

EFEITOS DA ADUBAÇÃO NPK E DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NA PRODUÇÃO DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO*

*Extraído da tese apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) pelo primeiro autor para obtenção do título de Doutor em Agronomia na área de concentração Fitotecnia

Adonias de Castro Virgens Filho¹, Adônis Moreira² e Paulo Roberto de Camargo e Castro³

¹ CEPLAC/ Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC), 45600-970, Caixa Postal 07, Itabuna, Bahia, Brasil, e-mail: adoniascastro@uol.com.br. ² Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA), 69011-970, Caixa Postal 319, Manaus, Amazonas, Brasil, e-mail: adonis@cpa.embrapa.br. Bolsista CNPq. ³ ESALQ/USP, 13418-900, Caixa Postal 96, Piracicaba, São Paulo, Brasil, e-mail: pccast@esalq.usp.br

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação NPK e da calagem sobre a fertilidade do solo e produção de borracha seca do clone RRIM 600. Foi conduzido um experimento em delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas, contendo oito tratamentos: sem adubação e sem calagem (T1), sem adubação+calagem (T2), $N_1P_1K_0$ +calagem (T3), $N_2P_2K_0$ +calagem (T4), $N_1P_1K_1$ +calagem (T5), $N_2P_2K_1$ +calagem (T6), $N_1P_1K_2$ +calagem (T7) e $N_2P_2K_2$ +calagem (T8). Nas duas subparcelas foram utilizados os seguintes sistemas de exploração: (S_1) $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e (S_2) $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y, com quatro repetições. As doses utilizadas corresponderam 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_2O_5 e 0, 33,2 e 66,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K_2O . Os resultados mostram que seringueiras cultivadas sem realização da calagem e adubação têm o seu potencial produtivo limitado pela baixa fertilidade do solo. O aumento das doses de K_2O reduz a concentração de magnésio no solo, o que pode ser compensado pela calagem. A maior produção de borracha foi obtida nos tratamentos $N_1P_1K_1$ +calagem, $N_2P_2K_1$ +calagem e $N_2P_2K_2$ +calagem. O sistema de exploração S_2 mostrou ser mais eficiente que o S_1 .

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, sistema de exploração, manejo do solo, adubação.

Effect of lime and NPK fertilization on soil fertility and rubber production in São Paulo State, Brazil. The objective of this work was evaluated the effects of NPK application on soil fertility and dry matter rubber production of clone RRIM 600. The experiment was conducted in a design randomized split-plot with eight treatments: without fertilizer and without lime (T1), without fertilizer+lime (T2), $N_1P_1K_0$ +lime (T3), $N_2P_2K_0$ +lime (T4), $N_1P_1K_1$ +lime (T5), $N_2P_2K_1$ +lime (T6), $N_1P_1K_2$ +lime (T7) e $N_2P_2K_2$ +lime (T8). The two sub-treatments were the following tapping systems: (S_1) $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y and (S_2) $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y, with four replicates. The level used were 0, 40 and 80 kg. ha⁻¹ y⁻¹ of N, 0, 17.5 and 35.0 kg. ha⁻¹ y⁻¹ of P_2O_5 and 0, 33.2 and 66.4 kg ha⁻¹ y⁻¹ of K_2O . The results showed that low soil fertility reduced the yield potential of rubber tree in several ways. The increased K_2O dosage promoted a reduction of magnesium, which can be compensated by lime application. The highest rubber yields were obtained with treatments $N_1P_1K_1$ +lime, $N_2P_2K_1$ +lime and $N_2P_2K_2$ +lime. The S_2 tapping system is better than S_1 tapping system.

Key words: *Hevea brasiliensis*, tapping system, soil management, fertilization.

Introdução

No seringal as raízes exploram os nutrientes do solo utilizando-os na formação de fitomassa e os retorna através da queda das folhas e ramos formando uma densa camada de serapilheira. As chuvas e aplicação de fertilizantes constituem outras fontes para reposição dos nutrientes. Ainda nesse ecossistema, verificam-se perdas devido à extração do látex, corte da madeira e lixiviação dos nutrientes presentes na superfície do solo (Watson, 1989).

Na exploração de uma cultura, o emprego de práticas de manejo que não levam em conta as particularidades dos solos, da cultura e do ambiente, freqüentemente, limitam a obtenção de bons resultados (Raij, 1991). Nos estudos realizados no País, poucas vezes houve preocupação dos autores em quantificar com precisão, as conseqüências das adubações e da calagem na fertilidade do solo cultivado com seringueira. A maioria dos trabalhos dedicam maiores esforços em constatar os efeitos dos fertilizantes somente no crescimento e na produtividade (Bataglia e Santos, 1999).

Murbach et al. (1999) relata que a literatura sobre a adubação seringais em produção ainda é limitada e muitas vezes a resposta à aplicação de fertilizantes é inconsistente, particularmente para alguns nutrientes, em especial o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Nessa fase a seringueira tem duas fontes de dreno dos nutrientes, uma para suprir o desenvolvimento da planta e a outra a extração do látex.

A prática da calagem, mesmo sendo uma polêmica no manejo nutricional do seringal, o seu emprego torna-se necessário em muitos casos. Schwengber (1993) observou que o calcário aplicado juntamente com o gesso em plantas de seringueira aumentou os níveis de cálcio até 80 cm de profundidade e os de magnésio até 60 cm.

Na ausência de K, a adubação com N reduz o conteúdo de potássio na folha e diminui o crescimento e a produção da seringueira, assim como a aplicação de K na ausência de nitrogênio melhora o crescimento, mas reduz a produção, porém, com aplicação desses dois nutrientes se observa efeitos interativos que são associados às funções dos mesmos na planta (Pushparajah, 1969). O potássio não faz parte de compostos orgânicos estáveis, mas desempenha papel importante no metabolismo da planta. O nitrogênio participa como constituinte de todas as proteínas, e, portanto, sendo exigido em grande quantidade. A adubação nitrogenada resulta em crescimento dos tecidos e na conversão de carboidratos assimilados em proteínas e protoplasmas (Schorrock, 1979), sendo, portanto, necessário o suprimento de K.

Segundo Ushorwood (1982), a maior presença de P

acarreta numa maior interação com o K possibilitando maior produtividade. O mesmo autor salienta que o potássio ao interagir com o fósforo no solo promove a lixiviação de quantidades significativas deste nutriente para o horizonte sub-superficial e como conseqüência uma melhoria no ambiente radicular.

Na região do Planalto Paulista concentra-se a maioria das plantações de seringueira do Estado de São Paulo e há carência de informações sobre calagem e adubação de seringais em produção (Virgens Filho et al., 2001), em decorrência desses problemas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da calagem e da adubação NPK sobre a fertilidade do solo e produção de borracha em dois sistemas de exploração.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante três anos na Fazenda São José do Seringal Paulista, localizada no Município de Buritama, Estado de São Paulo (latitude de 21°S e longitude de 50°O), quando as plantas apresentavam 16 anos de idade e um perímetro médio de 0,60 metros à altura de 1,50 metros do solo (DAP). O espaçamento do seringal é de 2,5 metros entre plantas e 8,0 metros entre linhas.

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 1200 mm, com média mensal mínima de 30 mm no inverno, umidade relativa média de 68% e temperatura média anual de 22°C (Nascimento e Pereira, 1988). Essa região é caracterizada como preferencial para heveicultura, com condições térmicas e hídricas satisfatórias (Ortolani et al., 1983). O solo sob o seringal estudado é um Argissolo distrófico, textura média e boa drenagem, apresentando as seguintes características químicas na profundidade de 0-20 cm quando o experimento foi implantado: pH = 3,78; M.O. 12,44 g. dm⁻³; P(resina) = 1,14 mg.dm⁻³; K = 0,78 mmol_c.dm⁻³; Ca = 2,00 mmol_c.dm⁻³; Mg = 1,98 mmol_c.dm⁻³; Al = 10,77 mmol_c.dm⁻³; H+Al = 29,77 mmol_c.dm⁻³; SB = 4,75 mmol_c.dm⁻³; CTC = 34,53 mmol_c.dm⁻³ e V = 13,73%. As adubações do seringal até o início do experimento eram feitas conforme recomendações indicadas por Cardoso (1992).

O material botânico utilizado foi o clone RRIM 600, enxertado sobre sementes ilegítimas de *Hevea brasiliensis*. Na condução do experimento, fez-se o controle preventivo das doenças de painel (Furtado e Silveira, 1990) e a quebra de galhos caídos nas entrelinhas, a fim de facilitar a sua incorporação no solo. No controle

das plantas invasoras, fez-se a roçagem mecânica por ano, sendo pouca a ocorrência de ervas no sub-bosque do seringal.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas em oito tratamentos principais e dois secundários com quatro repetições. Cada parcela continha 24 plantas úteis, enquanto que na subparcelas foram 12. Os tratamentos principais foram: sem adubação e sem calagem (T1), sem adubação+calagem (T2), $N_1P_1K_0$ +calagem (T3), $N_2P_2K_0$ +calagem (T4), $N_1P_1K_1$ +calagem (T5), $N_2P_2K_1$ +calagem (T6), $N_1P_1K_2$ +calagem (T7) e $N_2P_2K_2$ +calagem (T8). As doses utilizadas corresponderam a 0, 40 e 80 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 0, 17,5 e 35,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e 0, 33,2 e 66,4 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O. Na calagem, realizada a lanço em área total, adotou-se como critério a elevação da saturação por bases a 50% (Cardoso, 1992) utilizando calcário dolomítico (24% de CaO e 16% de MgO). Nas duas subparcelas foram utilizados dois sistemas de exploração, sendo os mesmos representados pelas seguintes notações: (S₁) ½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e (S₂) ½S d/7 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 foi realizada conforme normas preconizadas por Virgens Filho (1986).

A utilização da análise de contraste permitiu avaliar o efeito da calagem, da adubação NPK, NP e K e da interação NP versus K. Esse mesmo procedimento foi usado para avaliar os sistemas de exploração e suas interações com todos os tratamentos. A adubação fosfatada (superfosfato simples) foi realizada no decorrer do período chuvoso de 1995, e no início das chuvas nos anos de 1996 e 1997. O adubo fosfatado 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 um metro da linha da seringueira, e dirigido ao retângulo correspondente à área útil nos demais anos. Como fontes de N e K, foram utilizadas, 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 aplicada no mesmo período da adubação fosfatada e a outra após quatro meses.

No início do experimento e nos meses de maio subseqüentes foram feitas amostragens de solo para avaliação da fertilidade. Para tanto foram avaliadas as seguintes variáveis: pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, m, CTC e V (Raij et al., 1987). As amostras simples foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e 11-20 cm ao acaso em 15 pontos por subparcela formando uma composta. No final do experimento realizou-se também, amostragens na

profundidade de 21-40 cm, com objetivo de avaliar a possível lixiviação dos nutrientes.

Os dados foram analisados estatisticamente (análise de variância, teste F, contraste e regressão) com significância de 5%, conforme as metodologias descritas por Pimentel Gomes (1990).

Resultados e Discussão

Os dados relativos às características do solo, registrados de forma mais detalhada antes da aplicação dos tratamentos, mostraram acidez elevada (Raij, 1991), apresentando na média, valores de soma e saturação por bases na ordem de 4,5 mmol_c.dm⁻³ e 13%, respectivamente. Nas duas camadas a saturação de alumínio era superior a 30%, estando esse, relacionado ao alto teor de alumínio e ao baixo valor de pH do solo.

Foram feitas após quinze meses do início do experimento, novas amostragens do solo. A análise de variância na profundidade de 0-10 cm demonstrou efeito significativo na interação “adubação” versus “sistema de exploração” para saturação por bases e para o magnésio no contraste “com calagem” versus “sem calagem e adubação” (Tabelas 1 e 2). Na profundidade de 11-20 cm, observou-se diminuição da concentração de potássio no solo, sendo esse resultado, provavelmente, atribuído à maior presença de Ca e Mg no complexo de troca e da prevalência desses dois elementos na série liotrópica (Malavolta et al., 1997). Também houve efeito sobre o sistema de exploração S₁ (½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y), diminuindo a concentração de magnésio no solo, provavelmente, devido à maior demanda do nutriente nesse tipo sistema de sangria (Tabela 2).

Na presença de N₂P₂ na camada de 0-10 cm, doses de potássio promoveram após quinze meses de instalação do experimento, efeito quadrático significativo (p ≤ 0,05) sobre a concentração de magnésio (Mg = 1,752 + 0,042X - 0,001X², R² = 0,99). Na profundidade de 11-20 cm a significância no contraste “N₀P₀K₀ + calagem” versus “NPK + calagem” mostrou mmol_c.dm⁻³ a necessidade de adição de fósforo no solo para aumentar a concentração desse elemento (Tabela 2).

O manejo com calagem e adubação promoveu no segundo ano, alterações significativas nas características químicas do solo, sendo isso, evidenciado com maior ênfase no aumento da concentração de magnésio no horizonte superficial do solo, aumentando a concentração de 2,0 para 4,0 mmol_c.dm⁻³, valores esses, abaixo do preconizado por Raij (1991) como adequado. Apesar da redução na profundidade de 0-10 cm dos valores de saturação de alumínio, foram constatadas alterações nos

valores de pH e de saturação por bases, havendo, no entanto, um aumento, porém, não significativo da soma de bases (Tabelas 1 e 2). Mesmo com a aplicação de fósforo e potássio, na média, as concentrações desses dois nutrientes se mantiveram abaixo dos valores indicados como adequados (Raij, 1991).

Os dados de análise do solo realizada no terceiro ano na profundidade de 0-10 cm (Tabelas 3 e 4), não mostraram diferenças significativas entre tratamentos para o pH, para os teores de P, K, Mg, Al e H disponíveis, para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de alumínio (m) e saturação por bases (V). Os tratamentos com calagem e adubação NPK afetaram significativamente a concentração de fósforo do solo, corroborando os argumentos de Moreira et al. (2001), que com o incremento do pH do solo ocorre uma maior disponibilização de P pelo processo de dessorção. Na presença de N_1P_1 os níveis de potássio aumentaram significativamente o índice pH, que passou de 4,2 em K_0 para 5,2 em K_2 . O incremento das doses de K nos tratamentos N_2P_2 acarretaram num aumento significativo ($p \leq 0,05$) do teor de P disponível ($Y = 8,348$

+ 0,153X, $R^2 = 0,94$) e de K ($Y = 0,802 + 0,005X$, $R^2 = 0,96$), sugerindo a presença de interação entre o fósforo e o potássio no solo.

O aumento das doses de K acarretaram em efeito depressivo na concentração de Mg ($Y = 13,997 + 0,083X$, $R^2 = 0,95$ - $p \leq 0,05$), resultado da inibição competitiva entre esses dois elementos (Malavolta et al., 1997). Nos tratamentos que receberam calagem, a relação Ca+Mg/K ficou, na média dos tratamentos, em 15,6/1, enquanto que a ausência de fertilizantes e corretivos apresentou a relação 6,3/1. Os tratamentos " $N_1P_1K_2$ + calagem" e " $N_2P_2K_2$ + calagem" apresentaram as relações de 11,4/1 e 10,4/1, respectivamente, sendo esses valores próximos da relação 13,3/1 reportada por Usherwood (1982), como recomendável para um bom equilíbrio entre esses cátions. Entretanto, mesmo que apresente uma boa relação, a utilização do calcário com baixo teor de Mg, pode provocar um desequilíbrio nutricional, o que acarreta em efeito deletério sobre a regeneração da casca (Moraes e Moraes, 1997).

Na profundidade de 11-20 cm houve efeito significativo entre tratamentos, na aplicação do contraste

Tabela 1. Características químicas do solo após quinze meses de instalação do experimento.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC ¹	m ¹	V ¹
	CaCl ₂	g .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	_____	_____	mmol _c dm ⁻³	_____	_____	_____	_____	%
0-10 cm de profundidade											
$N_0P_0K_0$	3,78	19,50	3,62	0,96	2,37	2,25	6,87	14,62	20,22	55,18	2,76
$N_0P_0K_0+C$	3,86	18,20	3,87	0,80	2,25	3,62	5,62	13,06	19,73	45,73	33,81
$N_1P_1K_0+C$	3,82	19,00	5,12	0,80	1,87	4,00	6,62	9,18	15,85	49,81	42,08
$N_2P_2K_0+C$	3,85	19,50	3,75	0,82	1,87	3,75	6,12	11,69	18,13	48,73	35,52
$N_1P_1K_1+C$	3,87	18,70	4,12	1,02	2,00	3,75	5,87	11,12	17,89	46,44	37,34
$N_2P_2K_1+C$	3,77	19,10	4,00	1,00	2,62	4,25	7,25	12,37	20,24	47,99	43,99
$N_1P_1K_2+C$	3,78	19,70	3,12	1,10	2,62	3,50	7,25	16,08	23,30	50,10	40,61
$N_2P_2K_2+C$	3,68	19,30	2,50	0,87	1,62	3,87	7,75	14,49	20,85	54,93	27,29
S_1	3,40	18,70	3,65	0,92	2,15	3,59	6,75	13,49	20,15	50,33	33,05
S_2	3,40	19,50	3,87	0,91	2,15	3,65	6,59	12,52	19,23	49,55	34,89
11-20 cm de profundidade											
$N_0P_0K_0$	3,67	16,75	2,12	0,72	3,37	1,87	8,87	52,62	58,58	59,81	10,17
$N_0P_0K_0+C$	3,70	16,50	1,25	0,65	3,62	2,37	8,25	53,00	59,64	55,41	11,43
$N_1P_1K_0+C$	3,62	16,37	1,75	0,70	2,37	1,87	8,87	54,31	54,31	64,23	9,10
$N_2P_2K_0+C$	3,56	16,00	1,75	0,66	2,50	1,75	10,10	60,88	60,88	57,29	8,06
$N_1P_1K_1+C$	3,60	16,50	1,75	0,92	2,25	2,00	9,12	57,41	57,41	63,82	9,01
$N_2P_2K_1+C$	3,63	17,37	2,25	0,85	3,50	2,62	9,12	59,46	59,46	56,68	11,72
$N_1P_1K_2+C$	3,56	16,75	1,75	1,01	2,50	2,00	9,75	62,76	62,76	63,89	8,78
$N_2P_2K_2+C$	3,53	16,12	2,00	0,83	2,75	1,87	9,87	61,32	61,32	64,42	8,89
S_1	3,59	16,18	1,81	0,87	2,78	1,90	9,46	59,22	59,22	63,02	9,37
S_2	3,63	16,90	1,84	0,95	2,93	2,18	9,03	59,59	59,59	59,84	10,17

CTC¹ = capacidade de troca de cátions, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. $S_1 = \frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e $S_2 = \frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

Tabela 2. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo nas camadas de 0-10 cm e 11-20 cm que apresentaram significância após 15 meses do início do experimento*.

Causas da variação	P		K		Mg		V ¹		m ¹	
	0-10cm		11-20cm		0-10cm		11-20cm		0-10cm	
Adubação	1,17	0,68	0,74	0,27	0,21	1,39	0,98	1,31	0,88	2,40*
Com vs Sem calagem	0,78	0,69	0,03	0,05	0,26	5,68*	4,40*	1,83	0,10	0,31
Com vs Sem calagem/adubação	0,05	0,09	4,41*	1,65	0,50	1,49	4,46*	0,50	0,70	0,27
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,02	0,84	0,09	0,02	0,08	2,97	0,59	1,58	2,08	2,11
K ₀ vs K ₁ e K ₂	2,67	2,44	0,00	0,02	0,02	0,70	1,41	1,91	0,58	0,27
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	1,89	0,02	0,06	0,03	0,01	0,00	0,01	0,11	0,28	0,03
K ₁ vs K ₂	3,13	0,03	0,20	0,08	0,38	0,23	0,03	2,06	0,92	0,97
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	0,02	0,02	0,25	0,09	0,02	0,76	0,48	3,28	2,07	1,33
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,39	1,32	0,14	0,00	0,01	0,01	0,36	0,20	0,41	0,08
Sistemas de exploração	0,74	0,05	0,03	0,05	0,26	0,03	1,36	4,76*	1,10	3,48
Adub. vs Sist. de exploração	0,67	0,86	1,63	3,20*	1,90	0,98	0,80	1,54	0,79	2,06
Média	3,76	0,92	3,62	35,62	49,88	1,82	0,86	2,04	8,62	54,86
CV (%)	27,03	18,60	39,31	27,90	28,46	42,33	68,00	25,17	28,20	11,13

¹m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. * significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 3. Características químicas do solo após vinte sete meses de instalação do experimento.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC ¹	m ¹	V ¹
	CaCl ₂	g .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³						%	
0-10 cm de profundidade											
N ₀ P ₀ K ₀	3,92	11,38	2,37	0,93	3,00	2,87	7,00	53,25	60,00	50,72	11,33
N ₀ P ₀ K ₀ +C	4,58	15,60	2,50	0,76	2,87	10,12	1,37	33,24	47,00	9,06	29,25
N ₁ P ₁ K ₀ +C	4,25	16,80	7,12	0,78	4,50	9,35	2,75	41,00	55,60	15,82	26,31
N ₂ P ₂ K ₀ +C	4,50	18,00	7,62	0,82	4,00	13,62	1,37	36,62	55,10	9,92	22,58
N ₁ P ₁ K ₁ +C	4,41	15,80	6,37	1,01	3,62	12,50	2,37	33,99	51,10	11,39	36,09
N ₂ P ₂ K ₁ +C	4,15	15,50	14,87	0,92	4,75	12,00	5,50	44,87	62,50	24,30	27,41
N ₁ P ₁ K ₂ +C	5,16	16,30	9,62	1,12	3,12	9,62	1,50	35,62	51,10	9,77	27,18
N ₂ P ₂ K ₂ +C	4,36	15,60	17,75	1,13	3,62	8,12	2,62	42,62	55,50	16,91	23,19
S ₁	4,54	16,10	8,75	0,96	3,62	10,43	2,59	40,99	56,00	14,72	26,80
S ₂	4,28	15,70	8,31	0,91	3,75	9,12	3,53	39,92	53,40	20,43	25,75
11-20 cm de profundidade											
N ₀ P ₀ K ₀	3,83	11,62	1,87	0,61	4,62	2,00	8,25	48,39	55,62	21,67	13,00
N ₀ P ₀ K ₀ +C	3,82	11,5	1,25	0,52	4,50	3,12	7,25	54,25	62,39	27,71	13,05
N ₁ P ₁ K ₀ +C	3,83	12,87	2,5	0,53	6,00	3,50	6,75	82,89	92,90	40,23	10,80
N ₂ P ₂ K ₀ +C	3,81	12,25	2,5	0,68	7,12	4,50	6,75	55,00	67,30	35,43	18,28
N ₁ P ₁ K ₁ +C	3,87	13,25	3,75	0,85	5,62	3,50	6,37	54,74	64,71	38,98	15,41
N ₂ P ₂ K ₁ +C	3,80	12,00	2,5	0,76	5,00	2,00	8,12	62,24	62,50	51,13	13,84
N ₁ P ₁ K ₂ +C	3,77	11,25	5,00	0,90	4,75	3,00	8,62	56,62	65,27	49,91	13,25
N ₂ P ₂ K ₂ +C	3,81	12,12	4,87	0,82	6,37	3,37	7,12	55,99	66,55	40,27	15,87
S ₁	3,83	11,93	3,43	0,71	5,81	3,09	7,53	55,15	64,76	43,93	14,84
S ₂	3,8	12,28	2,62	0,71	5,18	3,15	7,28	56,68	65,72	44,60	13,76

¹ CTC = capacidade de troca de cátions, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. S₁ = ½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e S₂ ½S d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

“N₀P₀K₀ + calagem” versus “NPK + calagem” (Tabelas 3 e 5), Como ocorrido na camada de 0-10 cm (Tabelas 3 e 4, as doses K₁ e K₂ diminuíram a concentração de Mg quando comparado com K₀ (efeito de inibição reportado em Malavolta et al., 1997). A aplicação de calcário dolomítico aumentou a concentração de magnésio no solo, na média, em 74% em relação à testemunha (2,87 mmol_c dm⁻³). Com aumento das doses de potássio, foi verificado efeito linear positivo (p ≤ 0,05) sobre a concentração de K (Y = 0,575 + 0,006X, R² = 0,85) e na saturação de alumínio (Y = 40,063 + 0,115X, R² = 0,56).

Em valores absolutos, observou-se também, um aumento do cálcio trocável, nos tratamentos “N₁P₁K₀ + calagem” e “N₂P₂K₀ + calagem” quando comparado com os outros tratamentos com calagem e presença de potássio, havendo nesse caso, acréscimo de 18% (5,4 mmol_c dm⁻³ para 6,6 mmol_c dm⁻³).

Após três anos de experimento, os valores de pH nos tratamentos com K₁, na profundidade de 21- 040 cm indicaram que na dose N₁P₁, independentemente do nível de potássio, o efeito foi quadrático e significativo (pH = 3,781 + 0,010X + 0,002X², R² = 0,86 - p ≤ 0,05). Na

Tabela 4. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo na camada de 0-10 cm que apresentaram significância após 27 meses do início do experimento*.

Causas da variação	pH	P	0-10cm							
			K	Ca	Mg	Al	SB ¹	CTC ¹	V ¹	m ¹
Adubação	2,05	5,55*	1,73	1,46	3,06*	6,47*	3,35*	1,54	3,79*	6,44*
Com vs Sem calagem	3,53	0,05	1,26	0,02	7,24*	23,60*	5,52*	0,02	13,00*	23,60*
Com vs Sem calagem/adubação	4,54*	8,09	0,01	1,65	15,00*	26,40*	16,20*	3,94*	22,10	31,80*
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,17	10,40*	3,00	2,96	0,13	2,20	1,32	4,10*	0,01	0,82
K ₀ vs K ₁ e K ₂	0,43	5,69*	6,53*	0,89	0,32	1,73	0,59	0,59	0,11	1,57
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,47	0,02*	0,06	0,38	2,49	1,41	3,61	2,03	1,95	0,38
K ₁ vs K ₂	3,46	1,75	2,18	2,02	3,14	5,25*	0,45	0,03	0,15	3,67
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	0,52	6,75*	0,32	1,93	0,03	7,29*	0,83	0,05	1,34	6,04
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	4,78	6,17*	0,01	0,38	0,31	0,95	0,41	0,00	0,79	0,75
Sistemas de exploração	1,84	0,10	0,48	0,10	1,19	2,12	1,38	4,67*	0,30	3,18
Adub. vs Sist. de exploração	0,80	1,53	0,79	0,58	0,99	2,41	1,32	0,73	1,32	2,32*
Média	4,40	8,50	0,90	3,70	9,80	3,10	25,90	63,20	33,80	17,30
CV (%)	17,10	65,40	28,80	43,00	49,20	84,00	48,80	17,60	34,20	89,60

¹CTC = capacidade de troca de cátions, SB = soma de bases, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases.* significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 5. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo nas camadas de 11-20 cm e 21-40 cm que apresentaram significância após 27 meses do início do experimento*.

Causas da variação	pH	P	11-20cm			21-40cm				
			K	Mg	CTC ¹	pH	P	K	Mg	CTC ¹
Adubação	0,36	1,84	2,63	1,99	0,45	1,19	2,46*	0,91	1,12	1,64
Com vs Sem calagem	0,03	0,19	0,48	1,84	0,05	0,06	0,83	1,01	0,08	0,22
Com vs Sem calagem/adubação	0,11	1,49	1,44	4,22*	0,77	0,75	0,35	0,00	0,01	2,14
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,01	4,32*	6,00*	0,09	0,75	0,37	4,23	2,61	0,29	5,78*
K ₀ vs K ₁ e K ₂	0,05	3,05	8,29	4,13*	0,04	0,33	7,46	1,64	5,61*	0,01
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,13	0,00	1,42	1,46	0,62	0,41	0,09	0,01	0,00	1,67
K ₁ vs K ₂	0,78	3,21	0,40	0,56	0,27	5,07	2,96	0,51	1,87	0,01
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	1,14	0,76	0,48	3,28	0,40	0,80	1,48	1,55	0,08	1,50
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,29	0,01	0,36	0,20	0,25	0,58	0,37	0,06	0,00	0,37
Sistemas de exploração	1,32	1,47	0,00	0,04	0,45	0,01	2,83	0,83	1,20	0,19
Adub. vs Sist. de exploração	1,20	0,38	0,97	0,31	1,55	0,40	0,91	0,69	0,86	1,21
Média	3,80	3,00	0,70	3,10	57,80	3,80	1,50	0,60	2,00	32,30
CV (%)	2,90	88,40	23,50	38,50	12,50	6,00	68,00	44,90	44,90	12,10

CTC¹ = capacidade de troca de cátions. * significativo a 5% pelo teste F.

aplicação do contraste entre as médias, observou-se que os tratamentos “calagem + adubação” foram superiores ao tratamento “calagem”, bem como os níveis K_2 e K_1 superaram K_0 , na concentração de fósforo e afetaram negativamente a de magnésio no solo (Tabela 5).

Na soma dos resultados no três anos de avaliação, deduz-se que a calagem teve seus efeitos mais pronunciados no horizonte superficial elevando o pH de valores 3,7 para 5,1. Com a adubação e calagem no mesmo horizonte, a concentração de fósforo passou de $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $1,7 \text{ mg dm}^{-3}$ nos tratamentos P_2 para $15,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $17,0 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente. Com relação ao potássio, apesar do aumento das doses, somente houve incremento na concentração desse íon no solo no segundo (21-40 cm) e terceiro ano (0-10 cm e 11-20 cm). A provável causa desse resultado é que o Ca e o Mg provenientes do calcário aplicado no início do experimento devem ter inibido a absorção de K em decorrência desses cátions competirem pelos mesmos sítios de troca (Marschner, 1995 e Malavolta et al., 1997).

A produção de borracha seca, na média dos três anos de avaliação, teve no tratamento “ $N_2P_2K_1$ +calagem” o maior ganho de produtividade, com incremento de 17,0% a testemunha (Tabela 6), porém, não diferiu estatisticamente dos tratamentos “ $N_1P_1K_1$ +calagem” e “ $N_2P_2K_2$ +calagem”. No uso de contrastes entre médias

para as doses de potássio ocorreu a seguinte seqüência $K_2 > K_1 > K_0$. Na dose K_1 , o tratamento contendo N_2P_2 teve maior produção que no N_1P_1 , indicando a presença de interação desses três elementos (Barber, 1995). Murbach et al. (1999) estudando a adubação de seringueiras, clone PB235, cultivado em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, observaram que adubação potássica aumentou a produção de borracha seca, enquanto que as adubações nitrogenadas e fosfatadas não apresentaram efeito significativo.

Segundo Marschner (1995), essa interação está intimamente relacionada com a produção, haja vista que o N é constituinte da molécula de clorofila e de todas as proteínas, sendo consumida em grandes quantidades, principalmente para constituição do protoplasma celular. O potássio tem papel importante no carregamento do floema com produtos da fotossíntese, enquanto que o fósforo fornece energia nas formas de ATP (adenosina trifosfato), ADP (adenosina difosfato), UDP (uridina difosfato) e outros, para que ocorram todas as reações metabólicas.

Houve incremento de apenas 5% na produção com a utilização do sistema de exploração S_1 quando comparado com o S_2 , porém, a produção diária obtida pelo sangrador foi inferior em 31,33% no primeiro para o segundo sistema estudado (Tabela 6). Tais resultados demonstram não ser necessário diminuir o intervalo de sangria de sete para quatro dias. Contudo, a adoção do sistema d/7, tornar-se-á mais consistente se adotadas práticas de manejo mais adequadas, principalmente com o uso da adubação.

Tabela 6. Produção de borracha seca do clone RRIM 600, incremento percentual (Δ) da produção e rendimento de mão-de-obra (média dos três anos de avaliação)*.

	Produção kg/ha	%
$N_0P_0K_0$	1518,83b	100,00
$N_0P_0K_0+C$	1595,40b	105,00
$N_1P_1K_0+C$	1519,63b	100,10
$N_2P_2K_0+C$	1563,60b	102,90
$N_1P_1K_1+C$	1644,63ab	108,30
$N_2P_2K_1+C$	1778,96a	117,10
$N_1P_1K_2+C$	1549,37b	102,00
$N_2P_2K_2+C$	1628,03ab	107,20
S_1	1640,27A	108,00
S_2	1559,33A	102,70
CV (%)	9,73	-
Número de sangrias em S_1	63,00	100,00
Número de sangrias em S_2	42,00	66,70
Borracha seca/sangrador/dia em S_1 (kg)	26,30	100,00
Borracha seca/sangrador/dia em S_2 (kg)	38,30	145,60

* Médias seguidas por letras distintas minúsculas nos tratamentos (tipo de adubação e calagem) e maiúscula nos métodos de sangria na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. $S_1 = \frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e $S_2 = \frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

Conclusões

1. Seringais cultivados em Argissolo distrófico do Estado de São Paulo, sem a realização da calagem e da adubação, tem seu potencial produtivo limitado pela acidez elevada e baixa fertilidade do solo.

2. A aplicação de calcário dolomítico e a realização da adubação fosfatada promovem alterações no complexo de troca em decorrência, principalmente, do aumento da soma de bases.

3. Nas condições estudadas, a adubação fosfatada promove incremento na produção de borracha seca do clone RIMM 600 até a dose 35 kg ha^{-1} .

4. A produção diária obtida pelo sangrador no sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y é cerca de 30% mais eficiente que o sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y.

Literatura Citada

BARBER, S.A. 1995. Nutrient bioavailability. New York, John Wiley & Sons. 414p.

- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. 1999. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23(4): 881-890.
- CARDOSO, M. 1992. Seringueira. In: Raij, B. et al. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas. Boletim Técnico, nº100. 85p.
- FURTADO, E.L.; SILVEIRA, A.P. 1990. Doenças do painel de sangria da seringueira. In: Bernardes, M.S. ed. Sangria da seringueira. Piracicaba, FEALQ. p.111-125.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba, Potafós. 319p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of highest plants. London, Academic Press. 888p.
- MORAES, V. H. F.; MORAES, L. A. C. 1997. Efeito de copas enxertadas de seringueira (*Hevea* spp.) sobre o teor de magnésio e a regeneração do látex no painel do clone Fx3899. *Revista Agrotrópica (Brasil)* 9(2): 59-66.
- MOREIRA, A. et al. 2001. Influência da cobertura vegetal nas capacidade de adsorção de fósforo em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico. *Revista de Ciências Agrárias (Brasil)* 35 (1):61-71.
- MURBACH, M.R. 1999. Adubação NPK e produção de borracha seca pela seringueira (*Hevea brasiliensis*) *Scientia Agrícola (Brasil)* 56(1): 71-76.
- NASCIMENTO, C.M.; PEREIRA, M.A.M.G. 1988. Atlas climatológico do Estado de São Paulo (1977-1986). Campinas, Fundação Cargill. 93p.
- ORTOLANI, A.A. 1983. Aptidão agroclimática para a regionalização da heveicultura no Brasil. In: Seminário Brasileiro sobre Recomendações de Clones de Seringueira, 1, Brasília, 1982. Anais. Brasília, Embrapa. pp.17-28.
- PIMENTEL GOMES, F. 1990. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Nobel. 468p.
- PUSHPARAJAH, E. 1969. Response in growth and yield of *Hevea brasiliensis* to fertilizer application on Rengan series soils. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya* 21(1): 165-172.
- RAIJ, B. 1991. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Agronômica Ceres. 343p.
- RAIJ, B. et al. 1987. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill. 170p.
- SCHWENGBER, D.R. 1993. Efeitos do gesso e calcário na relação raiz/parte aérea e teores foliares de nutrientes em tocos de seringueira (*Hevea* spp., clone IAN 873). Dissertação de Mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 126p.
- SETZER, J. 1946. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas. 239p.
- SHORROCKS, V.M. 1979. Deficiências minerais em *Hevea* e em plantas de cobertura associadas. Brasília, SUDHEVEA. 76p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. 1985. Soil fertility and fertilizer. New York, Macmillan Publishing Co. 754p.
- USHERWOOD, N.R. Interação do potássio com outros íons. In: Yamada, T.; Igue, K., Muzilli, O.; Usherwood, N.R. O potássio na agricultura. Piracicaba, Potafós. p.227-247.
- VIRGENS FILHO, A.C.; CASTRO, P.R.C. 1986. Sangria da seringueira (*Hevea* spp.) In: Simpósio Sobre a Cultura da Seringueira. 1., Piracicaba, 1986. Anais. Campinas, Fundação Cargill. p.271-315.
- VIRGENS FILHO, A.C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P.R.C. 2001. Efeito da calagem e adubação da seringueira no estado nutricional e produção de borracha seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36(8): 1019-1026.
- WATSON, G.A. 1989. Nutrition. In: Webster, C.C.; Baulkwill, W.J. (Ed.) *Hevea*. New York, Longman. pp.125-163.

