

Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira

Renata Moreira Leal⁽¹⁾, William Natale⁽²⁾, Renato de Mello Prado⁽²⁾ e Ronaldo Pozella Zaccaro⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista (Unesp), Fac. de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Dep. de Ciências Exatas, Via de acesso Prof. Paulo Castellane, s/nº, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: renatamleal@yahoo.com.br ⁽²⁾Unesp, FCAV, Dep. de Ciência do Solo. E-mail: natale@fcav.unesp.br rmp Prado@fcav.unesp.br ⁽³⁾Centro Universitário Moura Lacerda, Rua Padre Euclides, 995, Campos Elíseos, CEP 14085-420 Ribeirão Preto, SP. E-mail: rzaccaro@fcav.unesp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada na implantação e na formação de um pomar de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), cv. B-10, e na acidificação do Latossolo Vermelho eutroférico típico. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, que corresponderam a diferentes doses de nitrogênio (uréia). Na implantação, as doses utilizadas foram zero, 30, 60, 90 e 120 g por planta de N e no 1º, 2º e 3º anos experimentais, utilizou-se o dobro, o triplo e o quádruplo das doses iniciais. A adubação nitrogenada de formação, a partir do segundo ano de experimentação, promove diminuição significativa do pH, aumento da acidez potencial e diminuição das concentrações de potássio, cálcio e magnésio, soma de bases e saturação por bases do solo. Caramboleiras sem adubação nitrogenada apresentam menor teor foliar de N em relação às adubadas, e não floresceram até o terceiro ano de experimentação. No terceiro ano de experimentação, doses entre 110 e 180 g por planta de N proporcionam o melhor crescimento da caramboleira, o maior teor foliar de N, leitura SPAD e produção.

Termos para indexação: *Averrhoa carambola*, adubo nitrogenado, estado nutricional, produção de frutos.

Nitrogen fertilization at establishment and development of star fruit orchard

Abstract – The objective of this work was to study the effect of nitrogen fertilization at establishment and development of star fruit (*Averrhoa carambola* L.), cv. B-10, orchards and the acidification of Eutruxox soil. The experiment design was in randomized blocks, comprising five treatments corresponding to different nitrogen (urea) rates, with four replications. At the plant establishment, N rates were zero, 30, 60, 90 and 120 g plant⁻¹ of N and, at the 1st, 2nd and 3rd years of experimentation, two fold, three fold and four fold of initial rate. Nitrogen fertilizer on star fruit at establishment, after the second year of experiment, result in significant pH reduction which increase potential acidity and decrease potassium, calcium and magnesium concentrations, as well as the sum of bases and base saturation of soil. Star fruit without nitrogen fertilization show lower foliar N concentration, in relation to those which received fertilizer, and until the third year of experimentation did not flower. In the third year of experimentation, rates between 110 and 180 g plant⁻¹ of N promote the best development to star fruit at orchard establishment, foliar N concentration, index SPAD as well as the best fruit production.

Index terms: *Averrhoa carambola*, nitrogen fertilizers, nutritional state, fruit production.

Introdução

O setor frutícola brasileiro tem evoluído nos últimos anos, com reflexos no crescimento e geração de novas indústrias alimentícias, as quais são responsáveis por maior oferta de empregos em toda a cadeia produtiva. Além disso, o desenvolvimento acelerado desse setor é fonte de renda alternativa para a propriedade rural e, ainda, responsável pelo aumento em divisas para o País com as exportações. A fim de garantir maior sustentabilidade ao

sistema de produção agrícola, a diversificação de frutíferas torna-se importante.

Entre as inúmeras espécies de frutíferas promissoras para o cultivo no Brasil destaca-se a caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), planta originária da Ásia, típica de regiões tropicais. O Brasil está entre os principais produtores mundiais e, atualmente, o Estado de São Paulo é responsável por 68% da produção nacional, que está concentrada nos municípios de Mirandópolis, Campinas, Taquaritinga e Lins (Bastos et al., 2004).

A nutrição adequada da planta é importante para garantir boas produtividades. Porém, de modo geral, a disponibilidade de nitrogênio nos solos limita o crescimento e a produção, visto ser requerido em todas as fases do desenvolvimento vegetal (Marschner, 1995).

O nitrogênio possui função estrutural na planta, e é fundamental para o crescimento vegetativo, pois estimula o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, além de aumentar a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção (Bhella & Wilcox, 1986). Donadio et al. (2001) verificaram, em caramboleiras, que a carência de N provoca clorose-amarelada generalizada, tanto nas folhas novas como nas velhas, e, além disso, o crescimento da planta é paralisado.

Resultados de pesquisas, desenvolvidos com várias espécies de frutíferas, têm demonstrado resposta positiva à aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade dos frutos, influenciando na cor da casca, no tamanho e na quantidade das frutas. Em citros, Mattos Junior et al. (2001) verificaram melhor desenvolvimento de porta-enxertos produzidos em tubetes. Marinho et al. (2001) observaram que a aplicação de N, na forma de nitrato, aumentou o teor de vitamina C de frutos do mamoeiro, mantendo o teor de sólidos solúveis nos frutos. No entanto, estudos sobre os efeitos da adubação nitrogenada em caramboleira são escassos, sendo prioritariamente pesquisados aspectos relativos à fenologia, métodos de propagação, características químicas das sementes ou da fruta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada na implantação e na formação de um pomar de caramboleira (cultivar B-10), e na acidificação do Latossolo Vermelho eutroférico típico.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na área experimental da Fazenda Manga Rosa, a 2 km do Município de Bonfim Paulista, SP, de janeiro de 2003 a agosto de 2006. O solo

da área é um Latossolo Vermelho eutroférico típico A moderado de textura argilosa.

Antes da implantação do experimento, foram coletadas separadamente 20 subamostras de terra das camadas de 0–20, 20–40 e 40–60 cm, a fim de formar amostras compostas, que foram analisadas para fins de fertilidade do solo (Tabela 1). Estes indicam que as concentrações de P, K, Ca e Mg estão dentro da faixa admitida como adequada para as frutíferas, conforme Raij et al. (1996).

Utilizou-se a cultivar B-10 de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), enxertada sobre porta-enxerto comum. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por quatro plantas, sendo consideradas as duas centrais como árvores úteis para as avaliações. As plantas foram distribuídas em um espaçamento de 5x5 m.

Os tratamentos foram doses de nitrogênio, utilizando-se a uréia, considerando-se a dose de 60 g por planta de N como ideal para a cultura da caramboleira em implantação (Donadio et al., 2001). Assim, foram aplicadas: zero, metade, uma vez, uma vez e meia e duas vezes a dose indicada, correspondendo a D₀, zero; D₁, 30; D₂, 60; D₃, 90 e D₄, 120 g por planta de N na implantação do experimento, parcelada em fevereiro, março e abril de 2003. O adubo foi aplicado a uma distância de aproximadamente 20 cm do caule, numa faixa de 10 cm de largura.

No período chuvoso, novembro, dezembro e janeiro de 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006, realizou-se a adubação nitrogenada de formação do primeiro, segundo e terceiro anos de experimentação utilizando-se, respectivamente, o dobro, o triplo e o quádruplo das doses de N aplicadas na implantação (Tabela 2). No segundo ano de experimentação, paralelamente à aplicação da primeira parcela do adubo nitrogenado, foram realizadas adubações com K e B, pois os teores desses nutrientes no solo encontravam-se abaixo dos limites considerados adequados (Raij et al., 1996), aplicando-se 200 g por planta

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental, antes da implantação do pomar de caramboleiras, em Bonfim Paulista, SP.

Camada	pH (CaCl ₂)	MO	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
(cm)		(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmol _c dm ⁻³)			(%)
0–20	5,4	39	41	5,4	56	18	34	79,4	113,4	70
20–40	5,5	32	26	3,7	59	15	31	77,7	108,7	71
40–60	5,5	26	16	3,0	53	13	31	69,0	100,0	69

de cloreto de potássio (60% de K_2O) e 6 g por planta de bórax (17% de B).

No primeiro (2003/2004) e segundo (2004/2005) anos de experimentação, a adubação foi realizada a uma distância de aproximadamente 30 cm do caule, numa faixa com largura de 20 cm. No terceiro ano (2005/2006), aplicou-se o adubo a uma distância de aproximadamente 60 cm do caule, numa faixa de 40 cm de largura, devido ao crescimento das caramboleiras.

As amostragens de solo foram realizadas em janeiro de cada ano experimental, antes da aplicação da última parcela do fertilizante nitrogenado. Nas linhas de plantio, a amostragem foi realizada nas profundidades de 0–20 cm, no primeiro ano, e nos anos seguintes amostrou-se também a camada de 20–40 cm. Em cada parcela experimental, coletaram-se oito subamostras, a fim de constituir uma amostra composta.

Nas entrelinhas foram amostradas, anualmente, as camadas de 0–20 cm, 20–40 cm e 40–60 cm, desde o primeiro ano, coletando-se 20 subamostras de terra para compor a amostra composta. As determinações analíticas nas amostras de solo foram realizadas seguindo métodos descritos em Rajj et al. (2001).

Em dezembro de cada período experimental, foram avaliados parâmetros biológicos indicativos do crescimento das plantas: diâmetro do caule, altura, raio e volume da copa das caramboleiras. O volume da copa foi calculado segundo a fórmula proposta por Mendel (1956): $V = 2/3\pi R^2H$, em que V é o volume da copa (m^3); R é o raio da copa (m) e H é a altura da planta (m).

O estado nutricional das plantas, em relação ao N, foi determinado pela amostragem de folhas, conforme as recomendações de Prado & Natale (2004) para a caramboleira, que indicam a sexta folha, recém-madura (com pecíolo), a partir da extremidade do ramo, à época de pleno florescimento da cultura, em número de quatro folhas por árvore, em todos os quadrantes da planta.

Tabela 2. Quantidades de nitrogênio aplicado ($g\ planta^{-1}$) na forma de uréia nas adubações de implantação e de formação em 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006 do pomar de caramboleiras.

Tratamento	Implantação	Formação			Total de N aplicado
		2003/2004	2004/2005	2005/2006	
D0	0	0	0	0	0
D1	30	60	90	120	300
D2	60	120	180	240	600
D3	90	180	270	360	900
D4	120	240	360	480	1.200

A amostragem foi realizada em dezembro de 2005, quando ocorreu o florescimento das plantas, e a determinação dos teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal seguiu métodos descritos em Bataglia et al. (1983).

Na mesma época da amostragem de folhas da caramboleira, foi realizada a leitura correspondente ao teor de clorofila na folha, expressa em valores de SPAD (Soil Plant Analysis Development), avaliada com o clorofilômetro Minolta SPAD-502, realizada no lóbulo mediano do quarto folíolo da sexta folha.

A avaliação da produção de frutos da caramboleira foi realizada entre janeiro e agosto de 2006, no terceiro ano após a implantação, considerando-se todos os frutos das plantas úteis de cada tratamento.

Com base nos resultados obtidos, realizaram-se análises de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O efeito das doses de nitrogênio sobre os parâmetros do solo e da planta foi avaliado por análise de regressão polinomial, pelo método dos polinômios ortogonais.

Resultados e Discussão

No primeiro ano de cultivo da caramboleira, não se verificou efeito da adubação nitrogenada sobre os atributos químicos do solo (Tabela 3). No entanto, na comparação dos dados relativos à amostragem de solo realizada antes da implantação do experimento (Tabela 1) com aqueles obtidos após um ano de experimentação (Tabela 3), nas linhas de plantio na camada de 0–20 cm, observa-se diminuição do pH, mesmo nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada. Isso se deve, provavelmente, à mobilização do solo para o plantio da frutífera, bem como à mineralização da matéria orgânica do solo (Malavolta, 1981), e do substrato aderido às raízes das mudas. No entanto, o pH do solo das amostras relativas às entrelinhas (camada 0–20 cm) manteve-se próximo ao do solo original (Tabelas 1 e 4).

Houve, ainda, diminuição das concentrações de K, Ca e Mg, com conseqüente decréscimo da soma de bases e da saturação por bases no solo (Tabela 3), quando comparadas às concentrações determinadas à época da implantação. Este resultado está associado ao aumento da acidez ativa do solo, que possui relação direta e negativa com a saturação por bases (Malavolta, 1981).

No segundo ano de experimentação, a aplicação do adubo nitrogenado promoveu alterações nos atributos

químicos do solo, nas linhas de plantio, apenas na camada de 0–20 cm, não havendo efeito dos tratamentos nas amostras relativas à camada de 20–40 cm.

O pH foi a propriedade química do solo mais influenciada pela aplicação do fertilizante nitrogenado. Segundo Malavolta (1981), todo adubo nitrogenado, cujo N está sob forma amoniacal ou amídica, depois de certo tempo e aplicações, promove a acidificação do solo devido à ocorrência de reações que produzem H⁺ (nitrificação), além da perda de cátions para as camadas mais profundas, acompanhando o ânion NO₃⁻.

Assim, o aumento da dose do adubo nitrogenado promoveu diminuição crescente do pH e aumento da acidez potencial (Tabela 3). Quanto menor o valor pH, em consequência da maior dose do fertilizante aplicado, menor o índice de saturação por bases, bem como a concentração de potássio, cálcio e magnésio no solo, refletindo na diminuição da soma de bases.

No estudo do efeito da aplicação de doses de adubo nitrogenado na forma de uréia (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N), sobre as propriedades

químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com maracujá, Borges et al. (2002) observaram que, após um ano de experimentação, não houve decréscimo do pH com o aumento das doses de nitrogênio, mantendo-se próximo ao valor inicial determinado antes da implantação do experimento. No entanto, os autores verificaram, após dois anos de experimentação, aumento da acidez do solo, que pode ser atribuído ao processo de nitrificação da uréia, com conseqüente liberação de H⁺ para o sistema.

Teixeira et al. (2001), estudando o efeito da adubação nitrogenada (0, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N) nas alterações químicas de alguns atributos químicos do solo cultivado com bananeira, após dois ciclos de cultivo, verificaram que a adubação nitrogenada causou decréscimos significativos nos valores de pH do solo, saturação por bases e teor de Mg trocável, nos dois ciclos de cultivo. Em citros, alterações significativas no pH do solo e saturação por bases foram atribuídas à adubação nitrogenada, como observado por Sanches et al. (1999).

Tabela 3. Atributos químicos do solo cultivado com caramboleiras, em consequência das doses de nitrogênio, nas amostras coletadas na linha de plantio, em Bonfim Paulista, SP.

Doses N (g planta ⁻¹)	pH CaCl ₂	MO (g dm ⁻³)	P-resina (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	(H+Al) (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
1 ^o ano de cultivo										
0	4,6	34	29	1,7	55	15	55	70,9	125,9	56
60	4,7	34	25	1,4	49	14	49	63,9	112,4	57
120	4,7	31	24	1,3	41	11	49	52,8	101,3	52
180	4,7	33	22	1,3	44	17	61	62,0	122,8	50
240	4,6	33	33	1,5	39	13	48	53,5	125,9	50
Teste F	0,11 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,62 ^{ns}	1,09 ^{ns}	2,31 ^{ns}	2,48 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV (%)	4,9	8,0	27,5	22,6	17,2	29,3	14,4	15,9	25,4	12,8
2 ^o ano de cultivo										
0	4,7a	32a	25a	15,3a	34a	9a	49c	58,3a	105,8b	54a
90	4,2b	30a	24a	12,6ab	29ab	8ab	55c	49,6b	104,9b	48b
180	3,9b	33a	28a	10,5ab	19bc	4bc	99b	33,8b	133,9a	28c
270	3,9b	32a	29a	10,2ab	23b	5bc	96b	37,9b	132,9a	31c
360	3,8b	33a	38a	9,2b	12c	3c	118a	24,0c	142,7a	17c
Teste F	8,30**	0,33 ^{ns}	1,98 ^{ns}	4,48*	8,40**	8,18**	11,03**	10,50**	4,28*	13,60**
Reg. linear	28,10**	-	-	16,20**	29,10**	27,60**	39,60**	37,60**	14,70**	49,30**
CV (%)	6,2	10,4	26,7	20,0	24,9	30,6	21,6	20,0	13,4	23,1
3 ^o ano de cultivo										
0	4,9a	30a	32a	5,1a	42a	9a	45c	56,0a	108,8a	59a
120	4,7b	30a	28a	4,8b	39ab	9a	49c	52,5a	101,2a	52a
240	4,5c	28a	37a	4,7b	31ab	7ab	67b	42,1b	109,1a	39b
360	4,5c	30a	32a	4,6b	30ab	6b	67b	40,4b	107,7a	37b
480	4,4c	27a	33a	3,3b	21b	5b	75a	30,0c	104,3a	29c
Teste F	22,36**	2,10 ^{ns}	0,72 ^{ns}	26,75**	3,85*	3,70*	894**	7,12**	0,48 ^{ns}	10,82**
Reg. linear	81,81**	-	-	-	12,79**	13,44**	32,50**	27,40**	-	41,66**
Reg. quad.	-	-	-	23,13**	-	-	-	-	-	-
CV (%)	2,1	6,9	22,2	24,8	26,9	28,2	14,3	21,3	9,1	17,2

^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

No terceiro ano de experimentação, a adubação nitrogenada também promoveu alterações nas propriedades químicas, na camada de 0–20 cm, nas linhas de plantio. Não houve efeito dos tratamentos na camada de 20–40 cm (Tabela 3). Na comparação dos resultados da análise química, na camada 0–20 cm do terceiro ano, com os alcançados no segundo ano na mesma profundidade, constata-se que a acidificação do solo foi menos intensa neste terceiro ano de experimentação. Este resultado é explicado com base na localização do fertilizante nitrogenado, que foi aplicado a uma distância do caule superior à realizada nos anos anteriores, devido ao maior crescimento das plantas.

No entanto, considera-se que alterações nas características químicas do solo, na camada de 0–20 cm, foram intensas no terceiro ano quando comparadas ao período de implantação (Tabela 1) e, mesmo em relação ao primeiro ano (Tabela 3). Esse fato é justificado pela aplicação de doses mais elevadas do fertilizante nitrogenado e, ainda, tendo em vista que a uréia possui reação ácida, promovendo, portanto, aumento da acidez do solo.

Assim, o valor de pH determinado antes da implantação do experimento na camada de 0–20 cm, que foi de 5,4, diminuiu no terceiro ano de experimentação nas linhas de plantio à mesma profundidade para 4,4, com a aplicação da dose mais elevada (480 g por planta de N).

Houve diminuição, também, nas concentrações de K, Ca e Mg, na soma de bases e no índice de saturação por bases (Tabela 3). Quanto mais baixo o valor de pH, menor a concentração de K, Ca e Mg no solo e, conseqüentemente, menor a soma de bases e o índice de saturação por bases.

Nas entrelinhas, o valor de pH variou de 5,3 a 5,6 nas camadas amostradas (0–20, 20–40 e 40–60 cm), no segundo e terceiro anos de experimentação (Tabela 4). Assim, a aplicação do adubo nitrogenado foi responsável pela acidificação do solo, tendo em vista que a entrelinha não foi adubada e, portanto, o seu valor de pH se manteve próximo aos verificados nos locais do tratamento testemunha (dose zero de N) e bem superior ao da linha de plantio em qualquer das doses de N aplicadas.

Os parâmetros biológicos indicativos do crescimento das plantas – altura da planta, raio, volume da copa, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto – não apresentaram diferenças em consequência das doses de adubo nitrogenado aplicados no primeiro e segundo anos de experimentação. Estes resultados podem ser explicados, principalmente, pelo período relativamente curto de um experimento de campo, com uma frutífera perene em implantação.

No entanto, no terceiro ano experimental, houve efeito dos tratamentos sobre os parâmetros de crescimento (Figura 1). A fim de representar o comportamento dessas variáveis, do teor foliar de N, da leitura SPAD e da produção de frutos de acordo com as doses de N, utilizou-se o modelo quadrático e a proposição de nível crítico de Ulrich & Hills (1967). Segundo essa proposição existe uma zona de deficiência nutricional (teores inferiores ao nível crítico), na qual a planta tende a aumentar sua produção em consequência do fornecimento do nutriente. Por outro lado, quando o fornecimento é excessivo o aumento de produção cessa (Lei dos Incrementos Decrescentes), resultando em teores de nutrientes altos, sem resposta em termos de produção.

Tabela 4. Atributos químicos do solo, nas entrelinhas de plantio, nas camadas de 0–20, 20–40 e 40–60 cm de profundidade, em três anos de cultivo com caramboleiras, em Bonfim Paulista, SP.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P-resina (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	(H+Al) (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
1 ^o ano de cultivo										
0–20	5,2	33	24	3,6	63	20	25	86,6	111,6	78
20–40	5,3	18	21	3,1	50	25	22	78,1	100,1	78
40–60	5,3	13	24	2,4	44	19	20	65,4	85,4	77
2 ^o ano de cultivo										
0–20	5,3	32	38	6,1	54	17	34	77,1	111,1	69
20–40	5,4	29	23	3,9	43	10	31	56,9	87,9	65
40–60	5,3	26	27	3,8	50	11	34	64,8	98,8	66
3 ^o ano de cultivo										
0–20	5,4	26	39	9,0	61	15	31	84,0	115,0	73
20–40	5,5	22	24	4,2	62	13	31	79,2	110,2	72
40–60	5,6	19	20	3,8	58	13	22	74,8	96,8	77

Assim, com base na proposição de Ulrich & Hills (1967), que consideram a dose correspondente a 90% do valor máximo como de suficiência, verifica-se que

os melhores resultados da altura da planta, raio e volume da copa, estão associados à dose de 110 g por planta de N. Quanto aos melhores resultados para o

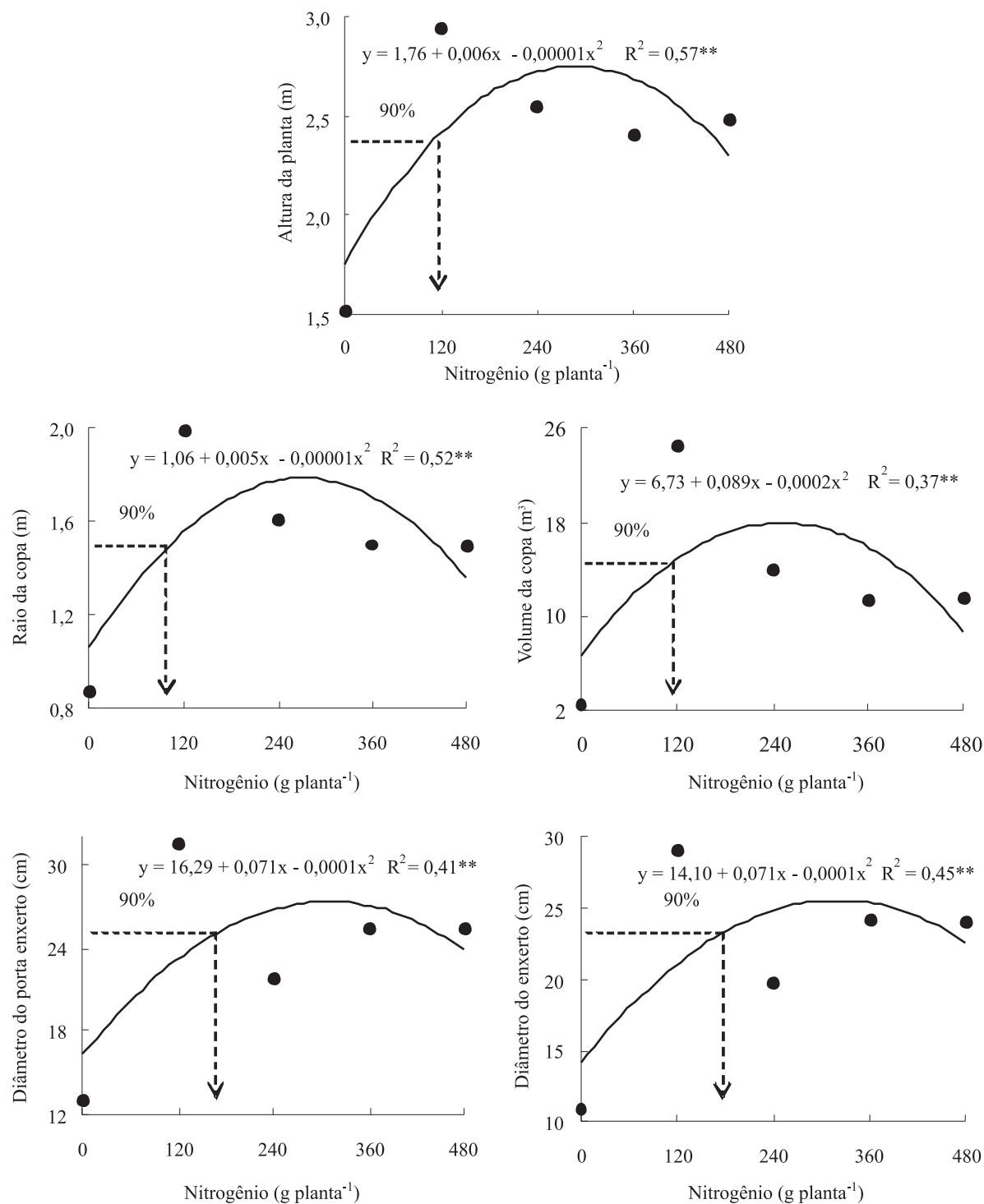


Figura 1. Avaliação, em dezembro de 2005, de parâmetros biológicos associados ao crescimento de caramboleiras em consequência da adubação nitrogenada, em Bonfim Paulista, SP.

diâmetro do porta-enxerto e do enxerto, foram alcançados com a dose de 180 g por planta (Figura 1), ou seja, doses próximas de 120 g por planta de N, o que indica que a menor dose aplicada (120 g por planta de N), foi suficiente para atender às necessidades da planta.

Com relação ao estado nutricional das plantas, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, que estiveram muito próximo dos teores verificados por Prado & Natale (2004), os quais avaliaram o efeito de doses de calcário sobre o estado nutricional de caramboleiras. Entretanto, houve efeito significativo dos tratamentos sobre o teor foliar de N. Plantas que não receberam o fertilizante nitrogenado apresentaram teor foliar de N inferior ao das plantas que receberam o adubo (Figura 2).

O nitrogênio está relacionado com a fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular. Também é parte integrante de todos os aminoácidos, os quais compõem as proteínas (Marschner, 1995). Portanto, quando ocorre carência desse elemento, os processos vitais da planta são afetados, como, por exemplo, a capacidade fotossintética. Com a diminuição da taxa fotossintética ocorre redução no crescimento, ausência de florescimento, o que afeta a produção. Assim, o nitrogênio é um dos nutrientes que promove maiores modificações morfo-fisiológicas na planta.

Entre as caramboleiras adubadas com nitrogênio, houve pouca variação do teor foliar de N, não existindo diferença significativa entre as doses (Figura 2). Isso indica que a menor dose utilizada, no terceiro ano de experimentação (120 g por planta de N), foi suficiente

para atender às exigências nutricionais da caramboleira nessa fase do desenvolvimento. Esses resultados são confirmados pelos melhores valores de altura das plantas, raio e volume da copa, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto.

Outro modo para avaliar o estado nutricional das plantas, particularmente em relação ao teor de nitrogênio presente nas folhas, é pelo uso do clorofilômetro, que determina indiretamente o teor de clorofila. Segundo Fontes et al. (1997), esse teor é estimado indiretamente pela intensidade da cor verde (unidades SPAD) medidas em clorofilômetros, e o uso dessas medidas para determinar o teor de nitrogênio tem sido muito empregado nos últimos anos. Resultados satisfatórios quanto à avaliação do estado nutricional em relação ao N, utilizando o clorofilômetro em diversas culturas, foram observados por Godoy et al. (2003), Silveira et al. (2003) e Aquino et al. (2006). Esses autores verificaram correlações positivas entre a leitura e as doses de N, bem como a leitura e os teores de N nas folhas.

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre as leituras e as plantas não adubadas apresentaram a menor leitura SPAD em relação àquelas que receberam o fertilizante nitrogenado. Observa-se, também, que houve aumento da leitura até a dose de 120 g por planta de N e, a partir dessa dose, a leitura foi estabilizada (Figura 2).

Na Figura 2, verifica-se que o valor da medida indireta do teor de clorofila foi de 56 unidades de SPAD, obtido na dose próxima de 120 g por planta de N. Observa-se que esse resultado foi similar ao obtido quando da regressão polinomial entre o teor foliar de N e as doses de nitrogênio (Figura 2), uma

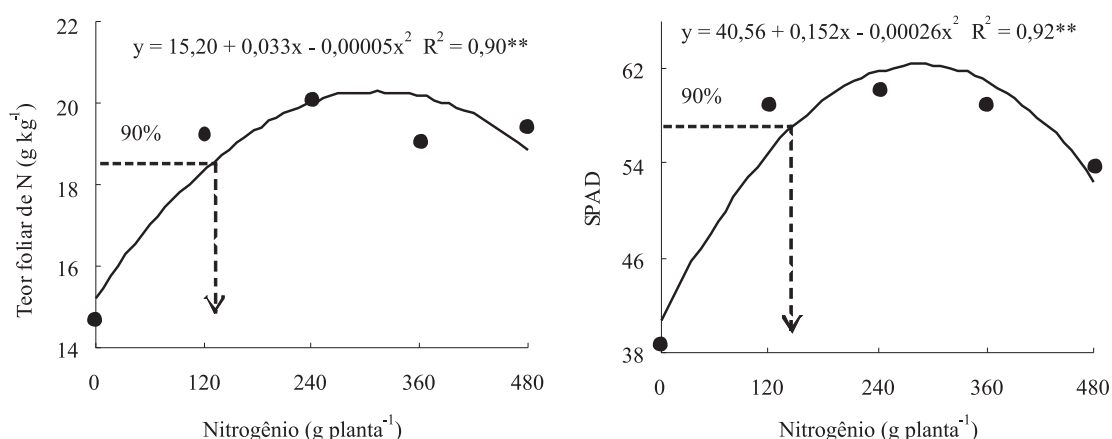


Figura 2. Efeito da adubação nitrogenada sobre o teor foliar de N e medida indireta do teor de clorofila em SPAD, no terceiro ano de experimentação, em Bonfim Paulista, SP.

vez que uma dose próxima a de 120 g por planta de N foi também suficiente para suprir as necessidades da caramboleira quanto à exigência em N.

Plantas não adubadas apresentaram o menor teor foliar de N, igual a 15 g kg⁻¹ e, conseqüentemente, a menor leitura (SPAD), que foi aproximadamente de 38 unidades de SPAD (Figura 2).

Ao se correlacionar o teor foliar de N e a medida indireta do teor de clorofila, construiu-se a Figura 3, obtendo-se excelente ajuste da equação ($r = 0,90$). Chapman & Barreto (1997) relataram que cerca de 50 a 70% do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos, e que o índice relativo ao teor de clorofila, geralmente, correlaciona-se bem com o teor de N nas folhas (Shaahan et al., 1999), podendo indicar deficiência de N nas plantas (Wood et al., 1998).

No primeiro e segundo anos de experimentação, não foi avaliada a produção de frutos da caramboleira, pois, as plantas não floresceram. O florescimento ocorreu apenas no início do terceiro ano de experimentação e somente as plantas que receberam o fertilizante nitrogenado emitiram flores, logo, produziram.

O nitrogênio possui função estrutural na planta, sendo fundamental para o crescimento vegetativo, estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, além de aumentar a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção (Bhella & Wilcox, 1986). É também necessário à síntese da clorofila e, por ser parte integrante dessa molécula, está envolvido no processo de fotossíntese.

Sendo assim, na falta de nitrogênio e, conseqüentemente, de clorofila, a planta não utiliza a luz do sol como fonte de energia para realizar algumas funções essenciais como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento, florescimento e produção de frutos.

Quanto à caramboleira, existem poucos relatos sobre os sintomas de deficiência ocasionados pela carência de nitrogênio. Entretanto, Donadio et al. (2001) verificaram que na carência de N ocorre clorose-amarelada generalizada tanto nas folhas novas como nas folhas velhas das caramboleiras, e, além disso, o crescimento da planta é paralisado.

A maior produção de frutos de carambola foi obtida com a dose de 120 g por planta de N (Figura 4). Este comportamento foi semelhante aos dados de crescimento da planta (Figura 1), do teor de N nas folhas e do valor SPAD (Figura 2). Assim, pode-se inferir que os melhores parâmetros de crescimento da caramboleira (altura, raio e volume da copa, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto), o teor foliar de N, a leitura SPAD e a produção estão associados a doses em um intervalo entre 110 e 180 g por planta de N.

A falta de uma ou mais doses de N no intervalo de 0 a 120 g por planta, no terceiro ano de formação do pomar, não permitiu uma definição sobre a melhor dose a ser recomendada, pois a menor dose utilizada (120 g por planta de N) já atingiu a produção máxima. Acima dessa dose, a produção apresentou tendência à estabilização e queda, típico de curvas de resposta à aplicação de nutrientes.

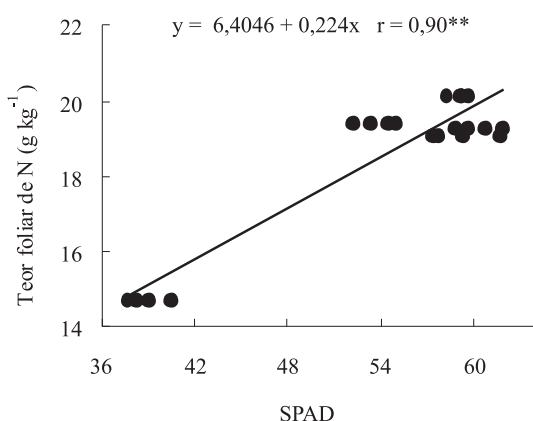


Figura 3. Correlação entre o teor foliar de nitrogênio e a medida indireta do teor de clorofila, em valores SPAD, determinados em caramboleiras, em Bonfim Paulista, SP.

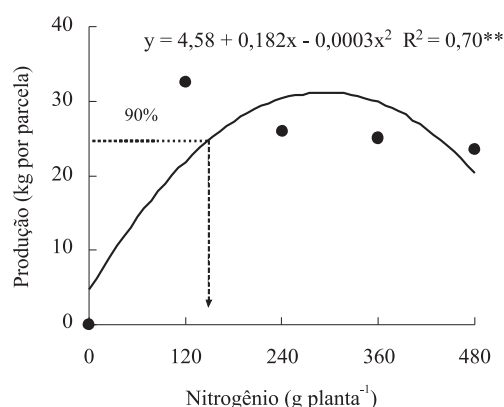


Figura 4. Produção de frutos de caramboleira de acordo com doses de N, no terceiro ano de experimentação, em Bonfim Paulista, SP.

Conclusões

1. No terceiro ano de formação do pomar, doses entre 110 e 180 g por planta de N proporcionam o melhor crescimento da caramboleira, o maior teor foliar de N, leitura SPAD e produção.

2. As caramboleiras sem adubação nitrogenada apresentam menor teor foliar de N, em relação às adubadas, e não floresceram até o terceiro ano de formação do pomar.

3. A adubação nitrogenada de formação, a partir do segundo ano de experimentação, promove diminuição significativa do pH, aumento da acidez potencial e diminuição das concentrações de potássio, cálcio e magnésio, soma de bases e saturação por bases do solo.

Agradecimentos

À Fapesp, pela bolsa e pelo financiamento.

Referências

- AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; LADEIRA, I.R.; CASTRO, M.R.S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.199-203, 2006.
- BASTOS, D.C.; MARTINS, A.B.G.; SCALOPPI JUNIOR, E.J.; SARZI, I.; FATINANSI, J.C. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.284-286, 2004.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BHELLA, M.; WILCOX, G.E. Yield and composition of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. *Hort Science*, v.21, p.86-88, 1986.
- BORGES, A.N.; CALDAS, R.C.; LIMA, A. de A.; ALMEIDA, I.E. de. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, p.208-213, 2002.
- CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*, v.89, p.557-562, 1997.
- DONADIO, L.C.; SILVA, J. A. A.; ARAÚJO, P. S. R. de; PRADO, R. de M. **Caramboleira** (*Averrhoa carambola* L.). Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 81p.
- FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; CONDE, R.M. Critical chlorophyll, total N, and NO₃⁻-N in leaves associated to maximum lettuce yield. *Journal of Plant Nutrition*, v.20, p.1061-1068, 1997.
- GODOY, L.J.C.; VILLAS BÔAS, R.L.; BULL, L.T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1049-1056, 2003.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.
- MARINHO, C.S.; OLIVEIRA, M.A.B.; MONNERAT, P.H.; VIANNI, R.; MALDONATO, J.F. Fontes e doses de nitrogênio e a qualidade dos frutos do mamoeiro. *Scientia Agricola*, v.58, p.345-348, 2001.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S.A.; PEDROSO, F.G. Nitrogen fertilization for rangpur lime (*Citrus limonia* (L.) Osb.) seedlings grown under screenhouse environment. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., 2001. Ribeirão Preto. **Proceedings**. Ribeirão Preto: EECB, 2001. p.263-265.
- MENDEL, K. Rootstock-scion relationship in Shamouti trees on light soil. *Ktavim*, v.6, p.35-60, 1956.
- PRADO, R.M.; NATALE, W. Leaf sampling in carambola trees. *Fruits*, v.59, p.261-269, 2004.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1996. 285p.
- SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIN, A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.91-99, 1999.
- SHAAHAN, M.M.; EL-SAYED, A.A.; ABOU EL-NOUR, E.A.A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status of perennial crops using a portable chlorophyll meter. *Science Horticulturae*, v.82, p.339-348, 1999.
- SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicadores das necessidades de adubação nitrogenada em cobertura do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1083-1087, 2003.
- TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, p.684-689, 2001.
- ULRICH, A.; HILLS, F.J. Principles and practices of plant analysis. In: HARDY, G.W. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society American, 1967. p.11-24. (Special Publication, 2).
- WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: a review. **Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand**, v.23, p.1-9, 1993.