

不同代杉木人工林根际及非根际土壤 微生物数量及种类的变化*

焦如珍 杨承栋

(中国林业科学研究院林业研究所, 100091, 北京; 第一作者 33 岁, 女, 副研究员)

摘要 通过对江西省分宜县中国林科院亚热带林业实验中心的山下、上村 2 个林场的一代和二代杉木人工林根际及非根际土壤微生物数量及种类的研究发现, 二代杉木人工林土壤放线菌数量、类群以及芽孢杆菌属、固氮菌属、纤维单胞杆菌在细菌中所占比例均明显比一代杉木林的少; 但真菌数量以及土壤杆菌、微球菌属、色杆菌属在细菌中所占比例、青霉菌在真菌中所占比例均明显比一代杉木人工林的高。一代和二代杉木人工林根际土壤的放线菌数量均比非根际土壤的少, 细菌数量却比非根际土壤的多。

关键词 杉木人工林; 根际土壤; 细菌; 真菌; 放线菌

分类号 S791.27; S154.37

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 是我国特有的速生丰产树种, 分布在我国 17 个省、市、自治区。多年来, 由于不正确的森林经营及其耕作措施, 如树种单纯、全垦整地、炼山等, 兼之该树种特有的生物学特性, 致使第 2 代杉木人工林生长量大幅度降低, 据报道杉木林二三耕土其树高生长分别比头耕土下降 7% ~ 23%, 第 2 次连栽的杉木材积生长量比第 1 次下降 41%^[1]。从 60 年代开始, 很多学者分别从不同领域探索杉木人工林地力衰退的原因, 并取得了一些进展^[1~4]。其中有关土壤微生物区系与杉木人工林地力衰退关系的研究也是学者们很重视探索的领域, 不过多数侧重于数量分布的研究, 有关杉木根系代谢活动影响敏感的区域——根际微生物区系的变化则报道甚少。本文通过研究二代和一代杉木人工林土壤根际微生物区系的变化, 并和非根际微生物区系变化相比较, 揭示杉木人工林土壤根际微生物区系变化, 特别是属、种变化, 进一步根据属、种的生物学特性, 研究该变化与地力衰退的关系, 为防治措施的制定提供可靠的科学依据。

1 研究地区的自然概况

研究地区位于江西省分宜县中国林业科学研究院亚热带林业实验中心的上村林场和山下林场, 在大岗山的东北侧, 地处 27°30' N, 114°30' E, 属中亚热带, 以低山丘陵地貌为主, 海拔高度 500 ~ 1 000 m, 整个地形是西北偏高(800 ~ 1 000 m), 诸山峰相连, 对寒流侵袭有一定的阻挡作用, 有利于林木生长。年平均气温 17.5℃, 年降水量 1 593.7 mm, 且 50% 集中在 4 ~ 6 月份, 无霜期为 268 d, 由于湿热同期, 植物生长茂盛, 成土的富铝化和生物富集化同时进行, 形成

* 该研究是 1996 ~ 1998 年中国林业科学研究院基金课题“杉木人工林根际微生物与地力衰退关系的研究”部分内容。1998-03-31 收稿。

了盐基不饱和的酸性土壤。上村林场母岩为板岩,土壤类型为黄红壤,山下林场母岩为页岩,土壤类型为红壤,这2个林场地带性植被均为常绿阔叶林^[4]。

2 研究方法

2.1 样地的设置

1996年5月在山下林场14地位指数(山坡中部)、16地位指数(山坡下部)和上村林场14地位指数(山坡中部)的杉木成熟林下各选3块样地,距树干30cm处挖土壤剖面,按无菌操作采集根际和非根际土壤样品^[5],采样方法为多点混合采样法,采样深度为0~40cm。

2.2 实验方法

土壤微生物区系分析采用稀释平板分析法^[5]:细菌采用牛肉蛋白胨培养基,接种时采用 $10^{-3} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的土壤稀释液;真菌采用孟加拉红马丁氏琼脂培养基,接种时采用 $10^{-2} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的土壤稀释液;放线菌采用淀粉铵盐琼脂培养基,接种时采用 $10^{-2} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的土壤稀释液。各类群分析均采用表面接种法接种,每一处理设3个重复,接种后置25~28℃温箱内培养^[5],细菌、真菌和放线菌分别在18~36h、3~5d及7~10d内检查记录3大类微生物数量、分离不同种类的微生物菌株并记录各类微生物在3大类微生物中所占数量及比例。然后对所有菌株进行生理、生态、生化方面的试验,依据试验结果,按照参考文献[4]进行分类鉴定。

3 结果与分析

3.1 不同代杉木人工林根际与非根际土壤微生物的区系

从表1可以看出,在第2代杉木人工林根际土壤中,细菌的数量明显比第1代的高,且立地条件越差差别也越大,这与N. Ichio等^[7]的研究结果相似,而第2代杉木人工林非根际土壤中的细菌数量明显比一代杉木人工林的少,这与林协等^[8]的报道一致;且一代杉木人工林根际

表1 不同代杉木人工林根际与非根际土壤微生物的区系分析

采样地点	坡位	杉木林分	林龄 / a	区域	水分系数 %	细菌个数 / $\times 10^6 \cdot \text{g}^{-1}$	真菌个数 / $\times 10^4 \cdot \text{g}^{-1}$	放线菌个数 / $\times 10^4 \cdot \text{g}^{-1}$	
山下林场	山坡中部	二代	25	根际	73.1	12.35	3.0	1.2	
				非根际	76.6	1.60	3.1	6.9	
	山坡下部	一代	25	根际	74.6	1.94	1.1	5.5	
				非根际	73.3	1.96	0.8	10.5	
	上村林场	山坡中部	二代	26	根际	75.1	5.42	4.5	1.6
					非根际	76.4	2.63	3.1	4.6
		山坡下部	一代	26	根际	80.4	5.63	1.0	2.6
					非根际	79.1	3.84	7.6	5.4

注:均为干土中的数量。

土壤中细菌数量比非根际土壤的多,但二代杉木人工林根际土壤中细菌数量与非根际土壤的近似。二代杉木林根际土壤中真菌数量也比一代的多;二代杉木人工林的根际和非根际土壤中的放线菌数量均比一代杉木人工林的少,这与林协^[8]的研究结果一致。根际土壤中放线菌的数

量明显比非根际土壤的少, 这或许与杉木根分泌物或代谢产物有关。由于放线菌发育缓慢, 在土壤营养水平高的时候, 它们不是有力的竞争者, 而当营养变得有限时, 细菌类的竞争压力减少, 放线菌占优势^[9], 这从一个侧面反映了土壤肥力变化情况。

3.2 杉木人工林土壤中细菌种类及主要生理生化反应

针对具体的种, 又分别作了荚膜染色、鞭毛染色、硝酸盐利用实验、7% NaCl 试验、50 生长试验、石蕊牛奶试验、纤维分解试验、厌氧琼脂试验、pH 5.7 试验、无氮培养试验、氧化酶活性试验、苯丙氨酸脱氨酶试验、柠檬酸盐利用、3-酮基乳糖产生试验等^[5]一系列生态、生化试验, 依据《伯杰细菌鉴定手册》(第八版) 进行分类。从表 2 看, 分离出来的菌株多为芽孢杆菌和杆菌类菌株, 其次为球菌类和单孢菌类菌株。

表 2 杉木人工林土壤中出现的细菌种类及主要生理生化反应

菌号	菌落形态及菌体形态	可溶性淀粉	V-P 试验	M-R 试验	葡萄糖氧化	葡萄糖发酵	明胶液化	接触酶	学名
9501	扁平粗糙, 杆状, 有中生芽孢	+	+	+	+	+	+	+	枯草芽孢杆菌(<i>Bacillus subtilis</i> Cohn)
9502	大、平滑, 杆状, 有中生芽孢	+	-	-	-	+	+	+	巨大芽孢杆菌(<i>Bacillus megaterium</i> de Bary)
9503	小, 有蓝色荧光, 杆状, G-	-	+	-	-	+	+	+	土壤杆菌属(<i>Agrobacterium</i> spp.)
9504	黄色, G+, 不规则杆状	+	-	-	+	+	+	+	纤维单孢菌属(<i>Cellulomonas</i> Bergey)
9505	根状生长物, G+, 杆状, 有芽孢	+	+	+	+	+	+	-	蕈状芽孢杆菌(<i>Bacillus mycoides</i> Smith et al.)
9506	橙红色, G+, 球形	+	-	-	+	+	-	+	微球菌属(<i>Micrococcus</i> Cohn)
9507	紫色, 具圆端杆菌, G-	-	-	-	+	+	-	+	色杆菌属(<i>Chromobacterium</i> Bergonzini)
9509	褐色, 卵圆大细胞有厚壁孢囊	-	+	-	-	+	+	+	褐球固氮菌(<i>Azotobacter chroococcum</i> Beijerinck)

注: G+ 为格兰氏阳性菌, G- 为格兰氏阴性菌; V-P 试验为乙酰甲基甲醇试验, M-R 试验为甲基红试验。

3.3 不同代杉木人工林根际与非根际土壤中的细菌种类及比率

从表 3 可知: 芽孢杆菌属(枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、蕈状芽孢杆菌三者之和)在一代杉木人工林根际土壤和非根际土壤细菌中所占比率明显比二代杉木林的多, 两者平均相差 94.9%, 最高可达 357%。芽孢杆菌属对植物组织的果胶和多糖类物质的分解起重要作用, 其

表 3 不同代杉木人工林根际与非根际土壤中的细菌种类及比率 %

采样地点	坡位	杉木林	地位指数	区域	枯草芽孢杆菌	巨大芽孢杆菌	蕈状芽孢杆菌	芽孢杆菌属	土壤杆菌	纤维单孢杆菌	微球菌属	色杆菌属	固氮菌属
山下林场	山坡	二代	14	根际	2.5	13.6	0.1	16.2	82.0	1.2	0	0.6	0
				非根际	14.3	27.9	9.3	51.5	46.5	1.7	0	0.3	0
	下部	一代	14	根际	16.6	57.5	0	74.1	21.3	2.8	0	0	1.8
				非根际	3.4	50.1	0.9	54.4	40.7	2.6	0	0	2.3
上山村林场	山坡	二代	16	根际	1.9	18.5	0.6	21.0	76.6	1.5	0.9	0	0
				非根际	19.6	0	0	19.6	79.7	0	0	0.7	0
	中部	一代	14	根际	8.7	41.5	1.1	51.3	39.1	8.7	0	0	0.9
				非根际	15.4	54.5	1.9	71.8	26.5	0	0	0	1.7
林中场	山坡	二代	14	根际	21.9	19.4	2.2	43.5	50.0	5.4	0.7	0.4	0
				非根际	25.9	18.9	3.4	48.2	51.0	0	0	0.8	0
	中部	一代	14	根际	20.3	43.1	6.5	69.9	21.0	8.1	0	0	1.0
				非根际	26.0	40.4	1.9	68.3	30.0	0	0	0	1.7

比率的增加,将有利于枯落物的分解,加速土壤有机养分的转化,土壤杆菌二代杉木人工林在根际或非根际土壤中的比率明显比一代杉木林的大,根际土壤中更为明显;二代杉木人工林根际土壤中纤维单孢杆菌占总菌数的比率平均比一代杉木林的少 126%,最高可达 480%,最低也达 52.9%;纤维单孢杆菌属可分解枯落物中的纤维成分,对枯落物的分解及养分的转化起重要作用,其数量的减少,势必影响二代杉木人工林养分的归还,微球菌仅在二代杉木人工林中出现,它可以水解蛋白质多肽和脂肪,但不还原硝酸盐,这可能与二代杉木人工林中速效 N (氨态 N、硝态 N) 较低有关。色杆菌属仅在二代杉木林中出现,由于该菌产生的紫色菌素有抗菌活性,它的出现是否标志着土壤状况的恶化,还有待进一步研究。固氮菌在一代杉木人工林中所占比率明显比二代杉木林的高。固氮菌可利用空气中的 N_2 转化为林木生长所需要的 N,固氮菌的增加,有利于一代杉木人工林的生长。

3.4 不同代杉木人工林根际及非根际土壤中的真菌类群

在不同代杉木人工林根际及非根际土壤中,真菌类群主要由青霉属(*Penicillium*)、毛霉属(*Mucor*)、木霉属(*Trichoderma*)和曲霉属(*Aspergillus*)组成。各类群所占比率列于表 4。

表 4 不同代杉木人工林根际与非根际土壤中的真菌主要种类及所占比率 %

采样地点	坡位	杉木林	区域	青霉属	毛霉属	曲霉属	木霉属
山下林场	山坡中部	二代	根 际	68.2	18.2	18.2	9.1
			非根际	66.7	8.3	4.2	20.8
		一代	根 际	50.0	10.0	20.0	10.0
			非根际	16.7	0	50.0	33.3
	山坡下部	二代	根 际	72.2	22.2	0	5.6
			非根际	60.0	20.0	20.0	0
		一代	根 际	14.3	71.4	0	14.3
			非根际	51.4	14.3	14.3	20.0
上村林场	山坡中部	二代	根 际	64.9	19.4	40.4	5.4
			非根际	25.9	18.9	51.8	0
		一代	根 际	58.3	16.7	0	25.0
			非根际	11.1	44.4	11.1	33.3

从表 4 可以看出,二代杉木人工林根际和非根际土壤中青霉属在真菌中所占比率均比一代杉木人工林的多;虽然毛霉属、木霉属和曲霉属之间无明显的规律性,但 3 者之和在一代杉木人工林根际及非根际土壤中所占的比率均明显比二代杉木林的高,由于它们均为腐生菌,所占比率的提高,在一定程度上指示了土壤中有机养分含量的提高。

3.5 不同代杉木人工林根际及非根际土壤中的放线菌类群

分离出的放线菌 95% 以上为链霉菌属,依据培养特性(即基内菌丝的颜色和孢子丝颜色)将形状相同的菌株归成类群^[5](表 5)。

从表 5 可看出,二代杉木人工林根际和非根际土壤的放线菌类群较集中,主要有白色、灰褐和黄色类群。特别是白色类群在二代杉木人工林根际及非根际土壤中所占比率均较高,在一代杉木成熟林中则相对较低;白色类群增多,指示了土壤有机养分含量下降^[10]。其它类群则无明显的规律性,在二代杉木人工林中放线菌类群的种类相对较少,而在一代杉木林土壤中,种

类相对丰富。很明显类群丰富将有利于枯落物的分解, 加速土壤养分的转化。

表 5 不同代杉木人工林根际与非根际土壤中的放线菌类群及所占比率

%

采样地点	坡位	杉木林区域	白色类群	灰褐类群	黄色类群	吸水类群	玫瑰红亚种	紫灰色类群	玫瑰紫亚种	金色类群
山	二代坡	根际	100.0	0	0	0	0	0	0	0
		非根际	61.7	34.0	4.3	0	0	0	0	0
山下	中部	根际	48.8	51.2	0	0	0	0	0	0
		非根际	14.3	9.1	72.7	0	0	0	0	3.9
林场	二代坡	根际	52.2	13.0	30.4	4.4	30	0	0	0
		非根际	30.8	25.6	43.6	0	0	0	0	0
	下部	根际	5.6	22.2	66.6	0	0	4.4	0	1.2
		非根际	9.6	67.3	7.7	0	0	15.4	0	0
上村	二代坡	根际	83.3	16.7	0	0	0	0	0	0
		非根际	56.3	11.3	25.4	0	0	0	0	7.0
林中	一代部	根际	47.6	33.3	19.0	0	0	0	0	0
		非根际	33.3	19.4	0	36.1	5.6	0	5.6	0

4 结论与讨论

(1) 在二代杉木人工林的根际土壤中细菌数量明显比一代的高, 且立地条件越差差别越大, 而在二代杉木人工林非根际土壤中细菌的数量明显比一代杉木人工林的低; 根际土壤中细菌数量大于或近似于非根际土壤。在二代杉木林根际土壤中真菌数量比一代杉木林的多, 二代杉木人工林根际和非根际土壤中放线菌的数量均比一代杉木林的少; 且根际土壤的放线菌数量明显比非根际土壤的少, 这或许与杉木根系分泌物或代谢产物有关。

(2) 芽孢杆菌属(包括分离出来的枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、蕈状芽孢杆菌)在二代杉木人工林根际和非根际土壤细菌中所占比率均明显比一代杉木人工林中的少, 土壤杆菌在二代杉木人工林根际或非根际土壤细菌中所占比率明显比一代杉木林的多, 特别是根际土壤中更为明显; 纤维单孢杆菌属在二代杉木人工林根际土壤中所占比率均明显比一代杉木林的少; 微球菌属和色杆菌属仅在二代杉木林中出现, 固氮菌在一代杉木人工林中所占比率明显比二代杉木林的高。

(3) 二代杉木人工林根际和非根际土壤中青霉属所占比率均比一代杉木人工林中青霉属所占比率高; 虽然毛霉属、木霉和曲霉属之间无明显的规律性, 但三者的和在一代杉木人工林根际及非根际土壤中所占比率均明显比二代杉木林的高。

(4) 二代杉木人工林根际和非根际土壤的放线菌类群较集中, 主要有白色、灰褐和黄色类群, 特别是白色类群二代杉木人工林根际及非根际土壤中所占比率均较高, 而在一代杉木中则相对较低。

(5) 根际土壤比非根际土壤更能反映杉木人工林不同发育阶段的土壤微生物变化规律, 从而说明研究根际微生物更能确切地反映微生物对土壤生物活性及林木生长的影响。

(6) 本实验采用表面接种法进行细菌培养、分离, 这样使严格厌氧菌及需要特殊生长因子

的菌株无法生长,也就得不到其菌株。这些将有待于作进一步的研究。

参 考 文 献

- 1 盛炜彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策. 见: 盛炜彤主编. 人工林地力衰退研究. 北京: 科学出版社, 1992. 15 ~ 19.
- 2 杨承栋, 焦如珍, 屠星南, 等. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径. 林业科学, 1995, 31(3): 275 ~ 283.
- 3 张其水, 俞新妥. 杉木连栽林地混交林土壤酶的分布特征的研究. 见: 盛炜彤主编. 人工林地力衰退研究. 北京: 科学出版社, 1992. 181 ~ 185.
- 4 杨承栋, 张小泉, 焦如珍, 等. 杉木连栽土壤组成、结构、性质及其对林木生长的影响. 林业科学, 1996, 32(2): 175 ~ 181.
- 5 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985. 85 ~ 176.
- 6 Buchanan R E, Gibbons N E. 伯杰细菌鉴定手册(第八版). 中国科学院微生物所《伯杰细菌鉴定手册》翻译组译. 北京: 科学出版社, 1984. 330 ~ 873.
- 7 Ichio N, Akane M. Comparison of microflora of Yezo spruce (*Picea jezoensis* (Sieb. et Zucc.) Carr.) roots in the healthy and deleterious forests. Japanese Journal of Forest Environment, 1994, 36(1): 51 ~ 56.
- 8 林协, 洪利兴, 杜国坚. 杉木连栽林地质量评价的初步研究. 见: 盛炜彤主编. 人工林地力衰退研究. 北京: 科学出版社, 1992. 267 ~ 275.
- 9 Alexander M. 土壤微生物学导论. 广西农学院农业微生物学教研室译. 北京: 科学技术出版社, 1983. 22 ~ 31.
- 10 杨承栋, 王丽丽, 祁月清, 等. 江西大岗山东侧森林土壤性质与肥力的关系. 林业科学研究, 1993, 6(5): 504 ~ 509.

Change of the Soil Microorganism in Different Generation of the Chinese Fir Plantation

Jiao Ruzhen Yang Chengdong

(The Research Institute of Forestry, CAF, 100091, Beijing, China)

Abstract This article dealt with the amounts and species of rhizosphere and non-rhizosphere microorganism of the 1st and 2nd generation of Chinese fir in Shanxia and Shangcun Farms of Sub-tropical Forestry Center, CAF in Fenyi County, Jiangxi Province. It was found that the amounts and species of the actinomycetes in soil of second generation Chinese fir plantation are obviously lower than those in the first generation's, so do the *Bacillus*, *Azotobacter* and *Cellulomonas* in the bacteria. But in the second generation Chinese fir plantation, the amounts of fungi and the percentage of *Agrobacterium*, *Micrococcus* and *Chromobacterium* in soil bacteria, *Penicillium* in soil fungi are much higher than those in the first one's. The amounts of rhizosphere actinomycetes are lower than those in the non-rhizosphere's of both 1st and 2nd generation Chinese fir plantation, yet the amounts of rhizosphere bacteria are the opposite.

Key words Chinese fir plantation; rhizosphere soil; bacteria; fungi; actinomycetes