

橡胶与砂仁间作复合生态系统 营养元素循环的研究*

周再知 郑海水 杨曾奖 尹光天 陈康泰

摘要 橡胶与砂仁间作和纯橡胶林两种林分营养元素净积累、归还及营养元素在植物、土壤之间生物循环的研究结果表明: 间种砂仁可明显增加林分植物库中营养元素的含量, 间作林中营养元素总积存量达 3 447. 07 kg/hm², 是纯胶林的 2. 53 倍; 营养元素总归还量每年每公顷为 363. 26 kg, 是纯胶林的 1. 44 倍, 其中 N, P, K, Ca, Mg 的年归还量分别是纯胶林的 1. 9, 2. 54, 1. 42, 1. 05, 1. 16 倍; 间作林中的 N 的归还量为最大, 纯胶林中以 Ca 的归还量为最大, 两种林分均以 P 的归还量为最小。间作林中营养元素的年吸收总量为 1 083. 43 kg/hm², 是纯胶林的 2. 1 倍。尽管营养元素的循环系数低于纯胶林, 但吸收系数却高于纯胶林, 可见间种有利于植物对土壤库中营养元素的吸收。

关键词 橡胶树 砂仁 复合经营 营养元素循环

以巴西橡胶(*Hevea brasiliensis* (H. B. K) Muell. -Arg.) 为上层林木, 药用植物砂仁(*Amomum longiligulare* T. W. Wu) 为林内间作物的复合经营模式在我国的热带、南亚热带橡胶区被广泛采用, 不仅因为砂仁具有独特的药用功能及橡胶树的多种用途, 这种经营模式可充分地利用光能、提高土地利用效率, 同时还大幅度地改善了林内生态环境^[1], 改善土壤理化状况^[2], 达到提高单位面积生产力的目的。在对胶、砂间作复合生态系统生物量、小气候、土壤状况研究的基础上, 开展养分循环的研究, 对深入了解胶、砂间作复合生态系统的结构和功能, 对科学地指导橡胶林的经营具有十分重要的意义。

1 自然条件和样地概况

广东省雷州半岛地区的徐闻县国营南华农场, 位于 20°11' N, 110°11' E, 属热带季风气候区。年均温 22. 7℃, 年均相对湿度 85%, 年均降水量 1 579. 3 mm。受干热风影响, 干湿季分明, 雨量多, 但分配不均。11~4 月为旱季, 5~10 月为雨季, 因受台风影响, 大部分降水集中在 7~9 月。地形为台地地貌, 地势平缓。土壤为玄武岩发育成的铁质砖红壤, 土层深厚, 表土层土壤理化特性见表 1。

表 1 胶、砂间作复合生态系统土壤理化特性

林分类型	土壤深度 (cm)	有机质 (%)	全 N (g/kg)	速效 N (mg/kg)	全 P (g/kg)	速效 P (mg/kg)	全 K (g/kg)	速效 K (mg/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	容重 (g/cm ³)	pH
胶砂间作	0~10	3. 980	1. 770	10. 88	1. 133	9. 20	1. 869	71. 25	13. 972	2. 568	0. 957 7	4. 9
纯胶林	0~10	3. 533	1. 407	8. 50	0. 839	2. 69	2. 214	18. 08	6. 476	2. 397	1. 193 9	4. 9

1996—03—06 收稿。

周再知助理研究员, 郑海水, 杨曾奖, 尹光天(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520); 陈康泰(广东省徐闻县国营南华农场)。

* 本研究是加拿大 IDRC 资助项目(1990~1998 年)“华南热带农用林模式综合研究”的部分内容。

农场于 1982 年开始间种砂仁, 1986 年间种面积已达 120 hm^2 , 年均总产量达 $7.3 \text{ t}^{[3]}$ 。面积为 $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ 的固定样地设在南华农场 14 生产队种植的胶砂间种模式及同龄纯胶林内; 1991 年 3 月的调查结果: 胶砂间作模式内橡胶树平均树高 11.1 m, 枝下高 2.58 m, 平均胸径 18.5 cm, 郁闭度 0.85, 砂仁平均高度 1.5 m, 平均密度 $16 \text{ 株}/\text{m}^2$; 纯胶林内橡胶树平均树高 10.5 m, 枝下高 2.47 m, 平均胸径 18.1 cm, 郁闭度 0.8。

2 材料与方 法

2.1 生物量测定

橡胶树: 分别在毗邻的幼龄、中龄及老胶林内, 设置面积为 $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 样地, 在样地内按级选伐 1~6 株标准木, 样木共计 50 株, 伐倒标准木前测定胸径, 伐倒后测定树高、枝下高和冠幅; 测定每个区分段中央带皮径和去皮径及大枝基径。样木各器官的生物量采用全部称重法测定, 即干材和大枝(基径 $> 4 \text{ cm}$) 采用 1 m 的区分段称鲜重; 枝叶全部摘除后称叶及小枝鲜重; 地下部分全部挖出后, 分根桩和根称鲜重。采集的各器官样品置于通风干燥箱内, 在 85 恒温下烘至恒重, 求出干鲜比, 并将样木各器官鲜重换算成干重。由于橡胶树分枝较粗大, 故将基径大于 4 cm 的枝材并为干材计算。按相对生长法建立树叶、枝、干、树头、树根的生物量数学模型。最佳拟合生物量模型^[4]。

在具有代表性的胶砂间作和同龄纯胶林的样地内实测橡胶树树围, 并依据所建回归方程计算单位面积橡胶树各器官的现存生物量。

砂仁: 在橡胶树 6 m 宽的行间随机设置 10 个 $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 的样方, 采用收割法分别测定砂仁的茎、叶、根、果鲜重, 同时采集各器官部分样品, 在 80 条件下烘至恒重, 计算样方内砂仁平均干物质重量。

2.2 净生产量测定

橡胶树: 叶的净生长量即为当年叶的生物量, 其它器官的净生长量以总平均生长量指标计算。

砂仁: 砂仁的年净生长量为茎、叶、根、果器官净生长量之和(生产上, 砂仁种植后 3 a 左右, 老茎和叶被砍掉, 故茎、叶的年龄取 3 a, 根的年龄取间作龄 8 a, 果实为当年的生物量)。

2.3 凋落物测定

在样地内设置 10 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 尼龙网收集框, 分别置于胶树株间, 树冠投影下、中部及边缘及胶树株间间种砂仁处, 自 1991 年 1 月起每月定期收集一次, 测其干重, 推算单位面积凋落物干重, 测定营养元素含量。试验观测 2 a。

2.4 植物和土壤样品营养元素测定

植物: N 用半微量凯氏法, P 用钼蓝比色法, K 用火焰光度法, Ca、Mg 用原子吸收分光光度计测定。土壤: N 用碱蒸馏, P 用钼锑抗比法, K 用火焰光度法, Ca、Mg 用原子吸收分光光度计测定^[5]。

3 结果分析

3.1 植物体内营养元素含量

两种林分植物各器官的营养元素含量的测定结果(表 2)表明, 植物器官生理机能不同, 其

表 2 植物各器官营养元素含量(g/kg)

林分类型	植物组分	营养元素				
		N	P	K	Ca	Mg
橡胶树	去皮树枝	5.521	1.067	4.422	1.491	0.568
	去皮树干	5.010	0.784	2.863	1.896	0.828
	去皮树根	7.723	0.798	3.155	4.008	0.751
	去皮根桩	4.700	0.745	2.539	1.267	0.786
	树枝皮	10.400	2.064	18.421	19.731	2.465
	树干皮	7.721	0.937	10.274	29.921	2.365
	树根皮	6.011	1.329	12.387	20.520	3.212
	根桩皮	7.060	0.992	9.509	35.361	5.253
	树叶	31.540	2.373	13.465	5.548	3.818
	胶液	7.450	1.360	1.430	0.050	0.580
砂仁	凋落物	20.64	1.055	16.976	10.63	3.084
	茎	4.680	0.599	14.876	5.086	1.571
	叶	15.880	1.435	15.877	9.852	2.267
	根	6.870	0.986	18.703	3.000	4.354
	球果	9.600	1.808	48.617	3.628	3.005
	枯枝、叶	15.580	1.130	9.211	12.298	2.213
	去皮树枝	3.710	0.713	3.102	2.535	0.593
	去皮树干	3.880	0.263	1.403	2.253	0.400
	去皮树根	5.500	0.351	2.965	2.969	1.211
	去皮根桩	5.090	0.434	1.364	1.304	0.708
纯胶林	树枝皮	8.640	1.144	8.954	15.754	1.413
	树干皮	5.140	0.655	6.673	17.039	1.845
	树根皮	8.770	0.570	11.494	16.679	2.676
	根桩皮	7.560	0.553	4.884	32.113	4.743
	树叶	21.000	2.298	11.275	9.653	3.229
	胶液	5.560	1.210	1.130	0.070	0.590
	凋落物	16.14	0.707	16.160	17.760	3.920

营养元素含量不同, 同化器官叶的营养元素含量均较高, 去皮部分(木质部)各营养元素含量均较低, 树皮中K、Ca含量较高。无论是间作林还是纯胶林橡胶树叶中N、P含量最高, 树枝皮中K含量最高, 根桩皮中Ca、Mg含量最高; 橡胶树干、枝、根、根桩去皮部分营养元素高低次序为N、K、Ca、Mg(或P); 皮中为Ca、K、N、Mg、P, 且营养元素含量均高于木质部。砂仁各器官营养元素含量排序为K、N、Ca、Mg、P; 间作林中胶树各器官P、K含量和皮中的Ca、Mg含量高于纯胶林, 而N以及其它器官中Ca、Mg的含量并未表现出明显的规律性。

3.2 营养元素的积存量

胶砂间作林中主要营养元素积存量很大(表3), 每公顷达3447.07 kg, 纯胶林为1336.97 kg, 间作林是纯胶林的2.53倍; N、P、K、Ca、Mg的积存量均高于纯胶林, 分别为纯胶林的2.1、2.7、4.96、1.66和2.49倍; 胶砂间作和纯胶林中P和Mg的积存量相对于N、K、Ca来说都很低。由于砂仁各器官中K的含量较高, 故使间作林中K的积存量达最高, 占总储量的36.7%, 其次为N, 占30.6%, P的积存量最低, 仅占4.1%; 纯胶

林中, N和Ca的积存量较高, 分别占总积存量的37%和34.2%, P的积存量亦最低, 占3.8%。

图1和图2显示了营养元素在两种林分乔木层地上、地下、皮及木质部中积存与分配状况。5种营养元素在两种林分乔木层中积存量排序均为N、Ca、K、Mg、P。两种林分地上部分营

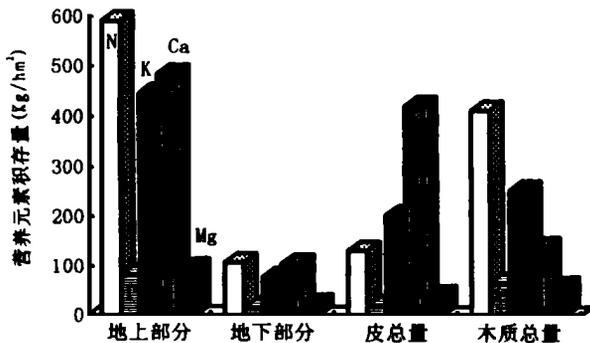


图 1 间作林营养元素积存与分配

养元素积存量分别占营养元素总量的83.7%、80.1%; 地下部分占16.3%、19.9%, 与生物量的百分比相似; 林分树皮中分别占40%、34%, 远高于生物量的百分比。两种林分同化器官橡胶树树叶的生物量仅占林分生物量的4.8%和5.0%, 可营养元素积存量分别占13.5%和16.4%, 远高于生物量的百分比, 橡胶树冬季大量落叶, 如管理得当, 将十分有利于橡胶林地力的恢复。

乔木层中, 间作林地上部分5种营养元素积存量分别比纯胶林提高48.2%,

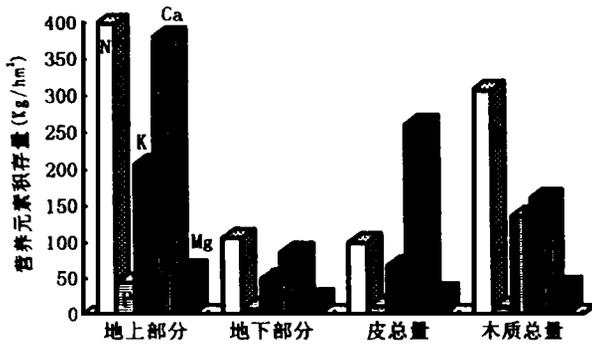


图2 纯胶林营养元素积存与分配

90.9%, 115.7%, 27.1%, 56.6%, 地下部分分别提高 1.7%, 97.0%、57.1%, 22.3%, 14.3%; N、P、K、Ca、Mg 总积存量分别是纯胶林的 1.38, 1.92, 2.05, 1.26, 1.46 倍, 这说明间种砂仁可明显增加乔木层营养元素的积存量。其原因在于, 林分间作后土壤的物理性质得到的明显的改善, 同时, 土壤的养分含量特别是有机质及 N 素养分含量有明显的提高, 土壤肥力综合评价表明间作林的土壤肥力高于纯胶林^[2]。间作林土壤

理化性质的改善, 促进了胶树各器官养分的供应, 生物产量和养分含量有明显的提高, 从而使间作林乔木层养分的积存量高于纯胶林。

表3 营养元素在植物各器官中的积存与分配

(单位: kg/hm²)

林分类型	植物组分	生物量 (t/hm ²)	营养元素					总计
			N	P	K	Ca	Mg	
橡胶	去皮树枝	18.258	100.80	19.48	80.74	27.22	10.37	238.61
	去皮树干	44.596	223.43	34.96	127.68	84.55	36.93	507.55
	去皮树根	2.563	19.80	2.05	8.09	10.27	1.93	42.14
	去皮根桩	14.672	68.96	10.93	37.25	18.59	11.53	147.26
	树枝皮	4.564	47.47	9.42	84.08	90.06	11.25	242.28
	树干皮	8.524	65.82	7.99	87.58	255.06	20.16	436.61
	树根皮	1.774	10.66	2.36	21.97	36.40	5.70	77.09
	根桩皮	1.123	7.93	1.11	10.68	39.71	5.90	65.33
	树叶	4.836	152.50	11.47	65.10	26.82	18.46	274.35
	地上部分	80.778	590.02	83.32	445.18	483.71	97.17	1699.40
橡胶+砂仁	地下部分	20.132	107.35	16.45	77.99	104.97	25.06	331.82
	皮总量	15.985	131.88	20.88	204.31	421.23	43.01	821.31
	木质总量	80.089	412.99	67.42	253.76	140.63	60.76	935.56
	小计	100.910	697.37	99.77	523.17	588.68	122.23	2031.22
	合计	129.602	1054.43	141.85	1265.41	776.43	208.95	3447.07
砂仁	茎	13.768	218.64	19.76	218.60	135.64	31.21	623.85
	叶	6.803	46.74	6.71	127.24	20.41	29.62	230.72
	根	8.025	77.04	14.51	390.15	29.12	24.12	534.94
	果	0.096	14.64	1.10	6.25	2.58	1.77	26.34
	小计	28.692	357.06	42.08	742.24	187.75	86.72	1415.85
合计	合计	129.602	1054.43	141.85	1265.41	776.43	208.95	3447.07
	(%)		30.6	4.1	36.7	22.5	6.1	100.00

(续表 3)

林分类型	植物组分	生物量 (t/hm ²)	营养元素					总计
			N	P	K	Ca	Mg	
纯胶林	去皮树枝	16.926	62.80	12.07	52.50	42.91	10.04	180.32
	去皮树干	41.305	160.26	10.86	57.95	93.06	16.52	338.65
	去皮树根	2.222	12.22	0.78	6.52	6.60	2.69	28.81
	去皮根桩	13.930	70.90	6.05	19.00	18.16	9.86	123.97
	树枝皮	4.210	36.37	4.82	37.69	66.31	5.95	151.14
	树干皮	7.797	40.08	5.11	5.25	132.85	14.39	197.68
	树根皮	1.656	14.52	0.94	19.03	27.63	4.43	66.55
	根桩皮	1.042	7.88	0.58	5.09	33.46	4.96	51.95
	树叶	4.697	98.64	10.79	52.96	45.34	15.17	222.90
	地上部分	74.935	398.15	43.65	206.35	380.47	62.07	1090.69
	地下部分	18.850	105.52	8.35	49.64	85.85	21.92	271.28
	皮总量	14.705	98.85	11.45	67.06	260.25	29.71	467.32
	木质总量	74.383	306.18	29.76	135.97	160.73	39.11	671.75
	合计	93.785	503.67	52.00	255.32	466.32	83.99	1361.97
	(%)		37.0	3.8	18.8	34.2	6.2	100.0

3.3 营养元素的积累速率

林分营养元素的积累速率, 取决于各组分净生产力和营养元素的含量, 是评价林分不同经营措施下营养元素循环与平衡的重要指标。由表 4 可见, 两种林分营养元素年积累速率高低次序为 N、K、Ca、Mg、P。胶树叶中营养元素积累速率明显高于其它器官。胶砂间作林 5 种营养元素的积累速率明显高于纯胶林, 就乔木层而言, 除 Ca 外, N、P、K、Mg 及 5 种元素总量的积累速率, 胶砂间作林比纯胶林分别提高了 52.2%, 18.6%, 34.6%, 25.5% 和 27.6%。

表 4 营养元素的年积累速率

(单位: kg/(hm²·a))

林分类型	植物组分	主要营养元素					总计
		N	P	K	Ca	Mg	
胶砂仁	去皮树枝	3.36	0.65	2.69	0.91	0.35	7.96
	去皮树干	7.45	1.17	4.26	2.82	1.23	16.93
	去皮树根	0.66	0.07	0.27	0.34	0.06	1.40
	去皮根桩	2.30	0.36	1.24	0.62	0.38	4.90
	树枝皮	1.58	0.31	2.80	3.00	0.38	8.07
	树干皮	2.19	0.27	2.92	8.50	0.67	14.55
	树根皮	0.36	0.08	0.73	1.21	0.19	2.57
	根桩皮	0.26	0.04	0.36	1.32	0.20	2.18
	树叶	152.50	11.47	65.10	26.82	18.46	274.36
	小计	170.66	14.42	80.37	45.54	21.92	332.92
	茎	72.88	6.59	72.87	45.21	10.40	207.95
	叶	15.58	2.24	42.41	6.80	9.87	76.91
	根	9.63	1.81	48.77	3.64	3.02	66.87
	果	14.64	1.10	6.25	2.58	1.77	26.34
	小计	112.73	11.74	170.30	58.24	25.06	378.06
合计	283.39	26.15	250.67	103.79	46.98	710.98	

(续表 4)

林分类型	植物组分	主要营养元素					总计
		N	P	K	Ca	Mg	
纯胶林	去皮树枝	2.09	0.40	1.75	1.43	0.33	6.01
	去皮树干	5.34	0.36	1.93	3.10	0.55	11.29
	去皮树根	0.41	0.03	0.22	0.22	0.09	0.96
	去皮根桩	2.36	0.20	0.63	0.61	0.33	4.13
	树枝皮	1.21	0.16	1.26	2.21	0.20	5.04
	树干皮	1.34	0.17	0.18	4.43	0.48	6.59
	树根皮	0.48	0.03	0.63	0.92	0.15	2.22
	根桩皮	0.26	0.02	0.17	1.12	0.16	1.73
	树叶	98.64	10.79	52.96	45.34	15.17	222.90
	合计	112.14	12.16	59.73	59.37	17.46	260.87

3.4 营养元素的归还量

营养元素的归还量是指通过凋落物归还土壤的营养元素的总量, 降水淋洗和根的枯死分泌量未估计在内。在试验区的纯胶林内, 橡胶树落叶一般不被收走, 而在胶砂间作林内, 因砂仁叶干枯后不易凋落, 部分枯叶连同橡胶树落叶被农户收集沤肥, 而后部分施于间作林中, 故使该模式凋落物的年归还量小于年凋落量。尽管如此间作林营养元素的归还量仍高于纯胶林, 这主要归因于砂仁枯落物高的营养元素归还量。间作林中(表 5), 5 种营养元素总归还量每年每公顷达 363.26 kg, 纯胶林为 252.22 kg, 间作林是纯胶林的 1.44 倍, 其中 N、P、K、Ca、Mg 的年归还量分别是纯胶林的 1.9, 2.54, 1.42, 1.05, 1.16 倍; 胶树和间作物年归还量分别占总归还量的 66.5% 和 43.5%。间作林以 N 的归还量最大, P 的归还量最小, 分别占总归还量的 39.1% 和 2.28%, 纯胶林以 Ca 的归还量最大, P 的归还量最小, 分别占 32.3% 和 1.29%, 林分营养元素的输出量是指采割胶乳的量, 因两种林分胶乳中营养元素含量较低, 输出系统外的养分较少。

3.5 营养元素的生物循环

复合生态系统营养元素的生物循环是通过植物根系从土壤中吸收营养元素, 绝大部分积存于植物体内, 植物体枯枝落叶所含的营养元素经微生物分解归还土壤供植物再吸收, 营养元素在复合生态系统中不断进行循环。依据 Albert(1930) 提出营养元素的生物循环平衡式(吸收 = 存留 + 归还)^[6] 及橡胶树产胶的特点, 橡胶林营养元素的生物循环应以“吸收 = 存留 + 归还 + 输出”平衡式来确定橡胶林与土壤间营养元素生物循环的定量关系。由表 6 可见, 间作林中 N、P、K、Ca、Mg 的存留、归还、吸收量均高于纯胶林。5 种营养元素的年吸收、存留、归还、输出总量分别达到 1 083.43、710.98、363.26 和 9.19 kg/hm², 纯胶林仅为 520.27、260.86、252.22 和 7.19 kg/hm², 间作林比较纯胶林分别提高了 108.24%、172.55%、44.03%、27.82%。营养

表 5 不同林分营养元素归还量

(单位: kg/(hm²·a))

营养元素	间作林(橡胶+砂仁)			纯胶林
	橡胶树(枯枝、落叶、花果)	砂仁枯叶	小计	橡胶树(枯枝、落叶、花果)
N	95.11	46.94	142.05	74.40
P	4.86	3.41	8.27	3.26
K	78.25	27.75	106.00	74.63
Ca	49.00	37.05	86.05	81.86
Mg	14.22	6.67	20.89	18.07
合计	241.44	121.82	363.26	252.22

元素的循环速率(归还率、循环系数)除 P 略高于纯胶林外,其余均比纯胶林低,这主要是由于间作林中大部分枯落物被收走而未得到全部归还所致。营养元素循环速率排序,间作林为:Ca、N、Mg、K、P,纯胶林为:Ca、K、Mg、N、P,两种林分均以 Ca 的循环速率为最高,P 的循环速率为最低,这与土壤中 Ca 含量较高,P 缺乏有关,P 是橡胶生长发育的主要限制因子^[7]。间作林中,除 Ca 元素外,N、P、K、Mg 的吸收系数均高于纯胶林,说明间种可以促进植物对土壤库中营养元素的吸收。

表 6 两种林分养分的生物循环

(单位: kg/(hm²·a))

林分类型	项目	营 养 元 素					合计
		N	P	K	Ca	Mg	
间作林	存 留	283.39	26.15	250.67	103.79	46.98	710.98
	归 还	142.05	8.27	106.00	86.05	20.89	363.26
	输 出	6.30	1.15	1.21	0.04	0.49	9.19
	吸 收	431.74	35.57	357.88	189.88	68.36	1 083.43
	土壤全量	1 695.129	1 085.074	1 789.941	13 380.984	2 459.374	20 410.50
	循环系数 ^[8]	0.33	0.23	0.30	0.45	0.31	0.34
	吸收系数 ^[9]	0.255	0.033	0.199	0.014	0.028	0.053
	存 留	112.14	12.16	59.73	59.37	17.46	260.86
	归 还	74.40	3.26	74.63	81.86	18.07	252.22
纯胶林	输 出	4.70	1.02	0.96	0.01	0.50	7.19
	吸 收	191.24	16.44	135.32	141.24	36.03	520.27
	土壤全量	1 679.817	1 001.682	2 643.295	7 731.696	2 861.778	15 918.270
	循环系数	0.39	0.20	0.55	0.58	0.50	0.48
	吸收系数	0.114	0.016	0.051	0.018	0.013	0.033

4 结论与讨论

(1) 两种林分上层林木各器官营养元素分析表明,N、P 在橡胶树叶中含量最高,K 在树枝皮中含量最高,而 Ca、Mg 在根桩皮中含量最高;胶砂间作林中,胶树各器官 P、K 的含量和皮中 Ca、Mg 含量高于纯胶林,除根皮和桩皮器官外,其它器官 N 的含量均高于纯胶林。

(2) 胶砂间作林中 N、P、K、Ca、Mg 的积存量及 5 种营养元素总积存量分别为纯胶林的 2.1、2.7、4.96、1.66、2.49 和 2.53 倍,间种砂仁可明显增加林分植物库中营养元素的积存量,两种林分地上部分 5 种营养元素的积存总量分别占总量的 83.7%、80.1%。

(3) 两种林分植物库中营养元素年积累速率高低次序均为 N、K、Ca、Mg、P,胶树叶中营养元素积累速率明显高于其它器官,胶砂间作林中胶树各器官营养元素的年积累速率明显高于纯胶林。

(4) 胶砂间作林中,尽管农户收走了大量凋落物,但营养元素总归还量依然是纯胶林的 1.44 倍,其中 N、P、K、Ca、Mg 的年归还量分别是纯胶林的 1.9、2.54、1.42、1.05、1.16 倍;胶砂间作林的 N 的归还量最大,纯胶林则以 Ca 的归还量为最大,间作林分营养元素的归还量占吸收量的 34%,低于纯胶林,为加速营养元素的归还,保存间作林分的凋落物是不可忽视的。

(5) 胶砂间作林中 5 种营养元素的年吸收总量为 1 083.43 kg/hm²,是纯胶林的 2.1 倍,尽管营养元素的循环系数低于纯胶林,但吸收系数却高于纯胶林,可见间种有利于促进植物对土

壤库中营养元素的吸收。

(6) 两种林分的土壤中 P 含量普遍低, P 的归还量及循环速率也较低, 在经营橡胶林上, 应积极采取间种砂仁措施, 同时注重施 P 肥, 补充土壤中 P 的亏缺对促进林分养分循环与平衡, 促进橡胶的生长和产胶是十分必要的。

参 考 文 献

- 1 周再知, 郑海水, 杨曾奖, 等. 橡胶与砂仁间作小气候特点初探. 生态学杂志, 1994, 13(1): 27~31.
- 2 杨曾奖, 郑海水, 周再知, 等. 橡胶间种砂仁、咖啡对土壤肥力的影响. 林业科学研究, 1995, 8(4): 466~470.
- 3 南华农场. 南华农场志. 广东: 中山大学出版社, 1991.
- 4 周再知, 郑海水, 尹光天, 等. 橡胶树生物量估测的数学模型. 林业科学研究, 1995, 8(6): 624~629.
- 5 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978.
- 6 潘维寿, 田大伦, 雷志星, 等. 杉木人工林养分的循环研究. 中南林学院学报, 1983, 3(1): 1~16.
- 7 何电源. 中国南方土壤肥力与栽培植物施肥. 北京: 科学出版社, 1994, 538~567.
- 8 拉夏埃耳(李博等译). 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1982.
- 9 陈灵芝, Hlindley D. 英国 Hampsfell 的蕨菜草地生态系统的营养元素循环研究. 植物学报, 1983, 25(1): 67~74.

Research on Biological Cycle of Nutrient Elements in Plantation of Rubber Intercropped with *Amomum Longiligulare*

Zhou Zaizhi Zheng Haishui Yang Zengjiang Yin Guangtian Chen Kangtai

Abstract In rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation intercropped with *Amomum longiligulare*(RA) and pure rubber plantation(PP) of 30-year-old, biomass and nutrient elements (N、P、K、Ca、Mg) of each component of tree, intercrops and litters were detected. Net accumulation and biological cycle of nutrient elements of two plantations have been comparatively studied. The results showed that annual accumulative and uptake amount of 5 nutrient elements of RA was 3 447. 07 and 1 083. 43 kg/hm², 2. 53 and 2. 1 times of PP respectively. Annual return amount of RA was 363. 26 kg/hm², among which N、P、K、Ca、Mg was 1. 9, 2. 54, 1. 42, 1. 05, 1. 16 times of PP respectively. With the comparison of 5 nutrient elements, the return amount of N was more in RA system, and P less for two plantations. Although the cycle coefficient of RA was lower than that of PP, the absorption coefficient was higher than that of PP, that means intercropping can improve rubber tree and *A. longiligulare* to uptake soil nutrients.

Key words rubber tree *Amomum longiligulare* intercropping nutrient elements biological cycle