

几个典型华南人工林土壤的养分状况 和微生物特性研究*

薛立 吴敏 徐燕 李燕 屈明

(华南农业大学林学院, 广州 510642)

摘要 为了了解华南主要树种对土壤肥力的影响, 分别用土壤化学分析方法、稀释平板法和酶分析法对相似立地条件的杉木林、马尾松林、湿地松林、马占相思林和尾叶桉林的凋落物养分、土壤养分、微生物数量及酶活性进行了研究。结果表明, 5 种林分中, 杉木林的凋落物储量最大, 凋落物的养分储量较大, 为 94.08 kg hm^{-2} 。5 种林地均呈强酸性。杉木林的土壤肥力较高, 有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 25.54 g kg^{-1} 、 0.96 g kg^{-1} 、 0.37 g kg^{-1} 、 12.04 mg kg^{-1} 、 64.42 mg kg^{-1} 、 1.87 mg kg^{-1} 、 41.88 mg kg^{-1} , 但是土壤微生物数量小; 马尾松林、湿地松林凋落物的养分储量小, 土壤养分含量较低, 土壤肥力低; 马占相思林有效地改善了土壤化学性质, 凋落物的养分储量在 5 种林分中最大, 达 106.2 kg hm^{-2} , 土壤肥力高, 有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 23.42 g kg^{-1} 、 0.93 g kg^{-1} 、 1.28 g kg^{-1} 、 15.29 mg kg^{-1} 、 69.32 mg kg^{-1} 、 1.98 mg kg^{-1} 、 76.88 mg kg^{-1} , 微生物数量大, 酶活性强; 尾叶桉林的土壤有机质、N 和 P 含量低, K 含量高, 微生物数量小和酶的活性较低, 土壤肥力低。

关键词 人工林; 养分; 微生物; 酶活性

中图分类号 S714 文献标识码 A

土壤作为森林生态系统中生命活动的主要场所, 为森林的生长提供养分。森林凋落物是土壤有机质的来源和森林土壤肥力维持的基础。土壤的养分状况影响林木生长, 土壤微生物通过参与有机质的分解而使养分释放, 土壤酶加速土壤的生物化学过程, 二者一起推动着土壤的代谢过程。通过研究森林凋落物的养分、土壤养分、微生物和酶的状况, 可以评价林地土壤肥力, 为森林的可持续发展提供依据。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、湿地松(*Pinus elliottii*)、尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*) 具有生长快和材质好的特点, 是华南地区主要用材树种。马占相思(*Acacia mangium*) 生长快、具根瘤、能固 N, 是优良的改土树种和绿化树种。国内对于杉木土壤进行过较多的研究^[1~9], 对其他 4 种树种的土壤也进行过一定的研究^[10~15]。但是, 这些研究都是在不同的地点独立进行的, 各树种所处的立地条件差异较大, 分析和对比研究结果时难于排除立地条件的影响。本研究中, 对于相似

立地条件的杉木林、马尾松林、湿地松林、马占相思林和尾叶桉林的凋落物养分特性、土壤养分、微生物数量及酶活性进行对比分析, 揭示不同树种对土壤生物学特性的影响, 这对于合理利用土壤具有一定的参考价值。

1 试验区概况

试验区位于广东省高明县的西南部, 东经 $112^{\circ}40'$, 北纬 $22^{\circ}43'$, 属于亚热带气候。气候温和, 年平均气温、最高气温和最低气温分别为 22°C 、 34.5°C 和 3.5°C , 偶有霜冻。雨量充沛, 年降雨量平均达 2000 mm , 集中在 4~8 月。地势属丘陵地带, 土壤为花岗岩发育的酸性赤红壤, 土层深厚。5 种试验林营造前的林分为杉木纯林。试验林营造当年抚育 2 次, 造林后第 2、3 年各抚育 1 次, 内容包括铲草、松土、扩穴、培土。5 种试验林分及其林下植物的特征分别见表 1 和表 2。

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-418)、国家自然科学基金项目(30270268)、广东省林业局生态公益林中心项目(4409-F02084)资助

作者简介: 薛立(1958~), 男, 湖南省桃江县人, 博士, 教授, 主要从事森林土壤、森林培育和生态学方面的研究

收稿日期: 2004-12-29; 收到修改稿日期: 2005-06-20

表1 试验林的基本特征

Table 1 General characteristics of experimental plantations

林分 Plantations	林龄 Stand age (a)	郁闭度 Canopy density	密度 Density (trees hm ⁻²)	平均胸径 Mean DBH (cm)	平均树高 Mean tree height (m)	坡向 Exposure	坡度 Slope (°)
A	10	0.95	2 500	14.6	14.0	NE80°	30
B	10	0.80	1 667	9.5	6.0	NW80°	25
C	10	0.85	1 667	14.3	7.0	NE75°	30
D	8	0.75	1 890	11.2	11.0	NE70°	35
E	8	0.75	1 111	10.6	12.7	NE65°	25

A: 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; B: 马尾松 *Pinus massoniana*; C: 湿地松 *Pinus elliotii*; D: 马占相思 *Acacia mangium*; E: 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla*. 下同 The same below.

表2 试验林的林下植物基本特征

Table 2 General characteristics of understory of experimental plantations

林分 Plantations	主要林下植物 Main understory	密度 Density (plants hm ⁻²)	高度 Height (m)	频度 Frequency (%)	盖度 Coverage (%)	生物量 Biomass (kg hm ⁻²)
A	乌蕨 <i>Stenoloma chusanum</i>	15 000	0.3	25	9	200
	铁线蕨 <i>Adiantum capillus-veneris</i>	10 000	0.4	50	4	100
	金毛狗 <i>Cibotium barometz</i>	5 000	0.2	50	2	125
B	鸭嘴草 <i>Ischaemum aristatum</i>	25 000	0.4	75	15	225
	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	22 500	0.4	75	6	350
	芒箕 <i>Dicranopteris dichotoma</i>		0.3	25	4	150
C	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	10 000	0.5	100	24	650
	芒箕 <i>Dicranopteris dichotoma</i>		0.5	25	2	75
	铁线蕨 <i>Adiantum capillus-veneris</i>	7 500	0.4	25	2	50
	梅叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	2 500	1.4	25	1	100
	鸭脚木 <i>Schefflera octaphylla</i>	2 500	2.1	25	1	150
D	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	35 000	1	75	40	1700
	芒草 <i>Miscanthus sinensis</i>	30 000	1.4	25	50	775
	芒箕 <i>Dicranopteris dichotoma</i>		0.4	25	10	350
E	箬叶竹 <i>Indocalamus longicauritus</i>	20 000	0.3	100	70	2 025
	三桠苦 <i>Evodia lepta</i>	7 500	2.0	50	20	875
	芒草 <i>Miscanthus sinensis</i>	5 000	0.5	25	10	300

2 研究方法

2004年5月选择相似立地条件的杉木林、马尾松林、湿地松林、马占相思林和尾叶桉林各1块,每块样地设3个重复,每个重复的面积为400 m²。各样地的坡向和坡度条件近似,土层厚1 m以上。在各样地中设置面积为1 m×1 m的样方6个,调查主

要林下植被种类、株数、高度、频度、盖度及凋落物鲜重,带回实验室烘干至恒重,并将凋落物粉碎后供分析用。氮用重铬酸钾-浓硫酸消化后以半微量凯氏法测定、磷和钾分析待测液用H₂SO₄+H₂O₂消煮后,试液中的磷用钼蓝比色法,钾用火焰光度法测定^[16]。

用五点混合采样法在样地取0~40 cm处的土样,带回实验室分析。将水土以2.5:1混合后用pH

计测土壤 pH; 有机质用重铬酸钾容量法测定; 全氮用半微量凯氏法测定; 用氢氧化钠碱熔法将土壤样品熔融后提取待测液, 用钼蓝比色法测全磷, 火焰光度计测全钾; 碱解氮用碱解扩散法测定; 用 0.5 mol L^{-1} 的碳酸氢钠提取土壤样品后, 用钼蓝比色法测速效磷; 用 1 mol L^{-1} 的中性醋酸钠提取土壤样品后, 用火焰光度计测速效钾^[16]。

土壤微生物计数用稀释平板法测定^[17]。脲酶用扩散法, 磷酸酶用磷酸苯二钠比色法, 过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法, 纤维素分解酶用硫代硫酸钠滴定法测定^[18]。

3 结果与分析

3.1 不同林分的凋落物养分状况

森林凋落物归还土壤, 构成土壤有机质的重要

部分。5 种林分中, 杉木凋落物的干重最大, 马尾松凋落物和马占相思凋落物的干重居中, 湿地松凋落物和尾叶桉凋落物的干重小(表 3)。马占相思凋落物的 N 含量明显大于其他树种的凋落物, 达湿地松凋落物的 3.6 倍。马占相思具有能固 N 的根瘤, 因而其枝叶吸收 N 较多, 枝叶凋落物中的 N 含量高。其他树种凋落物的 N 含量为杉木 > 尾叶桉 > 马尾松 > 湿地松; P 含量为杉木 > 尾叶桉 > 马占相思 > 马尾松 > 湿地松; K 含量为尾叶桉 > 马占相思 > 杉木 > 马尾松 > 湿地松。杉木凋落物的 N 和 P 含量高, 马占相思凋落物的 N 和 K 含量高, 尾叶桉凋落物的 P 和 K 含量高, 马尾松凋落物的各养分含量较低。湿地松凋落物的各养分含量在 5 种凋落物中最低, 不利于其土壤肥力的改善。各养分含量在杉木和马尾松凋落物中呈现 $N > P > K$, 在湿地松、马占相思和尾叶桉凋落物中则为 $N > K > P$ 。

表 3 不同林分的凋落物养分状况

Table 3 Nutrients in litters under different plantations

林分 Plantations	干重 ¹⁾ Dry weight (kg hm^{-2})	养分含量 ¹⁾ Nutrient content (g kg^{-1})			养分积累 Nutrient accumulation (kg hm^{-2})			合计 Total
		N	P	K	N	P	K	
A	6 538 ± 653	13.46 ± 1.25	0.57 ± 0.05	0.36 ± 0.03	88.00	3.73	2.35	94.08
B	5 525 ± 1125	9.91 ± 0.48	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.02	54.76	1.77	1.71	58.24
C	4 175 ± 962	4.95 ± 0.38	0.19 ± 0.05	0.31 ± 0.03	20.66	0.79	1.29	22.74
D	5 508 ± 1 323	18.05 ± 0.81	0.43 ± 0.04	0.81 ± 0.05	99.41	2.37	4.46	106.2
E	3 993 ± 758	11.08 ± 0.98	0.47 ± 0.05	1.44 ± 0.12	44.23	1.88	5.75	51.86

1) 平均值 ± 标准差 Mean ± SD

凋落物中 N 的积累量为马占相思 > 杉木 > 马尾松 > 尾叶桉 > 湿地松, P 的积累量为杉木 > 马占相思 > 尾叶桉 > 马尾松 > 湿地松, K 的积累量为尾叶桉 > 马占相思 > 杉木 > 马尾松 > 湿地松。由于 N 的含量比 P 和 K 的含量大得多, 各树种凋落物的养分总积累量顺序和 N 的顺序相同。杉木凋落物的 N 和 P 含量高, 干重大, 马占相思凋落物的 N 和 K 含量高, 干重较大, 故这 2 种凋落物的养分总积累量大。由于马尾松凋落物的养分含量较低, 干重较大, 尾叶桉凋落物的 P 和 K 含量高, 但是干重小, 因而其养分总积累量中等。湿地松凋落物的养分含量低, 干重小, 其养分总积累量最小, 分别为杉木凋落物和马占相思凋落物的 24% 和 21%。

3.2 不同林分的土壤化学性质

由于森林凋落物是土壤有机质主要来源, 各种凋落物的数量、化学成分和分解速率不同, 使得土

壤养分状况有较大差异。5 种林地均呈强酸性, 其中杉木林地和湿地松林地的酸性最强, 马占相思林地的酸性较弱(表 4)。杉木林地的土壤有机质含量最高, 达 25.54 g kg^{-1} , 湿地松林地和马占相思林地的土壤有机质含量较高, 马尾松和尾叶桉林地的土壤有机质含量低, 分别为杉木林地的 62% 和 68%。杉木林地和马占相思林地的全氮和碱解氮含量高, 湿地松林地和尾叶桉林地次之, 而马尾松林地最低。马占相思林地的全磷含量高达 1.28 g kg^{-1} , 是其他林地的 3.4 倍以上, 杉木林地次之, 湿地松林地和尾叶桉林地较低, 马尾松林地最低, 仅为马占相思林地的 9% 左右。速效磷含量为马占相思林地 > 杉木林地 > 马尾松林地和湿地松林地 > 尾叶桉林地。马占相思林地和尾叶桉林地全钾和速效钾含量高, 杉木林地全钾含量中等, 速效钾含量低, 马尾松林地和湿地松林地全钾和速效钾含量均低。

表4 不同林分的土壤化学性质¹⁾

Table 4 Chemical properties of soils under different plantations

林分 Plantations	pH	有机质 Organic matter (g kg ⁻¹)	全氮 Total N (g kg ⁻¹)	全磷 Total P (g kg ⁻¹)	全钾 Total K (g kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali-hydrolyzable N (mg kg ⁻¹)	速效磷 Available P (mg kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg kg ⁻¹)
A	3.59±0.15	25.54±2.47	0.96±0.06	0.37±0.03	12.04±1.08	64.42±4.47	1.87±0.09	41.88±2.78
B	3.96±0.27	15.80±0.92	0.54±0.04	0.12±0.01	6.68±0.52	36.70±2.36	0.95±0.09	45.75±3.07
C	3.58±0.17	23.14±2.31	0.68±0.06	0.22±0.01	10.96±1.10	47.30±5.43	0.95±0.08	44.38±3.04
D	4.24±0.32	23.42±1.25	0.93±0.07	1.28±0.07	15.29±1.06	69.32±6.44	1.98±0.17	76.88±4.80
E	3.81±0.13	17.44±1.10	0.71±0.06	0.20±0.03	12.90±1.02	42.41±2.84	0.81±0.09	66.25±3.14

1) 平均值±标准差 Mean±SD

5种林分中,马占相思林的土壤有机质和全氮含量居第二位,其余养分含量居第一位,可以认为其改良土壤效果好;而杉木林的土壤有机质、全氮含量居第一位,全磷、碱解氮、速效磷含量居第二位,对土壤N和P的作用优于松林和尾叶桉林。尾叶桉林的土壤全钾和速效钾含量居第二位,对土壤K有较好的改善作用。马尾松林和湿地松林的土壤养分含量较低,改良土壤效果差。

3.3 土壤微生物数量和酶活性

各林分的土壤微生物以细菌为主,占微生物总量的98%以上。杉木林和尾叶桉林的土壤真菌数

量小于放线菌数量,其他林分的土壤真菌数量大于放线菌数量(表5)。细菌数量随着林分不同存在明显差异。湿地松林和马占相思林的土壤细菌数量大,为其他林地的5倍以上,杉木林的土壤细菌数量最小;马尾松、湿地松林和马占相思林的真菌数量大,尾叶桉林的真菌数量小,杉木林地的真菌数量最小;放线菌数量为马占相思林地>尾叶桉林地>湿地松林地>杉木林地>马尾松林地。马占相思林密度小,林地光照和土壤水分条件好,养分丰富,有利于微生物的发育,因而微生物数量最大。

表5 不同林分的土壤微生物和酶活性¹⁾

Table 5 Soil microorganism and enzyme activity under different plantations

林分 Plantations	细菌 Bacteria (10 ² g ⁻¹ dry soil)	真菌 Fungi (10 ² g ⁻¹ dry soil)	放线菌 Actinomyces (10 ² g ⁻¹ dry soil)	脲酶 Urease (NH ₃ -N mg kg ⁻¹ d ⁻¹)	磷酸酶 Phosphoric acid enzyme (phenol mg g ⁻¹ h ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase (0.1mol L ⁻¹ KMnO ₄ ml g ⁻¹ h ⁻¹)	纤维素分解酶 Cellulolytic enzyme (0.1mol L ⁻¹ Na ₂ S ₂ O ₃ ml kg ⁻¹ d ⁻¹)
A	860±192	2.5±0.2	5.0±0.9	745±102	4370±518	5.37±0.28	7.86±0.83
B	1300±181	17.2±2.1	2.3±0.3	348±44	6929±792	7.08±1.41	12.50±2.08
C	10000±2293	18.0±1.5	5.5±0.4	279±40	6369±611	5.64±0.45	8.70±0.71
D	11000±2206	18.1±1.7	14.2±1.8	743±85	8056±563	8.34±0.94	6.80±1.05
E	1930±275	9.4±1.1	11.1±2.5	338±51	5060±674	5.70±0.62	3.90±0.75

1) 平均值±标准差 Mean±SD

土壤酶催化土壤中的一切生物化学反应和物质循环,其活性大小反映生物化学过程的强度和方向,与土壤肥力关系密切。杉木林地和马占相思林地的脲酶活性大,为其他林地的2.1倍以上。脲酶活性与有机质和全氮含量密切相关^[19,20]。杉木林地和马占相思林地的有机质和全氮含量高,因而脲酶活性也高,这有利于有机分子中肽键的水解,提高了土

壤碱解氮的含量。

磷酸酶活性为马占相思林地>马尾松林地>湿地松林地>尾叶桉林地>杉木林地。马占相思林地的磷酸酶活性高,能加速有机磷的循环,提高P的有效性。尾叶桉林地和杉木林地磷酸酶活性低,不利于其土壤的有机磷向无机磷转化。

马占相思林地的过氧化氢酶活性高,马尾松林

地次之,其他林地较低。过氧化氢酶活性与土壤的微生物数量有关,也与植物根系有关,可以用来表征土壤腐殖质化强度大小和有机质积累程度。马占相思林地的过氧化氢酶活性高表明其水解过氧化氢强度大,碳素循环快和土壤腐殖质合成能力高,促进了土壤有机质的积累。

纤维素分解酶活性为马尾松林地> 湿地松林地> 杉木林地> 马占相思林地> 尾叶桉林地。纤维素分解酶是表征土壤碳素循环速度的重要指标。马尾松林地纤维素分解酶活跃,表明其纤维素分解强度增强,碳素循环快。松树和杉木的土壤纤维素分解酶活性大可能是其枯枝落叶中木质素含量大于阔叶树造成的。

4 结论与讨论

1) 凋落物养分的积累量为马占相思> 杉木> 马尾松> 尾叶桉> 湿地松。马占相思林和杉木林凋落物的养分积累量分别为 106.2 kg hm^{-2} 和 94.08 kg hm^{-2} ,有利于林地的有机质的积累,而湿地松凋落物的养分积累量最小,仅为马占相思凋落物的 21%。

2) 各林地呈强酸性。马占相思林提高有机质含量的作用较大,显著提高了土壤养分含量;杉木林有利于有机质的积累,对土壤 N 和 P 的作用优于松林和尾叶桉林;尾叶桉林对于提高土壤 K 含量的作用明显,但是改善土壤有机质、N 和 P 状况的作用甚微;马尾松林和湿地松不利于改善土壤养分状况。

3) 细菌数量占微生物总量的 98% 以上,呈现为马占相思林> 尾叶桉林> 湿地松林> 马尾松林> 杉木林。真菌数量为马占相思林和湿地松林> 马尾松林> 尾叶桉林> 杉木林,放线菌数量为马占相思林> 湿地松林> 尾叶桉林> 杉木林> 马尾松林。马占相思林郁闭小,林地光照和土壤水分条件好,养分丰富,因而微生物数量最大。

杉木林地和马占相思林地的脲酶活性大,其他林地脲酶活性较小;磷酸酶活性为马占相思林地> 马尾松林地> 湿地松林地> 尾叶桉林地> 杉木林地;马占相思林地的过氧化氢酶活性高,马尾松林地次之,其他林地较低;纤维素分解酶活性为马尾松林地> 湿地松林地> 杉木林地> 马占相思林地> 尾叶桉林地。针叶树种松树和杉木的土壤纤维素分解酶活性大于阔叶树种马占相思和尾叶桉可能是其枯枝落叶中木质素含量大于后者造成的。

4) 总的来看,马占相思林有效改善了土壤化学性质,凋落物归还林地的养分多,微生物数量大,酶活性强,土壤肥力在各林地中最高的,可以较快地改善生态环境;杉木林密度大,凋落物数量大和 N、P 含量高,土壤的有机质、N 和 P 含量也高。这主要是由于其生产力高,而凋落物分解速度慢,因而养分积累较多所致。杉木林郁闭度大,林地光照弱,土壤微生物数量小和酶活性低,长期下去不利于林分的养分循环,会产生地力衰退。建议对林分实行间伐,以便改善林地的光照条件,促进土壤有机质的分解和增加微生物数量^[8]。马尾松林、湿地松林和尾叶桉林不利于土壤养分的改善,土壤肥力低。

参考文献

- [1] 陈 峻,李传涵. 杉木幼林地土壤酶活性与土壤肥力. 林业科学研究,1993,6(3): 321~ 326. Chen H J, Li C H. Soil enzyme activity and soil fertility in *Cunninghamia lanceolata* plantations (In Chinese). Forest Research, 1993, 6(3): 321~ 326
- [2] 陈绍桂,陈淑容. 杉木木荷混交林涵养水源功能和土壤肥力. 土壤学报,2002,39(4): 599~ 603. Chen S Q, Chen S R. Functions of the mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Schima superba* in water conservation and soil fertility buildup (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(4): 599~ 603
- [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. 应用生态学报,1994,5(2): 126~ 132. Deng S J, Zhang J W, Chen C Y, et al. Effect of pure and mixed stands on soil physical and chemical properties (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 1994, 5(2): 126~ 132
- [4] 方乐金,张运斌. 杉木幼林地土壤肥力变化研究. 土壤学报,2003,40(2): 316~ 319. Fang L J, Zhang Y B. Studies on fertility changes of young fir forestry (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(2): 316~ 319
- [5] 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. 林业科学研究,1997,10(4): 373~ 379. Jiao R Z, Yang C D, Tu X N, et al. The change of undergrowth, soil microorganism, enzyme activity and nutrient in different developing stage of the Chinese fir plantation (In Chinese). Forest Research, 1997, 10(4): 373~ 379
- [6] 盛炜彤,杨承栋,范少辉. 杉木人工林的土壤性质变化. 林业科学研究,2003,16(4): 377~ 385. Sheng W T, Yang C D, Fan S H. Variation of soil properties of Chinese fir plantation (In Chinese). Forest Research, 2003, 16(4): 377~ 385
- [7] 孙启武,杨承栋,焦如珍. 江西大岗山连栽杉木人工林土壤性质的变化. 林业科学,2003,39(3): 1~ 6. Sun Q W, Yang C D, Jiao R Z. The changes of soil properties of the successive Chinese fir plantation in Dagang Mountain of Jiangxi Province (In Chinese). Scientia Silvae Sinica, 2003, 39(3): 1~ 6
- [8] 张鼎华,叶章发,范必有,等. 抚育间伐对人工林土壤肥力的影响. 应用生态学报,2001,12(5): 672~ 676. Zhang D H, Ye Z

- F, Fan B Y, *et al.* Influences of thinning on soil fertility in artificial forests (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(5): 672~ 676
- [9] Yang Y S, Guo J F, Chen G S, *et al.* Effect of slash burning on nutrient removal and soil fertility in Chinese fir and evergreen broadleaved forests of Mid-subtropical China. Pedosphere, 2003, 13(1): 87~ 96
- [10] 黄庆丰, 高健, 吴泽民. 不同森林类型土壤肥力状况及水源涵养功能的研究. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 82~ 86. Huang Q F, Gao J, Wu Z M. Study on the fertility of soil and the benefit of soil-water conservation for different forest types (In Chinese). Journal of Anhui Agricultural University, 2002, 29(1): 82~ 86
- [11] 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. 土壤学报, 2003, 40(2): 280~ 285. Xue L, Kuang L G, Chen H Y, *et al.* Soil nutrients, microorganisms and enzyme activities of different stands (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(2): 280~ 285
- [12] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 不同阔叶树种的生长及其对赤红壤肥力的影响. 土壤学报, 2003, 40(5): 795~ 799. Xue L, Lai R S, Chen H Y, *et al.* Growth of different broadleaved trees and its effects on latosolic red soil fertility (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(5): 795~ 799
- [13] 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. 林业科学研究, 1999, 12(4): 392~ 397. Yang C D, Jiao R Z, Sheng W T, *et al.* Change of soil properties under slash pine in Dagangshan, Jiangxi Province (In Chinese). Forest Research, 1999, 12(4): 392~ 397
- [14] 杨承栋, 孙启武, 焦如珍, 等. 大青山一二代马尾松土壤性质变化与地力衰退关系的研究. 土壤学报, 2003, 40(2): 265~ 273. Yang C D, Sun Q W, Jiao R Z, *et al.* Studies on the relationship between soil property changes and soil degradation under 1st and 2nd rotation masson pine plantation at Daqingshan (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(2): 265~ 273
- [15] 何园球, 沈其荣, 王兴祥. 红壤丘岗区人工林恢复过程中的土壤养分状况. 土壤, 2003, 35(3): 222~ 226. He Y Q, Shen Q R, Wang X X. Dynamic of nutrients in artificial forest soil in low hill red soil region (In Chinese). Soils, 2003, 35(3): 222~ 226
- [16] 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. ed. Physical and Chemical Analysis of Soil (In Chinese). Shanghai: Shanghai Sciences and Technology Press, 1978
- [17] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究. 北京: 科学出版社, 1985. Microorganism Laboratory, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. ed. Research Methods of Soil Microorganism (In Chinese). Beijing: Science Press, 1985
- [18] 关松荫, 等著. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986. Guan S Y, *et al.* Soil Enzyme and Research Methods (In Chinese). Beijing: Agricultural Press, 1986
- [19] 和文祥, 朱铭莪. 陕西土壤脲酶活性与土壤肥力关系分析. 土壤学报, 1997, 34(3): 393~ 398. He W X, Zhu M E. Relationship between urease activity and fertility of soils in Shaanxi Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1997, 34(3): 393~ 398
- [20] 刘广深, 徐冬梅, 许中坚, 等. 用通径分析法研究土壤水解酶活性与土壤性质的关系. 土壤学报, 2003, 40(5): 756~ 762. Liu G S, Xu D M, Xu Z J, *et al.* Relationship between hydrolase activity in soils and soil properties in Zhejiang Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(5): 756~ 762

SOIL NUTRIENTS AND MICROORGANISMS IN SOILS OF TYPICAL PLANTATIONS IN SOUTH CHINA

Xue Li Wu Min Xu Yan Li Yan Qu Ming

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Nutrients in litters and soils, amount of microorganisms and activity of enzymes in soils of plantations of *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana*, *Pinus eliottii*, *Acacia mangium* and *Eucalyptus urophylla* similar in geographic conditions were studied using soil chemical analysis, dilution flat and enzyme analysis methods in order to get a better understanding of influences of some main tree species in South China on soil fertility. The soils of the five plantations were rather strong in acidity. Among the five plantations, the *Cunninghamia lanceolata* plantation had the largest amount of litters, which were also rather rich in nutrient reserve, about 94.08 kg hm^{-2} . Consequently, its soil fertility was relatively high, with soil organic matter, total N, total P, total K, alkali-hydrolyzable N, available P and available K being 25.54 g kg^{-1} , 0.96 g kg^{-1} , 0.37 g kg^{-1} , 12.04 mg kg^{-1} , 64.42 mg kg^{-1} , 1.87 mg kg^{-1} , 41.88 mg kg^{-1} , respectively. However, the soil was low in amount of microorganisms. *Pinus massoniana* and *Pinus eliottii* litters were low in nutrient content, and their soils were resultantly low in nutrient contents and soil fertility. The *Acacia mangium* plantation effectively improved soil chemical properties and its litters had the highest nutrient reserve among the five plantations, about 106.2 kg hm^{-2} . Its soil fertility was the highest among the five plantations, with organic matter, total N, total P, total K, alkali-hydrolyzable N, available P and available K reaching 23.42 g kg^{-1} , 0.93 g kg^{-1} , 1.28 g kg^{-1} , 15.29 mg kg^{-1} , 69.32 mg kg^{-1} , 1.98 mg kg^{-1} and 76.88 mg kg^{-1} , respectively, and its amount of soil microorganisms and activity of enzymes were also great. The soil in the *Eucalyptus urophylla* plantation was high in K, but low in soil organic matter, N, P, amount of soil microorganisms and enzyme activity, and thus resulting in low soil fertility.

Key words Plantation; Nutrient; Microorganism; Enzyme activity