

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

GILBERTO NAVA⁽¹⁾, ANTONIO ROQUE DECHEN⁽²⁾, CLORI BASSO⁽³⁾ & GILMAR RIBEIRO NATCHIGALL⁽⁴⁾

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 desse trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica sobre a composição mineral das folhas da macieira 'Fuji'/Marubakaido (*Malus domestica* Borkh), bem como, avaliar a concentração foliar dos nutrientes em duas épocas de amostragem. O experimento foi conduzido no período de 1998 a 2006, no município de São Joaquim-SC, Brasil. Consistiu de um fatorial com doses de N e K aplicadas anualmente ao solo (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N e de K₂O) e repetidas em três pomares comerciais. 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 aumentou a concentração de K e reduziu a concentração de Mg nas folhas. A análise foliar realizada em novembro apresentou alta correlação com as concentrações foliares dos macronutrientes obtidas em janeiro/fevereiro.

Palavras-Chave: (adubação; análise foliar; nutrição mineral)

Introdução

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes encontrados em maiores concentrações nas folhas e, por isso, são aqueles que mais frequentemente causam variações na composição mineral das mesmas. Alguns dos efeitos estão relacionados com o crescimento vegetativo são dependentes do N. Aumentando-se o N, normalmente há redução das concentrações foliares de K, P, Zn e B e aumento das concentrações de Ca e Mg (Suzuki & Basso [1]). A disponibilidade e a absorção de K também têm relação direta com a nutrição de outros elementos. Um adequado suprimento de K pode amenizar os efeitos negativos de uma adubação nitrogenada excessiva (Suzuki & Basso [1]), porém, o excesso pode afetar negativamente a absorção e translocação do Mg e do Ca. O K é um forte competidor com outros cátions por causa da alta

eficiência do sistema de absorção deste pela planta. Na ausência ou diminuindo-se a concentração de K na solução, a absorção de outras espécies catiônicas é aumentada, uma vez que a competição é menos severa.

Uma vez que nas folhas ocorre a maioria dos processos fisiológicos, em geral, são elas que são analisadas, utilizando-se o seu conteúdo em nutrientes como base para avaliar o estado nutricional das plantas. Na diagnose foliar para a cultura da macieira no Brasil recomenda-se que as folhas sejam coletadas no período entre 15 de janeiro a 15 de fevereiro (Suzuki & Basso [1]), baseado na premissa que neste período a concentração dos nutrientes nas folhas seja menos variável. Entretanto, devido à proximidade desse período com a colheita e o 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. Deste modo, a amostragem foliar em épocas mais precoce do que a padrão pode trazer vantagens ao manejo nutricional da macieira.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito das adubações nitrogenada e potássica sobre a composição mineral das folhas, bem como, verificar a relação entre a concentração dos nutrientes na época padrão e em outra época 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" S, 49° 56' 56" W; altitude média de 1350 m), em três pomares comerciais. Cada pomar constituiu uma das três repetições no delineamento experimental blocos ao acaso. Os tratamentos, em fatorial 2x4, consistiram de combinações dos nutrientes N e K nas doses de 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N e de K₂O, aplicadas anualmente.

As parcelas experimentais continham cinco plantas, espaçadas em 4,5 x 6,0 m (370 plantas ha⁻¹) em um pomar e 3,0 x 6,0 m (556 plantas ha⁻¹) nos outros dois pomares, sendo avaliadas as três centrais como plantas úteis. As áreas experimentais receberam o manejo recomendado para pomares comerciais, exceto em relação aos tratamentos.

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de São Joaquim, Caixa Postal 81, CEP 88600-000 São Joaquim, SC. E-mail: nava@epagri.sc.gov.br.

⁽²⁾ Segundo Autor é Professor adjunto do Depto. de Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

⁽³⁾ Ex-Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador, Caixa Postal 591, CEP 89500-000 Caçador, SC.

⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 1513, CEP 95200-000 Vacaria, RS.

Para a determinação da composição mineral, as folhas foram amostradas na segunda quinzena de novembro de cada ano e no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro de cada ano, conforme recomendação para a cultura da macieira nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As folhas foram lavadas com detergente e enxaguadas com água destilada, secadas em estufa a 65 °C e moídas. Determinaram-se as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B e Zn.

Resultados e Discussão

Não houve interação significativa entre as adubações nitrogenada e potássica sobre nenhum dos parâmetros avaliados. 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 1). As concentrações de N somente atingiram a faixa de interpretação acima do normal - 25 a 30 g kg⁻¹, segundo Suzuki & Basso [1] em dois anos de avaliação, indicando resposta à adubação nitrogenada sem grandes riscos de excesso de N, nas condições de condução do experimento. 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 & Dias [2]). As menores profundidade e temperatura dos solos de altitude, predominantes na região de São Joaquim-SC, quando comparadas às de Vacaria-RS, 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 em todos os anos de avaliação, a partir da safra 2001 (Tabela 2). O alto teor inicial de K trocável no solo 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 (< 12,0 g kg⁻¹), segundo Suzuki & Basso [1], indicando a necessidade de adições anuais de K para a obtenção do equilíbrio nutricional das plantas.

A concentração de P nas folhas situou-se, em geral, na faixa normal de suficiência (1,5 a 3,0 g kg⁻¹) e, em alguns casos, acima do normal. Em todos os anos de avaliação, as concentrações foliares de P foram reduzidas significativamente pela adubação nitrogenada (Tabela 3) o que está relacionado ao efeito de diluição promovido pelo N.

As concentrações de Ca nas folhas da macieira, em geral, situaram-se dentro da faixa de concentração normal (11 a 17 g kg⁻¹), fato relacionado aos altos teores desse nutriente nos solos. Somente em 2003, as concentrações médias de Ca nas folhas foram inferiores ao limite inferior da faixa normal (Tabela 4). Na maioria dos anos de avaliação, as concentrações foliares de Ca foram aumentadas significativamente pela adubação nitrogenada. Segundo Basso [3], as

fontes de N podem afetar a nutrição do Ca devido: alteração do pH externo; pela competição (NH₄⁺) ou estimulação (NO₃⁻) na absorção de Ca; ou por melhorar o transporte de Ca no xilema, uma vez que o NO₃⁻ é o ânion acompanhante preferencial para o transporte de Ca dentro da planta.

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 5), possivelmente devido ao efeito antagônico entre a absorção de K e de Mg pela planta. 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 NH₄⁺ e K⁺, o que causou a redução das concentrações foliares de K e que foi de certa forma, compensada pela absorção de Mg.

De maneira geral, as concentrações dos micronutrientes foram pouco influenciadas pelas adubações (dados não apresentados). Com exceção do Fe em 2003 e do B em 2005 e 2006 que tiveram suas concentrações 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 [1].

Todos os macronutrientes apresentaram relações altamente significativas ($p \leq 0,001$) entre as concentrações nas folhas em novembro e suas respectivas concentrações na amostragem padrão de janeiro/fevereiro (Figura 1) o que está de acordo com o observado por Nachtigall [4].

Conclusões

A composição mineral das folhas é alterada pelas adubações, principalmente pela nitrogenada, a qual promove incremento nas concentrações de Ca e Mg e diminuição nas concentrações de K e P das folhas; além do K, somente as concentrações foliares de Ca e de Mg são alteradas pela adubação potássica. A análise foliar precoce é útil na predição das concentrações foliares dos macronutrientes atingidos na época padrão de amostragem, podendo ser uma importante ferramenta no estabelecimento do programa de adubação e do manejo nutricional da macieira.

Referências

- [1] SUZUKI, A.; BASSO, C. *Fertilidade do Solo e nutrição da macieira*. In: EPAGRI. *Manual da cultura da macieira*: Florianópolis: GMC/Epagri, 2002. p. 341-381.
- [2] ERNANI, P.R.; DIAS, J. Soil nitrogen application in the spring did not increase apple yield. *Ciência Rural*, v.29, p.645-649, 1999.
- [3] 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. 109 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – North Carolina State University, Raleigh, 1995.
- [4] 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).

Tabela 1 - Concentração foliar de nitrogênio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função da adubação nitrogenada e potássica de manutenção no período de 1999 a 2006

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	L *** R ² =0,98	L *** R ² =0,97	L *** R ² =0,98	L *** R ² =0,88	L *** R ² =0,99	L *** R ² =0,90	L *** R ² =0,79	L *** R ² =0,92	
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

^{1/} L = linear; ns e *** = não significativo e significativo a 0,1%, respectivamente.

Tabela 2 - Concentração foliar de potássio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função da adubação nitrogenada e potássica de manutenção no período de 1999 a 2006

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	Ns	L * R ² =0,95	L * R ² =0,77	ns	ns	ns	ns	ns	
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	Ns	ns	L * R ² =0,94	L * R ² =0,76	L * R ² =0,97	L * R ² =0,96	L * R ² =0,96	L ** R ² =0,96	

^{1/} L = linear; ns, * e *** = não significativo e significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 3 - Concentração foliar de fósforo em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função da adubação nitrogenada e potássica de manutenção nos período de 1999 a 2006

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	L *** R ² =0,96	L *** R ² =0,97	L *** R ² =0,98	L ** R ² =0,83	L *** R ² =0,92	L *** R ² =0,98	L *** R ² =0,93	L *** R ² =0,96	
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

^{1/} L = linear; ns, ** e *** = não significativo e significativo a 1% e 0,1%, respectivamente.

Tabela 4 - Concentração foliar de cálcio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função da adubação nitrogenada e potássica de manutenção nos período de 1999 a 2006

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹								
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 ^{1/}	ns	ns	L *** R ² =0,89	L * R ² =0,82	L ** R ² =0,76	Q *** R ² =0,83	Q ** R ² =0,77	ns	
K ₂ O (kg ha ⁻¹)			----- g kg ⁻¹ -----						
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 ^{1/}	ns	ns	L * R ² =0,99	ns	ns	ns	ns	ns	

^{1/} L = linear; Q = quadrática; ns, *, ** e *** = não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

Tabela 5 - Concentração foliar de magnésio em macieira 'Fuji' na amostragem de 15 jan. a 15 fev., em função da adubação nitrogenada e potássica de manutenção nos período de 1999 a 2006

N ou K ₂ O aplicado	Ano								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média
N (kg ha ⁻¹)	----- g kg ⁻¹ -----								
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 ^{1/}	ns	ns	L * R ² =0,92	ns	Q * R ² =0,94	ns	ns	ns	
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	----- g kg ⁻¹ -----								
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 ^{1/}	ns	ns	L ** R ² =0,94	ns	ns	L * R ² =0,79	L * R ² =0,80	L ** R ² =0,95	

^{1/} L = linear; Q = quadrática; ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1%, respectivamente.

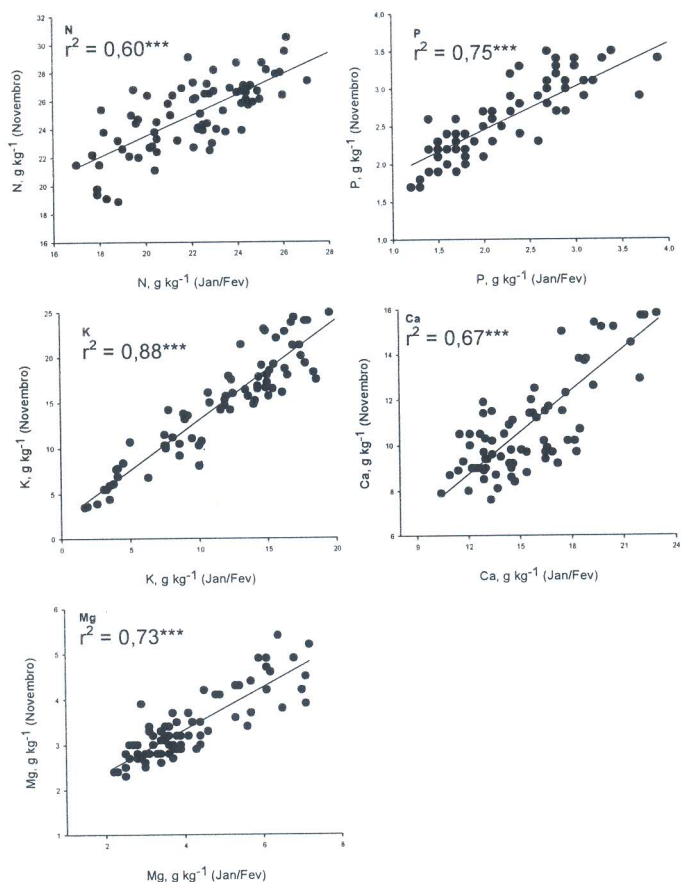


Figura 1 - Relação entre as concentrações foliares de N, P, K, Ca e Mg da macieira 'Fuji' nas amostragens realizada na época padrão (15 de janeiro a 15 de fevereiro) e antecipada (15 a 30 de novembro) durante as safras 2004/2005 e 2005/2006; *** (significativo a 0,1%).