

文章编号: 1001-1498(2002)05-0575-07

# 杉木、观光木混交林群落细根 N、P 养分现存量动态变化

杨玉盛<sup>1,2</sup>, 蔡丽平<sup>1</sup>, 陈光水<sup>1</sup>, 何宗明<sup>1</sup>, 陈银秀<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学林学院, 福建 南平 353001; 2. 厦门大学生物学博士后流动站, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 通过对杉木、观光木混交林和杉木纯林细根的养分现存量动态进行研究, 结果表明, 混交林细根 N、P 养分现存量分别是纯林的 1.3 和 1.2 倍; 年归还量分别是纯林的 1.23 倍和 1.14 倍, 且分别占混交林凋落物 N、P 养分年归还量的 38.3% 和 67.4%; 年分解量分别是纯林的 1.26 和 1.23 倍, 而年累积量分别是纯林的 1.23 和 1.14 倍, 可见混交林细根具有比纯林更高的养分累积和周转能力。混交林和纯林群落中林下植被细根在群落细根 N、P 养分循环中占有重要地位, 而杉木和观光木 < 0.5 mm 径级细根则是其细根养分循环功能的主体。混交林和纯林杉木活细根 N 养分现存量动态变化呈单峰型, P 则呈双峰型; 死细根 N、P 养分现存量动态变化均呈倒“S”型。混交林中观光木细根的 N、P 养分现存量动态变化与杉木的较相似, 但其活细根 P 养分现存量动态变化呈单峰型。混交林与纯林中林下植被活细根 N、P 养分现存量动态变化均呈双峰型, 而死细根的动态变化则呈单谷型。

**关键词:** 杉木; 观光木; 混交林; 细根; 养分; 季节动态

**中图分类号:** S718.55<sup>+</sup>4

**文献标识码:** A

杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 人工纯林多代连栽地力衰退问题已引起人们的极大关注, 而杉阔混交林则被认为是维持杉木人工林长期生产力的较好途径之一<sup>[1-3]</sup>。南方林区针对杉木人工林地力衰退现象, 结合营林开展了一系列杉阔混交林试验研究, 目前与杉木混交的主要阔叶树种有檫树 (*Sassafras tsumu* Hemsl.)、火力楠 (*Michelia macclurei* Dandy)、酸枣 (*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang)、樟树 (*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl)、细柄阿丁枫 (*Altingia gracilipes* Hemsl.)、杜英 (*Elaeocarpus decipiens* Hemsl.)、木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.)、乳源木莲 (*Manglietia yuyuanensis* Law)、深山含笑 (*Michelia maudiae* Dunn)、观光木 (*Tsoongiodendron odorum* Chun)、泡桐 (*Paulownia fortuneii* (Seem.) Hemsl.) 等<sup>[4,5]</sup>, 并对不同杉阔混交林的生物量、生产力、土壤肥力、营养元素循环、能量分布等进行了研究<sup>[6-9]</sup>, 对地下部分根系的生物生产力和根系分布开展过调查<sup>[10]</sup>, 但对杉阔混交林细根的研究较少, 只见廖利平等对细根生产力和周转、分布、养分浓度季节变化和养分贮量的研究<sup>[11-14]</sup>, 对细根养分库的季节动态和归还的研究较少<sup>[15]</sup>。本课题组通过对 1973 年营造的杉木观光木混交林的细根养分现存量及其季节动态、养分归还量进行研究, 为进一步了解杉阔混交林种间关系, 全面评价杉阔混交林效益提供理论依据。

收稿日期: 2001-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(30170770)、中国博士后科研基金、福建省科委重大基础研究项目(2000-F-004)、高等学校骨干教师资助计划、福建省自然科学基金(B0110025)资助

作者简介: 杨玉盛(1964-), 男, 福建仙游人, 教授, 博士, 厦门大学博士后。

## 1 试验地概况

试验地位于福建三明福建林学院莘口教学林场小湖工区(26°11'30" N, 117°26'00" E),属中亚热带季风型气候,年均气温 19.1℃,年均降水量 1 749 mm,年均蒸发量 1 585 mm,年均相对湿度 81%,无霜期 300 d 左右,土壤是由砂页岩发育的红壤。1973 年用实生苗造林,初植密度为 3 000 株  $\text{hm}^{-2}$ ,混交林为行间混交(杉木与观光木比例为 3:1)。杉木纯林现保留密度为 1 100 株  $\text{hm}^{-2}$ ,平均树高( $\bar{H}$ )和平均胸径( $\bar{D}$ )分别为 19.3 m 和 23.6 cm,郁闭度为 0.80,林下植被盖度 95%;混交林中杉木和观光木现保留密度分别为 907 株  $\text{hm}^{-2}$ 和 450 株  $\text{hm}^{-2}$ (混交比例调整为 2:1),其中杉木  $\bar{H}$ 和  $\bar{D}$ 分别为 20.88 m 和 25.1 cm,观光木  $\bar{H}$ 和  $\bar{D}$ 分别为 17.81 m 和 17.0 cm,郁闭度为 0.95,林下植被盖度 80%。

## 2 研究方法

1999 年 1 月至 1999 年 12 月隔月于月底用内径 6.8 cm 的土钻在样地的上中下部随机钻取土芯 30 个,深度为 1 m,取出土芯并用流动水浸泡、漂洗、过筛,拣出根系,分出各自的树种根和其它根(包括下木和草本),根据根系外形、颜色、弹性、根皮与中柱分离的难易程度来区分活死根。杉木活根弹性好,颜色较白,剥开外皮后可见新鲜的棕色内皮,而死根较柔软、无弹性,颜色为灰色或灰黑色,内皮颜色呈暗棕色。观光木活根呈白色半透明,鲜嫩,圆满,易折断;观光木死根较柔软,伴有一定程度的腐烂,颜色灰白,不透明。在正式实验之前的试分中,应用 TIC 染色法验证根据此标准分选出的活、死根,正确率达 95%以上;对同一细根样品的重复分选,其重复性亦较好。因而按此标准区分死活根可靠性好<sup>[16,17]</sup>。分选出活、死细根后,进一步细分成 3 个径级(细根直径 1.0~2.0、0.5~1.0、<0.5 mm,根据选出的直径分别为 2.0、1.0、0.5 mm 的细根为标准进行目视分级,重复性较好),将全部根置于 80℃烘箱中烘干至恒质量后称质量,并取部分样品以供室内分析用。

在样地附近从表层土(0~20 cm)中随机收集目的树种(细分成 3 个径级)和林下植被的活根与死根的混合样品,自然风干后称取 5 g 样品装入 18 cm × 18 cm、孔径为 0.25 mm 的尼龙网袋中,每袋样品均换算为干质量,于 1999 年 9 月埋入近地表 10 cm 处,放置于样地中部,每个径级共 100 袋,以后每月从各点中随机抽取各径级样品各 5~6 袋,用于失质量和化学成分分析。

应用 McClaugherty 等提出的极差公式计算<sup>[4]</sup>,分别计算不同径级细根和林下植被细根的年死亡量、年生产量和年周转率<sup>[16]</sup>。

细根样品分析: N —— 凯氏定 N 蒸馏法, P —— 钼锑抗比色法<sup>[18]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 群落细根 N、P 养分现存量

细根养分现存量是由每次取样的细根生物量现存量与养分浓度乘积而得。混交林细根 N、P 养分现存量分别是纯林的 1.3 和 1.2 倍(表 1)。混交林中杉木、观光木和林下植被 N 养分现存量分别占群落细根 N 养分现存量的 63.3%、21.9%和 14.8%, P 养分现存量则分别占 43.2%、22.5%和 34.3%;而纯林的杉木和林下植被细根的 N 养分现存量分别占群落细根 N 养分现存量的 77.2%和 22.8%,而 P 则分别占 49.9%和 50.1%。可见,杉木细根的 N 养分现

存量所占比重高于 P,林下植被细根的 P 养分现存量所占比重高于 N,而观光木细根的 N、P 养分现存量所占比重则较为接近。由于混交林和纯林林下植被细根 N、P 养分现存量都占各自群落的 15% 以上,特别是其 P 养分现存量均占 30% 以上,加上林下植被细根的周转速率均比杉木和观光木的快(林下植被为 1.46 1.52,杉木为 0.95 0.96,观光木为 1.16),因而通过其细根枯死归还的养分量较多,对提高地力具有较大的作用。细根不同组分的活死根 N、P 养分现存量的比值均比相应的生物量现存量比值有所提高(未刊资料),这与活细根比相应的死细根养分含量较高有关。在杉木和观光木不同径级细根的养分现存量组成中,<0.5 mm 径级的细根均占 70% 左右(杉木占 69.41% 70.70%,观光木占 74.9%),可见,<0.5 mm 径级的细根在细根的养分循环中起主体的作用。

表 1 混交林与纯林细根的 N、P 养分现存量

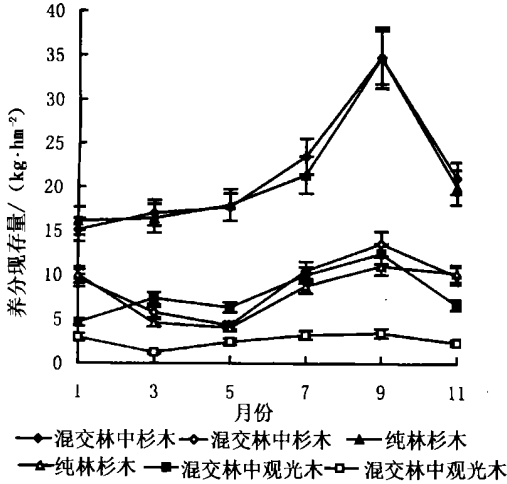
kg hm<sup>-2</sup>

群落类型	树种	细根	1 2 mm		0.5 1.0 mm		<0.5 mm		合计	
			N	P	N	P	N	P	N	P
混交林	杉木	活根	3.604	0.210	3.018	0.180	14.913	0.890	21.535	1.281
		死根	1.261	0.071	1.051	0.062	6.625	0.391	8.937	0.524
		小计	4.865	0.281	4.069	0.242	21.538	1.281	30.472	1.805
	观光木	活根	0.849	0.107	0.987	0.078	6.056	0.527	7.892	0.712
		死根	0.370	0.043	0.409	0.029	1.836	0.152	2.615	0.224
		小计	1.219	0.150	1.396	0.107	7.892	0.679	10.507	0.936
	乔木层合计		6.084	0.431	5.465	0.349	29.430	1.960	40.979	2.741
	林下植被	活根							5.593	1.149
		死根							1.513	0.284
	林下植被层合计								7.106	1.433
群落合计								48.085	4.174	
纯林	杉木	活根	3.636	0.213	2.858	0.171	14.603	0.875	21.097	1.259
		死根	1.267	0.072	1.175	0.069	5.654	0.336	8.096	0.477
	乔木层合计		4.903	0.285	4.033	0.240	20.257	1.211	29.193	1.736
	林下植被	活根							6.707	1.374
		死根							1.907	0.368
	林下植被层合计								8.614	1.742
	群落合计								37.807	3.478

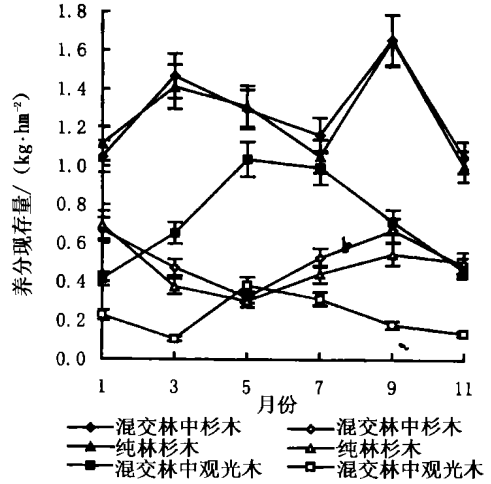
### 3.2 细根 N、P 养分现存量的动态变化

细根养分现存量的变化主要与细根生物量现存量 and 细根养分含量的变化有关。混交林与纯林中杉木的 N、P 养分现存量的动态变化基本相似(图 1、2),杉木活细根 N 养分现存量动态变化呈单峰型,在 1 月最低,之后逐渐增高,至 9 月时达到高峰,11 月活细根 N 现存量下降,维持在较低的水平;杉木活细根 P 养分现存量动态变化呈双峰型,在 3 月达到极大值后下降,至 7 月时达到极小值,之后上升至 9 月达 1 年中的最高值,至 11 月又维持较低的水平。杉木死细根 N、P 养分现存量动态变化均呈倒“S”型,在 1 月较高,之后逐渐下降,在 5 月出现 1 年中的最低值,而后不断上升,至 9 月达到极大值后又略有下降。混交林中观光木活细根 N 养分现存量动态变化与杉木的相似,亦呈单峰型,在 1 月最低,而后逐渐上升,在 5 月略有降低后继续上升至 9 月达到最高值,之后又下降。观光木死细根 N 现存量动态变化亦呈倒“S”型,在 1 月最高,之后下降至 3 月达最低值,而后逐渐上升,至 9 月达最高值后再次下降。观光木活细根 P 现存

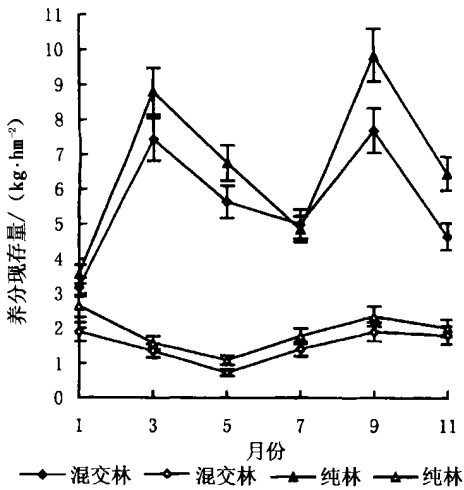
量动态变化则呈单峰型,在1月较低,后逐渐上升至5月达最高值后下降,至11月而维持到较低值;而观光木死细根P养分现存量则呈倒“S”型,最低值出现在3月,而最高值出现在5月(图1、2)。



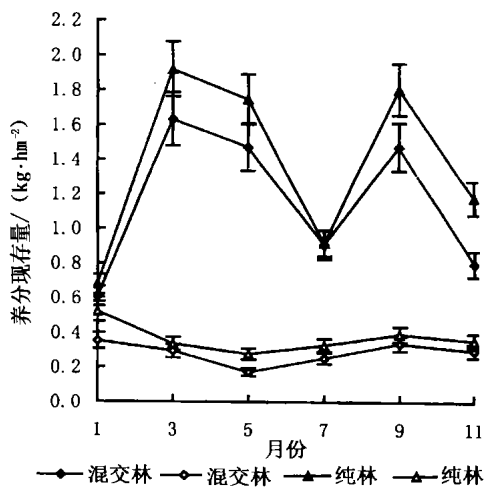
(图中实心为活根,空心为死根)  
图1 细根N现存量动态变化



(图中实心为活根,空心为死根)  
图2 细根P现存量动态变化



(图中实心为活根,空心为死根)  
图3 林下植被细根N现存量动态变化



(图中实心为活根,空心为死根)  
图4 林下植被细根P现存量动态变化

混交林与纯林中林下植被细根N、P养分现存量的动态变化均较为一致(图3、4)。林下植被活细根的N、P养分现存量动态变化均呈双峰型,在1月最低,随后在3月出现极大值后下降至7月而达到极小值,后上升在9月再次出现极大值,而在11月又保持在较低的水平。林下植被死细根的N、P养分现存量动态变化呈单谷型,在1月较高,后下降至5月达到极小值,之后逐渐上升到9月而保持在较高的水平。

### 3.3 群落细根养分年归还量

用死细根的平均养分含量乘以细根年死亡量就得到细根年养分归还量(表 2)。混交林群落中细根的 N 和 P 年养分归还量分别为 18.559 和 1.565 kg·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,分别为杉木纯林的 1.23 倍和 1.14 倍,是混交林凋落物 N、P 养分年归还量(48.493 和 2.323 kg·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)的 38.3%和 67.4%,可见细根在生态系统 N、P 养分年归还量中占有重要的位置,其中通过枯死细根向土壤归还 P 元素更为重要。在一些生态系统中,通过根死亡而向土壤的 N 输入比地上的枯落物输入大 18%~58%<sup>[17]</sup>。李凌浩等<sup>[19]</sup>的研究表明,细根的 N 归还还是群落 N 归还的主要途径,占群落 N 归还的 49.5%,比地上凋落物途径多 3.1%;而由细根死亡的 P、Mg 归还量分别占群落归还总量的 42.3%和 28.9%,略低于凋落物途径;K、Ca 归还则以降水淋溶为主,其次是凋落物途径,而细根途径仅占总归还量的 19.3%和 9.2%。在混交林细根的 N、P 养分年归还量中,杉木占 62.1%的 N 和 43.1%的 P,观光木占 22.5%的 N 和 22.6%的 P,而林下植被占 15.4%的 N 和 34.3%的 P;在纯林细根的年养分归还量中,杉木占 76.10%的 N 和 49.3%的 P,而林下植被占 23.9%的 N 和 50.7%的 P。可见,在杉木观光木混交林中乔木层细根在 N、P 养分归还中占重要位置,而纯林中杉木细根在 N 归还中占重要位置,林下植被则在 P 的归还中占主要位置。因此,林下植被细根在群落的养分归还中占有重要的位置。从表 2 还可以看出,在不同径级细根养分归还量组成中,<0.5 mm 径级细根的年养分归还量均占 70%以上,表明 <0.5 mm 细根在细根的养分流动中发挥着最重要的作用。

表 2 群落细根 N、P 养分年归还量、释放量及累积量

群落	树种	径级	年归还量/ (kg hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )		年释放量/ (kg hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )		年累积量/ (kg hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	
			N	P	N	P	N	P
混交林	杉木	1~2 mm	1.766	0.099	0.061	0.043	3.038	0.171
		0.5~1 mm	1.427	0.084	0.655	0.039	2.680	0.158
		<0.5 mm	8.336	0.492	4.195	0.248	14.533	0.858
		小计	11.529	0.675	4.911	0.330	20.251	1.187
	观光木	1~2 mm	0.501	0.051	0.326	0.033	0.892	0.092
		0.5~1 mm	0.577	0.046	0.367	0.030	1.091	0.088
		<0.5 mm	3.092	0.256	1.698	0.141	6.350	0.526
		小计	4.170	0.353	2.391	0.204	8.333	0.706
	乔木层	合计	15.699	1.028	7.302	0.534	28.584	1.893
	林下植被	<2 mm	2.860	0.537	1.476	0.277	8.008	1.503
群落	总计	18.559	1.565	8.778	0.811	36.592	3.396	
纯林	杉木	1~2 mm	1.830	0.104	0.769	0.044	3.073	0.175
		0.5~1 mm	1.545	0.091	0.727	0.043	3.284	0.195
		<0.5 mm	8.128	0.483	3.577	0.212	13.411	0.797
		小计	11.503	0.678	5.073	0.299	19.768	1.167
	林下植被	<2 mm	3.612	0.697	1.868	0.361	9.862	1.904
	群落	总计	15.115	1.375	6.941	0.660	29.630	3.071

细根年养分释放量是枯死细根通过微生物分解、土壤小动物摄食等而损失的一部分养分,它是细根实际输入土壤亚生态系统的一部分养分。从表 2 可见,混交林细根的 N、P 养分年分

解量分别为  $8.778 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  和  $0.811 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 分别是纯林的 1.26 和 1.23 倍, 可见混交林每年向土壤亚生态系统实际释放的养分比纯林的大。这与廖利平等<sup>[15]</sup>的研究表明杉木火力楠混交林每年细根分解释放的养分比杉木纯林的大的结论一致。混交林林下植被细根 N、P 养分年释放量分别占混交林细根 N、P 年释放量的 16.8% 和 34.15%, 而纯林林下植被细根则分别占纯林细根 N、P 年释放量的 26.9% 和 54.7%, 与占细根生物量年归还量比例相比, 林下植被细根占细根养分年释放量的比例有所提高(混交林林下植被细根占细根生物量年分解量的 13.9%, 而纯林林下植被则占 20.7%), 这与林下植被细根较高的养分含量有关。

混交林细根的年养分累积量是指细根在 1 年中所积累的养分总量, 它等于细根年净生产量(细根年增量和年死亡量)中所含的养分总量。从表 2 可见, 混交林细根的 N、P 养分年累积量分别为  $18.559 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  和  $1.565 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 分别是纯林的 1.23 和 1.14 倍, 可见混交林细根具有比纯林更高的养分累积能力。混交林杉木、观光木和林下植被细根所累积的养分比例分别为 N:62.1%、22.5% 和 15.4%, P:43.1%、22.6% 和 34.3%, 纯林杉木与林下植被细根累积养分的比例为 N:76.1% 和 23.9%, P:49.3% 和 50.7%。可见, 杉木累积 N 的能力比 P 强, 而林下植被累积 P 的能力比 N 强, 而观光木对 N、P 的累积能力则较为接近, 说明混交林和纯林中杉木与林下植被在养分需求上各有所侧重, 这对充分、高效利用养分, 提高群落总生产力有着重要的意义。

## 4 小结

(1) 混交林细根 N、P 养分现存量分别是纯林的 1.3 和 1.2 倍; 年归还量分别是纯林的 1.23 倍和 1.14 倍, 且分别占混交林凋落物 N、P 养分年归还量的 38.3% 和 67.4%; 年分解量分别是纯林的 1.26 和 1.23 倍, 而年累积量分别是纯林的 1.23 和 1.14 倍, 可见混交林细根具有比纯林更高的养分累积和周转能力。混交林和纯林群落中林下植被细根在群落细根 N、P 养分循环中占有重要地位, 而杉木和观光木  $< 0.5 \text{ mm}$  径级细根则是其细根养分循环功能的主体。

(2) 混交林和纯林杉木活细根 N 养分现存量动态变化呈单峰型, 在 9 月达到高峰, P 养分现存量动态变化呈双峰型, 在 3 月和 9 月出现高峰; 死细根 N、P 养分现存量动态变化均呈倒“S”型, 在 5 月出现极低值而在 9 月出现极高值。混交林中观光木活死细根的 N 养分现存量动态变化与杉木的相似, 而其活细根 P 养分现存量则呈单峰型, 最高值出现在 5 月, 而其死细根 P 养分现存量动态变化呈倒“S”型, 最低值出现在 3 月, 最高值出现在 5 月。混交林与纯林中林下植被活细根 N、P 养分现存量动态变化均呈双峰型, 在 3 月和 9 月出现高峰; 而死细根的动态变化则呈单谷型, 在 5 月达最低值。

## 参考文献:

- [1] 俞新妥. 杉木栽培学[M]. 福州:福建科学技术出版社, 1996
- [2] 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1992
- [3] 杨玉盛. 杉木林可持续经营的研究[M]. 北京:中国林业出版社, 1998
- [4] 冯宗炜, 陈楚楚, 张家武, 等. 杉木火力楠混交林的研究[J]. 植物生态学与地植物学报, 1988, 12(3): 165-180
- [5] 俞新妥. 混交林营造原理及技术[M]. 北京:中国林业出版社, 1989
- [6] 杨玉盛, 李振问, 吴擢溪, 等. 杉木火力楠混交林土壤肥力的研究[J]. 福建林学院学报, 1993, 13(1): 8-16
- [7] 杨玉盛, 林德喜, 李振问, 等. 杉木细柄阿丁枫混交林根际土壤的研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(1): 11-15

- [8] 陈楚莹,张家武,邓仕坚,等. 杉木、火力楠混交林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究[J]. 生态学杂志,1988,7(4):7-13
- [9] 张家武,陈楚莹,邓仕坚,等. 杉木和火力楠树种及其林分热量的研究[J]. 生态学杂志,1988,7(4):26-29
- [10] 李振问,杨玉盛. 杉木、火力楠混交林根系的研究[J]. 生态学杂志,1993,12(1):20-24
- [11] 廖利平,陈楚莹,张家武,等. 杉木、火力楠纯林及混交林细根周转的研究[J]. 应用生态学报,1995,6(1):7-10
- [12] 廖利平,曾广腾. 杉木、火力楠纯林及混交林的凋落物与表层根系分布及影响因素分析[J]. 应用生态学报,2000,11(增):163-166
- [13] 廖利平,高洪,于小军,等. 人工混交林中杉木、桉木和刺楸细根养分迁移的初步研究[J]. 应用生态学报,2000,11(2):161-164
- [14] 廖利平,黄志群,高洪,等. 杉木-桉木和杉木-刺楸混交林细根生物量与养分贮量[J]. 应用生态学报,2000,11(增):167-170
- [15] 廖利平,杨跃军,汪思龙,等. 杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、火力楠(*Michelia macclurei*)纯林及其混交林细根分布、分解与养分归还[J]. 生态学报,1999,19(3):342-346
- [16] McClaugherty C A, Aber J D. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems [J]. Ecology, 1982, 63(5): 1481-1490
- [17] Vogt K A, Vogt D J, Bloomfield J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and below-ground detritus of world forests [J]. Adv Ecol Res, 1986, 15: 303-377
- [18] 中华人民共和国林业部科技司. 林业标准汇编(三) [M]. 北京:中国林业出版社,1991
- [19] 李凌浩,林鹏,邢雪荣. 武夷山甜槠林细根生物量和生长量研究[J]. 应用生态学报,1998,9(4):337-340

## Dynamics of Standing Crop of N and P for Fine Roots of Mixed Forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odorum*

YANG Yu-sheng, CAI Li-ping, CHEN Guang-shui, HE Zong-ming, CHEN Yin-xiu

(1. Forestry College, Fujian Agricultural and Forestry University, Nanping 353001, Fujian, China;

2. Post-doctoral Station of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China)

**Abstract:** Dynamics of standing crop of N and P for fine roots of pure and mixed *Tsoongiodendron odorum* forests of *Cunninghamia lanceolata* were studied. The standing crop of N and P for fine roots of mixed forest were 1.3 and 1.2 times, and annual return were 1.23 and 1.14 times as much as those of pure forest, respectively, which were 38.3% and 67.4% of those returned through litterfall. Annual decomposition was 1.26 and 1.23 times, and annual accumulation was 1.23 and 1.14 times, respectively, as much as those of pure forest. It showed that fine roots of mixed forest had a higher accumulation capacity and a more rapid turnover rate of nutrients. Fine roots of undergrowth played an important role in nutrient cycling of fine roots of forest community. Roots < 0.5 mm in diameter was the major body in nutrient cycling of fine roots. Seasonal dynamics of standing crop of nutrient in living fine roots of *C. lanceolata* showed a single-apex curve for N and double-apices one for P, and those for N and P in dead fine roots both showed an "S" curve. The dynamics for fine roots of *T. odorum* were similar to those of *C. lanceolata*, except for that of P in living roots which showed a single-apex curve. The dynamics of standing crop of N and P for living fine roots of undergrowth in both stands showed a double-apices curve, and those for dead roots showed a single-peak one.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; *Tsoongiodendron odorum*; mixed forest; fine roots; nutrient; seasonal dynamic