

油茶林生态系统中营养元素
循环的研究*

谭云峰 黄建旗 陈新媛 张西西 宋同青

(中国科学院长沙农业现代化研究所)

摘 要

本文研究了两种优化经营措施油茶林中营养元素的含量、净积累和循环,以综合措施的油茶林作一实例,分析了生态系统中营养元素的循环过程,并提出了氮、磷、钾元素的循环局部动态模型。结果表明:(1)油茶林各器官的营养元素的含量呈现出氮>钾>镁>钙>磷的趋势,最高的是果或叶,最低的是树干。(2)当油茶林采取优化经营管理后,器官养分随之增高。如综合措施一年生叶氮、磷、钾含量分别高于对照的32.5%、26.5%、8.6%;而一年生枝中氮、磷、钾含量分别高于对照的26.5%、33.8%、1.7%。这更进一步证实了优化措施之所以产果量高,就是因为积累了充分养分,保证了生长发育的需要这一点。

关键词:油茶林, 营养元素, 循环, 氮, 磷, 钾。

一、研究方法

1. 试验设计

油茶为我国特有木本油料树种,分布广,面积大。由于经营管理粗放,产量低,经济效益不高,由此影响了油茶林的发展。为此我们从1982年起进行了油茶林十种不同经营措施的生物量及其生产力研究。尔后应用系统工程学的方法,进行了综合评审,通过优化排序,从中选择了修梯土、修枝、喷硼、施氮、磷、钾、简称综合措施;梯土、修枝、施磷,简称施磷,两种优化措施。施磷为对照的2倍,综合措施为对照的2.5倍。

本试验是在湖南省桃源县茅草街乡观山村进行的,地处武陵山山前丘岗地带。年均气温16.5℃,年降雨量1200—1600mm,相对湿度80%以上,日照年均均在30%左右。土壤属第四纪红色粘土发育的红壤,理化性状如表1。

表1 油茶林部分土壤理化性质
Table 1 Some physical and chemical characteristics of soil of oil-tea plantations

试验处理	容 量 (g/cm ³)	含 水 率	pH	主要营养元素含量(%)				
				N	P	K	Ca	Mg
对 照	1.35	21.6	5.2	0.049	0.083	1.731	0.026	0.218
综合措施	1.17	25.9	5.2	0.102	0.074	1.548	0.030	0.317

试验固定样方分别设在梯土、荒芜地,立地条件一致,林木长势差不多的油茶纯林内。样方面积1市亩。试验前进行一次修枝,然后按油茶生育特性分春梢期施氮,长果和芽期施钾,花期施磷肥。施肥方法,先沿树冠挖沟深20—30厘米,沿沟将肥撒匀,覆上表土。硼的

* 卢又伟、陈顺庄同志参加部分研究工作。

本文于1987年5月20日收到。

浓度为0.3%,在盛花期喷冠。

2. 生物量和净生产量测定

在每一样方内按树冠和树高分大、中、小三级,并编号和每木检尺测得树高和树冠值。计算出各级林木的平均高,平均冠幅,依此选出每级标准木1—3株。以分层截割法将标准木的枝、叶、干、根、芽、果分成若干层,按层称其鲜重。并抽取一定样品,置于鼓风干燥箱内持85℃的恒温下烘至恒重,然后求出各组分的干鲜重比。推算出各部分的干物质重,计算出生物量和净生产量。与此同时用对角线法在样地内设5个1平方米小样方,分别测定林冠下的灌丛生物量。

3. 凋落物、水的收集与样品分析

在每个样地内设置100平方米的小样方。沿样方的周围挖沟作埂,并在下缘设一个水泥槽和池子,上面再覆盖一层避降水和林冠淋溶水的塑料罩,来收集土壤迳流量。并在小样方内随机设置5个1平方米漏斗式尼龙网,网下垫一层塑料,中间打一漏水孔,下面装一盛水器,并在林中空地安装一个量雨筒,分别测定林内的凋落物和树冠的淋溶水,以及降水量。

植株、水分、土壤样品的营养元素分析:氮用半微量凯氏法;磷用钼兰比色法;钾用火焰光度计和四苯硼钠比浊法;钙、镁用原子吸收分光光度计测定。

二、结果和分析

1. 油茶林器官养分的变化规律

油茶林和其它树种一样,各器官养分含量有自己的变化规律。从表2可以看出,叶和枝内主要营养元素中氮、磷、钾、镁的含量是随林龄的增大而渐次减少,但枝的钙含量是随枝龄增大而升高。

施氮、磷、钾的油茶林叶和枝的营养元素含量高于对照地。这说明了油茶林施肥后能提高它的营养器官养分,从而提高了光合强度,促进了同化作用,使所积累的干物质能更多的分配给果实,使果实的生产力得到提高。

2. 净生产力和营养元素积累速率

油茶林中营养元素积累速率,即年净积累量,是与它的净生产力和各组分养分浓度紧密相关的,是研究养分平衡和评价经营措施定量指标。优化经营措施的油茶林净生产力均比对照地的高,其中综合措施油茶林净生产力总量是572.8公斤/亩·年;施磷的净生产力总量是527.5公斤/亩·年;对照地净生产力总量是439.7公斤/亩·年。前两者与后者比较分别为1.3倍和1.2倍。而叶和果的净生产量差异更明显,综合措施的叶净生产力总量是206.3公斤/亩·年;施磷是231公斤/亩·年;对照是188.4公斤/亩·年。以施磷为最高,综合措施次之,两者分别为对照的1.1倍、1.3倍。果净生产力总量,综合措施是168公斤/亩·年;施磷是115.4公斤/亩·年;对照是41.4公斤/亩·年。前两者分别为对照的4.1倍、2.8倍。这表明,油茶果的生物产量和叶的净生产量是紧密相关的。

从养分净积累总量看,综合措施为10.86公斤/亩·年,施磷为8.66公斤/亩·年,而对照地为6.34公斤/亩·年,与前两者比较,低于综合措施41.7%;低于施磷26.7%。以各措施各元素的净积累总量比较,也都是综合措施大于施磷,而施磷又大于对照。但各营养元素的分配比和排列次序有所差异。

表 2 优化措施油茶林各器官营养元素的含量

Table 2 Concentration of nutrient elements in each organ of oil-tea plantation treated with optimization measures

试验处理	组 分	主要营养元素含量(%)				
		N	P	K	Ca	Mg
综 合 措 施	一年生叶	1.324	0.062	0.528	0.100	0.250
	二年生以上叶	1.071	0.049	0.457	0.030	0.240
	一年生枝	0.879	0.083	0.360	0.100	0.190
	二年生以上枝	0.628	0.071	0.303	0.130	0.170
	树干	0.195	0.021	0.146	0.130	0.060
	树根	0.548	0.045	0.315	0.050	0.190
	芽	0.997	0.088	0.568	0.180	0.220
	果仁	1.289	0.123	0.872	0.030	0.160
	果壳	0.336	0.020	1.180	0.080	0.080
	合计	7.267	0.560	4.729	0.830	1.560
施 磷	一年生叶	0.984	0.049	0.435	0.070	0.195
	二年生以上叶	0.986	0.043	0.370	0.070	0.195
	一年生枝	0.752	0.076	0.350	0.095	0.165
	二年生以上枝	0.494	0.053	0.262	0.140	0.140
	树干	0.143	0.023	0.158	0.180	0.065
	树根	0.247	0.029	0.337	0.080	0.215
	芽	1.002	0.107	0.558	0.200	0.130
	果仁	1.324	0.150	0.861	0.030	0.175
	果壳	0.294	0.027	0.866	0.125	0.125
	合计	6.226	0.557	4.197	1.000	1.405
对 照	一年生叶	0.999	0.049	0.486	0.083	0.190
	二年以上生叶	0.941	0.040	0.417	0.090	0.163
	一年生枝	0.693	0.062	0.354	0.107	0.153
	二年以上生枝	0.508	0.045	0.257	0.143	0.143
	树干	0.162	0.018	0.124	0.170	0.067
	树根	0.281	0.028	0.354	0.070	0.193
	芽	0.919	0.089	0.489	0.190	0.200
	果仁	1.263	0.146	0.875	0.023	0.167
	果壳	0.299	0.029	1.139	0.097	0.100
	合计	6.065	0.508	4.495	0.973	1.378

3. 营养元素生物循环

根据吸收 = 存留 + 归还养分的生物循环平衡式, 确定油茶林和土壤肥力间生物循环定量关系列出表 3。

表 3 优化措施油茶林营养元素的生物循环
Table 3 Biological cycle of nutrient elements in oil-tea plantation treated with optimization measures

试验处理	平衡参数	参加循环的营养元素 (公斤/亩·年)					
		N	P	K	Ca	Mg	合计
综 合 措 施	吸收	5.95	0.68	4.05	0.52	1.13	12.33
	归还	1.18	0.12	0.80	0.06	0.12	2.28
	存留	4.77	0.56	3.25	0.46	1.01	10.05
	循环速率	0.20	0.18	0.20	0.11	0.11	0.18
施 磷	吸收	5.09	0.58	3.80	0.73	1.20	11.40
	归还	1.33	0.15	0.89	0.10	0.38	2.85
	存留	3.76	0.43	2.91	0.63	0.82	8.55
	循环速率	0.26	0.25	0.23	0.14	0.31	0.25
荒 芜 (对 照)	吸收	5.65	0.42	3.64	0.57	1.33	11.61
	归还	2.64	0.16	1.75	0.14	0.58	5.27
	存留	3.01	0.26	1.89	0.43	0.75	6.34
	循环速率	0.46	0.38	0.48	0.25	0.44	0.45

从表 3 可以看出, 荒芜油茶林每年所吸收营养元素量为 11.61 公斤/亩, 存留量为 6.34 公斤/亩, 通过凋落物和林下灌丛归还给土壤 5.27 公斤/亩。而综合措施和施磷的养分循环是在人为控制(垦复、修枝)下进行的, 其吸收量略高于或接近荒芜林, 存留量高于荒芜。这说明施肥后油茶器官养分数量增加了, 但归还量由于每年垦复和修枝以及果量的增加, 随着果实与灌丛的移出而使其量减

少, 仅为 2.28 公斤/亩·年和 2.85 公斤/亩·年。由于归还量的减少, 而影响了它们的循环速率。因此, 三者当中以荒芜的循环速率最大。其次是施磷、综合措施最小。由此可见, 目前油茶生产上提倡隔几年垦复一次, 是有一定道理的。这样可以减少养分淋失和有利于养分循环。从各营养元素的循环速率来看, 综合措施是 N 和 $K > P > Ca$ 和 Mg ; 施磷是 $Mg > N > P > K > Ca$; 而荒芜是 $K > N > Mg > P > Ca$ 。它们之间的排列顺序虽然是不一致, 但揭示了各元素之间的协调和拮抗关系。结果表明, 给油茶林补施某一营养元素后, 如综合措施因施氮和钾, 由于 NH_4^+ 和 K^+ 与 Mg 有一种拮抗作用, 抑制了 Mg 的循环速率, 故它是这些元素中最小的。在施磷中由于磷能促进镁的效应, 故镁的循环速率又是最大的。而荒芜地虽没施肥,

但枯枝落叶较多,有着丰富钾,故钾循环速率最大。这为施肥种类和配合量提供依据。

4. 丰产油茶林营养元素动态系统分析

(1) 以油茶林木及其林下木、灌丛、土壤构成一个系统。降水、尘埃为输入系统的养分,经地表迳流、渗漏及果实输出为该系统的养分输出。两者比较表明:该系统氮的输入较输出多0.24公斤/亩·年,这时氮处于累积过程;磷和钾的输出较输入多0.17公斤/亩·年、1.47公斤/亩·年,这时磷、钾处于亏损状态,该油茶生态系统的养分处于不平衡状态(参看表4)。

(2) 以油茶林木及其林褥层作为一个系统,这时把土壤可供氮、钾、磷(6.1、4.27、0.09公斤/亩·年);降水、尘埃可输入的氮、钾、磷(1.8、0.93、0.006公斤/亩·年),生物循环归还氮、钾、磷(1.18、0.80、0.12公斤/亩·年)作为输入(参看表4)。

表4 综合措施油茶林生态系统中营养元素的循环状态
Table 4 Cycling state of nutrient elements of ecosystem in oil-tea plantation treated with comprehensive measures

项 目			N	P	K	Ca	Mg
初 态 (公斤/亩·年)	一年生叶	(1)	2.00	0.15	0.83	0.16	0.40
	二年生以上叶	(2)	0.48	0.03	0.19	0.01	0.11
	一年生枝	(3)	0.38	0.06	0.17	0.04	0.07
	二年生以上枝	(4)	1.16	0.25	0.79	0.22	0.29
	树 干	(5)	1.67	0.32	1.38	0.69	0.45
	根	(6)	3.43	0.48	2.10	0.28	1.05
	芽	(7)	0.34	0.05	0.22	0.06	0.08
	果	(8)	1.39	0.17	1.64	0.10	0.19
	枯枝落叶	(9)	0.40	0.03	0.16	0.03	0.10
	落 花	(10)	0.11	0.01	0.07	0.01	0.02
	灌 丛	(11)	0.65	0.08	0.65	0.01	0.10
	土 壤	(12)	6.10	0.09	4.72	72.83	13.10
输入 (公斤/亩·年) →			(12)	1.80	0.006	0.98	—
流 通 量 (公斤/亩·年)	(12) →	(1)	2.00	0.15	0.83	0.16	0.40
	(12) →	(2)	0.48	0.03	0.19	0.01	0.11
	(12) →	(3)	0.38	0.06	0.17	0.04	0.07
	(12) →	(4)	0.34	0.07	0.21	0.06	0.07
	(12) →	(5)	0.08	0.02	0.07	0.05	0.02
	(12) →	(6)	0.32	0.05	0.20	0.03	0.08
	(12) →	(7)	0.34	0.05	0.22	0.06	0.08
	(12) →	(8)	1.39	0.17	1.64	0.10	0.19
	(12) →	(11)	0.65	0.08	0.65	0.01	0.10
	(11) →	(12)	0.65	0.08	0.65	0.01	0.10
	(10) →	(12)	0.11	0.01	0.07	0.01	0.02
	(9) →	(12)	0.40	0.03	0.16	0.03	0.10
输 出 (公斤/亩·年)	(1)+(2)+(3)+(4) →	(9)	0.40	0.03	0.16	0.03	0.10
	(7) →	(10)	0.11	0.01	0.07	0.01	0.02
	(8)		1.39	0.17	1.64	0.01	0.19
输 出 (公斤/亩·年)	(12)		0.17	0.005	0.79	—	—
	合计		1.56	0.18	2.43	—	—

油茶、灌丛吸收氮5.95、钾4.05、磷0.68 (公斤/亩·年);果实、径流输出的氮为1.56、钾2.4、磷0.18 (公斤/亩·年) 作为系统输出。

输入与输出两者比较表明:土壤中积累氮为1.57公斤/亩·年;即处于平衡状态(两者均为6.45公斤/亩·年);磷亏0.64公斤/亩·年。该油茶林要提高产量,还需补充磷和钾。

5. 养分循环模型

(1) 系统养分分室确定

根据H.H.Krause 报道,在森林生态系统的分析中,大多数作者都是把系统分成四个主要的养分库:①地上树木层;②地被层;③林地枯落物层;④矿物土壤。而我们是把油茶林生态系统分成三个养分分室,即油茶林和地被物;枯枝落叶;土壤。

(2) 系统状态方程的一般形式

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = U_{1i}(t) + U_{2i}(t) + \dots + U_{ni}(t) + U_{mi}(t) - V_i(t)$$

式中 U_{ij} ($i=1,2,3,\dots,n,m$) 表示营养元素从部分(分室) $1,2,\dots,n$ 及环境 m 流入分室 X_i 的流通率, V_i 是从该部分流出的流通率。

a_{ij} 表示来自 i 部分流向 j 部分氮、磷、钾的参数。

X_1^N 、 X_1^P 、 X_1^K 表示油茶林木和林冠下灌丛中氮、磷、钾养分含量。

X_2^N 、 X_2^P 、 X_2^K 表示枯枝落叶层中氮、磷、钾养分含量。

X_3^N 、 X_3^P 、 X_3^K 表示土壤中氮、磷、钾养分含量。

u_{01}^N 、 u_{01}^P 、 u_{01}^K 表示氮、磷、钾施肥量。

u_{02}^N 、 u_{02}^P 、 u_{02}^K 表示油茶林淋溶水和穿透水中氮、磷、钾含量。

u_{03}^N 、 u_{03}^P 、 u_{03}^K 表示土壤渗下水中氮、磷、钾含量。

y_{10}^N 、 y_{10}^P 、 y_{10}^K 表示土壤渗漏水和地表径流水中氮、磷、钾含量。

y_{10} 表示油茶果中氮、磷、钾含量。

(3) 根据表4 资料计算 a_{ij} 参数

(4) 油茶林生态系统氮、磷、钾循环的局部动态方程为:

①氮循环方程

$$\frac{dx_1^N}{dt} = -0.217x_1^N + 0.098x_3^N + u_{01}^N$$

$$\frac{dx_2^N}{dt} = 0.043x_1^N - 0.2x_2^N + u_{02}^N$$

$$\frac{dx_3^N}{dt} = 0.05x_1^N + 0.2x_2^N - 1.01x_3^N + u_{03}^N$$

②磷循环方程

$$\frac{dx_1^P}{dt} = -0.182x_1^P + 3.09x_3^P + u_{01}^P$$

$$\frac{dx_2^P}{dt} = 0.025x_1^P - 0.5x_2^P + u_{02}^P$$

$$\frac{dx_i^P}{dt} = 0.05x_1^P + 0.5x_2^P - 3.09x_3^P + u_{03}^P$$

③钾循环方程

$$\frac{dx_1^K}{dt} = -0.298x_1^K + 0.864x_2^K + u_{01}^K$$

$$\frac{dx_2^K}{dt} = 0.028x_1^K - 0.5x_2^K + u_{02}^K$$

$$\frac{dx_3^K}{dt} = 0.068x_1^K + 0.5x_2^K - 1.032x_3^K + u_{03}^K$$

三、小结和讨论

1. 试验结果表明了油茶林器官的营养元素平均含量呈现出氮>钾>镁>钙>磷的趋势, 最高是果和叶, 最低是树干。而叶和枝的氮、磷、钾含量是随林龄增大而渐次减少, 但枝中钙的含量是随枝龄增大而增高。

2. 综合、施磷措施、对照区的营养元素净积累量分别为10.86、8.66、6.34 (公斤/亩·年)。综合措施的吸收量为12.33公斤/亩·年, 存留量为10.05公斤/亩·年, 归还量为2.28公斤/亩·年。施磷措施的吸收、存留、归还量分别为11.4、8.55、2.85公斤/亩·年。

3. 从油茶生态系统角度, 对三种经营措施的净生产量、养分净积累量、生物循环进行比较, 其中除对照的归还量和循环速率高于综合措施和施磷外, 而优化措施其它的都高于对照, 甚至是成倍增加。这不仅表明了优化措施具有较高的生产力和生产力提高原因, 而且说明油茶有较大的增产潜力。在指导油茶生产上具有实践意义。当然就我国目前化肥较缺的情况下, 综合措施大面积应用是较困难, 因此, 有它的局限性。

4. 通过综合措施油茶林生态系统养分循环分析, 阐明了油茶在修枝、施肥等优化经营管理的情况下, 年油产量在30公斤水平 (较一般生产上高10倍), 钾、磷是处于亏缺不平衡的状况。由此可见要想油茶大幅增产, 又能保持养分平衡, 还需采取多种方式供给养分。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤所, 1978, 《土壤理化分析》, 第62—138、357—431页, 上海科学技术出版社。
- [2] 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): 45—256。
- [3] 罗汝英, 1983, 《森林土壤学》, 第179—194页, 科学出版社。
- [4] 谭云峰, 1983, 不同经营措施的油茶林生物量和生产力的初步研究。农业现代化研究 (3): 31—36。
- [5] 潘维传等, 1983, 杉木人工林养分循环的研究。中南林学院学报 3(1): 1—17。
- [6] Tsutsumi, T., 1982, 森林生态系统中营养元素的积累和循环。植物生态学译丛, 四集, 第171—179页, 科学出版社。
- [7] Ulrich, B. et al. 1972 Systems analysis of mineral cycling in forest ecosystems, Isotopes, and Radiation in soil plant Relationships including forestry. IAFS Vienna 329—339。

STUDIES ON THE CYCLING OF NUTRIENT ELEMENTS IN THE ECOSYSTEM OF THE OIL-TEA CAMELLIA PLANTATION

Tan Yunfeng Huang Jianqi Chen Xinyuan

Zhang Xixi Song Tongqing

(*Institute of Agricultural Modernization, Academia sinica, Changsha*)

In the paper the content, net accumulation and cycling of nutrient elements in two oil-tea plantations under the optimization management measures were studied. Taking the oil-tea plantation as an example, the cycle process of nutrient elements in the ecosystem was analysed and some dynamics models of N, P, K elements were put forward. The results are as follows: (1) concentration of nutrient elements in organs of the oil-tea standing crops tends toward $N > K > Mg > Ca > P$, the highest concentration of nutrient elements are found in fruits or leaf and the lowest in the trunk. (2) total net accumulation of nutrient elements N, P, K under comprehensive measures, fertiphos measures and control plot were estimated to be 10.86kg/mu·a, 8.66kg/mu·a, 6.34kg/mu·a respectively. (3) the cycling of nutrient elements are summarized in table 3 and 4. Under comprehensive measures, the up take was 12.33kg/mu·a, the retention 10.05kg/mu·a and the restitution 2.28kg/mu·a, Whereas under fertiphos measures, 11.4kg/mu·a, 8.55kg/mu·a, 2.85kg/mu·a respectively.

Key words: the oil-tea, nutrient elements, cycling, N,P,K.