

不同割制对橡胶树胶乳矿质养分流失的影响

曹建华¹, 蒋菊生^{2,*}, 杨 怀³, 林位夫¹, 陈俊明¹

(1. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南儋州 571737; 2. 海南省农垦局科技创新中心, 海南海口 571026;
3. 华南热带农业大学环境与植保学院, 海南儋州 571737)

摘要:为了研究不同割胶制度对胶乳矿质养分流失的影响,以成龄橡胶无性系 PR107 为研究材料,在 1a 的不同月份研究了 5 种割胶制度下干胶中矿质养分 N、P、K、Ca、Mg 的流失情况,分析了外界因素(如割胶频率、乙烯利刺激强度、月平均温、月降雨量等)对橡胶树胶乳养分流失量的影响情况,并建立了胶乳养分流失量与外界因素的直线回归方程,结果表明:(1)不论是传统割胶还是乙烯利刺激割胶,PR107 胶乳中矿质养分的流失量大小顺序为:N > K > P > Mg > Ca;(2)与传统割胶相比,4 种乙烯利刺激割制对 PR107 胶乳中矿质养分的流失量具有极显著的影响($P < 0.01$),加速了橡胶树养分的流失,其中 N 素增加了 1.01 ~ 1.26 倍,P 素增加了 1.19 ~ 1.53 倍,K 素增加了 1.26 ~ 1.58 倍,Ca 素增加了 0.69 ~ 1.14 倍,Mg 素增加了 1.02 ~ 1.51 倍。在一定范围内,随着刺激强度或割胶频率的增加,每刀流失的养分数量呈下降趋势,但胶乳养分流失的总量却增加。(3)胶乳养分流失量与外界因素的直线回归方程达显著水平,在一定程度上可用于预测胶乳养分的流失量。

关键词: 割制;橡胶树 PR107;胶乳;矿质养分;流失量

文章编号:1000-0933(2008)06-2563-08 中图分类号:Q142,Q948 文献标识码:A

Loss of mineral elements due to latex export under five tapping systems

CAO Jian-Hua¹, JIANG Ju-Sheng^{2,*}, YANG Huai³, LIN Wei-Fu¹, CHENG Jun-Ming¹

1 Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Science, Danzhou 571737, China

2 Innovating Centre of Science and Technology, State Farm of Hainan Province, HaiKou 571026, China

3 Environmental and Plant Protection Institute, South China University of Tropical Agriculture, Danzhou 571737, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2563 ~ 2570.

Abstract: The loss of mineral elements due to latex export can be a major threat to sustainable management of cultivated ecosystems. In this study, we monitored the loss of mineral elements in the latex of rubber of rubber trees (clone PR107, 28 years old) monthly for a period of one year under five tapping systems ($S/2 \downarrow d/2$ (ck), $S/2 \downarrow d/3 + ET2.0\%$, $S/2 \downarrow d/4 + ET2.5\%$, $S/2 \downarrow d/5 + ET3.0\%$, $S/2 \downarrow d/6 + ET3.5\%$). We obtained three main results: (1) Whatever the intensity of the tapping system, the concentration of mineral elements in the latex was: $N > K > P > Mg > Ca$; this constant ranking was attributed to the specific characteristics of each mineral element and also to their physiological functions in rubber trees. (2) With increased ethylene stimulation or tapping frequency the concentration of nutrients trended to decrease, while the amount of latex increased. We also observed that losses of mineral elements increased with an increase in the intensity of tapping (frequency or stimulation). (3) The monthly fluctuation in latex production and mineral elements exported were linked with environmental factors (mainly monthly average temperature and precipitation) and

基金项目:国家教育部高等学校博士学科点专项基金资助项目(20050565003)

收稿日期:2007-04-10; 修订日期:2007-11-07

作者简介:曹建华(1973 ~),男,四川仁寿人,博士生,主要从事栽培生理生态学研究. E-mail: cjh1314521@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jjs18188@163.com

Foundation item: The project was financially supported by the Special Fund for Doctoral Subject of University from Ministry of Education, China (No. 20050565003)

Received date: 2007-04-10; **Accepted date:** 2007-11-07

Biography: CAO Jian-Hua, Ph. D. candidate, mainly engaged in plant cultivating ecophysiology. E-mail: cjh1314521@126.com

agricultural soil management (chemical fertilization).

Key Words: tapping system; rubber clone PR107; latex; mineral elements; loss

橡胶林生态系统是热带地区主要的人工林生态系统类型之一,其养分研究对于生产管理和指导施肥具有重要意义,已有学者在胶园养分和养分生理方面做了许多有益的探索^[1~20]。然而,与其它森林生态系统相比,由于受地域、自身特殊性(人工割胶与施肥管理)等因素的影响,其养分循环更具有特殊性和复杂性:随着橡胶生产过程中大量收获物(胶乳、木材等)的不断移走以及长期以来不同程度的水土流失,胶园生态系统中的养分大量外移。特别是20世纪90年代以来,新割制的普遍推广和乙烯利刺激剂的广泛应用,虽然较大幅度地提高了产量,但却加速了橡胶树体内系统代谢和循环过程,使更多的养分和水分移出系统之外,橡胶林生态系统的养分循环发生了重大变化。这些重大变化又引发了另一个严重问题的出现。有许多证据表明,乙烯利刺激割胶加速了胶园特别是胶树体养分的流失,造成养分亏缺,使胶树生理失衡,代谢紊乱,成为引发“死皮病”(Tapping panel dry, TPD)的重要因素之一^[21~24],给橡胶生产带来重大经济损失。因此,如何解决橡胶园生态系统养分平衡与人类经济利益之间的矛盾已成为摆在人们面前的重大课题。

胶乳养分是胶园生态系统养分流失的一个重要途径,也是研究胶园生态系统养分循环必不可少的一环。已有的研究表明,割制^[25]、施肥状况^[20]以及不同橡胶品系等都对胶乳中的养分含量存在影响,这当中又以割制的影响最大。然而,一年中不同季节,橡胶树自身的生理状况、外界环境条件等都存在差异,割制(包括割胶频率和乙烯利刺激强度)又是如何影响胶乳养分含量的呢?鉴于此,本文选择海南橡胶主栽无性系 PR107 为研究对象,着重探讨了一年不同月份,不同割制和气候因素对 PR107 胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 流失量的影响,以期深入研究胶园生态系统养分循环、胶树养分代谢的生理与生态平衡的统一提供理论支持,实现胶园养分动态平衡,从而减少橡胶树因养分亏缺引起的死皮病的发生。

1 试验设计与研究方法

1.1 试验设计

1.1.1 试验地概况及研究材料

试验地位于海南省儋州市中国热带农业科学院试验农场三队(N19°32'703", E109°28'372"),土壤为砖红壤。研究材料为无性系 PR107,1978 年定植,株行距 1.5 m × 10 m,1985 年开割。

1.1.2 试验设计

本试验设 5 种处理,处理 1(传统割胶,对照): $S/2 \downarrow d/2 + ET0\%$ (S,表示树围或周长; $S/2$,表示 1/2 割线割胶; $\downarrow$,表示阳刀,即向下割胶; $d/2$,表示割胶周期为 2d;ET 0%,表示乙烯利刺激割胶及其使用浓度。下同);处理 2: $S/2 \downarrow d/3 + ET2.0\%$,15 d 涂 1 次;处理 3: $S/2 \downarrow d/4 + ET2.5\%$,12d 涂 1 次;处理 4: $S/2 \downarrow d/5 + ET3.0\%$,10 d 涂 1 次;处理 5: $S/2 \downarrow d/6 + ET3.5\%$,12 d 涂 1 次。刺激剂均采用乙烯利糊剂,割面涂药,每株每次用药量 2g,涂药宽度 2 cm。采用随机区组设计,4 次重复,共 20 个小区。2 个半行为 1 小区,各小区面积均为 810 m²,种植 54 株,由于风害和死皮停割等因素,各小区割胶株数不等,为 30 ~ 46 株。为消除人为因素的影响,该试验地由同一胶工管理、施肥、割胶,各试验小区施肥时间、施肥量和施肥方法相同。

1.2 研究方法

1.2.1 样品的采集与处理

在每月的上旬、中旬、下旬采集鲜胶乳,每次称取 10 ~ 15ml 胶乳,置于直径 10 cm 的培养皿中,以 70℃ 烘焙至胶片干燥;每月将相同处理、相同重复上中下旬采集的干胶片剪碎混匀后,用于测定养分含量。

1.2.2 研究方法与原理

将上述样品剪碎成 1mm³ 的细粒。称取适量细粒,用硫酸-过氧化氢消化后,蒸馏法测全氮,钼锑抗比色法测全磷;另称取适量细粒,用定量滤纸包裹,经干灰化法灰化后,火焰光度计法测全钾,原子吸收法测全钙、

全镁^[26]。

1.2.3 数据统计分析

数据统计分析采用国际通用统计分析软件 SAS6.12。

2 结果与分析

2.1 胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 五种元素流失量比较

在一年的不同季节,5 种割制下胶乳中的 N、P、K、Ca、Mg 5 种矿质元素流失量大小比较结果见图 1 ~ 图 5。

从图 1~5 可以看出,虽然割制不同,但胶乳中 5 种大量元素(胶乳中的养分含量是指干胶中养分的百分含量,下同)的流失总量大小顺序均为: $N > K > P > Mg > Ca$ 。可见,胶乳中养分元素的流失量与养分元素本身的特性有关。

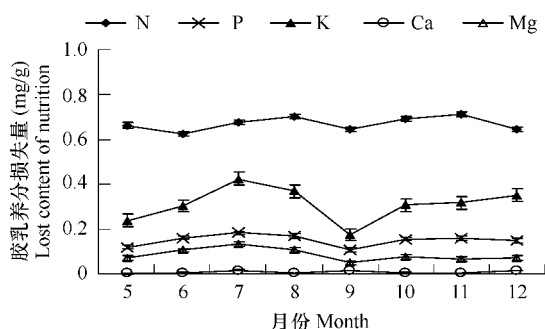


图 1 d/2 + ET 0% 割制下胶乳养分的流失量

Fig. 1 The nutrient contents lost from latex under d/2 + ET 0% tapping system

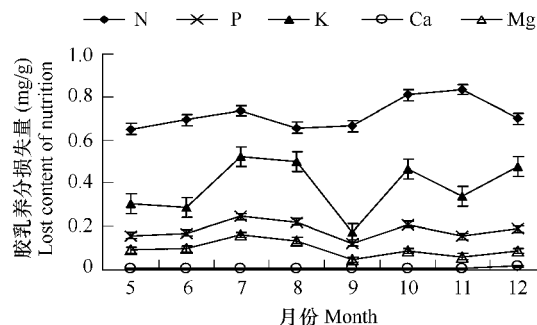


图 2 d/3 + ET 2.0% 割制下胶乳养分的流失量

Fig. 2 The nutrient contents lost from latex under d/3 + ET 2.0% tapping system

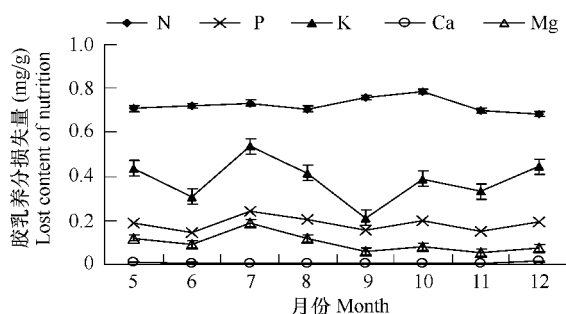


图 3 d/4 + ET 2.5% 割制下胶乳养分的流失量

Fig. 3 The nutrient contents lost from latex under d/4 + ET 2.5% tapping system

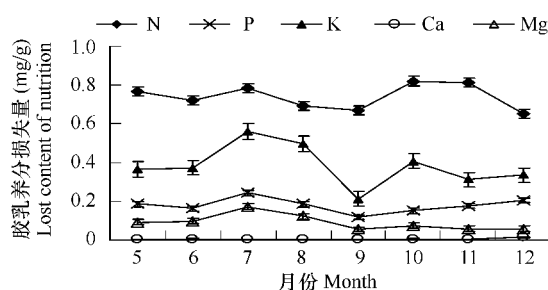


图 4 d/5 + ET 3.0% 割制下胶乳养分的流失量

Fig. 4 The nutrient contents lost from latex under d/5 + ET 3.0% tapping system

2.2 不同割制对胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 五种元素流失量的影响

在 1a 的不同季节,对不同割制下胶乳中流失的 N、P、K、Ca、Mg 进行了测定和分析,结果如下:

从图 6~10 可以看出,胶乳中 N、P、K、Mg 的流失量随着季节的不同而发生波动,在 7 月和 10 月份出现两次峰值,在 6 月和 8 月份出现峰谷。而 Ca 素的流失量在一年中波动性较小,表现出较为平稳的趋势。

比较几种割制下胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 流失量的大小顺序略有不同。其中 N 素为: (S/2 d/5 + ET 3.0%) > (S/2 d/4 + ET 2.5%) > (S/2 d/3 + ET 2.0%) > (S/2 d/6 + ET 3.5%) > (S/2 d/2 + ET 0%, 对照); P 素为: (S/2 d/3 + ET 2.0%) > (S/2 d/4 + ET 2.5%) > (S/2 d/5 + ET 3.0%) > (S/2 d/6 + ET 3.5%) > (S/2 d/2 + ET 0%, 对照); K 素为: (S/2 d/4 + ET 2.5%) > (S/2 d/3 + ET 2.0%) > (S/2 d/5 + ET

3.0%) > (S/2 d/6 + ET 3.5%) > (S/2 d/2 + ET 0%, 对照); Ca 素为: (S/2 d/6 + ET 3.5%) > (S/2 d/5 + ET 3.0%) > (S/2 d/4 + ET 2.5%) > (S/2 d/3 + ET 2.0%) > (S/2 d/2 + ET 0%, 对照); Mg 素为: (S/2 d/6 + ET 3.5%) > (S/2 d/4 + ET 2.5%) > (S/2 d/3 + ET 2.0%) > (S/2 d/5 + ET 3.0%) > (S/2 d/2 + ET 0%, 对照)。

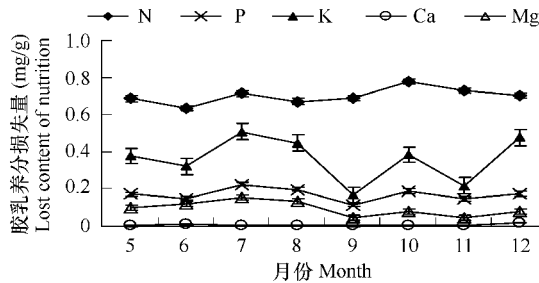


图5 d/6 + ET3.5% 割制下胶乳养分的流失量

Fig. 5 The nutrient contents lost from latex under d/6 + ET3.5% tapping system

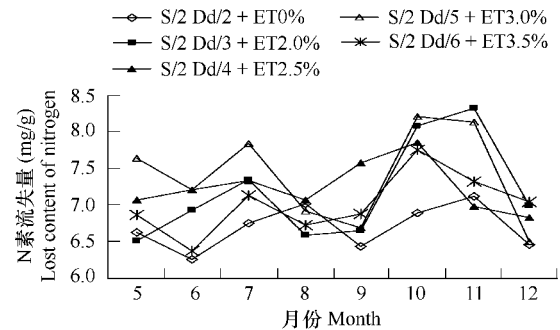


图6 不同割制下胶乳 N 素的流失量

Fig. 6 The lost content of nitrogen from latex under different tapping systems

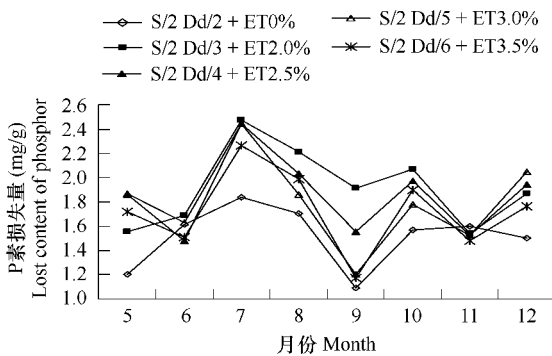


图7 不同割制下胶乳 P 素的流失量

Fig. 7 The lost content of phosphorus from latex under different tapping systems

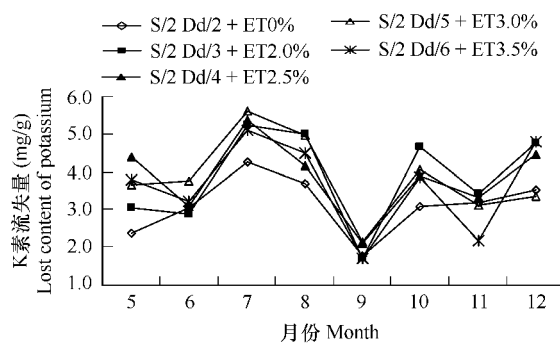


图8 不同割制下胶乳 K 素的流失量

Fig. 8 The lost content of potassium from latex under different tapping systems

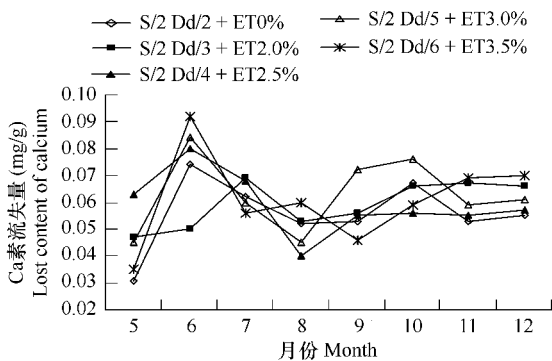


图9 不同割制下胶乳 Ca 素的流失量

Fig. 9 The lost content of calcium from latex under different tapping systems

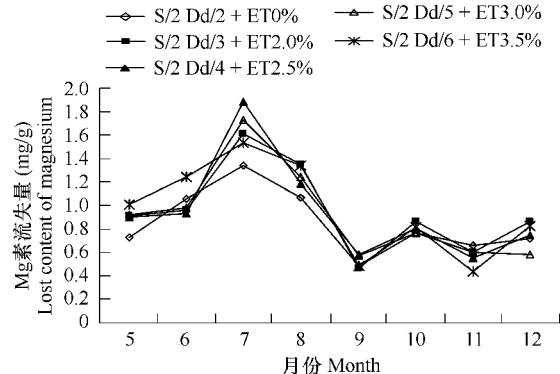


图10 不同割制下胶乳 Mg 素的流失量

Fig. 10 The lost content of magnesium from latex under different tapping systems

从数量上看,乙烯利刺激割胶的4种割制(d/3、d/4、d/5、d/6)平均每株每刀胶乳中矿质养分的流失量要比传统割制(对照)大得多,其中N素为:1.21、1.23、1.01、1.26倍,P素为1.49、1.53、1.19、1.48倍,K素为

1.57、1.58、1.26、1.56 倍, Ca 素为 0.88、0.98、0.69、1.14 倍, Mg 素为 1.32、1.39、1.02、1.51 倍。说明乙烯利刺激割胶加速了橡胶树矿质养分的流失, 它与割胶频率和刺激强度的共同作用有关。表 1 反映了几种割制下, 平均每生产 1t 干胶所流失的养分总量。

对测定结果进行 SAS 随机区组设计统计分析, 结果表明: 不同割制、不同月份、同一割制不同月份、不同割制同一月份胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 的流失量差异达极显著水平 ($P > 0.0001$), 说明割制和月份对橡胶树矿质养分的流失具有极显著的影响。

表 1 几种割制下橡胶林平均每生产一吨干胶所流失的养分量

Table 1 The nutrient content lost from dry rubber per ton in rubber forest under different tapping systems

割制 Tapping system	平均每生产 1t 干胶所流失的养分量(kg) The lost content of nutrition per producing 1t dry rubber				
	N	P	K	Ca	Mg
d/2 + ET 0%	6.69	1.51	3.12	0.064	0.86
d/3 + ET2.0%	7.18	1.91	3.84	0.070	0.95
d/4 + ET2.5%	7.24	1.85	3.84	0.073	0.99
d/5 + ET3.0%	7.39	1.79	3.83	0.073	0.92
d/6 + ET3.5%	7.01	1.72	3.64	0.078	0.96

2.3 影响橡胶树 N、P、K、Ca、Mg 流失量的因素分析

胶乳中 5 种大量元素的流失受割胶频率和乙烯利浓度共同作用的影响, 但不同的元素受这两种因素的影响程度是否有差异呢? 不同季节胶乳中 5 种元素的流失量差异达极显著, 它们是否与气温和降水量有关? 为此, 笔者利用由中国热带农业科学院气象站提供的气象资料(该气象站位于海南省儋州市中国热带农业科学院试验场内)和试验数据, 进行了进一步的回归分析, 结果表明: 胶乳中养分 N、P、K、Ca、Mg 的流失量与割胶频率、乙烯利刺激强度、月平均气温和月降雨量的回归达极显著水平 ($P > 0.0001$), 表明割胶频率、乙烯利刺激强度、月平均气温和月降雨量对胶乳养分 N、P、K、Ca、Mg 的流失具有极显著的影响, 这正好印证了 2.2 的统计分析结果(回归方程见表 2)。但是, 对于不同的养分元素, 这种影响又表现出一定差异——正向或负向。比较各影响因子的系数, 4 种因子对胶乳矿质养分流失的影响大小顺序为: 割胶频率 > 乙烯利刺激强度 > 月平均温度 > 月降雨量。

表 2 胶乳中养分元素流失量与割胶频率、乙烯利刺激强度、月平均温及降雨量之间的关系

Table 2 The relations among lost content of nutrition in rubber latex, tapping frequency, stimulating degree by ethylene, average temperature and precipitation

胶乳养分流失量 Lost nutrition by latex	回归方程 Regression equation	显著性检验 Significant test
N	$y = 440.553 - 14.809x_1 - 14.314x_2 + 0.1314x_3 - 0.104x_4$	$F = 32.958, P > F = 0.0001$
P	$y = 124.026 - 5.559x_1 - 4.275x_2 + 0.04192x_3 + 0.02792x_4$	$F = 18.362, P > F = 0.0001$
K	$y = 234.781 - 9.140x_1 - 8.147x_2 + 0.07675x_3 - 0.01374x_4$	$F = 20.046, P > F = 0.0001$
Ca	$y = 11.270 - 0.610x_1 - 0.102x_2 - 0.00093x_3 - 0.00301x_4$	$F = 23.147, P > F = 0.0001$
Mg	$y = 79.341 - 3.886x_1 - 2.578x_2 + 0.0241x_3 + 0.0289x_4$	$F = 15.741, P > F = 0.0001$

y: 胶乳养分流失量 (mg/株·刀); x_1 : 割胶频率, 即每月割胶刀数; x_2 : 乙烯利刺激强度 (%); x_3 : 月平均温度 (°C); x_4 : 月降雨量 (mm)

y: Lost nutrient content of latex (mg/tree·time); x_1 : tapping frequency; x_2 : stimulation degree by ethylene (%); x_3 : monthly average temperature (°C); x_4 : monthly average precipitation (mm)

3 结论与讨论

3.1 不论是传统割胶还是乙烯利刺激割胶, PR107 胶乳中矿质养分的流失总量大小顺序为: N > K > P > Mg > Ca

罗雪华等^[41]人的研究结果也表明: 在不同的刺激割制下, RRIM600 胶乳中矿质养分的流失量大小顺序为: N > K > P > Mg。本试验与罗雪华等人的试验割胶频率相同而乙烯利刺激强度不同, 橡胶品系也不同, 但

却得到了一致的研究结果,表明胶乳中矿质养分的流失量大小与元素本身的特性及其在胶树体内所起的生理作用有关。5 种元素在橡胶树体内的含量多少、结合形态和所起的生理作用不同,其流动性存在差异,随胶乳外流的总量也因元素而异。因此,生产上应根据养分元素流失的生理特性,能及时的补充足量的养分,以免造成橡胶树体养分元素的亏缺、给生产带来不利的影响。

3.2 与传统割胶相比,采用乙烯利刺激的 4 种割制对 PR107 胶乳中矿质养分的流失量具有极显著的影响,加速了橡胶树养分的流失

割胶频率和乙烯利刺激强度共同影响胶乳矿质养分的流失量,但不同养分元素之间受不同割制的影响又存在一定的差异。在 5 种不同的割制下,平均每克胶乳中 N、P、K、Ca、Mg 的流失量大小顺序为:N 为 $d/5 > d/4 > d/3 > d/6 > d/2$ (CK); P 为 $d/3 > d/4 > d/5 > d/6 > d/2$ (CK); K 为 $d/4 > d/3 > d/5 > d/6 > d/2$ (CK); Ca 为 $d/6 > d/5 > d/4 > d/3 > d/2$ (CK); Mg 为 $d/6 > d/4 > d/3 > d/5 > d/2$ (CK)。除 Ca 元素外,4 种乙烯利刺激的割制平均每株每刀胶乳中流失的 N、P、K、Mg 都比传统割制高出了 1 ~ 1.5 倍。从回归方程中可以看出,平均每株每刀胶乳养分的流失量与割胶频率、乙烯利刺激强度成反比。说明随着割胶频率的增加或是刺激强度的增加,胶乳中的养分含量呈下降趋势,这可能是随着割胶强度的增加,胶乳的干物质含量下降而水分增加的缘故。但是,随着割胶强度的增加,胶乳的总产量提高,通过胶乳流失的养分总量也增加。

可见,乙烯利刺激割胶提高产量是以损失大量养分为代价的,它改变了橡胶园生态系统的养分结构、循环进程与分配格局。同时,橡胶树养分流失量的加剧,引起了胶树生理代谢的变化。由于生产上管理措施不科学和缺乏科学依据,橡胶树体养分的亏缺得不到及时和足量的补充,引起胶树生理失衡,代谢紊乱,生产上的“死皮病”(TPD)日益严重,给橡胶生产带来了无法挽回的经济损失。因此,对橡胶林生态系统养分循环进行系统研究,为生产施肥管理提供理论支持,显得十分必要和紧迫。

3.3 季节因素对胶乳矿质养分的流失具有极显著的影响

由于受季节因素的影响,不同月份胶乳中流失的养分量差异达极显著。季节因素中,影响胶乳产量及其养分含量的主要是月均温和降雨量。气温主要是影响胶树的生理代谢过程,而降雨主要是影响生理代谢、树干茎流和蒸腾拉力从而影响养分的溶解量与运输。但是,胶乳中矿质养分受气候因素的影响存在一定的差异,这可能与各元素自身的特性以及在橡胶树体内存在的形式及其所起的生理作用有关。由于 Ca 素在植物体内不易流动,因而在一年中胶乳中 Ca 素流失量的波动性较小。而其余几种元素相对易发生移动,在树体内进行循环和分配的速率较快,更易受季节因素的影响。

另外,生产上的施肥对胶乳中养分含量亦有较大的影响。橡胶树每年割胶时间在 4 月下旬至 12 月下旬,试验当年的施肥量及种类见表 3。从图 6 ~ 图 10 可以看出,5 种不同割制下,胶乳养分流失量在 7 月份和 10 月份出现峰值,这主要是分别受 5 月份和 8 月份生产上施用复合肥的影响。当然,营养元素从土壤至胶乳这段过程中,主要受到土壤理化状况、降水量、气温、元素种类、根际吸收阻力及其橡胶树同化、分配、运输等多种因素的综合影响,胶乳中养分含量的高低是最终结果之一。

表 3 试验地施肥量记录表

Table 3 Registration form of fertilizing content for trial field

施肥时间 Time	橡胶株数(棵) Amount of rubber tree	总施肥量(kg) Total fertilizer	肥料种类 Kind of fertilizer
2006-03	591	4432	有机肥 Organic manure
2006-05	591	550	复合肥 Compound fertilizer
2006-06	591	6400	压青肥 Fresh frond
2006-08	591	550	复合肥 Compound fertilizer
2006-09	591	4433	有机肥 Organic manure

综上所述,割胶频率和乙烯利刺激越低,胶乳中流失的养分就越少,就越有利于橡胶园生态系统养分循环

及其动态平衡。但是,橡胶林是一种特殊的人工经济林,它还担负着巨大的社会服务功能,人们必须割胶,并要尽可能的提高产量。为了解决胶园养分平衡和人类经济利益(短期和长期)之间的矛盾,必须要弄清楚橡胶树树养分的生理需求以及橡胶园生态系统养分循环规律,做到需要什么就补充什么、损失多少就补充多少。因此,弄清楚了胶乳养分流失与割制的关系以后,还必需要研究不同季节养分在胶树体内的生物化学循环,即养分在树体内的吸收、同化、运输、分配、归还等规律,再结合胶园生态系统养分的生物地球化学循环、养分的有效性研究等,才能最终解决生产上面临的难题。

References:

- [1] Lin Z M, Li S C, Cha Z Z, *et al.* The fertility changes and balance fertilizing after planted rubber trees in Chinese tropical soil. In: Zhou J M ed. The nutrition balance and management of agricultural fields. Nanjing: Hehai University Publishing House, 2000. 407—413.
- [2] Zhang S R, ed. The nutrition and fertilizing of tropical crops. Beijing: Agricultural Publishing House of China, 1996. 114, 118.
- [3] Attoe E E, Amalu U C. Evaluation of phosphorus status of some soils under estate rubber (*Hevea brasiliensis* Muel. Argo.) trees in southern Cross River State. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 4(1): 55—61.
- [4] Prasannakumari P, Joseph M, George S, Punnoose K I. Movement of applied potassium in a sandy clay loam soil under rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation. *Natural Rubber Research*, 2004, 17(2): 168—171.
- [5] Abraham J, Philip A, Punnoose K I. Soil nutrient status during the immature phase of growth in a *Hevea* plantation. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 2001, 14(2): 170—172.
- [6] Qin Z, Zhou Z D, Tao Z L. Hydrological distribution in rubber plantations. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2003, 24(2): 6—10.
- [7] Catas Scuta, ed. Chinese cultivation study of tropical crops. Beijing: Agricultural Publishing House of China, 1998. 93—94, 122—126.
- [8] Xiao X Z, Luo S Q, Xu W X, *et al.* Effect of microcut system on yield and physiological staid of *Hevea* clone PR107. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1999, 20(1): 9—13.
- [9] Mo Y Y, Yang S Q, Li Y. Seasonal Variation of Latex Physiological Parameters in *Hevea* Clone PR107. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1999, 20(3): 12—15.
- [10] Huang J, Xiao X Z. Effects of Ethrel Treatment on Chitinase Activity in Latex of *Hevea brasiliensis*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2003, 24(3): 1—5.
- [11] Auzac J D'. The regulation of cis-polyisoprent production (natural rubber) from *Hevea brasiliensis*, *Present Res. Plant Physiol*, 1997, 1: 273—331.
- [12] Sobhana P, Dey S K, George E S, *et al.* Variation in mineral composition of leaves and its relationship with photosynthesis and transpiration in polyclonal seedlings of *Hevea brasiliensis*. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 1996, 9(1): 48—54.
- [13] Abraham J, Nair R B, Punnoose K I, *et al.* Leaf age and nutrient status of *Hevea brasiliensis*. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 1999, 10(1/2): 66—74.
- [14] Yogaratnam N, Mel JG de, De Mel JG. Effect of fertilizer on leaf composition of NPK in some *Hevea* cultivars. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, 1985, 63: 15—23.
- [15] Delu Filho N, Oliveira L E M de, Alves J D, *et al.* Nitrate reduction and ammonium assimilation in *Hevea brasiliensis* grown under increasing levels of nitrate. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1998, 10(3): 185—190.
- [16] George E S, Nair R B, Chitra M, *et al.* Influence of soil inorganic phosphorus fractions on leaf phosphorus status in *Hevea brasiliensis*. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 2001, 14(1): 75—78.
- [17] Karthikakuttyamma M, Satisha, G C, Suresh P R, *et al.* Biomass production and nutrient budgeting of *Hevea brasiliensis* in South India. *Natural Rubber Research*, 2004, 17(2): 108—114.
- [18] Viegas I de J M, Sampaio M do C T, Costacurta C R, *et al.* Effect of calcium levels on dry matter production and macronutrients concentration in the tissue of young plants of rubber (*Hevea* spp). *Revista de Ciencias Agrarias*, 2001, (35): 25—40.
- [19] Rodrigues M do R L, Neves C S V J, Silva A C, *et al.* Nutrient content and redistribution in leaves of *Hevea brasiliensis* and *Pinus oocarpa*. *Semina Londrina*, 2000, 21(1): 61—66.
- [20] Murbach M R, Boaretto A E, Muraoka T, *et al.* Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. *Scientia Agricola*, 2003, 60(2): 353—357.
- [21] Bealing F J, Chua S E. Output, composition and metabolic activity of *Hevea* latex in relation to tapping intensity and the onset of brown bast. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 1972, 23(3): 204—231.

- [22] Kijkman M J. Translated by South China Research Institute of Tropical Crop. Three-leaf-rubber study for 30 years. *Journal of Tropical Crops*, 1956. 251—255.
- [23] Chua S E. Physiological changes in *Hevea* trees under intensive tapping. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 1967, 20(2):100—105.
- [24] Xu W X, Xiao X Zhou. Studies on peroxidase and superoxidase dismutase isozymes in dry rubber trees. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1998, 9(1):31—35.
- [25] Luo X H, Liu Y Q, Cai X J, *et al.* Relationship between loss of mineral nutrient elements of total solids in latex and different tapping systems. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2006, (1):1—5.
- [26] Bao S D, ed. *Soil agrochemistry analysis* (Third ed). Beijing: Agricultural Publishing House of China, 2000. 12: 263—271.

参考文献:

- [1] 林钊沐,黎仕聪,茶正早,等. 我国热带土壤植胶后肥力变化与胶树平衡施肥. 见:周健民主编. 农田养分平衡与管理. 南京:河海大学出版社,2000. 407~413.
- [2] 张少若主编. 热带作物营养与施肥. 北京:中国农业出版社,1996. 114,118.
- [6] 秦钟,周兆德,陶忠良. 橡胶林水分的分配特征. *热带作物学报*,2003,24(2):6~10.
- [7] 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.
- [8] 校现周,罗世巧,许闻献,等. 微割对橡胶无性系 PR107 产量及生理状况的影响. *热带作物学报*,1999,20(1):9~13.
- [9] 莫业勇,杨少琼,黎瑜. 橡胶无性系 PR107 胶乳生理参数的季节性变化. *热带作物学报*,1999,20(3):12~15.
- [10] 黄瑾,校现周. 乙烯利和乙烯利刺激对橡胶树胶乳中几丁质酶活性和胶乳产量的影响. *热带作物学报*,2003,24(3):1~5.
- [22] Kijkman M J. 华南热带作物科学研究所译. 三叶橡胶研究三十年. *热带作物杂志社*, 1956. 251~255
- [24] 许闻献,校现周. 橡胶死皮树过氧化物酶同工酶和超氧化物歧化酶同工酶的研究. *热带作物学报*, 1998,9(1):31~35
- [25] 罗雪华,刘云清,蔡秀娟,等. 刺激割胶与 RRIM600 矿质养分流失的关系. *热带农业科学*,2006,(1):1~5.
- [26] 鲍士旦主编. 土壤农化分析(第3版). 北京:中国农业出版社,2000. 12:263~271.