



Composição mineral de folhas e vigor da macieira 'Fuji' em resposta a nitrogênio e potássio

Gilberto Nava¹, Antonio Roque Dechen², Clori Basso³, Gilmar Ribeiro Nachtigall⁴ e José Masanori Katsurayama⁵

Resumo – A diagnose foliar é uma importante ferramenta para a avaliação do estado nutricional da macieira. As concentrações dos nutrientes nas folhas variam em função da época de amostragem e em resposta às adubações. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica sobre o vigor e a composição mineral das folhas da macieira em duas épocas de amostragem. O experimento foi conduzido no período de 1998 a 2006, no município de São Joaquim, SC. Consistiu de um fatorial com doses de N e K aplicadas anualmente ao solo (zero, 50, 100 e 200kg/ha de N e de K₂O). A análise química foi realizada em folhas coletadas na época padrão de amostragem, 15 de janeiro a 15 de fevereiro, e também antecipadamente durante a segunda quinzena de novembro nos anos agrícolas 2004/05 e 2005/06. O vigor das plantas foi avaliado por meio das medições do perímetro do tronco. As concentrações dos macronutrientes nas folhas foram alteradas, principalmente pela adubação nitrogenada, que promoveu o incremento das concentrações de N, Ca e Mg e a redução das concentrações de K e P. A adubação potássica reduziu as concentrações foliares de Mg e de Ca. O vigor das plantas foi influenciado positivamente pela adubação nitrogenada. Os teores dos nutrientes de folhas coletadas em novembro apresentaram boa correlação com aqueles de folhas coletadas na época padrão de amostragem, em janeiro/fevereiro.

Termos para indexação: *Malus domestica* Borkh, adubação, análise foliar, nutrição mineral.

Mineral composition of leaves and growth of 'Fuji' apple trees in response to nitrogen and potassium fertilization

Abstract – Foliar diagnosis is an important tool to assess the nutritional status of apple trees. Nutrient concentrations on leaves vary with both sampling time and fertilization practice. The aim of this paper was to evaluate the effects of nitrogen and potassium fertilizations on growth parameters and mineral concentration on leaves of apple trees in two periods of sampling. The experiment was conducted in São Joaquim, State of Santa Catarina, Brazil, from 1998 to 2006. A factorial arrangement was used with N and K annual fertilizer rates (zero, 50, 100, 200kg/ha of N and K₂O). Chemical analyses of leaves collected in two sampling periods, from January 15 to February 15 (for all growth seasons), and in the second half of November (only for 2004/05 and 2005/06 growth seasons) were conducted. The growth of the plants was assessed by measuring the trunk. The nutrient concentrations of the leaves were modified, mainly by nitrogen fertilization, which increased N, Ca and Mg, and reduced K and P concentrations. Mg and Ca concentration on the leaves was reduced by K fertilization. The plant growth was affected by N fertilization. The chemical foliar analysis has shown that November sampling was useful in predicting the macronutrient concentration reached by the leaves in January/February.

Index terms: *Malus domestica* Borkh, plant nutrition, leaf analysis, mineral nutrition.

Introdução

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes encontrados em maiores concentrações nas folhas da macieira e, por isso, são aqueles que

mais frequentemente causam variações na sua composição mineral. Aumentando-se o N via adubação, normalmente há redução das concentrações de K, P, Zn e B e aumento das concentrações de Ca e

Mg nas folhas da macieira (Suzuki & Basso, 2002). Um adequado suprimento de K pode amenizar os efeitos negativos de uma adubação nitrogenada excessiva (Suzuki & Basso, 2002), porém o excesso pode ▶

Aceito para publicação em 22/4/10.

¹ Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, C.P. 81, 88600-000 São Joaquim, SC, fone (49) 3233-0324, e-mail: nava@epagri.sc.gov.br.

² Eng.-agr., Dr., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, C.P. 9, 13418-900 Piracicaba, SP, e-mail: ardechen@esalq.usp.br.

³ Eng.-agr., Ph.D., Epagri/Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, 89500-000 Caçador, SC, e-mail: clori@epagri.sc.gov.br.

⁴ Eng.-agr., Dr., Embrapa Uva e Vinho, C.P. 1513, 95200-000 Vacaria, RS, e-mail: gilmar@cnpuv.embrapa.br.

⁵ Eng.-agr., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, e-mail: masanori@epagri.sc.gov.br.

afetar negativamente a absorção e translocação do Mg e do Ca (Marschner, 1995). O K é um forte competidor com outros cátions por causa da alta eficiência que as plantas em geral possuem em absorver esse nutriente. Na ausência – ou diminuindo-se a concentração – de K na solução do solo, a absorção de outros cátions é aumentada (Rosolem, 2005).

Entre os nutrientes, o N tem sido o que apresenta a melhor relação com o vigor e a produtividade das macieiras (Raese & Drake, 1997; Neilsen et al., 1999). Assim, é importante que a concentração de N esteja dentro da faixa normal, resultando no equilíbrio entre a parte vegetativa e a reprodutiva e, conseqüentemente, na produção regular no decorrer dos anos.

A disponibilidade e o suprimento de N e K sofrem grande variação pelas alterações das condições edafoclimáticas. Para a região de São Joaquim verificam-se características peculiares, como temperaturas mais baixas e solos mais rasos quando comparada às regiões produtoras de Fraiburgo e Vacaria. Em regiões com temperaturas mais elevadas, a mineralização da matéria orgânica do solo é favorecida. A maior profundidade do solo favorece a disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

Nas folhas ocorre a maioria dos processos fisiológicos. Em geral, elas são analisadas e utiliza-se o seu conteúdo em nutrientes como base para avaliar o estado nutricional das plantas. Na diagnose foliar da cultura da macieira no Brasil recomenda-se que as folhas sejam coletadas no período entre 15 de janeiro e 15 de fevereiro (Sociedade..., 2004; Suzuki & Basso, 2002), com base na premissa de que nesse período a concentração dos nutrientes nas folhas seja menos variável. Entretanto, devido à proximidade desse período com a colheita e ao tempo necessário para envio, realização e recebimento da análise do laboratório, os resultados somente podem ser utilizados para a recomendação da adubação da safra

seguinte. Desse modo, a amostragem foliar em épocas antecipadas à padrão pode trazer vantagens ao manejo nutricional da macieira. Nachtigall (2005), avaliando o efeito de épocas de amostragem (novembro e fevereiro) sobre a concentração dos nutrientes nas folhas da macieira, verificou correlação significativa para todos os nutrientes estudados, com exceção de S e Fe.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito das adubações nitrogenada e potássica sobre a composição mineral das folhas e o vigor das plantas, bem como verificar a relação entre a concentração dos nutrientes na época padrão e em outra, antecipada, de amostragem das folhas, para a cultivar Fuji nas condições de solo e clima de São Joaquim, SC.

Material e métodos

O experimento foi conduzido durante os ciclos vegetativos 1998/99 a 2006/07, no município de São Joaquim, SC (28°17'25" latitude sul, 49°56'56" longitude oeste, altitude média de 1.350m), em três pomares comerciais, com 6, 9 e 13 anos de idade na instalação, ambos com a cultivar Fuji sobre o porta-enxerto Marubakaido.

Cada pomar comercial constituiu uma das três repetições no delineamento experimental blocos ao acaso. Os tratamentos, em fatorial 4 x 4, consistiram de combinações dos nutrientes N e K nas doses de zero, 50, 100 e 200kg/ha de N e de K₂O, aplicadas anualmente. O K foi aplicado como cloreto de potássio, em pós-colheita (abril). As doses de N, na forma de ureia, foram parceladas em 50% em pós-colheita (abril) e 50% no início da estação de crescimento

(setembro). Também se aplicou uma dose única anual de manutenção de 50kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. Todos os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo, sem incorporação, numa faixa de 2,2m de largura, centralizada junto à linha de plantas. Uma vez que a ureia aplicada sobre a superfície do solo está sujeita a volatilização, as adubações com N foram realizadas, sempre que possível, em dias chuvosos, pois não havia sistema de irrigação instalado. Os solos utilizados foram Cambissolos em dois pomares e Neossolo em outro. O teor de argila e as características químicas dos solos, no início do experimento, são apresentados na Tabela 1.

As parcelas experimentais continham cinco plantas, espaçadas em 4,5 x 6m (370 plantas/ha) em um pomar e 3 x 6m (556 plantas/ha) nos outros dois pomares, sendo avaliadas as três plantas centrais. As áreas experimentais receberam o manejo recomendado para pomares comerciais, exceto em relação aos tratamentos.

Para a determinação da composição mineral, 45 folhas por unidade experimental (15 folhas por planta) foram amostradas na segunda quinzena de novembro em 2004 e 2005 e no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro em todos os anos do período de 1999 a 2006.

As folhas foram lavadas com detergente e enxaguadas com água destilada, secadas em estufa a 65°C e moídas. Uma subamostra de 0,5g do material moído foi submetida à digestão ácida nitroperclórica com HClO₄ (1ml) + HNO₃ (6ml) a 190°C em bloco digestor. No extrato, determinaram-se as concentrações de

Tabela 1. Análise do solo, anterior à instalação do experimento (1998)

Atributo	Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3
pH (água)	6,8	6,4	6,6
P (mg/dm ³)	33,0	45,0	63,0
K (mg/dm ³)	141,0	240,0	258,0
Ca (mmol/dm ³)	89,0	112,0	119,0
Mg (mmol/dm ³)	60,0	62,0	64,0
M.O. (g/dm ³)	50,0	49,0	65,0
Argila (g/dm ³)	300,0	380,0	300,0

P por espectrofotometria UV (método vanadato-molibdato) e K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica. Determinou-se B pelo método de azometina H, após incineração de 0,3g em forno mufla a 550°C. O N foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, após digestão de 0,2g a 380°C, com H₂O₂ (2ml) + H₂SO₄ (5ml) e sais catalisadores.

Os dados de concentração foliar dos diferentes nutrientes avaliados foram submetidos à análise de variância e os fatores cujos efeitos foram significativos pelo teste F a 5% de probabilidade foram submetidos à análise de regressão para ajuste de equações de efeito linear ou quadrático que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R²) (PROC GLM e PROC REG, SAS, 1996). As relações entre as concentrações dos nutrientes nas duas épocas de amostragem das folhas foram obtidas por meio do coeficiente de correlação de Pearson, $p \leq 0,05$.

Resultados e discussão

Concentração dos nutrientes na época padrão de amostragem

Não houve interação significativa entre as adubações nitrogenada e potássica quanto às concentrações dos nutrientes das folhas coletadas na época padrão de amostragem. Por isso, somente os efeitos principais de cada fator são discutidos. Nas avaliações realizadas entre 1999 e 2006, as concentrações de N nas folhas tiveram aumento linear significativo em função das doses de N aplicadas ao solo (Tabela 2). As concentrações de N somente atingiram a faixa de interpretação acima do normal – 25 a 30g/kg – (Suzuki & Basso, 2002) em dois anos da avaliação, indicando resposta à adubação nitrogenada sem grandes riscos de excesso de N, nas condições de solo e clima de São Joaquim. Deficiências visuais de N foram observadas nos tratamentos sem adubação.

Na ausência da adubação nitrogenada, as concentrações

Tabela 2. Concentração foliar de nitrogênio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção, no período de 1999 a 2006 (média de 12 observações)

N ou K ₂ O aplicado	Ano								Média
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N (kg/ha)	g/kg								
0	20,7	22,1	20,6	20,5	20,7	18,1	18,4	21,6	20,3
50	21,2	23,2	21,9	22,7	21,6	19,2	19,2	23,1	21,5
100	22,2	24,4	22,8	23,2	22,6	21,2	21,1	25,1	22,8
200	23,3	25,7	24,5	24,5	24,3	22,0	21,2	26,2	24,0
Média	21,9	23,9	22,5	22,7	22,3	20,1	20,0	24,0	22,2
Regressão	L	L	L	L	L	L	L	L	
	R ² = 0,98 R ² = 0,97 R ² = 0,98 R ² = 0,88 R ² = 0,99 R ² = 0,90 R ² = 0,79 R ² = 0,92								
K ₂ O (kg/ha)	g/kg								
0	21,8	23,5	21,9	21,8	20,1	20,2	19,7	23,4	21,6
50	21,7	23,6	21,9	22,2	20,5	20,2	19,6	23,6	21,7
100	21,8	23,9	22,6	23,6	20,7	20,4	20,0	25,0	22,3
200	22,1	24,4	23,5	23,1	20,6	20,4	20,8	24,4	22,4
Média	21,9	23,9	22,5	22,7	20,5	20,3	20,0	24,1	22,0
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

ns = efeito não significativo.

Nota: L = efeito linear significativo a 5% por regressão polinomial;

foliares de N variaram de 18,1g/kg a 22,1g/kg. Em 2004 e 2005, concentrações acima do nível crítico de 20g/kg (Suzuki & Basso, 2002) somente foram atingidas com a aplicação de doses maiores que 50kg/ha de N, o que pode ser atribuído a fatores climáticos, que possivelmente restringiram a disponibilidade do N no solo e a recuperação do N-fertilizante nessas safras. Em nenhum ano de avaliação as concentrações de N nas folhas foram alteradas significativamente pela adubação potássica.

Os resultados obtidos para o N diferem daqueles obtidos em pesquisas já realizadas na região de Vacaria, RS, que não mostraram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a concentração foliar de N (Ernani et al., 1997; Ernani & Dias, 1999). As menores profundidade e temperatura dos solos de altitude, predominantes na região de São Joaquim, SC, quando comparadas às de Vacaria, possivelmente contribuíram para que houvesse menor liberação de N pelo solo e, conseqüentemente, incremento do N foliar em resposta à adubação nitrogenada.

As concentrações foliares de K aumentaram linearmente com a adubação potássica nas avaliações feitas a partir da safra 2001 (Tabela 3). O alto teor inicial de K trocável no solo (Tabela 1) foi o fator responsável para que não houvesse resposta nos dois primeiros anos de avaliação. Com exceção do primeiro ano, quando não se aplicou K, as concentrações foliares de K ficaram abaixo do limite inferior da faixa normal (< 12g/kg), segundo Suzuki & Basso (2002), indicando a necessidade de adições anuais de K para a obtenção do equilíbrio nutricional das plantas, conforme comprovado por Ernani et al. (2002).

As concentrações médias de K nas folhas foram variáveis entre os anos de avaliação (11,4 a 17,1g/kg), possivelmente devido às oscilações da quantidade de frutos na planta (Ernani et al., 2002) e às alterações da umidade do solo, que afetam significativamente o suprimento, a absorção e a alocação desse nutriente nas plantas.

Nos anos de 2000 e 2001, a adição de N ao solo promoveu a redução das concentrações foliares de K. Esse fato ►

Tabela 3. Concentração foliar de potássio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção, no período de 1999 a 2006 (média de 12 observações)

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg/ha)	g/kg								
0	17,9	14,5	13,2	13,4	16,3	13,5	13,4	15,7	14,7
50	17,6	13,4	13,7	11,2	14,1	12,0	11,4	13,7	13,4
100	17,0	11,9	12,9	11,9	13,9	11,6	10,3	13,6	12,9
200	15,9	10,8	11,7	11,7	13,1	12,9	10,4	11,4	12,2
Média	17,1	12,7	12,9	12,1	14,4	12,5	11,4	13,6	13,3
Regressão	ns	L	L	ns	ns	ns	ns	ns	
	R ² = 0,95 R ² = 0,77								
K₂O (kg/ha)	g/kg								
0	16,3	11,8	10,7	9,3	11,1	9,6	8,7	9,7	9,1
50	17,0	12,3	12,0	11,8	12,3	11,7	10,2	12,0	10,5
100	17,3	12,5	13,8	13,5	15,3	13,7	12,4	15,0	12,2
200	17,8	13,9	15,0	13,7	18,2	15,8	14,2	17,5	13,8
Média	17,1	12,6	12,9	12,1	14,2	12,7	11,4	13,6	11,4
Regressão	ns	ns	L	L	L	L	L	L	
	R ² = 0,94 R ² = 0,76 R ² = 0,97 R ² = 0,96 R ² = 0,96 R ² = 0,96								

ns = efeito não significativo.

Nota: L = efeito linear significativo a 5% por regressão polinomial.



Figura 1. Plantas de macieira com folhas de bordas secas e frutos pequenos causados pela deficiência de K

pôde ser constatado visualmente no campo, quando os sintomas de deficiência de K nas folhas eram mais intensos nas parcelas sem aplicação de K e com altas doses de N (Figura 1). Nesse caso, o crescimento vegetativo estimulado pelo N causou

a diluição do K na parte aérea, realçando os sintomas de deficiência.

A concentração de P nas folhas situou-se, em geral, na faixa normal de suficiência (1,5 a 3g/kg) e, em alguns casos, acima do normal, segundo Suzuki & Basso (2002). Em

todos os anos de avaliação, as concentrações foliares de P foram reduzidas significativamente pela adubação nitrogenada (Tabela 4). Diversos trabalhos relatam a diminuição das concentrações foliares de P em resposta à adubação nitrogenada (Nielsen et al., 1998; Raese & Drake, 1997), fato relacionado ao efeito de diluição promovido pelo N. Apesar da redução que o N promoveu sobre as concentrações de P, não foi observada deficiência desse nutriente, indicando que a dose única de 50kg/ha de P₂O₅ foi suficiente para atender a demanda da cultura pelo nutriente. Em nenhum dos anos as concentrações foliares de P foram influenciadas significativamente pela adubação potássica.

As concentrações de Ca nas folhas da macieira, em geral, situaram-se dentro da faixa de concentração normal (11 a 17g/kg), segundo Suzuki & Basso (2002), fato relacionado aos altos teores desse nutriente nos solos (Tabela 1). Somente em 2003, as concentrações médias de Ca nas folhas foram menores ao limite inferior da faixa normal (Tabela 5). Na maioria dos anos, as concentrações foliares de Ca foram aumentadas significativamente pela adubação nitrogenada, corroborando os resultados obtidos em outras pesquisas com a macieira (Raese & Drake, 1997; Nielsen et al., 2004). Segundo Basso (1995), as fontes de N podem afetar a nutrição do Ca devido a: alteração do pH externo; competição (NH₄⁺) ou estimulação (NO₃⁻) na absorção de Ca; melhoramento do transporte de Ca no xilema, uma vez que o NO₃⁻ é o ânion acompanhante preferencial para o transporte de Ca dentro da planta.

Somente na safra 2001 as concentrações foliares de Ca foram reduzidas significativamente pela adubação potássica K (Tabela 5). Ernani et al. (2002) avaliaram o efeito de adições anuais de K durante 7 anos e também observaram que as concentrações médias de Ca nas folhas foram levemente reduzidas pelas doses de K₂O de até 300kg/ha.

As concentrações de Mg nas folhas foram aumentadas pela adubação nitrogenada em 2001 e 2003 e diminuídas pela potássica em 2001, 2004, 2005 e 2006 (Tabela 6), possivelmente devido ao efeito antagônico entre a absorção de K e de Mg pela planta (Nielsen & Nielsen, 2003). O aumento da concentração foliar de Mg em função do aumento da dose de N aplicada pode ser explicado em parte pela competição entre os íons NH_4^+ e K^+ , o que causou a redução das concentrações foliares de K e que foi, de certa forma, compensada pela absorção de Mg (Fallahi et al., 2001; Nielsen et al., 2004; Nielsen et al., 1998).

Apesar das elevadas concentrações iniciais de Mg no solo (Tabela 1) em vários anos de avaliação, a concentração foliar de Mg ficou abaixo do limite inferior da faixa considerada normal (2,5 a 4,5g/kg), segundo Suzuki & Basso (2002), o que se deve ao efeito negativo do K sobre a absorção de Mg. Entretanto, observa-se que os teores foliares de Mg foram reduzidos de forma mais consistente a partir do ano de 2004 (Tabela 6), quando o acúmulo de K trocável no solo já era superior a 300mg/kg (dados não apresentados). Por isso, devem-se evitar adubações potássicas desnecessárias a fim de que esse nível de K trocável no solo não seja atingido.

De maneira geral, as concentrações dos micronutrientes foram pouco influenciadas pelas adubações. Com exceção do Fe em 2003 e do B em 2005 e 2006, cujas concentrações ficaram abaixo da faixa normal de suficiência, nos demais anos de avaliação a concentração dos micronutrientes avaliados estiveram dentro ou acima da faixa de suficiência considerada normal, segundo Suzuki & Basso (2002).

Relação da concentração dos nutrientes nas duas épocas de amostragem

Todos os macronutrientes apresentaram correlações significativas entre as concentrações nas

Tabela 4. Concentração foliar de fósforo em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção, no período de 1999 a 2006 (média de 12 observações)

N ou K_2O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg/ha)	g/kg								
0	3,29	3,02	2,97	3,00	2,85	2,77	2,65	3,22	2,97
50	2,98	2,87	2,85	2,53	2,62	2,52	2,16	2,76	2,66
100	2,68	2,41	2,47	2,21	2,00	2,07	1,89	2,15	2,24
200	2,36	1,90	2,00	2,07	1,71	1,62	1,54	1,62	1,85
Média	2,83	2,55	2,57	2,45	2,30	2,25	2,06	2,44	2,43
Regressão	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	$R^2 = 0,96$ $R^2 = 0,97$ $R^2 = 0,98$ $R^2 = 0,83$ $R^2 = 0,92$ $R^2 = 0,98$ $R^2 = 0,93$ $R^2 = 0,96$								
K_2O (kg/ha)	g/kg								
0	2,84	2,54	2,67	2,38	2,49	2,37	2,32	2,46	2,51
50	2,76	2,51	2,58	2,31	2,13	2,25	1,95	2,39	2,36
100	2,82	2,62	2,60	2,54	2,26	2,00	2,06	2,41	2,41
200	2,88	2,53	2,54	2,56	2,21	2,27	1,90	2,40	2,41
Média	2,83	2,55	2,60	2,45	2,27	2,22	2,06	2,42	2,42
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = efeito não significativo.

Nota: L = efeito linear significativo a 5% por regressão polinomial.

Tabela 5. Concentração foliar de cálcio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção, no período de 1999 a 2006 (média de 12 observações)

N ou K_2O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg/ha)	g/kg								
0	11,2	11,5	13,4	11,4	8,9	10,6	12,2	14,4	11,7
50	11,6	11,9	14,4	11,7	9,8	13,8	12,9	15,5	12,7
100	11,5	12,4	15,4	12,5	11,2	13,5	15,2	15,6	13,4
200	11,6	12,2	15,9	12,6	11,2	13,2	13,6	16,0	13,3
Média	11,5	12,0	14,8	12,1	10,3	12,8	13,5	15,4	12,8
Regressão	ns	ns	L ***	L *	L **	Q ***	Q **	ns	
	$R^2 = 0,89$ $R^2 = 0,82$ $R^2 = 0,76$ $R^2 = 0,83$ $R^2 = 0,77$								
K_2O (kg/ha)	g/kg								
0	11,8	11,8	15,6	12,0	10,6	13,1	13,6	15,5	13,0
50	11,3	11,9	15,1	12,2	10,0	12,5	12,9	16,0	12,7
100	11,7	12,6	14,5	12,6	10,6	12,6	13,4	15,7	13,0
200	11,3	11,6	13,7	11,4	10,0	12,6	14,0	14,6	12,4
Média	11,5	12,0	14,7	12,1	10,3	12,7	13,5	15,5	12,8
Regressão	ns	ns	L *	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	$R^2 = 0,99$								

ns = efeito não significativo.

Nota: L e Q = efeito linear e quadrático, respectivamente, significativo a 5% (*), 1% (**) e 0,1% (***), por regressão polinomial;

folhas em novembro e suas respectivas concentrações na amostragem padrão de janeiro/fevereiro (Figura 2), o que está de acordo com o observado por Nachtigall (2005). O N foi o nutriente que apresentou o menor coeficiente de correlação ($r = 0,6$), fato rela-

Tabela 6. Concentração foliar de magnésio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção, no período de 1999 a 2006 (média de 12 observações)

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg/ha) g/kg									
0	2,06	2,29	2,01	2,49	1,75	2,36	3,24	4,03	2,53
50	2,16	2,24	2,27	2,42	2,16	3,20	3,54	4,65	2,83
100	2,16	2,71	2,37	2,50	2,22	3,00	4,08	4,35	2,92
200	2,30	2,81	2,55	2,72	2,22	2,86	3,74	4,85	3,01
Média	2,17	2,51	2,30	2,53	2,09	2,86	3,65	4,47	2,82
Regressão	ns	ns	L *	ns	Q *	ns	ns	ns	
			R ² = 0,92		R ² = 0,94				
K₂O (kg/ha) g/kg									
0	2,24	2,74	2,72	2,35	2,47	3,49	4,50	5,42	3,15
50	2,17	2,55	2,46	2,72	2,36	2,68	3,81	4,76	2,94
100	2,20	2,28	2,13	2,57	2,18	2,84	3,20	4,14	2,69
200	2,08	2,48	1,90	2,50	2,07	2,23	3,08	3,56	2,49
Média	2,17	2,51	2,30	2,54	2,08	2,81	3,65	4,47	2,82
Regressão	ns	ns	L **	ns	ns	L *	L *	L **	
			R ² = 0,94		R ² = 0,79		R ² = 0,80	R ² = 0,95	

ns = efeito não significativo.

Nota: L e Q = efeito linear e quadrático, respectivamente, significativo a 5% (*) e 1% (**), por regressão polinomial.

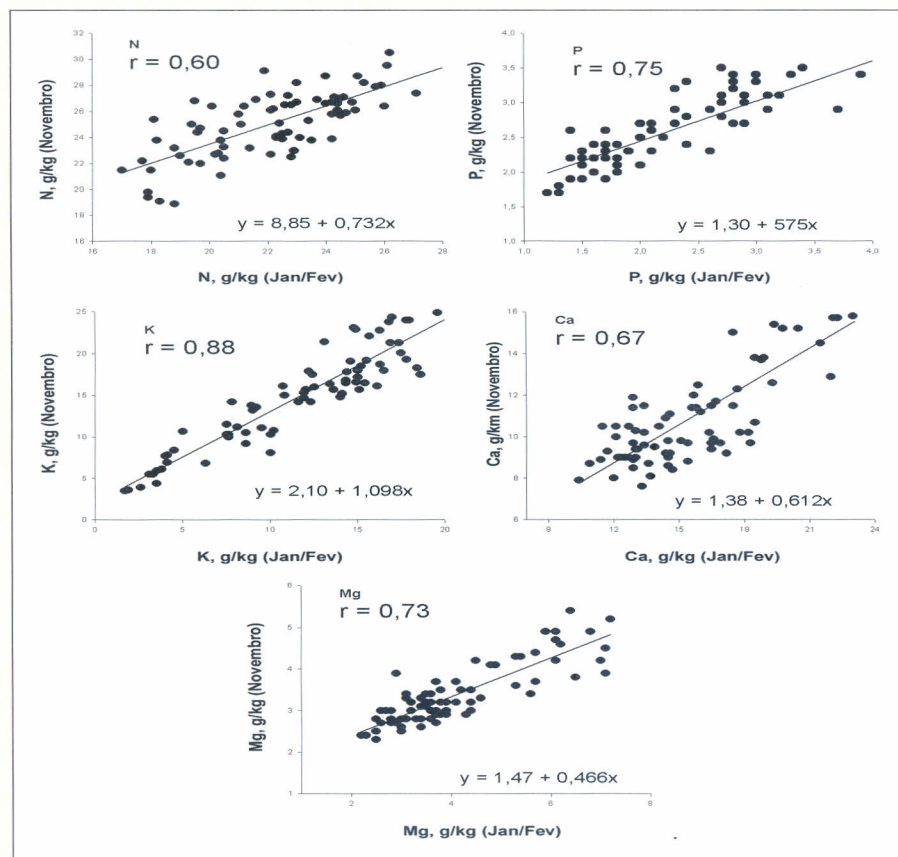


Figura 2. Relação entre as concentrações foliares de N, P, K, Ca e Mg da macieira 'Fuji' nas amostragens realizadas na época padrão (15 de janeiro a 15 de fevereiro) e antecipadas (15 a 30 de novembro) durante os anos agrícolas 2004/05 e 2005/06; r = coeficiente de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$)

cionado à instabilidade das concentrações desse nutriente no solo no decorrer do tempo. Para os micronutrientes, os coeficientes de determinação obtidos foram, em geral, menores que 0,4 e não significativos (dados não apresentados).

A alta relação das concentrações dos macronutrientes avaliados entre as duas épocas de avaliação sugere que a amostragem foliar precoce pode ser utilizada satisfatoriamente no estabelecimento do programa de adubação, conferindo um ajuste fino da nutrição mineral da macieira. Uma vez sendo detectadas concentrações abaixo do normal de um determinado nutriente numa fase mais precoce do desenvolvimento vegetativo da cultura, medidas corretivas de nutrição poderiam ser realizadas ainda no ciclo corrente.

Vigor da planta

O crescimento do perímetro do tronco entre 1998 (início do experimento) e 2006 (final) foi influenciado significativamente pela adubação nitrogenada, porém não pela potássica (Figura 3). O perímetro do tronco aumentou, seguindo o modelo de regressão quadrática, atingindo o máximo de 15,2cm na dose de 195kg/ha de N. Aproximadamente a metade desse crescimento foi promovida pela adubação nitrogenada, indicando que o N é o principal nutriente envolvido no aumento do vigor da macieira.

Conclusões

- Independentemente da época de amostragem, não houve interação entre as adubações nitrogenada e potássica quanto às concentrações foliares dos nutrientes.
- A composição mineral das folhas foi alterada pelas adubações, principalmente pela nitrogenada, a qual promoveu incremento nas concentrações de Ca e Mg e diminuição nas concentrações de K e P das folhas.
- O vigor da macieira foi determinado pela adubação

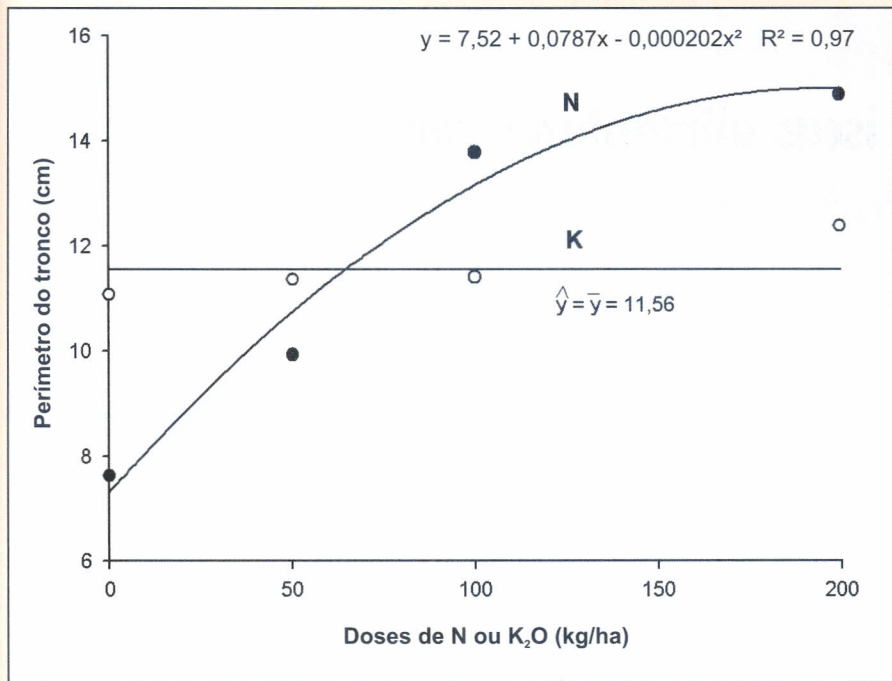


Figura 3. Incremento do perímetro do tronco da macieira 'Fuji' no período 1998 a 2006, em função das adubações nitrogenada e potássica de manutenção (média de 12 observações)

nitrogenada e independeu da adubação potássica.

• Os teores dos nutrientes de folhas coletadas em novembro apresentaram boa correlação com aqueles de folhas coletadas na época padrão de amostragem, em janeiro/fevereiro.

Literatura citada

- BASSO, C. *Influence of potassium, calcium, and magnesium availability in the soil on nutrients in leaves and fruits, and the evolution of surface wax and nutrients during apple fruit development*. 1995. 109f. Thesis (Doctor of Philosophy) – North Carolina State University, Raleigh, 1995.
- BASSO, C.; SUZUKI, A. Resposta da macieira Cv. Golden Delicious à adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.223-227, maio/ago. 1992.
- ERNANI, P.R.; DIAS, J. Soil nitrogen application in the spring did not increase apple yield. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.29, n.4, p.645-649, out./dez. 1999.
- ERNANI, P.R.; DIAS, J.; FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v.33, p.1291-1304, 2002.
- ERNANI, P.R.; DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.19, n.1, p.33-37, abr. 1997.
- FALLAHI, E.; COLT, W.M.; FALLAHI, B. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield, fruit quality, and photosynthesis in 'BC-2 Fuji' apple. *Journal of the American Pomological Society*, v.55, p.68-75, 2001.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.
- NACHTIGALL, G.R. *Épocas de amostragem, porta-enxertos, cultivares e densidade de plantio na avaliação do estado nutricional da macieira pelo método DRIS*. Piracicaba: Esalq/USP, 2005. (Relatório Pós-Doutorado).
- NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; HERBERT, L.C. et al. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.129, p.26-31, 2004.
- NEILSEN, G.H.; HOGUE, E.J.; MEHERIUK, M. Nitrogen fertilization and orchard-floor vegetation management affect growth, nutrition and fruit quality of Gala apple. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.79, n.3, p.379-385, 1999.
- NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D. Nutritional requirements of apple. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, J.J. *Apples, Botany, production and uses*. Cambridge, USA: Cabi Publishing, 2003. p.267-302.
- NEILSEN, G.H.; PARCHOMCHUK, P.; MEHERIUK, M. et al. Development and correction of K-deficiency in drip irrigated apple. *Hortscience*, v.33, p.258-261, 1998.
- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. *Journal of Plant Nutrition*, v.20, p.1797-1809, 1997.
- ROSOLEM, C.A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.239-260.
- SAS INSTITUTE. The SAS-system for windows: release 6.08 (Software). Cary, 1996. 633p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre: SBCS/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 400p.
- SUZUKI, A.; BASSO, C. Fertilidade do Solo e nutrição da macieira. In: EPAGRI. *Manual da cultura da macieira*. Florianópolis: Epagri, 2002. p.341-381. ■