

马尾松、黎蒴栲混交林养分生物循环的研究

徐英宝 陈红跃

(华南农业大学林学院, 广州 510642)

摘 要

本文分别从乔木层生物量及其养分、凋落物及其养分动态、枯枝落叶层及其养分的分解和周转、养分生物循环等方面对异龄的马尾松、黎蒴栲人工混交林作了研究。结果表明: 1) 混交林乔木层生物量和生产量分别比纯林高 46.37% 和 112.99%; 2) 混交林乔木层 N、P、K、Ca、Mg 和 Ash 贮量比纯林高 20—190%; 3) 混交林年凋落量及养分贮量比纯林高 60—210%。各林分树种凋落量与其养分含量的动态变化基本一致; 4) 枯枝落叶层年分解率和周转系数为混交林略低于纯林 ($39.78\% < 42.52\%$; $0.66 < 0.74$), 但混松则略高于纯松 ($60.57\% > 58.27\%$, $1.54 > 1.39$); 5) 养分元素的生物循环为混交林年吸收量、存留量和归还量均大于纯林。上述研究从生态机制上为该混交林的种植成功提供了理论依据。

关键词: 马尾松; 黎蒴栲; 混交林; 养分生物循环

前 言

马尾松 (*Pinus massoniana*) 是我国亚热带地区的主要用材树种, 也是荒山造林的先锋树种。但南方丘陵低海拔地区大面积的马尾松纯林, 容易导致土壤肥力下降, 林分生长衰退, 松毛虫、松突圆蚧的为害加重。为改善林地的生态环境, 提高林分生产力, 探讨混交林的营造技术, 广东省国营增城林场从 1970 年开始, 在该场的白水寨工区经 1—2 次间伐的马尾松林下, 用不规则株间混交方式, 穴播黎蒴栲 (*Castanopsis fissa*) 种实, 先后营造了马尾松、黎蒴栲异龄复层混交林约 400ha。

对于上述混交林, 有关的调查研究已从林分的生长状况、改土效益等方面作了肯定, 说明这一混交类型是成功的^[8]。为了进一步探讨这一混交林成功的机制, 我们于 1988 年 4 月至 1989 年 4 月对该混交林的养分生物循环进行了调查研究。关于森林生态系统养

分生物循环的研究，目前国内应用于混交林生态系统方面的还比较少，但这一研究是混交理论逐渐深化的基本方向之一^[1]。本文拟从混交林养分生物循环的某些特点及其机制进行探讨，同时为混交理论的深化提供基础性材料。

一、调查地区的基本情况

增城林场位于广东省增城县中部，东经 113°22'—114°03'，北纬 23°02'—23°24'，林地海拔在 100—400m 间，丘陵地貌。气候带属亚热带季风气候，温暖湿润。年平均气温 21.6°C，最冷月（1 月）平均气温 13°C，最热月（8 月）平均气温 28.3°C， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年平均积温为 7 898.7°C，年降水量 1 904.7mm，年蒸发量 1 528.2mm，相对湿度为 80%。

土壤为花岗岩发育的赤红壤，土层深厚，厚度多至 1m 左右，质地为中壤，pH4.5—6.0。

地带性植被为亚热带季风常绿阔叶林，但已破坏无遗，代以马尾松为主的针叶人工林。林下植被多为芒箕 (*Dicranopteris dichotoma*)、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*)、乌毛蕨 (*Blechnum orientale*) 等。

调查标准地设置在白水寨工区。混交林和纯林的马尾松为 1958 年春用一年生裸根苗造林，混交林黎蒴栲为 1978 年春季林下穴播。

二、调查方法

表 1 混交林和纯林固定标准地情况

Table 1 Conditions of the fixed plots in mixed and pure forests

林分 stand	标准地号 plot	树种 species*	密度 No. of trees (ha ⁻¹)	平均胸径 Av. d. b. h. (cm)	平均高 Av. ht. (m)	蓄积 stock (m ³ ·ha ⁻¹)
混交林 mixed	I	松 P	897	19.3	15.8	190.27
		栲 C	1 697	8.3	9.1	44.65
	II	松 P	911	18.6	15.1	172.78
		栲 C	1 421	8.8	9.2	42.21
	III	松 P	904	19.8	16.2	205.94
		栲 C	1 648	8.6	9.5	48.42
	平均 Av.	松 P	904	19.2	15.7	189.66
		栲 C	1 589	8.6	9.3	45.09
纯林 pure	I	松 P	890	19.4	14.9	180.21
	II		896	19.5	15.3	187.86
	III		933	18.2	14.5	163.49
	平均 Av.		906	19.0	14.9	177.19

*P: *Pinus massoniana*

C: *Castanopsis fissa*

在混交林试验地上及附近立地条件基本一致的纯林内，分别各设置3块标准地，面积各约0.1ha，基本情况见表1。

(一) 乔木层生物量和净生产量的测定

在各标准地附近(5—10m范围内)选择标准木，不同林分不同树种各选5株，按“乔木层生物量测定方法”^[6]测定地上、地下部分的生物量。叶、枝、干、根的净生产量测定按“乔木层地上各部分生产量的测定”、“地下部分生产量的测定”方法进行，松树皮净生产量则由树干解析的方法，内插求近5年的净生产量。各测定数据均为3个标准地平均值。

(二) 乔木层养分含量和贮量的测定

采集标准木的枝、叶、干、根、皮的混合样品在室内测定其养分含量，并由生物量的测定结果推算其养分(包括氮、磷、钾、钙、镁和灰分)的贮量。

(三) 年凋落物量及其养分状况的测定

1988年4月底，在各样地内按上、中、下坡3点分别设置长、宽、高为1×1×0.2m的收集器，于1988年7月、10月，1989年1月和4月底收集凋落物，将相同林分各标准地样品混合，在室内测定其凋落物量及氮、磷、钾、钙、镁和灰分的含量。

(四) 枯枝落叶层贮量及养分含量的测定

在收集凋落物的同时，按枯枝落叶层贮量的有关测定方法^[6]，测定其贮量，并采集混合样品，在室内测定养分含量。

(五) 植物样品的分析方法

用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮样品制备待测液，氮用扩散法，磷用钼锑抗比色法测定；用1mol/L HCl浸提制备钾、钙、镁待测液；用火焰光度法测钾；用原子吸收分光光度法测钙、镁；粗灰分测定用干灰化法^[2]。

三、结果与分析

(一) 乔木层的生物量和净生产量

由表2看出，混交林乔木层的生物量高于纯林。混交林松的生物量比纯林松高6.81%，混交林松的各器官生物量也均比纯林松各对应器官高。就整个林分而言，混交林生物量比纯林高46.37%。不同器官在生物总量中所占的比例大小，马尾松为干>根>枝>叶>皮，而黎蒴栲则为干>枝>根>叶。

表2表明，无论是混交林松的各器官，还是整个混交林各器官的净生产量，均高于纯林。各器官净生产量合计，混交林松比纯林松高7.60%，混交林比纯林净生产量高112.99%。

表 2 乔木层的生物量和净生产量

Table 2 Biomass and net primary production of trees in different stands
(t·ha⁻¹/t·ha⁻¹a⁻¹)

林分 stand	树种 species*	生物量 净生产量 (biomass net primary production)					
		干 bole	皮 bark	枝 branch	叶 leaf	根 root	合计 total
混交林 mixed	松 P	94.00 2.74	6.68 0.19	13.74 0.40	8.64 0.27	26.95 0.79	150.01 4.39
	栲 C	38.33 3.02	**	7.46 0.61	4.17 0.28	5.58 0.39	55.54 4.30
	合计 total	132.22 5.76	6.68 0.19	21.20 1.01	12.81 0.55	32.53 1.18	205.55 8.69
纯林 pure	松 P	89.25 2.59	6.60 0.18	12.70 0.36	8.52 0.23	23.36 0.71	140.43 4.08

* 同表 1。same as in Table 1.

** 栲树皮归于树干计算。Bark of C was calculated together with its bole.

(二) 乔木层的养分含量和贮存

表 3 表明，同一树种，不同器官的营养元素和灰分含量差别甚大，其含量大小顺序有一定规律性。混交林松的 N、P、K 和 Mg 的含量大小基本上表现为叶>根>枝>干>皮。而 Ca 和 Ash (灰分)，以根最大，叶次之。混交林的栲，N、P、K 均为叶>根

表 3 不同林分乔木层各不同器官的养分含量

Table 3 Nutrient contents of various organs of trees in different stands

林分 stand	养分 nutrients	树种 species*	养分含量 nutrient contents (%)					
			干 bole	皮 bark	枝 branch	叶 leaf	根 root	平均 Av.
混交林 mixed	N	松 P	0.1070	0.2787	0.3168	1.8503	0.5783	0.6262
		栲 C	0.3431		0.3991	1.9508	0.5550	0.8120
	P	松 P	0.0121	0.0112	0.0267	0.1121	0.0345	0.0393
		栲 C	0.0167		0.0219	0.0985	0.0353	0.0431
	K	松 P	0.0797	0.0348	0.1625	0.9326	0.2314	0.2882
		栲 C	0.1765		0.7768	1.1104	0.3077	0.3543
	Ca	松 P	0.1831	0.1012	0.1669	0.2137	0.2314	0.1793
		栲 C	0.1906		0.1563	0.3564	0.1940	0.1795
	Mg	松 P	0.0265	0.0155	0.0563	0.1166	0.0532	0.0536
		栲 C	0.0343		0.0313	0.1486	0.0805	0.0737
Ash	松 P	0.3556	0.7183	0.3828	2.1185	2.4291	1.2009	
	栲 C	0.8848		0.8185	3.2885	1.9955	1.7468	
纯林 pure	N	松 P	0.0714	0.3286	0.2904	1.5446	0.4688	0.5408
	P		0.0094	0.0196	0.0269	0.1052	0.0364	0.0395
	K		0.0640	0.0376	0.1670	0.5941	0.3270	0.2379
	Ca		0.2451	0.3167	0.2204	0.1684	0.1752	0.2252
	Mg		0.0291	0.0225	0.0792	0.1282	0.0750	0.0668
	Ash		0.3487	0.8092	0.8966	1.8229	2.9884	1.3732

* 同表 1。same as in Table 1.

>枝>干, Ca、Mg、Ash 则为叶>根>干>枝, 均以叶最大, 根次之。

不同林分的同一树种, 各器官营养元素和灰分的含量大小顺序基本上一致。混交林松和纯林松比较, K、Mg 的顺序完全一致, N、P、和 Ash 大同小异。Ca 则差异较大, 混松为根>叶>干>枝>皮, 纯松为皮>干>枝>根>叶。与其他产地(湖南会同)的马尾松比较^[3], 各器官养分含量大小顺序稍有不同。

不同树种各器官的养分元素含量不同。在混交林中, 黎蒴栲各器官的养分含量基本上大于马尾松相应器官的含量。

表 4 为林分养分贮量。混松与纯松比较, 其 N、P 和 K 总贮量比纯松高, 混交林养分总贮量则比纯林更高, N、P、K、Ca、Mg 和 Ash 分别比纯林大 185.55%、68.03%、80.14%、21.17%、27.75%和 85.52%。可见, 由于黎蒴栲引入马尾松林, 林地养分元素的贮量大为提高。

表 4 不同林分乔木层养分贮量

Table 4 Nutrient contents of trees in different stands

林分 stand	树种 species*	养分贮量 nutrient contents (kg.ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	Ash
混交林 mixed	松 P	478.564	34.774	242.510	282.632	58.092	1 272.519
	栲 C	273.600	16.585	144.315	110.404	26.171	1 198.223
	合计 total	752.164	51.359	386.825	393.036	84.263	2 470.742
纯林 pure	松 P	263.406	30.566	207.815	322.920	65.958	1 331.795

* 同表 1。same as in Table 1.

(三) 凋落物量及其养分含量的动态变化

从凋落物的动态变化看(图 1), 混交林栲的凋落物量以 5—7 月最高, 8—10 月最低, 而纯林松则以 2—4 月最高(因此时换针叶), 11 到翌年 1 月最低。但混交林松的凋落量动态变化则与纯松林完全一致。由于栲的凋落量在混交林总凋落量中占优势, 因此, 混交林总凋落量的动态变化与栲一致, 表现高一低一高一低的变化, 恰好与纯松和混松相反。这种凋落物量与养分含量动态变化基本相同的规律, 与有关研究的结果是一致的^[4, 10]。

表 5 的结果表明: 混交林松年凋落量比纯林松低 15.40%; 营养元素和灰分累积量, 除 K 外, 也比纯林松低。但整个混交林的年凋落量、累积量, 则都比纯林高, 其中尤其是 K、Ca、Mg 的累积量更高。

(四) 枯枝落叶层的分解和周转

1. 枯枝落叶层的现存量 由表 6 可知, 混交林枯枝落叶层及其养分的总现存量均比纯林高。混交林的未分解现存量, 除 N、K 外, 其余均低于纯林。

枯枝落叶层中各元素的贮量, 无论是未分解的混交林松和栲, 还是纯林松, 其养分贮量大小为 Ash>N>Ca>K>Mg>P, 这与乔木层和凋落物的养分含量大小的顺序一致。

2. 枯枝落叶层的周转和分解 枯枝落叶层的分解率由下式计算^[9]:

$$\text{年分解率} = \frac{\text{年凋落量}}{\text{年凋落量} + \text{现存量}}$$

$$\text{即 } K = \frac{L}{L + SL}$$

为探讨不同林分的松和不同树种分解率的差异，这里特将现存量按未分解和总量两部分计算。将各种凋落物作为输入物，各种未分解加半分解物作为现存量分别进行计算。

从计算结果（表 7）可以看出，以未分解物为现存量计算，则混交林松的分解率比纯林松高（60.57% > 58.27%），但按总现存量计算，则相反（22.80% < 42.52%）。但这并不意味着混交林松的分解率比纯林松低，因为总现存量含有大量栲的未分解物和半分解物。混交林枯枝落叶物的分解率比纯林低（29.78% < 42.52%），这是因为栲的分解率比松低（53.32% < 58.27% < 60.57%）。

枯落物的周转系数是枯落物分解作用与营养元素动态的一个重要指标，可用于衡量枯落物分解速度和营养元素迁移速度的快慢，其大小为枯落物（L）与现存量（X）之比，即周转系数 $C = L/X$ [15]。

从表 7 可知，枯落物的周转系数，混松 > 纯松 > 混栲（以未分解物为现存量计算），但以总现存量为现存量计算，结果则相反。还可看出，分解率与周转系数成正

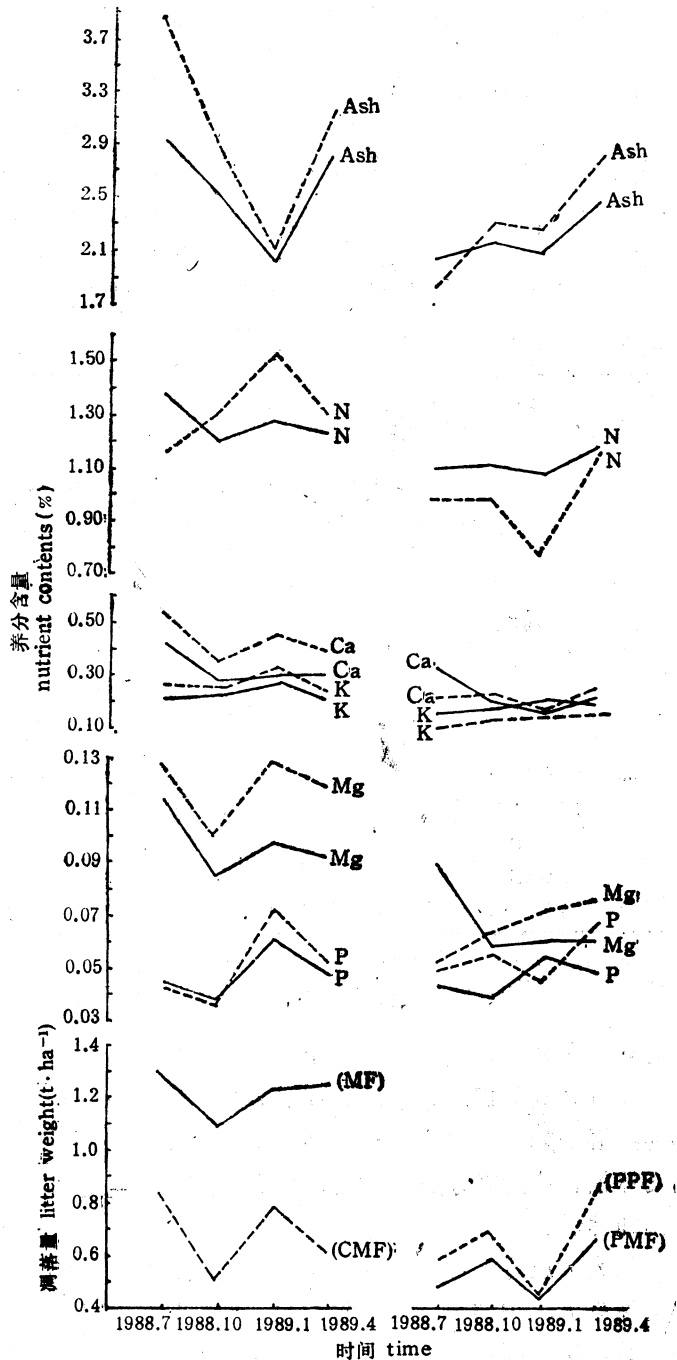


图 1 凋落量及养分的动态变化
Fig. 1 Change trends of litter weight and its nutrient contents

— 混交林 mixed forest (MF)
— 混交林松 pines in MF (PMF)
- - - 栲 *C. fissa* in MF (CMF)
- - - 纯松 pure pines forest (PPF)

表5 年凋落量及其养分累积量

Table 5 Weight and nutrient contents of litterfall for one year

林分 stand	树种 species*	年凋落量 litterfall weight (t·ha ⁻¹ a ⁻¹)	养分累积量 total nutrient contents(kg·ha ⁻¹ a ⁻¹)					
			N	P	K	Ca	Mg	Ash
混交林 mixed	松 P	2.197 (-15.40)**	24.7350 (-7.34)	1.0366 (-29.20)	4.2335 (15.00)	5.2688 (-17.35)	1.5637 (-9.80)	48.6369 (-19.90)
	栲 C	2.718	36.1244	1.4097	7.2156	11.9609	3.3838	82.1756
	合计 total	4.915 (189.26)	60.8594 (127.98)	2.4463 (67.07)	11.4491 (210.00)	17.2297 (170.27)	4.9475 (185.41)	130.8125 (115.44)
纯林 pure	松 P	2.597 (100)	26.6946 (100)	1.4642 (100)	3.6814 (100)	6.3751 (100)	1.7335 (100)	60.7177 (100)

* 同表1, same as in Table 1.

** 表中括号内数字为百分数。Number in parentheses indicates percentage.

表6 枯枝落叶层及其养分的现存量

Table 6 Weight of existing litter Layer and its nutrient contents

林分 stand	树种 species*	现存量 litter weight (t·ha ⁻¹)	养分现存量 nutrient contents (kg·ha ⁻¹)					
			N	P	K	Ca	Mg	Ash
混交林 mixed	松 P	1.43	17.087	0.664	1.995	3.589	0.903	37.269
	栲 C	2.38	4.769	0.377	0.438	3.626	0.833	33.944
	半分解 h.d**	3.63	67.18	5.960	8.022	7.296	2.438	1280.16
	合计 total	7.44	89.036	7.001	10.653	17.511	4.174	1351.373
纯林 pure	松 P	1.86	17.005	1.056	1.572	5.178	1.129	53.094
	半分解 h.d	1.65	5.217	0.390	1.695	5.825	1.057	44.555
	合计 total	3.51	22.222	1.446	3.267	11.003	2.336	97.649

* 同表1, same as in Table 1.

** h.d: half decomposition.

比关系, 周转系数大, 分解率也大, 周转快。

养分元素的周转系数, 其规律表现为以未分解物为现存物计算, 各元素周转系数大小为: 混交林栲>混交林松>纯林松; 以总量为现存物计算, 则为混交林栲>纯林松>混交林松。栲的养分周转系数始终是最高的。混交林与纯林比较, 除 Ca、Mg 外, 其余均比纯林低。

从表7还可看出, 在各种输入物与现存物关系中, 钾的周转系数最大, 这说明钾的分解速率大、周转快。有关研究也证明, 枯枝落叶的分解过程中, 钾的含量迅速降低, 其释放最快。因钾的流动性最强, 易被雨水淋洗^[13, 14]。

(五) 养分的生物循环

这里指的是养分元素在森林植物群落和土壤之间进行的周期性生物循环。年存留量等于每年增长的生物量中的养分量。归还量一般认为等于年凋量^[11, 12], 但实际上, 年归还量并不等于年凋落量, 而是等于年凋落量×分解率^[4], 存留量和归还量之后即为吸

表 7 枯落物及其养分的分解率和周转系数

Table 7 Decomposition rate and turnover coefficient of litter and its nutrients

林分 stand	输入物—现存物 input—existing	枯落物 litter		养分的周转系数 turnover coefficient of nutrients					
		年分解率 annual de- composition rate(%)	周转系数 turnover coefficient	N	P	K	Ca	Mg	Ash
混 交 林 mixed	松(凋)—松(未) P(L)—P(UD)	60.57	1.54	1.45	1.56	2.12	1.47	1.73	1.31
	松(凋)—总(现) P(L)—T(E)	22.80	0.29	0.28	0.15	0.40	0.30	0.37	0.04
	栲(凋)—栲(未) C(L)—C(UD)	53.32	1.14	7.57	3.74	16.47	1.81	4.06	2.42
	栲(凋)—总(现) C(L)—T(E)	26.76	0.003	0.41	0.20	0.68	0.68	0.81	0.06
	总(凋)—总(现) T(L)—T(E)	39.78	0.66	0.68	0.35	1.07	0.98	1.19	0.10
纯林 pure	松(凋)—松(未) P(L)—P(UD)	58.27	1.39	1.57	1.38	2.34	1.23	1.35	1.14
	松(凋)—总(现) P(L)—T(E)	42.52	0.74	1.20	1.01	1.13	0.58	0.74	0.02

(1) 松(凋)和栲(凋)指松和栲的凋落物
总(凋)=松(凋)+栲(凋)。

(2) 松(未)和栲(未)指松和栲的未分解物
总(现)=松(未)+栲(未)+半分解物。

(1)P: *Pinus massoniana*, C: *Castanopsis fissa*,
L: litter, T: total, T(L)=P(L)+C(L)

(2)UD: undecomposed, E: existing litter,
T(E)=P(UD)+C(UD)+half-decomposed litter.

收量。

由表 8 可知, 混交林养分元素的吸收量、存留量均分别高于纯林, 而归还量除 P 外, 混交林也大于纯林。

不同林分的松比较, 混交林松养分元素的吸收量, 除 K 外, 其余均低于纯林, 而存留量则混交林松的 N、P、K 比纯林高, Ca、Mg、Ash 比纯林低。归还量除 K 外, 其余养分, 混交林松比纯林低。

混交林中松和栲比较, 养分元素的吸收量、归还量, 栲均比松高, 而存留量, 则除 Ca 外, 栲均比松高。各林分各树种养分吸收量大小顺序基本为 Ash>N>Ca>K>Mg>P, 反映了两树种对元素的需要基本相同。

四、讨论与结论

广东省目前大面积经营的马尾松纯林, 林地一般较干燥, 养分循环不良, 地力减退, 生境恶化, 松毛虫、松突圆蚧、松梢枯病日益严重, 森林火灾频繁, 这种状况对发展马尾松人工林十分不利。为此, 南方各省区近十多年来开始营造马尾松与多种阔叶树的混交林, 已显示出良好效果。不过, 对混交林的评价与研究, 除从生长、经济、抗性诸方面进行评价外, 从生态系统的角度进行评价是十分重要的, 因为混交林的种间关系, 归根到底是一种生态关系。本文的研究结果表明, 松栲混交林是一种高生产力的植物群落, 其生物量和净生产量分别比松纯林提高 46.37% 和 112.99%; 混交林枯落物现存量比纯林提高 14.8%; 混交林乔木层的养分总贮量比纯林高, 各主要营养元素差值从 21.17%—185.55%; 混交林的年吸收量、存留量、归还量均大于纯林。这一切充分表明, 松栲

表 8 混交林和纯林养分的生物循环

Table 8 Biocycling of nutrients of mixed and pure stands

(kg. ha⁻¹ a⁻¹)

林分 stand	树种 species	养分 nutrients	吸收量 absorption	存留量 standing crop	归还量 return
混交林 mixed	松 P	N	19.9325	14.2929	5.6596
		P	1.2711	1.0348	0.2363
		K	8.8981	7.2460	1.6521
		Ca	9.4832	8.2819	1.2013
		Mg	2.1071	1.7159	0.3912
		Ash	48.6385	37.5494	11.0892
	栲 C	N	30.0898	20.4229	9.6669
		P	1.4286	1.0514	0.3772
		K	12.6363	10.7054	1.9309
		Ca	11.2492	8.0485	3.2007
		Mg	2.8623	1.9568	0.9055
		Ash	70.6943	48.7041	21.9902
	合计 total	N	50.0223	34.7158	15.3065
		P	2.6997	2.0862	0.6135
		K	21.5344	17.9514	3.5830
		Ca	20.7324	16.3304	4.4020
		Mg	4.9694	3.6727	1.2967
		Ash	119.3328	86.2534	33.0794
纯林 pure	松 P	N	21.7177	10.3672	11.3505
		P	1.4986	0.8760	0.6226
		K	7.5799	6.0146	1.5653
		Ca	12.0535	9.3428	2.7107
		Mg	2.6438	1.9067	0.7371
		Ash	64.9432	39.1260	25.8172

混交林种间关系是协调的,具有良好的养分转化和生物循环机制,能够改变局部环境的多种作用,为马尾松南缘产区发展丰产林提供了有效途径。

对于这一混交林的研究,还可从生态系统角度、在系统分析的方法上逐步深化混交理论。

从对该混交林的研究及已有的经营措施出发,我们认为可发展成为一种针叶纯林 ↔ 针阔混交林 ↔ 阔叶林之间的循环模式,这种模式对于南方丘陵低海拔地区林地生态环境的改善,地力的维持,林分生产力的提高,均有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] 王九龄, 1986: 我国混交林的研究现状. 林业科技通讯, (11): 1—5.
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 1984: 土壤农业化学常规分析方法. 科学出版社, 257—259, 273—282.
- [3] 冯宗炜等, 1982: 湖南会同两个森林群落的生物生产力. 植物生态学与地植物学丛刊, 6 (4): 257—266.
- [4] 冯宗炜等, 1985: 亚热带杉木纯林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 9 (4): 252.
- [5] 许慕农, 陈炳浩, 1983: 林木研究法 (上), 山东省泰安地区林业科学研究所, 298—301.
- [6] 张万儒, 许本彤, 1986: 森林土壤定位研究法. 中国林业出版社, 84—88.
- [7] 李文华等, 1981: 长白山主要生态系统生物生产量的研究. 森林生态系统研究 (II), 37—38.

- [8] 林民治, 1987: 马尾松、黎蒴栲混交效益的调查研究. 林业科技通讯, (1): 26—29.
- [9] 蒋有绪, 1981: 川西亚高山冷杉林枯枝落叶层的群落学作用. 植物生态学与地植物学丛刊, 5 (2): 90.
- [10] 翟明普, 1982: 北京西山地区油松元宝枫混交林生物量和营养元素循环的研究. 北京林学院学报, (4): 67—77.
- [11] Puvigneand, P.等, 1974: 温带落叶林矿质元素的生物循环. 植物生态学译丛, (1): 72—92.
- [12] Foster, N. M. and I. K. Mnoison, 1976: Distribution and cycling of nutrients in a natural *Pinus banksiana* ecosystems. *Ecol.* 57: 110—120.
- [13] Gholz, H. L., R. F. Fisher and W. L. Pritchett, 1985: Nutrient Dynamics in pine plantation Ecosystems. *Ecol.* 66 (3): 647—659.
- [14] Lousier, J. D. *et al.*, 1978: Chemical elements dynamics in decomposing leaf litter. *Can. J. Bot.* 56: 2795—2812.
- [15] Swift, M. J., A. Russell-Smith and T.J. Perfect, 1981: Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regenerating bush-fallow in sub-humid tropical nigeria. *J. Ecol.* 69: 981—995.

A STUDY ON NUTRIENT BIOCYCLING IN MIXED FOREST CONSISTING OF *PINUS MASSONIANA* AND *CASTANOPSIS FISSA*

Xu Yingbao and Chen Hongyue
(Academy of Forestry, South China Agricultural
University, Guangzhou 510642)

Abstract

Biomass and nutrient contents of trees, the dynamics of litterfall and its nutrient contents, the decomposition and turnover of forest litter layer and nutrient biocycling were investigated in the mixed forest consisting of *P. massoniana* and *C. fissa* (also in pure forest of *P. massoniana*). The results showed, 1) the biomass and net primary production in mixed forest were higher than those in pure forest by 46.37% and 112.99%, respectively, 2) nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg, and Ash) of trees in mixed forest were 20—190% higher than those in pure forest, 3) both weight of annual litter and its nutrient contents in mixed forest were 60—210% higher than those in pure forest. Trends of litter weight and its nutrient contents was almost equivalent for each kind of forest and species, 4) the annual decomposition rate and turnover coefficient of the litter layer in mixed forest were a little lower than those in pure forest, being 39.78% < 42.52% and 0.66 < 0.74, respectively, while that of *P. massoniana* in the mixed forest was a little higher than those in pure forest, being 60.57% > 58.27% and 1.54 > 1.39, respectively, 5) the annual absorption, standing crop and the return of nutrients in the mixed forest were much higher than those in the pure forest.

Key words, *Pinus massoniana*; *Castanopsis fissa*; Mixed forest; Nutrient biocycling