

RESPOSTA DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO ALUMINOFÉRRICO

Ilex paraguariensis St. Hil. RESPONSE TO MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION IN A HAPLORTHOX

Carla Maria Pandolfo¹ Paulo Alfonso Floss² Dorli Mário Da Croce² Renato César Dittrich³

RESUMO

Os poucos trabalhos publicados sobre adubação na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e a necessidade de se conhecer melhor os seus aspectos nutricionais impulsionaram a condução do presente trabalho. Os objetivos foram de se verificar a resposta da erva-mate à adubação com N, P e K, fornecida via mineral e à adubação com esterco de aves fornecida via cama de aviário, bem como estimar a dose de cada nutriente que proporcionou o maior rendimento de erva-mate implantada em um Latossolo Vermelho aluminoférrico. O experimento foi conduzido na localidade de Marechal Bormann, município de Chapecó (SC). Os tratamentos constaram da aplicação anual de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 g de N por planta; 0, 25, 75, 100 e 125 g por planta de P₂O₅ e K₂O e; 0, 1,5, 3,0 e 4,5 kg de cama de aviário por planta. Para N, P e K, quando se variavam as doses de um nutriente, os outros dois eram aplicados uniformemente na dose de 50g por planta. São apresentados e discutidos os teores de macro e micronutrientes nas folhas, a resposta da erva-mate pela produção de massa verde, anual e acumulada, quando das aplicações de N, P, K e cama de aviário e os teores de P e K no solo. Os teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas situaram-se dentro de faixas normais para a cultura. Não houve resposta significativa da erva-mate ao P adicionado, entretanto, há indicação de que a dose ótima deve encontrar-se abaixo de 25 g de P₂O₅ por planta. Houve resposta significativa à adubação nitrogenada e o Ponto de Máxima Eficiência Técnica (PMET) foi de 80,5 g de N por planta por ano. Houve resposta de efeito linear da cultura para a cama de aviário nas doses estudadas, sendo que a dose anual de 4,5 kg de cama de aviário por planta permitiu a maior resposta de produção de massa verde obtida em todo o experimento. Com relação à resposta da erva-mate ao K, esta se mostrou ser dependente dos teores do elemento encontrado no solo.

Palavras-chave: erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil., adubação orgânica, adubação mineral.

ABSTRACT

The lack of information on mate plants (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) and the necessity to better understand its nutritional aspects stimulated the conduction of this study. The objectives were to verify the response of mate to mineral N, P and K and to organic fertilization supplied by poultry manure, and also to estimate nutrient rate which allow higher yield of mate plants, cultivated in a HAPLORTHOX. The experiment was carried out in Marechal Bormann, Chapecó country, SC, Brazil. The treatments consisted of annual applications of 0, 25, 50, 75, 100 and 125 g of N; 0, 25, 75, 100 and 125 g of P₂O₅ and K₂O per plant and 0, 1,5, 3,0 and 4,5 kg of poultry manure (dry matter) per plant. When different rates of N, P and K were applied, the other two nutrients rate were 50 g per plant. It was evaluated the content of leaves macro and micronutrients, mate yield in five economic pruning and content of soil P and K. The content of macro and micronutrients in leaves were inside of a normal range for these plants. There was no significant response to added P; however, there was a strong indication that the best rate is below 25 g P₂O₅ per plant. There was a significant response to nitrogen fertilization and the maximum technical efficiency was 80,5 g of N per plant per year. The response for poultry manure was linear with higher yield when 4,5 kg per plant was added and mate response to K application was dependent of soil K level.

Key words: *Ilex paraguariensis* St. Hil., mineral and organic fertilization, mate.

1. Engenheira Agrônoma, M.Sc., Pesquisadora da EPAGRI/EECN, Caixa Postal 116, CEP 89620-000, Campos Novos (SC). pandolfo@epagri.rct-sc.br
2. Engenheiro Florestal, M.Sc., Pesquisador da EPAGRI/CPMP, Caixa Postal 791, CEP 89801-970, Chapecó (SC).
3. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da EPAGRI/SEDE, Caixa Postal 502, CEP 89034-901, Florianópolis (SC).

Recebido para publicação em 16/01/2002 e aceito em 3/09/2003.

INTRODUÇÃO

A erva-mate desempenha um importante papel socioeconômico em vários municípios, especialmente na Região Sul do Brasil onde ocorre tanto na forma nativa quanto cultivada. Os principais destinos da matéria-prima, composta de folhas e ramos finos, são o chimarrão, o mate gelado e o chá-mate. A indústria química e farmacêutica tem mostrado interesse no uso da erva-mate para fabricação de medicamentos, tintas, desinfetantes e outros.

Os ervais nativos normalmente estão estabelecidos em solos ácidos, com teores altos de alumínio trocável e baixos de fósforo disponível. Os ervais instalados estão sobre solos que normalmente já foram calcariados e cultivados com culturas anuais, apresentando melhores condições de fertilidade. Para uma cultura como a erva-mate, em que há remoção de grande quantidade de massa verde para fora da lavoura, a reposição de nutrientes no solo é fundamental para a manutenção da sua fertilidade e melhoria do potencial produtivo da planta. Segundo Bisso e Salet (2000), a manutenção da alta produtividade de um sistema agrícola deve levar em conta os aspectos nutricionais das plantas e o esgotamento do solo, pela exportação dos nutrientes mediante a poda, pode levar à redução da sua produtividade.

Os trabalhos com nutrição vegetal em erva-mate enfatizam o fornecimento de nitrogênio cujas quantidades recomendadas são maiores que as de fósforo e potássio. Bellote e Sturion (1985), cultivando erva-mate em solução nutritiva, verificaram que, dos elementos estudados, o N foi o mais limitante na produção de matéria seca, seguido por cálcio, fósforo, potássio, magnésio, zinco, cobre e ferro. Em trabalho conduzido na Argentina, Kricun e Belingheri (1995) estudaram doses de N em diferentes densidades de plantas. Concluíram que em altas densidades, aplicações de N de até 300 kg ha⁻¹ resultaram em aumento linear dos rendimentos de massa verde de erva-mate. Para baixas densidades, um aumento nos rendimentos ocorreu até 100 kg ha⁻¹. Nas plantações de Misiones e Nordeste de Corrientes, Argentina, em densidades de até 1.900 plantas por hectare (sistema convencional), é usada uma adubação média de 300 kg ha⁻¹, de uma fórmula na qual a relação entre N:P:K é de 30,5:7,5:7,5, resultando em aporte de aproximadamente 91 kg de N, 22 kg de P₂O₅ e 22 kg de K₂O por hectare (Trujillo, 1995). No oeste de Santa Catarina, têm sido aplicados aproximadamente 250 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-10, para uma densidade de 2.200 a 2.600 plantas por hectare (Floss, Informação Verbal).

Sanz e Isasa (1991) determinaram o conteúdo de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco em duas marcas comerciais de erva-mate, analisando a erva-mate *in natura*, a infusão e a cocção desta, e obtiveram um elevado conteúdo mineral com destaque para os níveis de potássio, magnésio e manganês. Os autores sugerem que o fornecimento desses minerais para a erva-mate é de grande importância.

Com relação ao fósforo, os baixos teores encontrados no tecido foliar, sem que a erva-mate apresente sintomas de deficiência desse nutriente, têm sido atribuídos a uma característica nutricional da espécie e à existência de mecanismos de adaptação aos baixos níveis de P disponível no solo (Reissmann *et al.*, 1983), indicando também uma adaptação da espécie às condições de acidez do solo (Radomski *et al.*, 1992).

Os objetivos deste trabalho foram verificar a resposta da erva-mate à adubação com N, P e K fornecida via mineral e à cama de aviário e estimar a dose de cada nutriente que proporciona o maior rendimento da erva-mate instalada em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na localidade de Marechal Bormann, município de Chapecó (SC), em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico que apresentava, na média dos anos 1991 e 1992 (dois primeiros anos de condução do experimento), as seguintes características químicas: pH 4,7; ISMP 5,0; 4,2 mg L⁻¹ de P; 66 mg L⁻¹ de K; 4,9% de matéria orgânica (m/v); 1,7 cmolc L⁻¹ de alumínio trocável e 5,6 cmolc L⁻¹ de Ca + Mg trocáveis. O experimento foi instalado em 1991 e a partir de 1994 começaram as avaliações, com exceção da poda comercial que começou em 1995.

Até o início das avaliações, a adubação consistiu da aplicação de 25, 50 e 75% das doses

estabelecidas nos tratamentos, para os anos de 1991, 1992 e 1993 respectivamente. A partir de 1994, os tratamentos começaram a ser aplicados integralmente, isto é, 100% das doses estabelecidas. Os tratamentos constaram da aplicação anual de 0, 25, 50, 75, 100, 125 g de N por planta, 0, 25, 75, 100 e 125 g por planta de P_2O_5 e de K_2O e; 0, 1,5, 3,0 e 4,5 kg de cama de aviário por planta. Para N, P e K, quando se variavam as doses de um nutriente, os outros dois eram aplicados uniformemente na dose de 50g por planta. O tratamento N = 50, P_2O_5 = 50 e K_2O = 50 g por planta, é comum a todos os demais tratamentos com N, P e K, porém, foi considerado apenas na análise dos dados para a resposta ao N, para manter a ortogonalidade do delineamento adotado, resultando na independência das análises para os nutrientes N, P e K. Poderá, no entanto, servir como fonte de referência na discussão dos resultados para os nutrientes P e K.

A partir do terceiro ano, a adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes, em doses iguais, e aplicadas na primavera com um intervalo de, aproximadamente, dois meses. As fontes de N, P e K foram, respectivamente, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O adubo orgânico utilizado foi a cama de aviário de três lotes, sendo as doses corrigidas para peso seco em função da umidade. Em média, o esterco de aves apresentava 2,3% de N, 1,9% de P e 2,3% de K. Por ocasião da adubação, os adubos eram colocados na coroa e levemente incorporados com a enxada. As parcelas constaram de 12 plantas (duas fileiras de seis plantas), sendo consideradas oito plantas úteis. O espaçamento utilizado foi de 3,5 m entre filas e 1,5 m entre plantas o qual resultou em uma densidade de 1.905 plantas por ha.

Para análise de tecido, coletaram-se em torno da copa uma amostra formada por cinco folhas da parte inferior, cinco folhas da parte mediana e cinco folhas da parte superior, constituindo uma amostra composta. Após secas e moídas, as amostras foram analisadas para N, P, K, Fe, Mn, Zn e B nos anos de 93, 94, 95, 97 e 98, e para Cu, Ca e Mg nos anos de 93, 94, 95 e 98. A metodologia de análise encontra-se em Tedesco *et al.*, 1985. A massa verde foi determinada por meio de podas feitas com tesoura específica, deixando-se aproximadamente 10% da área foliar na planta. Os cortes foram anuais, no período de 1995 a 2000, com exceção de 1999. A amostragem do solo foi realizada com trado na profundidade de 0-20 cm para todos os tratamentos, com exceção para os tratamentos relativos ao fósforo cuja profundidade amostrada foi de 0-10 e 10-20 cm.

O delineamento foi em blocos casualizados com vinte tratamentos e quatro repetições, formando quatro hipóteses distintas referentes à resposta de N, de P, de K e da cama de aviário. A variável resposta foi o peso da massa verde em $kg\ ha^{-1}$, obtida por meio de um corte anual no período de agosto a dezembro, com exceção do ano de 1999 em que não foi realizada a poda. As hipóteses referentes a cada fonte de nutriente foram testadas pelo teste F no nível de significância de erro $\alpha=0,05$, mediante regressão em cada colheita e nas colheitas acumuladas sucessivamente, evitando-se assim o efeito de correlação entre elas em razão da colheita da erva-mate ser escalonada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N nas folhas variou de 2,41%, na ausência de adubação nitrogenada, até 2,91% na dose máxima de N aplicada por planta (125g) (Tabela 1). Esses teores são mais altos do que aqueles detectados em árvores adultas (1,5 a 2,2%) por Reissmann *et al.* (1983). As regressões entre as doses de N aplicadas por planta e os teores de N, P e K nas folhas foram significativas apenas para o N e o P (linear e quadrática, respectivamente) e não significativa para o K.

O teor médio de P na folha variou de 0,13% sem aplicação de P_2O_5 a 0,17% com aplicação de 100 e 125 g de P_2O_5 por planta (Tabela 1), situando-se acima do que Reissmann *et al.* (1985) considerou como um valor baixo (0,12%) quando comparado a outras folhosas. A adaptação da cultura a solos ácidos e com baixos teores de P pode ser a explicação para esse comportamento da erva-mate, também observada em outros trabalhos (Reissmann *et al.*, 1983 e Radomski *et al.*, 1992). A análise de regressão foi significativa e de efeito linear somente para o teor de P nas folhas.

Para o K, os teores nas folhas variaram de 0,80% na ausência de adubação potássica a 1,92% com a aplicação de 125 g de K_2O . Reissmann *et al.* (1983) encontraram teores de K na folha variando de 1,41 a 1,81%, considerando satisfatório o suprimento do elemento para a planta. As regressões entre as doses de K_2O e os teores de N, P e K nas folhas foram significativas e de efeito linear para os teores de N e de efeito

quadrático para os teores de K nas folhas de erva-mate.

TABELA 1: Porcentagem de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas da erva-mate.

TABLE 1: Nitrogen, phosphorus, potash, calcium and magnesium percentage in mate leaves.

Tratamentos g/planta/ano	Nutrientes na Folha (%)				
	N ¹	P ¹	K ¹	Ca ²	Mg ²
Nitrogênio					
00	2,41	0,22	1,61	0,77	0,74
25	2,55	0,17	1,63	0,73	0,71
50	2,70	0,15	1,58	0,73	0,69
75	2,75	0,15	1,57	0,75	0,73
100	2,84	0,15	1,55	0,74	0,71
125	2,91	0,14	1,60	0,71	0,66
Regressão ³	L	Q	NS	NS	NS
R ²	0,6883	0,7981	-	-	-
Fósforo-P₂O₅					
00	2,77	0,13	1,62	0,72	0,65
25	2,71	0,15	1,69	0,69	0,69
75	2,64	0,16	1,66	0,74	0,71
100	2,77	0,17	1,56	0,77	0,75
125	2,72	0,17	1,59	0,73	0,71
Regressão	NS	L	NS	NS	NS
R ²	-	0,4526	-	-	-
Potássio-K₂O					
00	2,89	0,15	0,80	0,86	1,11
25	2,71	0,15	1,33	0,78	0,83
75	2,70	0,16	1,74	0,69	0,66
100	2,71	0,15	1,92	0,65	0,62
125	2,68	0,15	1,92	0,77	0,72
Regressão	L	NS	Q	Q	Q
R ²	0,2462	-	0,9293	0,5848	0,7578
Cama de aviário					
kg/planta					
00	2,43	0,14	1,11	0,87	1,01
1,5	2,47	0,19	1,59	0,82	0,83
3,0	2,61	0,17	1,61	0,82	0,76
4,5	2,72	0,17	1,70	0,79	0,76
Regressão	L	Q	L	NS	L
R ²	0,6155	0,3461	0,4955	-	0,5081

Em que: 1 = Média de seis anos (93 a 98); 2 = Média de quatro anos (93, 94, 95 e 98); 3 = L-Linear; Q-Quadrática; S = Não-significativa (P < 0,05).

A aplicação de doses de cama de aviário afetou os teores de N, P e K das folhas (Tabela 1), já que as regressões foram significativas e de efeito linear para os teores de N e de K e quadrática para os teores de P.

Com relação aos teores de Ca e Mg nas folhas, somente houve regressão significativa entre esses elementos e as doses de K aplicadas (efeito quadrático) e entre o Mg e as doses de cama de aviário (linear). Observa-se que os maiores teores de Ca e de Mg são encontrados na ausência de adubação potássica e do adubo orgânico. Isso pode ser atribuído à inibição competitiva do K com o Ca e o Mg, ou seja, um aumento na concentração de K no solo pode diminuir a absorção desses dois elementos pela planta (Malavolta *et al.*, 1989).

Os teores médios dos micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B presentes nas folhas da erva-mate foram de 191, 985, 41, 8 e 60 mg kg⁻¹ respectivamente (dados não-mostrados). Os teores de Fe e de Mn foram

relativamente altos. O Mn variou de 791 a 1.223 mg kg⁻¹. Reissmann *et al.* (1983) ressaltam que altas concentrações de Mn estão de acordo com o comportamento das essências florestais e que, para a erva-mate, são comuns valores acima de 1.000 mg kg⁻¹. Com relação aos elementos Cu e Zn, os valores encontrados estão dentro da faixa de variação encontrada por Radomski *et al.* (1990) apud Radomski *et al.* (1992), que vai de 5 a 50 mg kg⁻¹ para o Cu e de 28 a 125 mg kg⁻¹ para o Zn. De maneira geral, os teores de micronutrientes determinados na folha da erva-mate encontram-se dentro das faixas consideradas normais para a cultura. Não se observou qualquer efeito dos tratamentos aplicados sobre o teor de micronutrientes nas folhas da erva-mate.

A produção da massa verde da erva-mate em resposta ao N, P e K aplicados e à cama de aviário é mostrada nas Tabelas 2 e 3 respectivamente. Em todos os anos, a resposta ao N sempre foi significativa no nível de 5%. Essa resposta, ora foi de efeito quadrático como nos anos 1995, 1997, 1998 e 2000, ora foi de efeito linear, como no ano de 1996. Essa última pode ter sido influenciada por um desfolhamento de causa não-identificada que ocorreu no erval e que pode ter influenciado, para aquele ano, a resposta da erva-mate às doses de N aplicadas.

A resposta ao N pode ser observada nos dados de massa verde acumulada por meio do estudo de regressão (Figura 1). Observa-se que o efeito quadrático foi significativo no nível de 5%, com ajustamento ótimo ($R^2 = 0,9081$) e com PMET (Ponto de Máxima Eficiência Técnica) igual a 80,5 g de N por planta por ano, produzindo 35,6 kg de massa verde por planta.

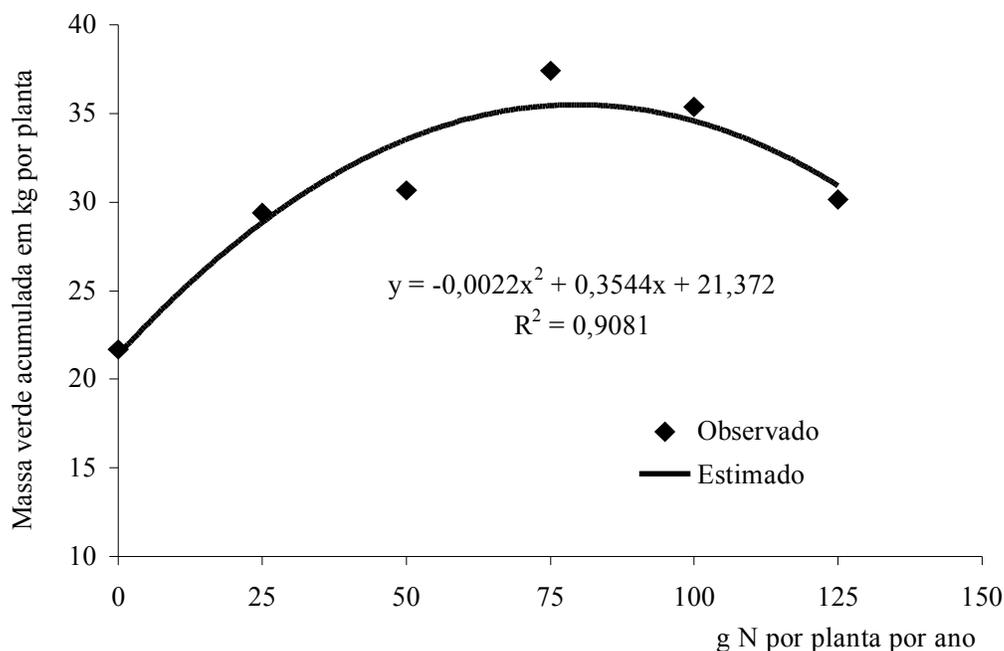


FIGURA 1: Produção de massa verde de erva-mate, acumulada de cinco podas, para diferentes doses anuais de nitrogênio aplicadas por planta.

FIGURE 1: Green mass yield of mate, accumulated from five pruning, after different annual nitrogen rates applied per plant.

Com relação ao P, não houve resposta significativa às doses de P₂O₅ o que pode ser observado pelas regressões entre as doses e a massa verde colhida anualmente e também com a massa verde acumulada (Tabela 2). Além disso, não houve diferença significativa ($P < 0,05$) quando testado o contraste entre a produção de massa verde acumulada da erva-mate no tratamento sem adição de P₂O₅ contra a média das produções de massa verde acumulada dos tratamentos com a aplicação de P₂O₅.

TABELA 2: Produção de massa verde de erva-mate em função da aplicação de doses anuais de N, P₂O₅ e

K₂O (média de quatro repetições).

TABLE 2: Green mass yield of mate as a result of annual application of N, P₂O₅ and K₂O rates (average of four replication).

Nutriente/ Anos	Dose Anual do Nutriente (g planta ⁻¹)						Regressão ¹ P<0,05
	0	25	50	75	100	125	
Nitrogênio-N							
1995	1,5	2,6	2,8	4,0	2,8	3,0	Q
1996	3,8	5,0	5,2	6,5	5,9	6,6	L
1997	4,6	6,6	5,9	6,8	6,2	5,3	Q
1998	5,3	6,6	6,6	8,6	7,5	6,2	Q
2000	6,5	9,2	10,1	11,6	13,0	9,1	Q
Fósforo-P₂O₅							
1995	2,5	2,8	-	3,0	2,7	2,6	NS ²
1996	4,1	5,2	-	5,9	5,3	5,7	NS
1997	4,6	5,7	-	5,5	5,8	5,7	NS
1998	5,8	6,3	-	7,2	6,8	7,6	NS
2000	8,3	10,2	-	9,6	10,2	10,8	NS
Acumulado	25,3	30,2	-	31,2	30,8	32,4	NS
Potássio-K₂O							
1995	1,8	2,8	-	3,2	3,0	2,8	NS
1996	3,8	5,0	-	6,0	6,0	5,3	NS
1997	3,9	5,2	-	6,2	5,4	5,0	Q
1998	3,8	5,8	-	6,6	7,0	6,4	L
2000	5,8	11,2	-	8,6	10,1	9,3	NS
Acumulado ₃	19,1	30,0	-	30,6	31,5	28,8	L

Em que: 1= L-Linear; Q-Quadrática; NS-Não-significativa; 2 = A análise do contraste entre a produção de massa verde acumulada do tratamento sem adição de P₂O₅ x a produção média acumulada dos tratamentos com adição de P₂O₅ não foi significativa (P<0,05). Não houve diferença significativa para as doses de P₂O₅; 3 = Houve diferença significativa entre a produção de massa verde acumulada do tratamento sem adição de K₂O x a produção média acumulada dos tratamentos com adição de K₂O foi significativa (P<0,05). Não houve diferença significativa para as doses de K₂O.

Observa-se, no entanto, que a adição anual de 25 g de P₂O₅ por planta cresceu cerca de 19% na produção de massa verde acumulada e elevou os teores de P no solo de nível baixo para alto já a partir do ano de 95 (Tabela 3). O aumento acentuado no teor de P no solo ocorreu em função desse nutriente ter sido aplicado em quantidade muito maior à exportada através das folhas e ramos, bem como pela aplicação localizada dos nutrientes. A presença de teores de nutrientes interpretados como altos no solo levam a uma menor probabilidade de resposta pelas plantas à aplicação daquele nutriente. Deve-se salientar que o acúmulo excessivo de um determinado nutriente no solo não é desejável, já que oferece risco potencial de contaminação ambiental. Esse aspecto é particularmente importante para o fósforo em função de ser um dos minerais responsáveis pelo processo de eutroficação das águas superficiais. Mesmo não havendo resposta da erva-mate à aplicação de P₂O₅, a restituição de P deve ser feita como forma de repor o nutriente retirado com a massa verde colhida. Associando-se os dados de planta e de solo apresentados, infere-se que a dose ótima deve se encontrar abaixo de 25g de P₂O₅ por planta.

A resposta da erva-mate à aplicação de K₂O variou nos anos avaliados, tanto para a produção de massa verde anual como na produção acumulada (Tabela 2). A análise de regressão não explicou satisfatoriamente a resposta da planta ao K aplicado, sendo que esta ora foi de efeito linear, ora de efeito quadrático e outras vezes sem resposta significativa. A análise de contraste mostrou que houve resposta em termos de produção acumulada da erva-mate à aplicação de K₂O, porém não houve resposta às doses. Observa-se, ainda, que as produções máximas obtidas situam-se entre 75 e 100 g de K₂O por planta, com maior frequência para 75 g de K₂O. Além disso, sempre que a resposta ao K foi de efeito quadrático como em 1997, o PMET foi de 75,6 g de K₂O e para a produção acumulada nos anos 95 a 97 e 95 a 98, foi de 75,6 e 78,7 g de K₂O por planta respectivamente. Depreende-se, assim, que a resposta provável ao K se situa em

torno da dose anual de 75 g K₂O por planta. Deve-se considerar, entretanto, que sendo a erva-mate uma planta perene, esta distribui o sistema radicular e o aprofunda diferentemente das culturas anuais, resultando em maior volume de solo explorado. Quanto maior for esse volume, menor será a resposta à aplicação de K₂O, bastando uma dose de manutenção para evitar o empobrecimento do solo.

TABELA 3: Teores de fósforo no solo na profundidade de 0-20 cm e sua interpretação¹, ao longo de 6 anos, nos tratamentos sem adição de fósforo e com adição anual de 25 g de P₂O₅ por planta (média de quatro repetições).

TABLE 3: Available soil P (0-20 cm depth) and its interpretation for six years, from treatments without and with annual 25 g per plant of applied P (average of four replication).

Ano	g de P ₂ O ₅ por planta (mg L ⁻¹)	
	0	25
1994	2,8 (baixo)	5,3 (médio)
1995	3,3 (baixo)	8,3 (alto)
1996	4,6 (médio)	14,1 (alto)
1997	4,0 (baixo)	23,7 (alto)
1998	3,9 (baixo)	28,7 (alto)
2000	4,0 (baixo)	84,5 (alto)
Média	3,8 (baixo)	27,4 (alto)

Em que: Interpretação dos resultados de P para solos de classe 1 (> 55% de argila) conforme COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1995.

Analisando-se os dados de K no solo, verifica-se que a dose anual de 25 g de K₂O por planta resultou em teores de K no solo que variaram de médio a suficiente (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1995) (Tabela 4). A aplicação anual de 75 g de K₂O por planta, por sua vez, apresentou, em todos os anos, teores de K no solo interpretados como altos. A partir de 2000, quando o teor de K no solo ficou próximo de teor alto (117 mg L⁻¹), a dose anual de 25 g de K₂O por planta foi suficiente para permitir produções de massa verde semelhante (no acumulado) e superior (por ano) ao apresentado pela dose anual de 75 g de K₂O por planta. Assim sendo, pode-se afirmar que, enquanto os teores de K no solo estiverem abaixo de 120 mg L⁻¹, a aplicação anual de 75 g de K₂O por planta resultará em produção de massa verde em torno da resposta máxima e quando os teores de K no solo estiverem mais altos, a aplicação de 25 g de K₂O por planta será suficiente para manter esse patamar.

TABELA 4: Teores de K no solo na profundidade de 0-20cm, em função das doses de K₂O aplicadas (média de quatro repetições).

TABLE 4: Available soil K (0-20 cm depth) as a result of K₂O applied rates (average of four replication).

Ano	g K ₂ O por planta por ano (mg L ⁻¹)					
	0	25	50 ¹	75	100	125
1995	54	94	121	134	176	223
1996	46	76	118	172	154	237
1997	38	83	98	154	148	239
1998	31	75	101	156	161	292
2000	41	117	206	278	320	419

Em que: 1 = K₂O = 50 g por planta por ano é comum a todos os nutrientes estudados, porém somente foi considerada na análise da resposta ao nitrogênio. É apresentado apenas para efeito comparativo.

A resposta da erva-mate à aplicação de cama de aviário em todos os anos (Tabela 5) e no acumulado dos anos (Figura 2), sempre apresentou efeito linear significativo ao nível de 5%. Mediante estudo de regressão (Figura 2), verificou-se que houve um ajustamento ótimo (R²=0,9836) em que, a partir da produção acumulada de 22,3 kg de massa verde (sem adição de cama de aviário), houve, dentro da faixa analisada, um aumento de 4,5 kg de massa verde de erva-mate para cada 1 kg de cama de aviário adicionado ao solo.

TABELA 5: Produção de massa verde de erva-mate em função da aplicação de doses anuais de cama de aviário (média de quatro repetições).

TABLE 5: Green mass yield of mate as a result of annual application of poultry manure rates (average of four replication).

Anos	Doses Anuais de Cama de Aviário – Base Seca (kg planta ⁻¹)				Regressão P<0,05
	0	1,5	3,0	4,5	
1995	1,8	2,7	3,5	4,1	Linear
1996	4,2	5,3	7,0	8,0	Linear
1997	3,9	5,1	7,1	7,4	Linear
1998	5,0	6,9	8,6	9,2	Linear
2000	6,8	9,0	11,2	12,8	Linear

A maior resposta da erva-mate em termos de rendimento de massa verde, analisando-se todo experimento, foi obtida com a dose anual de 4,5 kg de cama de aviário por planta que resultou na produção de 42,6 kg de massa verde por planta. Como os dados analisados referem-se a 6 anos de experimentação, o efeito residual da cama de aviário no solo poderá, ao longo do tempo, modificar o comportamento verificado. Para uma densidade de 1.905 plantas por ha, a aplicação de 4,5 kg de cama de aviário por planta por ano, corresponde à aplicação no solo de aproximadamente 8,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de cama de aviário, em base seca. Considerando-se os teores de nutrientes médios no material aplicado, esta quantidade correspondeu à aplicação de 196, 162 e 196 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P e K respectivamente. Apesar da erva-mate responder linearmente à aplicação de cama de aviário, os teores de P e de K na dose de 4,5 kg por planta atingiram valores bastante altos no solo a partir do ano 95 (dados não-mostrados). Como já discutido anteriormente, o aumento excessivo dos teores de nutrientes no solo pode acarretar problemas de ordem ambiental e o seu monitoramento deve ser feito mediante análise do solo que mostrará a necessidade de reaplicação ou não da cama de aviário.

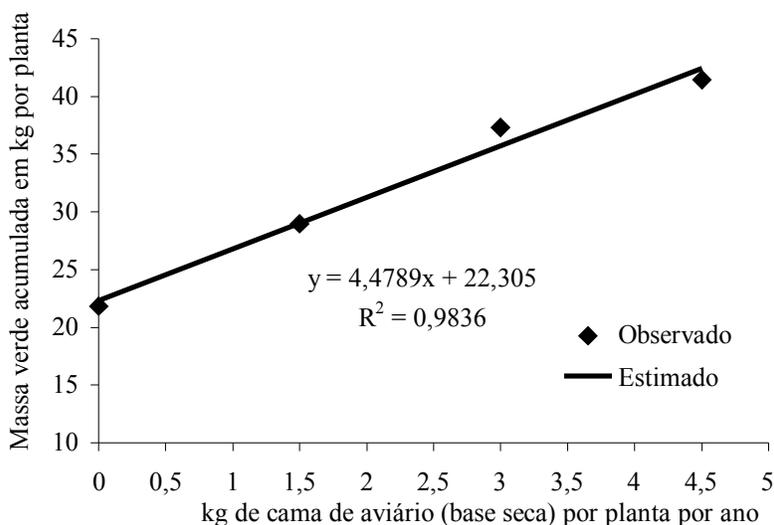


FIGURA 2: Produção de massa verde de erva-mate, acumulada de cinco podas, para a aplicação de doses anuais de cama de aviário por planta.

FIGURE 2: Green mass yield of mate, accumulated of five pruning, as a result of annual poultry manure applied rates.

Embora a resposta da erva-mate à aplicação de cama de aviário tenha sido bastante significativa, esta não pode ser atribuída essencialmente ao N, P e K contido em sua composição. Isso pode ser atribuído aos efeitos benéficos da matéria orgânica como um todo (aumento e melhoria da atividade microbiana disponibilizando nutrientes, melhoria da estrutura do solo, etc.), como também, por ser fonte de Ca, Mg, S e

micronutrientes.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

Os macro e micronutrientes determinados nas folhas da erva-mate situaram-se dentro de faixas normais para a cultura.

A erva-mate respondeu à aplicação de N e o PMET, para esse elemento, foi de 80,5 g por planta por ano.

Não houve resposta da cultura às doses de P_2O_5 aplicadas porém, neste estudo, a dose anual de 25 g de P_2O_5 por planta foi suficiente para elevar os teores de P no solo e manter os rendimentos de massa verde da erva-mate. A dose ótima de P_2O_5 deve-se encontrar abaixo de 25 g de P_2O_5 por planta.

A resposta da erva-mate ao K está relacionada aos teores do nutriente no solo. Quando os teores de K no solo, se situavam abaixo de 120 mg L^{-1} , a aplicação anual de 75 g de K_2O por planta resultou em uma produção de massa verde em torno da resposta máxima e quando os teores de K estavam acima deste nível, a aplicação anual de 25 g de K_2O por planta foi suficiente para manter a produção de massa verde.

Houve resposta da erva-mate à aplicação de cama de aviário e esta foi de efeito linear em todos os anos e no acumulado dos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLOTE, A. F.J.; STURION, J.A. Deficiências minerais em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)-Resultados preliminares. IN: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1985, Curitiba. **Anais...** 1985. p. 124-127. (Documentos, 15).

BISSO, F.P.; SALET, R.L. **Exportações de nutrientes pela poda da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Santa Maria: Departamento de Solos UFSM, 2000. CD-Rom.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

KRICUN, S. D. P.; BELINGHERI, L.D. Aplicación de nitrógeno em plantaciones de yerba mate com diferentes densidades. IN: ERVA-MATE: biologia e cultura no cone sul. Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS, 1995. p. 73-79.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS. 1989. 201 p.

RADOMSKI, M.I.; SUGAMOSTO, M.L., GIAROLA, N.F.B.; CAMPIOLO, S. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de erva-mate nativa. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, pt.2, 1992. p. 453-456.

REISSMANN, C.B.; ROCHA, H. da; KOCHLER, C.W.; CALDAS, R.L.S.; HILDEBRAND, E.E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) sobre cambissolos na região de Mandirituba-Pr. **Revista Floresta**, v. 16, n.2., p. 49-54, 1983.

REISSMANN, C.B.; KOEHLER, C.W.; ROCHA, H. da; HILDEBRAND, E.E. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exploração da erva-mate. IN: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., Curitiba, 1983. **Anais...** Curitiba, 1985. p.128-139.

SANZ, M. D. T.; ISASA, M.E.T. Elementos minerales en la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. H.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**, v. 41, n. 3, p.441-454, 1991.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TRUJILLO, M.R. Agroecosistema de alta densidad: plagas y enemigos naturales. IN: ERVA-MATE: biologia e cultura no cone sul. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1995. p. 129-134.