害,国

家早已将其列为检疫对象。该病害在我国分布于黑龙江省、辽宁省、陕西省、内蒙古自治区、青海省等多个省市自治区。危害华北落叶松(*Larix principis-rup-*

收稿日期:2012-07-04

基金项目:黑龙江省科技攻关项目“外来及检疫性有害生物检疫、监测、预警、扑灭技术研究”(GB06B304-1)资助

作者简介:刘秀徽(1982—),女,黑龙江哈尔滨人,在读博士研究生。主要研究方向:森林保护、分子系统发育。

* 感谢项存梯先生在实验过程中及文章撰写中所提出的宝贵意见,感谢徐梅卿先生对文章的审慎修改,同时感谢黑龙江省勃利县林业局森防站在标本采集和防治试验上的大力支持和帮助。

** 通讯作者:刘雪峰,研究员。主要研究方向:森林病理及真菌分类。Email:xfliu10@yahoo.com.cn

prechtii Mayr.)、长白落叶松 (*L. olgensis* var. *chang-paiensis* Yang et Y. L. Chou)、海林落叶松 (*L. olgensis* var. *heilingsensis* (Yang et Y. L. Chou) Y. L. Chou) 等落叶松属植物,林木得病后新梢枯死,严重者树冠秃顶,甚至死亡。全国落叶松人工林受害面积已达 50 多万 hm^2 ,仅辽宁省每年因该病损失木材近 15 万 m^3 ,给林业生产造成巨大损失^[1]。目前,国内针对该病害的防治,仍以托布津、代森锌、福美砷、克菌丹、五氯酚钠、多菌灵或百菌清等药剂防治为主,多菌灵烟剂的防效可达 68.9%,克菌丹烟剂的防效为 67.9%,福美砷 400 倍液的防效可达 72.6%^[2-6]。赵经周等^[7]对国内外该病的研究进展进行了综述,发现在日本,不仅利用药剂防治,还开展了抗病育种的研究工作。尽管化学防治效果显著,但是由于杀菌剂毒性过高、易残留、易对环境造成污染,病菌抗药性日益增强等问题,20 世纪 90 年代后期采取了综合防治的方法,如普查病情、注重检疫、清除侵染源、苗圃预防等^[8],但对落叶松枯梢病的生物防治却未见报导。

生物防治主要是利用有益微生物或对植物无害的生物,对病原物的生存和活动产生一定的影响或抑制作用^[9],我国早在 20 世纪 50 年代初期就对植物生防工作展开了研究,筛选出一批有效菌剂,在生产实践中得到应用^[10]。国外已经开发出许多生物菌剂,这些生物制剂在生产中得到了广泛应用,如大隔孢伏革菌 (*Peniophora gigantea* (Fr.) Masee) 防治松树根腐病,以绿色木霉 (*Trichoderma viride* Pers.) 为主要成分的生物杀菌剂用于防治大田作物和蔬菜的多种土传病害^[11-12],尤其是生防木霉已广泛应用于防治苹果根腐病^[13]等土传、种传病害^[14],截止到 1997 年,国内外已登记的木霉菌剂多达 11 种^[15]。本研究利用从落叶松梢栖真菌中筛选出的粪生粪壳 (*Sordaria fimicola* (Roberge ex Desm.) Ces. & de Not.)、深绿木霉 (*Trichoderma atroviride* P. Karst.) 和球毛壳 (*Chaetomium globosum* Kunze) 对落叶松枯梢病进行生物防治,取得一定效果,为今后落叶松枯梢病的生防制剂的开发和应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

落叶松枯梢病发病的病梢和落叶松健康的梢部标本采自吉林省延吉市和黑龙江省勃利县通天一林场落叶松林。

1.2 落叶松梢栖真菌来源

将罹患落叶松枯梢病的梢部和健康梢部分别剪成大小约为 0.5 cm 的小段,置于 1:14 倍漂白粉配制的消毒水中表面消毒 2 min,取出后用无菌水冲洗 3 次,接入 PDA 平板培养基中,每皿接种 5 块实验材料,每处理设 9 个重复,25 °C 下避光培养。当培养材料周围可见明显菌丝时,挑取不同形态菌落的边缘菌丝,放入 PDA 培养基内进行纯化,将得到的纯菌种置于 4 °C 冰箱内保存待用。

菌种的形态学、分子生物学鉴定方法详见《落叶松枯梢病的生物防治与分子检测的初步研究》^[16]。将分离到的拟盘多毛孢 (*Pestalotiopsis* sp.)、拟茎点霉 (*Phomopsis* sp.)、附球孢 (*Epicoccum* sp.)、镰刀菌 (*Fusarium* sp.)、茎点霉 (*Phoma* sp.)、黑孢霉 (*Nigrospora* sp.)、火丝菌 (*Pyronema* sp.)、链格孢 (*Alternaria* sp.)、球毛壳、深绿木霉和粪生粪壳菌共 11 个菌株与落叶松葡萄座腔菌进行对峙培养,筛选生物防治菌株。病原菌及生防菌菌种的 NCBI 基因登陆号分别为:落叶松葡萄座腔菌 EU442284,球毛壳 JX273471,深绿木霉 JX273472,粪生粪壳 JX273473。

1.3 拮抗菌株筛选

用灭菌后的打孔器从生长 3 d 的落叶松葡萄座腔菌边缘打取直径 0.5 cm 的菌片,接入 PDA 培养基平板中央,放入培养箱内,25 °C 避光培养,24 h 后开始测量菌落的生长量,其后每隔 24 h 各测量 1 次,记录菌落的生长速度,每处理重复 3 次。

使用无菌打孔器切取培养 3 d 的落叶松葡萄座腔菌和 11 株拮抗菌株边缘的菌落,各打取 0.5 cm 的菌片,将病原菌和拮抗菌株分别接种于培养皿中心两侧,中间间隔 2 cm。接种后于 25 °C 培养箱内培养,24 h 后进行测量,其后每隔 24 h 测量 1 次,每处理重复 3 次。将拮抗菌株和落叶松葡萄座腔菌对峙培养的生长情况进行观察,记录病原菌落指向拮抗菌株的半径、拮抗菌株指向病原菌的半径和对照病原菌的半径,3 d 后计算拮抗菌株对病原菌的抑制率。对照 (CK) 方法同上,即以落叶松葡萄座腔菌对落叶松葡萄座腔菌对峙培养。当两菌落开始接触或相交后,记录拮抗菌株对落叶松葡萄座腔菌的抑制、包围以及落叶松葡萄座腔菌对拮抗菌株包围、侵占的反作用。拮抗真菌拮抗系数的分级标准见表 1。

抑菌率 = (对照病原菌菌落半径 - 病原菌落指向对峙菌的半径) / 对照病原菌菌落半径 × 100%

利用被覆盖程度、拮抗系数和抑菌率为综合评

定指标,筛选出适用于生物防治的菌株。

表1 拮抗真菌拮抗系数的分级标准

级数	分级标准
I	拮抗菌株菌落占据平皿的100%
II	拮抗菌株菌落占平皿>2/3
III	1/3<拮抗菌株菌落占平皿<2/3
IV	拮抗菌株菌落占平皿<1/3
V	病原菌菌落占平皿100%

1.4 落叶松枯梢病防治预试验

将粪生粪壳、深绿木霉、球毛壳和落叶松葡萄座腔菌分别接入PDA固体平板培养基中,4 d后使用无菌打孔器切取0.5 cm的菌片若干,每100 mL PDA液体培养基的三角瓶内接入5块菌片,接种后置于25℃摇床上避光摇培4 d。

选取健康成年长白落叶松1株,随机选择8支粗壮枝条作样枝,采用针刺法分别对其1年生梢部接种粪生粪壳、深绿木霉、球毛壳、落叶松葡萄座腔菌、深绿木霉+落叶松葡萄座腔菌、球毛壳+落叶松葡萄座腔菌和粪生粪壳+落叶松葡萄座腔菌,用无菌水作对照(CK)。接种单一菌种时,用无菌枪头吸取1 mL菌悬液,接种病原+生防菌株混合液时,则用无菌枪头各吸取1 mL菌悬液后充分混合。将菌悬液滴至被无菌水浸湿的无菌脱脂棉上,包裹在针刺后的落叶松梢部,再套上自封袋进行保湿。接种48 h后解除保湿,恢复自然生长条件,观察落叶松梢部是否发病的情况。

30 d后从8个样枝上各随机抽取15个梢部,实验室内对所采梢部真菌进行分离纯化及鉴定。

1.5 球毛壳、深绿木霉和粪生粪壳菌林间防治试验

试验地设置在黑龙江省勃利县通天一林场国富沟落叶松林。将粪生粪壳、深绿木霉和球毛壳3个菌株接在PDA平板上,4 d后切取0.5 cm的菌片若干,每500 mL PDA液体培养基(土豆100 g,葡萄糖10 g,水500 mL,121℃高压灭菌30 min。)的三角瓶内接入10片,每个菌种做4次重复,于25℃摇床内避光摇培5 d,所得菌液用匀浆机分别打碎,并将菌悬液稀释成浓度25%、50%、75%和100%,对照采取无菌蒸馏水、400倍液代森锰锌。2008年6月2日喷洒于落叶松梢部,8月26日调查防治效果。

防治效果=(对照区发病率-防治区发病率)/对照区发病率×100%

1.6 防治后落叶松梢栖真菌分离

施药后85 d,采集不同处理的1年生落叶松梢

部,装入自封袋内编号、保存,并在实验室内对梢栖真菌进行分离纯化及鉴定。

2 结果与分析

2.1 对峙培养观察结果与拮抗系数的测定结果

落叶松葡萄座腔菌与11个菌株对峙培养的结果(表2)表明:3 d内,落叶松葡萄座腔菌被各菌株不同程度抑制,粪生粪壳、深绿木霉、黑孢霉、火丝菌、球毛壳可将落叶松葡萄座腔菌完全覆盖。前4种菌在48 h内即可长满全皿,充分占据病原菌的全部营养空间,而球毛壳相对较慢,在7 d后逐步将病原菌全部覆盖,并使其完全停止生长。拟茎点霉、附球孢、镰刀菌、茎点霉在培养8 d后与病原菌形成对峙形势,抑制了病原菌的生长。拟盘多毛孢和链格孢的菌丝在与病原菌菌丝接触后,病原菌指向对峙菌的趋向半径不再变化,菌丝转向相反方向发展。

综合以上实验结果,选取粪生粪壳、深绿木霉和球毛壳作为野外生物防治的试验菌株。

表2 拮抗菌株对落叶松葡萄座腔菌的抑制作用

拮抗菌种	落叶松葡萄座腔菌		
	拮抗系数	抑菌率/%	覆盖程度
拟盘多毛孢	II	100.00	+
拟茎点霉	III	54.11	-
附球孢	III	70.27	-
粪生粪壳	I	100.00	++++
镰刀菌	III	61.44	-
茎点霉	III	59.36	-
黑孢霉	I	100.00	++++
深绿木霉	I	100.00	++++
火丝菌	I	100.00	++++
球毛壳	I	70.16	+++
链格孢	III	79.31	++
CK(落叶松葡萄座腔菌)			-

注:8 d后拮抗菌株侵入病原菌的覆盖程度:++++为100%;+++为60%以上;++为30%以上;+为10%以上;-为无入侵。

2.2 落叶松枯梢病防治预试验结果

落叶松接种1个月后,调查落叶松枯梢病的发病情况,发现单独接种病原菌的梢部普遍发病,而生防菌株和落叶松枯梢病病原菌混合接种的梢部均没有发病症状,表现出生防菌对病原菌较强的抑制能力,抑制了病原菌在梢部的定殖和生长发育,保证梢部的健康发育。

表3 接种拮抗菌后梢栖真菌分离结果

%

分离到的菌种	接种菌种							CK
	T	C	S	B	T+B	C+B	S+B	
链格孢	26.7	86.7	80.0	53.3	26.7	100.0	53.3	66.7
色串孢	-	-	-	-	-	-	-	6.7
附球孢	6.7	-	-	6.7	-	6.7	6.7	6.7
深绿木霉	86.7	-	13.3	-	80.0	-	-	-
茎点霉	-	-	6.7	-	-	-	-	-
拟茎点霉	-	-	20.0	-	-	13.3	6.7	-
球毛壳	33.3	13.3	13.3	13.3	-	46.7	-	46.7
黑孢霉	6.7	-	13.3	26.7	6.7	-	6.7	6.7
镰刀菌	13.3	6.7	-	-	-	-	-	-
球壳孢	-	6.7	-	-	-	-	6.7	6.7
枝孢	-	-	-	-	-	-	-	6.7
落叶松葡萄座腔菌	-	-	-	26.7	-	-	-	-
轮枝孢	-	-	-	-	-	33.3	-	-
盾壳霉	-	-	20.0	-	-	-	-	-
粘帚霉	-	-	-	-	-	6.7	-	-
未知菌	-	6.7	-	-	-	-	20.0	-

注:球壳孢 *Sphaeropsis* sp.; 枝孢 *Cladosporium* sp.; 轮枝孢 *Verticillium* sp.; 盾壳霉 *Coniothyrium* sp.; 粘帚霉 *Gliocladium* sp.; T 为深绿木霉; C 为球毛壳; S 为粪生粪壳; B 为落叶松葡萄座腔菌; T+B 为深绿木霉+落叶松葡萄座腔菌; C+B 为球毛壳+落叶松葡萄座腔菌; S+B 为粪生粪壳+落叶松葡萄座腔菌; CK 为无菌水对照

从表3可知:仅从单独接种病原菌的枝条分离出落叶松葡萄座腔菌,其余枝条均未分离到;从接种粪生粪壳的梢部上并未分离到粪生粪壳,可能是由于环境因素对粪生粪壳生长发育所需要的条件提供不足,而粪生粪壳本身并没有定殖,也可能是粪生粪壳代谢的某种活性成分起到对病原菌的抑菌作用。另外两种生防菌在分离试验中均能分离到所接种真菌。对照分离结果显示:球毛壳亦存在于健康梢部。试验表明:深绿木霉、球毛壳和粪生粪壳可以很好的抑制落叶松枯梢病原菌。

2.3 球毛壳、深绿木霉和粪生粪壳菌林间防治试验结果

将不同浓度的菌悬液和药剂相比较,不同浓度粪生粪壳的防治效果均好于其它菌(药)剂,而代森锰锌400倍液的防治效果稍好于另外2种生防菌的菌悬液,深绿木霉不同浓度的防治效果相对稳定,球毛壳在不同浓度下的防治效果有所波动。防治效果(表4)显示:粪生粪壳在100%,即原液浓度下防治效率最高,可达92.14%;球毛壳在浓度25%下可达最高防效,为84.27%;深绿木霉在浓度50%下防效最高,为58.14%。将4种浓度下的防治效果进行平均值计算,并将平均值与代森锰锌400倍液相比较,防效结果为:粪生粪壳>代森锰锌400倍液>深绿木霉>球毛壳。

表4 菌(药)剂防治效果调查统计

菌(药)剂	浓度/ %(倍)	总梢数 /个	发病枝数 /个	发病率 /%	防治效果 /%
深绿木霉	100	387	18	4.65	49.17
	75	494	25	5.06	44.69
	50	731	28	3.83	58.14
	25	326	13	3.99	56.42
球毛壳	100	423	29	6.86	25.07
	75	368	8	2.17	76.24
	50	569	30	5.27	42.38
	25	417	6	1.44	84.27
粪生粪壳	100	417	3	0.72	92.14
	75	646	11	1.70	81.39
	50	405	3	0.74	91.90
	25	251	3	1.20	86.94
代森锰锌	400 倍液	377	10	2.65	71.01
CK	蒸馏水	153	14	9.15	0.00

2.4 防治后梢栖真菌分离结果

从表5可以得出:除球毛壳在喷洒浓度为75%时,落叶松梢部真菌数量最多外,其余两种菌剂浓度为50%时,落叶松梢部真菌种类最多,而所有菌剂浓度在25%时所分离到的真菌种类最少。分离到的真菌显示:深绿木霉和粪生粪壳喷洒浓度为50%,球毛壳喷洒浓度为75%时,不同真菌的分离

表5 防治后落叶松梢栖真菌分离结果

喷洒菌(药)剂	浓度/ % (倍)	分离到的真菌的分离率/ %							
		拟茎点霉	链格孢	镰刀菌	附球孢	深绿木霉	色串孢	球毛壳	未知菌
深绿木霉	100	53.3	26.7	13.3	13.3	6.7	6.7	-	-
	75	6.7	80.0	6.7	6.7	-	13.3	-	-
	50	20.0	66.7	13.3	13.3	6.7	20.0	20.0	-
	25	-	46.7	-	-	33.3	33.3	-	33.3
菌种平均分离率/ %		20.0	55.0	8.3	8.3	11.7	18.3	5.0	8.3
球毛壳	100	13.3	53.3	6.7	6.7	-	-	-	-
	75	6.7	80.0	6.7	6.7	-	6.7	-	-
	50	-	80.0	26.7	26.7	-	6.7	-	-
	25	-	93.3	-	-	-	46.7	-	-
菌种平均分离率/ %		5.0	76.7	10.0	10.0	-	15.0	-	-
粪生粪壳	100	13.3	20.0	-	-	-	26.7	-	-
	75	6.7	40.0	-	-	-	20.0	-	-
	50	46.7	60.0	20.0	20.0	-	-	6.7	-
	25	6.7	60.0	-	-	-	13.3	-	-
菌种平均分离率/ %		18.3	45.0	5.0	5.0	-	15.0	1.7	-
代森锰锌	400 倍液	46.7	40.0	6.7	6.7	33.3	-	13.3	-
CK		26.7	73.3	13.3	13.3	-	6.7	-	-

率差别较小,而另外三种浓度下,则相差较大;与对照(CK)组相比,球毛壳喷洒浓度为75%与深绿木霉和粪生粪壳喷洒浓度50%时所获得的真菌菌群数量与自然条件下所获得的最相似;与农药组相比,二者在种群结构上略有差别。上述结果显示:深绿木霉和粪生粪壳喷洒浓度50%和球毛壳喷洒浓度75%时,梢栖真菌群落系统比其它浓度更为稳定,因此能在最短时间内达到菌群平衡状态,而利用其进行生物防治的优势在于防治效果突出,既不污染环境,又能够安全有效地抑制病原真菌的繁殖生长。

3 结论与讨论

通过对11种已获得的落叶松梢栖真菌与落叶松枯梢病原菌的对峙培养,筛选出具有潜在生防价值的生防菌株。根据拮抗系数、抑菌率和被覆盖程度等综合评价指标,确定黑孢霉、深绿木霉、球毛壳和粪生粪壳可有效抑制病原菌落叶松葡萄座腔菌。虽然黑孢霉是一个微弱的病原菌,但它可以引起多种寄主的病害^[17],所以为避免大量施用可能会对落叶松林地造成的危害,因此选用深绿木霉、球毛壳和粪生粪壳作为试验生防菌株。木霉属(*Trichoderma* Pers.)菌可对诸如西瓜枯萎菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* W. C. Snyder & H. N. Hansen)、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani* J. G. Kühn)、黄瓜疫病(*Phytophthora drechsleri* Tucker)、葡萄灰霉病菌(*Botrytis cinerea* Pers.)等的多种病原真菌在体外

或体内有拮抗作用^[18-21],其中,深绿木霉是广泛应用于空气和土传病害的生防菌^[22-24]。毛壳菌属(*Chaetomium* Kunze ex Fr.)可对禾旋孢腔菌(*Cochliobolus sativus*(S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur)等多种土传、种传和气传的植物病原菌有很好的抑制作用^[25],如球毛壳能产生抑制病原菌的生长和繁殖的抗真菌活性的物质^[26]。粪生粪壳可抑制多种植物病原真菌,如茶褐拟盘多毛包(*Pestalotiopsis guepinii*(Desm.) Steyaert)、辣椒刺盘孢(*Colletotrichum capsici*(Syd. & P. Syd.) E. J. Butler & Bisby)、新月弯孢霉(*Curvularia lunata*(Wakker) Boedijn)、链格孢(*Alternaria alternata*(Fr.) Keissl.)和尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum* E. F. Sm. & Swingle)^[27],但目前对该菌的研究较前两种菌的研究相对要少。

接种试验结果显示:仅单独接种病原菌的枝条分离出了落叶松葡萄座腔菌,其余接种枝条并未分离到,即使利用针刺接种法,在同一部位同时接种病原和拮抗真菌,也无法分离到病原菌,说明深绿木霉、球毛壳和粪生粪壳对落叶松枯梢病可以起到很好的抑制作用,野外生防试验显示粪生粪壳可获得比代森锰锌400倍液更好的防治效果。4种菌(药)剂防治效果为:粪生粪壳 > 代森锰锌400倍液 > 深绿木霉 > 球毛壳。生防菌深绿木霉和粪生粪壳喷洒浓度50%和球毛壳喷洒浓度75%时,分离出的真菌数量最多,与对照组(CK)的真菌群落组成相近,说

明在该浓度下可获得较其他浓度更为稳定的梢栖真菌群落系统,其中,粪生粪壳对落叶松枯梢病的抑制尤其明显,因其生长速度快,可以迅速将病原菌覆盖并抑制,使其停止生长。因此,可选择其进行生防菌剂的进一步开发。利用落叶松梢部自然存在的菌株对落叶松枯梢病进行防治,既达到了防治目的又具不污染环境、无残留的优势,避免了化学防治所造成的药害及环境污染等问题。这三种已知的生防菌,对多种病害有很好的抑制作用,但作为落叶松枯梢病的生防菌为首次报道。

参考文献:

- [1] 中国森防信息网. 落叶松枯梢病概况[DB/OL]. http://www.forestpest.org/senfang/lyzjw/jyxyhsw/2011-06-28/Article_6302.shtm
- [2] 孙宝贵, 黄培发. 落叶松枯梢病防治技术的大面积应用[J]. 森林病虫通讯, 1990(4):29,21
- [3] 常玉军, 赵金娥, 李晓东, 等. 小五台山区落叶松枯梢病特性与防治[J]. 河北林业科技, 2011(2):82
- [4] 高广菊, 刘喜梅. 落叶松枯梢病的发生与防治[J]. 中国林业, 2008(4B):52
- [5] 韩建勋, 张国顺. 华北落叶松枯梢病的发生规律与防治[J]. 中国林业, 2011(4A):43
- [6] 赵海峡, 陈钦华, 冯文. 黑龙江省落叶松枯梢病发病规律及综合防治技术研究[J]. 科技创新导报, 2010(3):125
- [7] 赵经周, 于文喜, 王乃玉. 落叶松枯梢病国内外研究的现状[J]. 林业科技, 1995, 20(5):23-25
- [8] 王波, 何生龙. 落叶松枯梢病的发生及防治措施[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(16):117, 155
- [9] 胡燕梅, 杨龙. 利用微生物防治植物病害的研究进展[J]. 中国生物防治, 2006, 22(增刊):190-193
- [10] 郑福庆, 黄文生, 王彬, 等. 植物病害生物防治研究进展[J]. 江西植保, 1998, 21(3):29-33
- [11] 唐文华. 国外生物防治研究进展[J]. 植物保护, 1988, 14(4):43-44
- [12] 梁建根, 施跃峰, 竺利红, 等. 植物病害生物防治的研究现状[J]. 现代农业科技, 2008(18):158-189
- [13] Smith V L, Wilcox W F, Harman G E. Potential for Biological Control of *Phytophthora* Root and Crown Rots of Apple by *Trichoderma* and *Gliocladium* spp. [J]. Phytopathology, 1990, 80(9):880-885
- [14] 邱德文. 我国植物病害生物防治的现状与发展策略[J]. 植物保护, 2010,36(4):15-18
- [15] 杨合同, 唐文华, Ryder M. 木霉菌与植物病害的生物防治[J]. 山东科学, 1999,12(4):7-15,20
- [16] 刘秀薇. 落叶松枯梢病的生物防治与分子检测的初步研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2009
- [17] Brown Cynthia L, Vargas Joseph M Jr. *Nigrospora* Patch on Kentucky Bluegrass. Proceedings of the 52nd Annual Michigan Turfgrass Conference[C]. 1982, 11:77-78
- [18] 徐同, 钟静萍. 木霉对土传病原真菌的拮抗作用[J]. 植物病理学报, 1993,23(1):63-67
- [19] 赵国其, 林福呈, 陈卫良, 等. 绿色木霉对西瓜枯萎病苗期的控制作用[J]. 浙江农业学报, 1998,10(4):206-209
- [20] 薛宝娣, 李娟, 陈永萱. 木霉(TR-5)对病原真菌的拮抗机制和防病效果研究[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1):31-36
- [21] Sanz L, Montero M, Redondo J, et al. Exp-ression of an alpha-1, 3-glucanase during mycoparasitic interaction of *Trichoderma asperellum*[J]. FEBS Journal, 2005, 272:493-499
- [22] Chet I. *Trichoderma*—application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi[M]. New York:John Wiley and Sons, 1987
- [23] Papavizas G C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology and potential for biocontrol[J]. Annu Rev Phytopathol,1985, 23:23-54
- [24] Brunner K, Zeilinger Z, Ciliento R, et al. Improvement of the Fungal Biocontrol Agent *Trichoderma atroviride* to Enhance both Antagonism and Induction of Plant Systemic Disease Resistance[J]. Appl Environ Microbiol, 2005, 71(7):3959-3965
- [25] Aggarwal R, Tewari A, Srivastava K, et al. Role of antibiosis in the biological control of spot blotch (*Cochlibolus sativus*) of wheat by *Chaetomium globosum*[J]. Mycopathologia, 2004, 157(4):368-377
- [26] Hubbard J P, Harman G E, Eckenrode C J. Interaction of a Biological Control Agent, *Chaetomium globosum*, With seed Coat Microflora[J]. Canadian Journal of Microbiology, 1982, 28(4):431-437
- [27] Jeamjitt O, Manoch L, Visarathanonth N, et al. Coprophilous fungi and antagonistic effect of *Sordaria fimicola* against plant pathogenic fungi in vitro[C]. Proceedings of the 45th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 2007:593-600