

ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELO ALGODOEIRO COM A APLICAÇÃO PARCELADA DE FÓSFORO

NUTRIENTS ACCUMULATION AND EXPORTATION BY COTTON PLANT WITH PHOSPHORUS SPLIT APPLICATION

Leonardo Angelo de AQUINO¹; Paulo Geraldo BERGER²; Júlio César Lima NEVES³; Rosiane Filomena Batista Almeida de AQUINO⁴

1. Professor, Doutor, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil. leonardo.aquino@ufv.br; 2. Professor, Doutor, Departamento de Fitotecnia - UFV, Viçosa, MG, Brasil; 3. Professor, Doutor, Departamento de Solos - UFV, Viçosa, MG, Brasil; 4. Estudante de Agronomia - UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil.

RESUMO: A interação entre o fósforo (P) e constituintes do solo pode dificultar a correção da carência do mesmo. Objetivou-se estudar o efeito da aplicação parcelada e de fonte de P em cobertura sobre o acúmulo, a exportação de nutrientes e a produtividade do algodoeiro irrigado em Neossolo Quartzarênico. O experimento foi conduzido na região Norte de Minas Gerais entre 11/2008 e 04/2009. Os tratamentos constaram de seis formas de aplicação da dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ mais um tratamento sem P. As formas de aplicação foram: tradicional e parceladas. Nessas, aplicaram-se, em semeadura e em cobertura aos 35 dias após a emergência (DAE), respectivamente: 80% + 20%, 60% + 40% e 40% + 60% da dose de P₂O₅ via superfosfato triplo granulado. Avaliou-se ainda a aplicação de 60% da dose de P via superfosfato triplo granulado em semeadura e 40% em cobertura via monoamônio fosfato ou via superfosfato triplo em pó. Aos 50 DAE o conteúdo de P foi maior com as aplicações parceladas: 60% da dose em semeadura e 40% em cobertura via monoamônio fosfato ou 40% da dose em semeadura e 60% em cobertura via superfosfato triplo granulado. A aplicação parcelada de fósforo não afetou o acúmulo de nutrientes aos 80 DAE e exportação de nutrientes pelo algodoeiro em comparação a aplicação tradicional em semeadura. O parcelamento da adubação fosfatada não aumentou a produtividade de algodão em caroço, sendo essa reduzida quando se aplicou 40% da dose em semeadura e 60% em cobertura via superfosfato triplo granulado.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L. Cobertura. Conteúdo mineral.

INTRODUÇÃO

A carência de fósforo (P) no solo para o cultivo do algodoeiro pode comprometer o sucesso da atividade, se medidas adequadas de correção da deficiência do elemento não forem tomadas. Em condições ácidas, comuns nos solos brasileiros, o P no solo torna-se indisponível às plantas, pela rápida formação de complexos insolúveis com cátions, especialmente Al e Fe (BASTOS et al., 2008).

A formação de P não lábil a partir do P lábil é muito rápida e de reversibilidade pequena ou inexistente no curto prazo (NOVAIS; SMYTH, 1999). Gonçalves et al. (1985) aplicaram 50 mg kg⁻¹ de P em solos de diferentes classes e texturas, pobres em P, e demonstraram que, em média, após 192 h de contato do P com o solo, mais de 90% do P aplicado foi adsorvido.

Para reduzir fixação do P aplicado via fertilizantes ao solo, uma das opções é aumentar a concentração do nutriente em volume restrito do solo (localização). Desta forma, reduz-se o volume total de solo fertilizado em contato com a dose de P aplicada (BÜLL et al., 2004). A localização deve ser próxima da semente para reduzir o contato da fonte de P com o solo, mas deve garantir o desenvolvimento de um volume mínimo de raízes.

A localização excessiva do fertilizante fosfatado pode levar ao desenvolvimento insuficiente do sistema radicular e por consequência, à deficiência de elementos como Fe e Cu (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Em um estudo em que se avaliou o desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante, a aplicação do fertilizante muito próximo às sementes resultou em menor comprimento de raízes e em menor absorção de minerais (SOUZA et al., 2007). A eficiência da localização no aumento da eficiência de absorção depende do teor de P do solo e do fator capacidade de P. Em solos com alta disponibilidade de P, o efeito da localização do fertilizante fosfatado para aumento da eficiência de absorção tende a ser menor, ou mesmo nulo, em comparação com aqueles com baixa disponibilidade do nutriente (BÜLL et al., 2004).

O processo de granulação de fertilizantes tem objetivo similar ao da localização, ou seja, reduzir o contato da fonte solúvel de P com o solo (NOVAIS; SMYTH, 1999). Os grânulos dos adubos fosfatados, ao entrar em contato com a umidade do solo, absorvem água, ocasionando a dissolução do P. Entretanto, o tamanho do grânulo do fertilizante

pode influenciar a dissolução e o efeito residual no solo (STEFANUTTI et al., 1995).

O processo principal de transporte de P no solo é a difusão (NOVAIS; SMYTH, 1999). Para o P, este processo depende do cátion acompanhante do H_2PO_4^- . O fluxo difusivo de P com a aplicação do monoamônio fosfato (MAP) foi maior, comparado com a aplicação do superfosfato triplo, com aumentos de 20% e 125% em solos de textura arenosa e argilosa, respectivamente (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Em algodoeiro, a aplicação da dose de 726 kg ha^{-1} de P_2O_5 , parcelada ao longo de seis anos no sulco de semeadura ou no primeiro e quarto ano a lanço, proporcionou maior produtividade e efeitos positivos na qualidade da fibra quando comparada à aplicação a lanço em dose única no primeiro ano (SILVA et al., 1990). O maior tempo de contato da fonte solúvel de P com o solo aumenta a quantidade do elemento fixada ao solo e reduz a difusão do nutriente para as raízes (NOVAIS; SMYTH, 1999).

No algodoeiro, a demanda por P é alta desde o início da formação dos botões florais até a maturação (FRYE; KAIRUZ, 1990). Assim, o parcelamento do P, ao diminuir o tempo de contato da fonte fosfatada solúvel com o solo, pode contribuir para diminuir a fixação do P pelo solo. Maiores produtividades para uma mesma dose de P ou menores doses de P para as produtividades atualmente obtidas podem ser alcançadas por meio do parcelamento do fertilizante fosfatado. É possível resposta diferencial do parcelamento das diferentes fontes de P e de sua granulometria.

Objetivou-se avaliar o acúmulo de nutrientes na parte aérea, a exportação desses pela colheita e a produtividade de algodão em caroço, com diferentes formas de aplicação parcelada de fósforo, no cultivo irrigado do algodoeiro em Neossolo Quartzarênico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Januária (MG). Utilizou-se a cultivar de algodão 'Delta Opal'. A semeadura foi realizada em 11/11/2008, com espaçamento de 80 cm, almejando-se uma população final de 100 mil plantas por hectare.

O preparo do solo constou de subsolagem, aração e duas gradagens. O solo da área experimental, de textura arenosa, é classificado como Neossolo Quartzarênico. Por ocasião da implantação do experimento, o solo apresentava as seguintes características químicas e físicas na camada de 0-20 cm: pH (H_2O) = 6,2; P (Mehlich - 1) = 22 e K = 73 mg dm^{-3} ; Ca^{2+} = 1,5; Mg^{2+} = 0,4; Al^{3+} = 0 e CTC = 4,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; S = 5,6; B = 0,26;

Zn = 4,6, Mn = 70,9; Cu = 0,3 e Fe = 13,2 mg dm^{-3} ; P-remanescente = 50,2 mg L^{-1} ; Matéria Orgânica = 0,5 dag kg^{-1} ; Areia Grossa = 30, Areia Fina = 57, Silte = 3 e Argila = 10 dag kg^{-1} ; Capacidade de Campo = 0,100 e Ponto de Murcha = 0,044 kg kg^{-1} .

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram das formas de aplicação da dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , mais um tratamento sem aplicação de P. A dose de P foi recomendada de acordo a disponibilidade do nutriente no solo e critérios de adubação para a cultura do algodão (RIBEIRO et al., 1999).

Os tratamentos constaram de seis formas de aplicação da dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 mais um tratamento sem P. As formas de aplicação foram: tradicional (PS - P em semeadura) e parceladas. Nessas, aplicaram-se, em semeadura e em cobertura, respectivamente: 80% + 20% (P1), 60% + 40% (P2) e 40% + 60% (P3) da dose de P_2O_5 via superfosfato triplo granulado. Avaliou-se ainda a aplicação de 60% da dose de P via superfosfato triplo granulado em semeadura e 40% em cobertura via monoamônio fosfato (P2-MAP, MAP com 51% de P_2O_5) ou via superfosfato triplo em pó (P2-STP). O superfosfato triplo em pó foi obtido pela moagem do fertilizante na forma granulada e o mesmo passado em peneira de malha 1,27 mm. A quantidade de N aplicada via MAP em cobertura foi fornecida aos demais tratamentos via ureia.

Cada unidade experimental constituiu-se de cinco fileiras de 6 m de comprimento. A área útil correspondeu às três fileiras centrais, sem 50 cm das extremidades. A parcela do P em cobertura foi aplicada de forma incorporada ao solo aos 35 DAE. Para aplicação foi aberto um sulco de 10 cm de profundidade e a 20 cm de cada da fileira de plantas. Após distribuição das fontes de P, o fertilizante fosfatado foi coberto com solo.

A recomendação de corretivo e adubações foi realizada de acordo com resultados de análise de solo, seguindo as recomendações para a cultura explorada em condições edafoclimáticas propícias à obtenção de altas produtividades (ZANCANARO; TESSARO, 2006). Na semeadura, foram aplicados N, K_2O , Zn e B, nas doses de 12, 25, 2 e 1 kg ha^{-1} , respectivamente.

Em cobertura, foram aplicados 188 kg ha^{-1} de N e 116 kg ha^{-1} de K_2O , parcelados em três aplicações aos 25, 35 e 45 dias após a emergência (DAE). Foram utilizados sulfato de amônio e uréia como fontes de N, sendo supridos 40% e 60% da dose total de N com cada uma das fontes, respectivamente. Utilizou-se sulfato de amônio na semeadura e na primeira cobertura, e uréia nas duas últimas coberturas. A fonte de potássio foi o KCl.

O manejo de plantas daninhas foi realizado pela aplicação, em pré-emergência, dos herbicidas S-metolachlor + Trifluralin, e, em pós-emergência, dos herbicidas Pyrethriobac Sodium e Fenaxiprop-p-ethyl e, em pós-emergência com jato dirigido, de flumioxazin + paraquat + S-metolachlor.

Foram realizadas aplicações de inseticidas Spinosad, Endosulfan e Deltametrina nas doses recomendadas para a cultura, para controle de insetos-praga. Realizaram-se duas aplicações de Piraclostrobin e Tebuconazol para controle da Mancha-de-Ramularia.

As irrigações foram realizadas por aspersão convencional. O espaçamento entre aspersores foi de 12 x 12 m. A lâmina média aplicada foi de 7,2 mm h⁻¹. Determinou-se a uniformidade pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o qual foi de 83%. Os dados diários de temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e precipitação pluvial foram obtidos numa estação meteorológica automática localizada a 200 m da área experimental. Com os dados meteorológicos, calculou-se a evapotranspiração de referência com a aplicação da equação de Penman – Monteith (ALLEN et al., 2006). A evapotranspiração da cultura foi calculada pelo produto da evapotranspiração de referência pelos coeficientes de cultura para o algodoeiro (Bernardo et al., 2006). Quando a precipitação efetiva foi menor que a evapotranspiração da cultura, aplicou-se a lâmina necessária para elevação da umidade do solo à capacidade de campo.

Amostraram-se o solo aos 50 e 80 DAE, coincidindo com os estádios fenológicos de início de florescimento e de florescimento pleno com desenvolvimento de maçãs. A amostra de solo foi composta de amostras simples retiradas transversalmente ao sentido das fileiras na profundidade de 0 – 20 cm. Em cada parcela foram amostrados cinco pontos. Em cada ponto coletou-se cinco amostras simples com auxílio de trado holandês, sendo uma amostra na fileira de plantas, duas a 20 cm dessa e duas a 40 cm. Após secas ao ar e tamisadas em peneira de 2 mm, determinou-se o P – “disponível” com o extrator Mehlich - 1.

Coletou-se a parte aérea de quatro plantas da área útil de cada parcela aos 35, 50 e 80 DAE. Essas plantas foram lavadas e tiveram as folhas (do ramo principal e dos ramos frutíferos) separadas dos caules, aos 35 e 50 DAE. Aos 80 DAE, separaram-se as folhas, os caules e as estruturas reprodutivas (botões florais, flores e frutos). Em seguida, cada órgão da planta foi levado à estufa com ventilação

forçada de ar a 70 °C e seco até massa constante. Após a secagem, cada órgão da planta foi triturado em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe Mn, Zn e B de acordo com Malavolta et al. (1997). A quantidade total absorvida aos 35, 50 e 80 DAE foi obtida pela soma do conteúdo de P nas folhas, nos caules e nas estruturas reprodutivas.

Realizou-se a desfolha, utilizando-se carfentrazone – ethyl associado a óleo mineral aos 135 DAE. Procedeu-se à colheita aos 142 DAE. A produtividade de algodão em caroço foi determinada após a colheita dos capulhos abertos da área útil da parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software estatístico SAEG Versão 9.1 (SAEG, 2007). As médias dos tratamentos foram comparadas à testemunha (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em semeadura - PS) pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de P no solo aos 50 DAE aumentou com a aplicação de 40% da dose de P₂O₅ em cobertura via MAP (P2 – MAP) ou superfosfato triplo em pó (P2 – STP) e também com a aplicação de 60% da dose de P₂O₅ em cobertura via superfosfato triplo granulado (P3). Já aos 80 DAE observou-se maior teor de P disponível no solo apenas quando se aplicou 60% da dose de P via superfosfato triplo granulado (P3) (Tabela 1).

No caso da aplicação em cobertura via MAP, além da menor granulometria em comparação com o superfosfato triplo granulado, o cátion acompanhante do P tem maior coeficiente de difusão, promovendo maior difusão do P e, por conseguinte, maior disponibilidade (NOVAIS; SMYTH, 1999). A granulometria da fonte aplicada e o cátion ou ânion que acompanham o nutriente aplicado, influenciam na solubilidade e na dissolução do fertilizante e, por consequência, na disponibilidade de um nutriente no solo (STEFANUTTI et al., 1995; NOVAIS; SMYTH, 1999).

Apesar da maior disponibilidade aos 50 DAE conferida pela aplicação do MAP ou STP em cobertura, não houve maior produtividade desses tratamentos (Tabela 1). O teor original de P no solo, classificado de médio e o baixo fator capacidade de P (ALVAREZ V. et al., 2000) são possíveis explicações para as produtividades semelhantes e disponibilidade diferentes do elemento no solo.

Tabela 1. Efeito do parcelamento, da granulometria e da fonte de fósforo utilizada em cobertura sobre o P – disponível no solo, massa da parte aérea seca, conteúdo de nutrientes, nutrientes exportados pela colheita e produtividade de algodão em caroço. Rio Paranaíba (MG), 2011

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	0	60					
Parcelamentos ¹		PS	P1	P2	P2 – MAP	P2 – STP	P3
P – disponível ² – 50 DAE (mg dm ⁻³)	24,2	16,2	20,6	22,8	31,1*	26,4	35,0*
P – disponível – 80 DAE (mg dm ⁻³)	19,5	14,7	17,5	20,9	25,2	21,3	31,3*
Parte aérea seca ³ – 80 DAE (kg ha ⁻¹)	5661*	7530	7194	8091	7620	7379	7399
P contido na parte aérea ⁴ – 50 DAE (kg ha ⁻¹)	8,5	8,8	10,0	9,6	12,5*	10,1	11,9*
P contido na parte aérea ³ – 80 DAE (kg ha ⁻¹)	19,4*	25,0	22,0	26,8	27,9	26,7	25,0
N contido na parte aérea ³ – 80 DAE (kg ha ⁻¹)	161*	240	211	221	219	209	205
S contido na parte aérea ³ – 80 DAE (kg ha ⁻¹)	28,3*	40,3	37,9	39,0	36,3	40,2	38,8
Mn contido na parte aérea ³ – 80 DAE (g ha ⁻¹)	1050*	1668	1424	1705	1283	1814	1623
N exportado pela colheita – (kg ha ⁻¹)	112*	159	148	158	149	163	133
S exportado pela colheita – (kg ha ⁻¹)	12,4*	17,5	16,5	16,6	16,5	17,3	14,4
Zn exportado pela colheita - (g ha ⁻¹)	98*	142	137	144	130	146	113
B exportado pela colheita - (g ha ⁻¹)	133*	167	174	173	169	168	146
Produtividade de algodão em caroço (kg ha ⁻¹)	4136*	5587	5459	5386	5295	5285	4549*

¹ Parcelamentos: PS (toda a dose de P em semeadura); P1, P2 e P3 (80/20, 60/40 e 40/60 % da dose de P em semeadura/cobertura aos 35 DAE, respectivamente); MAP e STP (parcela da dose de P aplicada em cobertura via fertilizantes Monoânionio Fosfato e Superfosfato Triplo em pó, respectivamente). ² extrator Mehlich – 1; ³ parte aérea (folha+caule+estruturas reprodutivas); ⁴ parte aérea (folha+caule); * = significativa a diferença entre a média do tratamento em relação à dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não parcelada (PS), pelo teste Dunnett a 5 % de probabilidade.

Comparado ao monoamônio fosfato e ao superfosfato triplo em pó, a forma física granulada deste último, resulta em dissolução mais lenta (STEFANUTTI et al., 1995). Associado a esta, a maior parcela em cobertura na forma de aplicação P3 (60% em cobertura) resultou no maior P – disponível também aos 80 DAE (Tabela 1). No entanto, a produtividade nesta forma de aplicação foi menor em comparação a forma de aplicação tradicional em semeadura (Tabela 1). O P tem papel importante na fase inicial para o crescimento do sistema radicular (GRANT et al., 2001). A menor

porção da dose de P aplicada ao solo por ocasião da semeadura no tratamento P3 pode ter resultado em menor crescimento do sistema radicular do algodoeiro.

As massas de folhas, caules e estruturas reprodutivas secas aos 35, 50 e 80 DAE, não foram influenciados pelas formas de aplicação do fósforo. Os valores médios dessas variáveis são expressos na Figura 1. Houve apenas efeito da aplicação do P sobre a massa de parte aérea seca aos 80 DAE (Tabela 1).

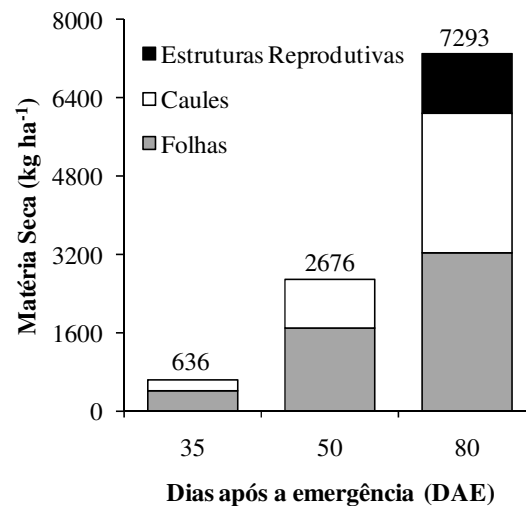


Figura 1. Biomassa seca de parte aérea do algodoeiro irrigado em Neossolo Quartzarênico. Rio Paranaíba (MG), 2011.

A disponibilidade de P no solo é considerada média para a cultura do algodão (RIBEIRO et al., 1999). Além da disponibilidade média de P, o preparo profundo do solo realizado pode ter favorecido o abundante crescimento do sistema radicular do algodoeiro. Por sua vez, este resulta no bom aproveitamento do P disponível no solo e ausência de efeito da aplicação do fertilizante sobre a produção biomassa de parte aérea seca aos 35 e 50 DAE.

Além disso, o uso de técnicas que visam o aumento da eficiência dos fertilizantes fosfatados tem efeito reduzido ou nulo em solos com pequeno fator capacidade de P ou com média a alta disponibilidade de P no solo (BÜLL et al., 2004). O solo da área experimental possuía pequeno fator capacidade de P (ALVAREZ V. et al., 2000) e disponibilidade de P classificada como média (RIBEIRO V. et al., 1999), o que explica o não efeito do parcelamento no aumento da produção de biomassa vegetativa.

A maior disponibilidade de P no solo aos 50 DAE, auferida pelos tratamentos P2 – MAP e P3, refletiu-se em maior P contido na parte aérea nestes tratamentos aos 50 DAE (Tabela 1). O maior

acúmulo de P aos 50 DAE não se refletiu em aumento de produtividade, e no caso do tratamento P3 houve redução da mesma. A adequada disponibilidade de P, especialmente na fase inicial, estimula o crescimento radicular, o que pode influenciar na produtividade da cultura (GRANT et al., 2001; SOUZA et al., 2007). A aplicação do P em cobertura pode ter sido tardia e comprometida às necessidades do algodoeiro no início do ciclo.

O conteúdo de P na parte aérea aos 80 DAE foi de 24,5 kg ha⁻¹ e este não foi afetado pela forma de aplicação do fertilizante fosfatado (Tabela 1, Figura 2). Rosolem (2001) estimou a demanda de P entre 20 a 25 kg ha⁻¹ aos 80 DAE para produzir 3000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. Comparativamente aos dados deste autor, o conteúdo de P foi menor, haja vista que se alcançaram produtividades acima de 5000 kg ha⁻¹ com o conteúdo de P correspondente a 3000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. Condições de cultivo e diferenças relacionadas à eficiência nutricional dos cultivares são possíveis justificativas para produtividades diferentes com extrações de P semelhantes.

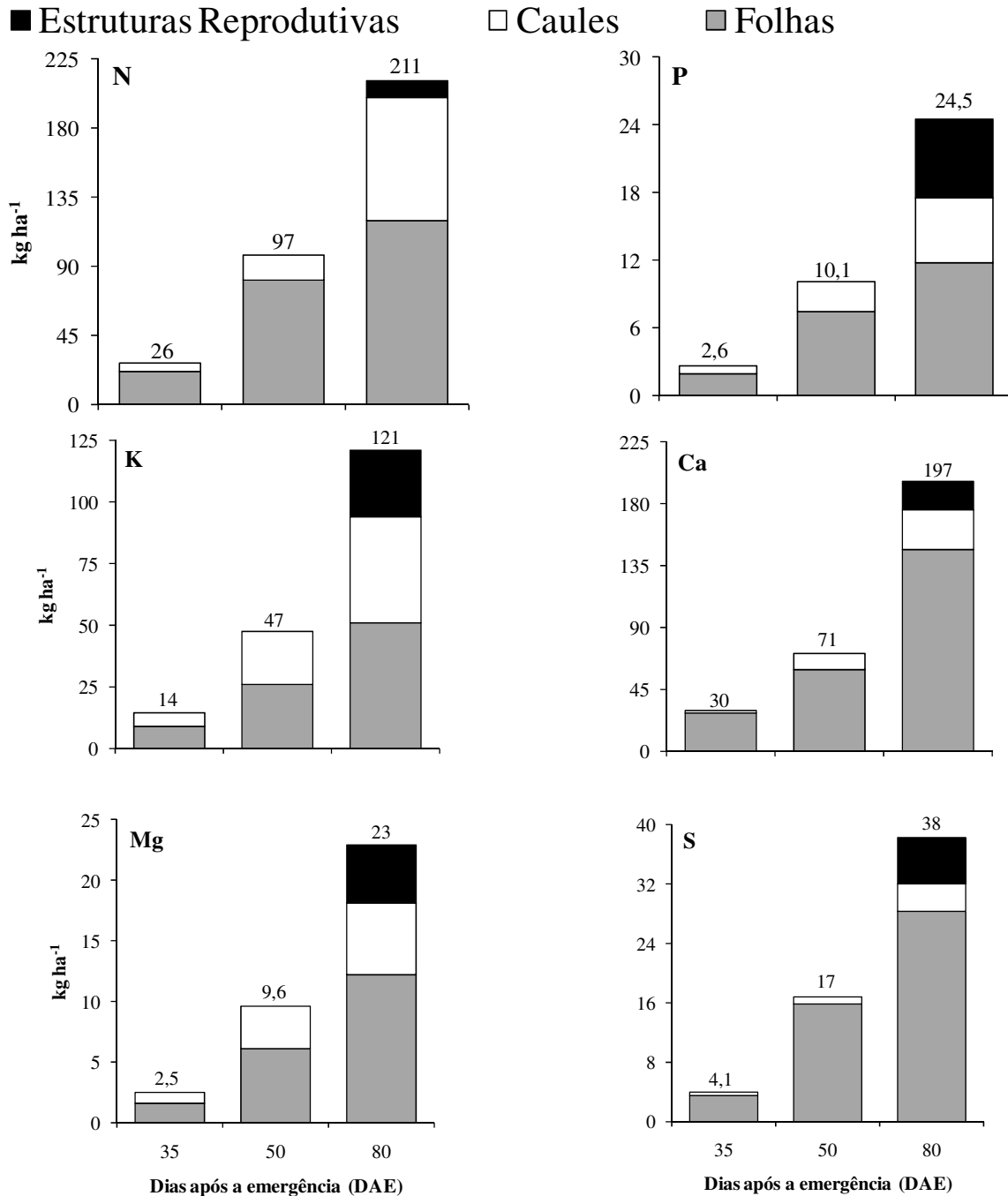


Figura 2. Valores médio do conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea do algodoeiro irrigado em Neossolo Quartzarênico. Rio Paranaíba (MG), 2011.

Após os 80 DAE, quando as plantas não mais foram amostradas, significativas quantidades de P possivelmente foram absorvidas. O algodoeiro mantém alto a absorção de P durante boa parte de seu ciclo, o que resulta em elevadas quantidades absorvidas do nutriente. Ao se comparar o conteúdo de P aos 80 DAE (Tabela 1) e exportação desse nutriente pela colheita (Tabela 2), confirma-se a grande absorção do elemento pelo algodoeiro a

partir de meados do ciclo cultural até a colheita (FRYE; KAIRUZ, 1990; ROSOLEM, 2001).

Houve efeito da aplicação do P, mas não da forma da aplicação deste, sobre os conteúdos de P, N, S e Mn na parte aérea aos 80 DAE (Tabela 1). O conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea aos 35, 50 e 80 DAE acompanhou o aumento da matéria seca (Figuras 1, 2 e 3). Em ordem decrescente, os macronutrientes com maior

conteúdo na parte aérea foram: N>Ca>K>S>P>Mg. Por outro lado, os micronutrientes foram: Mn>Zn>Fe>B>Cu.

Os conteúdos de K, Ca, S e Cu na parte aérea aos 80 DAE foram semelhantes aos observados por Hulugalle et al. (2004) em estudo em que se comparou o efeito de diferentes sistemas de rotação de culturas no conteúdo mineral do algodoeiro na maturidade (florescimento e crescimento de maçãs). Por outro lado, os conteúdos de N, P, Zn, Mn foram maiores e os de Mg, Fe e de B menores que os daquele estudo.

Diferenças relacionadas às produtividades obtidas neste estudo e no de Hulugalle et al. (2004) e das propriedades físico-químicas dos solos explicam tais diferenças. A menor produtividade obtida no estudo de Hulugalle et al. (2004)

associado ao solo com maior poder tampão justifica os menores valores de conteúdo de nutrientes como o N, P, Zn e Mn. A maior relação entre Ca e Mg no solo deste estudo (4:1) justifica o menor conteúdo de Mg na parte aérea aos 80 DAE. Maiores relações Ca/Mg ou (Ca+K)/Mg resultam em menor absorção e por conseguinte conteúdo deste último (ZANCANARO; TESSARO, 2006)

Solos mais arenosos e com menor teor de Fe permitem maior mobilidade de nutrientes que apresentam forte interação com o complexo de troca de íons, como por exemplo, o P e o Zn (BASTOS et al., 2008), resultando em maior conteúdo mineral (MUNIZ et al., 1985). Por outro lado, menores de elementos como o Fe e o B, especialmente este último que pode ser mais facilmente lixiviado.

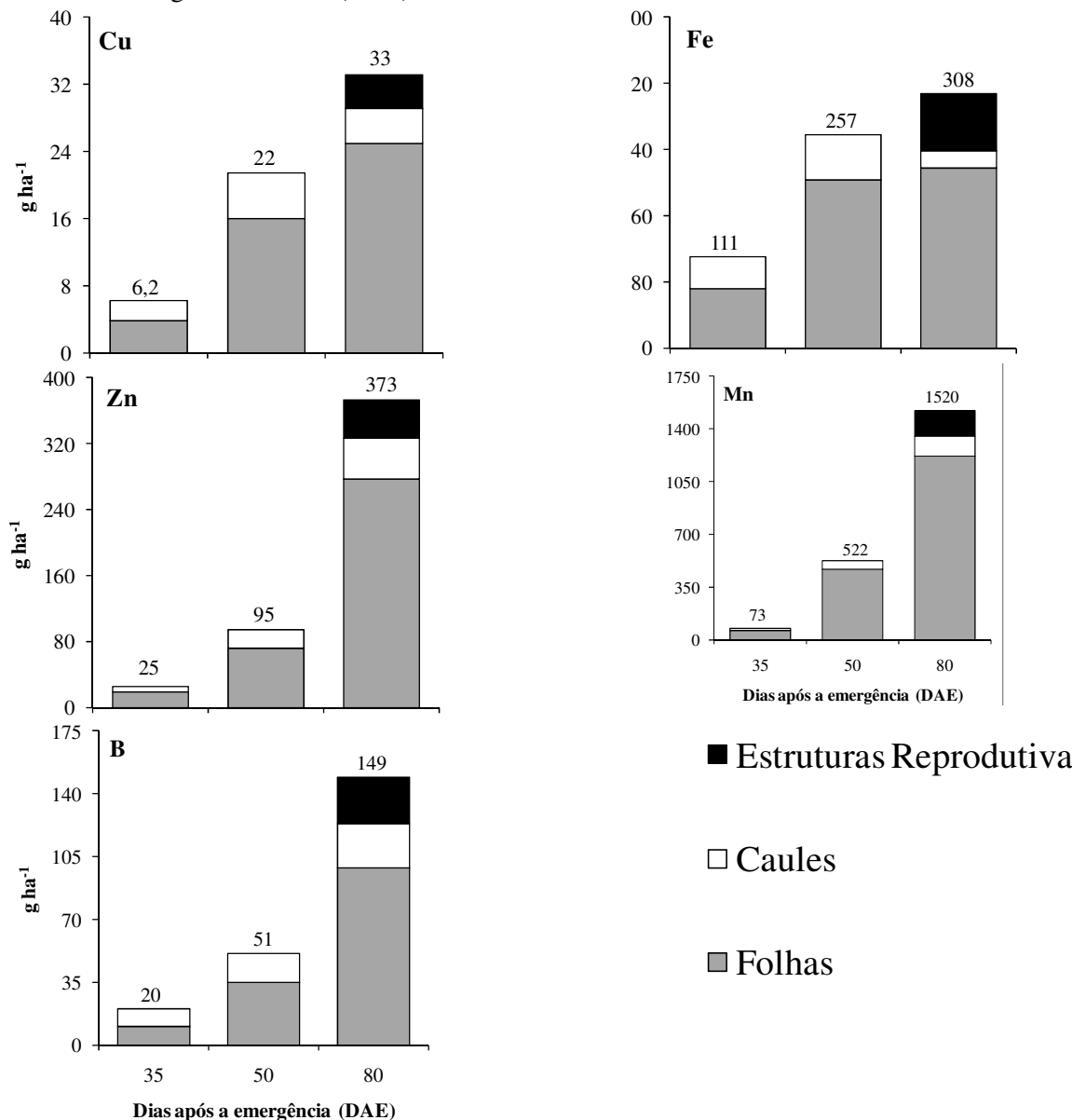


Figura 3. Conteúdo de micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn e B) na parte aérea do algodoeiro irrigado em Neossolo Quartzarênico, Rio Paranaíba (MG), 2011.

A exportação de N, S, Zn e de B foi dependente da aplicação do P e não foi influenciada pela forma de aplicação do fertilizante fosfatado (Tabela 1). A semelhança da produtividade, a exportação desses nutrientes foi maior quando se

aplicou o P. Não houve efeito dos tratamentos sobre a exportação de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn. Os valores médios observados da exportação desses nutrientes são expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de exportação de nutrientes e rendimento de fibra da cultura do algodão com a aplicação parcelada de fertilizante fosfatado. Rio Paranaíba (MG), 2011

Variável	Média	CV (%)
P exportado pela colheita (kg ha ⁻¹)	35,8	16,3
K exportado pela colheita (kg ha ⁻¹)	86,9	11,4
Ca exportado pela colheita (kg ha ⁻¹)	10,6	12,6
Mg exportado pela colheita (kg ha ⁻¹)	13,1	13,6
Cu exportado pela colheita (g ha ⁻¹)	37,4	16,0
Fe exportado pela colheita (g ha ⁻¹)	384,3	34,9
Mn exportado pela colheita (g ha ⁻¹)	74,1	21,2

A aplicação de P promoveu incremento de produtividade de algodão em caroço, exceto no parcelamento P3 (Tabela 1). As aplicações parceladas com até 40% da dose de P em cobertura (P1 e P2), independentemente das fontes e granulometria utilizadas, não diferiram da aplicação total da dose em semeadura. A adequada disponibilidade de P aumenta a emissão de botões florais e seu pegamento. Ademais, o P beneficia incrementos na massa de fibras e das sementes, resultando em maior produtividade da cultura (SILVA et al., 1990; ROSOLEM e BASTOS, 1997).

CONCLUSÕES

Aos 50 DAE o conteúdo de P foi maior com as aplicações parceladas: 60% da dose em

semeadura e 40% em cobertura via monoamônio fosfato ou 40% da dose em semeadura e 60% em cobertura via superfosfato triplo granulado.

A aplicação parcelada de fósforo não afetou o acúmulo de nutrientes aos 80 DAE e exportação de nutrientes pelo algodoeiro em comparação a aplicação tradicional em semeadura.

O parcelamento da adubação fosfatada não aumentou a produtividade de algodão em caroço, sendo essa reduzida quando se aplicou 40% da dose em semeadura e 60% em cobertura via superfosfato triplo granulado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro, e à Fapemig, pelo auxílio financeiro e pela concessão de bolsa IC.

ABSTRACT: The interaction between phosphorus (P) and soil constituents may hinder the correction of its deficiency. This work aimed to study the effect of P split application over the accumulation, nutrients exportation, and productivity of irrigated cotton in the Quartzanic Neossoil. The experiment was carried out in the northern region of Minas Gerais State, Brazil, from November 2008 to April 2009. The treatments consisted of six application forms of 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ dose and a treatment without P. The application forms were traditional and in installments. They were applied at sowing and covering, 35 after day emergency (DAE) respectively 80% + 20%, 60% + 40%, and 40% + 60% of P₂O₅ dose via granulated triple superphosphate. There was still assessing the application of 60% of P dose via granulated triple superphosphate at sowing and 40% at coverage via phosphate monoammonium or via triple powder superphosphate. At DAE 50, P content was higher with applications in installments, 60% of dose at sowing and 40% at coverage via phosphate monoammonium or 40% of dose at sowing and 60% at coverage via granulated triple superphosphate. Phosphorus split application did not affect the nutrients accumulation at DAE 80, neither nutrients exportation by cotton as compared to traditional sowing application. The split application of phosphorus fertilization did not increase the productivity of seed cotton and it was reduced when 40% dose at sowing and in 60% at coverage were applied via granulated triple superphosphate.

KEY WORDS: *Gossypium hirsutum* L. Coverage. Mineral content.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**. Utah State University. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos Paper, 56. Roma: FAO, 2006. 323 p.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa v. 25, p. 27-32, 2000.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 136-142, 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BÜLL, L. T.; COSTA, M. C. G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D. M.; BÔAS, R. L. V. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, p. 516-521, 2004.
- FRYE, I. A. A.; KAIRUZ, I. A. G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In: _____. **Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia**. Bogotá: Guadalupe, 1990. p. 133-202.
- GONÇALVES, J. L. M.; FIRME, D. J.; NOVAIS, R. F.; RIBEIRO, A. C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p. 107-111, 1985.
- GRANT, C. A.; TOMASIENWICZ, D. J.; FLATEN, D. N.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba v. 95, p. 1-5, 2001.
- HULUGALLE, N. R.; NEHL, D. B.; WEAVER, T. B. Soil properties, and cotton growth, yield and fibre quality in three cotton-based cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 75, p. 131-141, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E. (Ed.). **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 115-230.
- MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nível Crítico de fósforo na parte aérea da soja com variável do fator capacidade de fósforo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p. 237-243, 1985.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- ROSOLEM, C. A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 95, p. 10-17, 2001.
- ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 377-387, 1997.
- SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1**. Fundação Arthur Bernardes: UFV, 2007.
- SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; SABINO, J. C.; LELLIS, L. G. L.; SABINO, N. P.; KONDO, J. I. Modo e época de aplicação de fosfatos na produção e outras características do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 49, p. 157-170, 1990.

SOUZA, F. S.; FARINELLI, R.; ROSOLEM, C. A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 31, p. 387-392, 2007.

STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo derivado de um termofosfato magnésiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 233-238, 1995.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L. C. Calagem e adubação. In: _____. **Algodão: pesquisas e resultados para o campo**. Cuiabá: FACUAL, 2006. p. 56-80.