

橡胶人工林生态系统养分积累、分配与生物循环

赵春梅¹, 曹建华¹, 蒋菊生², 李晓波¹, 谢贵水¹

(¹中国热带农业科学院橡胶所, 海南儋州 571737; ²海南农垦科技创新中心, 海口 571026)

摘要: 对不同树龄下橡胶无性系 PR107 人工林生态系统的养分贮存(积累)、分配、生物循环以及土壤养分收支平衡进行了研究。结果表明: 随着树龄的增加, 橡胶人工林生态系统营养元素(N、P、K)积累量与生物循环流通量也逐渐增加, 土壤中养分收支失衡现象越严重; 橡胶人工林生态系统中 N、P、K 的总贮存量为 319.248t/(hm²·a), 其大小顺序为 K>P>N, 3 种元素在空间上的分布均表现为, 土壤层>胶树层>凋落物层; 胶林生物循环中养分总吸收量(包括胶乳中养分)为 690.3088kg/(hm²·a), 总存留量为 545.8038kg/(hm²·a), 总归还量为 124.7888kg/(hm²·a); 土壤中养分年平均亏损量的大小顺序为全 N>全 K>全 P, 土壤中养分输出与输入量的大小顺序均为全 N>全 K>全 P。

关键词: 橡胶人工林; 养分; 积累与分配; 生物循环

中图分类号: S718.55 文献标识码: A

Nutrient Accumulation, Distribution and Biological Cycling in Rubber Plantation Ecosystem

Zhao Chunmei¹, Cao Jianhua¹, Jiang Jusheng², Li Xiaobo¹, Xie Guishui¹

(¹Rubber Research Institute of CATAS, Danzhou 571737;

²Innovation Center of Science and Technology, Hainan State Farm Bureau, Haikou 571026)

Abstract: The accumulation, distribution, biological cycling of nutrient elements and nutrient balance of soil in Clone PR107 rubber plantation ecosystem under different ages were studied. The results show that: with the increase of age, both the accumulative amount and biological cycling flux of nutrient in rubber plantation ecosystem were gradually increasing, and the imbalance of nutrient in soil was more serious. The total amount of nutrient elements stored in rubber plantation ecosystem was 319.248t/hm², which could be ranked in the following order: K>P>N. The accumulative amounts of nutrient elements in different layers of rubber plantation ecosystem stood in the order of soil layer>rubber tree>litter-layer. The amounts of nutrient elements annually taken in from and returned to soil, and retained in rubber trees (including nutrient in latex) were 690.3088, 124.7888 and 545.8038kg/hm² respectively. In addition, both the orders of loss amount and circulation amount of nutrient in soil were: full-N>full-K>full-P.

Key words: rubber plantation, nutrient, accumulation and distribution, biological cycling

橡胶林生态系统是热带地区的重要人工生态系统,也是热带农业最重要的支柱产业之一,为热带地区生态服务和经济发展作出了重要贡献。特别是 90 年代

以来,随着新割制的普遍推广和刺激剂的广泛应用,大幅度提高了橡胶产量,增强了热带地区的经济实力,与此同时也加速了橡胶树体内系统代谢和循环过程。然

基金项目: 农业部科研所基本业务费资助项目“数字化橡胶—几个模型的研究”(ywf2007); 海南省自然科学基金项目“橡胶人工林生态系统养分循环与动态模拟研究”(070835)。

第一作者简介: 赵春梅,女,1981 年出生,四川遂宁人,硕士,研究方向为产业生态学。通信地址:571737 海南省儋州市中国热带农业科学院橡胶研究所, Tel: 0898-23307303, E-mail: zcmlxb823@163.com。

通讯作者: 蒋菊生,男,1962 年出生,研究员,博士生导师,主要从事热带生态农业和产业生态方面的研究。通信地址:571026 海南省海口市农垦总局科技创新中心, Tel: 0898-66721325, E-mail: jjs18188@163.com。

收稿日期: 2008-06-30, 修回日期: 2008-07-10。

而建立在原有的营养诊断方法、标准和基础上的胶园管理措施已不能满足现行橡胶树高产稳产的需要,尤其是生产上的施肥更不能准确地预知胶树在不同生长期与产胶期的养分需求动态,导致养分的生态平衡与产胶生理平衡不能协调统一,从而引起养分失衡、投入产出失衡等诸多问题。因此,需要根据橡胶林养分循环变化规律,以及橡胶树生长与代谢的养分需求,采用科学、精确的施肥等管理措施,才能保证橡胶林的可持续性。

笔者旨在研究不同树龄下橡胶林的养分积累、分配,生物循环过程,以及土壤养分收支的平衡状况,为实现养分循环平衡理论与精确施肥理论的结合,以及更深入地研究橡胶人工林生态系统养分循环提供数据参考和理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验设计

试验地选择在海南省儋州市,胶园土壤类型选择海南具有代表性的砖红壤,以现行普遍推广的乙烯利刺激割胶制度(d/3+ET2.0%)下不同年龄段的无性系PR107为研究对象,选择自然环境条件(如地势、坡度、管理措施)较为一致的海南农垦胶园,每一年龄段选择一个树位为一试验样地,8个树位年龄(a)分别为4a、6a、8a、14a、17a、19a、22a、24a,在每个样地内随机设置三个重复,每一重复约70~80株橡胶树。

1.2 试验方法

1.2.1 采样方法 该试验的采样时间从2007年3月起至2008年3月,为试验年度周期。

土壤样品采用S形取样法,共采集2层:0~20cm、20~40cm。橡胶树采样选取4~6株标准木,分别在2007年的3、6、9、12月和2008年3月进行胶树器官采样。枯落物现存量收集采用丢圈法,用面积0.25m²的铁圈在橡胶林各试验小区内随即分别取样10个,在2007年3月和2008年3月各收集一次。枯落物分解采用网袋填埋法,选用尼龙网(网眼1mm×1mm)做成25cm×25cm

的网袋,将各样地在2007年3月收集的枯落物烘干、混合均匀后装入分解袋,并填埋在各样地。胶乳收集从2007年第一次割胶开始,每月上、中、下旬在各试验小区各重复取约30ml胶乳混样,采集胶样时并记录各试验小区每月的割胶株数、干含、干胶总产量。人工施肥数量、种类与时间的记录,需由胶园负责人协助完成,每次采样时到各试验样地所在的胶园管理处收集施肥数据。

1.2.2 样品分析方法 植物,凋落物,胶乳样品测定:全N采用钠氏试剂比色法,全P采用钼锑抗比色法,全K采用火焰光度计法;土壤样品测定:全氮采用开氏法,全磷采用NaOH碱熔法,全钾采用NaOH熔融-火焰光度法。

1.2.3 数据处理与分析 该文生物量计算参照文献^[4]建立的橡胶树体生物量估算模型进行估算,经检验该模型预估精度完全达到估算的要求。

数据处理使用Excel2003软件。

2 结果与分析

2.1 橡胶人工林生态系统养分贮存量分布

橡胶人工林生态系统养分循环主要发生在土壤库、生物库(主要指树体)、凋落物库之间,养分贮存量也集中在土壤层、植物层和凋落物层3个层次。此试验样地橡胶林中无间作经济作物,并且林下草本植物在一年中,尽管多次再生,最终被砍割当作绿肥归还于土壤中,因此文中未考虑林下草本植物归还。

橡胶人工林生态系统中N、P、K元素的总贮存量(积累量)及其在层次中的空间分布状况见表1。从该表中可以看出,橡胶人工林生态系统中N、P、K元素的总存量为319.248t/(hm²·a),其中土壤中养分贮存量为317.966t/(hm²·a),占总贮量的99%以上,胶树中养分贮存量为1119.880kg/(hm²·a),仅占整个生态系统总贮量的0.3508%,而凋落层养分量只占0.0272%。N、P、K元素的贮存量在空间上分布都表现为:土壤层>胶树体>凋落物层,3种元素在整个橡胶人工林生态系统中总贮存量分别为:N 3.900t/(hm²·a)、P 6.560t/(hm²·a)、K

表1 橡胶人工林生态系统养分贮存量分布

kg/(hm²·a)

树龄	N				P				K			
	土壤层	胶树	凋落物层	总N量	土壤层	胶树	凋落物层	总P量	土壤层	胶树	凋落物层	总K量
4a	3237.84	256.32	18.98	3513.14	6958.63	17.13	0.55	6976.31	329173.75	201.30	6.11	329381.16
6a	3163.66	371.27	26.90	3561.83	4991.72	29.77	0.85	5022.34	319168.22	282.15	13.92	319464.29
8a	3722.82	415.94	45.67	4184.43	4951.45	48.94	1.77	5002.16	277006.92	333.54	15.33	277355.79
14a	2957.66	495.95	46.47	3500.08	5729.92	62.68	1.69	5794.29	272336.30	413.77	15.82	272765.89
17a	2898.80	561.21	68.65	3528.66	6069.13	72.10	2.78	6144.01	293720.56	483.99	18.63	294223.18
19a	3099.40	710.12	87.09	3896.61	7189.24	84.77	2.41	7276.42	302105.01	625.55	28.31	302758.87
22a	3448.15	923.82	103.96	4475.93	7673.10	98.95	4.21	8376.26	314373.66	740.55	37.77	315151.98
24a	3528.53	907.15	105.78	4541.46	7789.67	93.13	3.18	7885.98	358436.91	728.98	37.86	359203.75
平均	3257.11	580.22	62.94	3900.27	6419.11	63.43	2.18	6559.72	308290.17	476.23	21.72	308788.11

308.788t/(hm²·a), 所占的百分比分别为:1.1985%、2.0552%、96.7463%。由于养分元素在橡胶人工林生态系统中各组分作用不同,利用效率各有差异,因此 N、P、K 元素在各层次中的贮存量不相等,土壤层中贮存量大小排列为:K>P>N,而胶树体和凋落层中贮存量大小顺序都表现为:N>K>P。

从表 1 还可以看出,随着胶树年龄的增加,橡胶人工林生态系统养分总贮量也逐渐增加。胶树体和凋落层中养分现存量,从 4a 起到 22a 一直处于增长的趋势,而到产胶衰减期时(一般为 24a 前后)出现下降。胶园土壤中 N 元素的现存量变化比较平稳,几乎没有大范围增减的趋势,而 P、K 则是先减少(4a~8a)后增加

(8a~24a)。说明橡胶人工林生态系统各组分的养分元素处在不断积累阶段,整个胶林生态系统养分循环还不稳定、不平衡。

2.2 橡胶人工林生态系统养分元素生物循环

生物循环是指森林生态系统中植物与土壤之间的养分元素交换,过程包括吸收、储存和归还三个环节,一般遵循:吸收 = 存留 + 归还的平衡式^[2]。橡胶人工林生态系统中养分元素生物循环,主要包括胶树吸收(包括胶乳中的养分)、胶树存留、凋落物归还。据估算^[3]树体沥滤归还的养分量相对凋落物较少,而且关于不同树龄下的树体沥滤、根系枯死的养分归还量,目前还未见全面的报道,因此在该文中暂且不加考虑。

表 2 橡胶人工林生态系统养分元素生物循环 kg/(hm²·a)

树龄	N			P			K		
	吸收量 (含胶乳养分)	存留量	枯落物 归还量	吸收量 (含胶乳养分)	存留量	枯落物归还量	吸收量 (含胶乳养分)	存留量	枯落物归还量
4a	169.47	152.46		11.65	10.41	1.24	121.16	114.91	6.25
6a	205.30	169.75	30.13	18.85	15.96	1.53	175.14	162.94	8.79
8a	313.11	258.46	43.73	27.45	22.32	2.27	210.58	192.23	11.77
14a	408.89	302.50	92.78	34.80	26.54	4.56	227.42	195.46	22.58
17a	479.59	343.27	115.64	42.56	34.07	5.57	263.74	220.01	33.39
19a	519.38	386.20	115.71	53.13	40.72	7.97	296.78	242.24	43.89
22a	584.79	433.66	143.25	69.85	59.74	8.28	329.34	277.11	46.23
24a	587.22	407.09	170.22	62.27	50.60	9.29	310.00	247.78	56.23

从表 2 可以看出,橡胶树从土壤中的养分吸收量,树体中养分存留量,凋落物中养分归还量,以及养分循环中总流通量大小顺序均为 N>K>P,说明了各元素在整个生物循环机制中的特定作用。胶树吸收、存留、归还的总养分量分别为 690.3088、545.8038、124.7888kg/(hm²·a),凋落物中养分归还量相对树体吸收量、存留量甚少,只占吸收量的 N 20.1556%、P 11.8743%、K 10.6650%,不足以弥补胶园土壤中养分的流失,而胶树吸收的养分量中 N 75.0879%、P 81.0024%、K 85.4469%存留在树体内供生长需要。

另外,不同树龄胶树吸收和存留养分是不同的^[4]。随着树龄的增加(22a 前),胶树养分吸收量、存留量以及凋落物中养分归还量都逐渐增加,胶林生态系统养分循环的养分流通量也越来越大,只是在 24a 时略有下降的趋势,由此说明了橡胶林生态系统养分循环具有高速运转的能力。此外,由于胶树的养分吸收总量有一部分养分被胶乳流带走,因此,橡胶人工林生态系统生物循环并不平衡。

2.3 橡胶人工林土壤养分收支平衡分析

土壤是生态系统养分元素的重要来源,也是养分迁移、转化、积累的重要场所,在森林生态系统物质循

环中起着十分重要作用。胶园土壤养分状况的分析,已成为了橡胶树营养指导施肥和平衡施肥的重要部分^[5]。据报道^[6],橡胶林每年人工施肥、枯落物及降雨归还的养分仍不足以平衡生产和生长所消耗的养分,以及橡胶及木材产品所带走的养分不能再回到系统参与循环,使得胶园土壤肥力呈快速下降趋势。

由表 3、4 可见,橡胶林中土壤养分元素亏损量的大小顺序为全 K>全 N>全 P。尽管土壤中全 K 现存量在树龄增加的情况下有所积累,然而从收支平衡状况来看:支出大于收入,实际上胶林生态系统中全 K 仍然缺乏;而全 P 在所有树龄的胶树中,几乎都是处于积累状态(除 4a 与 22a 有较少缺乏外),说明了橡胶林养分循环中对全 P 的利用水平并不够高;相对而言,土壤中全 N 的盈亏量变化:只是在胶乳的初产期(6a~8a)有盈余,而初产期前后的生长期与旺产期、衰减期都出现亏损。另外,从土壤中各元素的收入与支出项来看,无论是输入(包括:凋落物分解、降雨归还、人工施肥),还是输出(主要指树体吸收),土壤中养分输出与输入量的大小顺序都为全 N>全 K>全 P。

以上结论与以往研究^[6]一致:在未考虑土壤淋溶、自然释放的情况下,土壤中的 N、K 元素是“赤字”,P

表3 橡胶人工林土壤 N 素收支平衡状况

kg/(hm²·a)

N	枯落物分解量	降雨输入量	施肥量	胶树吸收量 (含胶乳)	盈亏量
4a	12.72	19.91	35.21	169.47	-101.64
6a	17.86	19.91	286.41	205.30	118.87
8a	28.73	19.91	286.41	313.11	21.93
14a	28.67	19.91	286.41	408.89	-73.91
17a	44.09	19.91	286.41	469.59	-119.18
19a	53.86	19.91	286.41	519.38	-159.20
22a	68.52	19.91	286.41	584.79	-209.96
24a	66.93	19.91	286.41	587.22	-213.97

表4 橡胶人工林土壤 P、K 元素收支平衡状况

kg/(hm²·a)

P	枯落物	降雨	施肥量	胶树吸收量	盈亏量	K	枯落物	降雨	施肥量	胶树吸收量	盈亏量
	分解量	输入量		(含胶乳养分)			分解量	输入量		(含胶乳养分)	
4a	0.36	0.14	2.80	11.65	-8.34	4a	5.28	12.00	21.31	121.16	-82.57
6a	0.55	0.14	61.13	18.85	42.97	6a	12.13	12.00	165.96	175.14	14.95
8a	1.13	0.14	61.13	27.45	34.95	8a	13.06	12.00	165.96	210.58	-19.56
14a	1.02	0.14	61.13	34.80	27.48	14a	12.65	12.00	165.96	227.42	-36.81
17a	1.79	0.14	61.13	42.56	20.50	17a	16.48	12.00	165.96	260.74	-66.30
19a	1.80	0.14	61.13	53.13	9.94	19a	25.01	12.00	165.96	298.78	-95.82
22a	2.98	0.14	61.13	69.85	-5.60	22a	34.06	12.00	165.96	328.34	-116.33
24a	2.13	0.14	61.13	62.27	1.13	24a	34.18	12.00	165.96	310.00	-97.86

注:表3、4中,降雨输入养分量参考历年资料^[6]。

元素基本上平衡,胶林土壤中养分是“耗竭”的。因此,说明了目前胶园生产上人工施肥,未结合不同树龄下胶树生长、生产对养分需求的实际情况,而采取科学的管理措施。

3 结论

橡胶人工林生态系统中 N、P、K 元素的总贮存量 为 319.248t/(hm²·a),排列顺序为:K>P>N。3 种元素的养分贮量在空间上分布都表现为:土壤层>胶树木>凋落物层。土壤层中养分为 317.966t/(hm²·a),占总贮量的 99%以上,胶树中养分为 1119.880kg/(hm²·a),仅占整个生态系统养分元素总贮量的 0.3508%,而凋落层养分只占有 0.0272%。随着树龄的增加,橡胶人工林生态系统各组分的养分元素也在不断积累,说明了整个胶林生态系统养分循环还不稳定、不平衡。

胶林中 3 种元素年总吸收量(包括胶乳中养分)为 690.3088kg/(hm²·a),总存留量为 545.8038kg/(hm²·a),总归还量为 124.7888kg/(hm²·a),橡胶人工林生态系统生物循环是不平衡的,养分元素在吸收量、存留量、归还量中的大小排列均为 N>K>P;随着树龄的增加,橡胶人工林生态系统养分的输出与输入量也越来越大,系统中养分循环的速率也逐渐加快。

橡胶人工林土壤养分的平均亏损量的大小顺序为

全 K>全 N>全 P,土壤的收入与支出项中养分流量的大小顺序均为全 N>全 K>全 P。全 N 在土壤中比较缺乏,其亏损量在幼龄期与产胶衰减期比较严重,全 P 在所有树龄的胶树中,几乎都是处于积累状态(盈亏量为“+”),全 K 在土壤收支中亦出现亏损,说明了胶林土壤中 N、K 养分是“耗竭”的。

因此,需要增施肥料,尤其是结合胶树生长年龄和产胶期的养分需求,进行精确地施肥,才能保持橡胶树在新割制刺激剂后养分平衡,实现橡胶稳产高产,提高肥料利用效率与生产力。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Duvingesaud P.温带落叶林矿质元素的生物循环.见:李文华,等译.植物生态学译丛(第1集),北京:科学出版社,1974:72-95.
- [3] 王利溥.橡胶树气象.北京:气象出版社,1989:69-70.
- [4] 中国热带农业科学院,华南热带农业大学.中国热带作物栽培学.北京:中国农业出版社,1998:93-94,122-126.
- [5] 何康,黄宗道.热带北缘橡胶树栽培.广州:广东科技出版社,1987:212-213.
- [6] 蒋菊生,王如松.海南橡胶产业生态.北京:中国科学技术出版社,2004:105-106.