混交林地土壤物理性质与微生物数量及酶活性的研究

薛 立[1], 陈红跃[1], 徐英宝[1], 彭耀强[2], 许松葵[2], 陈 卫[3]
(1. 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省林业局, 广东 广州 510173; 3. 东源县林业局, 广东 河源 517000)

摘 要: 研究了枫香×樟树、楠木×尖叶杜英、椆木×海南红豆、格木×海南红豆、火力楠×阴香、枫香×米老排×降香黄檀、樟树×马占相思混交林林地的土壤物理性质与微生物数量及酶活性。各林地的容重、毛管孔隙、非毛管孔隙、自然含水量、毛管持水量的不同引起其保水性和通气性的差异。细菌是土壤微生物总量的主要组成者。各混交林地的细菌、真菌和放线菌的数量差异大。各混交林地的脲酶、过氧化氢酶和纤维素分解酶活性有一定的差异。放线菌与容重呈显著正相关, 而与总孔隙呈显著负相关。脲酶与自然含水量、毛管持水量、毛管孔隙呈显著或极显著正相关。

关 键 词: 混交林; 土壤物理性质; 土壤微生物; 酶活性; 相关关系
中图分类号: S714 **文献标识码**: A **文章编号**: 0564-3945(2004)02-0154-05

水源涵养林通过其枯枝落叶层和多孔的土壤吸收和蓄积降水, 并通过其林冠层、林下植被、地被物层、森林土壤、森林小气候对降水形成的地表径流、壤中流、地下径流产生的物理、化学及生物作用改善水质, 为城市提供清洁用水。广东东源县位于东江中上流, 而东江为香港和深圳提供用水。由于东源县的植被多为天然次生林和以松类、杉木、桉树为主的人工林, 涵养水源效果不佳, 引起有关人士注意。广东省在东江流域大力投资建设由乡土阔叶树种构成的水源涵养林, 以提高涵养水源功能。

对于针叶林和针阔混交林林地的土壤状况有较多的报道[1-8], 而阔叶混交林林地的土壤状况尚欠研究[9]。笔者对东江的阔叶混交幼林林地的土壤物理性质与土壤微生物数量及酶活性进行对比分析, 试图揭示不同混交林对土壤性质的影响, 这对水源涵养林的营造具有一定的参考价值。

1 试验地概况

试验地位于广东省东源县仙塘镇附近的山地, 属于亚热带气候。降雨量充沛, 集中在夏季和初秋。气候温和, 夏无酷暑, 冬无严寒, 无霜期长。年平均气温 20℃, 平均日照 1850 个小时。降雨量充沛, 年平均达 1665mm。土壤为中低丘陵花岗岩发育的中腐殖质、中土层酸性赤红壤(湿润富铁土), 土层深达 1m 以上。

试验地原为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)火烧迹地, 林地上有少量残存的马尾松和杉树(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、湿地松(*Pinus elliottii Engelm.*)幼树, 林地植被以铁芒箕(*Dicranopteris dichotoma* (Thunb) Bernh.)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.)和芒草(*Miscanthus sinensis* Andress)为主。2000 年 3 月试验地造林前按株行距 2m×2m 块状整地。试验林面积 300 亩, 由 30 个乡土阔叶树种构成 7 个不同混交组合(表 1)。

2 研究方法

2000 年 3 月在 7 个混交林地中各设 1 个样地, 样地面积为 20m×30m。2000 年 12 月用常规方法采取 7 个样地中 0～40cm 处的土样, 带回实验室分析微生物数量和酶活性。土壤微生物计数用稀释平板法[10]。纤维素分解酶用硫代硫酸钠滴定法测定; 过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法测定; 脲酶用扩散法测定[11]。用环刀法测土壤容重和进行其他土壤物理性质的分析[12]。

3 结果与分析

3.1 土壤物理性质

在各混交林地中, 土壤容重的大小顺序为樟树×马占相思林地＞枫香×米老排×降香黄檀林地＞格木×海南红豆林地＞火力楠×阴香林地＞椆木×海南红豆林地＞枫香×樟树林地＞楠木×尖叶杜英林地, 总孔隙的大小顺序正好相反, 说明各混交林地按照土壤容重的大小顺序土体趋于疏松, 土壤容蓄能力增加。

收稿日期: 2002-11-16; **修订日期**: 2003-02-26
基金项目: "东江流域水源涵养林营造技术及效益评价的研究"的部分内容
作者简介: 薛 立(1958－), 男, 湖南桃江人, 副教授, 博士, 主要从事土壤肥力与森林生态方面的研究。

万方数据

表 1　东江水源涵养林不同混交组合

Table 1　Different combinations of water - conserved forests in Dongjiang

林　分 Stands	主要树种 Main tree species	混交树种 Mixed tree species	下层树种 Undergrowth
枫香×樟树 Liquidambar formosana × Cinnamomum camphora	枫香、樟树	马占相思、海南红豆、阴香、八角、秋枫、木荷	铁冬青、大头茶
楠木×尖叶杜英 Phoebe nanma × Elaeocarpus apiculatus	楠木、尖叶杜英	枫香、木荷、马占相思、米老排、椆木、红椎、阴香	鸭脚木
椆木×海南红豆 Lithocarpus thalassica × Ormosia pinnata	椆木、海南红豆	枫香、木荷、红椎、阴香、土沉香、樟树、复羽叶栾树、马占相思、海南蒲桃	铁冬青、大头茶
格木×海南红豆 Erythrophloeum fordii × Ormosia pinnata	格木、海南红豆	火力楠、红椎、海南红豆、黎蒴、红荷木、马占相思	铁冬青、大头茶、红花油茶
火力楠×阴香 Michelia macclurei × Cinnammomum burmanii	火力楠、阴香	复羽叶栾树、海南红豆、椆木、红椎、木荷、杨梅、马占相思、降香黄檀、千年桐、红苞木、樟树	铁冬青、大头茶
枫香×米老排×降香黄檀 Liquidambar formosana × Mytilaria laosensis × Dalbergia odorifera	枫香、米老排、降香黄檀	红椎、黎蒴、阴香、八角、复羽叶栾树、马占相思、樟叶吴茱萸、火力楠、木荷	铁冬青、大头茶
樟树×马占相思 Cinnamomum camphora × Acacia mangium	樟树、马占相思	海南红豆、阴香、杨梅、红苞木、复羽叶栾树、深山含笑、降香黄檀、椆木、大叶杜英、樟叶吴茱萸、黎蒴、木荷、枫香	铁冬青、红花油茶

表 2　土壤的物理性质

Table 2　Physical properties of soil

林　分 Stands	容　重 Bulk density (g cm^{-3})	毛管孔隙 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙 Non - capillary porosity (%)	通气孔隙 Aeration porosity (%)	总孔隙 Total porosity (%)	自然含水量 Natural water capacity (%)	毛管持水量 Capillary moisture capacity (%)
枫香×樟树 Liquidambar formosana × Cinnamomum camphora	1.05	53.7	8.1	35.6	61.8	25.00	51.5
楠木×尖叶杜英 Phoebe nanma × Elaeocarpus apiculatus	0.96	49.2	15.9	44.5	65.1	21.50	51.3
椆木×海南红豆 Lithocarpus thalassica × Ormosia pinnata	1.11	32.7	27.1	41.5	59.8	16.61	20.4
格木×海南红豆 Erythrophloeum fordii × Ormosia pinnata	1.13	33.6	25.3	39.7	58.9	17.00	29.7
火力楠×阴香 Michelia macclurei × Cinnammomum burmanii	1.10	21.3	38.1	43.5	59.4	14.50	19.5
枫香×米老排×降香黄檀 Liquidambar formosana × Mytilaria laosensis × Dalbergia odorifera	1.20	40.7	15.8	36.0	56.5	17.16	34.0
樟树×马占相思 Cinnamomum camphora × Acacia mangium	1.44	32.9	12.8	30.0	46.7	11.75	23.5

各混交林地的土壤毛管孔隙呈现枫香×樟树林地＞楠木×尖叶杜英林地＞枫香×米老排×降香黄檀林地＞樟树×马占相思林地＞格木×海南红豆林地＞椆木×海南红豆林地＞火力楠×阴香林地。土壤毛管孔隙多有利于水分保持,因此,各林地毛管持水量的大小顺序与土壤毛管孔隙相同。

土壤非毛管孔隙和通气孔隙可以反映土壤的通气状况。火力楠×阴香林地、椆木×海南红豆林地、格木×海南红豆林地的非毛管孔隙大于 25%,而其余林地的非毛管孔隙小于 16%。土壤通气孔隙则呈现楠

万方数据

木×尖叶杜英林地＞火力楠×阴香林地＞椆木×海南红豆林地＞格木×海南红豆林地＞枫香×米老排×降香黄檀林地＞枫香×樟树林地＞樟树×马占相思林地。一般来说，总孔隙在50%左右，其中非毛管孔隙占1/5～2/5为好[13]，枫香×樟树林地的非毛管孔隙占仅总孔隙的13%，火力楠×阴香林地则高达64%，其他混交林地为24～45%。

自然含水量受土壤孔隙数量和组成的影响。各林地的自然含水量呈现枫香×樟树林地＞楠木×尖叶杜英林地＞枫香×米老排×降香黄檀林地＞格木×海南红豆林地＞椆木×海南红豆林地＞火力楠×阴香林地＞樟树×马占相思林地。枫香×樟树林地、楠木×尖叶杜英林地和枫香×米老排×降香黄檀林地的毛管孔隙多，因而自然含水量高。在7种林地中，火力楠×阴香林地的毛管孔隙最少，而樟树×马占相思林地的总孔隙最少，导致了这2种林地的自然含水量低。

总的来说，枫香×樟树林地的土壤容重小，土壤毛管孔隙多，但是非毛管孔隙和通气孔隙少，因而土壤保水性好而通气性差；楠木×尖叶杜英林地的土壤容重小，土壤毛管孔隙和通气孔隙多，故土壤保水性和通气性均好；椆木×海南红豆及火力楠×阴香的土壤通气性好而保水性差；格木×海南红豆林地的保水性和通气性中等；枫香×米老排×降香黄檀林地保水性好而通气性差；樟树×马占相思林地的土壤容重大，土壤毛管孔隙和通气孔隙少，因而土壤保水性和通气性均差。

3.2 土壤微生物数量和酶活性

土壤微生物在生态系统中的作用非常重要。细菌分解土壤中的有机残体，释放CO_2供植物进行光合作用。同时代谢产生许多有机酸类能提高土壤养分的有效性。细菌是微生物总量的主要组成者，在混交林地中占微生物总量的82.12～99.89%(表3)。各混交林地的细菌数量差异大，枫香×樟树林地的细菌数量比其他林地大7倍以上，为细菌数量最小的火力楠×阴香林地的33倍。枫香×樟树林地的自然含水量和毛管持水量在混交林地中最大，而水是原生质的主要成分，供应适当对营养体发育有利[14]，从而使细菌数量增加。真菌能将有机质彻底分解，增加土壤的N含量，也可促进腐殖质的形成。在混交林地中真菌所占微生物的比例仅为0.01～5.73%。枫香×樟树林地的真菌数量特别少，不到其他林地的1/4，仅为椆木×海南红豆林地的1/34。真菌对土壤中氧气较敏感[14]，枫香×樟树林地的非毛管孔隙和通气孔隙少可能是其真菌数量少的原因。火力楠×阴香林地的真菌数量比枫香×樟树林地多，但是比其他林地少的多，这

表3 土壤微生物和酶活性

Table 3 Soil microorganism and enzyme activity

林分 Stands	微生物 Microorganism (10^4个/克干土)	细菌 Bacteria (10^4个/克干土)	真菌 Fungi (10^4个/克干土)	放线菌 Actinomyces (10^4个/克干土)	脲酶 Urease (NH_3-N mg/kg/d)	过氧化氢酶 Catalase (0.1mol L^{-1} $KMnO_4$ ml/g/h)	纤维素分解酶 Cellulolyticenzyme (0.1mol L^{-1} $Na_2S_2O_3$ ml/kg/d)
枫香×樟树 Liquidambar formosana × Cinnamomum camphora	1401.7	1400	0.15	1.02	742.70	7.26	3.86
楠木×尖叶杜英 Phoebe nanma × Elaeocarpus apiculatus	173.19	165	2.41	5.78	777.40	7.37	3.84
椆木×海南红豆 Lithocarpus thalassica × Ormosia pinnata	87.84	81	5.03	1.81	462.00	6.60	6.39
格木× 海南红豆 Erythrophloeum fordii × Ormosia pinnata	115.56	107	4.28	4.28	480.10	6.73	4.39
火力楠×阴香 Michelia macclurei × Cinnammomum burmanii	46.88	42	0.64	4.24	508.50	6.42	4.23
枫香×米老排×降香黄檀 Liquidambar formosana × Mytilaria laosensis × Dalbergia odorifera	62.49	57	1.59	3.90	481.09	6.09	5.18
樟树×马占相思 Cinnamomum camphora × Acacia mangium	139.94	115	3.94	21.00	451.50	7.67	4.41

万方数据

可能与其土壤水分含量低有关,因为环境水分的改善有利于真菌的增加[14]。放线菌积极参加有机质分解,多种放线菌能分解木质素、纤维素、单宁、蛋白质等物质,其占的比例为微生物总量的 0.07～15.00%。在混交林地中樟树×马占相思林地的放线菌数量最大,枫香×樟树林地的最小,前者为后者的 21 倍。放线菌喜欢干燥的环境,而枫香×樟树林地的自然含水量和毛管持水量在混交林地中最大,樟树×马占相思林地的自然含水量在各林地中最小,这可能是造成前者放线菌数量小而后者放线菌数量大的原因。

由上可见,枫香×樟树林地的细菌数量大,真菌和放线菌数量小;楠木×尖叶杜英林地的细菌和放线菌数量大,真菌数量中等;椆木×海南红豆林地的细菌和放线菌数量小,真菌数量大;格木×海南红豆林地的细菌数量小,放线菌和真菌数量中等;火力楠×阴香林地的细菌和真菌数量小,放线菌数量中等;枫香×米老排×降香黄檀林地的细菌、真菌和放线菌数量均小;樟树×马占相思林地的细菌和真菌数量小,放线菌数量较大。

土壤酶催化土壤中的一切生物化学反应,酶活性高低是土壤肥力的重要指标之一。脲酶能促进有机分子中肽键的水解,其活性可以用于表示氮素供应状况。枫香×樟树林地和楠木×尖叶杜英林地的脲酶活性比其他林地大 46% 以上,这有利于改善氮素供应状况。这 2 种林地土壤水分含量高,导致其脲酶活性增强。

过氧化氢酶能催化过氧化氢成水和分子氢,有利于防止它对生物体的毒害作用,其强度表征土壤腐殖化强度大小和有机质积累程度。过氧化氢酶的活性与土壤有机质关系密切。枫香×樟树林地、楠木×尖叶杜英林地及樟树×马占相思林地的过氧化氢酶的活性比其他林地大,反映其土壤有机质转化快,有利于土壤肥力的提高。

纤维素分解酶是表征土壤碳素循环速度的重要指标。椆木×海南红豆林地的纤维素分解酶活性最高,火力楠×阴香林地次之,而枫香×樟树林地和楠木×尖叶杜英林地较低。纤维素分解酶活性与枯枝落叶中木质素含量有关。各种林地的凋落物中木质素含量的不同可能是造成其纤维素分解酶出现差异的原因。

3.3　土壤物理性质与微生物数量和酶活性的关系

一些土壤物理性质和土壤微生物及土壤酶活性有密切关系(表 4)。土壤自然含水量和细菌数量呈显著正相关。反映出在调查林地的土壤含水量范围内,细菌的发育随着土壤含水量的增加而变得有利,细菌数量不断增加。放线菌与容重呈显著正相关,而与总孔隙呈显著负相关。这说明在调查林地的土壤条件下,放线菌在容重较大而总孔隙较少的土壤中发育良好,因为这样的土壤毛管孔隙少,比较干燥,细菌和真菌发育受影响,有利于放线菌得到更多的营养。脲酶与自然含水量、毛管持水量、毛管孔隙呈显著或极显著正相关,显示出土壤水分含量有利于脲酶活性的增加。

表 4　土壤物理性质与微生物数量及酶活性的相关系数(R)

Table 4　The interrelation coefficients between physical properties of soil and soil microorganism as well as enzyme activity

项　目 Items	细　菌 Bacteria	真　菌 Fungi	放线菌 Actinomyces	脲　酶 Urease	过氧化氢酶 Catalase	纤维素分解酶 Cellulolytic enzyme
自然含水量 Natural water capacity	0.763*	-0.475	-0.636	0.863*	0.150	-0.341
容重 Bulk density	-0.281	0.342	0.823*	-0.688	0.185	0.177
毛管持水量 Capillary moisture capacity	0.649	-0.467	-0.284	0.916**	0.384	-0.569
毛管孔隙 Capillary porosity	0.680	-0.292	-0.198	0.789*	0.424	-0.339
非毛管孔隙 Non-capillary porosity	-0.570	0.131	-0.262	-0.464	-0.570	0.283
通气孔隙 Aeration porosity	-0.261	-0.058	-0.632	0.290	-0.350	0.036
总孔隙 Total porosity	0.279	-0.322	-0.841*	0.675	-0.208	-0.142

$R_{0.05}=0.755$* 显著相关;$R_{0.01}=0.875$** 极显著相关;n = 7

4　结　论

4.1　枫香×樟树林地和枫香×米老排×降香黄檀林地的保水性好而通气性差,楠木×尖叶杜英林地的保水性和通气性均好;椆木×海南红豆林地及火力楠×阴香林地的通气性好而保水性差,格木×海南红豆林地的保水性和通气性中等,樟树×马占相思林地的保水性和通气性均差。

4.2　细菌是微生物总量的主要组成者,占微生物总量的 82.12～99.89%。各混交林地的细菌、真菌和放线菌的数量差异大。各林地中,枫香×樟树林地的细菌数量比其他林地大 7 倍以上,椆木×海南红豆林地、格木×海南红豆林地、樟树×马占相思林地的真菌数量较大,樟树×马占相思林地的放线菌数量为其他林地的 3.6 倍以上。

4.3　各混交林地的酶活性有一定的差异。枫香×樟

万方数据

树林地和楠木×尖叶杜英林地的脲酶活性比其他林地大46%以上。枫香×樟树林地、楠木×尖叶杜英林地及樟树×马占相思林地的过氧化氢酶的活性略大于其他林地。椆木×海南红豆林地的纤维素分解酶活性是最高,火力楠×阴香林地次之。

4.4 土壤自然含水量和细菌数量呈显著正相关。放线菌与容重呈显著正相关,而与总孔隙呈显著负相关。脲酶与自然含水量、毛管持水量、毛管孔隙呈显著或极显著正相关。

参考文献:

[1] 陈竑峻,李传涵. 杉木幼林地土壤酶活性与土壤肥力[J]. 林业科学研究, 1993, 6(3): 321-326.

[2] 杨玉盛, 李振问, 俞新妥, 等. 南平溪后杉木林取代杂木林后土壤肥力变化的研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(3):236-242.

[3] 邓仕坚,张家武, 陈楚莹, 等. 不同树种混交林及其纯林对土壤理化性质影响的研究[J]. 应用生态学报, 1994, 18(3):236-242.

[4] 孙翠玲, 朱占学, 王珍, 等. 杨树人工林地力退化及维护与提高土壤肥力技术的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(6):506~512.

[5] 孙翠玲, 郭玉文, 佟超然, 等. 杨树混交林地土壤微生物、酶活性的变异研究[J]. 林业科学, 1997, 33(6):488-496.

[6] 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.

[7] 杨承栋, 焦如珍, 盛炜彤, 等. 江西省大岗山湿地松林土壤性质的变化[J]. 林业科学研究, 1999, 12(4):392-397.

[8] 许景伟, 王卫东, 李 成. 不同类型黑松混交林土壤微生物、酶及其与土壤养分关系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 51-55.

[9] 薛 立, 邝立刚, 陈红跃, 等. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2)(印刷中)

[10] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.

[11] 关松荫, 等. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.

[12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.

[13] 北京林学院. 土壤学(上册)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.

[14] 亚历山大 M. 土壤微生物学导论[M]. 广西农学院农业微生物学教研组, 译. 北京: 科学出版社, 1983.

Soil Physical Properties, Microbial Biomass and Enzyme Activity in Mixed Stands

XUE Li[1], CHEN Hong-yue[1], XU Ying-bao[1], PENG Yao-qiang[2], XU Song-kui[2], CHEN Wei[3]

(1. *College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*;
2. *Guangdong Forestry Bureau, Guangzhou*, 510173, *China*;
3. *Dongyuan Forestry Bureau, Heyuan*, 517000, *China*)

Abstract: The physical propertion microbial biomass and enzyme activities were studied in stands of Liquidambar formosana × Cinnamomum camphora, Phoebe nanma × Elaeocarpus apiculatus, Lithocarpus thalassica Ormosia pinnata, Erythrophloeum fordii × Ormosia pinnata, Michelia macclurei × Cinnammomum burmanii, Liquidambar formosana × Mytilaria laosensis Dalbergia odorifera and Cinnamomum camphora × Acacia mangium. The diversities in *soil density, capillary porosity, non-capillary porosity, field water capacity and capillary moisture capacity caused* the differences in the water preserving ability and aeration ability of stands. Bacteria was the main for part of soil biomass. There was a larg difference among bacterium fungus and actinomyces biomass of the stands, but a small difference between urease catalase and cellulolytic enzyme activity of the stands. There was a close positive correlation between actinomyces and soil balk density, and between urease activity and natural water capacity, or capillary moisture capacity or capillary porosity, whereas a negative correlation was found between actinomyces and total porosity.

Key words: Mixed stand; Soil physical character; Soil microorganism; Enzyme activity; Correlation

万方数据