

三峡库区云阳县三种类型马尾松林微生物区系及优势种群分析

II. 林地空气、叶面和树皮表面

牟新涛¹, 李永¹, 李强军², 郭民伟¹, 朴春根^{1*}

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,北京 100091; 2. 重庆市云阳县林业局,重庆 云阳 404500)

摘要:为探讨马尾松不同类型林地地上部微生物区系及优势种群及其季节性变化,对三峡库区云阳县马尾松近熟龄天然林、中龄天然林和人工林林地空气、叶面和树皮表面等地上部的可培养细菌和真菌进行了分析。结果表明,空气、叶面和树皮表面的真菌、细菌两大类微生物数量四季变化趋势基本一致,夏季和秋季的数量多于冬季和春季,中龄天然林的两大类微生物数量最大且四季变化亦最大;优势种群的种类和数量随季节和林地类型不同而有所变化。人工林空气中可培养真菌种类秋、冬、春、夏分别有4、3、4、3种,近熟龄天然林和中龄天然林四季中均为3种;优势种群多样性人工林的大于近熟龄天然林和中龄天然林。近熟龄天然林和中龄天然林叶面优势细菌种群为维罗纳假单胞菌(*Pseudomonas veronii*)和粘质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*),人工林则为粘质沙雷氏菌和肠杆菌(*Enterobacter* sp.);中龄天然林和人工林叶面优势真菌种群的种类四季相同,分别为杂色曲霉(*Aspergillus versicolor*)、忽视拟盘多毛孢(*Pestalotiopsis neglecta*)和匿名曲霉(*Aspergillus nomius*),而近熟龄天然林为杂色曲霉、忽视拟盘多毛孢和聚多曲霉(*Aspergillus sydowii*)。近熟龄天然林树皮表面的优势细菌种群主要为假单胞菌(*Pseudomonas* sp.),为三类林地中优势种数量所占比例最高的,秋、冬、春和夏季所占比例分别为69.05%、65.58%、57.08%和80.57%,中龄天然林主要为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),人工林主要为奈瑟氏球菌(*Neisseria* sp.);树皮表面真菌的优势种群,近熟龄天然林以瓦克青霉(*Penicillium waksmanii*)和忽视拟盘多毛孢为主,人工林以青霉和曲霉为主,但中龄天然林主要为毛霉(Mucorales,未定种),其数量明显要高,秋、冬、春和夏季所占比例分别为63.38%、65.76%、51.23%和84%。

关键词:微生物;马尾松林;区系分析;优势种群

中图分类号:S791.248

文献标识码:A

Analysis on Microbial Flora in Three Types of *Pinus massoniana* Forests in Yunyang County of the Three Gorges Reservoir Area

II. Microflora in Woodland Air, Leaf and Bark Surface

MOU Xin-tao¹, LI Yong¹, LI Qiang-jun², GUO Min-wei, PIAO Chun-gen¹

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Yunyang Forestry Bureau, Chongqing City, Yunyang 404500, Chongqing, China)

Abstract: To explore the microbial flora and its seasonal variation on different types of *Pinus massoniana* stand, the cultivable bacteria and fungi in the forest air and on the leaf and bark surface of near-matured forest, middle-aged forest and plantation in Yunyang County of the Three Gorges Reservoir Area were analyzed. The results showed that in the aboveground of the three types of pine forest, the microorganisms were consistent with the seasons, the quanti-

收稿日期:2008-05-24

基金项目:国家科技基础条件平台子项目(2005DKA21207);中央级公益性科研院所基金(CAF RIFEEP200907)

作者简介:牟新涛(1981-),男,山东烟台人,现为南非比勒陀利亚大学博士生。

* 通讯作者。

ties of microorganism in summer and autumn were higher than in winter and spring, the quantities of microorganism in middle-aged natural forest were the largest and the seasonal change was also the largest; the quantity and species of dominant population varied with the seasons and forest types. The fungal species in the air of plantation were 4, 3, 4, 3 respectively in autumn, winter, spring and summer season, while, in near-matured forest and middle-aged forest, the fungal species were 3. The dominant species diversity in plantation was higher than that in near-matured forest and middle-aged forest. The bacterial dominant species on leaf surface in near-matured forest and middle-aged forest were *Pseudomonas veronii* and *Serratia marcescens* and in plantation was *Enterobacter* sp. The fungi species of dominant population on the leaf surface in the middle-aged natural forest and plantation were the same in four seasons, which including *Aspergillus versicolor*, *Pestalotiopsis neglecta* and *Aspergillus nomius*. However, they were *Aspergillus versicolor*, *Pestalotiopsis neglecta* and *Aspergillus sydowii* in the near-matured forest. The dominant bacteria population on the bark surface in near-matured forest was *Pseudomonas* sp., which took the highest percentage in the dominant species among the three types of forest lands and were 69.05%, 65.58%, 57.08% and 80.57% respectively in autumn, winter, spring and summer. The dominant bacteria species in the middle-aged natural forest was *Bacillus subtilis* and in plantation was *Neisseria* sp. The dominant fungi species on the bark surface in near-matured forest were *Penicillium waksmanii* and *Pestalotiopsis neglecta*, and in plantation were *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp., but in middle-aged forest, there was only one species of Mucorales, its quantity percentage in autumn, winter, spring and summer were 63.38%, 65.76%, 51.23% and 84%, respectively, which was significantly higher than those in the other two types of forest.

Key word: microbial; *Pinus massoniana* forest; flora analysis; dominant populations

森林生态系统中的微生物极为丰富,作为森林生态系统的重要成员之一,在生态系统中的物质转化和能量流动过程中扮演着重要角色,在保持森林生态系统多样性等方面也起着重要的作用。森林生态系统的研究主要集中在林木及其林下植被上,而对森林不同生态系统中地上部分微生物的相关研究较少。空气微生物研究主要集中于城市空气污染方面,林地空气微生物的研究则很少^[1]。由于树皮表面环境干燥且缺乏微生物生长繁殖的营养,因此目前树皮微生物的研究也较少,金静等^[2]对毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)、陕林4号杨(*P. deltoids* Bartr cv. 'Lux' × *P. cathayana* Rehd. 1062)、北京杨(*Populus* × *beijingensis* W. Y. Hsu)不同年龄枝条、树体空间层次的真菌种类、数量及季节动态作了分析。徐美琴等^[3]通过湿室培养方法,研究针叶树皮黏菌(myxomycetes)的物种多样性,共获得40种黏菌和1变种。叶面微生物主要为叶面煤污菌类(如小煤炱(*Meliola* spp.)、煤炱(*Capnodium* spp.)、秃壳炱(*Irenina* spp.)等)、森林凋落物和落叶叶围微生物以及红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)树栖真菌三个方面^[4-5]。姜广正等^[6]对以华东地区为主的29科38属42种种子植物叶围煤污菌进行了研究,鉴定出出芽短梗霉(*Aureobasidium pullulans*

(de Bary) Arnaud.)、芽枝状枝孢(*Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vries.)、多主枝孢(*Cladosporium herbarum* Link ex Fr.)、链格孢(*Alternaria alternata* (Fe.) Keissl.)、壳壳小圆孢(*Chaetobolus microglobulosa* Bet. & Cif.)等煤污菌11种。潘学仁等^[7]对小兴安岭枫桦红松林凋落物分解真菌生态群进行研究,共鉴定出99属种。黄永清等^[8]对红松芽、叶及短枝栖真菌群落组成进行了分析,共分离获得芽、叶、短枝栖真菌59种。

云阳县行政隶属于重庆市,位于三峡库区腹地,森林覆盖率达30.99%,其沿岸的森林生态环境、森林微生物种类和数量变化较有代表性。本文对云阳县马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)近熟龄天然林、中龄天然林和人工林三种类型地上部的空气、叶面和树皮表面的可培养细菌和真菌进行了分析,以了解不同森林类型林地空气、叶面和树皮表面微生物类群数量和优势种群数量差异及其季节变化,为森林生态系统的生物多样性、维护森林生态系统的稳定性提供科学资料。

1 实验地概况

云阳县三块典型的马尾松近熟龄天然林,中龄天然林,人工林作为实验样地。近熟龄天然林树龄

30~40年、胸径20 cm、树高16 m,中龄天然林树龄20~30年、胸径14 cm、树高13 m,人工林平均树龄5年、胸径4 cm、树高3 m。样地的海拔高度及经纬度近熟龄天然林分别为785.7~788.6 m, 31°00' N, 108°34' E, 山地黄壤土;中龄天然林分别为879.4~882.1 m, 31°00' N, 108°34' E, 山地黄壤土。近熟龄天然林乔木层为马尾松及少量杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.), 中龄天然林乔木层建群种为马尾松,且多为纯林,近熟龄天然林和中龄天然林林下灌木层主要有:小黄构(*Wikstroemia micrantha* Hemsl.)、盐肤木(*Rhus chinensis* Mill.)、马桑(*Coriaria nepalensis* Wall.)、黄荆(*Vitex negundo* Linn.)等;林下草本植物主要有:丝茅(*Imperata koenigii* (Retz.) Beauv.)、芒(*Miscanthus sinensis* Abderess)、马兰(*Wedelia chinensis* (Osb.) Merr.)、小白酒草(*Conyza canadensis* (L.) Cronq.)等,人工林海拔高度422.5~424.2 m,经纬度为30°59' N, 108°39' E, 紫色土,林下尚无灌木和草本植物。云阳县年平均气温为18℃左右,年降水量平均1100 mm左右。人工林距离人类活动区较近(约300 m),而近熟龄天然林和中龄天然林则较远(约3000 m)。

2 材料与方法

2.1 样品的采集

从2006年11月开始,以3个月为间隔,对3类林地(分别为近熟龄天然林、中龄天然林和人工林)中进行四季取样,每块林地随机以“S”形5点取样。采集样品为林地1.3~1.5 m处的空气(JWL-II C型空气微生物监测仪,北京先能公司)、叶片和干部树皮(胸径部位)各30.0 g,用无菌袋包装,置于0~4℃保存,待用。

2.2 样品的分离培养及计数

将采集的空气细菌和真菌培养皿直接放入培养箱;分别称取30.0 g叶片和树皮加入到含有玻璃珠

和270 mL无菌水的三角瓶中,摇床振荡30 min作为稀释用样液(设3个重复)。

空气微生物培养及计数按监测仪说明书;采用涂抹接种法,详细内容见参考文献[9]。

2.3 微生物的鉴定

细菌采用16S rDNA-ITS区序列分析和生理生化特征相结合的鉴定方法^[10-13];真菌采用18S rDNA-ITS区序列分析和形态特征相结合的鉴定方法^[14-17]。

3 结果与分析

3.1 空气真菌数量变化及优势种群

在近熟龄天然林、中龄天然林和人工林中的空气真菌数量差异不大,其四季变化趋势亦基本一致,即夏季和秋季的真菌数量高于冬季和春季(图1)。人工林的空气真菌优势种群多样性大于近熟龄和中龄天然林,其秋、冬、春、夏四季分别为4、3、4、3种;近熟龄和中龄天然林四季中均为3种。同一类型林地的优势种群种类在四季中均有较大差异,并在同一季节,三种林型林地之间的优势种群种类和数量亦有差异。第一优势种群的数量所占比例近熟龄天然林四季均在22%左右;人工林夏季为43.92%,明显高于春、秋、冬三季(16.6%~18.75%);中龄天然林秋、冬、春、夏分别为18.75%、37.5%、27.54%和25.12%。三种林型的空气真菌优势种群以青霉(*Penicillium* spp.)、曲霉(*Aspergillus* spp.)、核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary)、拟青霉(*Paecilomyces* spp.)等为主(表1)。空气细菌则未能检测出。

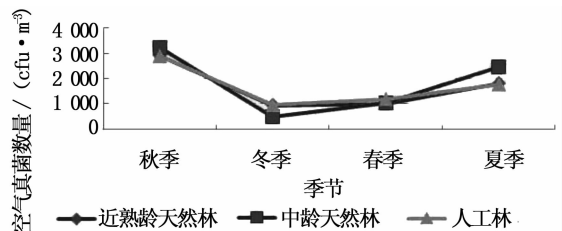


图1 空气真菌数量变化

表1 空气中真菌优势种群变化(>8%)

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林	所占比例/%	中龄天然林	所占比例/%	人工林	所占比例/%
秋季	局限青霉 <i>Penicillium restrictum</i> J. C. Gilman & E. V. Abbott	22.06	青霉 <i>Penicillium</i> sp.	18.75	局限青霉 <i>Penicillium restrictum</i> J. C. Gilman & E. V. Abbott	16.6
	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	15.52	局限青霉 <i>Penicillium restrictum</i> J. C. Gilman & E. V. Abbott	18.13	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	10.37

续表 1

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林	所占比例/%	中龄天然林	所占比例/%	人工林	所占比例/%
冬季	黄曲霉 <i>Aspergillus flavus</i> Link	13.79	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	12.5	黄曲霉 <i>Aspergillus flavus</i> Link	8.5
	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalessky	22.78	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalessky	37.5	青霉 <i>Penicillium</i> sp.	8.3
	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	12.66	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	26.25	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalessky	18.75
春季	被孢霉 <i>Mortierella</i> sp.	12.66	青霉 <i>Penicillium</i> sp.	10.12	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	17.5
	梭形轮枝孢 <i>Verticillium fusisporum</i> W. Gams	22.35	枝状枝孢 <i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G. A. de Vries	27.54	布氏虫草 <i>Cordyceps brongniartii</i> Shimazu	18.18
	尖孢枝孢 <i>Cladosporium oxysporum</i> Berk. & M. A. Curtis	14.12	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	20.29	玫烟色拟青霉 <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (Wize) A. H. S. Br. & G. Sm.	14.14
	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	14.12	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	11.5	子囊菌 Ascomycete 一种	11.11
夏季	黄曲霉 <i>Aspergillus flavus</i> Link	21.52	污展齿革菌 <i>Phanerochaete sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarde	25.12	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	10.1
	黑曲霉 <i>Aspergillus nigar</i> Tiegh	10.6	黄曲霉 <i>Aspergillus flavus</i> Link	13.3	污展齿革菌 <i>Phanerochaete sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarde	43.92
	爪哇拟青霉 <i>Paecilomyces javanicus</i> (Friedrichs & Bally) A. H. S. Br. & G. Sm.	10.4	核盘菌 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	11.5	黑曲霉 <i>Aspergillus nigar</i> Tiegh	9.46
					青霉 <i>Penicillium</i> sp.	8

3.2 叶面微生物数量及其优势种群变化

3.2.1 叶面细菌 三种林型叶面细菌的数量四季变化趋势基本一致,即夏季和秋季高于冬、春两季;人工林的叶面细菌数量四季变化较近熟龄和中龄天然林较平缓;中龄天然林的细菌数量四季均显著高于近熟龄天然林和人工林,夏季和秋季近熟龄天然林又显著高于人工林,但冬季和春季近熟龄天然林和人工林的差异不显著(图2)。中龄天然林和人工林四季中的叶面细菌的种类多样性大于近熟龄天然林,而三种林地优势种群种类基本相同,近熟龄和中龄天然林以维罗纳假单胞菌(*Pseudomonas veronii* Elomari *et al.*)和粘质沙雷氏菌(*Serratia marcescens* Bizio)为优势种群,人工林则以粘质沙雷氏菌和肠杆菌

(*Enterobacter* sp.)为优势种群;近熟龄天然林第一优势种群的数量所占比例较高,春、秋季约70%、冬、夏两季分别为64.97%和58.66%,而其他两种林型主优势种群的数量所占比例变化不大,中龄天然林四季数量比例在41%~44%之间,人工林则在29%~35%之间(表2)。

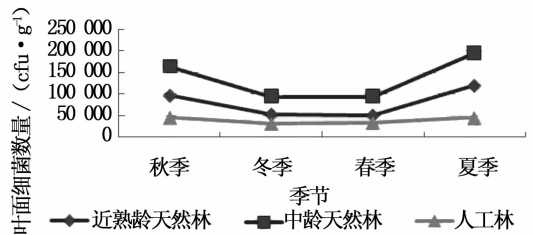


图2 叶面细菌数量变化

表2 叶面细菌优势种群变化 (>8%)

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林细菌	所占比例/%	中龄天然林细菌	所占比例/%	人工林细菌	所占比例/%
秋季	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari <i>et al.</i>	70.52	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari <i>et al.</i>	43.21	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	29.77
	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	13.85	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	40.39	肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	23.95
			肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	17.64	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	19.48

续表2

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林细菌	所占比例/%	中龄天然林细菌	所占比例/%	人工林细菌	所占比例/%
冬季	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	64.97	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	43.46	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	34.33
	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	16.63	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	32.54	肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	25.67
			肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	16.64	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	19
春季	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	70	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	42.86	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	33.67
	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	11.4	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	34.29	肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	26.63
			肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	17.89	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	23.57
夏季	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	58.66	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	41.47	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	33.41
	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	12.57	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	38.59	肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp. .	10.68
			肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp. . .	16.62	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	8.41

3.2.2 叶面真菌 在春、夏、秋三季,中龄天然林和人工林叶面真菌数量显著高于近熟龄天然林,且中龄天然林和人工林差异不显著;三种林型叶面真菌数量四季变化趋势类似,即夏、秋季高于冬、春两季,但近熟龄天然林真菌数量变化较中龄天然林和人工林平缓(图3)。中龄天然林和人工林叶面真菌四季的优势种群的种类相同,分别为杂色曲霉(*Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tirab.)、忽视拟盘多毛孢(*Pestalotiopsis neglecta* (Thüm.) Steyaert)和匿名曲霉(*Aspergillus nomius* Kurtzman, B. W. Horn & Hesel.),但在四个季节中的优势种群的数量所占比例

存在差异;近熟龄天然林为杂色曲霉、忽视拟盘多毛孢和聚多曲霉(*Aspergillus sydowii* (Bainier & Sartory) Thom & Church)(表3)。

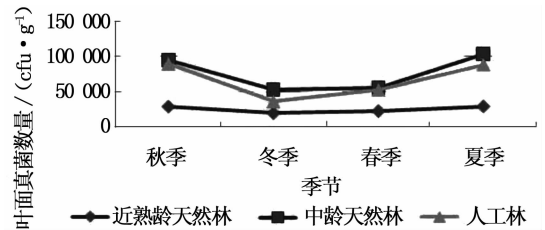


图3 叶面真菌数量变化

表3 叶面真菌优势种群变化 (>8%)

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林真菌	所占比例/%	中龄天然林真菌	所占比例/%	人工林真菌	所占比例/%
秋季	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	33.83	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	29.47	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	33.46
	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	26.88	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hesel.	26.91	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	28.66
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	21.97	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	25.21	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hesel.	25.98
冬季	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	34.66	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	30	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	27.96
	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	31.04	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hesel.	26.18	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	21.02
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	20.69	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	19.11	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hesel.	15.71

续表3

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林真菌	所占比例/%	中龄天然林真菌	所占比例/%	人工林真菌	所占比例/%
春季	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	25.53	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	36.36	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	24.27
	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	21.05	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel.	32.18	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	23.5
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	17.91	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	14	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel.	19.11
	黑曲霉 <i>Aspergillus nigar</i> Tiegh	15.23				
夏季	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	28.62	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	45.49	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	28.98
	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	20.68	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel.	25.16	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	15.45
	黑曲霉 <i>Aspergillus nigar</i> Tiegh	17.24	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	10.36	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel.	13.87
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	13.79				

3.3 树皮表面微生物数量和优势种群变化

3.3.1 干部树皮表面细菌 近熟龄、中龄天然林和人工林的干部树皮表面细菌数量的四季变化趋势基本一致,即夏、秋两季多,冬、春两季少(图4)。树皮表面细菌的优势种群种类多样性,人工林 > 中龄天然林 > 近熟龄天然林,且优势种群种类均有较大差异。近熟龄天然林优势种群种类主要为假单胞菌(*Pseudomonas* spp.),其数量所占比例最高,秋、冬、春和夏季分别为69.05%、65.58%、57.08%和80.57%。中龄天然林优势种群种类主要为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn),其数量所占比例较高,秋、冬、春和夏季分别为30%、37.04%、

43.91%和47.86%;人工林优势种群种类主要为奈瑟氏球菌(*Neisseria* sp.),其数量所占比例较低,秋、冬分别为20.88%和33.33%,春、夏季分别为25.67%和25.43%(2)(表4)。

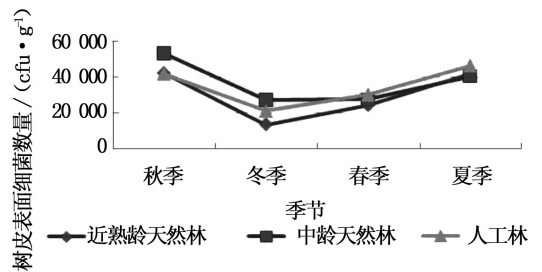


图4 树皮表面细菌数量变化

表4 树皮表面细菌优势种群变化(>8%)

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林细菌	所占比例/%	中龄天然林细菌	所占比例/%	人工林细菌	所占比例/%
秋季	假单胞菌 <i>Pseudomonas</i> sp.	69.05	红平红球菌 <i>Rhodococcus erythropolis</i> (Gray and Thornton) Goodfellow and Alderson	30	奈瑟氏球菌 <i>Neisseria</i> sp. (1)	20.88
	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	23.81	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg) Cohn	26.25	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	24
			假单胞菌 <i>Pseudomonas</i> sp.	18.75	罗氏菌 <i>Rothia</i> sp.	18.48
冬季	假单胞菌 <i>Pseudomonadaceae</i> 一种	65.58	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg) Cohn	37.04	奈瑟氏球菌 <i>Neisseria</i> sp. (1)	33.33
	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	28.76	粘质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i> Bizio	24.81	罗氏菌 <i>Rothia</i> sp.	31.9
			假单胞菌 <i>Pseudomonas</i> sp.	15.93	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	20.48

续表 4

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林细菌	所占比例/%	中龄天然林细菌	所占比例/%	人工林细菌	所占比例/%
春季	假单胞菌 <i>Pseudomonas</i> sp.	57.08	假单胞菌 <i>Pseudomonas</i> sp.	43.91	奈瑟氏球菌 <i>Neisseria</i> sp. (1)	25.67
	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari et al.	23.75	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg) Cohn	21.95	恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	19
			肠杆菌 <i>Enterobacter</i> sp.	17.2	罗氏菌 <i>Rothia</i> sp.	14.33
夏季	假单胞菌科 <i>Pseudomonadaceae</i> 一种	80.57	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg) Cohn	47.86	奈瑟氏球菌 <i>Neisseria</i> sp. (2)	25.43
	维罗纳假单胞菌 <i>Pseudomonas veronii</i> Elomari .	11.37	红平红球菌 <i>Rhodococcus erythropolis</i> (Gray and Thornton) Goodfellow and Alderson	26.53	奈瑟氏球菌 <i>Neisseria</i> sp. (1)	16.74
					罗氏菌 <i>Rothia</i> sp.	14.56
					恶臭假单胞菌 <i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	13.04

3.3.2 干部树皮表面真菌 近熟龄、中龄天然林和人工林的干部树皮表面真菌数量在四季变化趋势基本一致,即夏、秋两季多,冬、春两季少,其中中龄天然林四季数量差异较大,夏、秋季显著高于春、冬季,而人工林和近熟龄天然林的变化较为平缓;中龄天然林夏、秋两季真菌的数量明显高于近熟龄天然林和人工林,冬、春两季三类林地差异不显著(图 5)。三类林地优势种群四季变化不大,近熟龄天然林以瓦克青霉 (*Penicillium waksmanii* K. M. Zalesky) 和忽视拟盘多毛孢为主,人工林以青霉和曲霉为主,但中龄天然林主要为毛霉目 (*Mucorales*) 一种,其数量

比例秋、冬、春、夏季分别为 63.38%、65.76%、51.23% 和 84%,明显高于其他两类林地的优势种群(表 5)。

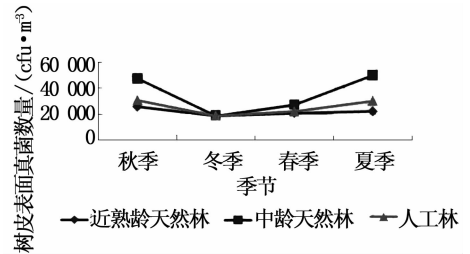


图 5 树皮表面真菌数量变化

表 5 树皮表面真菌优势种群变化 (>8%)

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林真菌	所占比例/%	中龄天然林真菌	所占比例/%	人工林真菌	所占比例/%
秋季	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	33.89	毛霉目 <i>Mucorales</i> 一种	63.38	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	25.1
	赭曲霉 <i>Aspergillus ochraceus</i> G. Wilh.	30	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	16.27	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	14.02
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	18.31			杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab	12.06
冬季	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	35.89	毛霉目 <i>Mucorales</i> 一种	65.76	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab	35.89
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	25.17	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel	19.32	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	30.53
	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab	21.42			瘦青霉 <i>Penicillium fellutanum</i> Biourge	21.42
春季	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	32.42	毛霉目 <i>Mucorales</i> 一种	51.23	杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab	39.55
	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	25.58	匿名曲霉 <i>Aspergillus nomius</i> Kurtzman, B. W. Horn & Hessel	25.45	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	30.45
	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	19.35			聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	24.09

续表5

季节	森林类型及所占比例					
	近熟龄天然林真菌	所占比例/%	中龄天然林真菌	所占比例/%	人工林真菌	所占比例/%
夏季	瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	27.27	毛霉目 Mucorales 一种	84	瘦青霉 <i>Penicillium fellutanum</i> Biourge	38.58
	忽视拟盘多毛孢 <i>Pestalotiopsis neglecta</i> (Thüm.) Steyaert	21.36	聚多曲霉 <i>Aspergillus sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	9.4	内生真菌 (fungal endophyte)	23.08
					瓦克青霉 <i>Penicillium waksmanii</i> K. M. Zalesky	14.18

4 讨论

林地空气、叶面和树皮表面的微生物定居和生长发育及其数量变化都是极易受环境影响的,本实验结果表明,云阳县的马尾松实验林中,林地空气、叶面和树皮表面微生物(可培养真菌、细菌)数量四季变化趋势基本类似,即夏季和秋季的数量多于冬季和春季,中龄天然林的数量四季变化幅度较大,而近熟龄天然林和人工林则相对较平缓;中龄天然林的微生物数量亦较近熟龄天然林和人工林大。其原因可能与森林植被多样性相关,近熟龄天然林马尾松较高大,抑制了林下植被的生长,使其生物多样性下降,林下仅有少量的杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)和灌木;中龄天然林由于间伐的原因,林内的透光度和透气性不断提高,林下植被开始迅速生长,林下植被种类多样性相当丰富;而人工林种植的是单一的马尾松,林下生长少量草本植物,其植被种类多样性也较低,因此,中龄天然林植被种类多样性远大于近熟龄天然林和人工林。对杉木人工林的研究结果表明,林下植被发育和植物多样性与微生物的种群及其数量呈正相关^[18-20]。此外,人工林林地空气真菌和树皮表面真、细菌多样性均较近熟龄天然林和中龄天然林丰富,认为因人工林距离住宅区较近,易受人为干扰的影响,说明人类活动是林地地上部微生物区系的重要影响因子。树皮表面微生物数量相对较少,其原因可能是树皮表面环境比较干燥且缺乏养分,其生态条件比叶面恶劣,不适合微生物的生命活动,或以休眠态的形式存在。

参考文献:

- [1] 程东升. 森林微生物生态学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1993:300-329
- [2] 金静,王远路,刘建平,等. 三种杨树树皮真菌群落的研究[J]. 林业科学研究, 2004,17(4):490-49
- [3] 徐美琴,陈萍,李玉,等. 温室培养针叶树皮生黏菌的初步研究[J]. 菌物研究,2006,4(1):14-19
- [4] 郭文硕,陈文相. 叶围微生物研究综述[J]. 福建林业科技,2003(3):47-52
- [5] 徐梅卿,何平勋. 中国木本植物病原总汇[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2008
- [6] 姜广正,郑是琳,李荣禧,等. 中国叶围煤污菌初探[J]. 微生物学报,1990,30(3):201-209
- [7] 潘学仁,黄永清,刘传照. 枫桦红松林凋落物分解真菌生态群的研究[J]. 东北林业大学学报,1991(1):75-82
- [8] 黄永清,邵力平,马俊莹. 树栖真菌群落多样性研究——红松芽、叶及短枝栖真菌群落组成分析[J]. 菌物系统,1997,16(3):182-188
- [9] 牟新涛,李永,李强军,等. 三峡库区云阳县三种类型马尾松林微生物区系分析 I. 林地土壤细菌、芽孢杆菌和真菌[J]. 林业科学研究,2010,23(4):560-566
- [10] 张玉玲,黄琼,汪安云,等. 白肋烟晾制期间烟叶中细菌的分离和鉴定[J]. 中国烟草学报,2007,13(1):37-40
- [11] 罗兰,袁忠林,陈荃. 小麦全蚀病菌拮抗细菌的筛选及鉴定[J]. 莱阳农学院学报,2006,23(3):205-207
- [12] 东秀珠,蔡妙英. 常用细菌系统鉴定手册[M]. 北京:科学出版社,2001:353-398
- [14] 布坎南 R E,吉本斯 N E. 伯杰细菌鉴定手册[M]. 第八版. 北京:科学出版社,1984
- [15] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1979
- [16] Gardes M, Bruns T D. ITS primer with enhanced specificity for basidiomycetes: Application to the identification of mycorrhizae and rusts[J]. Mol Ecol,1993:113-118
- [16] 张志华,洪葵. 核酸序列直接分析在真菌鉴定方面的应用[J]. 华南热带农业大学学报,2006,12(2):39-42
- [17] 刘春来,文景芝,杨明秀,等. rDNA-ITS 在植物病原真菌分子检测中的应用[J]. 东北农业大学学报,2007,38(1):101-106
- [18] 李春义,马履一,徐昕. 抚育间伐对森林生物多样性影响研究进展[J]. 世界林业研究,2006,19(6):27-31
- [19] 焦如珍,杨承栋,屠星南,等. 杉木人工林不同发育阶段林下植被、土壤微生物、酶活性及养分的变化[J]. 林业科学研究,1997,10(4):373-379
- [20] 盛炜彤,杨承栋,范少辉. 杉木人工林的土壤性质变化[J]. 林业科学研究,2003,16(4):377-385