

NUTRIÇÃO DA ERVA-MATE COM SULFATO DE AMÔNIO

Marcia Marzagão Ribeiro¹, Carlos Bruno Reissmann², Daniel Resende Corrêa³

(recebido: 18 de dezembro de 2006; aceito: 28 de maio de 2008)

RESUMO: O produto de comercialização da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) é representado pelas folhas, o que leva a uma grande exportação de N. Em estudos nutricionais, observou-se que a produção e o metabolismo da erva-mate são influenciados, benéficamente, pelo adubo nitrogenado. Nesse sentido, testou-se, neste trabalho, diferentes níveis da adubação nitrogenada, em um plantio comercial objetivando avaliar seus efeitos no estado nutricional e na produtividade da planta. O experimento foi instalado em Ivaí – Paraná, como adubo utilizou-se o sulfato de amônio nas doses de 0, 40, 60, 80 kg N ha⁻¹. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, constituídas por quatro tratamentos e duas épocas de avaliação, vinte plantas úteis por parcela e cinco repetições; espaçamento 2,0 m x 3,5 m. As adubações foram realizadas por dois anos. A avaliação do estado nutricional da planta foi através de análise foliar para: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al, em duas diferentes estações (inverno-verão). Concluiu-se que o sulfato de amônio, tem influência positiva na biomassa comercial até a dose de 52,5 kg N ha⁻¹, no inverno. A época de coleta das folhas influencia na composição química da planta, sendo maiores os teores de N, K, Mg e Zn, no inverno e menores os teores de Fe, Cu e Al, no verão.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, adubação, nitrogênio.

NUTRITION OF MATE-TREE WITH AMMONIUM SULFATE FERTILIZER

ABSTRACT: *Mate tea leaves are the product of commercialization of the mate-tea tree (Ilex paraguariensis St. Hil.), which leads to a great export of N, requiring its reposition. In previous nutritional studies of the mate-tea tree, it was observed that its production and metabolism was positively influenced by the ammonium form nitrogen fertilizer. This investigation tested different levels of nitrogen fertilization, in its ammonium form, in a commercial plantation, for to verify its effects on the nutritional status and on the productivity. The experiment was assembled in the region of Ivaí - Paraná, using, as fertilizer, the ammonium sulfate in the dosages of 00, 40, 60, 80 kg N ha⁻¹. The statistical design was randomized blocks, with a split-plot arrangement, consisting of four treatments, two evaluation seasons with five replications and twenty plants per plot, being laid out in a 2,0 m x 3,5 m spacing. The evaluation of the plant's nutritional status was performed through foliar analysis of with higher values N, K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn and Al, in winter and summer, with fertilizations performed for two years. It was concluded that nitrogen supplied in the form of ammonium sulfate has a positive influence on the biomass up to the rate of 52,5 kg N ha⁻¹. The harvesting season influences the plant's chemical composition. The fertilization significantly influences the foliar contents of N, K and Mg and Zn during winter and Fe, Cu e Al during summer.*

Key words: *Ilex paraguariensis*, fertilization, nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate vem sendo estudada sob vários aspectos, nos últimos anos, principalmente quanto a seus componentes minerais. A região sul do Brasil é a maior produtora, 596 municípios desenvolvem a atividade ervateira em pequenas propriedades rurais e 710.000 pessoas trabalham para uma produção de 650.000 toneladas/folhas/ano (MACCARI & SANTOS, 2000).

A tradição do chimarrão e do tererê, faz com que a utilização da planta se limite aos países da América do Sul. No entanto, países europeus poderiam fazer parte do mercado

consumidor, principalmente o Reino Unido e a Alemanha os quais importaram entre 2001 e 2003, respectivamente, 9,7 % e 3,6 % da produção mundial de chás (FAO, 2005).

Nos estudos nutricionais, observa-se que tanto a matéria orgânica (ZAMPIER, 2001) como a adubação nitrogenada amoniacal (GAIAD, 2003) têm forte influência no desenvolvimento da planta, podendo interferir na composição química da folha, produto colhido para o chá. Objetivando conhecer a relação sulfato de amônio, composição química da folha e produtividade, efetuou-se o estudo analisando parâmetros como biomassa e teor foliar de nutrientes.

¹Engenheira Agrônoma – Universidade Federal do Paraná / UFPR – Rua dos Funcionários, 1540 – 80035-050 – Curitiba, PR – mribi300@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Professor Sênior do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Paraná/UFPR – Rua dos Funcionários, 1540 – 80035-050 – Curitiba, PR – reissman@ufpr.br

³Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Rua dos Funcionários, 1540 – 80035-050 – Curitiba, PR – correadr@yahoo.com.br

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na propriedade da ervateira Bitumirim, situada no município de Ivaí, localizado no segundo planalto paranaense, com latitude de 25° 15' S e longitude de 50° 45' W. A área experimental situa-se sobre Cambissolo álico com horizonte A proeminente, fase subtropical perenifólia, textura argilosa, relevo suave ondulado. Na Tabela 1, apresentam-se as características químicas de amostra de solo do local, coletadas na profundidade de 0-20 cm e analisadas conforme Embrapa (1997).

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com 20 plantas cada (espaçadas a 3,0 m x 2,5 m), cinco repetições, bordadura simples, quatro tratamentos 0, 40, 60 e 80 kg N ha⁻¹, na quantidade de 0, 120, 180 e 240 g de sulfato de amônio por planta. As doses foram determinadas através das recomendações de adubação para erva-mate, da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994). Como adubação forneceu-se também, cloreto de potássio e superfosfato triplo nas doses de 20 kg de K₂O ha⁻¹ e 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ em agosto de 2001 (quando as plantas tinham um ano e meio) e no segundo ano, em agosto de 2002, forneceu-se 60 kg de K₂O ha⁻¹ e 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ como adubação de manutenção e o sulfato de amônio nas doses supra citadas. Os adubos foram incorporados ao solo, a dez centímetros de profundidade, em semicírculo, a uma distância de 30 cm do colo da planta, sendo a dose anual parcelada em 2 vezes, com intervalo de 30 dias.

A coleta de folhas para análise química foi efetuada um ano após a adubação, em agosto de 2002 (inverno) e 5 meses após a segunda adubação, em janeiro de 2003 (verão). A amostragem foi efetuada na parte mediana da copa e coletada em sacos de papel, sendo as folhas de exposição norte, na quantidade de 200 folhas maduras, relativas ao último período de crescimento, por parcela, dispensando as brotações dos meristemas terminais. No laboratório, as folhas foram lavadas com água desionizada e secas em estufa a 70 graus, depois trituradas e acondicionadas em frascos de vidro identificados.

A quantificação da biomassa comercial, efetuada através da pesagem das folhas e ramos finos, que correspondeu à poda de formação da planta, serviu como parâmetro para avaliar o efeito da adubação, na biomassa e foi realizada em 2002 e 2003, no final do mês de agosto. A poda foi realizada com tesoura à altura de 30 cm do solo, deixando-se apenas a parte baixa da planta, com poucas folhas.

O procedimento utilizado em laboratório na determinação do nitrogênio total foi o Semi-Micro Kjeldahl (BREMNER, 1996) e para P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al utilizou-se o Método de Digestão Via-Seca (JONES & CASE, 1980; PERKIN-ELMER, 1973).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a biomassa comercial do inverno (agosto de 2003) (Tabela 2), constatou-se um ganho expressivo devido à adubação efetuada em agosto de 2001 e agosto de 2002. No primeiro ano não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos, como se observa na Tabela 2. A não significância na primeira avaliação não pode ser elucidada, satisfatoriamente, com os parâmetros observados.

Houve diferença entre os anos de colheita (Tabela 2), com aumento em todos os tratamentos. O aumento da produtividade também foi observado por Lourenço et al. (1999) para plantios com idades de 4 a 7 anos e no espaçamento de 2,37 m x 2,27 m, encontrou produtividade de 4833 kg ha⁻¹ a 16375 kg ha⁻¹ para o plantios sem adubação ao longo dos anos.

A análise da curva de produção de biomassa em 2003 (Figura 1) apresentou alto coeficiente de determinação (0,99) e o efeito quadrático atingiu o nível de significância a 1,54%. Os dados não concordam com os obtidos por Kricum & Belingheri (1995), que em ensaio realizado com doses crescentes de 0 a 300 kg N ha⁻¹ constataram que houve um incremento linear na produtividade.

O PMET (Ponto de Máxima Eficiência Técnica) foi de 52,5 kg N ha⁻¹ produzindo 2.547 kg de biomassa por ha, 192 % inferior ao estudo realizado por Pandolfo et al. (2003)

Tabela 1 – Características químicas do solo na profundidade de 0 - 20 cm.

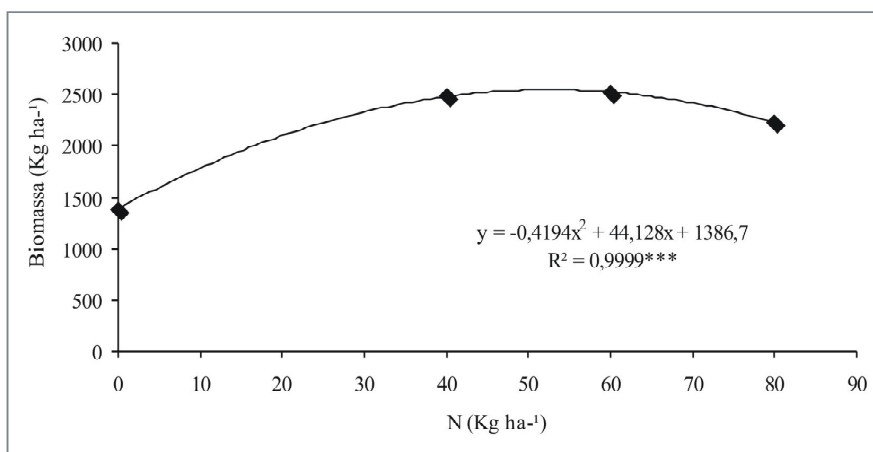
Table 1 – Soil chemical characteristics in the 0 - 20 cm of depth layer.

pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Ca ⁺² + Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Na ⁺
3,92	0,60	3,48	6,10	4,50	16,05	56,85	2,6	2

Tabela 2 – Biomassa comercial (kg ha⁻¹) de erva-mate, em agosto 2002 e agosto de 2003.**Table 2** – Commercial Biomass (kg ha⁻¹) of mate-tree in August 2002 and August 2003.

Tratamento	Agosto 2002	Agosto 2003
	-----kg ha ⁻¹ -----	
T 00	566 ± 127 A a	1386 ± 474 B a
T 40	750 ± 262 A a	2485 ± 957 B b
T 60	800 ± 175 A a	2519 ± 497 B b
T 80	675 ± 233 A a	2235 ± 863 B b

*Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas (anos) e minúsculas nas colunas (doses) diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível 5% de significância. Valores médios ± desvio-padrão.

**Figura 1** – Regressão da biomassa comercial (kg ha⁻¹) de erva-mate em função da adubação com N (kg ha⁻¹), inverno/2003.**Figure 1** – Regression of commercial biomass (kg ha⁻¹) of mate-tree as a function of fertilization with N (kg ha⁻¹), winter/2003.

em Latossolo vermelho aluminoférrico que obtiveram o PMET de 153,3 kg N ha⁻¹. Entretanto, a dose de 40 kg N ha⁻¹ não diferiu estatisticamente das demais.

Apesar da dificuldade em discutir o efeito dissociado da adubação, na Tabela 3, a análise dos dados permite algumas considerações, em parte, elucidativas.

Na coleta realizada durante o verão, observa-se que não existem diferenças entre os teores em função da adubação com sulfato de amônio para nenhum dos nutrientes analisados, sugerindo que o inverno seja mais representativo para demonstrar efeitos ocasionados pela adubação.

O N total diferiu estatisticamente entre os tratamentos T40 e T80, no inverno de 2002. O teor foliar encontrado no T40 apresenta-se muito baixo, em relação aos encontrados normalmente na erva-mate (REISSMANN

et al., 1999), entretanto, não foram observados sintomas visuais que denotassem deficiência de N. Cinco meses depois, essas diferenças não puderam ser notadas apresentando os teores iguais, porém com teores de N total mais elevados em plantas com 2,5 anos de idade, 29 g kg⁻¹. Valor aproximado foi obtido por Borille (2004) que encontrou teor de N total em erva-mate plantada sem adubação, com 08 anos de idade, de 30 g kg⁻¹ em folhas maduras, coletadas no inverno.

O teor de P diminuiu significativamente do inverno para o verão (Tabela 3), nessa época a planta está frutificando e há uma demanda maior de P, para a formação de fitina na semente (BUTLER & JONES, 1973; MENGEL & KIRKBY, 1987). A adubação nitrogenada não influenciou nos teores de P. Os teores de P podem ser considerados elevados quando comparados com outros estudos como

Tabela 3 – Teor de macronutrientes (g kg⁻¹), micronutrientes (mg kg⁻¹), alumínio (g kg⁻¹) e desvio padrão no tecido foliar de erva-mate no inverno de 2002 e no verão de 2003.

Table 3 – *Macronutrients* (g kg⁻¹), *micronutrients* (g kg⁻¹), *aluminum* (g kg⁻¹) *contents and standard deviation in mate tree foliar tissue in winter of 2002 and summer of 2003.*

Nutr.	Estação	T00	T40	T60	T80	Referência ¹
N	Inverno	12,4 ± 10,2	7,1 ± 10,2	13,0 ± 10,8	21,7 ± 3,4	A a
	Verão	29,0 ± 2,3	30,1 ± 2,5	28,5 ± 7,1	30,0 ± 2,9	A a
P	Inverno	3,52 ± 0,05	3,48 ± 0,06	3,53 ± 0,1	3,57 ± 0,07	A a
	Verão	2,4 ± 0,02	2,4 ± 0,01	2,4 ± 0,01	2,4 ± 0,01	B a
K	Inverno	10 ± 2,7	13,4 ± 1,3	14,2 ± 1,6	14,2 ± 2,5	B a
	Verão	21,3 ± 0,7	21,6 ± 1,2	21,7 ± 0,7	22,1 ± 1,0	A a
Ca	Inverno	6,2 ± 3,1	6 ± 0,9	6,2 ± 0,5	6,2 ± 1,6	A a
	Verão	7,3 ± 0,3	6,9 ± 0,5	6,9 ± 0,4	7,2 ± 0,9	A a
Mg	Inverno	4,6 ± 3,4	4,6 ± 0,5	5 ± 0,4	5,4 ± 1,0	A a
	Verão	5,7 ± 0,2	5,4 ± 0,3	5,1 ± 0,4	5,2 ± 0,5	A a
Fe	Inverno	79 ± 57	71 ± 21	76 ± 29	81 ± 27	A a
	Verão	48 ± 4,4	62 ± 4,8	56 ± 4,1	61 ± 2,5	A a
Mn	Inverno	1315 ± 61	1581 ± 228	1547 ± 75	1652 ± 100	A a
	Verão	1721 ± 465	1957 ± 259	2014 ± 254	1759 ± 311	A a
Cu	Inverno	10 ± 1,2	14 ± 4,3	11 ± 5,8	9 ± 3,8	A b
	Verão	7 ± 0,8	6 ± 0,5	5 ± 1,1	6 ± 0,5	A a
Zn	Inverno	45 ± 12	38 ± 13	29 ± 5	37 ± 7	A ab
	Verão	42 ± 8	42 ± 13	45 ± 9	41 ± 15	A a
Al	Inverno	356 ± 97	383 ± 148	376 ± 173	447 ± 114	A a
	Verão	225 ± 34	211 ± 39	155 ± 19	141 ± 8	B a

*Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas colunas (inverno e verão) e minúsculas nas linhas (doses) diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível 5% de significância. Valores médios ± desvio padrão. Referência: Fonte: Reissmann et al. (1999), adaptado.

os de Borsóí & Costa (2001), Fossati & Reissmann (1997) e Sosa (1994). Apesar do solo naturalmente ácido (pH = 3,9) (Tabela 1) e acrescido de adubação com sulfato de amônio, notadamente acidificante, observa-se que o P é absorvido pela erva-mate. Isso contradiz a hipótese de Reissmann & Koehler (1983) que julgou como sendo uma possível característica da espécie os baixos níveis de P nas folhas, que também foram observados em trabalhos posteriores por Fossati & Reissmann (1997).

Os teores foliares de K, referentes ao inverno, são coerentes com outros estudos realizados em erva-mate, reunidos em um banco de dados por Fossati & Reissmann (1997) e Reissmann et al. (1999). Os teores encontrados no verão, já referentes a dois períodos de adubação de base com K, podem estar a refleti-la, já que houve aumento significativo na testemunha. É importante salientar que com o aumento da biomassa e com a idade, há maior incorporação do N nos tecidos protéicos e maior necessidade de controle estomático, aumentando a demanda de K (AMBERGER, 1988; MENGEL & KIRKBY, 1987).

O Ca não variou significativamente em função do tratamento nem em função da época. É considerado um nutriente imóvel, atendendo aspectos estruturais nos tecidos vegetais (SERRAT et al., 2004). Além dos aspectos fisiológicos, o Ca deve ser considerado no manejo da erva-mate, tendo em vista ser mais concentrado nos tecidos mais velhos e ramos, exportados por ocasião da poda comercial (CAMPOS, 1991).

Para o Mg, assim como observado para o Ca, não se verificou efeito da adubação nitrogenada, bem como entre épocas de coleta das folhas. No entanto, convém destacar a posição central do Mg na molécula de clorofila (MALAVOLTA et al., 1989), onde participa na proporção de um átomo, para quatro de nitrogênio (AMBERGER, 1988) e inclusive, como coadjuvante na absorção do P. É sabido que, plantas com fornecimento de amônio, aumentam a taxa fotossintética estimulando o crescimento e assimilação de CO₂, quando este elemento é mais absorvido (LASA et al., 2000). Ambos os aspectos são extremamente importantes para a produção de biomassa.

Observa-se na Tabela 3, a não significância para o efeito das doses de N quanto ao Fe, no entanto para a época de coleta, os teores diminuíram sensivelmente do inverno para o verão, refletindo um efeito estacional (REISSMANN, 2003). Teores de Fe observados no verão estão próximos de 50 mg kg⁻¹ M.S o que se caracteriza como limite inferior do bom suprimento segundo Jones

Junior (1998). Tem-se constatado que formas nítricas de adubo nitrogenado prejudicam o aproveitamento fisiológico do Fe (SMOLDERS et al., 1997). Independente dos aspectos acima, é preciso levar em consideração que, em relação ao Fe, as plantas são classificadas em eficientes e não eficientes (MENGEL & KIRKBY, 1987), e as primeiras, em estratégia I e estratégia II (MARSCHNER & RÖMHELD, 1994). Nesse sentido, a variação nos teores de Fe aqui listados, pode ter conotações bastante complexas principalmente considerando-se que o teor de Fe total nos tecidos nem sempre acha-se correlacionado com a demanda requerida (JONES JUNIOR, 1998), havendo dificuldade em determinar o Fe bioativo (MARSCHNER, 1995; MENGEL, 1984). Nos aspectos gerais, os teores encontrados no verão acham-se no intervalo abaixo dos normalmente reportados para a espécie, que variam 44 a 183 mg kg⁻¹ M. S. (REISSMANN et al., 1994).

O Mn variou entre os tratamentos T00 e T80 no inverno, e substancialmente, entre épocas de observação. Conforme foi constatado para a maioria das espécies florestais, a relação Fe/Mn, mantém-se < 1 como resultado dos altos teores de Mn, uma das características da espécie, podendo atingir mais de 3000 mg kg⁻¹ (REISSMANN et al., 1999) coincidindo com observações anteriores feitas para a erva-mate. Isso leva à hipótese de tolerância, uma vez que, ao contrário do Fe, a absorção do Mn é pouco definida pela planta (CARDOSO et al., 2003). Atribuir o aumento do teor de Mn no verão, à adubação com sulfato de amônio, de natureza acidificante, segundo Reisenauer (1994), facilitando a solubilidade do mesmo ao nível da rizosfera, é em parte questionável, uma vez que o pH já é bastante ácido (Tabela 1). Nesse caso, seu efeito seria mais evidente na maior dose de sulfato de amônio, o que não aconteceu (Tabela 3).

O Cu apresenta distinção significativa no inverno, entre os tratamentos T40 e T80 e entre épocas, nos tratamentos T40 e T60. Normalmente, espera-se que altas doses de N induzam deficiências de Cu (KRAEMER & SATTELMACHER, 1997). Isso se deve, segundo observado em tungue, devido à uma forte imobilização do Cu em proteínas específicas, requerendo uma maior demanda a partir do solo, para atender suas respectivas funções (GILBERT, 1951). Por outro lado, o Cu é transportado via xilema na forma de complexo orgânico, no entanto, sem representar uma redistribuição para suprir deficiências via floema (AMBERGER, 1988). E, de acordo com Marschner (1986), a forma de suprimento do N, teria influência no transporte do Cu via xilema, usualmente ligado

a asparagina, glutamina e histidina (WHITE et al., 1981). No verão, após o segundo ano de adubação os teores de Cu podem ter sido diluídos no tecido analisado em função do crescimento da planta, já que a diferença em relação ao inverno é substancial embora não assegurado, estatisticamente, no tratamento testemunha e nem no tratamento de maior dosagem, respectivamente T00 e T80. Mesmo estando abaixo dos teores normalmente observados nessa época do ano (REISSMANN et al., 1994) a suficiência para o metabolismo estaria em princípio assegurada, dado ao fato, dessa suficiência ser atendida para a maioria das plantas, quando seus teores se situam entre 3 a 7 mg kg⁻¹ M. S. (JONES JUNIOR, 1998).

Neste estudo, os teores de Zn situaram-se, entre 29 e 45 mg kg⁻¹ no inverno, e entre 41 e 45 mg kg⁻¹ no verão, sendo mais estável neste último período (Tabela 3). Valores superiores aos de Reissmann et al. (1999), que encontrou teores entre 10 a 22 mg kg⁻¹. Na avaliação de inverno, nota-se um decréscimo dos teores de Zn, com o aumento do N via adubação, sendo esse decréscimo significativo entre o tratamento T00 e T60, o último se diferencia entre épocas de avaliação, por apresentar a maior amplitude no conjunto de dados. De acordo com Lindsay (1972), a dose de N afeta a disponibilidade de Zn. Ozane (1955), citado por Lindsay (1972) relata que esse efeito se deve à retenção do Zn nas raízes, na forma de um complexo Zn-proteico, e fenômeno semelhante é relatado para o Cu.

O Al, ao qual a erva-mate é tolerante, apresenta um decréscimo substancial de seus teores na avaliação do verão sendo assegurado estatisticamente. Diante dos dados encontrados em estudos anteriores, os mesmos estão dentro da normalidade, embora já tenham sido reportados valores acima de 1000 mg kg⁻¹ M. S. de folhas de erva-mate. De certa forma, os atuais teores surpreendem, tendo em vista a natureza ácida do solo, bem como, do adubo fornecido. Nesse sentido, seria de se esperar teores de Al mais elevados nas folhas. No verão, o ganho de biomassa pode ter imposto uma redução de Al, resultante de um provável efeito de diluição.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o sulfato de amônio tem influência positiva na biomassa comercial até a dose de 52,5 kg N ha⁻¹ no inverno. A época de coleta das folhas influencia na composição química da planta, sendo maiores os teores de N, K, Mg e Zn, no inverno e menores os teores de Fe, Cu e Al, no verão.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBERGER, A. **Pflanzenernährung**. Stuttgart: V. E. Ulmer, 1988. 264 p.
- BORILLE, W. M. A. **Relação entre compostos fitoquímicos e o nitrogênio em morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- BORSÓI, G. A.; COSTA, C. E. Avaliação de plantas de erva-mate atacadas e não atacadas pelo *Hediphatas betulinus* (Klug, 1825). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2 p. 131-142, 2001.
- BREMNER, J. M. Nitrogen-Total. In: SPARKS, D. L. **Methods of soil analysis**: part 3, chemical methods. Madison: SSSA Book Series, 1996. p. 1085-1121.
- BUTLER, G. W.; JONES, D. I. H. Mineral Biochemistry of herbage. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic, 1973. p. 127-162.
- CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*: avaliação na safra e na safrinha**. 1991. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- CARDOSO, E. S. B. N.; NAVARRO, R. B.; NOGUEIRA, M. A. Absorção e translocação do manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 415-423, maio/jun. 2003.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBSC, 1994. 224 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- FAO. **Upgrading in the international tea sector: a value chain analysis committee on commodity problems: Intergovernmental Group on Tea: sixteenth session**. Bali, 2005.

- FOSSATI, L. C.; REISSMANN, C. B. Avaliação do estado nutricional e da produtividade de *Ilex paraguariensis* St Hil (erva-mate), em função do sítio. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1997, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa/CNPF, 1997.
- GAIAD, S. **Alterações na rizosfera e seus reflexos na biomassa, na composição química e na fotossíntese de erva-mate decorrentes do uso de diferentes fontes de nitrogênio.** 2003. 128 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- GILBERT, S. G. A biochemical basis for copper-nitrogen balance in tung. **Plant Physiology**, Washington, v. 26, n. 2, p. 398-405, 1951.
- JONES JUNIOR, J. B. **Plant nutrition manual.** Boca Raton: CRC, 1998. 149 p.
- JONES JUNIOR, J. B.; CASE, V. W. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. In: WESTERMAN et al. (Eds.). **Soil testing and plant analysis.** Madison: SSSA Book Series, 1980. p. 389-427.
- KRAEMER, R.; SATTELMACHER, B. Einfluss steigender Stickstoffgaben auf den Kupferernaehrungszustand von Getreide. **Z. Pflanzenernaehr, Bodenk**, v. 160, p. 385-392, 1997.
- KRICUM, P.; BELINGHERI. Aplicacion de nitrogeno em plantaciones de yerba mate com diferentes densidades. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL. ERVA-MATE, BIOLOGIA E CULTURA NO CONE SUL, 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 73-79.
- LASA, B.; FRECHILLA, S.; ALEU, M.; GONZÁLEZ-MORO, B.; LAMSFUS, C. APARÍCIO-TEJO, P. M. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. **Plant and Soil**, Springer Netherlands, v. 225, n. 1/2, p. 167-174, Oct. 2000.
- LINDSAY, W. L. Zinc in soils and plant nutrition. **Advances of Agronomy**, San Diego, v. 24, p. 147-186, 1972.
- LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. J. S.; DALZOTO, D. N. Efeito de níveis de potássio sobre a produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) no município de Ivaí, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 39, p. 119-113, 1999.
- MACCARI JUNIOR, A.; SANTOS, A. P. R. Parâmetros tecnológicos para a utilização industrial da erva-mate. In: MACCARI JÚNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate.** Curitiba: [s.n.], 2000. p. 43-68.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação dos elementos nutricionais das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic, 1986. 674 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.
- MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. Strategies of plants for acquisition of iron. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 165, n. 2, p. 261-274, 1994.
- MENGEL, K. **Ernaehrung und stoffwechsel der Pflanze.** Stuttgart; New York: G. F. Verlag, 1984. 431 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Switzerland: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- PANDOLFO, C. M.; FLOSS, P. A.; CROCE, D. M. da; MITTRICH, R. C. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) à adubação mineral e orgânica em um latossolo vermelho aluminoférrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2003.
- PERKIN-ELMER. **Analytical methods of atomic absorption spectrophotometry:** analytical methods agriculture: section AY-II: analysis of feeds-norwalk. Perkin: Elmer Corporation, 1973. 476 p.
- REISENAUER, H. M. The interaction of manganese and iron. In: MANTHEY, J. A.; CROWLEY, D. E.; LUSTER, D. G. **Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere.** Boca Raton: Lewis, 1994. p. 147-164.
- REISSMANN, C. B. Palestra. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVA-MATE, 1., 2003, Chapecó. **Resumos...** Chapecó, 2003. 137 p.

- REISSMANN, C. B.; KOEHLER, C. W. Bioelementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) sobre Cambissolos na região de Mandirituba, Pr. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 14, n. 49, 1983.
- REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. Relação entre os teores totais e a fração hidrossolúvel dos elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 37, n. 4, p. 959-971, 1994.
- REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St. Hil. under different management conditions in seven localities of Paraná state. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 187-194, 1999.
- SERRAT, B. M.; REISSMANN, C. B.; MOTTA, A. C. V.; MARQUES, R. Nutrição mineral de fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L. B.; MIO, L. L. M. de; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. (Eds.). **Frutíferas de caroço: uma versão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 71-98.
- SMOLDERS, A. J. P.; HENDRIKS, H. M.; CAMPSCHNEUER, J. G. M. Nitrate induce chlorosis deficient in *Juniperus acutiflorus*. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 196, n. 1, p. 37-45, Sept. 1997.
- SOSA, A. D. Evaluación de la producción de yerba mate em relacion al estado nutricional suelo/planta. In: CURSO DE CAPACITACION EN LA PRODUCCION DE YERBA MATE, 1., 1992, Cerro Azul. **Anais...** Cerro Azul: INTA, 1994. p. 61-64.
- WHITE, M. C.; DECKER, A. M.; CHANEY, R. L. Metal complexation in xylem fluid: II theoretical equilibrium model and computational computer program. **Plant Physiology**, Washington, v. 67, n. 2, p. 301-310, Feb. 1981.
- ZAMPIER, A. C. **Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.) após adubação e sua relação com a produtividade**. 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.