

DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO

Comissão 3.1 - Fertilidade do solo e nutrição de plantas

NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DA NOGUEIRA-MACADÂMIA EM RAZÃO DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO MINERAL⁽¹⁾

Marcos José Perdoná⁽²⁾, Adriana Novais Martins⁽³⁾, Eduardo Suguino⁽⁴⁾, Sally Ferreira Blat⁽⁴⁾ & Rogério Peres Soratto⁽⁵⁾

RESUMO

A disponibilidade de nutrientes durante o ano pode influenciar o desempenho da noqueira-macadâmia (*Macadamia integrifolia*). Contudo, não existem informações sobre a resposta dessa cultura ao parcelamento da adubação nas condições brasileiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do parcelamento da adubação mineral na nutrição, produtividade e qualidade de frutos da noqueira-macadâmia. O experimento foi conduzido, durante três anos agrícolas, num Latossolo Vermelho, em Jaboticabal, SP. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições. O experimento foi constituído por quatro formas de parcelamento da adubação NPK (T1 - uma única aplicação, em outubro; T2 - duas aplicações, em outubro e dezembro; T3 - três aplicações, em outubro, dezembro e fevereiro; e T4 - quatro aplicações, em outubro, dezembro, fevereiro e abril). O parcelamento da adubação NPK proporcionou maiores teores de N nas folhas que a aplicação em dose única, mas não interferiu nos teores dos demais nutrientes. A produtividade da noqueira-macadâmia foi incrementada de forma similar com o parcelamento da adubação NPK em duas, três ou quatro vezes, entre outubro e abril, em comparação à aplicação única em outubro. A taxa de recuperação de amêndoas não foi interferida pelo parcelamento da adubação NPK.

Termos de indexação: *Macadamia integrifolia*, época de aplicação, nutrição mineral, taxa de recuperação.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 31 de janeiro de 2013 e aprovado em 27 de março de 2014.

⁽²⁾ Pesquisador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-APTA Regional Centro Oeste/SAA. Av. Rodrigues Alves, 40. CEP 17030-000 Bauru (SP). E-mail: marcos.perdona@yahoo.com.br

⁽³⁾ Pesquisador da APTA Regional Centro Oeste/SAA. Rua Andrade Neves, 81. CEP 17515-400 Marília (SP). E-mail: adrianamartins@apta.sp.gov.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da APTA Regional Centro Leste/SAA. Av. Bandeirantes, 2419. CEP 14030-670 Ribeirão Preto (SP). E-mail: esuguino@apta.sp.gov.br, sallyblat@hotmail.com

⁽⁵⁾ Professor Adjunto, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP. Caixa Postal 237. CEP 18610-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: soratto@fca.unesp.br

SUMMARY: NUTRITION AND YIELD OF MACADAMIA NUT TREE AS A RESULT OF SPLIT APPLICATION OF MINERAL FERTILIZER

Nutrient availability during the year can affect the performance of macadamia (Macadamia integrifolia). However, there is no information about this crop responses to split application of fertilizer under Brazilian conditions. The aim of this study was to evaluate the influence of splitting the application of chemical fertilizers on the nutrition, yield, and quality of nuts of the macadamia nut tree. The experiment was conducted over three growing seasons on an Oxisol in Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil. A randomized complete block design with five replications was used. The NPK fertilization treatments were T1 - a single application in October; T2 - two applications, in October and December; T3 - three applications in October, December, and February; and T4 - four applications, in October, December, February, and April. Split application of a chemical source of NPK fertilizer resulted in higher N concentration in the leaves than single application, but it did not affect the concentration of other nutrients. The nut yield was increased when NPK application was split into two, three, or four times from October to April, as compared to single application in October. The recovery rate of nut kernels was not affected by splitting the application of NPK fertilizer.

Index terms: Macadamia integrifolia, timing of application, mineral nutrition, recovery rate.

INTRODUÇÃO

A noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) é rica em óleos monoinsaturados benéficos à saúde humana, além de ser considerada por muitos a mais saborosa das nozes, o que a torna um produto de alto valor no mercado (Huett, 2004; Silva et al., 2007; Maro et al., 2012). Ela é muito apreciada no mercado internacional, mas ainda pouco conhecida pelo consumidor brasileiro. O Brasil é responsável por apenas 3 % da produção mundial (Pimentel et al., 2007). Contudo, o zoneamento agroclimático indica a disponibilidade de grandes áreas com aptidão para a expansão dessa cultura no país (Schneider et al., 2012). No Estado de São Paulo, a macadâmia já é a principal noqueira cultivada e ocupa uma área de aproximadamente 2.166 ha (Barbosa et al., 2003).

O cultivo dessa noqueira ocorre com maior frequência em regiões tradicionalmente cafeeiras, e o plantio consorciado entre essas espécies tem se evidenciado bastante vantajoso aos produtores (Pezzopane et al., 2010; Perdoná et al., 2012). A produtividade pode ser fortemente influenciada por variações nas condições climáticas, como a ocorrência de altas temperaturas ou déficits hídricos (São José, 1991). No Brasil, gira em torno de 12 kg/planta/ano, porém pode chegar a 35 kg. Para isso, são necessárias pesquisas na área de manejo da cultura, adaptando os tratamentos culturais e as adubações às necessidades das plantas, nas condições de cultivo brasileiras (Sobierajnski et al., 2006).

Produtores australianos aplicam doses de nitrogênio (N) acima das recomendadas pelos órgãos oficiais, por acreditarem que isso pode melhorar a retenção de frutos na fase inicial de desenvolvimento; porém, segundo Fletcher et al. (2010), tal correlação não existe. Para Stephenson & Cull (1986), o aumento

do teor de N foliar em dezembro/janeiro, fase de desenvolvimento dos frutos e acúmulo de óleo, contribuiu para elevar a produtividade; entretanto, em fevereiro/março, fase de maturação, apresentou efeito negativo. No Estado de São Paulo, Quaggio et al. (1997) recomendaram o parcelamento da adubação NPK em quatro vezes, ou em dose única para os dois últimos elementos.

Adubações, especialmente com N, em fases específicas, como na florada ou no “pegamento” dos frutos, podem ter grande influência na produtividade final da cultura (Stephenson & Cull, 1986; Stephenson & Gallagher, 1989b). As adubações poderiam estimular fluxos de vegetação provocando competição entre as partes reprodutivas e vegetativas das plantas, que terminariam por abortar os frutos, reduzindo a produtividade (Olesen, 2005; McFadyen et al., 2011). Stephenson & Gallagher (1989a) recomendaram o parcelamento das adubações nitrogenadas em 12 vezes durante o ano, para evitar a ocorrência excessiva de fluxos vegetativos. Entretanto, o parcelamento da adubação pode ainda interferir na qualidade dos frutos, aumentando as taxas de frutos pequenos não aproveitáveis ou influenciando a taxa de recuperação de amêndoas (Stephenson et al., 2000; 2002). Além disso, o parcelamento da adubação tem influência direta no custo de produção, principalmente em lavouras instaladas em áreas em declive, onde não é possível a mecanização, a operação manual se torna cara e dificultada pela reduzida disponibilidade de mão-de-obra.

Apesar da importância da noqueira-macadâmia, estudos científicos e informações técnicas são escassos e poucas instituições têm investido em pesquisas com essa cultura no Brasil (Dalastra et al., 2010). Embora existam algumas recomendações de parcelamento da adubação para a cultura na literatura brasileira, não há trabalhos publicados que fundamentam tais

proposições e é possível que o parcelamento das adubações influencie a quantidade e a qualidade das nozes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do parcelamento da adubação mineral na nutrição, produtividade e qualidade de frutos da noqueira-macadâmia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em propriedade particular, no município de Jaboticabal, SP (21° 08' S, 48° 11' W e 583 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estação seca, apresentando temperatura média anual de 23,2 °C e precipitação de 1.405 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho não férreo, eutrófico, textura média (Embrapa, 2006). Os dados climáticos registrados durante o desenvolvimento do experimento estão apresentados no quadro 1.

As plantas, da variedade HAES 344 (de origem havaiana), enxertadas sobre porta-enxerto Aloha, IAC 10-14, foram plantadas no ano de 1998, no espaçamento 8 × 6 m. Desde o plantio até o início do experimento, o manejo de adubações seguiu as recomendações de Quaggio et al. (1997), considerando produtividade esperada de até 5 Mg ha⁻¹, na fase de produção. No período em que se realizou o experimento, as plantas eram adultas, apresentavam bom vigor e produziram 14,0 kg/planta no ano anterior (colheita realizada de fevereiro a maio de 2008).

Em setembro de 2008, antes da instalação do experimento, foi realizada a coleta de solo na faixa de adubação, na camada de 0-20 cm de profundidade, para caracterização química da área experimental,

cujos resultados das análises químicas (Raij et al., 2001) indicaram: 5,4 de pH (CaCl₂); 16 g dm⁻³ de matéria orgânica; 11 mg dm⁻³ de P (extrator resina); 21 mg dm⁻³ de S-SO₄²⁻; saturação por bases de 58 %; e 2,6; 17,0; 6,0; e 43,0 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg e CTC, respectivamente. Na mesma época, foram coletadas folhas (Quaggio et al., 1997), cujos resultados das análises químicas (Malavolta et al., 1997) por kg de matéria seca foram: 14,2 g de N; 0,85 g de P; 8,6 g de K; 5,8 g de Ca; 0,77 g de Mg; 1,3 g de S; 11,6 mg de Cu; 81,9 mg de Fe; 331,1 mg de Mn; 20,2 mg de B; e 9,1 mg de Zn.

O experimento foi iniciado em outubro de 2008 e conduzido durante três anos agrícolas (2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011). O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Trabalhos preliminares não publicados demonstraram que doses anuais de 100 kg ha⁻¹ de N, 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O mantinham os teores foliares dentro das faixas consideradas adequadas por Stephenson & Cull (1986) e Quaggio et al. (1997) (Quadro 2). Assim, os tratamentos consistiram da aplicação de 500 kg ha⁻¹ da formulação 20-05-20 (N-P₂O₅-K₂O), em cada ano, correspondente a 2.400 g/planta/ano, parcelados das seguintes formas: T1 - uma única aplicação, no mês de outubro; T2 - duas aplicações, nos meses de outubro e dezembro; T3 - três aplicações, nos meses de outubro, dezembro e fevereiro; e T4 - quatro aplicações, nos meses de outubro, dezembro, fevereiro e abril. Cada unidade experimental foi composta por cinco plantas, sendo a área útil composta pelas três plantas centrais (144 m²).

As adubações efetuadas abrangeram as seguintes fases fenológicas da noqueira-macadâmia: outubro - início do ciclo vegetativo e do crescimento dos frutos (época de abortamento precoce); dezembro - crescimento dos frutos e do acúmulo de óleo; fevereiro

Quadro 1. Dados mensais de precipitação pluvial e temperatura média, no período de julho de 2008 a junho de 2011

Mês	Precipitação pluvial			Temperatura média		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2008/2009	2009/2010	2010/2011
	mm			°C		
Julho	0,0	25,5	0,0	20,3	21,0	21,5
Agosto	24,2	133,1	0,0	22,7	21,3	21,8
Setembro	15,1	131,5	141,9	22,5	23,6	24,2
Outubro	60,5	101,9	69,4	25,4	24,5	23,8
Novembro	81,8	163,3	100,1	25,5	26,6	24,9
Dezembro	278,9	383,7	225,3	25,1	25,2	26,0
Janeiro	238,0	240,7	260,1	24,8	25,6	26,0
Fevereiro	190,6	150,7	208,2	25,9	26,3	26,1
Março	217,9	183,0	496,0	25,6	25,7	24,1
Abril	70,8	95,5	92,3	23,3	23,2	23,8
Mai	26,6	10,6	7,0	21,9	20,6	20,8
Junho	51,9	7,8	29,7	18,6	19,7	19,0

Quadro 2. Faixas de teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), na folhas da noqueira-macadâmia, citados como adequados por diversos autores

Nutriente	Quaggio et al. (1997)	Reuter & Robinson (1997)	Huett & Vipany (2007)
N (g kg ⁻¹)	15-25	13-14	14-17 ⁽¹⁾
P (g kg ⁻¹)	1,0-3,0	0,8-1,1	0,7-1,0
K (g kg ⁻¹)	5-15	6,6-8,0	4,0-8,0
Ca (g kg ⁻¹)	5-10	6,5-9,0	6,0-9,0
Mg (g kg ⁻¹)	1,0-3,0	0,9-1,1	0,8-1,2
S (g kg ⁻¹)	1,0-2,5	1,7-2,5	1,5-2,1
B (mg kg ⁻¹)	25-50	50-80	40-80
Cu (mg kg ⁻¹)	6-12	5-10	5-10
Fe (mg kg ⁻¹)	25-200	20-200	30-100
Mn (mg kg ⁻¹)	100-400	100-1000	250-1850
Zn (mg kg ⁻¹)	15-50	15-50	6-15

⁽¹⁾Para o cultivar HAES 344, os autores citaram como adequado 16-20 g kg⁻¹.

- maturação dos frutos; e abril - intumescimento das gemas reprodutivas (Sobierajnski et al., 2007; Scheneider et al., 2012).

Os fertilizantes foram distribuídos uniformemente sob a copa das plantas. Além disso, foram efetuadas três pulverizações em cada ano agrícola (outubro, dezembro e fevereiro) com 1,8 kg ha⁻¹ de N (ureia), 1,2 kg ha⁻¹ de Cu (oxicloreto de cobre), 0,48 kg ha⁻¹ de Zn (sulfato de zinco) e 0,2 kg ha⁻¹ de B (ácido bórico). O controle de plantas daninhas foi realizado com três roçadas mecanizadas nas entrelinhas e uma aplicação do herbicida glifosato (720 g ha⁻¹ do i.a.), em área total para o preparo da colheita, em cada ano agrícola.

Nos meses de setembro de cada ano (2009, 2010 e 2011), foram coletadas folhas (terceira folha madura) de ramos do terço médio das plantas, nas quatro posições cardeais, totalizando 100 folhas por parcela (Stephenson et al., 1997; Quaggio et al., 1997). Assim, os resultados das análises foliares efetuada nesses meses refletiram as adubações realizadas entre os meses de outubro a abril do ano agrícola anterior. Depois de lavadas com água destilada, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60-70 °C e, posteriormente, moídas para análise do teor dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), como descrito por Malavolta et al. (1997).

Os frutos maduros caídos sobre o solo foram coletados entre os meses de fevereiro a maio de cada ano. Após a remoção dos carpelos, as nozes foram secas à sombra até atingirem teor de água entre 10 e 11 % e pesadas, para determinação da produtividade de nozes por planta (casca + amêndoa). Também foram determinados o número de nozes por planta, a massa média de uma noz (pesando uma amostra de 100 nozes por parcela), a massa média de uma amêndoa (mediante a quebra, limpeza e pesagem das amêndoas, de uma amostra de 100 nozes por parcela), a taxa de recuperação de amêndoas (determinando-se a porcentagem de amêndoa em relação à massa total

da noz) e a produtividade de amêndoas por planta (mediante a multiplicação da produção de nozes pela taxa de recuperação, dividido por 100).

Os dados das três safras foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAS (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parcelamento da adubação promoveu aumento no teor de N das folhas da noqueira-macadâmia, em relação à aplicação em dose única, porém com efeito significativo apenas na primeira safra e na média das três safras (Quadro 3). Na média das safras, parcelamentos em três ou quatro aplicações não diferiram entre si, mas distinguiram da aplicação única (outubro), e o parcelamento em duas vezes produziu valores intermediários. Destaca-se também que apenas nos tratamentos em que a adubação foi parcelada, os teores de N nas folhas foram maiores que aquele (14,2 g kg⁻¹) observado em setembro de 2008, ou seja, antes do início da aplicação dos tratamentos. O parcelamento da adubação provavelmente contribuiu para diminuir as perdas de N por lixiviação durante o período chuvoso (Quadro 1) e possibilitou maior disponibilidade do nutriente às plantas, durante o período que precedeu a amostragem de folhas (setembro). Perdoná et al. (2013) verificaram incremento no teor de N nas folhas de noqueira-macadâmia com aumento das doses de N, fracionada em três aplicações, nos meses de outubro, dezembro e fevereiro de cada ano.

Os teores foliares de N obtidos foram semelhantes aos das amostras de folhas, também coletadas na primavera (outubro) por Stephenson et al. (1997), os quais encontraram valores de 15,8; 15,3; 15,0; 15,0; e 15,4 g kg⁻¹, quando a adubação foi aplicada em uma

(abril), duas (abril e junho), três (abril, junho e novembro), quatro (abril, junho, novembro e janeiro), ou em 12 vezes, respectivamente. Os valores apurados neste trabalho encontraram-se nos limites inferiores da faixa proposta por Quaggio et al. (1997), acima dos níveis considerados adequados para Reuter & Robinson (1997) e dentro da faixa proposta por Huett & Vipany (2007) (Quadro 2).

Não houve variação no teor de P nas folhas com o parcelamento das adubações, e os valores médios ficaram entre 0,94 e 1,02 g kg⁻¹ (Quadro 4). Mesmo com os baixos teores de P disponível no solo, os teores foliares de P ficaram dentro das faixas ideais propostas por Reuter & Robinson (1997) e Huett & Vipany (2007) (Quadro 2), o que pode ser explicado pelo fato da noqueira-macadâmia pertencer à família Proteácea, conhecida pela alta eficiência de absorção de P, mesmo

em solos pobres nesse nutriente, em razão do desenvolvimento de raízes proteoides (Lambers et al., 2008). Porém, na maioria das vezes, os valores encontrados ainda ficaram abaixo da faixa proposta como adequada por Quaggio et al. (1997). Com valores abaixo dos verificados nesse trabalho, Stephenson et al. (2000) obtiveram a máxima produção aplicando 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando os teores na folha ficaram entre 0,5 e 0,7 g kg⁻¹. O teor de K nas folhas também não foi influenciado pelo parcelamento das adubações, e os valores obtidos ficaram dentro das faixas propostas como adequadas (Quadros 2 e 4). Esses resultados corroboraram as recomendações de Quaggio et al. (1997), que sugeriram que o P e o K podem ser aplicados em dose única, no início do ciclo vegetativo, ou parcelados juntamente com as aplicações de N, por ocasião do uso de formulações NPK.

O parcelamento da adubação NPK não interferiu nos teores dos nutrientes Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas da noqueira-macadâmia (Quadro 4). Os teores de Ca e S estavam dentro da faixa considerada adequada por Quaggio et al. (1997), mas abaixo das citadas por Reuter & Robinson (1997) e Huett & Vipany (2007) (Quadro 2). Os teores de Mg ficaram abaixo dos valores mínimos propostos por todos os autores (Quaggio et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997; Huett & Vipany, 2007), o que pode estar relacionado à competição exercida pelo K na sua absorção e transporte, uma vez que o teor de Mg no solo era considerado médio (Raij et al., 1997). Os teores de S estavam dentro da faixa considerada adequada por Quaggio et al. (1997), porém abaixo das demais (Reuter & Robinson, 1997; Huett & Vipany, 2007), mesmo com elevada disponibilidade do nutriente no solo. Dentre os micronutrientes fornecidos via adubação foliar, os teores de B estavam dentro da faixa considerada adequada por Quaggio et al. (1997); no entanto, abaixo das citadas por Reuter & Robinson

Quadro 3. Teores de N nas folhas da noqueira-macadâmia em razão do parcelamento da adubação NPK de cobertura

Parcelamento da adubação NPK ⁽¹⁾	Safrá			Média
	2009	2010	2011	
T1	13,0 b	15,4 a	15,2 a	14,5 b
T2	15,7 a	15,4 a	15,0 a	15,4 ab
T3	16,4 a	16,2 a	15,2 a	15,9 a
T4	15,7 a	16,4 a	15,7 a	15,9 a
CV (%)	7,1	5,3	8,3	8,5

⁽¹⁾ Parcelamento da dose de 500 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O 20-05-20, em cada ano: T1 - uma única aplicação, em outubro; T2 - duas aplicações, em outubro e dezembro; T3 - três aplicações, em outubro, dezembro e fevereiro; e T4 - quatro aplicações, em outubro, dezembro, fevereiro e abril. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 %.

Quadro 4. Teores de nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas folhas da noqueira-macadâmia em razão do parcelamento da adubação NPK de cobertura. Média de três safras

Nutriente	Parcelamento da adubação NPK ⁽¹⁾				CV
	T1	T2	T3	T4	
					%
P (g kg ⁻¹)	0,94 a	0,95 a	0,96 a	1,02 a	6,0
K (g kg ⁻¹)	7,1 a	7,0 a	7,5 a	7,4 a	5,7
Ca (g kg ⁻¹)	6,4 a	6,0 a	6,3 a	6,3 a	6,2
Mg (g kg ⁻¹)	0,80 a	0,75 a	0,78 a	0,75 a	4,9
S (g kg ⁻¹)	1,31 a	1,32 a	1,34 a	1,32 a	6,4
B (mg kg ⁻¹)	25,3 a	28,5 a	26,3 a	27,4 a	10,9
Cu (mg kg ⁻¹)	13,2 a	13,3 a	13,7 a	11,9 a	23,7
Fe (mg kg ⁻¹)	95,8 a	88,0 a	95,4 a	93,7 a	8,3
Mn (mg kg ⁻¹)	546 a	519 a	428 a	624 a	22,1
Zn (mg kg ⁻¹)	9,9 a	10,7 a	9,7 a	11,4 a	11,8

⁽¹⁾ Parcelamento da dose de 500 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O 20-05-20, em cada ano: T1 - uma única aplicação, em outubro; T2 - duas aplicações, em outubro e dezembro; T3 - três aplicações, em outubro, dezembro e fevereiro; e T4 - quatro aplicações, em outubro, dezembro, fevereiro e abril. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 %.

(1997) e Huett & Vipany (2007). Stephenson & Gallagher (1987) verificaram aumento na produtividade da noqueira-macadâmia quando o teor de B foliar passou de 30 para 65 mg kg⁻¹, indicando que os valores tidos como adequados no Brasil podem estar subestimados. Os teores de Cu nas folhas encontravam-se acima das faixas propostas pelos diversos autores como adequadas (Quadro 2 e 4). Os teores de Mn estiveram dentro das faixas consideradas adequadas por Reuter & Robinson (1997) e Huett & Vipany (2007), mas acima dos limites propostos por Quaggio et al. (1997). Já os teores de Zn estiveram abaixo das faixas sugeridas por Quaggio et al. (1997) e Reuter & Robinson (1997), mas dentro daquela proposta como adequada por Huett & Vipany (2007).

O número de nozes por planta foi incrementado pelo parcelamento da adubação NPK, quando comparado com o tratamento sem parcelamento, em todas as safras avaliadas (Quadro 5). Não houve diferença no número de nozes produzidas entre os tratamentos, em que a adubação foi parcelada em duas, três ou quatro aplicações. Os frutos novos não são drenos fortes de fotoassimilados até oito semanas, e o crescimento vegetativo nessa fase, estimulado pela adubação especialmente com N, pode estabelecer competição por carboidratos, provocando a queda de frutos (McFadyen et al., 2011). Assim, a adubação concentrada no mês de outubro, ou seja, período de início do ciclo vegetativo e do crescimento dos frutos (Sobierajnski et al., 2007; Scheneider et al., 2012), levou à produção de menor número de nozes por planta, quando comparada com os tratamentos em que a adubação NPK foi parcela.

No tratamento sem parcelamento da adubação, o teor de N nas folhas ficou abaixo da faixa adequada proposta por Quaggio et al. (1997). Provavelmente, a concentração da adubação em uma única dose, no mês de outubro, levou a uma absorção excessiva no início do ciclo vegetativo e crescimento dos frutos e também favoreceu a lixiviação do N, o que tornou o elemento menos disponível à planta durante o restante do ano, apresentando a menor absorção no período que precedeu a coleta de folhas. Stephenson & Gallagher (1989b) observaram floradas mais abundantes quando aplicaram 690 g/planta de N em abril e junho, elevando o teor do elemento na época da floração, quando comparadas às adubações de novembro e janeiro. Na média das safras, houve correlação positiva ($r = 0,64^{**}$) entre o teor de N na folha e o número de nozes por planta, semelhante ao verificado por Perdoná et al. (2013), os quais avaliaram a influência de doses de N na nutrição da noqueira-macadâmia. Portanto, é necessário que a planta mantenha bons níveis de N nas folhas durante o ano e, principalmente, na época da florada (junho a agosto), para se obterem maiores produtividades. Contudo, é também provável que altas doses de N, aplicadas na fase de “pegamento” dos frutos (outubro), possam provocar queda precoce desses, acarretando diminuição da produção.

Ressalta-se que a baixa precipitação pluvial ocorrida nos meses que precederam e no mês do florescimento (agosto), no ano agrícola 2010/11 (Quadro 1), provocou a seca de muitas flores e o abortamento de frutos jovens, reduzindo o número de nozes por planta na safra 2011 (Quadro 5).

Embora o N seja necessário para atender a demanda de fotoassimilados dos frutos (Stephenson & Cull, 1986), e o parcelamento da adubação NPK torne disponíveis esses elementos à planta na fase de acúmulo de óleo (Stephenson et al., 1997), a massa média da noz não foi influenciada pelo parcelamento da adubação (Quadro 5). Isso ocorreu porque o N absorvido pelas raízes durante o período vegetativo foi carregado, principalmente para as folhas jovens e maduras da parte externa da copa, que na primavera seguinte se tornaram fontes de N para flores e frutos (Fletcher et al., 2010). Portanto, o desenvolvimento reprodutivo faz uso de carboidratos de reservas, enquanto o crescimento vegetativo do N absorvido do solo (Stephenson et al., 1989).

A produção média de nozes seguiu a mesma tendência do número de nozes por planta, sendo maior com o parcelamento da adubação (Quadro 5). Houve correlação positiva ($r = 0,65^{**}$) entre a produção de nozes e o teor de N nas folhas, na média dos anos, indicando que os tratamentos com parcelamento da adubação apresentaram reflexos positivos na produção de nozes. O fornecimento parcelado do N evita o estímulo a fluxos vegetativos intensos, mas mantém suficientes níveis de N e reservas de carboidratos para sustentar os frutos (Stephenson & Gallagher, 1989a). Huett & Vipany (2007) observaram melhores produções quando os teores de N nas folhas estavam entre 14 e 17 g kg⁻¹ e ampliaram a faixa adequada do nutriente para a variedade HAES 344, com valores entre 16 e 20 g kg⁻¹ (Quadro 2). Contudo, neste trabalho, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, independentemente do parcelamento adotado, os teores foliares do nutriente (Quadro 3) não atingiram os níveis propostos por Huett & Vipany (2007), dando indícios que doses maiores podem refletir em maiores produtividades. Entretanto, Stephenson et al. (1997) obtiveram maiores teores de N nas folhas quando fizeram adubações em dose única no mês de abril, comparadas com adubações parceladas (duas, três, quatro e 12 vezes), em que encontraram correlação negativa entre produtividade e teor de N nas folhas, e alcançaram as maiores produções quando os teores de N nas folhas estavam próximos de 12 g kg⁻¹. Stephenson et al. (2000) não encontraram correlação entre o parcelamento da adubação (uma a quatro aplicações) e a produtividade de nozes. Stephenson et al. (2002) verificaram aumento na quantidade de nozes com diâmetros inferiores ao comercial, quando aplicaram N em dose única em outubro, em comparação às plantas que não receberam N, embora não tenham havido diferenças na produção final.

Na safra 2009, a massa média da amêndoa foi diminuída com o parcelamento da adubação NPK

em maior número de aplicações (Quadro 5); e os menores valores foram proporcionados pelos tratamentos que receberam adubação em fevereiro e abril (T3 e T4). Isso demonstrou que pode existir algum efeito da disponibilidade, especialmente de N, sobre a qualidade da noz; porém, o efeito não se manteve nos anos seguintes. Stephenson & Cull

(1986) verificaram que maiores teores de N foliar em dezembro/janeiro aumentaram em 5,7%; entretanto, em fevereiro/março provocaram decréscimo de 5,3% na produtividade da noqueira-macadâmia. Entretanto, neste trabalho não houve correlação entre o teor de N nas folhas e a massa média da noz ou da amêndoa.

Quadro 5. Número médio de nozes por planta, massa média da noz, produção de nozes, massa média da amêndoa, taxa de recuperação e produção de amêndoas da noqueira-macadâmia, em razão do parcelamento da adubação NPK de cobertura

Parcelamento da adubação NPK ⁽¹⁾	Safrá			Média
	2009	2010	2011	
	Número de nozes/planta			
T1	2.330 b	2.106 b	989 b	1.808 b
T2	3.184 a	3.557 a	1.448 a	2.729 a
T3	3.345 a	3.329 a	1.494 a	2.723 a
T4	2.919 a	3.382 a	1.483 a	2.595 a
CV (%)	14,2	16,7	21,3	10,7
	Massa média da noz (g)			
T1	7,8 a	7,9 a	7,7 a	7,8 a
T2	7,9 a	7,4 a	7,8 a	7,7 a
T3	7,5 a	7,7 a	7,9 a	7,7 a
T4	7,7 a	7,8 a	7,8 a	7,8 a
CV (%)	4,45	4,8	3,7	1,62
	Produção de nozes (kg/planta)			
T1	18,1 b	16,5 b	7,6 b	14,1 b
T2	25,1 a	26,4 a	11,3 ab	20,9 a
T3	25,2 a	25,6 a	11,7 a	20,8 a
T4	22,4 ab	26,1 a	11,6 a	20,1 a
CV (%)	14,9	15,9	20,1	10,9
	Massa média da amêndoa (g)			
T1	2,2 a	2,1 a	2,0 a	2,1 a
T2	2,2 a	2,0 a	2,1 a	2,1 a
T3	1,9 b	2,1 a	2,1 a	2,0 a
T4	2,0 ab	2,1 a	2,1 a	2,1 a
CV (%)	6,6	5,9	5,7	2,9
	Taxa de recuperação (%)			
T1	28,0 a	26,5 a	26,5 a	27,0 a
T2	27,4 a	27,1 a	27,1 a	27,2 a
T3	25,3 a	27,4 a	27,0 a	26,6 a
T4	25,8 a	26,8 a	26,9 a	26,5 a
CV (%)	6,3	5,6	5,1	2,9
	Produção de amêndoas (kg/planta)			
T1	5,1 b	4,4 b	2,0 b	3,8 b
T2	6,8 a	7,1 a	3,1 ab	5,7 a
T3	6,4 ab	7,0 a	3,2 a	5,5 a
T4	5,8 ab	7,0 a	3,1 ab	5,3 a
CV (%)	14,7	15,4	21,9	9,7

⁽¹⁾ Parcelamento da dose de 500 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O 20-05-20, em cada ano: T1 - uma única aplicação, em outubro; T2 - duas aplicações, em outubro e dezembro; T3 - três aplicações, em outubro, dezembro e fevereiro; e T4 - quatro aplicações, em outubro, dezembro, fevereiro. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5%.

A taxa de recuperação não sofreu influência do parcelamento da adubação NPK (Quadro 5). Os resultados são semelhantes aos obtidos por Stephenson et al. (2000), os quais também não verificaram relação entre o parcelamento da adubação e a taxa de recuperação das amêndoas em seus experimentos na Austrália. A taxa de recuperação de amêndoas é a relação entre a massa da amêndoa e a da noz e, embora essas possam ser influenciadas por fatores externos, ambas estão relacionadas principalmente a fatores genéticos das plantas, apresentando grandes variações somente sob condições extremas.

Embora as indústrias paguem ágios por lotes com maiores taxas de recuperação, pois isso melhora o rendimento do processamento (Perdoná et al., 2012), para apurar sua renda, o que importa ao produtor é a quantidade de amêndoas produzidas. A produção de amêndoas foi incrementada com o parcelamento da adubação NPK, não havendo diferença entre o número de adubações realizadas, ou seja, duas, três ou quatro aplicações (Quadro 5). Na média dos anos, o parcelamento da adubação aumentou a produção de amêndoas em 44,7 %, quando comparado ao tratamento sem parcelamento. Houve correlação positiva ($r = 0,65^{**}$) entre o teor de N nas folhas e a produção de amêndoas, na média dos anos, o que demonstrou que baixos níveis de N nas folhas, no período da primavera, limitaram a produtividade da cultura.

Uma vez que os teores de N nas folhas sofrem poucas alterações em relação às épocas em que se realizam as adubações (Stephenson & Gallagher, 1989b) e que o crescimento reprodutivo faz uso de carboidratos de reservas e não do N absorvido diretamente do solo (Stephenson et al., 1989), dificilmente consegue-se estabelecer relações entre as épocas de aplicação de N e a produtividade das lavouras de noqueira-macadâmia. Entretanto, os resultados deste trabalho evidenciaram a importância da manutenção de teores de N mais elevados por ocasião da época de florescimento para se obterem maiores produtividades (Quadros 3 e 5).

De maneira geral, as faixas que mais se adequaram aos teores de nutrientes nas folhas, obtidos neste experimento, foram aquelas propostas por Huett & Vipany (2007). Os teores obtidos de N, P, Mg, Mn e Zn não foram abrangidos pelas faixas adequadas sugeridas por Quaggio et al. (1997), indicando a necessidade da reavaliação das mesmas.

CONCLUSÕES

1. O parcelamento da adubação NPK proporcionou maiores teores de N nas folhas da noqueira-macadâmia que a aplicação em dose única, mas não interferiu nos teores dos demais nutrientes.

2. A produtividade da noqueira-macadâmia foi incrementada de forma similar com o parcelamento da adubação NPK em duas, três ou quatro vezes, entre outubro e abril, em comparação à aplicação única em outubro.

3. A qualidade das nozes, representada pela taxa de recuperação de amêndoas, não foi influenciada pelo parcelamento da adubação NPK.

AGRADECIMENTO

Ao saudoso Dr. Aleudo Coelho Santana, *in memoriam*, por ter colaborado para realização deste experimento, cedendo a área e disponibilizando a mão-de-obra.

LITERATURA CITADA

- BARBOSA, W.; POMMER, C.V.; RIBEIRO, M.D.; VEIGA, R.F.A. & COSTA, A.A. Distribuição geográfica e diversidade varietal de frutíferas e nozes de clima temperado no Estado de São Paulo. R. Bras. Frutic., 25: 341-344, 2003.
- DALASTRA, I.M.; PIO, R.; ENTELMANN, F.A.; WERLE, T.; ULIANA, M.B. & SCARPARE FILHO, J.A. Germinação de sementes de noqueira-macadâmia submetidas à incisão e imersão em ácido giberélico. Ci. Agrotec., 34:641-645, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FLETCHER, A.; RENNENBERG, H. & SCHMIDT, S. Nitrogen partitioning in orchard-grown *Macadamia integrifolia*. Tree Physiol., 30:244-256, 2010.
- HUETT, D.O. & VIPANY, I. Revised diagnostic leaf nutrient standards for macadamia growing in Australia. Aust. J. Exp. Agric., 47:869-876, 2007.
- HUETT, D.O. Macadamia physiology review: A canopy light response study and literature review. Aust. J. Agric. Res., 55:609-624, 2004.
- LAMBERS, H.; CORVO, J.A.; SHAVER, G.R. & SMITH, S.E. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. Trends Ecol. Evol., 23:95-103, 2008.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., eds. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- MARO, L.A.C.; PIO, R.; PENONI, E.S.; OLIVEIRA, M.C.; PRATES, F.C.; LIMA, L.C.O. & CARDOSO, M.G. Caracterização química e perfil de ácidos graxos em cultivares de noqueira-macadâmia. Ci. Rural, 42:2166-2171, 2012.

- McFADYEN, L.M.; ROBERTSON, D.; SEDGLEY, M.; KRISTIANSEN, P. & OLESEN, T. Post-pruning shoot growth increases fruit abscission and reduces stem carbohydrates and yield in macadamia. *Annals Bot.*, 107:993-1001, 2011.
- OLESEN, T. The timing of fluxing development affects the flowering of avocado (*Persea americana*) and macadamia (*Macadamia integrifolia x tetrapylla*). *Aust. J. Agric. Res.*, 56:723-729, 2005.
- PERDONÁ, M.J.; MARTINS, A.N.; SUGUINO, E. & SORATTO, R.P. Crescimento e produtividade de noqueira-macadâmia em consórcio com cafeeiro arábica irrigado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 47:1613-1620, 2012.
- PERDONÁ, M.J.; MARTINS, A.N.; SUGUINO, E. & SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade da noqueira-macadâmia em função de doses de nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 48:395-402, 2013.
- PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M. & PEZZOPANE, J.E.M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. *Ci. Rural*, 40:1257-1263, 2010.
- PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, V.A. & BRUCKNER, C.H. Estudo de viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia no Brasil. *R. Bras. Frutic.*, 29:500-507, 2007.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.van & PIZA JUNIOR, C.T. Frutíferas. In: RAIJ, B.van; QUAGGIO, A.J.; CANTARELLA, H. & FURLANI, A.M.C., orgs. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1997. p.121-153. (Boletim Técnico, 100)
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. & ABREU, C.A. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1997. p.8-13. (Boletim Técnico, 100)
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. *Plant analysis: An interpretation manual*. 2.ed. Melbourne, CSIRO Publishing, 1997. 572p.
- SÃO JOSÉ, A.R. *Macadâmia: Tecnologia de produção e comercialização*. Vitória da Conquista, DFZ-UESB, 1991. 224p.
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT 2003: User's guide: Statistics version 9.1*. Cary, 2003. CD-ROM
- SCHNEIDER, L.M.; ROLIM, G.S.; SOBIERAJSKI, G.R.; PRELA-PANTANO, A. & PERDONÁ, M.J. Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil. *R. Bras. Frutic.*, 34:515-524, 2012.
- SILVA, F.A.; MAXIMO, G.J.; MARSALIO JR., A. & SILVA, M.A.A.P. Impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de amêndoas de noz macadâmia. *Ci. Tecnol. Alim.*, 27: 553-561, 2007.
- SOBIERAJSKI, G.R.; BARBOSA, W.; BETTIOL NETO, J.E.; CHAGAS, E.A. & CAMPO-DALL'ORTO, F.A. Caracterização dos estágios fenológicos em sete cultivares e seleções de noqueira-macadâmia. *R. Bras. Frutic.*, 29:690-694, 2007.
- SOBIERAJSKI, G.R.; FRANCISCO, V.L.F.S.; ROCHA, P.; GHILARDI, A.A. & MAIA, M.L. Noz-macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. *Inf. Econ.*, 36:25-36, 2006.
- STEPHENSON, R.A. & CULL, B.W. Standard leaf nutrient levels for bearing macadamia trees in southeast Queensland. *Sci. Hortic.*, 30:73-82, 1986.
- STEPHENSON, R.A. & GALLAGHER, E.C. Effects of foliar boron sprays on yield and quality of macadamia nuts. *Sci. Hortic.*, 32:97-103, 1987.
- STEPHENSON, R.A. & GALLAGHER, E.C. Timing of nitrogen application to macadamias 1. Tree nitrogen status and vegetative growth. *Aust. J. Exp. Agric.*, 29:569-585, 1989a.
- STEPHENSON, R.A. & GALLAGHER, E.C. Timing of nitrogen application to macadamias 3. Reproductive growth, yield and quality. *Aust. J. Exp. Agric.*, 29:569-585, 1989b.
- STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C. & DOOGAN, V.J. Leaf nitrogen as a guide for fertilizing macadamia. *Aust. J. Exp. Agric.*, 37:599-604, 1997.
- STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C. & GOGEL, B.J. Macadamia nut size and maturity influenced by lime and nitrogen applications. *Aust. J. Exp. Agric.*, 53:677-680, 2002.
- STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C.; DOOGAN, V.J. & MAYER, D.G. Nitrogen and environmental factors influencing macadamia quality. *Aust. J. Exp. Agric.*, 40:1145-1150, 2000.
- STEPHENSON, R.A.; RASMUSSEN, T.S. & GALLAGHER, E.C. Timing of nitrogen application to macadamias 2. Storage carbohydrates. *Aust. J. Exp. Agric.*, 29:575-579, 1989.