浙江天台山不同林型土壤环境的微生物区系和细菌生理群的多样性

张崇邦 金则新 李均敏

(浙江省台州学院生化系, 临海 317000)

摘要: 研究了天台山 8 种土壤环境的微生物区系, 细菌生理群分布、组成和多样性。结果表明: 黄山松林、竹林和云锦杜鹃林土壤中细菌、真菌和放线菌数量较多, 而柳杉林土壤中较少。微生物数量与土壤有机质、全氮、全磷含量以及土壤凋落物的关系较大。每种土壤环境的细菌、真菌和放线菌占微生物总量的比例为: 细菌数量最多, 放线菌居中, 真菌较少。土壤细菌生理群在天台山 8 种土壤环境中的分布有较大的差异。好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、有机磷分解菌、无机磷分解菌在 8 种土壤环境中均占有较大的比例, 是每种土壤环境的优势菌群, 而反硝化细菌和反硫化细菌在每种土壤环境中占有的数量比例均相对较小, 处于次要地位。七子花林、竹林、云锦杜鹃林和日本花柏林土壤细菌生理群的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均较小, 柳杉林、茶园、金钱松林、黄山松林土壤细菌生理群的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数相对较大。

关键词: 天台山, 土壤类型, 微生物区系, 细菌生理群, 多样性

中图分类号: S154.36 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2001)04-0382-07

Diversity of bacterial physiological groups and microbial flora in the soil of eight forest types of Tiantai Mountain, Zhejiang

ZHANG Chong-Bang, JIN Ze-Xin, LI Jun-Min
Department of Biochemistry, Taizhou College, Linhai, Zhejiang 317000

Abstract: The diversity, component and distribution of bacterial physiological groups and microbial flora in eight soil types of the Tiantai Mountain were studied. The results indicated that the amount of bacteria, fungi and actinomycetes is the highest in the soil of *Pinus taiwanensis* forest, bamboo forest, *Rhododendron fortunei* forest, and the smallest in *Cryptomeria fortune* forest soil, which is co-related to the contents of organic matter, net nitrogen, net phosphorus and the litter in soil. The ratios of the bacteria, fungi, actinomycetes to the total of microorganisms are as follows: bacteria amount is the most common, actinomycetes amount is the next, and fungi is the smallest. Different distribution patterns of bacteria physiological groups are recognized. The ratios of aerobic cellulose-decomposing bacteria, aerobic nitrogen-fixing bacteria, ammoniation bacteria, organic phosphorus-decomposing bacteria, inorganic phosphorus-decomposing bacteria to the net amount of soil bacteria physiological groups are the dominant bacteria groups. The ratios of anti-nitrify bacteria and anti-vulcanization bacteria to the soil bacteria physiological groups net amount are the next in eight soil types of the Tiantai Mountain. The Simpson index and Shannon-Wiener index of the bacteria physiological groups are smaller in soil of the *Heptacodium miconioides* forest, bamboo forest, *Rhododendron fortunei* forest and *Chamaecyparis pisifera* forest, that of the bacteria physiological groups are relatively larger in the soil of *Cryptomeria fortune* forest, tea plantatio forest, *Pseudolarix amabilis* forest, and *Pinus taiwanensis* forest.

Key words: Tiantai Mountain, soil types, microbial flora, bacteria physiological groups, diversity

天台山位于浙江省天台县境内,于 1992 年确定为国家级森林公园。这里森林茂密,树种繁多,生物资源比较丰富,具有典型的亚热带山地特征。有关天台山的植物区系、群落结构和物种多样性方面的研究资料积累较多(金则新,1998,1999),而土壤微生物方面的研究资料尚缺乏。为此,我们于 2000 年开始对天台山不同土壤环境的微生物、细菌生理群的区系组成、数量分布和多样性进行了较系统的研究,为了解天台山不同土壤微生物区系、细菌生理群的组成及多样性,完整地认识天台山森林生态系

统提供依据。

1 样地的自然状况和研究方法

1.1 自然状况

天台山主峰华顶山海拔高度 1098 m,地理位置 29°15'N,121°06'E。属亚热带季风性湿润气候,年降水量 1700 mm,平均相对湿度在 85% 以上,年均气温 13℃,无霜期 230 天。由于水热条件较好,植物生长茂盛,区系成分较复杂。土壤为黄壤到黑壤,样地土壤的立地和营养条件见表 1 和表 2。

表 1 8 种林型土壤环境立地条件
Table 1 The condition of soil under eight forest types

立地条件 Site condition	土壤环境 Soil environments							
	七子花 林土壤 <i>Heptacodium miconioides</i> forest soil	黄山松 林土壤 <i>Pinus taiwanensis</i> forest soil	金钱松 林土壤 <i>Pseudolarix amabilis</i> forest soil	竹林 土壤 Bamboo forest soil	柳杉林 土壤 <i>Cryptomeria fortunei</i> forest soil	茶园林 土壤 Tea plantation forest soil	云锦杜鹃 林土壤 <i>Rhododendron fortunei</i> forest soil	日本花柏 林土壤 <i>Chamaecyparis pisifera</i> forest soil
土壤类型	浅黄壤	黄壤	黄壤	黄壤	黑壤	黄壤	黑壤	浅黄壤
Soil type	Light yellow soil	Yellow soil	Yellow soil	Yellow soil	Black soil	Yellow soil	Black soil	Light yellow soil
海拔高度 Altitude(m)	930	880	834	824	850	915	925	850
坡向	西北	东北	东南	东南	西南	山顶平地	西南	东南
Exposure	Northwest	Northeast	Southeast	Southeast	Southwest	Mountain top	Southwest	Southeast
植被盖度(%)	80 ~ 90	5 ~ 85	45 ~ 70	35 ~ 50	35 ~ 40	30 ~ 35	90 ~ 100	75 ~ 90
Coverage								
凋落物	较多	多	多	较多	少	很多	极多	较多
Litter	More	Much	Much	More	A little	Most	Most	More
pH	5.24	4.48	4.66	4.75	4.58	4.92	4.35	4.43
含水量(%)	22.02	17.31	19.20	19.93	20.91	27.31	24.77	20.47
Water content								
地温(℃)	23.4	25.1	23.8	26.5	23.5	25.2	22.6	24.2
Soil temperature(℃)								
容重(mg · m ⁻³)	1.15	1.29	1.10	0.69	1.11	1.13	1.08	1.09
Unit weight								
孔隙度 Porosity(%)	41.9	36.3	36.1	50.4	38.6	37.7	52.2	40.1

表 2 8 种林型土壤的肥力因素
Table 2 The fertility factors in eight forest soils (mg · kg⁻¹ soil)

肥力指标 Fertility indices	样地 Plots							
	七子花 林土壤 <i>Heptacodium miconioides</i> forest soil	黄山松 林土壤 <i>Pinus taiwanensis</i> forest soil	金钱松 林土壤 <i>Pseudolarix amabilis</i> forest soil	竹林 土壤 Bamboo forest soil	柳杉林 土壤 <i>Cryptomeria fortunei</i> forest soil	茶园林 土壤 Tea plantation forest soil	云锦杜鹃 林土壤 <i>Rhododendron fortunei</i> forest soil	日本花柏 林土壤 <i>Chamaecyparis pisifera</i> forest soil
有机质 Organic matter	49.668	51.802	39.602	49.985	40.132	52.121	53.212	40.180
全氮 Total nitrogen	5.956	9.474	6.234	12.119	5.944	9.855	13.740	9.568
全磷 Total phosphorus	0.522	1.016	0.928	0.567	0.549	0.628	1.001	0.676
全钾 Total potassium	4.826	5.631	3.974	5.263	7.638	6.524	8.649	7.638

1.2 研究方法

本研究样地设在天台华顶山,所选土壤环境是按地上植被的优势种而确定的,共分为:七子花(*Heptacodium miconioides*)林(50年)土壤(黄经洞附近),黄山松(*Pinus taiwanensis*)林(15年)土壤,金钱松(*Pseudolarix amabilis*)林(15年)土壤,竹林(20年)土壤,柳杉(*Cryptomeria fortunei*)林(100年)土壤,茶园(20年)土壤,云锦杜鹃(*Rhododendron fortunei*)林(1000年)土壤,日本花柏林(*Chamaecyparis pisifera*)林(15年)土壤。以云锦杜鹃林为中心,其他植物区系与之距离分别为:七子花林800 m,黄山松林3000 m,金钱松林2500 m,竹林2000 m,柳杉林2000 m,茶园位于云锦杜鹃林的林缘,日本花柏林1800 m,各植物区系呈镶嵌状分布。每种样地设3个样方,面积为25×25 m²,每个样方设3个样点。在每个样点上,挖30×30 cm²的样坑,取土深度为15 cm,分别装入聚乙烯塑料袋,带回实验室中分析。用环刀和铝盒同时取土,用于土壤的容重、孔隙度和含水量的测定。用地温计原位测定土壤温度。

土壤细菌、真菌和放线菌采用稀释平板法分离计数。13种土壤细菌功能群中,好气固氮菌、根瘤菌、好气纤维素分解菌、氨化细菌、有机磷分解菌、无机磷分解菌和硅酸盐细菌用稀释平板法分离计数,厌气纤维素分解菌、亚硝酸细菌、硝化细菌、反硝化细菌、硫化细菌和反硫化细菌用MPN法分离计数,其中厌气纤维素分解菌、反硝化细菌和反硫化细菌用YQX型厌氧培养箱在26℃温度下培养16天后进行计数(中国科学院土壤研究所微生物室,1985)。土壤理化背景值按常规的土壤化学分析方法进行测定(中国科学院南京土壤研究所,1978)。

土壤细菌生理群的多样性指数计算方法(孙儒泳等,1993)采用:

1) Simpson 指数: $D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$
其中 p_i 为第 i 种占总个体数的比例(n_i/N), s 为物种数。

2) Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$

3) 土壤细菌生理群分布的均匀度:

$$R = (- \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i) / \ln S$$

2 结果与分析

2.1 8种土壤环境中细菌、真菌和放线菌的分布

8种土壤环境中细菌、真菌和放线菌的分布见表3。其中土壤细菌在云锦杜鹃林、竹林和黄山松林土壤中数量分别为3.87×10⁷,3.69×10⁷,3.54×10⁷个·g⁻¹干土,金钱松林和柳杉林土壤中较少(分别为1.96×10⁷和1.39×10⁷个·g⁻¹干土)。土壤真菌在云锦杜鹃林、黄山松林、茶园和竹林土壤中数量较多(分别为7.95×10⁴,7.68×10⁴,5.98×10⁴,5.62×10⁴个·g⁻¹干土),柳杉林土壤中较少(0.76×10⁴个·g⁻¹干土)。土壤放线菌在黄山松林、茶园、云锦杜鹃林和竹林土壤中数量较多(分别为4.83×10⁶,3.91×10⁶,3.74×10⁶,3.62×10⁶·g⁻¹干土),在日本花柏林与柳杉林土壤中数量较少(分别为1.96×10⁶和1.54×10⁶·g⁻¹干土)。相关分析表明:在8种土壤环境中,土壤细菌、真菌和放线菌数量的分布趋势主要受土壤有机质($R_{\text{细菌}}=0.7710$, $R_{\text{真菌}}=0.8346$, $R_{\text{放线菌}}=0.7751$)、全氮含量($R_{\text{细菌}}=0.9188$, $R_{\text{真菌}}=0.8053$, $R_{\text{放线菌}}=0.6236$)以及土壤凋落物多少影响较大,与土壤的其他因素关

表3 8种土壤环境中的微生物数量
Table 3 Number of microbial in eight soil types

指标 Index	土壤环境 Soil environments							
	七子花 林土壤 <i>Heptacodium miconioides</i> forest soil	黄山松 林土壤 <i>Pinus taiwanensis</i> forest soil	金钱松 林土壤 <i>Pseudolarix amabilis</i> forest soil	竹林 土壤 Bamboo forest forest soil	柳杉林 土壤 <i>Cryptomeria fortunei</i> forest soil	茶园林 土壤 Tea plantation forest soil	云锦杜鹃 林土壤 <i>Rhododendron fortunei</i> forest soil	日本花柏 林土壤 <i>Chamaecyparis pisifera</i> forest soil
细菌 Bacteria (×10 ⁷ 个·g ⁻¹ dry soil)	2.11	3.54	1.96	3.69	1.39	2.95	3.87	2.57
真菌 Fungus (×10 ⁴ 个·g ⁻¹ dry soil)	3.32	7.68	3.01	5.62	0.76	5.98	7.95	3.56
放线菌 Actinomycetes (×10 ⁶ 个·g ⁻¹ dry soil)	2.12	4.83	2.63	3.62	1.54	3.91	3.74	1.96

系不大。从天台山 8 种森林土壤环境的细菌、真菌和放线菌占微生物总量的比例来看,细菌数量最多,占微生物总数的 80% ~ 92%;放线菌居中,占微生物总数的 7% ~ 12%;真菌较少,占微生物总数的 0.049% ~ 0.2%。而东北长白山森林土壤环境中微生物的组成则不同,其细菌占微生物总数的 80% 以上,真菌占 0.57% ~ 3.0%,放线菌仅占 0.04% ~ 1.5%(许光辉等,1984),这说明天台山森林土壤微生物的数量比例关系具有独特的亚热带特征。

2.2 8 种土壤环境细菌生理群的数量分布

2.2.1 8 种土壤环境的氮素转化菌 在所研究的氮素转化菌(表 3)中,好气固氮菌在竹林土壤中数量最多(2.05×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),柳杉林土壤中最少(0.66×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);根瘤菌在茶园土壤中最多(1.73×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),柳杉林土壤中最少(0.43×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);氨化细菌在云锦杜鹃林土壤中最多(2.13×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),柳杉林土壤中最少(0.75×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);亚硝化细菌在柳杉林土壤中最多(0.095×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),七子花林土壤中最少(0.0084×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);硝化细菌在云锦杜鹃林土壤中最多(0.48×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),黄山松林土壤中最少(0.013×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);反硝化细菌在柳杉和茶园林土壤中最多(0.202×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.062×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),竹林土壤中最少(0.0052×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。

氮素转化菌在环境的氮素循环中,直接参与有机氮、无机氮的转化过程,与氮素循环密切相关(俞大绂,李季伦,1985)。氮素转化菌在 8 种土壤环境中数量分布的差异是土壤性状、水热条件和养分含量综合影响的结果(表 1 和表 2),好气固氮菌主要受土壤全氮的影响($R = 0.8216$),硝化细菌主要受土壤的全氮($R = 0.7405$)、全钾($R = 0.6769$)和孔隙度($R = 0.7616$)的影响,氨化细菌受土壤全氮($R = 0.8292$)、全磷($R = 0.6828$)的影响较大,根瘤菌、亚硝酸细菌和反硝化细菌与环境因素关系不明显。值得注意的是反硝化细菌在柳杉林和茶园土壤中较多,说明柳杉林和茶园土壤由于反硝化作用使土壤中的 NH_4^+ 、 NO_3^- 转化为 N_2O 和 N_2 ,从而造成土壤中可被植物直接利用的氮素的损失程度较大,尤其是茶园土壤的反硝化作用应当引起茶农们的重视,因为每年由于采茶本身已造成一部分氮素的流失,如果不采取相应的措施,尽量降低土壤的反硝化

作用,将会使茶园生态系统的氮素循环失调,对茶叶的品质和产量会造成较大的影响。

2.2.2 8 种土壤环境碳素转化菌的数量分布 土壤中的碳素转化菌以纤维素分解菌为主。在 8 种土壤环境中,好气纤维素分解菌在茶园、云锦杜鹃林土壤中数量最多(分别为 1.87×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 1.61×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),柳杉林土壤中最少(1.04×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土);厌气纤维素分解菌在茶园、金钱松林、黄山松林土壤中均较多(分别为 0.228×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.219×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.213×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),云锦杜鹃林土壤中数量最少(0.015×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。影响好气纤维素分解菌分布的主要因素是土壤中的有机质含量($R = 0.7443$)和全氮含量($R = 0.6305$)。而厌气纤维素分解菌的分布主要取决于土壤的通气性($R = -0.8613$)。

2.2.3 8 种土壤环境磷素转化菌的数量分布 土壤中磷素转化菌主要有两大类:一类为有机磷分解菌,另一类是无机磷分解菌。在天台山 8 种土壤环境中,有机磷分解菌在黄山松林、茶园、云锦杜鹃林土壤中数量最多(分别为 1.73×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 1.62×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 1.58×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),在日本花柏林土壤中最少(0.053×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。无机磷分解菌在云锦杜鹃林、黄山松林和茶园土壤中数量最多(分别为 1.78×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 1.45×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 1.40×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),七子花林土壤中最少(0.62×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。有机磷分解菌受土壤中的有机质影响较大($R = 0.6501$),无机磷分解菌的主要影响因素分别是土壤全氮($R = 0.6913$)、全磷($R = 0.6733$)和 pH 值($R = -0.8249$)。

2.2.4 8 种土壤环境硫素转化菌的数量分布 土壤中的硫素转化菌主要包括两大类:一类是硫化细菌,另一类是反硫化细菌。在 8 种土壤环境中,云锦杜鹃林、茶园和黄山松林土壤中的硫化细菌较多(分别为 0.163×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.155×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.124×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),七子花林土壤中最少(0.021×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。反硫化细菌在黄山松林和茶园土壤中最多(分别为 0.321×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土, 0.31×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土),竹林土壤中相对较少(0.0028×10^5 个 $\cdot g^{-1}$ 干土)。硫化细菌与土壤全钾($R = 0.6264$)的含量有关,反硫化细菌与土壤含水量($R = 0.7423$)关系较大。在黄山松林、

茶园土壤中 ,由于反硫化细菌数量也相对较多 ,土壤可利用的硫酸盐以形成 H_2S 气体的形式逸出损失也较大 ,尤其是茶园土壤更应当引起茶农们的重视。

2.2.5 8 种土壤环境硅酸盐转化菌的数量分布

在 8 种土壤环境中 ,云锦杜鹃林、黄山松林土壤的硅酸盐分解菌数量较多(分别为 2.13×10^5 个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土 , 1.61×10^5 个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土) ,七子花林土壤中较少 (0.88×10^5 个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土) 。主要影响因素为土壤全氮($R = 0.7259$)、全磷($R = 0.6703$)和全钾($R = 0.6145$)的含量。

2.3 8 种土壤环境中细菌生理群的多样性

从表 3 和表 4 可以看出 ,七子花林土壤中的好

气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌和有机磷分解菌所占的数量比例较大 ,占 13 类细菌生理群总量的 69.73% ,为七子花林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数较小。黄山松林土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、有机磷分解菌和硅酸盐分解菌所占的数量比例较大 ,占 13 类细菌总量的 68.73% ,为黄山松林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-wiener 指数较大。金钱松林土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌和有机磷分解菌、无机磷分解菌和根瘤菌所占的数量比例较大 ,占 13 类细菌总量的 68.88% ,为金钱松林土壤环境的优势菌群。

表 4 8 种土壤环境中的细菌生理群的数量分布
Table 4 The amount distribution of bacterial physiological groups in eight soil types($\times 10^5$ 个 $\cdot \text{g}^{-1}$ dry soil)

细菌生理群 Bacteria physiological group	土壤环境 Soil environments							
	七子花 林土壤 <i>Heptacodium miconioides</i> forest soil	黄山松 林土壤 <i>Pinus taiwanensis</i> forest soil	金钱松 林土壤 <i>Pseudolarix amabilis</i> forest soil	竹林 土壤 Bamboo forest soil	柳杉林 土壤 <i>Cryptomeria fortunei</i> forest soil	茶园林 土壤 Tea plantation forest soil	云锦杜鹃 林土壤 <i>Rhododendron fortunei</i> forest soil	日本花柏 林土壤 <i>Chamaecyparis pisifera</i> forest soil
好气固氮菌 Aerobic nitrogen- fixing bacteria	1.23	1.55	1.41	2.05	0.66	1.62	1.80	1.61
根瘤菌 Rhizobia	0.79	1.43	1.25	1.04	0.43	1.73	1.48	1.05
亚硝酸细菌 Sulntrate acid bacteria	0.0084	0.043	0.017	0.037	0.095	0.012	0.024	0.038
硝化细菌 Nitrifier bacteria	0.021	0.013	0.037	0.14	0.038	0.019	0.48	0.23
反硝化细菌 Anti-nitrifier bacteria	0.0098	0.011	0.0187	0.0052	0.202	0.062	0.013	0.011
氨化细菌 Ammoniation bacteria	1.21	1.89	1.44	1.67	0.75	1.55	2.13	1.65
好气纤维素分解菌 Aerobic cellulose- decomposing bacteria	1.41	1.51	1.38	1.58	1.04	1.87	1.61	1.39
厌氧纤维素分解菌 Anaerobic cellulose- decomposing bacteria	0.123	0.213	0.219	0.11	0.137	0.228	0.0148	0.119
硫化细菌 Sulfurizing bacteria	0.021	0.124	0.049	0.054	0.120	0.155	0.163	0.051
反硫化细菌 Anti-Sulfurizing bacteria	0.022	0.031	0.021	0.0028	0.024	0.0321	0.0301	0.0295
有机磷分解菌 Organic phosphorus- decomposing bacteria	1.31	1.73	1.54	1.42	1.06	1.62	1.58	0.053
无机磷分解菌 Inorganic phosphorus- decomposing bacteria	0.62	1.45	1.28	1.24	1.24	1.40	1.78	1.31
硅酸盐细菌 Silicate bacteria	0.88	1.61	1.14	1.33	1.34	1.19	2.13	1.20
总计 Total	7.66	12.06	9.82	10.67	7.14	11.68	13.18	8.70

Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数较大。竹林土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌和有机磷分解菌所占的数量比例较大,占 13 类细菌总量的 75.45%,为竹林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数较小。柳杉林土壤中的好气纤维素分解菌、无机磷分解菌、有机磷分解菌和硅酸盐分解菌所占的数量比例较大,占 13 类细菌总量的 65.59%,为柳杉林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数较大。茶园土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、有机磷分解菌、无机磷分解菌和根瘤菌所占的数量比例较大,占 13 类细菌总量的 83.33%,为茶园土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-wiener 指数较大。云锦杜鹃林土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、无机磷分解菌和硅酸盐分解菌所占的数量比例较大,占 13 类细菌总量的 71.84%,为云锦杜鹃林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数最小。日本花柏林土壤中的好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、无机磷分解菌和硅酸盐分解菌所占的数量比例较大,占 13 类细菌总量的 82.16%,为日本花柏林土壤环境的优势菌群。Simpson 指数和 Shannon-wiener 指数较小。细菌生理群多样性的比较分析说明:细菌生理群的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener

表 5 8 种土壤环境中细菌生理群的多样性指数
Table 5 The diversity indices of the bacterial physiological groups in eight soil types

样地 Plots	多样性参数 Diversity indies			
	<i>N</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>R</i>
七子花林土壤 <i>Heptacodium miconioides</i> forest soil	7.66	0.8758	1.9791	0.3415
黄山松林土壤 <i>Pinus taiwanensis</i> forest soil	12.06	0.9377	2.1592	0.3656
金钱松林土壤 <i>Pseudolarix amabilis</i> forest soil	9.82	0.9029	2.0792	0.3520
竹林土壤 <i>Bamboo woods</i> soil	10.67	0.8892	2.0474	0.3467
柳杉林土壤 <i>Cryptomeria fortunei</i> forest soil	7.14	0.9373	2.1582	0.3654
茶园土壤 Tea plantation forest soil	11.68	0.9202	2.1187	0.3588
云锦杜鹃林土壤 <i>Rhododendron fortunei</i> forest soil	13.18	0.8552	1.9686	0.3334
日本花柏林土壤 <i>Chamaecyparis pisifera</i> forest soil	8.70	0.8605	1.9814	0.3355

指数与土壤细菌生理群在 8 种土壤环境中分布的均匀度有关,土壤细菌各生理群的数量在土壤环境中分布差异较小,均匀度较大,多样性指数就相对较高。而与土壤的立地条件和理化性质关系不明显。

3 结论

3.1 从 8 种环境土壤微生物区系来看,黄山松林、竹林和云锦杜鹃林土壤中细菌、真菌和放线菌数量均较多,而柳杉林土壤中均较少。土壤细菌、真菌和放线菌数量在 8 种土壤环境中的分布受土壤有机质、全氮、全磷含量以及土壤凋落物多少影响较大,与土壤水热条件关系不大。从天台山 8 种森林土壤环境的细菌、真菌和放线菌占微生物总量的比例来看,细菌数量最多,占微生物总数的 80%~92%;放线菌居中,占微生物总数的 7%~12%;真菌较少,占微生物总数的 0.049%~0.2%,说明天台山森林土壤微生物区系的比例关系具有独特的亚热带特征。

3.2 土壤细菌生理群在天台山 8 种土壤环境中的分布有较大的差异,好气固氮菌、根瘤菌在竹林和茶园土壤中数量最多,氨化细菌、硝化细菌和亚硝酸细菌在云锦杜鹃林和柳杉林土壤中最多;反硝化细菌在柳杉林和茶园土壤中较多。好气纤维素分解菌在茶园、云锦杜鹃林土壤中数量最多,柳杉林土壤中最少;厌气性纤维素分解菌在茶园、金钱松林、黄山松林土壤中均较多,云锦杜鹃林土壤中数量最少;有机磷分解菌在黄山松林、茶园、云锦杜鹃林土壤中数量最多,柳杉林土壤中最少;无机磷分解菌在云锦杜鹃林、黄山松林和茶园土壤中数量最多,七子花林土壤中最少;硫化细菌在黄山松林、茶园和云锦杜鹃林土壤土壤中较多,七子花林土壤中最少;反硫化细菌在黄山松林和茶园土壤中最多,竹林和日本花柏林土壤中相对较少;硅酸盐分解菌在云锦杜鹃林、黄山松林土壤中的数量较多,七子花林土壤中较少。不同细菌生理群数量的主要影响因素各不相同。

3.3 土壤细菌各生理群在每种土壤环境中的组成及每种土壤环境中细菌生理群的多样性有明显的不同:好气纤维素分解菌、好气固氮菌、氨化细菌、有机磷分解菌、无机磷分解菌在 8 种土壤环境中均占有较大的数量比例,是每种土壤环境的优势菌群;而反硝化细菌和反硫化细菌在每种土壤环境中占有的数量比例均相对较小,处于次要地位。七子花林、竹

林、云锦杜鹃林和日本花柏林土壤细菌生理群的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均较小,柳杉林、茶园、金钱松林、黄山松林土壤细菌生理群的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数相对较大。

参考文献

金则新, 1998. 浙江天台山七子花群落的研究. 生态学报, 18 (1): 127 ~ 132
金则新, 1999. 浙江天台山七子花群落种群分布格局研究. 云南植物研究, 21(3): 296 ~ 302
许光辉, 郑洪元, 张德生, 鲁耀波, 李玉坤, 张淑贤, 刘增柱, 吴

文芳, 赵振英, 李凤珍, 刘瑞君, 1984. 长白山北坡自然保护区森林土壤微生物生态分布及其生化特性的研究. 生态学报, 4(3): 207 ~ 220
中国科学院土壤研究所微生物室, 1985. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 40 ~ 59
中国科学院南京土壤研究所, 1978. 土壤理化分析. 上海: 科学技术出版社, 60 ~ 126
孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 尚玉昌, 1993. 普通生态学. 北京: 高等教育出版社, 135 ~ 140
俞大绂, 李季伦, 1985. 微生物学. 北京: 科学出版社, 107 ~ 113

(责任编辑: 时意专)

致谢 2001 年度审稿专家

本刊 2001 年度稿件由以下专家审阅, 特此致谢。

白永飞	葛剑平	黄永昭	李懋学	罗桂环	汪小全	许木启	张玉龙
蔡妙英	葛 颂	黄玉瑶	李荣冠	罗毅波	王伯荪	杨宝君	张云美
曹红鹤	郭 柯	黄振英	李思忠	马克明	王仁卿	杨 岚	张正旺
常剑波	郭良栋	黄祝坚	李天生	马克平	王仰麟	杨君兴	张知彬
陈壁辉	郭中伟	黄宗国	李锡文	马 勇	王中仁	杨允菲	张治明
陈昌笃	韩士杰	姜成林	李义明	聂 龙	吴乃虎	尹文英	张忠泽
陈国孝	郝占庆	蒋志刚	李 玉	庞 虹	武全安	应俊生	章家恩
陈俊愉	何芬奇	景新明	李振宇	彭珍荣	吴相珏	杨大荣	赵铁桥
陈 力	何舜平	况荣平	梁松筠	齐义鹏	吴孝兵	余育和	赵之伟
陈立伟	洪德元	雷富民	梁宗琦	钱迎倩	魏 伟	袁德成	郑小波
崔海亭	胡春姿	雷光春	廖崇惠	沈韞芬	项存悌	臧润国	郑元润
丁建清	胡 萃	黎 裕	林金星	盛世法	谢 峰	翟保平	周红章
丁 平	胡敦孝	李安仁	凌忠专	宋大祥	谢 平	张春光	周开亚
东秀珠	胡维平	李典谟	刘灿然	宋延龄	谢宗强	张大勇	周世良
董金海	胡绪敬	李海涛	刘建康	宋永昌	徐汝梅	张德兴	周雪平
范成新	胡志昂	李 恒	刘瑞玉	唐质灿	徐延恭	张美庆	庄文颖
傅伯杰	胡志红	李进华	刘树生	万方浩	徐化成	张 洁	邹仁林
高贤明	黄建辉	李俊清	刘仲健	汪 松			