

## 第 1 代和第 2 代马尾松林土壤微生物及生化作用比较

何佩云<sup>1,2</sup>, 丁贵杰<sup>1</sup>, 谌红辉<sup>3</sup>

(1. 贵州大学 造林生态研究所, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州师范大学 生命科学学院, 贵州 贵阳 550001;  
3. 中国林业科学研究院 热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

**摘要:** 采用配对样地法, 以不同栽植代数(第 1 代和第 2 代)、不同发育阶段(8, 15, 18, 20 年生)的马尾松 *Pinus massoniana* 人工林为对象, 对第 1 代和第 2 代不同林龄马尾松人工林土壤微生物及生化作用进行比较分析。结果表明: 连栽后, 无论是幼龄林还是中龄林, 相同层次土壤中细菌、放线菌、真菌及微生物总数第 2 代均高于第 1 代, 且幼龄林 0~20 cm 土壤细菌、真菌及 2 个层次土壤微生物总数、中龄林 0~20 cm 土壤真菌、20~40 cm 土壤细菌、真菌及微生物总数在第 1 代和第 2 代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平; 在第 1 代和第 2 代幼龄林、中龄林土壤微生物区系组成中, 细菌占微生物总数百分比最高, 其次是放线菌, 真菌最少。对土壤生化作用的影响, 连栽后, 幼龄林、中龄林不同层次土壤硝化作用强度第 2 代较第 1 代有所上升, 而氨化作用强度则趋于下降, 且中龄林 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤硝化作用强度在第 1 代和第 2 代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平。马尾松连栽对其幼龄林、中龄林土壤三大类微生物数量及生化作用强度均产生不同程度的正效应。图 4 表 2 参 18

**关键词:** 森林培育学; 马尾松; 人工林; 连栽; 微生物; 生化作用

**中图分类号:** S724      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2012)05-0703-07

## Comparison of soil microorganisms and biochemical roles for first and second generation *Pinus massoniana* plantations

HE Pei-yun<sup>1,2</sup>, DING Gui-jie<sup>1</sup>, CHEN Hong-hui<sup>3</sup>

(1. Institute of Silviculture and Ecology, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China; 2. College of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, Guizhou, China; 3. Experimental Centre of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

**Abstract:** Through the pairing method of different generations (1st and 2nd) and ages (8, 9, 15, 18, and 20 years), a comparison of soil microorganisms and the biochemical role for the first and second state of *Pinus massoniana* plantations was made. Results showed that after successive rotations in young and middle-aged forests, bacteria, actinomycetes, fungi, and total microorganisms for corresponding soil layers were higher in the second generation than the first. Significant ( $P < 0.05$ ) and highly significant ( $P < 0.01$ ) differences were found in the young forest for bacteria and fungi in the 0–20 cm layer, and total microorganisms in the 0–20 cm and 20–40 cm layers; and in the middle-aged forest, fungi in the 0–20 cm layer and bacteria, fungi, and total microorganisms in the 20–40 cm. Soil microbes in the young and middle aged first and second generation forests were in the order: bacteria > actinomycetes > fungi. The biochemical role for different soil layers, after successive rotations, for the second generation compared to the first, showed higher soil nitrifica-

收稿日期: 2011-10-25; 修回日期: 2012-04-05

基金项目: 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2011AA100203); 贵州省人才基地建设项目(黔人领发[2009]9号); 贵州省创新团队课题(黔科合人才团队[2011]4003); 贵州省科学技术基金资助项目(黔科合J字[2009]2084号)

作者简介: 何佩云, 副教授, 博士, 从事植物生理生态等研究。E-mail: peiyunh@163.com。通信作者: 丁贵杰, 教授, 博士生导师, 从事森林培育和人工林稳定性研究。E-mail: guiiedingzhi@163.com

tion and lower ammonification in the young and middle-aged forests; also, differences in soil nitrification in the middle-aged forest at the 0–20 cm and 20–40 cm depths was significant ( $P < 0.05$ ) or highly significant ( $P < 0.01$ ). Thus, successive rotations had an effect on soil microorganisms and biochemical roles in the young and middle-aged *Pinus massoniana* forest. [Ch, 4 fig. 2 tab. 18 ref.]

**Key words:** silviculture; *Pinus massoniana*; plantation; successive rotation; microorganism; biochemical role

中国主要造林树种杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 落叶松 *Larix gmelini*, 桉树 *Eucalyptus* spp. 等由于连栽已产生较严重地力衰退<sup>[1-4]</sup>。马尾松 *Pinus massoniana* 是中国松属树种中分布最广的乡土工业用材树种, 广布全国 17 个省(市、自治区), 21°41′~33°56′N, 102°10′~123°14′E, 具有适生能力强、速生、丰产、用途广等优点, 是南方最主要用材树种之一<sup>[5]</sup>。因此, 一些学者对其栽培技术、合理采伐年龄、优化模式及密度效应等做了较深入系统的研究<sup>[6-11]</sup>; 但马尾松能否连栽以及连栽后是否对其林地土壤微生物及生化作用产生影响等成为学术和生产上十分关注和迫切需要解决的问题。相关研究表明: 连栽能在一定程度上改变土壤微生物区系状况、病原菌和害虫生存环境, 减少土壤有毒物质的积累, 改善林地土壤生物活性条件, 从而起到培肥土壤、维护地力的作用<sup>[12]</sup>, 但有关马尾松连栽对其林地土壤微生物及生化作用产生变化的研究报道甚少。针对这些问题, 本研究采用以空间代时间和配对样地法, 通过在贵州省和广西壮族自治区马尾松主产区选取配对样地, 以第 1 代和第 2 代马尾松幼龄林、中龄林为主要研究对象, 对第 1 代和第 2 代马尾松人工林土壤微生物及生化作用进行调查, 以揭示连栽后林地土壤微生物、生化作用及其性质变化。

## 1 研究样地概况

研究样地位于广西凭祥市热带林业实验中心伏波实验场、广西壮族自治区忻城县欧洞林场以及贵州龙里林场。伏波调查样地位于 22°06′N, 106°43′E, 属南亚热带季风气候区, 年平均气温为 19.9 °C, 年降水量 1 400 mm; 海拔 500~600 m, 低山地貌, 土壤为花岗岩发育形成的红壤, 土层厚在 1 m 以上。林下植被主要有五节芒 *Miscanthus floridulus*, 鸭脚木 *Schefflera octophylla*, 东方乌毛蕨 *Blechnum orientale* 和白茅 *Imperata cylindrica* var. *major* 等。植被郁闭度达 0.8。

欧洞林场位于广西忻城县北端, 地处 24°14′~24°19′N, 108°42′~108°49′E, 属南亚热带气候区, 年平均气温为 19.3 °C, 年均降水量 1 445.2 mm。整个场区多属低山丘陵地貌, 样地所在处海拔 310~500 m; 土壤主要是石英砂岩发育形成的红壤, 土层较薄。林下植被主要有东方乌毛蕨 *Blechnum orientale*, 五节芒, 小叶海金沙 *Lygodium scandens* 和南方荚蒾 *Viburnum fordiae* 等。植被郁闭度为 0.7 左右。

贵州龙里林场地处 26°28′N, 106°53′E, 气候为中亚热带温和湿润类型, 年平均气温为 14.8 °C, 年降水量 1 089.3 mm, 年均相对湿度 79%, 试验地海拔高度为 1 213~1 330 m, 地貌为低山, 土壤是石英砂岩发育形成的黄壤。林下植被主要有茅栗 *Castanea sequinii*, 小果南烛 *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica*, 铁芒箕 *Dicranopteris linearis* 和白栎 *Quercus fabri* 等。植被郁闭度为 0.7 左右。

## 2 研究方法

### 2.1 标准地的选设

试验采用配对样地法(严格要求所配样地的立地类型相同、立地质量相近), 选择不同栽植代数(第 1 代和第 2 代)、不同发育阶段(8, 9, 15, 18, 20 年生)的马尾松人工林为研究对象, 共选取 9 组配对样地, 分别用 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ..., I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> 表示, 其中 8, 9 年生林分属幼龄林, 15, 18, 19, 20 年生林分属中龄林。配对样地基本概况见表 1。

### 2.2 样地调查及样品采集

在林相基本一致的林分内, 选择代表性强的地段设置标准地, 共设标准样地 7 组。标准样地面积为 600 m<sup>2</sup>。在标准地内按正规调查方法, 进行每木检尺和按径阶测树高, 然后计算各林分测树因子。按 S 形多点混合采样法, 分别在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层采样, 供土壤微生物及生化作用强度的分析测定。

### 2.3 土壤微生物测定方法

土壤微生物分析采用稀释平板法，细菌培养采用牛肉膏蛋白胨培养基；放线菌培养采用改良高氏 1 号培养基(pH 7.2~7.4)，以 30.0 g·kg<sup>-1</sup> 重铬酸钾抑制细菌；真菌培养采用马铃薯培养基<sup>[13]</sup>。

### 2.4 土壤生化作用测定方法

土壤硝化作用强度测定采用溶液培养法；氨化作用强度测定采用土壤培养法<sup>[13]</sup>。

### 2.5 数据统计分析

采用 Excel 和 SPSS 13.0 进行数据统计和单因子方差分析(one-way ANOVA)。

表 1 配对样地立地条件及林分状况

Table 1 Conditions in compared soil and environmental state of forest lands

样地号	代数	地点	母岩	海拔/m	林龄/a	坡向	坡位	平均胸径/cm	平均树高/m	现存密度/(株·hm <sup>-2</sup> )
A <sub>1</sub>	第 1 代	伏波站	花岗岩	591	8	南坡	上坡	13.3	8.4	1 683
A <sub>2</sub>	第 2 代	锡土矿	花岗岩	519	8	南坡	上坡	14.7	9.4	1 433
B <sub>1</sub>	第 1 代	伏波站	花岗岩	550	8	东南坡	下坡	15.3	10.1	1 033
B <sub>2</sub>	第 2 代	锡土矿	花岗岩	490	8	东南坡	下坡	13.8	8.9	1 516
C <sub>1</sub>	第 1 代	更达	砂岩	460	9	西北坡	下坡	7.8	7.2	2 100
C <sub>2</sub>	第 2 代	坳水塘	砂岩	375	9	西北坡	下坡	11.3	7.9	1 850
D <sub>1</sub>	第 1 代	八亩地	砂岩	339	15	全坡向	无	17.6	16.2	933
D <sub>2</sub>	第 2 代	干水库	砂岩	358	15	全坡向	无	18.4	14.2	833
E <sub>1</sub>	第 1 代	西南桦	花岗岩	557	15	东北坡	下坡	19.4	13.0	1 083
E <sub>2</sub>	第 2 代	新路下	花岗岩	546	15	东北坡	下坡	20.3	12.3	900
F <sub>1</sub>	第 1 代	双电杆	砂岩	1 250	18	东南坡	下坡	12.0	13.2	1 933
F <sub>2</sub>	第 2 代	子妹坡	砂岩	1 330	18	东南坡	下坡	15.9	16.3	1 550
G <sub>1</sub>	第 1 代	春光	砂岩	1 213	19	西北坡	下坡	18.4	14.4	1 116
G <sub>2</sub>	第 2 代	沙坝	砂岩	1 280	19	西北坡	下坡	15.6	15.1	1 233
H <sub>1</sub>	第 1 代	岔路口	花岗岩	614	20	南坡	上坡	21.7	14.9	867
H <sub>2</sub>	第 2 代	水厂	花岗岩	568	20	南坡	上坡	20.8	14.6	1 266
I <sub>1</sub>	第 1 代	岔路口	花岗岩	580	20	北坡	下坡	22.8	16.0	850
I <sub>2</sub>	第 2 代	水厂	花岗岩	541	20	北坡	下坡	18.4	18.1	1 233

说明：A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, …, I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> 分别代表不同林龄的第 1 代和第 2 代配对样地。土壤密度为 0~20 cm 和 20~40 cm 的平均值。其林下植被多样性指数幼龄林第 1 代和第 2 代分别为 0.740 和 0.876, 中龄林第 1 代和第 2 代分别为 0.841 和 0.849。

## 3 结果与分析

### 3.1 第 1 代和第 2 代不同林龄土壤微生物状况比较

森林土壤中细菌、放线菌和真菌数量及其活性与土壤有机物质及其组成，具有生理活性的有机物质种类及含量等有着十分密切的关系，也与土壤中无机养分的组成和含量密切相关。同时，微生物代谢活动产物也将相应地影响土壤中的生物学活性、生物化学活性，影响土壤有机物质的组成和含量<sup>[14-17]</sup>。连栽对马尾松幼龄林、中龄林土壤中三大类微生物数量的影响情况见表 2。

从表 2 研究结果可看出：无论是幼龄林还是中龄林，相同层次土壤中细菌、放线菌、真菌及微生物总数第 2 代均高于第 1 代，其中，幼龄林 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤细菌、放线菌、真菌及微生物总数第 2 代较第 1 代分别上升 67.88%，71.03%，65.93%，68.33%和 29.13%，115.87%，42.75%，37.01%，且 0~20 cm 土壤细菌、真菌及 2 个层次土壤微生物总数在第 1 代和第 2 代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平。中龄林 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤细菌、放线菌、真菌及微生物总数第 2 代较第 1 代分别上升 18.94%，16.56%，82.09%，19.03%和 25.13%，8.72%，101.54%，23.87%，且 0~20 cm 土

壤真菌、20~40 cm 土壤细菌、真菌及微生物总数在第 1 代和第 2 代间的差异达显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 水平。

表 2 第 1 代和第 2 代不同林龄 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤微生物数量

Table 2 Quantities of 0~20 cm and 20~40 cm soil microorganisms in different stand ages of the 1st and 2nd generation

发育阶段	土层/cm	微生物类别	微生物数量/( $\times 10^4$ 个·g <sup>-1</sup> )		F 值
			第 1 代	第 2 代	
幼龄林	0~20	细菌	171.25 ± 31.25(83.96)	287.50 ± 22.50(84.36)	9.114*
		放线菌	29.38 ± 6.37(15.12)	50.25 ± 21.25(14.76)	0.885
		真菌	1.82 ± 0.41(0.94)	3.02 ± 0.46(0.89)	3.707*
		微生物总数	202.44 ± 24.46	340.77 ± 1.79	11.948**
	20~40	细菌	158.75 ± 21.25(90.13)	205.00 ± 30.00(84.65)	1.583
		放线菌	15.75 ± 0.50(9.06)	34.00 ± 16.50(14.53)	1.222
		真菌	1.38 ± 0.27(0.82)	1.97 ± 0.38(0.83)	1.555
		微生物总数	88.00 ± 21.47	240.97 ± 13.12	6.691*
中龄林	0~20	细菌	220.00 ± 32.62(88.11)	261.67 ± 45.42(87.81)	0.555
		放线菌	27.17 ± 2.84(11.35)	31.67 ± 3.10(11.35)	1.145
		真菌	1.34 ± 0.10(0.54)	2.44 ± 0.44(0.84)	5.941*
		微生物总数	248.50 ± 31.63	295.78 ± 42.91	0.786
	20~40	细菌	152.50 ± 3.81(90.06)	190.83 ± 6.01(90.96)	8.986*
		放线菌	16.17 ± 0.08(9.56)	17.58 ± 0.72(8.41)	3.753
		真菌	0.65 ± 0.23(0.39)	1.31 ± 0.08(0.62)	6.775*
		微生物总数	169.32 ± 3.82	209.73 ± 5.24	18.790**

说明：表中数值为平均值±标准差，表中括号中数据表示该菌占微生物总数的百分比(%)，\*\*和\*\*\*分别代表在  $P < 0.05$ ， $P < 0.01$  水平上差异显著。

在第 1 代和第 2 代幼龄林、中龄林土壤微生物区系组成中，细菌数量占微生物总数百分比最高，远远高于真菌和放线菌，其次是放线菌，真菌最少。其第 1 代和第 2 代幼龄林、中龄林不同层次土壤细菌、放线菌、真菌占微生物总数百分比具体见表 2。可见，马尾松连栽后，土壤中三大类微生物数量升高，这势必影响森林枯枝落叶的分解，影响森林土壤有机物质的分解和转化。第 2 代马尾松幼龄林、中龄林土壤中细菌、放线菌、真菌数量上升，必然影响土壤有机物质的组成和含量。该研究结果与第 2 代马尾松幼龄林、中龄林土壤中有机质含量上升的结论相一致<sup>[18]</sup>。

土壤微生物是生态系统的分解者，它们的数量、分布、多样性及功能影响着地上植被的生长、发育、繁殖及分布和群落结构，反之亦然。同时土壤微生物在土壤中的数量、分布与活动情况，反映了土壤肥力的大小，对林木生长发育起着重要的作用。而植被类型、土壤理化性质、管理措施等不同对土壤微生物的数量及种类均会产生不同程度的影响。人类的生产与生活活动都会有目的或没有目的地改变地表的植被组成和生长状况，在不同生态条件的土壤中，微生物的数量、种群组成和活性有相当大的差异。从微生物群落多样性变化来看，植物群落类型初步决定了微生物群落的组成，土壤微生物群落多样性与覆盖在土壤上的植物群落多样性呈正相关，单一栽培的树种通常会造成微生物多样性减少。在桉树人工林生态系统中，土壤微生物的种类和数量都相对较少，可能与桉树人工林树种单一，地面草本类、灌木种类很少，林地凋落物的种类和数量较少等因素有关。马尾松连栽后，土壤微生物数量有所增加，这可能是由于连栽后林地植被多样性有所提高，群落内具有较丰富的植被层和种类，林下凋落物种类和数量较丰富，从而促进了土壤营养物质的良性循环，能够很好地改善林地土壤的生态环境，因此促进了土壤微生物的生长和繁殖，导致其连栽后林地土壤微生物数量和种类有所提高。

### 3.2 第 1 代和第 2 代不同林龄土壤硝化和氨化作用比较

土壤氨化及硝化作用的强度是在土壤微生物各主要生理类群直接参与下进行的，土壤在这些微生物群体的作用下，对维持其生态系统的碳、氮平衡起着重要的作用。通常把土壤生化作用强度作为土壤微生物活性的综合指标之一<sup>[13]</sup>。

连栽对幼龄林、中龄林不同层次土壤生化作用强度的变化见图 1~4。图 1~4 表明：连栽后，无论是幼龄林还是中龄林，土壤硝化作用强度第 2 代较第 1 代有所上升，而氨化作用强度趋于下降。其中幼龄林土壤硝化作用强度第 2 代较第 1 代分别上升 36.74% 和 34.48%；土壤氨化作用强度第 2 代较第 1 代分别下降 27.12% 和 23.64%，但差异均不显著。

中龄林土壤硝化作用强度第 2 代较第 1 代分别上升 43.46% 和 37.63%，且在第 1 代和第 2 代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平；土壤氨化作用强度第 2 代较第 1 代分别下降 28.03% 和 29.06%。

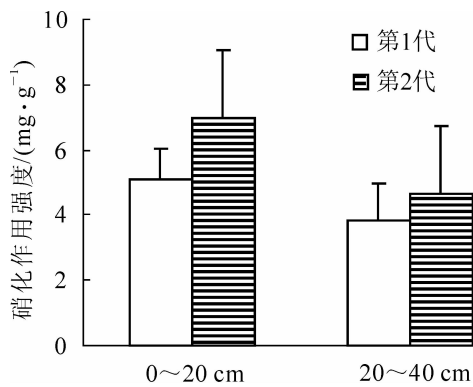


图 1 第 1 代和第 2 代幼龄林不同层次土壤硝化作用的比较

Figure 1 Comparison of nitrification on different soil layers in young 1st and 2nd generation

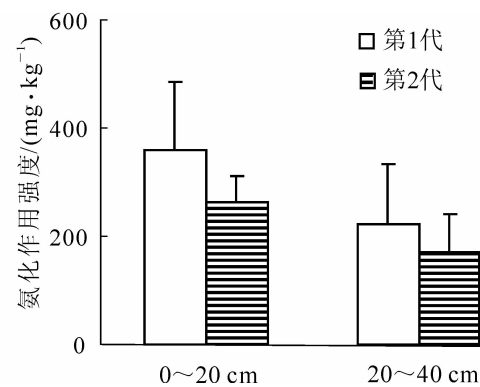


图 2 第 1 代和第 2 代幼龄林不同层次土壤氨化作用的比较

Figure 2 Comparison of ammonification on different soil layers in young 1st and 2nd generation

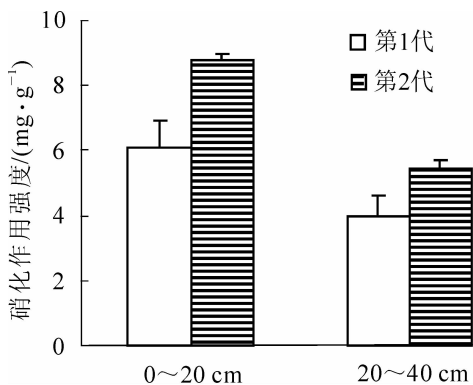


图 3 第 1 代和第 2 代中龄林不同层次土壤硝化作用的比较

Figure 3 Comparison of nitrification on different soil layers in middle aged 1st and 2nd generation

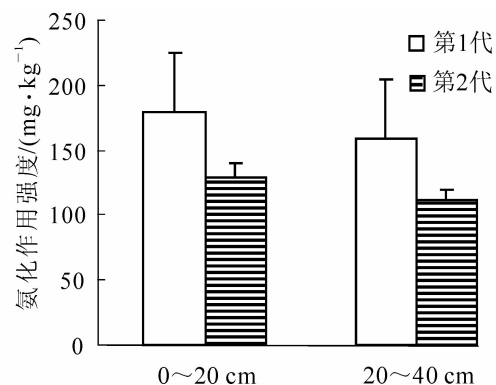


图 4 第 1 代和第 2 代中龄林不同层次土壤氨化作用的比较

Figure 4 Comparison of ammonification on the different soil layers in middle aged 1st and 2nd generation

## 4 结论

连栽后土壤中三大类微生物数量的变化，无论是幼龄林还是中龄林，相同层次土壤中细菌、放线菌、真菌及微生物总数第 2 代均高于第 1 代，且幼龄林 0~20 cm 土壤细菌、真菌及 2 层次土壤微生物总数、中龄林 0~20 cm 土壤真菌、20~40 cm 土壤细菌、真菌及微生物总数在第 1 代和第 2 代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平。在第 1 代和第 2 代幼龄林、中龄林土壤微生物区系组成中，细菌占微生物总数百分比最高，其次是放线菌，真菌最少。

连栽后土壤硝化作用和氨化作用的变化,无论是幼龄林还是中龄林,土壤硝化作用强度第2代较第1代有所上升,表明随着马尾松连栽,土壤硝化作用强度并未出现下降趋势,而氨化作用强度则趋于下降,其土壤矿化作用开始下降,且中龄林土壤硝化作用强度在第1代和第2代间的差异达显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )水平。

从不同林龄阶段看,连栽后,中龄林土壤硝化、氨化作用强度变化较幼龄林明显,且在相同代数的马尾松林土壤中,无论是幼龄林还是中龄林,随着土层厚度加深,土壤硝化、氨化作用强度均呈不同程度下降趋势,而造成土壤硝化、氨化作用强度的这种随土层厚度加深呈递减分布特征的原因还有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 林开敏, 俞新妥. 杉木人工林地力衰退与可持续经营[J]. 中国生态农业学报, 2001, **9** (4): 39 - 42.  
LIN Kaimin, YU Xintuo. Soil degradation and sustainable management of Chinese fir plantation [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2001, **9** (4): 39 - 42.
- [2] 盛炜彤. 我国人工林地力衰退及防治对策: 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 15 - 19.
- [3] 黄玉梅. 桉树人工林地力衰退及其成因评述[J]. 西部林业科学, 2004, **33** (4): 21 - 26.  
HUANG Yumei. Soil degradation of eucalyptus plantation and cause analysis [J]. *J West China For Sci*, 2004, **33** (4): 21 - 26.
- [4] 蔡琼, 丁贵杰. 黔中地区连栽马尾松林对土壤微生物的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, **30** (3): 131 - 133.  
CAI Qiong, DING Guijie. Effects of replanting *Pinus massoniana* on soil microorganism in Qianzhong Region [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2006, **30** (3): 131 - 133.
- [5] 周政贤. 中国马尾松[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 150 - 152.
- [6] 谌红辉, 丁贵杰. 马尾松造林密度效应研究[J]. 林业科学研究, 2004, **40** (1): 92 - 98.  
CHEN Honghui, DING Guijie. Study on planting density effects for masson pine plantation [J]. *For Res*, 2004, **40** (1): 92 - 98.
- [7] 温佐吾, 孟永庆. 造林技术措施对10年生马尾松幼林生长的影响[J]. 林业科学研究, 1999, **12** (5): 493 - 499.  
WEN Zuowu, MENG Yongqing. Effect of silvicultural techniques on growth of young masson pine plantation [J]. *For Res*, 1999, **12** (5): 493 - 499.
- [8] 丁贵杰. 贵州马尾松人工建筑材林合理采伐年龄研究[J]. 林业科学, 1998, **34** (3): 40 - 46.  
DING Guijie. Study on rational cutting age of building timber of masson pine plantation in Guizhou Province [J]. *Sci Silv Sin*, 1998, **34** (3): 40 - 46.
- [9] 丁贵杰, 吴协保, 王鹏程. 马尾松纸浆材林经营模型系统及优化栽培模式研究[J]. 林业科学, 2002, **38** (5): 7 - 13.  
DING Guijie, WU Xiebao, WANG Pengcheng. Study on management model syetem and optimum cultivation patterns of *Pinus massoniana* for pulpwood stand [J]. *Sci Silv Sin*, 2002, **38** (5): 7 - 13.
- [10] 谌红辉, 方升佐, 丁贵杰, 等. 马尾松间伐的密度效应[J]. 林业科学, 2010, **46** (5): 84 - 91.  
CHEN Honghui, FANG Shengzuo, DING Guijie, et al. Thinning density effects on masson pine plantation [J]. *Sci Silv Sin*, 2010, **46** (5): 84 - 91.
- [11] 谌红辉, 丁贵杰, 温恒辉, 等. 造林密度对马尾松林分生长与效益的影响研究[J]. 林业科学研究, 2011, **24** (4): 470 - 475.  
CHEN Honghui, DING Guijie, WEN Henghui, et al. Effects of planting density on growth and economic benefit of masson pine plantation [J]. *For Res*, 2011, **24** (4): 470 - 475.
- [12] 张鼎华. 人工林地力的衰退与维护[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 111 - 181.
- [13] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 91 - 244.
- [14] 焦如珍, 杨承栋. 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[J]. 林业科学研究, 1999, **12** (1): 13 - 18.

- JIAO Ruzhen, YANG Chengdong. Change of the rhizosphere and non rhizosphere soil microorganism in different generation of the Chinese fir plantation [J]. *For Res*, 1999, **12** (1): 13 - 18.
- [15] 邵玉琴, 赵吉, 岳冰. 皇甫川流域人工油松林地土壤微生物的垂直分布[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2002, **33** (5): 541 - 545.
- SHAO Yuqin, ZHAO Ji, YUE Bing. Vertical distribution of soil microbial number and biomass in artificial *Pinus tabulaeformis* wood of Huang Fu-chuan Basin [J]. *Acta Sci Nat Univ Neimongol*, 2002, **33** (5): 541 - 545.
- [16] 薛立, 陈红跃, 邝立刚. 湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 应用生态学报, 2003, **14** (1): 157 - 159.
- XUE Li, CHEN Hongyue, KUANG Liguang. Soil nutrient, microorganism and enzyme activity in *Pinus elliottii* mixed stands [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2003, **14** (1): 157 - 159.
- [17] 吉艳芝, 冯万忠, 陈立新, 等. 落叶松混交林根际与非根际土壤养分、微生物和酶活性特征[J]. 生态环境, 2008, **17** (1): 339 - 343.
- JI Yanzhi, FENG Wanzhong, CHEN Lixin, *et al.* Soil nutrition, microorganisms and enzyme activity of the rhizosphere and non-rhizosphere soils of mixed plantation of *Larix* [J]. *Ecol Environ*, 2008, **17** (1): 339 - 343.
- [18] 何佩云, 丁贵杰, 谌红辉. 连栽马尾松人工林土壤肥力比较研究[J]. 林业科学研究, 2011, **24** (3): 357 - 362.
- HE Peiyun, DING Guijie, CHEN Honghui. Comparison on soil fertilities of masson pine plantations of different generations [J]. *For Res*, 2011, **24** (3): 357 - 362.

## 欢迎订阅 2013 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学·耕作栽培·生理生化·农业信息技术、植物保护、土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境、园艺、储藏·保鲜·加工、畜牧·资源昆虫、兽医、农业经济与管理等栏目。读者对象是国内外农业科研院(所)、农业大专院校的科研、教学及管理人員。

《中国农业科学》中文版为半月刊, 影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。为 1992-2011 年连续 6 次位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”首位。1999 年起连续 10 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助; 1999 年获“首届国家期刊奖”, 2003 年和 2005 年获“第二、三届国家期刊奖提名奖”; 2002-2011 年先后 9 次被授予“百种中国杰出学术期刊”称号; 2009 年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国 60 年有影响力的期刊”称号; 2010 年荣获“第二届中国出版政府奖期刊提名奖”。

《中国农业科学》中文版大 16 开, 每月 1 日和 16 日出版, 国内外公开发行人。224 页/期, 定价 49.50 元/期, 全年定价 1 188.00 元。CN 11-1328/S, ISSN 0578-1752, 邮发代号: 2-138, 国外代号: BM43。

《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*), 2002 年创刊, 月刊, 2012 年更名为《农业科学学报》(*Journal of Integrative Agriculture, JIA*)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作, 全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录, 2012 年 JCR 影响因子为 0.449。大 16 开, 每月 20 日出版, 国内外公开发行人。160 页/期, 国内订价 80.00 元/期, 全年 960.00 元/份。CN 10-1039/S, ISSN 2095-3119, 邮发代号: 2-851, 国外代号: 1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅, 也可向编辑部直接订购。

地址: 100081 北京中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部。电话: 010-82109808, 82106280, 82106281, 82106282; 传真: 010-82106247。网址: <http://www.ChinaAgriSci.com>; E-mail: [zgnykx@mail.caas.net.cn](mailto:zgnykx@mail.caas.net.cn)。