第29卷 第1期　　土 壤 学 报　　Vol. 29, No. 1
1992 年 2 月　　ACTA PEDOLOGICA SINICA　　Feb. 1992

福建杉木连栽林地营造不同混交林后土壤酶活性的季节动态

张 其 水
(厦门大学生物系，361005)

SEASONAL DYNAMICS OF SOIL ENZYME ACTIVITIES IN VARIOUS MIXED WOODLANDS AFTER CHINESE FIR REPLANTING

Zhang Qishui
(*Department of Biology, Xiamen University*, 361005)

土壤的一切生物化学过程，都是在酶的参与下进行。许多研究表明，土壤酶能积极参与陆地生态系统中的物质循环及能量转化，是表征土壤肥力的重要指标之一[4-6]。因而，研究土壤酶活性的季节动态变化，对于了解不同混交林林地土壤的生物活性及肥力状况，有着重要意义。

杉木是我国南方主要用材树种，但在林业生产中，杉木连栽会引起生产力下降，地力衰退[1,2]和生产环境的恶化[3]，已成为许多学者所关注的问题。对杉木连栽林地的研究，以往只限于某些现象的描述，有关不同混交林对杉木连栽林地的土壤肥力，尤其是土壤生化特性及理化性质的综合性研究方面，至今尚少见。为此，作者于 1986—1988 年，对杉木连栽林地营造不同混交林的土壤酶活性及其土壤养分动态与林木生长发育的关系进行了初步的研究。

一、试验地的基本概况

试验地位于福建林学院教学林场，东经 118°，北纬 26°51′，地形为戴云山脉西伸的支脉低山山地，海拔 91 m，坡度 20°，土壤类型为红壤，年均气温为 19.4℃，年降水量为 1786.9 mm。

试验地是按杉木连栽多代后营造成不同混交林类型而设置的，混交林类型有火炬松（*Pinus taeda*）+罗光石楠(*Photinia davidsonine*)(M_1)，建柏（*Fokienia hodgintii*）+红豆树(*Ormosia hosiei*)(M_2)，柳杉（*Cryptomeria fortunei*）+薄姜木（*Vitex quinata*）(M_3)，樟树（*Cinnamomum camphora*）+杉木（*Cunninghamia lanceolata*）(M_4)，还有多代的杉木纯林（M_5）作对照(表 1)。

表 1　不同混交林地的概况*

混交类型	坡　向	林龄(年)	树种组成	年均生长量		郁闭度	林下植被	林分生长状况	备　注
				树高(cm)	胸径(cm)				
M_1	NW 30°	12	5 火炬松 + 5 罗光石楠	62.7 41.8	1.082 0.409	0.60	蕨类＋箬竹＋毛天仙果	一般	营造混交林前的造林地植被是多代连栽的杉木林，其立地都属于 II 类**
M_2	NW 26°	12	5 建柏 + 5 红豆树	77.3 60.0	0.409 0.764	0.75	蕨类＋茅草＋芒萁骨	良好	
M_3	NW 32°	12	5 柳杉 + 5 薄姜木	96.3 67.3	1.115 0.900	0.80	蕨类＋毛天＋仙果＋箬竹	良好	
M_4	NW 32°	12	5 杉木 + 5 樟树	86.4 88.2	1.080 1.036	0.50	山苍籽＋毛天仙果＋箬竹	一般	
M_5	NW 29°	12	10 杉	85.0	0.800	0.65	毛天仙果＋茅草＋山苍籽	一般	

* 福建农林大学林学系 72 届工农兵学员《院口工区造林技术设计说明书》1974 年 10 月。

二、材料与方法

（一）材料　分别沿着等高线，对试验取样地 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5，按上、中、下坡各设置五个标准地（上坡、中坡各二个，下坡一个），各标准地的面积为正方形 100 m^2。在各标准地里，采用"之"字形路线在表土层 0—20 cm 逐点取样，充分混匀，于 1987 年 4 月、7 月、9 月、12 月及 1988 年 2 月共进行 5 次取样，每次各取一份样品，经保鲜处理供分析用。

（二）样品分析　取回的样品，进行冰冻保鲜，保鲜期不超过 48 小时，进行土壤酶活性分析[7—9]：蛋白酶用 Z. Ambroz 法；脲酶用靛酚蓝比色法；磷酸酶用 M. Kpamep 与 naneи 法；转化酶用 E. Hoffmann 与 A. Seegerver 法；多酚氧化酶用碘量滴定法。土壤化学性状的分析[10]：水解氮用扩散吸收法测定；速效磷用盐酸-氟化铵浸提-钼蓝比色法测定。

三、试验结果

（一）土壤蛋白酶、脲酶活性与土壤水解氮的季节动态

杉木连栽后营造成不同混交林林地的土壤蛋白酶活性有显著的季节变化（表 2）。春季活性较高，夏季稍有下降，秋季活性回升至高峰，冬季又下降至最低。这与混交林的年生长发育规律相吻合。在 4 月份，林木开始抽叶、长枝，生长迅速；到 7 月份，林木生长缓慢；到 8 月底、9 月初，林木再度迅速生长；到 12 月至 2 月份，林木的生长基本停止，这时的土壤酶活性只有 4 月份的 40—50%左右。不同混交林下，土壤蛋白酶的活性除与林木的生长有关外，还与土壤中的含水量及地温有一定的相关性：在 4 月份，当地雨季来临，地温回升（17.4—17.6℃），土壤含水量高（279—358 $g \cdot kg^{-1}$），微生物大量繁殖，土壤酶活性也增强；到 7 月份，土壤含水量虽较大（323—475 $g \cdot kg^{-1}$），但土温过高（26.5—27.2℃），酶活性有所下降；9 月份，地温有所下降（21.8—23.5℃），且土壤含水量也较适宜（341—385 $g \cdot kg^{-1}$），所以，土壤蛋白酶活性又回升至高峰。

表 2 土壤蛋白酶、脲酶活性及水解氮的季节动态*

组别	蛋白酶活性 NH_3-N mg/1000g/24hr						脲酶活性 NH_3-N mg/1000g/24hr						水解氮 mg/1000g					
	4月19日	7月11日	9月10日	12月2日	2月2日	4月19日	7月11日	9月10日	12月2日	2月2日	4月19日	7月11日	9月10日	12月2日	2月2日
M_1	230.2d	220.8c	305.3d	128.0d	82.8d	257.3d	168.2d	201.7d	76.6d	54.8d	95.2c	113.3c	141.7c	86.4c	93.2a
M_2	398.5b	267.3b	372.3b	186.4b	166.2b	208.7b	198.9b	253.0b	107.2b	99.0a	117.3b	135.4b	168.7b	127.3a	85.5c
M_3	485.2a	321.4a	395.4a	293.7a	289.7a	357.4a	401.8a	397.2a	141.1a	99.7a	145.6a	168.7a	203.2a	117.3b	91.7ab
M_4	308.6c	211.4c	327.3d	165.2c	124.2c	285.4c	207.1b	241.8b	96.5b	84.5c	85.4d	107.3c	131.8c	73.4d	72.1d
M_5	220.4d	186.3e	245.4e	73.8e	58.6e	99.7e	102.8e	154.2e	78.9e	22.4e	53.3e	79.8e	87.2e	63.8e	51.7e

* 表中的每一数值为样地五个标准地平均值。
进行 Duncan's 检验，表内同列中标有不同英文字母者表示差异达 5%水平显著。

试验结果表明，不同混交林林地及连栽的杉木纯林地，土壤蛋白酶活性与土壤水解氮含量呈显著的正相关（$r = 0.756^{**}$）。土壤水解氮的年变化动态与土壤蛋白酶活性几乎是相吻合的。不同混交林下，土壤蛋白酶活性及土壤水解氮含量年平均（每个样地的 5 个标准地在一年中 5 次取样，25 个样品的测定值的均值）大小表现为：$M_3 > M_2 > M_1 > M_4 > M_5$，表明不同混交林林地无论是土壤生化活性还是土壤水解氮含量均比杉木纯林高，表现出营造混交林良好的改土效果，本试验以柳杉×薄姜木为佳。

从表 2 可以看出，土壤脲酶活性在一年中有两个高峰，一个在 4 月份，一个在 9 月份，且与土壤水解氮含量的季节变化关系相当密切（$r = 0.868^{**}$）。脲酶的活性大小是：$M_3 > M_2 > M_4 > M_1 > M_5$。这表明，不同混交林对改良连栽杉木林地上土壤的氮素营养起着重要作用，这可能是由于不同混交林，凋落物养分丰富，生态环境得到改善，提高了土壤的生化活性，促进土壤的养分循环的缘故。

（二）转化酶及多酚氧化酶活性的季节变化

从图 1 可以看出，转化酶活性在一年中春、夏季逐渐升高，到秋季为最高。夏、秋季因土壤温度高、湿度大，不同的混交林下凋落物较多，有利于将复杂的有机质酶促使分解成简单的化合物。过秋季又下降，至冬季活性最低，其活性大小依次为：$M_3 > M_2 > M_4 > M_1 > M_5$（Duncan's 检测，各季节测定平均值均达到 5% 水平显著差异）。转化酶活性与土壤有机质含量的关系亦较密切，其相关系数：$r = 0.8994^{**}$。

多酚氧化酶活性（图 2）在 M_1、M_5 林地夏季（7 月份）达最高，且季节性差异幅度大，可相差约 1—5 倍；而在 M_2、M_3、M_4 林地上，以秋季达最高，季节性差异幅度小，约 1—2 倍。土壤多酚氧化酶活性在不同混交林地中的大小依次为：$M_3 > M_2 > M_1 > M_4 > M_5$，不同混交林林地土壤的氧化能力一般都大于多代连栽的杉

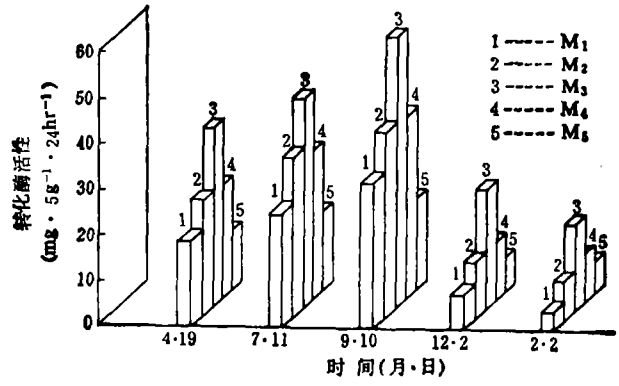

图 1　土壤转化酶活性季节动态

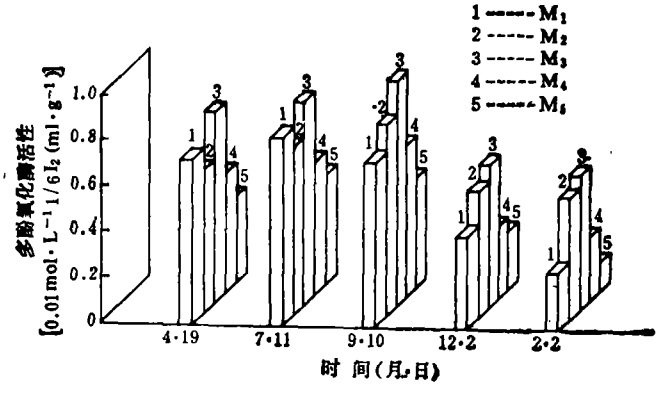

图 2　土壤多酚氧化酶活性季节动态

木纯林地，这样可形成更多的腐殖质，从而提高了林地的土壤肥力。

（三）土壤磷酸酶活性与速效磷的季节动态

从表 3 可以看出，酸性磷酸酶活性在一年中只有一个高峰期（7—9 月份），这与土壤中的速效磷的变化趋势相同，土壤酸性磷酸酶活性与土壤速效磷含量也密切相关（$r=0.887^{**}$），且土壤磷酸酶和速效磷的年平均大小（每个样地的 5 个标准地，在一年中的 5

表 3　土壤磷酸酶活性、速效磷含量的季节动态*

组　别	酸性磷酸酶活性 phenol (mg/1000g)					速效磷 (μg/g)				
	4 月 19 日	7 月 11 日	9 月 10 日	12 月 2 日	2 月 2 日	4 月 19 日	7 月 11 日	9 月 10 日	12 月 2 日	2 月 2 日
M_1	3966.2c	5796.8a	4857.2c	2375.7d	2542.5d	11.71c	16.53c	13.27d	8.68c	7.52c
M_2	4821.7a	5814.2a	6021.7b	3999.6b	3200.5b	14.35b	18.77b	15.28b	12.53b	10.11a
M_3	4785.4a	5595.3c	6229.5a	4895.4a	4005.3a	18.73a	24.58a	20.17a	16.72a	11.35a
M_4	3052.7d	3142.5e	3478.7d	2908.4c	2985.4c	9.36d	11.73d	14.11c	8.25c	7.32c
M_5	2441.7e	3868.5d	3057.4e	2572.3e	2401.5e	6.27e	10.37e	8.56e	6.84e	5.73e

* 表中的每一数值为样地的 5 个标准地的平均值。
进行 Duncan's 检验，同列中标有不同的英文字母者表示差异达 5%水平上显著。

次取样，共25个样品的测定值的均值）为：$M_2 > M_3 > M_1 > M_4 > M_5$（$P = 0.05$，Duncan's 检验）。这也表明，不同混交林对改良连栽杉木林地土壤的磷素营养有着重要作用。

四、小 结

1. 土壤酶活性具有显著的季节性变化，总的趋势是春季开始上升，夏季有所下降，到秋季达最高，冬季又降到最低。

2. 土壤酶活性的季节变化动态除与土壤的水、热动态有关外，还与土壤的营养元素含量有密切的关系。

3. 土壤酶活性大小在不同混交林下表现不同，其趋势为：柳杉＋薄姜木＞建柏＋红豆树＞火炬松＋罗光石楠＞杉木＋樟树＞多代的杉木纯林。

参 考 文 献

[1] 俞新妥著，1982：杉木。福建科技出版社，6—60页。
[2] 许汝佳，1987：安徽杉木林地的地力衰退原因探讨。安徽林业科技，第1期，6—10页。
[3] 张宪武等，1980：杉木连栽与土壤中毒。杉木人工林生态学研究论文集，中国科学院林业土壤研究所，143—151页。
[4] 丘凤琼等，1981：东北黑土有机质和酶活性与土壤肥力的关系。土壤学报，第18卷3期，244—253页。
[5] 祁和意，1983：土壤酶和土壤肥力的关系初探。西北农学院学报，第1期，113—119页。
[6] 周礼恺等，1983：土壤酶活性总体在评价土壤肥力水平中作用。土壤学报，第20卷4期，413页。
[7] Ф. Х. 哈兹耶夫(郑洪元译)，1976：土壤酶活性。科学出版社。
[8] 郑洪元等著，1982：土壤生物化学动态研究法。科学出版社。
[9] 关松荫等著，1986：土壤酶及其研究法。农业出版社。
[10] 中国科学院南京土壤研究所，1978：土壤理化分析。上海科技出版社。

·新书介绍·

Kinetics of Soil Chemical Processes
《土壤化学过程的动力学》）
(Donald L. Sparks 著)。

此书于1989年由 Academic Press, INC. 公司出版，全书共分九章。国际土壤学会曾予之高度评价：当今研究非均匀介质（如：土壤）中动力学反应过程的一本实用且杰出的著作。作者首先介绍了本研究在土壤和环境化学中的重要作用及其发展历史，然后论述了土壤系统中应用化学动力学的各种方法。第三章与第四章则分别列举了应用不同技术方法来测定土壤及其组成成分之间的动力学反应过程和机理。在"土壤及其组成中离子交换动力学"一章中，作者重点论述了二价和三价阴、阳离子交换的动力学过程以及测定热动力学参数的方法。第六章着重研究了土壤与杀虫剂等有机污染源之间相互作用的速率及机制。第七章"化学风化速率"，则讲述了用化学动力学方法来研究风化过程这一新兴的应用。最后二章论述的是氧化还原反应的动力学过程和土壤中无机有机反应的动力学模型，作者讨论了如何应用数学模型和计算机模拟方法来预测动力学反应过程。此书是土壤化学、环境化学等专业人员以及从事溶质迁移、植物矿物营养、环境工程等研究的科研人员不可缺少的参考书之一。 （王学锋）