**CALAGEM, ADUBAÇÃO E EXPLOTAÇÃO DA SERINGUEIRA,
CULTIVAR RRIM 600, EM LATOSSOLO AMARELO ÁLICO,
NO PLANALTO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

ADONIAS DE CASTRO VIRGENS FILHO

Orientador: Prof. Dr. PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para
obtenção do Título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Abril - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Virgens Filho, Adonias de Castro

Calagem, adubação e exploração da seringueira, cultivar RRIM 600, em latossolo amarelo álico, no planalto do Estado de São Paulo / Adonias de Castro Virgens Filho. 1998.

91 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Acidez do solo 2. Adubação 3. Bioquímica vegetal 4. Borracha de seringueira 5. Calagem 6. Etefon 7. Fertilidade do solo 8. Nutrição mineral 9. Potássio 10. Sangria da seringueira I. Título

CDD 633.895

**CALAGEM, ADUBAÇÃO E EXPLOTAÇÃO DA SERINGUEIRA,
CULTIVAR RRIM 600, EM LATOSSOLO AMARELO ÁLICO,
NO PLANALTO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

ADONIAS DE CASTRO VIRGENS FILHO

.....

Prof. Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro

-Orientador-

À Deus por nos iluminar nessa caminhada.

Aos meus queridos pais Adonias e Cely e
a minha estimada tia Yolanda pelo amor
recebido durante a minha formação.

Aos meus irmãos Andrezito, Raimundo,
Terezinha e Vivi pelo carinho.

OFEREÇO

À minha esposa Raimunda, companheira
inseparável dos momentos difíceis e
parceira das minhas realizações.

Aos meus filhos Fernanda, Priscila e Helmo,
razão de todo o meu sacrifício.

DEDICO

Ao Eng. Agrônomo Jayme Vazquez Cortez
que tanto contribuiu para fazer da heveicultura
uma realidade social e econômica.

Ao Eng. Agrônomo Ronald Alvim, saudoso colega
que tantos serviços prestou à nossa comunidade científica
(In memoriam)

HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

- À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e à CAPES pela oportunidade de realizar este treinamento.
- Ao Professor Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro, orientador que me gratificou com seus ensinamentos e sua amizade durante estes anos do curso.
- Aos Professores Drs. Malavolta, Takashi, Roque, Boaretto, Ronaldo Silveira, Quirino, Ricardo Vitória, Cristina Stolf, Tadeu, ao programador Marcelo Sirí e a todos aqueles que muito contribuíram para a minha formação acadêmica.
- Ao Dr. Paulo Gonçalves, amigo das raízes de Una, pelo incentivo e distinção recebidos.
- Aos funcionários do Departamento de Botânica da ESALQ: Alexandre, Cristina, Clóvis e Edna, pela amizade, consideração e apoio recebido na realização dos trabalhos.
- Ao empresário Roberto D'Alessio Gênova, ao gerente Ireu Moreira e aos funcionários da Fazenda São José: Eduardo, Luciano, Valdecí, Brasilina e Miro, pela amizade e competência com que conduziram os trabalhos.
- Ao empresário Perci Putz e seus auxiliares Milton, Paulinho e Donizete pela realização das análises na Usina Planalto Paulista.
- Ao empresário Henrique Hernandez e aos seus auxiliares Paulinho, José Pedro, Juarez e Adilson pela amizade e aplicação nos trabalhos na Fazenda Cajueiro.
- Aos Drs. Hamilton, Fernando e Roberto Camargo, à Assistente Social Marta e todos os servidores do Serviço Médico da ESALQ/USP pela assistência valiosa nos momentos difíceis.
- Aos técnicos de laboratório do CENA, Seção de Nutrição de Plantas, Marileuza, Henriqueta, Sandra, e Cleuza pelo tratamento recebido durante a realização das análises.
- Aos colegas da Pós-Graduação: Adonis, Cássio, Neuton Falcão, Murback, João da Mata, Renato, Camilo, Ronaldinho e Marcos Camargo pela parceria na vida universitária e convivência fraterna. À todos os colegas da CPG em Fisiologia pelos bons momentos de estudo.
- Aos colegas da CEPLAC: Cleube, Jonas, A. C. Araújo, Sena Gomes, Antonio Carlos, Lícia, Fátima, Hermes, Alex, Bonadie, Basílio e Raul, pelo apoio e amizade.
- Ao colega Fábio Maia pelo incentivo. Aos Drs. Ondino Bataglia e Altino Ortolani pelas sugestões e estímulo recebidos. Ao Dr. Sérgio Zanbon pelo incentivo através da cessão do estagiário Clóvis Dias.
- À todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Ciclagem de nutrientes em um seringal.....	4
2.1.1. Imobilização de nutrientes pela seringueira.....	5
2.1.2. Estimulação da produção e drenagem de nutrientes no látex.....	6
2.2. O solo no manejo da seringueira.....	7
2.2.1. Interações entre solos e nutrientes.....	8
2.2.2. Reação do solo.....	8
2.2.3. As bases trocáveis.....	9
2.2.4. Interações entre íons.....	9
2.3. Estado nutricional da seringueira.....	11
2.4. Calagem na cultura da seringueira.....	13
2.5. Efeito da adubação sobre o crescimento do tronco da seringueira.....	14
2.6. Efeito da adubação na fase de produção da seringueira.....	16
2.6.1. Influência da adubação sobre a estabilidade do látex.....	17
2.7. Efeito da adubação sobre a anatomia da casca.....	17
2.8. Recomendações de adubação da seringueira.....	18
2.9. Sistemas de exploração.....	19
2.9.1. Estimulação e frequência reduzida de sangria.....	19
2.9.2. Diagnóstico do látex.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Localização da área, clima, solo e período do experimento.....	24
3.2. Material botânico e manutenção da cultura.....	24
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	26
3.4. Fontes, níveis, épocas e modo de adubação.....	27
3.5. Análise de solo.....	28
3.6. Análise de folhas.....	28
3.7. Pesagem da produção e mensurações do crescimento.....	29
3.8. Diagnóstico do látex.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Fertilidade do solo.....	30
4.1.1. Ano 1.....	30
4.1.2. Ano 2.....	31
4.1.3. Ano 3.....	45
4.1.4. Anos 1-3.....	52
4.2. Estado nutricional da seringueira.....	55
4.3. Produção de borracha seca.....	63

4.3.1. Influência do sistema de exploração.....	64
4.4. Incremento no perímetro do tronco.....	65
4.5. Incremento na espessura de casca.....	67
4.6. Parâmetros fisiológicos do látex.....	69
4.6.1. Avaliação da condição de exploração das seringueiras.....	72
5. CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

CALAGEM, ADUBAÇÃO E EXPLOTAÇÃO DA SERINGUEIRA, CULTIVAR RRIM 600, EM LATOSSOLO AMARELO ÁLICO, NO ESTADO DE SÃO PAULO.

Autor: ADONIAS DE CASTRO VIRGENS FILHO

Orientador: Prof. PAULO ROBERTO DE C. E CASTRO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da calagem e adubação NPK, sobre o a fertilidade do solo, o estado nutricional e fisiológico das plantas, o crescimento e a produção de borracha seca, em dois sistemas de exploração da seringueira foi conduzido um experimento em Buritama, Estado de São Paulo, em Latossolo Amarelo, álico. O trabalho foi instalado em janeiro de 1995, utilizando-se o cultivar RRIM 600, em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, 8 tratamentos, 2 subtratamentos e 4 repetições. Cada parcela experimental teve uma área útil de 480 m², com 24 plantas úteis, sendo 12 por subparcela. Os tratamentos foram os seguintes: T1) N0P0K0, sem calagem, T2) N0P0 K0 + calagem, T3) N1P1K0 + calagem, T4) N2P2K0 + calagem, T5) N1P1K1 + calagem, T6) N2P2K1 + calagem, T7) N1P1K2 + calagem, e T8) N2P2K2 + calagem. Os subtratamentos foram os seguintes sistemas de exploração: S1) ½ S d/4 - 1/2 S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 8/y Pa/La 1/1 e S2) d/7 - 1/2 S d/6 6 d/7 ET 5,0 % 10/y Pa/La 1/1 . Os níveis 0, 1, 2 e 3 corresponderam respectivamente a 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 0, 17,5 e 35,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P e 0, 33,2 e 66,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K.

As variáveis estudadas foram as seguintes: concentração de nutrientes no solo, teores de nutrientes nas folhas, produção de borracha seca, crescimento do tronco,

espessura da casca, ocorrência de seca de painel e os parâmetros fisiológicos da diagnose do látex. Os resultados mostram que seringais cultivados em Latossolo Amarelo álico, sem a realização de calagem e adubação, têm o seu potencial produtivo limitado pela baixa fertilidade e elevada acidez. A aplicação de K até a dose de 66,4 kg ha⁻¹ de K, promove efeito linear crescente do K⁺ no solo, tanto na presença de N1P1 como de N2P2. Esse aumento das doses de K reduz a concentração de Mg²⁺ no solo, o que pode ser compensado pela calagem. A calagem com adubação potássica contribui para manter a relação Ca²⁺+Mg²⁺/K⁺ no solo mais equilibrada, sendo isso benéfico para a seringueira, devido ao papel desses elementos sobre a estabilidade do látex.

A acidez e a baixa fertilidade do solo afetam os teores de N, P, S, Cu e Zn, nas folhas da seringueira, enquanto os teores de Ca, Mg, K, Fe, Mn e B não apresentam-se afetados. A calagem e adubação NPK aumentam o teor de P nas folhas, o mesmo não ocorre só com calagem. A aplicação de até 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N não é suficiente para elevar o teor deste elemento nas folhas até a faixa adequada. O aumento nas doses de K na presença de 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 35 kg ha⁻¹ de P promove um efeito linear decrescente, no teor de Zn nas folhas.

A aplicação de calcário + 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 35 kg de P e 33,2 kg de K promove ganhos na produção de borracha seca de 9 % no primeiro ano, 19 % no segundo e 24 % em seis meses do terceiro. A utilização apenas de calcário dolomítico nesse solo, não promove efeito significativo sobre a produção. Os efeitos da adubação potássica tanto na dose K1 como K2 são mais pronunciados na presença da dose 2 de NP. A calagem e/ou adubação não mostram efeito de interação com os sistemas de exploração quanto as variáveis produção e incremento no perímetro do tronco (IPT). Na fase inicial da exploração o ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y apresenta superioridade estatística sobre ½ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y na variável produção. No ano seguinte, eles se equívalem e no terceiro ano o ½ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y passa a superar o ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y. Estes sistemas não influenciaram sobre o IPT. A calagem supera a testemunha absoluta e a calagem + adubação quanto ao efeito sobre o IPT. Os tratamentos calagem + adubação também superam a testemunha, mas com efeito retardado. O incremento na espessura de casca é influenciado pelos tratamentos ‘só calagem’ e ‘calagem + adubação’.

LIME, FERTILIZER APPLICATION AND EXPLOITATION OF RUBBER TREES, VARIETY RRIM 600, IN YELLOW OXISSOL IN THE STATE OF SÃO PAULO

Author: ADONIAS DE CASTRO VIRGENS FILHO

Adviser: Prof. PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO

SUMMARY

The effects of lime and fertilizer application on soil fertility, nutritional and physiological status of the plants, growth, and rubber production under two tapping systems were evaluated in a study carried out on a yellow Oxissol in Buritama, State of São Paulo, Brazil. The study was initiated in January of 1995, included the rubber tree variety RRIM 600, in a randomized split-plot design with 8 treatments, 2 sub-treatments and 4 blocks. The treatments were: T1) N0P0K0, without lime; T2) N0P0K0 + lime; T3) N1P1K1 + lime; T4) n2P2K0 + lime; T5) N1P1K1 + lime; T6) N2P2k1 + lime; T7) N1P1K2 + lime; and T8) N2P2K2 + lime. The sub-treatments were the following tapping systems: S1) $\frac{1}{2}$ S d/4 – $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 8/y Pa/La 1/1; and S2) d/7 – $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5,0 % 10/y Pa/La 1/1. The levels 0, 1, 2, and 3 represented 0, 40 and 80 kg/ha/year of N; 0, 17 and 35 kg/ha/year of P and 0, 33.2 and 66.4 kg/ha/year of K, respectively. The treatment effects were measured using the following parameters: concentration of nutrients in soil and in leaves, production of dry rubber, trunk and bark growth, brown bark incidence and physiological parameters for latex diagnosis.

The results showed that low soil fertility and high acidity of the yellow Oxissols reduced the yield potential of rubber trees in several ways. The application of 66.4 kg/ha of K increased soil $[K^+]$ linearly both in presence of N1P1 as well as of N2P2. This effect of increasing K dosage, promoted a reduction in soil $[Mg^{2+}]$, which can be compensated by lime application. Potassium + lime application to soil, contributes to maintain the ratio $[Ca^{2+} + Mg^{2+}] / [K^+]$ well

balanced, which in turn helps rubber production as these nutrients are important in maintaining the latex stability.

Acidity and low soil fertility also altered rubber leaf nutrients as follows: the levels of N, P, S, Cu and Zn were altered and the those of Ca, Mg, K, Fe, Mn and B were not effected. Lime application + NPK enhanced the levels of P in leaves, an effect not observed without lime application. Nitrogen applied to soil at the dosage rate of 80 kg/ha/year was not enough to adjust the level of leaf N into the normal range. Increasing the application of K to soil, in the presence of 80 kg/ha/year of N and 35 kg/ha/year of P, promoted a linear decreasing effect on the level of Zn in leaves.

By comparison, lime application + 80 kg/ha/year of N, 35 kg/ha/year of P and 33.2 kg/ha/year of K promoted rubber production increments of 9% during the 1st year, 19% during the 2nd and of 24% during the first 6 months of 3rd year. But, lime application alone did not produce any significant changes in rubber production. The responses of K at levels 1 or 2 were more pronounced in the presence of dosage 2 of NP.

However, lime and/or fertilizer application did not interact with the tapping systems used, for the variables rubber production and trunk growth increment (TGI). The tapping system $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2.5 % 10/y was slightly superior in yield during the 1st year of exploitation. There were not differences between the two sub-treatments during the 2nd year, but treatment $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5% 10/y showed better performance during the 3rd year of the study.

The effects of lime and fertilization on trunk and bark growth varied according to the treatments, but the exploitation systems used had no effects on TGI. Neither lime nor lime + fertilizer applications promoted positive TGI and bark growth.

Lime and fertilizer application also altered some physiological latex parameters. For example, the application of 80 kg/ha/year of N, 35 kg of P and 33.2 kg of K increased latex saccharose concentration. In addition, the tapping systems also influenced the saccharose concentration of the latex, with higher figures related to the intensity of ethrel application. Also some interaction was evident, as for

example, the [P] in the latex was influenced by soil application of P in the presence of K. Lime had no effect in [P], but increased [Mg] in the latex.

The physiological data analysis, based on the latex parameters monitored, have indicated that the rubber trees of the present study were under exploited, independent of the treatments with lime, fertilizers or tapping systems.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a política implementada para o setor da borracha no Brasil incentivou a expansão da heveicultura na região amazônica, além de outros ecossistemas com características similares. Entretanto, em face as doenças comuns ao centro de origem da *Hevea*, principalmente a conhecida como mal-das-folhas da seringueira, causada pelo *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx., não se pode obter os resultados esperados, registrando-se, em muitos casos, fraco desenvolvimento dos plantios, baixa produtividade e custos elevados de produção, comprometendo a viabilidade técnico-econômica dos empreendimentos. Este fato, aliado aos elevados preços praticados no mercado interno na década de 1980, motivou a expansão da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) para áreas de escape ao patógeno, destacando-se entre essas, o Planalto Ocidental de São Paulo (Gonçalves et al., 1983; Gasparotto et al., 1985; Bernardes, 1995).

No período 1985-1996, a área plantada com a seringueira neste Estado cresceu 150 %, passando de 15,6 para 39,1 mil ha. A produção que em 1989 foi de 3.801 t, passou a 18.000 t, valor estimado para 1997. A capacidade instalada para o beneficiamento da borracha, seja na forma de látex ou de granulados, estimada em 3.000 t por mês, atende hoje não só a necessidade local, como também envolve uma parcela de outras regiões do país (Cortez, 1985; Martin & Arruda, 1993; SÃO PAULO, 1997).

Na prática da heveicultura nessa região, além das vantagens mencionadas, consideram-se favoráveis os seguintes aspectos: relevo pouco irregular, possibilidade de associação com outras culturas, mecanização na fase de desenvolvimento e produção,

baixa competição com plantas invasoras na fase adulta do seringal, adoção de bom nível gerencial nas empresas e adequada infra-estrutura. Por outro lado, há fatores adversos como a baixa fertilidade de alguns solos que aliada a um baixo rendimento operacional na sangria, comprometem o resultado econômico do seringal. Em muitas áreas com solos de baixa fertilidade, os seringais são conduzidos sem adubação na fase de desenvolvimento, e desse modo, além de registrar um maior período de imaturidade econômica (Falcão, 1996), tendem a apresentar resposta a adubação na fase adulta. Esses problemas sugerem a realização de trabalhos sobre nutrição mineral e fisiologia da cultura, no sentido de oferecer técnicas de manejo e exploração que permitam aumentar a produção sem comprometer o equilíbrio fisiológico das plantas.

Pesquisas realizadas em algumas regiões produtoras mostram que a adubação da seringueira em desenvolvimento promove a antecipação do período de sangria, mantém o vigor da planta e garante níveis elevados de produção (Reis & Cabala Rosand, 1988). Outros resultados, apresentam a importância de um nutriente apenas, ou evidenciam que a aplicação de fertilizantes não promove efeito significativo sobre o crescimento do tronco (Haines & Crowther, 1940; Reis et al., 1984; Bernitz, 1987). Na fase de produção do seringal, as respostas a aplicação de fertilizantes variam de acordo com o tipo de solo, histórico das adubações anteriores, sistemas de exploração e condições das árvores (Shorrocks, 1979). Nesse período, o resultado da adubação não deve ser avaliado apenas pela produção de matéria seca, mas também pelo efeito dos nutrientes sobre o metabolismo intermediário (Compagnon, 1986). Nesse caso, as árvores podem utilizar suas reservas para alimentar a reconstituição do látex nos vasos laticíferos ou proporcionar um melhor estado nutricional das plantas, com reflexos positivos no aumento da área foliar, regeneração da casca e crescimento do tronco. Como consequência, o efeito sobre a produção pode ser retardado.

O desenvolvimento de técnicas de exploração constitui outro aspecto de importância para aumentar a competitividade dos seringais. Nesse caso, a utilização de estimulante da produção de látex possibilita vantagens significativas sob o ponto de vista agrônomo e econômico (Sivakumaran et al., 1982; Tonnelier, 1982; Virgens Filho et

al., 1988; Bernardes et al., 1992; Sivakumaran, 1994). A aplicação de ethephon em sistemas com baixa frequência de sangria permite um maior rendimento da mão-de-obra mantendo a produção ou até mesmo aumentando, quando comparado aos demais sistemas sem estimulação. Isso traz como vantagens a redução do custo operacional da exploração, a diminuição de investimentos com infra-estrutura e o prolongamento da vida útil do seringal.

Considerando-se os problemas expostos e levando-se em conta a perspectiva de contribuir com tecnologias voltadas ao seu equacionamento, realizou-se o presente trabalho que objetiva avaliar o efeito da calagem e adubação NPK, dando-se ênfase para o efeito do potássio sobre a fertilidade do solo, o estado nutricional e fisiológico das plantas, o crescimento e a produção de borracha seca, em dois sistemas de exploração da seringueira.

As hipóteses testadas nessa pesquisa foram as seguintes:

1. Seringais implantados em solos de baixa fertilidade, conduzidos sem adubação na fase de desenvolvimento, apresentam resposta à aplicação de fertilizantes na fase produtiva, sendo esse efeito observado sobre a produção, o crescimento do tronco, a espessura de casca, o estado nutricional e o equilíbrio fisiológico das plantas.

2. A adubação em interação com sistemas de baixa frequência de sangria com estimulação possibilita aumento da produtividade do seringal, sem comprometer o equilíbrio fisiológico das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ciclagem de nutrientes em um seringal

Em um plantio de seringueira, as raízes exploram os nutrientes do solo, utilizando-os na formação de fitomassa e os retorna através da queda de folhas e ramos, formando uma densa camada de liteira que posteriormente se decompõe. As chuvas e a aplicação de fertilizantes constituem outras fontes para a reposição de nutrientes. Ainda nesse ecossistema, verificam-se perdas devido à extração de látex, corte da madeira, lixiviação e lavagem da superfície do solo. A apreciação da dinâmica desse ecossistema é fundamental para o entendimento dos requerimentos nutricionais da cultura (Watson, 1989).

Durante a fase inicial de desenvolvimento, a seringueira compete com as plantas de cobertura pelos nutrientes disponíveis no solo, as quais desempenham um papel importante na ciclagem de nutrientes, ao translocarem os mesmos para a superfície. As leguminosas acumulam maior quantidade de nutrientes quando se compara com outras plantas de cobertura, sendo que um alto conteúdo de nitrogênio é armazenado pela fixação desse elemento do ar atmosférico. Com a morte dessas plantas, uma quantidade dos nutrientes retorna ao solo, após a decomposição dos resíduos vegetais (Rubber Research Institute of Malaysia 1972). Com o crescimento da seringueira ocorre maior demanda nutricional, aumentando a reciclagem que tem efeitos benéficos na nutrição do seringal, conforme demonstrado por Punnoose et al. (1994), que constatou uma menor necessidade de adubação com N e K para o crescimento e produção, em um seringal

cultivado com cudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) nas entrelinhas, quando comparado às parcelas do mesmo plantio com cobertura natural do solo.

Na fase adulta do seringal, quando há persistência de cobertura nas entrelinhas, observa-se uma fase de equilíbrio, traduzida por uma reciclagem mais lenta das plantas. Em compensação, a seringueira passa a apresentar hábito decíduo, com a troca anual de folhas, desempenhando o principal papel na ciclagem de nutrientes no ecossistema. Quantidades equivalentes a 45-90 kg de N, 3-7 kg de P, 10-20 kg de K e 9-18 kg de Mg são incorporadas ao solo com a queda anual de folhas, em uma biomassa com 3.700-7.700 kg de matéria seca.ha⁻¹.ano⁻¹. Uma menor proporção é também adicionada com a queda de ramos e sementes. Esses nutrientes são incorporados ao solo através da decomposição biológica, sendo imobilizados pelos microrganismos e posteriormente mineralizados na forma de ânions (NO₃⁻, PO₄³⁻) ou cátions (NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺). No solo há nutrientes retidos no complexo de troca dos colóides. Os nutrientes inorgânicos solúveis podem ser absorvidos pelas raízes, combinarem-se com certos íons passando à forma insolúvel e indisponível ou serem lixiviados no solo (RRIM, 1972; Shorroks, 1979).

2.1.1. Imobilização de nutrientes pela seringueira

Shorrocks (1965), avaliando a taxa de crescimento da seringueira do primeiro ao quinto ano, determinou um incremento de 1.000 a 14.000 kg.ha⁻¹ de matéria seca, enquanto na fase de completo desenvolvimento da copa, registrou 24.000 kg.ha⁻¹. Esses valores, característicos de uma espécie florestal, refletem a sua demanda nutricional, devendo-se considerar que há diferenças clonais na imobilização de nutrientes pelas plantas.

Nos primeiros cinco anos, a seringueira acumula uma grande parte de nutrientes, utilizados para o seu crescimento, sendo que significativas quantidades de N e Ca são recicladas com a morte de folhas e ramos. Aos oito anos, a quantidade de Ca acumulado pelas plantas pode superar aquela disponível na faixa de 0-45 cm de

profundidade em determinados solos, como os da série “Rengam” na Malásia, e aos dezesseis anos pode-se verificar o mesmo para o K (Watson, 1989).

No Estado de São Paulo, a seringueira é cultivada em muitas vezes com o plantio intercalar de soja, milho, arroz, e em escala menor com amendoim, algodão, sorgo, feijão (Fancelli, 1987) e açaí, recebendo adubação na fase de desenvolvimento, pelo menos direcionada quase sempre a esses intercultivos. Entretanto, há situações em que os seringais são mantidos com a cobertura natural e manejados sem a aplicação de fertilizantes na sua fase de desenvolvimento. Nessas circunstâncias, pressupõe-se que esta cultura apresente resposta à aplicação de fertilizantes, a fim de sustentar altas produções, sobretudo em solos ácidos com baixa saturação por bases.

2.1.2. Estimulação da produção e drenagem de nutrientes no látex

A importância da drenagem de nutrientes pela extração do látex foi reportada por Pushparajah et al. (1972) e Compagnon (1986), que consideraram esse problema como relevante em seringais com elevada produção, sobretudo quando submetidos a estimulação, uma vez que essa prática induz a um maior fluxo de látex com menor conteúdo de borracha seca. De acordo com Haridas et al. (1976), a aplicação de estimulante no cultivar PB 86 aumentou a produção em 85 %, enquanto a drenagem de potássio incrementou em 169 %, resultando na deficiência desse nutriente na folha. Esse autor sugeriu que a estimulação modifica o equilíbrio na partição de nutrientes para os processos de crescimento e produção, e desde quando não haja maior provimento de fertilizantes, observa-se um declínio na produção das plantas, as quais chegam a atingir rendimentos inferiores às aquelas não estimuladas. Essas informações foram confirmadas por Du Plessix et al. (1970) e Pushparajah et al. (1971) que mostraram a importância da adubação potássica quando se faz uso de estimulação, sendo que o último reportou ainda que a estimulação aumenta a drenagem de nutrientes e reduz o teor de N e K nas folhas.

Nas condições de Garça, Estado de São Paulo, Murbach (1997), trabalhando com o clone PB 235, observou que em 1.000 kg de borracha seca são exportados 6,6 kg de N; 3,9 kg de P; 6,1 kg de K; 190 g de Ca; 1,1 kg de Mg; 540 g de

S; 18 g de Cu; 57 g de Fe; 3 g de Mn e 257 g de Zn. A aplicação de fertilizantes em um esquema fatorial fracionário $(\frac{1}{4})^4$ com variações nas doses de N (0 a 320 kg ha⁻¹) P (0 a 70 kg) e K (0 a 266 kg) não influenciou nos teores médios de nutrientes extraídos pela borracha através da sangria em $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 com aplicação de estimulante (ET 2,5 % Pa 1/1 2/y). Esses valores são similares aos obtidos pelo Rubber Research Institute of Malaysia (1972) para uma produção de 1.400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de borracha seca (b. s.), na sangria sem estimulação, com uma drenagem de N - 9,4; P - 2,3; K - 8,3 e Mg -1,7 kg, e na sangria com estimulação, com produção de 2.600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de b. s. e a seguinte exportação de nutrientes em kg: 9,2 de N; 2,8 de P; 8,6 de K e 1,6 de Mg. Na análise dos resultados desse trabalho, observa-se que a exportação de nutrientes foi diretamente relacionada à quantidade de matéria seca exportada, e que a drenagem dos mesmos foi equivalente na sangria com e sem estimulação, quando se considera a mesma quantidade de matéria seca (1.000 kg, por exemplo). É provável que a intensidade de estimulação e a frequência de sangria influenciem na drenagem de nutrientes, de modo que, adequando-se a prática de adubação às demandas nutricionais do clone, empregando-se sistemas mais ajustados ao seu potencial de produção e às condições ambientais, possa-se manter as plantas em condições de equilíbrio nutricional e fisiológico.

2.2. O solo no manejo da seringueira

Na exploração de uma cultura, o emprego de práticas de manejo generalizadas, sem levar em conta as particularidades dos solos, da cultura e do ambiente, freqüentemente, limitam a obtenção de bons resultados. Os solos arenosos, apresentam geralmente baixos teores de matéria orgânica, baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água, e também são mais sujeitos à perda de nutrientes por lixiviação. Solos argilosos, suscetíveis de compactação, e quando têm drenagem insuficiente, apresentam anaerobiose. Solos bem estruturados, com agregados estáveis, apresentam condições mais favoráveis à aeração, boa retenção de umidade, em comparação àqueles de estrutura prejudicada ou compactados. A variável solo em interação com o clima, afeta de maneira

decisiva a exploração, visto que o manejo adequado da fertilidade do solo é de primordial importância quando se objetiva maior produtividade (Raij, 1991).

2.2.1. Interações entre solos e nutrientes

Na solução do solo há uma condição de equilíbrio entre os seus componentes e os íons existentes na fase sólida. Essa solução constitui o meio para a absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas. Três dos macronutrientes se apresentam na forma de cátions, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , enquanto fósforo e enxofre se apresentam como ânions, $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, HPO_4^{2-} e SO_4^{-} , e o nitrogênio, em ambas as situações, NO_3^{-} e NH_4^{+} . As concentrações dos nutrientes em solução são geralmente baixas, havendo portanto a necessidade de reposição dos mesmos para aumentar a produtividade das culturas. A troca de íons entre a solução do solo e a fase sólida tem origem no excesso de cargas existentes nas suas partículas com predominância de cargas negativas, fazendo prevalecer a troca de cátions. Os íons que excedem os cátions trocáveis constituem os sais da solução do solo, responsáveis por fenômenos como a absorção de cátions pelas plantas, lixiviação e salinidade. A matéria orgânica, os minerais de argila e os óxidos hidratados de ferro e alumínio são os principais responsáveis pela troca de íons no solo (Raij, 1981).

2.2.2. Reação do solo

Uma extensa área com potencial para o cultivo nos trópicos apresenta solos com reação ácida, com limitações em P, K, Ca e Mg. Nesses solos, o pH baixo tem pouca influência sobre a cultura, mas pode afetar a disponibilidade de nutrientes. Espécies tolerantes à alta concentração de alumínio não sofrem toxicidade deste elemento, mesmo em pH abaixo de 4,0, mas sofrem deficiência de fósforo, uma vez que a aplicação do mesmo melhora o crescimento mesmo sem aumento significativo do pH. Em condições de pH baixo, o alumínio se comporta como um cátion dominante entre os elementos trocáveis e que nesses solos observa-se uma alta concentração de alumínio trocável. A presença de matéria orgânica é também reduzida nessas condições (Tanaka, 1981).

O pH do solo reportado para a seringueira está na faixa de 4,0 a 6,5. A possibilidade de toxidez de alumínio nessa faixa é muito remota. Embora a seringueira seja considerada como tolerante à faixa de pH entre 3,8 e 7,0, os extremos podem afetar seu crescimento e produção (Marschner, 1995; Krishnakumar & Poty, 1992).

2.2.3. As bases trocáveis

Os solos em que se cultiva a seringueira são geralmente pobres em bases trocáveis, especialmente entre os horizontes superiores, e isso pode ser atribuído às perdas de quantidades apreciáveis de cátions metálicos do perfil, devido às chuvas (Tanaka, 1981). O potássio, o cálcio e o magnésio se encontram no solo associados ao complexo argilo-húmico sob a forma trocável, assimilável pela planta. Nas regiões tropicais, essa fração trocável pode sofrer intensa lixiviação, sendo esse problema a causa da insuficiência desses elementos para as plantas, notadamente do K, que levam as mesmas a manifestarem sintomas de carência, com reflexos sobre o metabolismo das células laticíferas, afetando a produção (Watson, 1989).

2.2.4. Interações entre íons

No complexo de troca podem ser constatados efeitos antagônicos quando da absorção dos nutrientes pelas raízes. No caso particular da seringueira, o antagonismo K-Mg é muito freqüente, tendo um significado especial sobre a sua nutrição (Watson, 1989). Em solos de baixa CTC e pobres em Ca, a aplicação de K e Mg causa a deficiência desse nutriente. Em contraste, a aplicação de calcário em solos pobres em K, agrava a deficiência do mesmo, no solo. Com a adubação potássica, o teor de Mg nos tecidos freqüentemente decai a um nível abaixo do necessário para uma ótima produção. Uma relação Ca/Mg de 3,3/1 é sugerida nos níveis críticos de análise de solo para esses nutrientes, enquanto uma relação Ca+Mg/K de 13,3/1 é recomendável, segundo Usherwood (1982), o qual entretanto, adverte que as relações entre cátions para solos e culturas não têm se correlacionado muito bem. Além da necessidade da cultura, essas relações, sobretudo de Ca/K, podem ser influenciadas pela fonte e quantidade de

nitrogênio e/ou pela qualidade do calcário aplicado. Grande quantidade de calcário calcítico conduz a uma deficiência de Mg, mesmo que a relação $(Ca+Mg)/K$ ultrapasse 13,3, enquanto o dolomítico aumenta o nível desse elemento.

A resposta das culturas à aplicação de K é influenciada pelo N disponível às plantas. A aplicação de nitrogênio em plantas não leguminosas aumenta o crescimento vegetativo, incrementando as necessidades de nutrientes, sobretudo de potássio. Em solos ácidos, quando os fatores limitantes da produção são corrigidos, observa-se uma boa resposta ao K. A aplicação de N sob condições de deficiência de K, em alguns casos, torna as plantas mais suscetíveis à ação de organismos patogênicos. Nessas condições, componentes de N não protéico, como as aminas, são significativamente mais numerosos, enquanto o nível de proteína é mais baixo. O equilíbrio entre N e K melhora o nível de proteína nos tecidos (Basso, 1973; Usherwood, 1982).

A adubação com nitrogênio, na ausência de potássio, reduz o conteúdo de K nas folhas e deprime o crescimento e a produção da seringueira, assim como a aplicação de K na ausência de N melhora o crescimento, mas deprime a produção. Com a aplicação desses dois nutrientes se observam efeitos interativos que são associados às funções dos mesmos na planta (Pushparajah, 1969). O K não faz parte de compostos orgânicos estáveis na planta, mas desempenha um papel central no metabolismo. O nitrogênio participa como constituinte de todas as proteínas, e portanto, do protoplasma, sendo um elemento exigido em grande quantidade. A adubação nitrogenada resulta em crescimento dos tecidos e na conversão mais rápida de carboidratos assimilados em proteínas e protoplasma (Schorrocks, 1979), sendo portanto necessário o suprimento de potássio.

A quantidade de nutrientes nas plantas pode ser afetada pela aplicação de doses de fósforo, como reportado por Viégas (1985), que observou uma elevação dos teores de P e diminuição nos teores de K, S, B, Cu e Zn nos tecidos foliares. Sob tais condições, o fósforo interage com o potássio possibilitando maior produtividade. O K pode reagir com o fosfato no solo, promovendo a sua lixiviação ou aumentando a sua concentração no horizonte subsuperficial, o que pode significar um aumento da

fertilidade no subsolo e no ambiente radicular, sendo isso importante para diminuir o estresse da cultura em períodos de seca (Usherwood, 1982).

O alumínio é um cátion trocável dominante em muitos dos solos tropicais altamente lixiviados e de baixa capacidade de troca de cátions. Nesse ambiente, o Al^{3+} pode influenciar nas relações de troca dos íons K^+ , devido ao fato daquele elemento ser fortemente preso no complexo de troca. Em solos altamente ácidos, ele desloca o K do complexo, aumentando a sua suscetibilidade à lixiviação. A tolerância ao alumínio em algumas espécies é relacionada à habilidade das suas raízes absorverem K e Mg, principalmente K, em ambiente com alta concentração de Al.

Bolle-Jones (1957) constatou que a deficiência de Zn promove elevação de N, P, Fe e Mn no caule e pecíolo, elevação de N na raiz, e de Ca, Fe e Mn na lâmina foliar, além de um pequeno acréscimo de P na folha, mas não registrou efeito sobre o potássio, enquanto Usherwood, (1982) relatou que a deficiência de Zn resulta no aumento da concentração de Mg e K na planta.

2.3. Estado nutricional da seringueira

O conhecimento do estado nutricional da seringueira constitui um subsídio para a definição de critérios essenciais à identificação de fatores limitantes da produtividade (Bataglia & Cardoso, 1990). Na Malásia, recomendações para o levantamento do estado nutricional incluem métodos de amostragem para seringueiras em desenvolvimento e produção. A idade da folha é correlacionada com o teor de cálcio. Os teores de N, P e K contidos nas folhas são correlacionados com o nível de Ca, a fim de serem ajustados em função da idade da folha amostrada. A interpretação dos resultados das análises é feita em função das faixas de teores dos nutrientes, as quais incluem recomendações por classes de clones e são elaboradas de acordo com os métodos de amostragem à luz e à sombra (RRIM 1990).

No Brasil, a técnica habitualmente empregada para as recomendações de adubação da seringueira é a análise de solo, aliada ao histórico da área. Em raros casos, faz-se uso da análise foliar, sendo as faixas dos teores de nutrientes extrapoladas da

literatura (Reis et al., 1982; Kitamura, 1992; Malavolta et al., 1997). De acordo com Malavolta et al. (1989), na avaliação do estado nutricional de uma planta, deve-se ter como requisito a comparação entre os resultados da análise de uma amostra de suas folhas e de um padrão. Como referência, sugerem uma planta que tendo nos seus tecidos todos os nutrientes em quantidades e proporções adequadas, é capaz de dar altas produções, sendo o seu aspecto visual semelhante ao encontrado em lavouras muito produtivas. Consideram, entretanto, que as recomendações de adubação devem ser baseadas no consenso entre as informações das análises de solo e de folhas.

Bataglia & Cardoso (1990) fizeram um levantamento do estado nutricional dos seringais paulistas implantados na década de 1960, através da amostragem de folhas no verão e outono, e amostragem de solos no verão. Como resultados, verificaram que plantios com idade média de 11 anos, cultivados em solo Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo (PV e LV), localizados no Litoral, apresentavam apenas 40 % das plantas com padrão de crescimento para a entrada em sangria, enquanto no Latossolo Roxo (LR) dos plantios do Planalto, 95 % das plantas já estavam aptas. Mensurações no crescimento realizadas doze anos após o plantio, confirmaram melhor desempenho dos seringais em solos do Planalto. A análise química dos solos amostrados no Litoral apontou acentuada acidez e baixos níveis de N e P, enquanto nos do Planalto, a saturação por bases era próxima de 60 % e os níveis de P e K, mais elevados. Levantamentos dos níveis de nutrientes nas folhas, mostraram maiores valores nos níveis de N e K para o LR, valores de Ca e Mg pouco variáveis e níveis altos de B em seringais do Litoral. Seringais com produtividade abaixo de $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de borracha seca, apresentaram níveis de N e K significativamente mais baixos. Os autores concluíram que sob o ponto de vista nutricional, as principais diferenças no crescimento da seringueira estavam relacionadas aos macronutrientes N, P e K e que a disponibilidade de Ca e Mg às plantas não foi afetada pela acidez do solo.

2.4. Calagem na cultura da seringueira

Apesar da calagem se constituir uma polêmica no manejo nutricional da seringueira, o seu emprego torna-se necessário em muitos casos. Através dessa prática, o calcário é incorporado à superfície do solo, onde sofre dissolução, liberando ânions derivados de ácidos fracos, os quais reagem com o H^+ e Al^{3+} presentes na solução do solo, reduzindo a concentração dos mesmos, enquanto cátions acompanhantes se fixam aos sítios disponíveis no complexo de troca. A calagem reduz a acidez potencial do solo e neutraliza o alumínio e manganês tóxicos. Observa-se também o aumento na disponibilidade de fósforo e molibdênio, e um efeito positivo dos microrganismos na mineralização da matéria orgânica e na fixação simbiótica de nitrogênio. Também ocorre uma melhoria nas propriedades físicas do solo, sobretudo pela adição de cátions flocculantes dos colóides. Com a calagem o sistema radicular torna-se mais desenvolvido, havendo um melhor aproveitamento de água e nutrientes (Vitti, 1987; Raij, 1991).

Schwengber (1993), avaliando o efeito do gesso e calcário sobre a relação raiz/parte aérea e teores foliares de nutrientes da seringueira, observou que o calcário aumentou os níveis de Ca até 80 cm de profundidade do solo, os de Mg e saturação por bases até 60 cm, incrementou o teor de sulfato na camada 20-40 cm e diminuiu o alumínio até 40 cm e a saturação por Al até 60 cm. A calagem diminuiu o teor foliar de N e aumentou o teor de Ca.

No Estado de São Paulo, Domingues (1994) observou correlação positiva entre o pH e a saturação por bases com o crescimento em vinte seringais amostrados, enquanto que a acidez potencial mostrou correlação negativa com a variável citada. Nessa região, Raij (1985) recomenda o emprego de calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 50 %, sempre que seu valor for inferior a 40 %, tendo-se o cuidado de não ultrapassar a $2,0 \text{ t.ha}^{-1}$. No Sul da Bahia, Santana et al. (1977) avaliaram o nível de fertilidade dos solos cultivados com a seringueira e concluíram que os mesmos eram quimicamente pobres e apresentavam elevada acidez. Em tais condições, observaram que a aplicação de calcário dolomítico e micronutrientes, na forma de FTE, não promoveram aumento no desenvolvimento da seringueira. Com a calagem, os teores de cálcio e

magnésio no solo aumentaram, mas com o decorrer do tempo, houve diminuição (Reis et al., 1984; Reis et al, 1985).

Os solos reportados têm baixa capacidade de tamponamento para manter adequado pH, suprindo as plantas de fósforo e de outros nutrientes essenciais. Desse modo, no manejo da seringueira, deve-se avaliar a eficácia da calagem e adubação, dando ênfase aos seus efeitos sobre a fertilidade do solo, o estado nutricional das plantas, o crescimento, a produção e a estabilidade do látex.

2.5. Efeito da adubação sobre o crescimento do tronco da seringueira

Nos primeiros estudos sobre o efeito da adubação no crescimento da seringueira, encontrou-se resposta à aplicação de nitrogênio em solos aluviais da costa marinha na Malásia, enquanto na faixa das ilhas daquela região, a adubação com esse elemento só foi eficaz quando aplicado com fósforo e potássio (Watson, 1989). Bolton (1964) obteve resposta no crescimento da seringueira até oito anos após o plantio, pela aplicação de sulfato de amônio e cloreto de potássio, enquanto o uso de fosfato de rocha apresentou efeito somente em algumas fases do crescimento. Pushparajah (1969), pesquisando o efeito da adubação N, P, K, observou incremento significativo no crescimento do tronco da seringueira com conseqüente aumento na produção de borracha. O mesmo autor reportou que a combinação fósforo-potássio, apresentou melhor efeito no crescimento do que a aplicação isolada de nitrogênio ou a combinação nitrogênio-fósforo.

Nas áreas implantadas com a seringueira na Bahia, onde foram utilizados solos de baixa fertilidade natural e elevada acidez, a cultura mostrou boa adaptação, necessitando, porém, da aplicação de fertilizantes (Miranda et al., 1975). Nessas condições, a adição de nitrogênio e potássio não contribuiu para o desenvolvimento do tronco da seringueira até o oitavo ano de campo, de acordo com Reis et al. (1985), levando os mesmos a concluírem que as necessidades em relação a esses elementos foram atendidas plenamente pelos teores disponíveis no solo, corroborando com resultados de Soong (1973), Reis (1979) e Reis et al. (1984). Reis (1988) também

observou que a aplicação de potássio não promoveu alterações significativas nos teores desse elemento no solo, os quais diminuíram com o decorrer do tempo, mesmo para os tratamentos que receberam doses maiores, o que difere dos resultados obtidos por Bolton (1961) e Pushpadas et al. (1973). Com referência ao fósforo, observou-se que o mesmo promoveu o maior desenvolvimento da seringueira entre os elementos testados, sendo os melhores valores obtidos entre as doses de 56 e 61 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P (Reis et al. 1985). Concluíram, entretanto, que a dose de 39 kg.ha⁻¹, foi a mais indicada do ponto de vista econômico.

Berniz (1979), avaliando a resposta à aplicação de fertilizantes em seringueira na fase de desenvolvimento no Estado do Pará, observou incrementos com a aplicação de fósforo e potássio, nos três primeiros anos após plantio, e definiu como doses ótimas para o terceiro ano, 87 kg ha⁻¹ de P e 50 kg de K. Viégas et al. (1992), encontraram uma resposta linear ascendente para o efeito da aplicação de nitrogênio sobre o crescimento do tronco da seringueira, o que levou a concluir que este nutriente é indispensável ao desenvolvimento de seringais cultivados em Latossolo Amarelo, textura média, da Ilha do Mosqueiro, no mesmo Estado. A aplicação de fósforo induziu uma resposta linear até o quinto ano, mas do sexto ao oitavo, o efeito quadrático indicou uma menor necessidade desse nutriente, provavelmente devido ao efeito residual. A resposta ao potássio só foi observada entre o primeiro e o quarto ano.

Em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, distrófico, variação Marília, no Estado de São Paulo, Falcão (1996) verificou que o potássio foi o elemento que promoveu maior crescimento da seringueira, apresentando resposta linear. Entre as combinações NPK estudadas, o tratamento com 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 17,4 kg de P e 265 kg de K, possibilitou que a seringueira, cultivar PB 235, atingisse o perímetro do tronco adequado para o início de exploração aos sete anos de idade.

Na fase de desenvolvimento da seringueira, na maioria das situações, pode-se conseguir maior crescimento das plantas pela prática de adubação. Entretanto, convém registrar que além das características físicas e químicas do solo, o vigor das plantas, o espaçamento, a tolerância às doenças e a influência de outras práticas culturais

influenciam na avaliação do efeito da adubação. Esses fatores, entretanto, nem sempre são levados em consideração, o que contribui para que se formulem opiniões divergentes em relação ao assunto.

2.6. Efeito da adubação na fase de produção da seringueira

Mainstone (1963), estudando a nutrição mineral da seringueira, observou uma rápida resposta no nível de nutrientes nas folhas, enquanto o efeito na produção foi mais demorado. Pushparajah (1969) obteve resposta positiva à adubação potássica em seringal adulto na Malásia, sobretudo quando fez aplicação de estimulante da produção. Os incrementos em borracha seca foram elevados, e esses resultados foram inversos aos obtidos por Reis et al. (1988) com este nutriente nas condições do Sudeste da Bahia.

A adubação fosfatada na dose de $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P, no período de dez anos, promoveu acréscimos nos teores de fósforo no solo, o que foi suficiente para suprir as necessidades desse nutriente durante algum tempo, na fase de sangria (Reis et al., 1988). Aumentos de produção devidos à aplicação de fósforo foram observados por Owen et al. (1957), nos casos em que os níveis desse nutriente no solo eram insuficientes para manter o crescimento da planta. De acordo com Compagnon (1986), desde que haja aplicação suficiente de fertilizantes na fase de imaturidade econômica do seringal, pode-se suspender a adubação por quatro anos após o início da sangria, fazendo aplicação apenas de nitrogênio, a fim de repor as perdas com a extração do látex. Nesse caso, os níveis de nutrientes seriam monitorados a intervalo de 3 a 5 anos, fazendo-se a reposição de P, K e Mg nas quantidades indicadas. Em solos pobres e mal corrigidos na fase jovem, a aplicação de P promove aumento de produção de 10 a 15 %, mas quando o mesmo é aplicado nesta fase, não se obtém resultado com a sua utilização após a entrada em produção. Entretanto, há restrições a essas recomendações nos casos em que não se faz uso de leguminosa de cobertura e há competição com a cobertura natural ou cultivos intercalares.

Solos pobres em magnésio apresentam boa resposta a esse nutriente na fase adulta do seringal. Mas quando há deficiência em potássio, a adição de magnésio

acentua o problema em decorrência da inibição competitiva e contribui para a redução na produção. A deficiência em magnésio se traduz por uma diminuição no crescimento e, por consequência, numa menor produção. Quando o teor de magnésio no látex é alto, elevando a relação Mg/P, pode-se observar um efeito negativo sobre a sua estabilidade, que afeta a produção (Compagnon, 1986).

2.6.1. Influência da adubação sobre a estabilidade do látex

Philpott & Westgarth citados por Pushparajah & Ismail (1981), verificaram nos anos 1950 que alto conteúdo de P e K no látex lhe confere alta estabilidade mecânica, enquanto aquele com alto conteúdo de Mg tem baixa estabilidade. Baseando-se nesses resultados, eles concluíram que a estabilidade está relacionada à relação P/Mg. Segundo Shorrocks (1979), uma relação Mg:P de 0,7:0,13 é considerada adequada para a manutenção da estabilidade do látex.

Beaufils (1954), trabalhando com látex fresco, verificou que a aplicação de fertilizante potássico melhorou a relação P/Mg no clone Gl 1, conhecido pelo alto teor de Mg no látex. A produção nesse caso foi incrementada devido a maior estabilidade e duração do fluxo de látex. Esses resultados foram confirmados em trabalho do Rubber Research Institute of Malaysia (1964), o qual reporta que plantas cultivadas em solos com alto teor de Ca e Mg estão mais sujeitas à pré-coagulação do látex. Em adição, Pushparajah (1969) observou que a deficiência de K no solo tem uma correlação direta com o aumento no teor de Mg no látex, induzindo efeitos semelhantes aos relatados anteriormente. Esse problema foi equacionado por Pushparajah et al. (1976) que procederam a aplicação de K no solo, aumentando a relação K/Mg no látex, incrementando consequentemente a produção.

2.7. Efeito da adubação sobre anatomia da casca

A carência de K não só limita a espessura da casca como também o número de vasos laticíferos (Compagnon, 1986; Pushparajah, 1969). Samsidar et al.,

(1976) verificaram que N, P e K aumentam o diâmetro dos vasos laticíferos, sendo o resultado mais marcante com o K.

Haines & Crowther (1940) observaram aumento na espessura da casca pela aplicação de nitrogênio e fósforo em seringais da Malásia. Berniz (1987), no Pará, verificou aumento com a aplicação de doses de 96 kg ha⁻¹ de P e 56 kg de K em árvores de três anos de idade nas quais registraram os valores de 4,55 mm e 4,4 mm, respectivamente. Em Latossolo no Sul da Bahia, Reis & Melo (1987) observaram maior crescimento da EC pela aplicação de fósforo, sendo a dose de 35 kg ha⁻¹ de P a que proporcionou maior resultado no quinto ano, dando um incremento de 3,67 mm em relação às parcelas sem adubação.

O aumento na espessura da casca, quando se considera o mesmo clone, tem uma correlação direta com a expansão da casca macia, onde se encontram os vasos laticíferos mais jovens, mais funcionais e mais produtivos (Gomez, 1982). Sob condições de um bom estado nutricional da planta, pode-se obter um espessamento maior e mais rápido da casca, o que favorece as condições do painel para futuras sangrias, o que facilita o balanceamento. A alternância entre painéis é uma prática importante na exploração dos seringais, pois possibilita uma melhor distribuição da área de drenagem, proporciona maiores produções e permite uma gestão mais adequada do painel, melhorando a posição do corte na sangria, evitando o abaixamento do sangrador até a base do tronco.

2.8. Recomendações de adubação da seringueira

Na Malásia, as recomendações de adubação da seringueira são baseadas nas características das séries de solos, nas análises de solos e de folhas, e nos resultados experimentais. Também levam-se em conta, fatores tais como: idade da planta, clone ou sua ancestralidade, produção e densidade da copa. Em seringais em desenvolvimento, as recomendações são separadas em função da idade das plantas, nível de potássio no solo e presença ou não de leguminosa de cobertura (Rubber Research Institute of Malaysia, 1990).

Reis et al. (1982), trabalhando em Latossolo no Sul da Bahia, encontraram maiores efeitos da adubação na fase de desenvolvimento do seringal, contudo, recomendaram para seringais em produção, a aplicação de 600 gramas por planta da fórmula 12-12-06, por ocasião da queda de folhas, com adição de 250 gramas de sulfato de amônio 3 a 4 meses após. A diagnose foliar só é preconizada em casos esporádicos.

No Estado de São Paulo, para seringais com idade entre sete e quinze anos, Raij (1985) recomenda a aplicação de $91,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em combinação com as seguintes doses de P e K: solos com $0-15 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (resina), aplicar 40 kg ha^{-1} de P; quando o nível de fósforo for maior que 15 mg dm^{-3} , empregar 20 kg ha^{-1} de P; sob condições de $0-1,5 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ de K trocável no solo, aplicar $75,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de K; quando o K for superior a $1,5 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, aplicar $37,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K.

Em que pese a existência de recomendações para a adubação de seringais na fase de produção nesta região, é necessária a realização de pesquisas sob o enfoque de sistemas de exploração com uso de estimulantes, que objetivem a avaliação da eficácia dessas práticas.

2.9. Sistemas de exploração

2.9.1. Estimulação e frequência reduzida de sangria

A produção de borracha seca depende do período de escoamento do látex e da regeneração “in situ” entre sangrias consecutivas (Eschbach et al., 1984). O tratamento com ethephon incrementa a duração do fluxo e reduz o problema de desestabilização do látex que induz à coagulação. O etileno possui uma ação direta no incremento da atividade da ATPase na membrana dos lutóides e efeito indireto no pH citosólico (d’Auzac, 1989).

A regeneração do látex entre sangrias consecutivas depende do catabolismo glucídico através da glicólise, no qual a sacarose é transformada em acetato, produzindo energia na forma de ATP. O anabolismo isoprênico ocorre a partir de acetil CoA, com a energia na forma de NADPH, quando há elaboração de difosfato de

isopentenil, cujas moléculas são agrupadas em cadeias polisoprênicas, resultando na biossíntese da borracha (Compagnon, 1986). O teor de sacarose nos vasos laticíferos é função da velocidade de suprimento desse carboidrato, que é transportado pelo floema até os drenos da planta, e da dinâmica de sua utilização através da glicólise (Castro, 1990). De acordo com Tupy (1973), o etileno incrementa o bombeamento de sacarose nos vasos laticíferos, o que é essencial à síntese isoprênica. Essa síntese é ativada pela ação direta do etileno no metabolismo com a conseqüente regeneração de quantidades adicionais para compensar o maior volume de látex extraído (Lacrotte et al., 1988; Castro, 1990).

A partir do conhecimento da ação do etileno sobre o metabolismo das células laticíferas, foram desenvolvidos sistemas de sangria com uso de estimulantes (Abraham et al., 1964). Esses estimulantes têm em comum a síntese do etileno endógeno, sendo que na comparação entre os produtos químicos anteriormente empregados, o ácido 2-cloroetilfosfônico superou os demais (Castro et al., 1990). Trabalhos adicionais mostraram a possibilidade de emprego da estimulação em sistemas de exploração com frequência reduzida de sangria (Sivakumaran et al. 1982; Tonnelier, 1982; Virgens Filho et al., 1988; Bernardes, 1992; Bernardes, 1995). Nesse contexto, verificou-se que esses sistemas permitem a maximização do rendimento da mão-de-obra e prolongam a vida útil do seringal. Sob condições de adequada intensidade de estimulação, apresentam resultado econômico superior ao obtido com sistemas mais intensivos, sem estimulação (Virgens Filho et al., 1988).

2.9.2. Diagnose do látex

A diagnose do látex (DL) tem sido um procedimento utilizado para monitorar as condições fisiológicas da seringueira na fase de sangria. Isso é possível pela associação de informações de campo com variáveis fisiológicas relacionadas ao metabolismo da síntese isoprênica (Jacob et al., 1989). Através desta técnica, torna-se possível adequar a intensidade de exploração dos seringais, levando-se em conta as características clonais e a influência dos fatores ambientais, procurando-se, assim,

otimizar a produção, mantendo as plantas em condições de equilíbrio fisiológico (Jacob et al., 1995; Falcão, 1996).

A análise do látex por parâmetros fisiológicos possibilita a definição de uma condição de sub ou superexploração dos seringais. Tal conclusão pode ser obtida pela avaliação da influência de cada parâmetro e pela correlação entre estes e a duração do fluxo de látex e a regeneração “in situ” entre duas sangrias. Para tanto, são definidos valores para extrato seco, sacarose, tióis, fósforo inorgânico, magnésio, e pH (Jacob et al. 1987; Jacob et al. 1988).

O extrato seco (ES) ou conteúdo de sólidos totais, reflete a atividade biológica do sistema laticífero. Valores elevados de ES podem indicar uma adequada regeneração “in situ”, mas quando o nível é muito acentuado, ocorre aumento na viscosidade do látex, prejudicando o fluxo (Jacob et al., 1987). Baixo valor de extrato seco, significa uma discreta regeneração isoprênica, a qual pode ser devida a um fator limitante da produção (Eschbach, et al., 1984). Uma exploração intensiva, por exemplo, pode provocar a redução do extrato seco, como reflexo de um esforço metabólico muito intenso, causando inclusive o aparecimento de vasos laticíferos não produtivos (Van de Sype, 1984).

O teor em sacarose indica a disponibilidade desse carboidrato para a síntese isoprênica. Sob condições de pouco suprimento de sacarose, observa-se correlação positiva entre a sua concentração no látex e a produção (Eschbach et al., 1986). Entretanto, há condições em que um alto teor de sacarose no látex representa uma baixa atividade metabólica da célula laticífera, constatada sob condições de subexploração das plantas, o que resulta em uma baixa produção (Prevot et al., 1984; Jacob et al., 1987).

O pH tem uma relação direta com o metabolismo enzimático e quando mensurado no látex fresco, à baixa temperatura e logo após a sangria, indica a atividade do compartimento citosólico e o estado de equilíbrio do meio (Lynen citado por Jacob et al, 1987). Sob condições de um pH inferior a 6,7, enzimas chave relacionadas ao

catabolismo glucídico, como a invertase e a PEP carboxilase, são praticamente inativadas; por outro lado, a elevação de décimos de pH, promove a aceleração da atividade dessas enzimas. Os processos de regulação do pH também estão relacionados às trocas intercompartimentares, em especial entre o soro C e o soro B (Sá, 1991). Resumidamente pode-se dizer que um pH baixo sugere limitação no catabolismo glucídico e na síntese isoprênica, o que implica em um menor conteúdo de extrato seco e em baixa produção.

Os tióis ou grupo R-SH, representados pelos aminoácidos cisteína, metionina e glutatona, são agentes protetores da senescência das células, pois neutralizam formas de oxigênio tóxico que são produtos resultantes do metabolismo celular, sendo que a sua ação favorece a estabilidade dos lutóides e, conseqüentemente, a duração do fluxo de látex. Sob condições de baixa concentração de tióis, a compartimentalização celular pode ser afetada e, desse modo, ocorre um mau funcionamento das células laticíferas, comprometendo a produção (d'Auzac & Jacob, 1988). Esses compostos, ao ativarem processos metabólicos mediados pelas enzimas piruvinato quinase, invertase e HMGC_oA redutase, também são importantes no metabolismo ligado à síntese isoprênica (Jacob et al., 1988).

O fósforo inorgânico (Pi) está ligado aos processos metabólicos que demandam energia (Jacob, 1970). O Pi intervém no catabolismo glucídico, na síntese de nucleotídeos envolvida na transferência de energia, em particular do fosfato de adenosina, ou como portadores de poder redutor (NAD(P)H), nos ácidos nucleicos, assim como está ligado a hidrólise das moléculas fosforiladas e, sobretudo, àquelas do pirofosfato de isopentenil, responsáveis pela alongação da cadeia isoprênica, sendo portanto essencial à regeneração do látex (Jacob et al., 1987).

Em estudo sobre variáveis fisiológicas relacionadas à produção de látex, realizado por Sá (1991), nas condições de Garça e Registro, Estado de São Paulo, observou-se que há uma variação estacional quanto a essas variáveis e que esse padrão pode ser influenciado pelas características dos cultivares e pelas condições ambientais. Falcão (1996) estudou o efeito da adubação N, P, K sobre alguns parâmetros fisiológicos

do látex em Garça, usando o cultivar PB 235, e observou uma tendência à superexploração nas plantas com as menores doses de nitrogênio (0 e 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas plantas do tratamento correspondente às doses de 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 70 kg de P e 66 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, o conjunto dos parâmetros fisiológicos indicaram uma condição de superexploração. Trabalhos nesse sentido são de fundamental importância, sobretudo quando as práticas de manejo são associadas às técnicas de exploração. Entre outros aspectos a serem estudados, mencionam-se a definição do período mais adequado à diagnose nas condições dessas regiões, a resposta da cultivar aos sistemas de exploração e o desenvolvimento de técnicas para sustentar altas produções sem comprometer o equilíbrio fisiológico das plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área, clima, solo e período do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda São José do Seringal Paulista, localizada em Buritama, Estado de São Paulo, com latitude de 21° S e longitude de 50° W. O clima é quente de inverno seco, caracterizado como Cwa de acordo com a classificação de Köppen (Setzer, 1946). A precipitação pluviométrica média corresponde a 1.200 mm, com média mensal de 30 mm no inverno, umidade relativa média de 68 %, temperatura média do ar de 22°C, média das máximas de 30°C e das mínimas de 18°C (Nascimento & Pereira, 1988). Essa região, de acordo com Ortolani et al. (1983), é caracterizada como preferencial para a heveicultura, com condições térmicas e hídricas satisfatórias, evaporação real maior que 900 mm e deficiência hídrica anual entre 0 e 200 mm.

O solo é do tipo Latossolo Amarelo, álico, textura média e com boa drenagem. Os resultados das análises granulométricas e químicas são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

O período do experimento foi de fevereiro de 1995 a agosto de 1997.

3.2. Material botânico e manutenção da cultura

Como material botânico foi utilizado o cultivar RRIM 600, enxertado sobre sementes ilegítimas de *Hevea brasiliensis*, com 16 anos de campo no início do

experimento, espaçado de 2,50 m entre plantas e 8,0 m entre linhas, anteriormente explorado nos painéis de casca virgem BO-1 e BO-2.

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental (Fazenda São José, Buritama, São Paulo).

Profundidade	Areia (g kg)						Silte	Argila (g kg)	Classe de
Cm	M grossa	Grossa	Média	Fina	M. fina	Total	g kg	Total	Textura ^(1,2)
Amostra1: 0-20	-	40	-	730	-	770	70	160	md-ar.
Amostra2: 0-20	-	40	-	750	-	790	60	150	md-ar.
Amostra3: 0-20	-	40	-	740	-	780	70	140	Arenosa
Amostra4: 0-20	-	30	-	700	-	730	90	180	md-ar.
Amostra1: 21-40	-	30	-	700	-	730	70	200	md-ar.
Amostra2: 21-40	-	40	-	710	-	750	70	180	md-ar.
Amostra3: 21-40	-	40	-	700	-	740	80	180	md-ar.
Amostra4: 21-40	-	30	-	660	-	690	90	220	md-ar.
Média 0-20	-	40	-	730	-	770	70	160	md-ar.
Média 21-40	-	40	-	690	-	730	80	200	md-ar.

⁽¹⁾ Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solos do departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

⁽²⁾ Textura: md-ar - média-arenosa; arenosa.

Tabela 2. Características químicas do solo no mês de início do experimento (Fazenda São José, Buritama, São Paulo).^(1,2,3,4)

Profundidade	PH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	SB	T	V	m
Cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³							%	%
Amostra 0-10	3,82	13,37	1,31	0,97	2,09	2,15	9,93	30,18	5,21	35,3	14,7	64,5
Amostra 11-20	3,77	12,00	1,12	0,77	2,00	2,00	10,37	30,12	4,77	34,5	13,8	68,5
Amostra 21-40	3,77	11,96	1,00	0,60	1,90	1,78	12,0	29,0	4,28	33,6	12,7	72,0

⁽¹⁾ Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solos do Departam. de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

⁽²⁾ Valores médios de amostras coletadas no início do experimento nas 32 parcelas experimentais.

⁽³⁾ P, K, Ca e Mg extraídos em resina trocadora de íons.

⁽⁴⁾ H+Al³⁺ - acidez potencial extraída em solução de KCl 1 N.

Na condução da cultura, fez-se o controle das doenças do painel de acordo com Furtado & Silveira (1990) e a quebra de galhos secos caídos nas entrelinhas, afim de facilitar a sua incorporação ao solo. No controle das plantas invasoras, se fez uma roçagem mecânica tratorizada por ano, sendo muito rara a ocorrência de ervas no sub-bosque do seringal.

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos principais (adubação) envolveram 2 testemunhas, sendo uma ‘sem adubação, sem calagem’ e outra ‘sem adubação, com calagem’, além de outros 6 com adubação e calagem, sendo todos assim descritos: T1) N0 P0 K0 sem calagem, T2) N0 P0 K0 calagem, T3) N1 P1 K0 calagem, T4) N2 P2 K0 calagem, T5) N1 P1 K1 calagem, T6) N2 P2 K1 calagem, T7) N1 P1 K2 calagem, e T8) N2 P2 K2 calagem.

Nas subparcelas foram utilizados sistema de exploração da seringueira, sendo os mesmos representados pela notação seguinte: S1 - 1/2 S d/ 4 6 d/7 ET 2,5 % LaPa 1/1 10/y ; S2 - 1/2 S d/6 6 d/7 ET 5,0 % LaPa 1/1 10/y. A exploração foi conduzida no painel BO-2, à altura de 0,90 m do solo, e a sangria procedida de acordo com as normas preconizadas por Virgens Filho & Castro (1986). Em todos os tratamentos as plantas foram sangradas com corte em meia espiral do tronco (1/2 S), sendo aquelas da subparcela d/4 6 d/7, a cada quatro, quatro e cinco dias, respectivamente, e da d/6 6 d/7, a cada sete dias. As estimulações foram realizadas com ethephon na concentração de 2,5 % (ET 2,5 %) nos tratamentos em d/4 6 d/7 e 5 % (ET 5 %) nos da frequência d/6 6 d/7. O número de estimulações foi de dez por ano (10/y) em ambos os sistemas. O estimulante foi aplicado na quantidade de 1 g da mistura planta⁻¹, através do pincelamento na região compreendida entre o canal de sangria sobre o cernambi e a casca em regeneração, logo acima deste (La Pa 1/1). Anualmente foi feito o balanceamento do painel de sangria.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, 8 tratamentos principais, 2 tratamentos secundários, 4 repetições, 24 plantas úteis por parcela e 12 por subparcela. A análise de variância foi feita conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância para realização do teste F.

Causas de variação	G. L.	S. Q.
Bloco	3	$1/t * t' (\Sigma z^2) - C$
Adubação	7	$1/t' * r (\Sigma y^2) - C$
Resíduo (A)	21	S.Q. Par. - S.Q. Blo. - S.Q. Adu.
Parcelas	31	$1/t' (\Sigma p^2) - C$
Sistemas de exploração	1	$1/t * r (\Sigma q^2) - C$
Interação Adubação* Sist.de exploração	7	S.Q. Adu., Sist. - S.Q. Adu. - S.Q.Sist.
Resíduo (B)	24	S.Q. Tot.-S.Q.Par.-S.Q.Sis.-S.Q.Adu.*Sist.
Total	63	$\Sigma x^2 - C$

$C = (\Sigma x)^2 / t * t' * r$, sendo: t - n° tratamentos primários, t' - n° tratamentos secundários; e r - repetições.

p - parcela; q - subparcela; y - tratamento; z - bloco.

A análise por contraste permitiu avaliar o efeito da calagem, adubação NPK, NP e K, e da interação NP x K. Esse mesmo procedimento foi usado para avaliar os sistemas de exploração e suas interações com os tratamentos de adubação. Também foram realizados contrastes para verificar a significância dos tratamentos nas análises de regressão linear e quadrática. As equações e as curvas das regressões significativas são apresentadas posteriormente.

3.4. Fontes, níveis, épocas e modo de adubação

A adubação fosfatada, com superfosfato simples, foi realizada em uma só aplicação no decorrer do período chuvoso de 1995, e no início das chuvas, nos anos de 1996 e 1997, respectivamente. O adubo foi distribuído em sulcos de 15 cm de profundidade, abertos lateralmente às linhas de plantio no sentido da projeção da copa no primeiro ano, e a lanço, afastado de 1 m da linha de seringueira, e dirigido ao retângulo correspondente à área útil. Como fontes de nitrogênio e potássio, foram utilizados respectivamente o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, sendo os mesmos misturados e aplicados a lanço no retângulo correspondente à área útil de cada planta, sendo a metade no mesmo período da adubação fosfatada e a outra, quatro meses após. Todos os insumos utilizados foram analisados no Laboratório do Departamento de Solos da ESALQ, estando de conformidade com as especificações. As quantidades de fertilizantes e corretivos aplicadas são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Quantidades de fertilizantes e corretivos aplicadas por tratamento.

Trat	Níveis				kg ha ⁻¹ ano ⁻¹				g pl ⁻¹ ano ⁻¹		
Nº	N	P	K	Ca+Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca+Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0	0	00	00	00	00	00	00	00
2	0	0	0	1	00	00	00	SB	00	00	0
3	1	1	0	1	40	17,5	00	SB	80	80	00
4	2	2	0	1	80	35	00	SB	160	160	00
5	1	1	1	1	40	17,5	33,2	SB	80	80	80
6	2	2	1	1	80	35	33,2	SB	160	160	80
7	1	1	2	1	40	17,5	66,4	SB	80	80	160
8	2	2	2	1	80	35	66,4	SB	160	160	160

⁽¹⁾ S - quantidade necessária para saturação por bases a 50 %.

Para a calagem adotou-se como critério a elevação da saturação por bases a 50 %. O calcário empregado apresentou 24 % de CaO, 16 % de MgO e PRNT de 61 %. A sua distribuição foi feita a lanço e em cobertura.

3.5. Análise de solo

No início do experimento e nos meses de maio subsequentes foram feitas amostragens de solos para avaliação da fertilidade do solo (Raij et al., 1987). Para tanto, foram determinados os seguintes parâmetros: pH em Ca Cl₂ 0,01 M, concentração de P, K, Ca e Mg, extraídos em resina trocadora de íons, acidez potencial (H + Al) a pH 7 e matéria orgânica por via úmida. De posse dessas informações, fez-se o cálculo da soma de bases ($S = K + Ca + Mg$), capacidade de troca catiônica ($T = S + H + Al$) e a percentagem de saturação por bases ($V\% = 100 \times S/T$). As amostras foram coletadas ao acaso em 15 pontos por subparcela, nas profundidades de 0-10, 11-20 e 21-40 cm, respectivamente.

3.6. Análise de folhas

As amostragens das folhas foram realizadas no verão (primeira semana de fevereiro), época em que as folhas completavam seis meses de idade, ocasião em que atingiam maturidade fisiológica. Esse período correspondeu ao início, e aos 12 e 24 meses de condução do experimento, respectivamente. Em cada planta foram retiradas

quatro folhas basais de ramos sombreados no terço médio da copa. Em cada subparcela foram retiradas amostras de seis plantas, totalizando 24 folhas. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de plástico e conduzidas ao laboratório, não deixando-se ultrapassar dois dias da coleta. No laboratório, foram lavadas com água desionizada e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 70-75 °C, até peso constante, sendo então moídas. A seguir se fez a análise de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, e Zn).

A determinação do nitrogênio foi feita pelo método semi-microkjeldhal. Para o boro, fez-se a incineração do material vegetal e determinação colorimétrica. Para os demais nutrientes, procedeu-se a digestão nítrico-perclórica do material vegetal, sendo o fósforo determinado por colorimetria de molibdato-vanadato; o potássio por fotometria de chama; o cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês, através de espectrofotômetro de absorção atômica. No caso do enxofre, foi adotado o método de turbidimetria de sulfato de bário, enquanto o boro foi analisado pelo método da curcumina. As análises mencionadas estão descritas em Malavolta et al. (1997).

3.7. Pesagem da produção e mensurações do crescimento

Antes de cada sangria, foi efetuada a retirada do coágulo do corte anterior, sendo o mesmo enfiado em um arame preso à planta, para pesagem ao final do mês visando a determinação dos sólidos totais em estufa na temperatura de 70°C, até peso constante. Anualmente foram realizadas mensurações do crescimento do tronco à altura de 1,50 m do solo e da espessura de casca, assim como foi determinado o comprimento de cortes secos de acordo com a metodologia de Jobe-Duval (1986).

3.8. Diagnose do látex

Em abril de 1997, terceiro ano do experimento, foram determinadas as variáveis fisiológicas do látex (pH, sacarose, tióis, magnésio, fósforo e DRC), de acordo com a metodologia de Jacob et al. (1987), a fim de relaciona-las com os mecanismos da produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fertilidade do solo

4.1.1. Ano 1

Dados relativos às características químicas do solo (Tabela 2), registrados na fase inicial do experimento, revelaram uma acidez ‘muito alta’, tanto na camada de 0-10 e 11-20 cm, como na de 21-40 cm de profundidade, ficando o pH abaixo de 3,9 nas três faixas de profundidade estudadas. A fertilidade do solo encontrava-se muito baixa de acordo com os valores preconizados por Raij (1991), estando os teores de P em torno de 1 mg dm^{-3} , de K 0,6 - 0,9 $\text{mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e Mg muito baixos. Conseqüentemente, a soma de bases e a saturação por bases, também foram muito baixas com valores inferiores a 5,2 $\text{mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e 18 %, respectivamente. A saturação por alumínio foi superior a 60 % nas três profundidades, estando relacionado com o baixo valor do pH.

Os valores encontrados refletem a baixa concentração em bases trocáveis, característica dos solos ácidos, especialmente no horizonte superficial e isso pode ser atribuído à lixiviação de cátions metálicos do perfil, devido a ação das chuvas. Sob condições de baixo pH, o alumínio se comporta como um cátion dominante entre os elementos trocáveis, e no pH inferior a 5,0, observa-se uma alta concentração de alumínio trocável. Nessas condições há pouca disponibilidade de fósforo e a presença de matéria orgânica também é reduzida.

4.1.2. Ano 2

As médias relativas à amostragem de solos realizada aos quinze meses do início do experimento são apresentadas na Tabela 5. A análise de variância desses dados (Tabelas 6), não revelou diferença significativa entre tratamentos para a profundidade de 0-10 cm. Entretanto, mostrou efeito da interação adubação versus sistemas de exploração para a saturação por bases e o contraste Y(2) - ‘com versus sem calagem/adubação’, quanto à concentração de magnésio, sendo ambos significativos ao nível de 5 %. Em valores absolutos, observou-se uma ligeira elevação nos teores de matéria orgânica (M.O.), na concentração de P, Mg^{2+} , S e T (Figuras 1A, 2A, 3B, 5A e 5B, respectivamente), em decorrência da adubação e calagem, e redução da concentração de alumínio (Figura 4A), no tratamento T2 - ‘só calagem’. O aumento de T do primeiro para o segundo ano foi acompanhado de uma alteração nas relações de troca no solo com incremento na soma de bases, notadamente devido ao Mg^{2+} , e diminuição da acidez potencial, o que contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo.

Na profundidade de 11-20 cm, observou-se efeito depressivo da adubação e da calagem sobre a concentração de potássio no solo, na comparação com a testemunha absoluta (Tabelas 5, 7 e Figura 2 B), o que é atribuído à maior presença do Ca^{2+} no complexo de troca e sua prevalescência na série liotrópica (Malavolta, 1976). Esses resultados foram mais evidentes nos tratamentos que não receberam K (T2, T3 e T4). Também houve efeito do subtratamento sistema de exploração S1, diminuindo a concentração de Mg^{2+} no solo, provavelmente devido à maior demanda deste nutriente na sangria em $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET. Na presença de N2P2, as doses de potássio promoveram um efeito quadrático significativo a 5 % sobre a concentração de Mg^{2+} (Tabela 9) o que pode ser estimado pela seguinte equação de regressão: $Mg^{2+} = -0,0005x^2 + 0,042x + 1,75$ (As equações de regressão quadrática por possuírem apenas três pontos apresentam $r^2 = 1$). O contraste Y3 - ‘N0P0K0Cal vs NPKCal’, que compara a calagem com a calagem + adubação, mostrou diferença estatística significativa a 5 % para a variável P,

Tabela 5. Médias de tratamentos para algumas características químicas das amostras de solos da área experimental, coletadas no ano 2.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P(resina) mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ mmolc dm ⁻³	S	T	V %	m %
Profundidade 0-10 cm												
1 - N0P0K0	3,78	19,50	3,62	0,96	2,37	2,25	6,87	7,75	7,58	50,83	14,95	47,87
2 - N0P0K0Cal	3,86	18,20	3,87	0,80	2,25	3,62	5,62	7,44	8,80	48,42	18,48	44,37
3 - N1P1K0Cal	3,82	19,00	5,12	0,80	1,87	4,00	6,62	2,56	9,42	46,92	19,50	42,25
4 - N2P2K0Cal	3,85	19,50	3,75	0,82	1,87	3,75	6,12	5,57	9,20	48,95	18,78	41,12
5 - N1P1K1Cal	3,87	18,70	4,12	1,02	2,00	3,75	5,87	5,25	9,40	47,65	19,78	39,50
6 - N2P2K1Cal	3,77	19,10	4,00	1,00	2,62	4,25	7,25	5,12	9,62	51,00	18,58	41,25
7 - N1P1K2Cal	3,78	19,70	3,12	1,10	2,62	3,50	7,25	8,83	9,10	51,10	18,42	41,25
8 - N2P2K2Cal	3,68	19,30	2,50	0,87	1,62	3,87	7,75	6,74	9,25	50,25	18,36	48,12
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	3,40	18,70	3,65	0,92	2,15	3,59	6,75	6,74	9,05	48,83	18,50	44,00
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	3,40	19,50	3,87	0,91	2,15	3,65	6,59	5,93	9,04	49,95	18,21	42,43
Profundidade de 11-20 cm												
1 - N0P0K0	3,67	16,75	2,12	1,30	3,37	1,87	8,87	43,75	6,50	50,30	12,74	59,75
2 - N0P0K0Cal	3,70	16,50	1,25	0,65	3,62	2,37	8,25	44,75	6,65	51,40	13,41	56,25
3 - N1P1K0Cal	3,62	16,37	1,75	0,70	2,37	1,87	8,87	40,50	4,95	45,45	10,94	64,00
4 - N2P2K0Cal	3,56	16,00	1,75	0,66	2,50	1,75	10,10	45,87	4,91	50,78	9,80	65,12
5 - N1P1K1Cal	3,60	16,50	1,75	0,92	2,25	2,00	9,12	43,12	5,17	48,30	10,73	64,00
6 - N2P2K1Cal	3,63	17,37	2,25	0,85	3,50	2,62	9,12	43,37	6,97	50,35	13,47	56,75
7 - N1P1K2Cal	3,56	16,75	1,75	1,01	2,50	2,00	9,75	47,50	5,51	53,01	10,53	63,87
8 - N2P2K2Cal	3,53	16,12	2,00	0,83	2,75	1,87	9,87	46,00	5,46	51,46	10,76	65,62
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	3,59	16,18	1,81	0,87	2,78	1,90	9,46	44,21	5,46	49,68	11,12	63,53
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	3,63	16,90	1,84	0,95	2,93	2,18	9,03	44,50	6,07	50,57	10,76	60,31
Profundidade de 21-40 cm												
1 - N0P0K0	3,60	15,12	1,37	0,72	2,37	1,50	10,00	42,12	4,60	46,72	9,71	68,00
2 - N0P0K0Cal	3,63	15,37	1,25	0,60	2,12	1,62	9,50	39,75	4,47	44,22	9,99	67,25
3 - N1P1K0Cal	3,61	16,00	2,75	0,60	1,87	1,87	9,00	42,50	4,35	46,85	9,39	66,87
4 - N2P2K0Cal	3,53	15,62	1,50	0,56	1,87	1,50	10,62	44,12	3,93	48,06	8,37	71,37
5 - N1P1K1Cal	3,58	15,75	2,12	0,82	2,00	1,50	9,75	43,50	4,32	47,82	8,97	68,87
6 - N2P2K1Cal	3,55	16,12	2,87	0,82	2,62	1,62	9,87	42,75	5,07	47,82	10,27	64,62
7 - N1P1K2Cal	3,55	15,62	2,12	0,82	2,62	1,87	9,25	42,00	5,32	47,32	11,95	61,87
8 - N2P2K2Cal	3,51	15,87	2,50	0,95	1,62	1,37	10,50	44,87	3,95	48,82	9,21	72,87
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	3,57	15,53	1,90	0,73	2,15	1,59	9,84	42,31	4,84	46,79	9,71	68,53
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	3,57	15,84	2,21	0,74	2,12	1,62	9,78	43,09	4,52	47,61	9,76	66,90

Tabela 6. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletadas no ano 2 na profundidade de 0-10 cm (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adubação	7	0,4	0,26	1,17	0,68	0,76	0,74	1,1	0,67	0,17	0,4	0,27	0,21
Y(1) Com vs Sem Cal	1	0,3	0,86	0,78	0,69	0,04	0,03	0,19	0,77	0	0,64	0,05	0,26
Y(2) Com vs Sem Cal/adub.	1	0,04	0,15	0,05	0,09	0,3	4,41*	0,09	1,73	1,03	0,36	1,65	0,5
Y(3) N0P0K0Cal vs NPKCal	1	0,36	0,95	0,02	0,84	0,1	0,09	2,39	0,02	0,1	0,1	0,02	0,08
Y(4) K0 vs K1,K2	1	0,45	0	2,67	2,44	0,87	0	1,14	0,98	0	0,85	0,02	0,02
Y(5) N1P1 vs N2P2 (K0)	1	0,03	0,14	1,89	0,02	0,01	0,06	0,25	0,45	0	0,31	0,03	0,01
Y(6) K1 vs K2	1	0,82	0,43	3,13	0,03	0,19	0,2	1,74	0,51	0,05	0,27	0,08	0,38
Y(7) N1P1 vs N2P2 (K1)	1	0,54	0,08	0,02	0,02	1,08	0,25	1,87	0,87	0,01	0,84	0,09	0,02
Y(8) N1P1 vs N2P2 (K2)	1	0,54	0,08	0,39	1,32	2,76	0,14	0,25	0,09	0	0,05	0	0,01
Resíduo (A)	21	4,22	4,8	3,86	5,16	1,02	1,93	1,93	1,71	2,5	1,73	2,44	2,62
Sistemas de exploração	1	0,88	5,96	0,74	0,05	0	0,03	0,19	0,77	0	0,64	0,05	0,26
Adubação*Sist. de exploração	7	1,85	0,54	0,67	0,86	0,88	1,63	2,36	2,76	1,98	0,98	3,2*	1,9
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		3,8	19,11	3,76	0,92	2,15	3,62	6,67	40,3	9,04	49,3	18,3	43,21
CV (%)		3,49	6,41	27,03	18,6	55,4	39,31	21,71	12,6	30,4	11,2	27,9	28,46

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %.

Tabela 7. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletadas no ano 2 na profundidade de 11-20 cm (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adução	7	0,84	0,52	1,39	0,98	1,1	1,31	1,11	0,67	1,05	0,67	0,88	2,40*
Resíduo (A)	21	2,95	1,91	0,9	1,1	2,2	2,05	2,72	1,24	2,07	1,39	1,74	3,33
Y(1) Com vs Sem Cal	1	0,08	0,09	5,68*	4,40*	0,11	1,83	0,56	0,07	0,01	0,08	0,1	0,31
Y(2) Com vs Sem Cal/adub.	1	1,14	0,14	1,49	4,46*	1,09	0,5	0,46	0,06	1,06	0	0,7	0,27
Y(3) N0P0K0Cal vs NPKCal	1	2,27	0	2,97	0,59	2,96	1,58	3,69	0,02	1,75	0,25	2,08	2,11
Y(4) K0 vs K1,K2	1	0,03	0,96	0,7	1,41	0,47	1,91	0	0,63	1,48	1,22	0,58	0,27
Y(5) N1P1 vs N2P2 (K0)	1	0,5	0,2	0	0,01	0,03	0,11	2,22	2,07	0	1,84	0,28	0,03
Y(6) K1 vs K2	1	1,21	0,72	0,23	0,03	0,22	2,06	1,35	1,76	0,53	1,1	0,92	0,97
Y(7) N1P1 vs N2P2 (K1)	1	1,14	0,97	0,76	0,48	0,25	3,28	2,53	1,19	1,15	0,4	2,07	1,33
Y(8) N1P1 vs N2P2 (K2)	1	0,29	0,48	0,01	0,36	1,67	0,2	1,86	0,03	0,87	0,25	0,41	0,08
Sistemas de exploração	1	2,12	5,65	0,03	1,36	0,39	4,76*	2,97	0,03	2,37	0,29	1,1	3,48
Adução*Sist. de exploração	7	2,18	0,69	0,98	0,8	1,28	1,54	3,07	0,74	1	0,88	0,79	2,06
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		3,61	16,5	1,82	0,86	2,85	2,04	9,25	44,3	5,77	50,1	11,5	61,92
CV (%)		2,85	7,31	42,33	68	35	25,17	10,97	15,1	27,4	13,3	28,2	11,13

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %.

Tabela 8. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletadas no ano 2 na profundidade de 21-40 cm (Faz. S. José, Buriama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adubação	7	2,59	0,49	1,46	3,09*	0,74	0,61	0,66	0,26	0,61	0,20	0,61	0,75
Y(1) Com vs Sem Cal	1	0,26	0,14	0,03	1,24	0,17	0,14	0,25	0,30	0,30	0,33	0,02	0,02
Y(2) Com vs Sem Cal/adub.	1	0,30	1,66	1,98	0,04	0,34	0,25	0,08	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01
Y(3) N0P0K0Cal vs NPKCal	1	1,97	0,83	3,54	3,67	0,00	0,00	0,19	1,16	0,00	1,16	0,04	0,01
Y(4) K0 vs K1,K2	1	0,31	0,01	0,39	15,9*	0,86	0,21	0,00	0,00	0,93	0,03	1,04	0,34
Y(5) N1P1 vs N2P2 (K0)	1	1,03	0,32	2,86	0,11	0,00	1,28	2,69	0,14	0,21	0,08	0,27	0,61
Y(6) K1 vs K2	1	0,52	0,16	0,13	0,62	0,19	0,07	0,01	0,03	0,71	0,00	0,44	0,55
Y(7) N1P1 vs N2P2 (K1)	1	0,26	0,32	1,03	0,00	1,07	0,14	0,02	0,45	2,39	0,12	1,97	3,67
Y(8) N1P1 vs N2P2 (K2)	1	0,26	0,14	0,26	1,24	2,74	2,28	1,59	0,53	0,13	0,37	0,45	0,32
Resíduo (A)	21	0,66	1,01	1,78	2,62	0,99	0,92	1,60	1,24	0,95	1,24	0,83	1,17
Sistemas de exploração	1	0,03	0,91	1,27	0,07	0,01	0,03	0,03	0,16	0,01	0,18	0,00	0,38
Adubação*Sist. de exploração	7	2,08	1,43	0,11	0,59	1,00	0,33	0,59	0,65	0,65	0,79	0,53	0,60
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		3,57	15,7	2,06	0,73	2,14	1,6	9,81	42,7	4,5	47,2	9,73	67,71
CV (%)		2,08	8,35	53,75	18,8	39,8	42,77	15,94	18,1	40,5	16,4	44,1	15,67

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %.

Tabela 9. Valores do teste F de contrastes de regressão linear e quadrática de algumas características das amostras de solos da área experimental, coletadas nos anos 2 (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Contrastes	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
----- profundidade de 0-10 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,08	0,31	4,00	2,34	1,55	0,25	0,39	1,81	0,02	1,30	0,07	0,01
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	1,41	0,01	1,56	0,07	0,17	0,02	2,61	0,14	0,00	0,13	0,01	0,49
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	0,34	0,29	0,00	0,20	0,26	0,00	1,49	0,27	0,01	0,18	0,06	0,07
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	0,00	0,07	1,02	0,78	2,82	0,26	0,13	0,12	0,04	0,19	0,00	0,15
----- profundidade de 11-20 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,50	0,20	0,00	1,02	0,03	0,11	1,09	3,51	0,24	3,68	0,04	0,01
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	0,08	0,02	0,46	0,32	0,11	0,11	0,09	0,00	0,23	0,30	0,20	0,01
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	0,01	0,01	0,00	0,07	0,08	0,04	0,07	0,07	0,00	0,07	0,00	0,01
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	1,30	3,29	1,39	0,14	1,84	6,46*	1,45	0,63	3,28	0,05	2,94	3,40
----- profundidade de 21-40 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,72	0,30	0,72	4,00*	1,54	0,00	0,06	0,01	1,20	0,01	1,71	0,76
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	0,11	0,14	1,83	11,8**	0,22	0,14	0,02	0,03	0,00	0,03	0,18	0,07
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	0,01	0,01	0,24	1,33	0,17	1,71	0,53	0,11	0,44	0,04	1,00	0,82
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	0,15	0,43	1,87	0,50	2,80	0,43	0,64	0,22	2,15	0,03	0,77	2,27

* - significativo ao nível de 5 %; ** - significativo ao nível de 1 %.

Figura 1. Efeito da calagem e/ou adubação sobre o pH (A) e o teor de M. O. (B).

Figura 2. Efeito da calagem e/ou adubação sobre a concentração de fósforo (A) e potássio (B) no solo.

Figura 3. Efeito da calagem e/ou adubação sobre a concentração de magnésio (A) e cálcio (B) no solo.

Figura 4. Efeito da calagem e/ou adubação sobre a concentração de alumínio (A) e a acidez potencial (B) no solo.

Figura 5. Efeito da calagem e/ou adubação sobre a soma de bases (A) e a capacidade de troca catiônica (B) do solo.

Figura 6. Efeito da calagem e/ou adubação sobre a saturação do solo por bases (A) e por alumínio (B).

mostrando ser necessária a adição de fósforo para aumentar a concentração deste elemento na profundidade de 11-20 cm, o que ocorreu em valores pouco expressivos com as doses 1 e 2. A capacidade de troca de cátions teve uma ligeira elevação em relação ao ano anterior (Figura 5B), tanto em decorrência de um pequeno aumento da soma de bases, como pelo incremento da acidez potencial, com o resultado sem diferença significativa entre tratamentos. Como consequência do aumento proporcional de $H^+ + Al^{3+}$ nessa profundidade, a saturação por bases foi reduzida.

Na profundidade de 20-40 cm, houve diferença significativa entre tratamentos quanto à concentração de K^+ no solo. Neste caso, os níveis 1 (33,2 kg de K $ha^{-1} ano^{-1}$) e 2 (66,4 kg de K $ha^{-1} ano^{-1}$) deste elemento superaram o nível 0, mostrando inclusive um efeito linear tanto na presença de N1P1 como de N2P2 (Figuras 7A e 7B). Essa presença do K^+ pode ser explicada pela lixiviação do mesmo, formando par iônico com ânions como o SO_4^{2-} . Esses tratamentos também mostraram ligeira superioridade em relação ao tratamento T 2 - ‘só calagem’, embora não tenham apresentado diferença significativa.

Não foi observada diferença significativa entre sistemas de exploração, mas se verificou um efeito de interação entre adubação vs. sistemas de exploração para a saturação por bases (0-10 cm), mostrando que a exportação de nutrientes pela sangria foi amenizada com a adubação, o que permitiu um valor de V em torno de 18,5 %, mesmo pouco expressiva, enquanto a testemunha apresentou uma saturação de apenas 14,9 % (Tabelas 5 e 6).

O manejo com calagem e adubação promoveu alterações na constituição química do solo já neste ano, despontando como resultados de maior destaque o aumento na concentração de Mg^{2+} no horizonte superficial (Figura 3A), saindo da faixa de 2,0 para 4,0 $mmol\, dm^{-3}$, que, entretanto, ainda ficou abaixo do valor preconizado por Raij (1991), bem como a maior distribuição do Ca^{2+} na profundidade de 11-20 cm (Figura 3B). Apesar da redução nos valores da saturação por Al^{3+} e na acidez potencial na faixa de 0-10 cm, não foi constatada uma alteração no valor médio do pH, nem um incremento significativo na saturação por bases. Mesmo assim, houve um ligeiro aumento na soma de bases. Em

Tabela 10. Médias de tratamentos para algumas características químicas das amostras de solos da área experimental, coletadas no ano 3.

Tratamentos	pH	M.O. g dm ⁻³	P(resina) mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
	CaCl ₂			mg dm ⁻³				m molec dm ⁻³			%	%
Profundidade 0-10 cm												
1 - N0P0K0	3,90	13,80	2,37	0,93	3,00	2,87	7,00	46,25	7,81	54,06	14,82	43,12
2 - N0P0K0Cal	4,58	15,60	2,50	0,76	2,87	10,12	1,37	31,87	23,30	55,26	41,77	9,50
3 - N1P1K0Cal	4,25	16,80	7,12	0,78	4,50	9,35	2,75	38,25	25,00	63,28	37,98	12,87
4 - N2P2K0Cal	4,50	18,00	7,62	0,82	4,00	13,62	1,37	35,25	37,90	73,20	48,76	8,62
5 - N1P1K1Cal	4,41	15,80	6,37	1,01	3,62	12,50	2,37	31,62	33,00	64,63	47,35	12,25
6 - N2P2K1Cal	4,15	15,50	14,87	0,92	4,75	12,00	5,50	39,37	26,80	66,17	38,42	29,25
7 - N1P1K2Cal	5,16	16,30	9,62	1,12	3,12	9,62	1,50	35,62	28,80	64,50	44,21	8,37
8 - N2P2K2Cal	4,36	15,60	17,75	1,13	3,62	8,12	2,62	40,00	24,50	64,51	37,35	14,37
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	4,54	16,10	8,75	0,96	3,62	10,43	2,59	38,40	27,70	66,21	39,75	13,84
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	4,28	15,70	8,31	0,91	3,75	9,12	3,53	36,09	24,10	60,19	37,92	20,75
Profundidade de 11-20 cm												
1 - N0P0K0	3,83	11,62	1,87	0,61	4,62	2,00	8,25	47,37	7,12	54,61	13,40	53,37
2 - N0P0K0Cal	3,82	11,50	1,25	0,52	4,50	3,12	7,25	47,00	8,15	55,15	14,65	44,37
3 - N1P1K0Cal	3,83	12,87	2,50	0,53	6,00	3,50	6,75	46,12	10,03	56,16	17,64	42,80
4 - N2P2K0Cal	3,81	12,25	2,50	0,68	7,12	4,50	6,75	48,25	12,31	60,56	20,01	41,62
5 - N1P1K1Cal	3,87	13,25	3,75	0,85	5,62	3,50	6,37	48,37	9,97	58,35	17,63	40,00
6 - N2P2K1Cal	3,80	12,00	2,50	0,76	5,00	2,00	8,12	54,12	7,76	61,88	12,96	53,25
7 - N1P1K2Cal	3,77	11,25	5,00	0,90	4,75	3,00	8,62	48,00	8,65	56,65	15,87	49,62
8 - N2P2K2Cal	3,81	12,12	4,87	0,82	6,37	3,37	7,12	48,87	10,57	59,45	17,94	43,62
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	3,83	11,93	3,43	0,71	5,81	3,09	7,53	47,62	9,61	57,24	16,82	46,00
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	3,80	12,28	2,62	0,71	5,18	3,15	7,28	49,40	9,05	58,46	15,71	45,90
Profundidade de 21-40 cm												
1 - N0P0K0	3,85	10,12	1,37	0,60	3,00	2,00	8,00	42,75	5,60	48,35	11,65	58,00
2 - N0P0K0Cal	3,82	9,50	1,00	0,38	2,87	1,87	8,25	41,25	5,13	46,38	11,12	62,50
3 - N1P1K0Cal	3,78	10,75	1,25	0,52	4,50	2,50	8,87	44,00	7,52	51,52	14,54	54,12
4 - N2P2K0Cal	3,72	10,50	1,12	0,55	4,00	2,50	9,62	49,87	7,05	56,92	12,26	58,62
5 - N1P1K1Cal	3,91	12,25	1,37	0,88	3,62	2,00	7,50	44,75	6,51	51,26	13,28	54,00
6 - N2P2K1Cal	3,82	11,25	1,87	0,62	4,75	2,12	9,00	48,87	7,50	56,37	13,64	55,62
7 - N1P1K2Cal	3,67	10,87	2,25	0,67	3,12	1,62	9,37	50,00	5,42	55,42	10,08	63,50
8 - N2P2K2Cal	3,75	11,75	2,00	0,62	3,62	1,62	8,62	47,00	5,87	52,87	11,66	59,50
1 - ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5% 10/y	3,79	10,78	1,75	0,57	3,62	2,15	8,71	46,37	6,35	52,73	12,34	57,93
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET 5,0% 10/y	3,79	10,96	1,31	0,64	3,75	1,90	8,59	45,75	6,29	52,04	12,22	58,53

que pese à aplicação dos níveis de fósforo e potássio, a concentração desses elementos no solo ainda se manteve abaixo do recomendado por Raij (1991).

Figura 7 - Efeito de níveis de potássio na presença de N1P1 (A) e N2P2 (B) sobre a concentração K^+ na profundidade de 21-40 cm no segundo ano do experimento.

4.1.3. Ano 3

Os dados da análise de solo realizada no ano 3 são apresentados na Tabela 10. Os resultados observados na, na profundidade de 0-10 cm, não revelaram diferença significativa entre tratamentos para a concentração de fósforo, magnésio, alumínio, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio (Tabela 11). Os tratamentos com calagem e adubação NPK (T3 a T8) aumentaram significativamente a concentração de fósforo no solo, e na comparação com os tratamentos T1 - 'testemunha absoluta' e T2 - 'só calagem', promoveu incremento de 2,37 a 2,50 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente, para até 17,75 $mg\ dm^{-3}$, em 'N2P2K2Cal' (Figura 2A). Esse efeito foi devido ao aumento do pH, tornando o fósforo disponível, bem como pela adição deste elemento. Na presença de N1P1, os níveis de K promoveram um efeito linear crescente e significativo a 5 % sobre o pH, que passou de 4,2 em K0 para 5,2 em K2, e na concentração de K^+ que aumentou de 0,78 para 1,12 $mmol\ dm^{-3}$ entre os níveis citados (Figuras 8A e 8B). Na presença de N2P2, doses crescentes de K aumentaram a concentração de fósforo (Figura 8C) e potássio (Figura 8D), sugerindo um efeito de interação entre P e K no solo. Devido ao aumento nas doses de K com N2P2, o fósforo disponível no solo passou do nível 'muito

baixo' para 'baixo' e 'médio' com as doses de 0, 33,2 e 66,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Tabela 10). O aumento nas doses de K promoveu efeito linear decrescente sobre a concentração de Mg²⁺ (Tabela 14; Figura 8E), mostrando o antagonismo entre ambos no solo como reportado por Malavolta, (1976) e Marshner (1997). Os tratamentos com calagem e adubação (T3 a T8) e só calagem (T2), superaram a testemunha absoluta (T1) no aumento da concentração de magnésio, soma de bases, saturação por bases e na diminuição de H⁺ + Al³⁺, Al³⁺, e saturação em alumínio (m), sendo isso devido a aplicação do calcário. Par as últimas duas variáveis, observou-se um efeito quadrático altamente significativo para as doses de K na presença de N2P2, cujas equações são: Al³⁺ = -0,0032x² + 0,23x + 1,37** e m = -0,0161x² + 1,1562x + 8,62**. O calcário dolomítico, que possuía PRNT correspondente a 61 %, apresentou uma reação lenta, mostrando efeitos mais evidentes no segundo ano, o que contribui para a elevação da soma de bases, saturação por bases e redução do alumínio trocável que ocorre sob condições de acidez elevada dos solos.

O complexo de troca do solo passou a ter uma maior proporção de Mg²⁺, cuja concentração se elevou em média de 2,15 para 10,42 mmol_c dm⁻³ entre os anos 1 e 3, passando o solo a apresentar 'alta concentração' deste cátion. Na comparação entre a 'testemunha absoluta' - T1 e o tratamento 'só calagem' - T2, nota-se que o calcário promoveu uma ligeira redução do K⁺, embora não significativa, e uma elevação significativa do Mg²⁺, que apresentou valores de 2,97 e 10,12 mmol_c dm⁻³ para 'testemunha absoluta' e 'só calagem', respectivamente. Esse resultado merece um registro particular no estudo da nutrição da seringueira, sobretudo pelo papel que ambos os nutrientes desempenham no metabolismo dessa cultura, deixando evidente a necessidade de complementação com a adubação potássica. Nos tratamentos que receberam calagem, a relação Ca²⁺+Mg²⁺/K⁺ ficou em média de 15,63/1 enquanto a testemunha absoluta mostrou uma relação de 6,31/1. Os tratamentos T7 (N1P1K2C) e T8 (N2P2K2C) apresentaram respectivamente as relações de 11,37/1 e 10,38/1, sendo esses valores bem próximos da relação 13,3/1 reportada por Usherwood (1982) como recomendável para um bom equilíbrio entre essas bases. Entretanto, a elevada proporção de Mg²⁺ em relação

ao Ca^{2+} pode provocar uma absorção demasiada de Mg^{2+} e causar um desequilíbrio nutricional e metabólico da seringueira.

Na profundidade de 11-20 cm não se observou efeito significativo entre tratamentos, mas a aplicação do contraste Y(3) mostrou que os tratamentos com calagemNPK incrementaram a concentração de fósforo e potássio no solo quando comparados ao tratamento T2 - 'só calagem' (Tabelas 10 e 12, Figuras 2A e 2B, respectivamente). Os níveis K1 e K2 diminuíram o Mg^{2+} quando comparados a K0. A calagem aumentou a concentração de Mg^{2+} em relação à testemunha que apresentou apenas uma concentração no solo de $2,87 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, enquanto os tratamentos com calagem apresentaram de 8,12 a $13,63 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$. Com o aumento das doses de K, foi observado um efeito linear para a concentração de K^+ e saturação por alumínio na presença de N1P1 e N2P2, respectivamente (Figuras 9A e 9B) e quadrático para Mg^{2+} e saturação por bases, na presença de N2P2, conforme as equações seguintes: $\text{Mg}^{2+} = 0,0018x^2 - 0,1336x + 4,5^{**}$ e $V = 0,0055x^2 - 0,3935x + 20,01^*$, .

Em valores absolutos, observou-se um aumento do cálcio trocável no solo, principalmente nos tratamentos que receberam calagem e não receberam potássio - T3 e T4 que apresentaram uma concentração em torno de $4,0 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$. Nos tratamentos com adubação e calagem, o valor de T passou de 45 a 53 para 55 a $62 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, sendo reflexo principalmente do aumento na soma de bases, salvo no tratamento N2P2K1C que aumentou mais a acidez potencial, chegando a 54,12, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores entre 47 e $48 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$. A saturação por bases evoluiu de valores entre 9 e 13 % para 12 a 20 %, ampliando a disponibilidade de nutrientes para a absorção pelas raízes nessa profundidade do solo.

Os valores e resultados das análises dos dados obtidos na profundidade de 21-40 cm são apresentados nas Tabelas 10, 13 e 14. Os valores do pH nos tratamentos com K1 foram estatisticamente superiores aos obtidos com K2. Na presença de N1P1 o efeito de K sobre o pH foi quadrático e significativo a 5 %, podendo ser calculado pela equação seguinte: $\text{pH} = 0,0002x^2 + 0,0095x + 3,78$. Para a variável fósforo, verificou-se efeito significativo entre tratamentos ao nível de 5 %. Na aplicação de contrastes entre

Tabela 11. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletada no ano 3 na profundidade de 0-10 cm (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adubação	7	2,05	1,22	5,55**	1,73	1,46	3,06*	6,47**	1,40	3,35**	1,54	3,79**	6,44*
Resíduo (A)	21	0,93	0,90	1,37	1,32	1,04	1,26	0,81	3,32	1,21	1,56	1,34	0,80
Y(1) Com vs. Sem Cal	1	3,53	1,31	0,05	1,26	0,02	7,24*	23,6**	6,24*	5,52*	0,02	13,0**	23,6**
Y(2) Com vs. Sem Cal/adubação	1	4,54*	4,30	8,09**	0,01	1,65	15,0**	26,4**	5,59*	16,2**	3,94	22,1**	31,8**
Y(3) N0P0K0Cal vs. CalNPK	1	0,17	0,41	10,4**	3,00	2,96	0,13	2,20	1,21	1,32	4,1*	0,01	0,82
Y(4) K0 vs. K1,K2	1	0,43	2,91	5,69*	6,53*	0,89	0,32	1,75	0,00	0,59	0,59	0,11	1,57
Y(5) N1P1 vs. N2P2 (K0)	1	0,47	0,54	0,02	0,06	0,38	2,49	1,41	0,27	3,61	2,03	1,95	0,38
Y(6) K1 vs. K2	1	3,46	0,08	1,75	2,18	2,02	3,14	5,25*	0,33	0,45	0,03	0,15	3,67
Y(7) N1P1 vs. N2P2 (K1)	1	0,52	0,06	6,75*	0,32	1,93	0,03	7,29*	1,83	0,83	0,05	1,34	6,04*
Y(8) N1P1 vs. N2P2 (K2)	1	4,78*	0,24	6,17*	0,01	0,38	0,31	0,95	0,58	0,41	0,00	0,79	0,75
Sistemas de exploração	1	1,84	0,22	0,10	0,48	0,10	1,19	2,12	2,28	1,38	4,67	0,30	3,18
Adubação*Sist. de exploração	7	0,80	1,00	1,53	0,79	0,58	0,99	2,41	1,97	1,32	0,73	1,32	2,32*
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		4,4	16,0	8,5	0,9	3,7	9,8	3,1	37,3	25,9	63,2	33,8	17,3
CV (%)		17,1	20,2	65,4	28,8	43,0	49,2	84,0	16,9	47,8	17,6	34,2	89,6

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %; **significativo ao nível de 1 %.

Tabela 12. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletada no ano 3 na profundidade de 11-20 cm (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adubação	7	0,36	0,58	1,84	2,63	1,13	1,99	1,12	0,42	1,35	0,45	1,15	1,72
Y(1) Com vs. Sem Cal	1	0,03	0,01	0,19	0,48	0,01	1,84	0,83	0,01	0,05	0,05	0,59	1,89
Y(2) Com vs. Sem Cal/adubação	1	0,11	0,33	1,49	1,44	0,11	4,22*	1,34	0,11	2,37	0,77	1,77	2,91
Y(3) NOP0K0Cal vs. CalNPK	1	0,01	0,67	4,32*	6,00*	1,87	0,09	0,00	0,24	1,22	0,75	0,90	0,02
Y(4) K0 vs. K1.K2	1	0,05	0,27	3,05	8,29**	2,14	4,13*	1,45	0,68	2,35	0,04	1,87	1,44
Y(5) N1P1 vs. N2P2 (K0)	1	0,13	0,24	0,00	1,42	0,80	1,46	0,00	0,16	1,22	0,62	0,53	0,00
Y(6) K1 vs. K2	1	0,78	1,09	3,21	0,40	0,08	0,56	0,64	0,57	0,26	0,27	0,49	0,00
Y(7) N1P1 vs. N2P2 (K1)	1	1,14	0,97	0,76	0,48	0,25	3,28	2,53	1,19	1,15	0,40	2,07	4,09
Y(8) N1P1 vs. N2P2 (K2)	1	0,29	0,48	0,01	0,36	1,67	0,20	1,86	0,03	0,87	0,25	0,41	0,84
Resíduo (A)	21	1,66	1,83	1,14	2,27	1,42	1,90	1,65	1,89	1,99	2,38	2,00	1,30
Sistemas de exploração	1	1,32	0,54	1,47	0,00	1,41	0,04	0,34	0,87	0,59	0,45	0,92	0,00
Adubação*Sist. de exploração	7	1,20	0,63	0,38	0,97	1,17	0,31	0,90	1,38	0,95	1,55	1,02	0,51
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		3,8	12,1	3,0	0,7	5,5	3,1	7,4	48,5	9,3	57,8	16,3	46,0
CV (%)		2,9	15,5	88,4	23,5	38,3	38,5	23,1	15,8	31,6	12,5	28,2	25,0

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %.

Tabela 13. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características das amostras de solos coletada no ano 3 na profundidade de 21-40 cm (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Causas de variação	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
Blocos	3												
Adubação	7	1,19	1,30	2,46*	0,91	1,46	1,12	1,07	1,32	1,14	1,64	0,76	0,51
Y(1) Com vs. Sem Cal	1	0,06	0,33	0,83	1,01	0,02	0,08	0,07	0,13	0,13	0,22	0,94	0,41
Y(2) Com vs. Sem Cal/adubação	1	0,75	1,08	0,33	0,00	1,65	0,01	1,04	1,47	0,76	2,14	0,16	0,00
Y(3) N0P0K0Cal vs. CalNPK	1	0,37	4,30	4,23*	2,61	2,95	0,29	0,61	3,83	2,46	5,78*	0,65	0,84
Y(4) K0 vs. K1,K2	1	0,33	1,84	7,46**	1,64	0,89	5,61*	1,10	0,08	1,55	0,01	0,73	0,17
Y(5) N1P1 vs. N2P2 (K0)	1	0,41	0,05	0,09	0,01	0,38	0,00	0,59	2,03	0,14	1,67	0,93	0,41
Y(6) K1 vs. K2	1	5,07*	0,32	2,96	0,51	2,01	1,87	1,19	0,33	2,32	0,01	2,40	1,79
Y(7) N1P1 vs. N2P2 (K1)	1	0,80	0,84	1,48	1,55	1,93	0,08	2,37	1,00	0,61	1,50	0,02	0,05
Y(8) N1P1 vs. N2P2 (K2)	1	0,58	0,64	0,37	0,06	0,38	0,00	0,59	0,53	0,13	0,37	0,45	0,32
Resíduo (A)	21	0,75	0,52	0,62	2,38	1,03	0,98	0,77	1,39	1,02	1,72	0,87	0,83
Sistemas de exploração	1	0,01	0,06	2,83	0,83	0,09	1,20	0,05	0,13	0,01	0,19	0,01	0,02
Adubação*Sist. de exploração	7	0,40	0,30	0,91	0,69	0,58	0,86	0,63	1,12	0,37	1,21	0,43	0,31
Resíduo (B)	24												
Total	63												
Médias gerais		3,8	10,9	1,5	0,6	3,7	2,0	8,7	46,1	6,3	52,3	12,3	58,2
CV (%)		6,0	27,9	68,0	44,9	31,0	44,9	25,6	15,2	39,5	12,1	41,2	26,7

pH - CaCl₂; P - resina.

* - significativo ao nível de 5 %.

Tabela 14. Valores do teste F de contrastes de regressão linear e quadrática de algumas características das amostras de solos da área experimental coletadas nos anos 3 (Faz. S. José, Buritama, São Paulo).

Contrastes	G.L.	pH	M.O.	P(resina)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	V	m
----- profundidade de 0-10 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	6,22*	0,11	0,58	4,6*	2,89	0,01	1,17	0,21	0,32	0,03	0,65	0,42
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	0,14	2,42	9,57**	4,0*	0,21	4,16*	1,17	0,69	3,91	1,56	2,19	0,69
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	0,86	0,32	0,50	0,17	0,07	1,65	0,06	1,14	1,06	0,02	0,88	0,07
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	0,79	0,99	0,60	0,17	1,79	0,23	12,2**	0,12	0,57	0,20	0,48	8,78**
----- profundidade de 11-20 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,79	1,64	3,05	8,3**	0,99	0,36	2,90	0,13	0,45	0,01	0,30	1,35
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	0,00	0,01	2,76	1,19	0,36	1,84	0,12	0,01	0,71	0,04	0,40	40,6**
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	1,28	1,17	0,00	1,45	0,05	0,12	1,90	0,08	0,13	0,16	0,10	0,09
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	0,04	0,03	0,92	0,00	2,58	7,30**	1,55	1,49	4,25	0,15	4,5*	3,50
----- profundidade de 21-40 cm -----													
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	1,31	0,01	5,92*	0,51	2,88	3,74	0,26	2,11	2,78	0,87	3,56	1,76
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	0,06	1,31	4,53*	0,13	0,07	3,74	1,05	0,49	0,87	0,94	0,06	0,02
Y(3) Reg. Quad K (N1P1)	1	4,55*	2,31	1,11	2,48	0,21	0,03	3,71	0,4	0	0,37	0,22	0,62
Y(4) Reg. Quad K (N2P2)	1	0,31	0,02	0,77	0,04	1,79	0,03	0,02	0,01	0,9	0,17	0,67	0,32

* - significativo ao nível de 5 %; ** - significativo ao nível de 1 %.

médias, os tratamentos com ‘calagem + adubação’ superaram a ‘calagem’, bem como os níveis K2 e K1 superaram K0, no aumento da concentração de fósforo no solo, e o efeito linear foi significativo tanto com N1P1 como com N2P2 (Figuras 10 A e 10 B). Nesse mesmo contraste, observou-se redução de Mg^{2+} no solo com a aplicação de K, com efeito proporcional ao aumento da dose. Os tratamentos ‘calagem + adubação’ também aumentaram a capacidade de troca de cátions do solo quando comparados ao tratamento ‘T2 - só calagem’ e a ‘T1 - testemunha absoluta’ (Tabela 13). A concentração de alumínio em valores absolutos foi mais reduzida.

4.1.4. Anos 1-3

Nos trabalhos realizados com plântulas, tem-se verificado que a seringueira é tolerante à alta concentração de alumínio (Santana et al., 1977; Carvalho et al., 1985; Bueno, 1987). Essas informações, entretanto, não descartam a necessidade de manejo da fertilidade do solo através da calagem e adubação, uma vez que essas práticas contribuem para o aumento da disponibilidade de fósforo, redução do alumínio trocável, assim como incrementam a disponibilidade de bases trocáveis de importância sob o ponto de vista nutricional. Tais condições são mais adequadas para se alcançar ganhos expressivos de produtividade, mantendo-se o ‘status’ fisiológico da cultura.

Numa abordagem sobre os resultados acumulados, deduz-se que a calagem teve seus efeitos mais pronunciados no horizonte superficial. Ela elevou o pH de valores entre 3,7-3,8 para 4,2-5,1 entre os anos 1 e 3 (T2 a T8). Com a adubação e calagem, a concentração de fósforo passou de ‘muito baixa’, com valores entre 1,0 e 1,7 $mg\ dm^{-3}$, a até ‘média’ com a dose 2 de fósforo, proporcionando concentrações entre 15,0 a 17,0 $mg\ dm^{-3}$, no horizonte superficial. Apesar do aumento nas doses de potássio, só se observou incremento significativo na concentração deste cátion no solo, na comparação entre K0 com K1 e K2 no ano 2 (21-40 cm) e no ano 3 (0-10 e 11-20 cm). Na profundidade de 11-20 cm, a calagem resultou em menor disponibilidade de K^{+} no solo, devido a sua competição com magnésio e cálcio por sítios de adsorção no complexo de troca,

sobretudo com o último, presente em maior proporção nessa profundidade, visto que os cátions bivalentes citados, por possuírem maior raio iônico, levam vantagem sobre o potássio.

Figura 8. Efeito de níveis de potássio na presença de N1P1 sobre o pH (A), e a concentração de K^{++} (B), e na presença de N2P2 sobre a concentração de P (C), K^{++} (D) e Mg^{++} (E) na profundidade de 0-10 cm do solo, no terceiro ano do experimento.

Figura 9. Efeito de níveis de potássio na presença de N1P1 sobre a concentração de K^{++} (A), e de N2P2 saturação por alumínio – m (B) na profundidade de 11-20 cm do solo no terceiro ano do experimento.

Figura 10. Efeito de níveis de potássio sobre a concentração de P na presença de N1P1 (A) e N2P2 (B), na profundidade de 21-40 cm no terceiro ano do experimento.

O cálcio apresentou maiores valores na profundidade de 11-20 cm no terceiro ano, mas sem diferença significativa entre os tratamentos. O magnésio teve aumentos acentuados nos tratamentos com calagem, sobretudo na profundidade de 0-10 cm no ano 3. A concentração de Al^{3+} , foi reduzida, passando de 5,0 a 7,0 mmol dm^{-3} para 1,0 a 2,6 nos tratamentos com calagem, sendo esse efeito também restrito ao horizonte superficial. A saturação por Al^{3+} foi diminuída com a calagem, passando de 70 % para valores em torno de 15 %. Em contrapartida, a acidez potencial, que diminuiu no segundo

ano, voltou a aumentar no terceiro, sendo isso devido a adição de íons H^+ oriundos da nitrificação do NH_4^+ . A soma de bases apresentou valores crescentes entre os três períodos, o que contribuiu para que a saturação por bases passasse de 15 para 43 % nos tratamentos com adubação e calagem. A capacidade de troca de cátions aumentou de 35 para $63 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, havendo uma mudança qualitativa no complexo de troca com o aumento na proporção de Mg^{2+} em substituição ao Al^{3+} e manutenção de concentrações elevadas de H^+ .

4.2. Estado nutricional da seringueira

Os valores obtidos na determinação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas da seringueira para os três anos do experimento são ilustrados nas Figuras 11 e 12, respectivamente. Na tabela 15 são apresentados os números correspondentes às faixas de teores totais de nutrientes, consideradas como adequadas para folhas da seringueira em produção, por Pushparajah (1992). Nos dados do início do experimento, observa-se que os teores de K encontravam-se dentro da faixa adequada, o Cu estava pouco abaixo do adequado, N, P, S e Zn abaixo e Ca, Mg, B, Fe e Mn acima da faixa. Essas informações demonstram que mesmo em um solo com baixas concentrações de K, a seringueira apresentou teores necessários desse nutriente nas folhas, sugerindo uma elevada capacidade de absorção pelas raízes dessa cultura. Os resultados estão em parte de acordo com Bataglia & Cardoso (1990), os quais observaram que a disponibilidade de Ca e Mg às plantas não foi afetada pela acidez do solo. Os baixos níveis de N, P, S e Zn são uma evidência de que nas condições naturais dos Latossolo Amarelo, álico, a seringueira não encontra o suprimento de nutrientes adequado para manifestar o seu pleno potencial produtivo.

Na análise de folhas realizada no segundo ano, não se observou diferença significativa entre tratamentos primários, entre secundários, e nem para a interação entre ambos (Tabela 16). O N apresentou teor entre $29,6$ e $31,3 \text{ g kg}^{-1}$, estando abaixo ao limite inferior da faixa adequada de acordo com o autor citado. Os valores dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn e Cu, estavam acima da faixa. O Zn se situou entre normal e

ligeiramente acima ou abaixo do normal. Com exceção do Mn, todos os nutrientes apresentaram valores mais elevados em relação ao ano anterior, independentemente do tratamento, sendo isso provavelmente devido a condições ambientais mais favoráveis, uma vez que a testemunha também mostrou acréscimo.

Tabela 15. Teores totais de macro e micronutrientes considerados adequados para a seringueira.

N	P	K	Ca	Mg	S
g kg^{-1}					
33,0-37,0	2,0-2,5	13,5-16,5	5,0-7,0	2,0-2,5	2,0-2,5
B	Cu	Fe	Mn	Zn	
mg kg^{-1}					
15	10	60-80	45-150	30	

Fonte: Pushparajah (1992)

A análise do terceiro ano mostra que o teor de N manteve-se abaixo da faixa adequada, sugerindo que as doses de N empregadas não foram suficientes para aumentar o teor de N nas folhas. Esse resultado difere de Falcão (1996) que encontrou aumento significativo nos teores de N e Cu nas folhas por efeito da adubação nitrogenada. O K apresentou-se ligeiramente abaixo, exceto em T1 e T6, o P mostrou teores adequados ou acima, o S adequado, e os nutrientes B, Cu, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn, acima do adequado (Figuras 11 e 12, Tabela 15). Os registros desse período sugerem um estado nutricional mais equilibrado em relação ao ano anterior, embora ainda mostrem que os teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn, estão acima da faixa preconizada, mas com valores mais reduzidos em relação ao período precedente. Nesse ano, houve diferença significativa entre tratamentos ao nível de 1 % para a variável fósforo (Tabela 17). O tratamento ‘calagem + adubação’ contribuiu para elevar o nível de fósforo nas folhas em relação a ‘testemunha absoluta’ e ao tratamento ‘só calagem’. Na ausência de K ou na presença de K2, o nível P2 (35 kg ha⁻¹ de P) superou o P1 (17,5 kg ha⁻¹ de P), com referência à variável fósforo nas folhas. A aplicação isolada de calcário resultou em teores de S nas folhas menores que os obtidos com os tratamentos Cal.NPK (T3 a T8), sendo isso devido a adição de enxofre pelo sulfato de amônio e superfosfato simples.

Tabela 16. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos, médias gerais e coeficientes de variação para os teores de macro e micronutrientes nas folhas da seringueira no segundo ano.¹

Causas de variação	G.L.	N	P	K	-----g kg ⁻¹ -----			-----mg kg ⁻¹ -----				
					Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3											
Adubação	7	0,63	0,42	1,27	0,66	0,34	1,23	0,43	0,71	0,25	0,6	0,77
Y(1) Com vs. Sem Calagem	1	0,02	0,63	1,87	0,12	0	0,49	0,56	0,04	0,05	1,69	0,91
Y(2) Com vs. Sem Cal/Adubação	1	0,01	0,35	0,46	0,12	0	3,49	0,01	0,51	0,01	1,01	0,04
Y(3) NOP0K0Cal vs. CalNPK	1	0,12	0,29	1,71	0,84	0	1,19	1,65	0,29	0,05	0,69	2,81
Y(4) K0 vs. K1, K2	1	1,00	0,05	3,15	0,04	0,04	0,3	0,46	0	0,59	0,14	0,05
Y(5) N1P1 vs. N2P2(K0)	1	2,76	0	0,68	1,57	0,88	0	0,07	0,32	0,05	0,12	1,38
Y(6) K1 vs. K2	1	0,01	0,43	2,52	0,01	1,08	2,07	0,42	0,8	0,76	1,13	0,31
Y(7) N1P1 vs. N2P2(K1)	1	0	1,42	0,37	0,35	0,08	0,34	0,26	0,79	0,05	0,01	0,25
Y(8) N1P1 vs. N2P2(K2)	1	0,49	0,44	0,03	1,67	0,28	1,22	0,12	2,24	0,21	1,14	0,53
Resíduo (A)	21	1,02	2,22	1,44	6,61	3,38	3,13	2,53	2,35	1,93	2,56	1,41
Sistemas de exploração	1	2,03	0,29	1,93	0,45	1,21	0,86	0	1,96	0,09	1,95	0,44
Adubação*Sist.Explotação	7	0,81	0,34	0,66	0,22	0,19	0,42	1,21	1,61	1,14	0,55	0,83
Médias gerais		30,09	2,72	20,79	15	6,8	3,42	36,29	17,51	246,73	279,04	30,65
CV (%)		6,32	9,29	24	12,98	11,69	7,08	12,69	19,88	15,02	24,92	12,26

¹Valores não significativos.

Tabela 17. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos, médias gerais e coeficientes de variação para os teores de macro e micronutrientes nas folhas da seringueira no terceiro ano.

Causas de variação	G.L.	N	P	K	-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----			
					Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3											
Adubação	7	1,16	8,98**	0,72	1,02	0,84	1,91	0,66	0,54	1,46	1,04	1,7
Resíduo (A)	21	0,8	0,39	2,74	1,38	5,29	0,95	2,79	2,18	1,5	1,21	0,58
Y(1) Com vs. Sem Calagem	1	0	0,71	2,07	0,47	1,7	0,31	1,26	0,06	1,88	1,21	0,07
Y(2) Com vs. Sem Cal/Adubação	1	0,41	15,65**	1,53	3,73	1,58	2,62	0,59	0,6	0,25	0,09	1,1
Y(3) N0P0K0Cal vs. CalNPK	1	0,59	34,27**	0,59	1,39	0,29	7,39*	0,68	1,59	2,3	4,14	0,67
Y(4) K0 vs. K1, K2	1	2,05	0,46	1,94	1,22	0,32	0,12	1,12	0,35	2,1	1,75	3,68
Y(5) N1P1 vs. N2P2(K0)	1	0,15	9,32**	0,17	0,26	0,62	0,26	1,45	0,23	1,55	0,76	1,92
Y(6) K1 vs. K2	1	0,59	0,17	0,24	0,1	1,81	0,05	0,06	0,12	2,03	0,04	1,94
Y(7) N1P1 vs. N2P2(K1)	1	0,22	0,04	0,5	0,29	1,17	0,44	0,63	0,92	1,51	0,15	2,5
Y(8) N1P1 vs. N2P2(K2)	1	4,15*	2,96	0,06	0,17	0,07	2,46	0,09	0	0,51	0,37	0,07
Sistemas de exploração	1	0,73	7,32**	0,03	0,01	0,38	1,16	8,05**	0,03	0,03	0,02	6,00*
Adubação*Sist.Explotação	7	1,21	0,91	0,32	0,51	1,19	0,85	1,29	1,04	1,44	1,82	0,57
Médias gerais		30,71	2,11	12,6	11,17	3,25	2,42	27,49	13,26	168,33	383,42	43,01
CV (%)		5,63	10,83	12,07	11,76	10,23	9,89	10,33	5,3	25,9	23,44	35,24

* - significativo ao nível de 5 %, ** - significativo ao nível de 1% .

Tabela 18. Valores do teste F de contrastes de regressão linear e quadrática, para os teores de macro e micronutrientes nas folhas da seringueira no segundo ano.

Contrastes	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,37	0,22	0,24	1,88	1,51	0,17	0,12	0,49	0,08	0,01	0,38
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	3,07	0,07	0,5	1,38	0,06	0,57	0,91	1,84	0	1,72	1,66
Y(3) Reg. Quadrática K (N1P1)	1	0,02	1,79	0,06	0,05	0,37	1,23	0,02	0,61	0,24	0,07	0,01
Y(4) Reg. Quadrática K (N2P2)	1	0,51	0,15	0,11	0,23	0,26	1,08	0,22	0,09	1,27	0,61	0,18

¹Valores não significativos.

Tabela 19. Valores do teste F de contrastes de regressão linear e quadrática, para os teores de macro e micronutrientes nas folhas da seringueira no terceiro ano.

Contrastes	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Y(1) Reg. Linear K (N1P1)	1	0,1	1,51	1,02	0,55	1,82	0,68	0,08	0,52	0,15	0	1,22
Y(2) Reg. Linear K (N2P2)	1	3,89	0,01	0,12	0,7	0,08	0,06	1,4	0,06	4,21	2,18	4,97**
Y(3) Reg. Quadrática K (N1P1)	1	0,22	1,59	0,19	0,14	1,22	0,05	0,06	0,17	0,89	0,55	2,44
Y(4) Reg. Quadrática K (N2P2)	1	0,15	2,14	1,33	0,61	0,02	0,04	0,04	0,17	1,07	0,2	1,47

** - significativo ao nível de 1%.

Figura 11. Efeito da adubação e calagem sobre os teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) nas folhas da seringueira.

Figura 12. Efeito da adubação e calagem sobre os teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E) nas folhas da seringueira.

Com referência ao zinco, houve efeito linear decrescente significativo ao nível de 5 % pela aplicação de doses de K, na presença de N2P2 (Tabela 18, Figura 13). Na presença de H_2PO_4^- pode ocorrer inibição não competitiva com Zn^{++} , fazendo com que um íon diminua a absorção do outro pela planta (Malavolta, 1976). Esse fenômeno, entretanto, não é associado na literatura ao aumento de doses de potássio. Na comparação entre os sistemas de exploração, se verificou que os níveis de P, B e Zn nas folhas foram maiores no sistema de exploração $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y quando comparado a $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10 /y, sugerindo uma maior demanda nutricional com este último, para com a esses nutrientes.

O levantamento do estado nutricional da seringueira não mostrou resultados expressivos por efeito dos tratamentos com calagem e adubação, como se obteve na avaliação da fertilidade do solo, neste trabalho. É provável que métodos de maior sensibilidade que envolvam os efeitos interativos entre os nutrientes, apresentem melhor resposta, por explorar melhor os resultados sobre os teores de nutrientes nas folhas, a exemplo do trabalho com o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS - Diagnosis and Recommendation Integrated System), realizado por Domingues (1994) em seringais na fase de crescimento.

Figura 13. Efeito de níveis de potássio na presença de N2P2 sobre o teor de zinco nas folhas da seringueira.

4.3. Produção de borracha seca

A produção de borracha seca evoluiu de uma média geral de 1.572 kg de b. s. ha⁻¹ no ano 1 para 2.055 no ano 2 e 1.072 em 6 meses do ano 3 (Figura 14). Os resultados mostraram que os efeitos mais evidentes da aplicação de K na presença de N e P, se refletiram sobre a produção de borracha seca. O tratamento ‘T6 - N2P2K1Cal’ se destacou com ganhos de 9, 19 % e 24 % sobre a ‘testemunha absoluta’ nos três períodos. Nas comparações através de contrastes entre médias de tratamentos (Tabela 20) o nível K1 superou o K2 no ano 1, enquanto que os níveis K1 e K2 superaram o K0 no terceiro período, notadamente na presença de N2P2. No nível K1, N2P2 apresentou diferença estatística sobre N1P1 mostrando um efeito de interação entre estes nutrientes. O nitrogênio é um dos constituintes de todas as proteínas e é consumido em quantidade relativamente grande pela planta, na constituição do seu protoplasma. O potássio tem um papel importante no carregamento do floema com produtos da fotossíntese, contribui com a manutenção do potencial osmótico e na conversão de energia nos cloroplastos. O fósforo intervém na glicólise, servindo como um elo entre a energia liberada pela respiração e as reações que demandam energia. A produtividade econômica da seringueira, envolve a partição de assimilados para os pontos de crescimento e o suprimento de metabólitos para o sistema laticífero, onde se processa a biossíntese da borracha. A regeneração do látex entre sangrias depende de um bom suprimento de sacarose. Um adequado suprimento de NPK contribui para a obtenção de boas produtividades e manutenção de um crescimento adequado.

Os resultados das equações de regressão mostraram efeito quadrático significativo a 5 % para K (N1P1) no ano 1 representado pela equação a seguir, $Prod = -0,1384x^2 + 9,2319x + 1499$, e também ao nível de 5 % para K (N2P2) nos anos 2 e 3, estimados respectivamente pelas equações: $Prod = -0,2459x^2 + 17,681x + 2008$ e $Prod = -0,1597x^2 + 11,928x + 1136$, evidenciando que as maiores produções foram obtidas com o nível K1 na presença de NP (Figura 14, Tabela 21). Os resultados também apontam que não houve efeito significativo da ‘calagem’ sobre a ‘testemunha absoluta’,

assim como não houve efeito de interação entre os tratamentos calagem e/ou adubação com os sistemas de exploração.

Figura 14. Efeitos da calagem, adubação e dos sistemas de exploração sobre a produção de borracha seca.

4.3.1. Influência dos sistemas de exploração

No primeiro ano, houve diferença significativa entre os sistemas de exploração quanto à produção de borracha seca com $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET superando $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET em 22 % (Tabela 20). No ano 2, passaram a se equivaler, e no terceiro período, $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET apresentou um incremento de 9 %, significativo a 1 % de probabilidade. No período acumulado, $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET ainda mostrou uma ligeira vantagem com incremento de 5 %, sendo isso devido à diferença expressiva do ano 1. Tal resultado ocorreu porque a exploração da seringueira em frequência de sangria semanal (d/6 6 d/7), exige um período de adaptação na fase inicial, como observado neste trabalho, mas com o passar do tempo, pode apresentar um desempenho superior, notadamente quando é

empregada adequada intensidade de estimulação. A produção sangrador/dia em $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET foi superior em 16 %, 50 e 64 %, em relação a $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET, nos períodos 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 22). Sob condições de baixos preços da borracha e elevados custos com a mão-de-obra, torna-se evidente a opção por este sistema em plantios de porte médio a grande. Contudo, ao se fazer a adoção do mesmo, deve-se implementar um adequado plano de estimulação e uma efetiva reposição de dias de sangria perdidos por chuvas ou outras causas. A passagem a $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 tornar-se-á mais consistente se adotadas práticas de manejo eficazes, sobretudo pelo uso da adubação, haja visto o incremento proporcionado por ‘N2P2K1Cal’ com ganho acumulado de 17 % sobre a ‘testemunha absoluta’ e acréscimos de 137 kg ha⁻¹ de borracha seca no primeiro ano, 375 kg no segundo e 267 kg em seis meses do terceiro período (Figura 14).

4.4. Incremento no perímetro do tronco

O início deste experimento se deu quando as plantas apresentavam um perímetro médio de 60 cm à altura de 1,50 m do solo. A rigorosa seleção das plantas úteis assegurou maior uniformidade nas parcelas experimentais. Os incrementos médios de 1,89 e 2,07 cm registrados respectivamente entre os anos 1 a 2 e 2 a 3 (Tabela 23) foram devidos ao ritmo de exploração implementado através do sistemas $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET e $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET, o que permitiu médias de produção superiores à 1.500 kg de borracha seca ha⁻¹ ano⁻¹, independentemente do tratamento. Não foi observado efeito de interação adubação versus sistemas de exploração, bem como não houve crescimento diferenciado na comparação entre $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET e $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET (Tabela 20). A calagem superou a ‘testemunha absoluta’ e os tratamentos com ‘adubação e calagem’, enquanto estes também superaram a ‘testemunha absoluta’ no incremento do perímetro do tronco entre o segundo e o terceiro período.

Tabela 23. Médias do perímetro do tronco (PT) e da espessura de casca (EC) das seringueiras com os respectivos incrementos (IPT e IEC) (Fazenda São José, Buritama, São Paulo).

Tratamentos	-----Perímetro do tronco-----					-----Espessura de casca-----				
	PT	PT	PT	IPT	IPT	EC	EC	EC	IEC	IEC
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Anos 1-2	Anos 2-3	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Anos 1-2	Anos 1-3
1 - N0P0K0	59,1	60,4	61,6	1,62	1,30	5,2	8,0	9,05	2,20	0,50
2 - N0P0K0Cal	59,2	61,4	64,3	2,16	3,01	5,3	8,1	8,70	1,68	0,78
3 - N1P1K0Cal	58,7	60,1	62,5	1,55	2,43	5,5	8,1	8,90	1,50	0,59
4 - N2P2K0Cal	58,1	60,3	62,3	2,10	2,03	5,1	7,8	8,50	1,70	0,65
5 - N1P1K1Cal	59,8	61,9	64,2	2,09	2,32	5,3	8,1	8,75	1,88	0,74
6 - N2P2K1Cal	61,6	63,9	65,8	2,32	1,87	5,3	8,4	9,10	1,96	0,98
7 - N1P1K2Cal	60,1	61,7	64,0	1,61	2,25	5,6	8,0	8,85	1,32	1,32
8 - N2P2K2Cal	60,1	62,3	63,6	2,23	1,34	5,5	8,3	8,45	1,81	0,83
1- ½ S d/4 6 d/7 ET	59,3	61,2	63,2	1,99	1,92	5,3	7,9	8,93	1,84	0,81
2 - ½ S d/6 6 d/7 ET	59,9	61,7	63,9	1,79	2,21	5,4	8,2	8,75	1,67	0,79
Médias gerais	59,6	61,5	63,6	1,89	2,07	5,3	8,1	8,78	1,75	0,80
C. V. (%)	4,13	4,01	4,20	53,7	55,4				36,7	

A partição dos compostos fotossintetizados na fase de produção da seringueira é direcionada para os sítios de crescimento e produção. Isso pode ser influenciado pela característica genética das plantas, condições ambientais, nutricionais, fitossanitárias e métodos de exploração. Templeton (1969), enfatizou que a partição de assimilados para a produção de fitomassa e biossíntese da borracha é um fenômeno governado por uma característica intrínseca do material genético. Em geral, um clone com alta capacidade de produção, apresenta uma menor taxa de acúmulo de matéria seca. De maneira inversa, se a produção for baixa, o acúmulo de matéria seca é mais acentuado. Sethuraj (1992), mesmo considerando que a produção de fitomassa é significativamente reduzida em árvores em exploração, considerou que há uma perda adicional de fitomassa nessa fase, não relacionada diretamente à produção, a qual pode ser determinada por um fator (1-k). Desse modo, a produção de fitomassa em árvores em exploração (W_a), seria estimada pelo produto entre a produção de fitomassa em árvores não exploradas (W_m) e o fator (1-k). Outras derivações dessa fórmula são apresentadas. Bernardes (1995), citando diversos autores, se reportou sobre o coeficiente de colheita empregado para quantificar a partição de assimilados de diferentes clones e avaliar o seu desempenho frente aos sistemas de exploração. Em trabalho com o clone RRIM 600 no

período de exploração precoce, este autor encontrou coeficientes de colheita entre 7,25 e 8,66 %, mostrando que mais de 90 % da energia assimilada pelas plantas foi utilizada para o crescimento. No estágio em que as plantas se encontravam na presente pesquisa e tendo em vista a intensidade de estimulação empregada, é provável que o coeficiente de colheita seja um pouco superior ao encontrado por Bernardes (1995) na sangria precoce. Esse valor, entretanto, não pode ser determinado por não se dispor de informações sobre o crescimento de plantas não sangradas na área experimental.

O efeito da calagem pode ser explicado pelas condições mais favoráveis ao crescimento das raízes, pois de acordo com Castro (1989), um fator importante da redução no crescimento e diminuição na produção de fitomassa em árvores sob sangria, está relacionado com alterações no sistema radicular e com as interações fonte-dreno. A energia requerida pelos processos de absorção iônica nas raízes é geralmente muito dependente do suprimento de carboidratos, sendo que o dreno da casca em sangria, imposto entre a fonte e o sistema radicular, pode reduzir o desenvolvimento e a eficiência das raízes, diminuindo a absorção de água e íons do solo, e conseqüentemente, a produtividade da fitomassa. Tal processo é dependente da fotossíntese, do tamanho e da atividade do dreno e da translocação, sendo que pode ser ampliado pela ativação do metabolismo do látex, através de estimulantes da produção, mas pode ser restringido pela interferência da sangria no transporte de sacarose. Segundo Templeton (1969), a extração do látex provoca uma perda de componentes essenciais ao metabolismo, tais como RNA, compostos de fósforo e outros nutrientes, o que amplia o efeito do dreno. Essa evasão qualitativa provocada pela sangria, pode ser compensada pela realização de calagem e adubação, sobretudo em solos ácidos, de baixa fertilidade.

4.5. Incremento na espessura de casca

Essa variável foi influenciada pelos tratamentos ‘só calagem’ e ‘calagem + adubação’ que promoveram incrementos significativos quando comparados com a ‘testemunha absoluta’ entre os anos 1 e 2 (Tabela 20 e 23). A variação nas doses de K na presença de N1P1, mostrou um efeito quadrático significativo a 5% entre os anos 1 e 2

que pode ser estimado pela equação $IEC \text{ (Anos 1-2)} = -0,0004x^2 + 0,031x + 1,32$, e linear, positivo e altamente significativo entre os anos 2 e 3 (Figura 15 e Tabela 21). O aumento da espessura de casca com a calagem pode ser atribuído principalmente ao efeito do cálcio, elemento constituinte dos pectatos que formam a lamela média na parede celular, sendo portanto importante nos sítios onde há atividade meristemática. Cristais de oxalato de cálcio, drusas, são freqüentemente encontrados na casca da seringueira e são escassos em plantas deficientes neste elemento (Shorrocks, 1979). Quanto ao efeito do K, há um aumento não só quantitativo, como qualitativo, tendo em vista que a ausência deste elemento pode limitar a espessura da casca e o número de vasos laticíferos, como reportado por Compagnon (1986) e Pushparajah (1969).

O incremento na espessura da casca, quando se considera o mesmo clone, pode se correlacionar diretamente com a expansão da casca macia, onde se encontram os vasos laticíferos mais jovens, funcionais e mais produtivos (Gomez, 1982). Sob condições de um adequado estado nutricional da planta, pode-se obter um espessamento maior e mais rápido da casca, o que favorece as condições do painel para futuras sangrias, facilitando o balanceamento. Esta prática, de grande importância na exploração dos seringais, possibilita uma melhor distribuição da área de drenagem, o que proporciona maiores produções, também permite uma gestão mais adequada do painel, melhorando a posição do corte na sangria, bem como evita o abaixamento do sangrador até a base do tronco e melhora o rendimento da mão-de-obra.

Figura 15. Efeito de níveis de potássio na presença de N2P2 sobre o incremento na espessura de casca entre os anos 2 e 3 do experimento.

4.6. Parâmetros fisiológicos do látex

A concentração de sacarose no látex no tratamento T 6 (N2P2K1Cal) foi estatisticamente superior à obtida com os demais (Tabelas 24 e 25). Esse tratamento além de promover boa resposta na produção, possibilita os nutrientes necessários ao metabolismo da planta, o que se reflete em um bom suprimento dos carboidratos necessários à regeneração do látex. Na comparação entre médias através de contrastes, o tratamento T 1 - testemunha absoluta superou o T2 - só calagem. O contraste Y (2) mostrou a vantagem da calagem + adubação sobre a testemunha absoluta. No nível 0 de K, N1P1 foi superior a N2P2, mostrando que há menor demanda de NP na ausência de K. Nos níveis K1 e K2, N2P2 superou N1P1. Na comparação entre os níveis de potássio, o K1 apresentou maiores valores médios que o K2 o que demonstrou que a dose 1 de potássio foi suficiente para suprir as necessidades da seringueira, resultado que se verificou na maioria das variáveis estudadas. A concentração de sacarose no látex também foi influenciada pelo efeito de interação entre calagem + adubação e sistemas de exploração. O sistema de exploração ½ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y apresentou maiores médias de sacarose no látex em relação ao ½ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y. Esse resultado mostra que doses adequadas de ethephon compensam a redução da frequência de sangria,

Tabela 24. Valores do quadrado médio e do teste F relativos ao efeito da adubação, calagem e sistemas de exploração, sobre os parâmetros fisiológicos da diagnose do látex no mês de março de 1997 (Faz. São José, Buritama, São Paulo).

Causas de Variação	G.L.	Produção	pH	Sacarose	P inorg.	Mg	Tióis	DRC
Bloco	3							
Adubação	7	5,57*	6,72**	41,1**	6,92**	1,86	2,56**	0,50
Y(1) Com vs Sem Cal	1	0,54	31,2**	1546**	0,02	9,52*	0,14	4,02
Y(2) Com vs Sem Cal/Adub.	1	1,12	43,5**	7617**	28,9**	7,70*	0,01	2,36
Y(3) N0P0K0Cal vs. CalNPK	1	1,59	0,85	1657**	40,9**	2,28	0,25	1,66
Y(4) K0 vs. K1, K2	1	1,53	6,07	23103**	14,96**	0,03	0,86	0,02
Y(5) N1P1 vs. N2P2 (K0)	1	0,02	3,24	58061**	4,36*	3,60	2,31	0,35
Y(6) K1 vs. K2	1	1,96	2,81	64414**	7,30*	10,3*	4,61*	0,01
Y(7) N1P1 vs. N2P2 (K1)	1	0,04	3,13	4593**	0,02	2,66	0,14	0,01
Y(8) N1P1 vs. N2P2 (K2)	1	2,61	7,55	33267**	0,55	1,23	24,3**	0,14
Resíduo (A)	21							
Sistemas de exploração	1	0,03	0,32	110,5*	22,12*	0,00	2,40	1,27
Adubação*Sist. de exploração	7	1,19	2,06	129,3*	1,52	0,44	1,27	0,55
Resíduo (B)	24							
Total	63							

proporcionando produções mais competitivas e, desse modo, aumentam a demanda de sacarose visando à síntese isoprênica.

A concentração de fósforo inorgânico foi influenciada pela adubação fosfatada na presença de potássio. Na ausência deste elemento, a dose N2P2 superou a N1P1, enquanto que na presença de K1 ou K2, não houve diferença significativa. A calagem não promoveu efeito sobre o aumento da concentração de P no látex. Em contrapartida, ela incrementou a concentração de Mg com média estatisticamente superior à testemunha absoluta.

A concentração de Mg foi maior na dose K2, o que se deveu à aplicação do calcário dolomítico que aumentou a disponibilidade deste elemento no solo e manteve elevado o seu teor nas folhas. A relação Mg/P foi maior nos tratamentos T 1- testemunha absoluta, T 2 - só calagem e T 3 - N1P1K0Cal que apresentaram valores de 6,6/1, 8,8/1 e 6,2/1, respectivamente. Estes valores são mais elevados na comparação com a relação 5,4/1, citada por Shorrocks (1979) como mais adequada para manter a estabilidade do látex. Os demais tratamentos mostraram valores entre 4,2/1 e 4,7/1 (Tabela 25).

Tabela 25. Condições de exploração das seringueiras em função das características físico-químicas do látex nos tratamentos com calagem e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

Tratamentos	pH	DRC (%)	Sacarose (mM)	P inorg.	Tióis (mM)	Mg (mM)	Mg/P	CCS (%) ⁽¹⁾	Exploração
1 - N0P0K0	7,2	44,0	11,3	3,92	0,72	26,2	6,6	0,12	Subexplot.
2 - N0P0K0Cal	6,8	51,1	11,8	3,86	0,75	31,1	8,0	0,03	Subexplot.
3 - N1P1K0Cal	7,0	49,0	13,2	4,97	0,70	30,7	6,2	0,07	Subexplot.
4 - N2P2K0Cal	6,8	47,0	9,6	6,00	0,80	27,7	4,6	0,06	Subexplot.
5 - N1P1K1Cal	7,0	48,0	13,6	6,21	0,65	26,3	4,2	0,03	Subexplot.
6 - N2P2K1Cal	6,9	47,6	14,6	6,15	0,67	28,8	4,7	0,00	Subexplot.
7 - N1P1K2Cal	6,7	47,0	10,0	7,30	0,60	30,3	4,2	0,09	Subexplot.
8 - N2P2K2Cal	6,9	48,2	12,8	6,93	0,92	32,0	4,6	0,01	Subexplot.
S1- ½ S d/4 6d/7 ET 2,5 %	6,9	46,7	13,2	4,85	0,76	29,1	6,0	0,04	Subexplot.
S1- ½ S d/6 6 d/7 ET 5 %	6,9	48,8	11,1	6,48	0,69	29,7	4,6	0,06	Subexplot.
Média geral	6,88	47,7	12,1	5,61	0,72	29,1			
DMS	0,18	7,64	0,77	1,38	0,17	4,62			
CV (%)	2,74	15,9	6,37	24,5	24,3	15,83			

⁽¹⁾ Calculado de acordo com Jobbe-Duval (1985) aos 30 meses do experimento.

Os maiores valores de pH do látex foram registados nos tratamentos T 1 - testemunha absoluta e T 6 - N2P2K1 Cal. A calagem e/ou adubação proporcionaram um pH mais baixo em relação à testemunha absoluta. Na presença de N2P2 a dose K1 superou a dose K2.

O DRC do látex não apresentou diferença significativa por efeito dos tratamentos com adubação e calagem. Os valores médios bastante elevados para DRC foram devidos ao método utilizado, uma vez que esse parâmetro foi um dos últimos a serem determinados, havendo uma defasagem entre a coleta no campo, a pesagem em laboratório e a secagem na estufa.

A concentração de tióis no látex foi aumentada com a dose K2 na comparação com K1, enquanto que na presença de N2P2 foi superior a N1P1.

Os resultados relativos ao efeito da adubação e calagem nos parâmetros fisiológicos do látex mostraram que o potássio é o elemento chave na nutrição da seringueira o que pode ser explicado pela sua função metabólica nos processos ligados à translocação de compostos fotossintetizados pelo floema, à síntese isoprênica e a duração do fluxo do látex após a sangria. A calagem e adubação fosfatada aumentam a concentração de Mg e P no látex, respectivamente, e proporcionam uma melhor relação Mg/P do que a calagem isolada.

4.6.1. Avaliação da condição de exploração das seringueiras

A condição de exploração foi definida em função da análise do conjunto das médias observadas para os parâmetros fisiológicos, que são apresentadas na Tabela 25. Essa metodologia teve suporte nas informações retiradas de Jacob et al (1989), apresentadas na tabela 26, cuja modelo foi porposto para o clone GT 1 na República dos Camarões.

Tabela 26. Parâmetros fisiológicos do látex correlacionados com as condições de exploração da seringueira

Parâmetros	Subexploração		Superexploração		
			Primeiros sintomas		Sintomas finais
pH	(> 7,05)	alto	(<6,8)	baixo	baixo
Estrato seco (%)	(>35,0)	alto	(30,0)	baixo	baixo ou aumentando
Sacarose (mM)	(>8,0)	alto	(<5,0)	baixo	baixo, então
Pi (mM)	(<10,0)	baixo	(>20,0)	alto	baixo
Mg	(<6,0)	baixo	(>10,0)	alto	
Mg/Pi	(>1,0)	baixo	(<0,50)	baixo	
Potencial redox		alto		aumentando	alto
Tióis (mM)	(<0,50)	baixo	(>0,9 ou 0,4)	baixo ou alto	muito baixo
Cortes secos		baixo		aumentando	alto

Fonte: Jacob et al. (1989)

Os resultados mostraram que existe uma condição de subexploração das plantas em todos os tratamentos, indicada sobretudo pela boa disponibilidade de sacarose, valores de pH próximos do alto (7,05), médias elevadas de DRC, valores de fósforo inorgânico em torno de 4,0 a 6,0 mM - salvo na dose 2 de fósforo que ficou em torno de 7,0 mM - uma relação Mg/P maior que 1 e valores baixos de cortes secos. Na comparação entre sistemas de exploração, as diferenças não são elevadas, sugerindo uma condição de subexploração.

5. CONCLUSÕES

Fertilidade do solo

- Seringais cultivados em Latossolo Amarelo álico, sem a realização de calagem e adubação, têm o seu potencial produtivo limitado pela elevada acidez e baixa fertilidade do solo.

- A aplicação de calcário dolomítico e de adubação potássica promove alterações no complexo de troca do solo, caracterizadas pelo aumento na soma de bases, notadamente devido ao incremento na concentração do Mg^{2+} , e diminuição da acidez potencial, sobretudo pela redução na concentração de Al^{3+} .

- A elevação da acidez potencial causada pela dissociação de íons H^+ , adicionados com a aplicação de Sulfato de amônio, sugere o uso alternado desse fertilizante com outro adubo nitrogenado.

- A aplicação de K até a dose de $66,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, promove efeito linear crescente do K^+ no solo, tanto na presença de N1P1 (40 kg ha^{-1} de N e 17,5 de P) como de N2P2 (80 kg ha^{-1} de N e 35 de P). Esse aumento das doses de K reduz a concentração de Mg^{2+} no solo.

- A calagem com adubação potássica contribui para manter a relação $Ca^{2+}+Mg^{2+}/K^+$ mais equilibrada.

- O efeito da adubação fosfatada sobre a concentração de P no solo é linear e crescente até a dose de $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P.

Estado nutricional da seringueira

- A baixa fertilidade e acidez do solo afetam os teores de N, P, S, Cu e Zn, nas folhas da seringueira, enquanto os teores de Ca, Mg, K, Fe, Mn e B não são influenciados.
- A calagem e adubação aumentam o teor de P nas folhas em relação à testemunha e a aplicação apenas de calcário.
- A aplicação isolada de calcário apresenta menor teor de S nas folhas quando comparada aos tratamentos que recebem Sulfato de amônio e Superfosfato simples.
- A aplicação de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N não é suficiente para elevar o teor de N na folha até a faixa adequada, neste tipo de solo.
- O aumento nas doses de K na presença de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e 35 kg ha^{-1} de P promove um efeito linear decrescente no teor de Zn nas folhas.

Produção de borracha seca

- A aplicação de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, 35 kg de P e $33,2 \text{ kg}$ de K promove ganhos na produção de borracha seca de 9 % no primeiro ano, 19 % no segundo e 24 % em seis meses do terceiro ano sobre a testemunha ‘sem adubação e sem calagem’. Na comparação com o tratamento ‘só calagem’, sua vantagem é de 14 % no segundo ano e 21 % em seis meses do terceiro ano.
- A utilização apenas de calcário dolomítico em solos com acidez elevada e baixa fertilidade não promove efeito significativo sobre a produção da seringueira.
- Os efeitos da adubação potássica tanto na dose K1 ($33,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K) como K2 ($66,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K) são mais pronunciados na presença da dose 2 de NP ($80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e 35 kg de P).
- A calagem e/ou adubação não apresentam efeito de interação com os sistemas de exploração $\frac{1}{2} \text{ S d/4 6 d/7 ET } 2,5 \% 10/y$ e $\frac{1}{2} \text{ S d/6 6 d/7 ET } 5 \% 10/y$ quanto a variável produção de borracha seca.

- No ano inicial de avaliação da exploração o sistema $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y apresenta superioridade estatística em relação ao $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y. No ano seguinte, eles se eqüivalem quanto à variável produção. No terceiro ano, a partir da adaptação das plantas à sangria semanal com estimulação, o $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y passa a superar o $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y.

Incremento no perímetro do tronco (IPT)

- A calagem supera a testemunha absoluta e a calagem + adubação quanto ao efeito sobre o IPT. Os tratamentos calagem + adubação também superam a testemunha, mas o efeito é mais retardado.
- O incremento no perímetro do tronco não é influenciado pelo efeito de interação entre adubação+calagem versus sistemas de exploração, bem como não há diferença entre estes com respeito a essa variável.

Incremento na espessura de casca

- O incremento na espessura de casca é influenciado pelos tratamentos ‘só calagem’ e ‘calagem + adubação’ que promovem incrementos significativos sobre a ‘testemunha absoluta’. A variação nas doses de K na presença de N1P1 (40 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 17,5 kg de P) mostra um efeito quadrático nos dois anos iniciais e linear entre os anos 2 e 3.

Parâmetros fisiológicos da diagnose do látex

- A aplicação de 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 35 kg de P e 33,2 kg de K promove aumento na concentração de sacarose no látex. Plantas submetidas ao sistema $\frac{1}{2}$ S d/6 6 d/7 ET 5 % 10/y apresentam maior concentração desse açúcar no látex na comparação com o $\frac{1}{2}$ S d/4 6 d/7 ET 2,5 % 10/y devido à intensidade de estimulação empregada.
- A concentração de fósforo inorgânico no látex é influenciada pela adubação fosfatada na presença de potássio. A calagem não promove efeito sobre o

aumento da concentração de P no látex, mas incrementa a concentração de Mg. Uma melhor relação Mg/P é conseguida com calagem e adubação.

- Os resultados dos parâmetros fisiológicos em conjunto indicam que as plantas do experimento encontravam-se em condições de subexploração, independentemente dos tratamentos com calagem e/ou adubação e do sistema de exploração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAN, P.D; WYCHERLEY, P.R.; PAKIANATHAN, S.W. Stimulation of latex flow in *Hevea brasiliensis* by 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid and 2-chloroethanephosphonic acid. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.20, p.291-305, 1968.
- BASSO, L. C. Biochemical significance of potassium deficiency on the formation of amines on sesame (*Sesamum indicum* L.). Piracicaba, 1973. 96 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BATAGLIA, O.; CARDOSO, M. Situação nutricional dos seringais de São Paulo. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2., Piracicaba, 1987. **Anais**. Piracicaba, ESALQ, 1990. p. 89-97.
- BEAUFILS, E. R. Contributions to study mineral elements in field latex. In: RUBBER TECHNOLOGY CONFERENCE, 3., Kuala Lumpur, 1954. **Proceedings**. Kuala Lumpur: s.e., 1954. 1-87p.

BOLTON, J. The effect of fertilizers on pH and axchangeable cations of some Malayan soils. In: **Natural Rubber Research Conference**, Kuala Lumpur, 1960.

Proceedings. Kuala Lumpur: R R I M, 1961. p.70-80.

BERNARDES, M. S. Sistemas de exploração precoce da seringueira cultivar RRIM 600 no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1995. 182 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

BERNARDES, M.S.; CASTRO, P.R.C.; FURTADO, E.L.; SILVEIRA, A. P. **Sangria da seringueira.** 2. ed. Piracicaba: USP/PCAP, 1992. 45 p. (Informativo Técnico, 8).

BERNIZ, J.M.J. Influência de N, P, K em seringueira jovem (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Viçosa, 1987. 59p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

BOLLE-JONES, E. W. Foliar diagnosis of mineral nutrition status of *Hevea* in relation to bark analysis. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.15, n.3, p.109-127, 1957.

BOLTON, J.C. The response of imature *Hevea brasiliensis* to fertilizers in Malaya. I. Experiments in shade-derived soils. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.18, n.2, p.67-69, 1964.

BUENO, N. Quantidade de alumínio no substrato afetando o desenvolvimento, a sintomatologia de toxidade, a concentração e o acúmulo de macro e micronutrientes em seringueira (*Hevea spp.*). Piracicaba, 1987. 92 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CASTRO, P.R.C.; BERNARDES, M.S.; VIRGENS FILHO, A.C. Uso de estimulantes na exploração de seringais. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2., Piracicaba, 1987. **Anais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. p. 253-272.

COMPAGNON, P. Fertilisation. In: COMPAGNON, P. **Le caoutchouc naturel**. Paris: Maisonneuve et Larose, 1986. cap. 15, p.297-314.

CORTEZ, J. V. Histórico e expansão da cultura da seringueira no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Campinas, 1986. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.1-10.

d'AUZAC, J. Les mécanismes de transport transmembranaire. Application au système laticifère de l'Hevea. In: COLLOQUE EXPLOITATION-PHYSIOLOGIE ET AMÉLIORATION DE L'HEVEA, Paris, 1988. **Compte-Rendu**. Paris: IRCA/CIRAD, 1988. p.73-89.

d'AUZAC, J.; JACOB, J. L. Physiology of laticiferous system in *Hevea*, basis and application to productivity. In: COLLOQUE EXPLOITATION-PHYSIOLOGIE ET AMÉLIORATION DE L'HEVEA, Montpellier, 1988. **Compte-Rendu**. Paris: IRCA/CIRAD, 1988. p.63.

DOMINGUES, F. A. Nutrição mineral e crescimento de seringais em início de exploração no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1994. 59 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

DU PLESSIX, C.J.; d'ANTHENAISE, F. Effect of fertilization with potassium chloride on the yield response to stimulation by NAA. In: INTERNATIONAL RUBBER RESEARCH DEVELOPMENT BOARD, Kuala Lumpur, 1970. **Proceedings**. Kuala Lumpur: RRIM, 1970.

ESCHBACH, J.M.; VAN DE SYPE, H.; JACOB, J.L; d'AUZAC, J. Relationships between yield and clonal physiological characteristics of latex from *Hevea brasiliensis*. **Physiologie Vegetale**. v.22, p.295-394, 1984.

FALCÃO, N.S.F. Adubação NPK afetando o desenvolvimento do caule da seringueira e parâmetros fisiológicos do látex. Piracicaba, 1996. 134p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FANCELLI, A. L. Seringueira consorciada a culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2., Piracicaba, 1987. **Anais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. p. 205-222.

FURTADO, E.L.; SILVEIRA, A.P. Doenças do painel de sangria da seringueira. In: BERNARDES, M. S. (Ed.) **Sangria da seringueira**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.111-125.

GASPAROTTO, L.; TRINDADE, D. R.; SILVA, H. M. Doenças da seringueira. Manaus: EMBRAPA/CNPDS, 1983. 71 p. (Circular Técnica, 2).

GOMEZ, J. **Anatomy of Hevea and it's influence on latex production**. Kuala Lumpur: Malaysia Rubber Research on Development Board, 1982. 76 p.

GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J.R. SOUZA, R. A. **Retrospectiva e atualidades do melhoramento genético da seringueira (*Hevea* sp.) no Brasil e em países asiáticos.** Manaus: EMBRAPA/CNPDS, 1983. 69 p. (Série Documento, 2)

HAINES, W.B.; CROWTHER, E.M. Manuring *Hevea*. III. Results on young buddings in British Malaya. **Empire Journal Experimental Agriculture**, v.8, p.170-184, 1940.

HARIDAS, G; SIVANADYAN, K.; TAN, K.T.C.; PUSHPARAJAH, E. Inter-relationship between nutrition and exploitation of *Hevea brasiliensis*. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. **Proceedings.** Kuala Lumpur: R R I M, 1976. p.263-277.

JACOB, J.L. Particularité de la glycolise et sa régulation au sein du latex d'*Hevea brasiliensis*. **Physiologie Vegetale**, v.8, p.395, 1970.

JACOB, J. L.; LACROTTE, R.; SERRES, E.; ROUSSEL, D. **Les parametres physiologiques du latex d'*Hevea barasiliensis*.** Paris: IRCA, 169p. 1987.

JACOB, J. L.; PREVOT, J. C.; ROUSSEL, D.; LACROTTE, R.; ESCHBACH, J. M. Le diagnostic latex. **Plantations, Recherche, Développement**, v.2, n.2, p.33-37, 1995.

JACOB, J.L.; PREVOT, J.C.; ROUSSEL, D.; LACROTTE, R.; SERRES, E.; d'AUZAC, J. Yield -limiting factors, latex physiological parameters, latex diagnosis, and clonal tipology. In: d'AUZAC, J. JACOB, J.L.; CHRESTIN, H. **Physiology of rubber tree latex.** Boca Raton CRC Press. 1989. p.79-100.

- JACOB, J. L. SERRES, E.; PREVOT, J. C.; LACROTTE, R.; VIDAL, A.;
 ESCHBACH, J. M.; d'AUZAC, J. Mise au point du diagnostic latex chez l'Hevea.
Agritop, v.12, p.97-115, 1988.
- JOBE-DUVAL, B. J. **Contribution à l'étude des phénomènes d'encoche sèche d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Epidemiologie, facteurs de risque et méthodes de lutte.** Paris: IRCA, 1986. 62p.
- KITAMURA, M. C. Influência de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio no desenvolvimento da seringueira jovem (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em um solo sob cerrado de Mato Grosso do Sul. Lavras, 1992. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- KRISHNAKUMAR, A. K.; POTY, S. N. Nutrition of *Hevea*. In: SETHURAJ, M. R.; MATHEW, N. M. (Ed.) **Natural rubber: biology, cultivation and technology.** Amsterdam: Elsevier, 1992. cap.11, p.239-262.
- LACROTTE, R.; SERRES, E.; d'AUZAC, J.; JACOB, J.L.; PREVOT, J.
 Chargement du saccharose dans les laticifères. In: COLLOQUE EXPLOITATION-PHYSIOLOGIE ET AMÉLIORATION DE L'HEVEA, Paris, 1988. **Compte-Rendu**, Paris: IRCA/CIRAD, 1988. p.119-135.
- MAINSTONE, B. J. Manuring of Hevea. VI. Some long term manuring effects, with special reference to phosphorus, in one of the DUNLOP (Malaysia) experiments. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, v. 31, p.175-185, 1963.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A.O. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A.O. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARTIN, N. B.; ARRUDA, S. T. A produção brasileira de borracha natural: situação atual e perspectivas. **Informações Econômicas**, v. 22, n. 7, p. 37-65, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MIRANDA, E.R.; CABALA-ROSAND, F.P.; SANTANA, C.J.L. **Requerimentos nutricionais e adubação do cultivo da seringueira**. Ilhéus: CEPLAC, CEPEC, 1975. 32 p. (Boletim Técnico, 33).

MURBACH, M.R. Efeitos da adubação NPK no crescimento, na produtividade e na exportação de nutrientes pela seringueira. Piracicaba, 1997. 91p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, C. M.; PEREIRA, M. A. M. G. **Atlas climatológico do Estado de São Paulo (1977-1986)**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 93 p.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, N.B.D.; BRUNINI, O. Aptidão agroclimática para a regionalização da heveicultura no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE RECOMENDAÇÕES DE CLONES DE SERINGUEIRA, 1. Brasília, 1982. **Anais**. Brasília, EMBRAPA, 1983. p.17-28.

OWEN, G.; WESTGARTH, D.R.; IYER, G.C. Manuring Hevea: effects of fertilization growth and yield of mature rubber trees. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.15, p.29-52, 1957.

PUNNOOSE, K.I.; MATHEW, M.; POTHEN, J.; GEORGE, E.S.; RADHA-LEKSHMANAN; LEKSHMANAN, R. Response of rubber to fertilizer application in relation to type of ground cover maintained during immature phase. **Indian Journal of the Natural Rubber Research**. v.7, n.1, p.38-45, 1994.

PUSHPARAJAH, E. Response in growth and yield of *Hevea brasiliensis* to fertiliser application on Rengam series soils. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.21, p.165-172, 1969.

PUSHPARAJAH, E. Rubber. In: W. WICHIMAMM, (Ed.) **World fertilizer manual**. Paris: IFA, 1992. p. 491-198.

PUSHPARAJAH, E.; SIVANADIAN, K.; P'NG, T.C.; NG, E.G. Nutritional requirement of *Hevea brasiliensis* in relation to stimulation. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA PLANTER'S CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1971. **Proceedings**. Kuala Lumpur: R R I M, 1971. p.189.

PUSHPARAJAH, E.; SIVANADYAN, K.; SUBRAMANIAN, A.; TAN, K. T. Influence of fertilizers on nutrient content, flow and properties of Hevea latex. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA PLANTER'S CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. **Proceedings**. Kuala Lumpur: RRIM, 1976. p.122.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fósforo, 1981. 142 p.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. VAN. QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100),

REIS, E. L. Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) no sul da Bahia. Piracicaba, 1979. 61 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

REIS, E.L.; CABALA-ROSAND, F.P. Eficiência dos fertilizantes aplicados na fase de pré e pós-sangria da seringueira. **Revista Theobroma**, v.18, n.3, p.189-200, 1988.

REIS, E.L.; CABALA-ROSAND, F.P.; SANTANA, C.J.L. Respostas do clone Fx 3864 de seringueira a doses de fertilizantes no sul da Bahia. **Revista Theobroma**, v.15, n.1, p.19-26, 1985.

REIS, E.L.; SANTANA, C.J.L; CABALA-ROSAND, F.P. **Respostas da seringueira a doses crescentes de NPK no Sul da Bahia**. Ilhéus: CEPLAC,CEPEC, 1982. (Informe Técnico).

REIS, E.L.; SOUZA, L.F. S.; MELO, F.A. Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Revista Theobroma**, v.14, n.1, p.45-52, 1984.

RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. **Annual Report, 1963**. Kuala Lumpur: RRIM, 1964.

RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. Cycle of nutrients in rubber plantation. **Planters' Bulletin of the Rubber Research Institute of Malaysia**. v.120, p.73-81, 1972.

RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. **Manual for diagnosing nutritional requirements for *Hevea***. Kuala Lumpur: RRIM, 1990. 23 p.

SÁ, T. A. Avaliação ecofisiológica de seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) submetidas a diferentes intensidades de sangrias, em ambientes contrastantes do Estado de São Paulo. Campinas, 1991. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.

SANTANA, C.J.L.; CABALA-ROSAND, F.P.; VASCONCEOS FILHO, A. P. Fertilidade dos solos ocupados com seringueira no sul da Bahia e grau de tolerância dessa cultura ao alumínio. **Revista Theobroma**, v. 7, n. 4, p.125-132, 1977.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Borracha natural: retrospectiva e realidade da cadeia produtiva. São Paulo:, 1997. 47p.

SCHWENGBER, D. R. Efeitos do gesso e calcário na relação raiz/parte aérea e teores foliares de nutrientes em tocos de seringueira (*Hevea spp.* clone IAN 873). Lavras, 1993. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

SETHURAJ, M.R. Yield components of *Hevea brasiliensis*. In: SETHURAJ, M.R.; MATHEU, N. M. (Ed.) **Natural Rubber: biology, cultivation and technology**. Amsterdam: Elsevier, 1992. cap. 7, p.137-163.

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1946. 239 p.

SHORROCKS, V. M. Mineral nutrition, growth and nutrient cycle of *Hevea brasiliensis*. II. Nutrient cycle and fertilizer requirements. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.19, p.48-61, 1965.

SHORROCKS, V. M. **Deficiências minerais em *Hevea* e plantas de cobertura associadas**. Brasília: Superintendência da Borracha, 1979. 76 p.

SIVAKUMARAN, S.; PAKIANATHAN, S.W.; ABRAHAN, P.D. Long-term ethephon stimulation. II. Effect of continuous ethephon stimulation with low frequency tapping systems. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v.30, p.174-96, 1982.

SONG, N.K. Effects of nitrogenous fertilizers on growth of rubber seedling and leaching losses of nutrient. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, v.23, p.356-364, 1973.

TANAKA, A. Nutritional problems of crops on highly weathered acid soils. Phosphorus and potassium in the tropics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN THE TROPICS, Kuala Lumpur, 1981. **Proceedings**. Kuala Lumpur: Malaysian Society of Science, 1981. p. 237-251.

TEMPLENTON, R. V. Partition of assimilates. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, v. 21, n.3, p.259, 1969.

TONNELIER, N. Saignée a faible intensité compensée par la stimulation. **Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques**, n.613, p.137-142, 1981.

- TUPY, J. Some aspects of sucrose. Transport and utilization in latex production bark of *Hevea brasiliensis*. **Biologia Plantarum**, v.25, p.51-64, 1973.
- USHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: **Iamada, T.; Igue, K.; Muzilli, O.; Usherwood, N.R.** (Ed.) **O potássio na agricultura**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (Berne), 1982. p. 227-247.
- VAN de SYPE. The dry cut syndroms of *Hevea brasiliensis*, evolution, agronomical and physiological aspects, In: COLLOQUE EXPLOITATION-PHYSIOLOGIE ET AMÉLIORATION DE L'HEVEA, Montpellier, 1984. **Compte-Rendu**, Montpellier: IRCA/CIRAD, 1984. p. 249.
- VIEGAS, I. J. Doses de NPK em viveiro de *Hevea* spp. na obtenção de plantas aptas para enxertia em Latossolo Amarelo Textura média, na ilha do Mosqueiro-Pa. Piracicaba, 1985. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- VIEGAS, I.J.M.; HAAG, H.P.; BUENO, N.; PEREIRA, I.P. Nutrição mineral de seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agricola**, v.49, n.1, p.41-52, 1992.
- VIRGENS FILHO, A.C.; CASTRO, P.R.C. Sangria da seringueira (*Hevea spp.*) In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA, 1., Piracicaba, 1986. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.271-315.

- VIRGENS FILHO, A.C.; GOMES, A.R.; SANTOS, S.M. Sistemas de sangria em painel baixo e painel alto do clone Fx 25. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EXPLOTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE SERINGAIS DE CULTIVO. 1., Brasília, 1986. **Anais.** Brasília: SUDHEVEA, 1988. p.35-44.
- VITTI, G.C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, 1., Ilha Solteira, 1987. **Anais.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 303-319.
- WATSON, G. A. Nutrition. In: WEBSTER, C.C.; BAULKWILL, W. J. (Ed.) **Hevea.** New York: Longman, 1989. cap. 8, p125-163.