

# EFEITO RESIDUAL DO ADUBO FOSFATADO NA PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM SUCESSÃO AO ALGODOEIRO

## RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZER ON SUNFLOWER PRODUCTIVITY IN SUCCESSION TO COTTON

Heider Rodrigo Ferreira SILVA<sup>1</sup>; Leonardo Angelo de AQUINO<sup>2</sup>; Carlos Henrique BATISTA<sup>3</sup>

1. Acadêmico de Agronomia, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG, Januária, MG, Brasil;

2. Professor, Doutor, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil. [leonardo.aquino@ufv.br](mailto:leonardo.aquino@ufv.br);

3. Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Acadêmico de Agronomia, IFNMG, Januária, MG, Brasil.

**RESUMO:** O resíduo de nutrientes de um cultivo pode ser significativo para a produtividade daqueles em sucessão. Objetivou-se avaliar o efeito residual da adubação fosfatada sobre a produtividade e teores de nutrientes na folha índice do girassol cultivado em sucessão ao algodoeiro. Instalou-se o experimento em solo Neossolo Quartzarênico. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial, com três repetições. Os tratamentos consistiram de doses de P (60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) x quatro formas de parcelamento PS, P1, P2 e P3 (100/0; 80/20; 60/40; 40/60% da dose aplicada em semeadura e aos 35 DAE em cobertura, respectivamente), e um tratamento sem aplicação do P. O fertilizante fosfatado foi aplicado no algodoeiro cultivado antes do girassol. Foram avaliados o número de dias para os estádios R1, R5 e R6, o número de folhas e altura de plantas em R1 e R5, a massa de mil aquênios, o teor de nutriente na folha índice e a produtividade do girassol. A aplicação da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no algodoeiro, permitiu o alcance de produtividade de 2232 kg ha<sup>-1</sup> na cultura do girassol em sucessão. A aplicação de maior parcela da dose de P, em cobertura no algodoeiro (P3 = 60%), resultou em maior produtividade da cultura do girassol em sucessão, bem como em maiores teores foliares de P e de Ca. Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B e de Mn no girassol foram positivamente influenciados pela aplicação fósforo no algodoeiro cultivado anteriormente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Helianthus annuus*. Adubação fosfatada. Parcelamento.

### INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura que possui ampla adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas. A planta é pouco influenciada por parâmetros como latitude, altitude e fotoperíodo, apresentando importantes características agrônomicas como maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maior parte das espécies normalmente cultivadas (SACHS et al., 2006; PRADO; LEAL, 2006; VILLALBA, 2008; ZOBIOLE et al., 2010).

É uma cultura de elevada importância comercial pela produção de óleo de excelente qualidade. Além disso, possui um alto teor de óleo nas sementes, proporcionando uma maior vantagem competitiva em relação a culturas como a da soja, por possuir maior rendimento na produção de óleo por hectare (ZOBIOLE et al., 2010). Atualmente, a cultura do girassol está entre as cinco maiores oleaginosas produtoras de óleo vegetal, respondendo por cerca de 6,5% da produção mundial (SILVA et al., 2007).

O cultivo do girassol é uma boa alternativa para os sistemas de rotação de culturas, haja vista sua capacidade de aproveitamento dos resíduos das adubações de cultivos anteriores. Esse aproveitamento de nutrientes permite aumentar a

capacidade de aproveitamento do solo e de áreas irrigadas para produção de grãos, a obtenção de óleo no período da entressafra, o uso dos maquinários e dos fatores de produção, o que incrementa a renda das propriedades (SILVA et al., 2007; THOMAZ, 2008). Em regiões onde a alimentação dos ruminantes é baseada em silagens de culturas de milho e sorgo, seu cultivo na safrinha se torna uma boa opção, permitindo maximizar a produção de volumoso (AFÉRI et al., 2008).

O fósforo (P) é um nutriente essencial para desenvolvimento dos vegetais, encontrado em baixas concentrações na solução do solo. No girassol, o P é requerido até o enchimento de aquênios, com taxa de remobilização das folhas e caule para os aquênios em maturação compreendida na faixa de 30 a 60% (VILLALBA, 2008). A carência em P nas plantas, principalmente no início do ciclo vegetativo, resulta em menor crescimento, em atraso no florescimento, em menor enchimento dos aquênios e no menor teor de óleo (GRANT et al., 2001; PRADO; LEAL, 2006; ALVES et al., 2010).

Os solos brasileiros são de baixa fertilidade natural, especialmente em P, em virtude de a fração argila possuir minerais com alta capacidade de adsorção de P e da forte interação do elemento com o solo (CORRÊA et al., 2004; AQUINO, 2009). A

aplicação de altas doses de P em solos intemperizados é justificada pela intensa adsorção do elemento que resulta em baixo conteúdo de P disponível, notavelmente em solos com predomínio de minerais sesquióxidos de Fe e de Al.

O P é o nutriente limitante na produtividade de biomassa em solos tropicais (CORRÊA et al., 2004). Isso é evidente pelos estudos que avaliam respostas à adubação fosfatada realizada em diferentes condições edafoclimáticas. Constata-se em grande parte dos estudos a importância do elemento para a produtividade da cultura do girassol (VILLALBA, 2008).

Formas de aplicação que visem ao aumento da eficiência da adubação fosfatada, como o parcelamento, podem aumentar a eficiência não só na cultura em que o nutriente foi aplicado, como também naquela cultivada em sucessão. Assim, o parcelamento do fósforo na cultura do algodoeiro pode ter efeito benéfico na cultura do girassol em sucessão.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito residual da adubação fosfatada sobre a produtividade e o teor de nutrientes na folha índice do girassol cultivado em sucessão ao algodoeiro, sob condições irrigadas, em Neossolo Quartzarênico, no semiárido mineiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade de Pesquisa do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Januária. O girassol foi cultivado entre julho a outubro de 2009 e a cultura antecessora, o algodão, foi cultivado entre

novembro de 2008 e abril de 2009. A Unidade fica localizada na latitude 15° 28' 55" S e longitude 44° 22' 41" W, altitude 474 m, clima Aw (tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen. Possui precipitação média anual de 850 mm, umidade relativa média de 60% e temperatura média anual de 27°C (JACOMINE et al., 1979).

A cultivar utilizada foi a Helio 250 (H250), a qual possui características fitotécnicas e industriais satisfatórias (resistência às principais doenças foliares e ao acamamento, ciclo precoce e teor de óleo nos aquênios de 44 a 48%). A semeadura foi realizada no dia 06/07/2009. Utilizaram-se sementes para o alcance de uma população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O espaçamento utilizado para o girassol foi de 80 x 31 cm. A cultura foi instalada no sistema de semeadura direta sobre restos culturais do algodoeiro. As linhas de semeadura do girassol coincidiram com as linhas do algodoeiro cultivado anteriormente na área, cujo espaçamento entre fileiras foi de 80 cm.

A soqueira do algodoeiro foi eliminada por meio de roçada e aplicação do herbicida 2,4 - D, na dose de 0,8 kg ha<sup>-1</sup> de i.a., sobre os caules das plantas. A operação de eliminação da soqueira foi iniciada 30 dias antes da semeadura do girassol. A aplicação do herbicida glyphosate, na dose de 1,08 kg ha<sup>-1</sup> de i.a., para a dessecação de plantas daninhas, foi feita 15 dias antes da semeadura.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico. Os atributos físicos e químicos da camada de 0 - 20 cm de profundidade se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo da área experimental, após o cultivo do algodoeiro e antes da semeadura do girassol.

pH	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	
	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
5,6	49	1,6	0,4	0,0	0,7		2,8
S	B	Zn	Mn	Cu	Fe	P-rem	M.O
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>
5,6	0,42	2,8	20,3	0,2	18,9	51,9	0,4
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Capacidade de Campo <sup>1</sup>		Ponto de Murcha <sup>1</sup>	
	-----dag kg <sup>-1</sup> -----			kg kg <sup>-1</sup>		kg kg <sup>-1</sup>	
30	57	3	10	0,100		0,044	

Extratores: pH: H<sub>2</sub>O (1:2,5); K<sup>+</sup>, Zn, Mn, Fe e Cu: Mehlich - 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H+Al: Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7; S: Fosfato monocalcico em ácido acético; B: Água quente; (7) P-rem = Fósforo remanescente; M.O (Matéria Orgânica): método da oxidação-redução; (1) -10 e -1500 kPa, respectivamente.

O experimento foi irrigado por aspersão convencional. As necessidades diárias de irrigação foram determinadas de acordo com a evapotranspiração da cultura, determinada pela evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e coeficiente de cultura para o girassol (BERNARDO et al., 2006). A  $ET_0$  foi determinada pelo método de Penman – Monteith com os dados meteorológicos coletados de uma estação a 400 m da área experimental (ALLEN et al., 2006).

Não houve necessidade de intervenção com métodos químicos para o manejo de pragas e doenças. O manejo de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação em jato dirigido do herbicida paraquat na dose de 500 g ha<sup>-1</sup> de i.a. aos 18 dias após a emergência.

O experimento foi composto por nove tratamentos com três repetições no delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial (2 x 4 + 1). Os tratamentos consistiram na aplicação de duas doses de P e do parcelamento dessas na cultura do algodão cultivada anteriormente ao girassol. No algodoeiro foram aplicadas as doses 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em quatro formas de parcelamento PS, P1, P2 e P3 [100/0, 80/20, 60/40 e 40/60% das doses recomendadas, proporcionalmente em semeadura e aos 35 dias após a emergência (DAE) em cobertura, respectivamente], mais um tratamento sem aplicação de P. A fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Não foi realizada adubação fosfatada na cultura do girassol. O P foi aplicado apenas na cultura do algodoeiro cultivado anteriormente ao girassol. Em cobertura aplicaram-se B, N e K nas doses de 2, 80 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Dessas doses aplicou-se metade no estádio de duas folhas verdadeiras e metade no de quatro folhas verdadeiras. Foram utilizados o ácido bórico, o sulfato de amônio e o cloreto de potássio como fontes de B, N e K, respectivamente.

As parcelas experimentais foram compostas de cinco linhas de seis metros cada, distanciadas entre si de 80 cm. Considerou-se como parcela útil a área compreendida pelas três fileiras centrais, com cinco metros de comprimento.

Foram avaliadas as seguintes características: P - disponível no solo na semeadura; número de dias para o estádio R1 – contabilizado da emergência até 50% das plantas da parcela apresentarem início da emissão do botão floral (CASTIGLIONI et al., 1997); número de folhas em R1; altura de planta em R1 - determinada da superfície do solo à extremidade do caule; número de dias para o estádio R5 – contabilizado da emergência até 50% das plantas da parcela apresentarem flores liguladas

completamente abertas e início do aparecimento das flores tubulares (CASTIGLIONI et al., 1997); número de folhas em R5, altura de planta em R5 – conforme descrito para o estádio R1; e número de dias para o estádio R6 – contabilizados os dias após a emergência até 50% das plantas da parcela apresentarem capítulos com todas as flores tubulares desenvolvidas (CASTIGLIONI et al., 1997). No estádio R5/R6, coletou-se a folha índice (quarta folha completamente expandida do ápice para base) de dez plantas, escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela, para determinação do teor de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B de acordo com Malavolta et al. (1997). Realizou-se a colheita dos capítulos da área útil em 28/10/2009. Procedeu-se à trilha e foram determinadas a massa de mil aquênios e a produtividade de aquênios, após a correção da umidade para 13% (umidade utilizada para comercialização do girassol).

Os dados foram submetidos à análise de variância com o software estatístico SAEG Versão 9.1 (SAEG, 2007). Desdobraram-se os graus de liberdade dos fatores estudados, comparando-se as médias das doses de P e dos parcelamentos do fertilizante fosfatado pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os fatores estudados nas respostas das variáveis. Houve efeito de doses de P aplicadas no algodoeiro cultivado anteriormente ao girassol sobre o P-disponível, número de dias para o estágio R1, massa de 1000 aquênios e produtividade. Houve efeito do parcelamento do fertilizante fosfatado sobre o P-disponível no solo e produtividade (Tabela 2).

Não houve diferença na disponibilidade de P com a aplicação das doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na cultura do algodão, ao contrário de algumas citações da literatura (Tabela 3).

Incrementos nos teores do fósforo no solo com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram observados em diversas culturas e solos de classes texturais distintas (CORRÊA et al., 2004; VILLALBA, 2008; AQUINO, 2009). É possível ter ocorrido maior absorção de P pelo algodoeiro na maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada. Isso justifica a não diferença entre as doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> estudadas, quanto à disponibilidade de P no solo.

Verificou-se que o período de emergência ao surgimento do botão floral (estádio R1) não foi influenciado pela aplicação das doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3). Entretanto, quando não se aplicou o P, observou-se decréscimo no número

de dias para este estágio. Sem aplicação de fertilizante fosfatado, possivelmente o suprimento de P não foi adequado e prejudicou o crescimento da planta no seu período inicial. O crescimento inicial rápido é importante, especialmente quando a

cultura é instalada em condições subótimas de temperatura do ar e umidade do solo (safrinha). O crescimento rápido permite melhores condições desses fatores ambientais importantes para o alcance de boas produtividades na safrinha (Thomaz, 2008).

**Tabela 2.** Quadrado médio das variáveis analisadas no girassol cultivado em sucessão ao algodoeiro adubado com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Dos.) em diferentes parcelamentos (Parc.).

Variáveis	Doses	Parc.	Dos. x Parc.	Resíduo	CV (%)	Média
P-disponível	13,2 <sup>*/1</sup>	10,5 <sup>*</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	2,4	8,5	22,6
Nº dias até estágio R1	41,9 <sup>*</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	7,9	7,9	38,9
Altura de plantas em R1	119,7 <sup>ns</sup>	35,9 <sup>ns</sup>	30,2 <sup>ns</sup>	69,2	13,9	59,9
Nº folhas em R1	0,61 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	2,43	9,3	16,8
Nº dias até estágio R5	31,4 <sup>ns</sup>	10,4 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>	10,8	5,6	58,5
Altura de plantas em R5	2,8 <sup>ns</sup>	147,1 <sup>ns</sup>	176,7 <sup>ns</sup>	174,3	9,8	134,0
Nº folhas em R5	4,2 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	2,8	6,8	24,6
Nº dias até estágio R6	8,3 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	8,4	4,3	67,7
Teor de N	0,52 <sup>**</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,08	6,9	40,4
Teor de P	0,014 <sup>**</sup>	0,0097 <sup>**</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	0,0014	13,1	2,9
Teor de K	0,33 <sup>*</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,09	7,2	41,8
Teor de Ca	1,75 <sup>**</sup>	0,68 <sup>**</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,14	7,5	49,9
Teor de Mg	0,085 <sup>*</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	0,023	13,1	11,7
Teor de S	0,044 <sup>*</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,009	11,3	8,8
Teor de B	121,4 <sup>*</sup>	45,5	21,2	46,7	17,2	109,5
Teor de Cu	4,41 <sup>ns</sup>	20,92 <sup>ns</sup>	23,19 <sup>ns</sup>	14,85	20,2	19,10
Teor de Fe	53,3 <sup>ns</sup>	92,9 <sup>ns</sup>	44,4 <sup>ns</sup>	140,09	9,6	123,3
Teor de Mn	47757 <sup>*</sup>	6073 <sup>ns</sup>	4164 <sup>ns</sup>	7301	36,4	234,6
Teor de Zn	1421 <sup>ns</sup>	1257 <sup>ns</sup>	257 <sup>ns</sup>	608	20,8	118,3
Massa de 1000 aquênios	116,9 <sup>*</sup>	54,5 <sup>ns</sup>	24,9 <sup>ns</sup>	24,5	7,3	67,5
Produtividade	22024,4 <sup>**</sup>	211,8 <sup>*</sup>	331,5 <sup>ns</sup>	44,4	10,9	1937

<sup>ns, \*, \*\*, -</sup> não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade o quadrado médio pelo teste F, respectivamente.

**Tabela 3.** Efeito de doses de fósforo sobre o P-disponível, o número de dias para o estágio R1, o teor de nutrientes na folha índice, a massa de mil aquênios e a produtividade da cultura do girassol cultivado em sucessão ao algodoeiro adubado com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Variáveis	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )		
	0	60	120
P-disponível (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/1</sup>	18,1 b <sup>2</sup>	23,4 a	26,4 a
Nº de dias para R1	36,7 b	39,8 a	40,1 a
Teor de N (g kg <sup>-1</sup> )	38,1 b	40,9 a	42,2 a
Teor de P (g kg <sup>-1</sup> )	2,5 b	3,2 a	2,9 a
Teor de K (g kg <sup>-1</sup> )	40,4 b	43,6 a	41,3 ab
Teor de Ca (g kg <sup>-1</sup> )	46,6 b	48,9 b	54,1 a
Teor de Mg (g kg <sup>-1</sup> )	11,1 b	11,2 b	12,6 a
Teor de S (g kg <sup>-1</sup> )	8,1 b	9,2 a	9,1 a
Teor de B (mg kg <sup>-1</sup> )	94,9 b	118,9 a	114,8 a
Teor de Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	166,1 b	290,2 a	247,6 a
Massa de 1000 aquênios (g)	63,9 b	69,5 a	69,3 a
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	1468 b	2232 a	2111 a

<sup>1/1</sup> Extrator Mehlich - 1, <sup>2/2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Para a massa de 1000 aquênios, não houve diferença entre as doses 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3). Os valores obtidos para esta variável

foram superiores aos valores encontrados por Sachs et al. (2006) e Silva et al. (2007), tendo excedido a faixa esperada de 30 a 60 g (CASTRO et al., 1993).

No entanto, outros fatores podem ter tido influência sobre a massa dos aquênios, tais como radiação solar no período de enchimento dos aquênios, tratamentos culturais, densidade de plantas, época de semeadura, cultivar e adubação (SACHS et al., 2006).

As doses de P aplicadas no algodoeiro auferiram resposta positiva na produtividade de aquênios na cultura girassol cultivado em sucessão. Entretanto, quando aplicadas as doses 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no algodoeiro, não foram observadas diferenças significativas na produtividade do girassol em sucessão a este (Tabela 3). Esses resultados estão em concordância com Castro et al. (1993), que observaram as melhores respostas de produtividade com aplicação das doses de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Villalba (2008), em estudo

realizado em solo com 200 g kg<sup>-1</sup> de argila, obteve rendimento de 2462 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados diretamente na cultura. Foi possível obter produtividades semelhantes as de Villalba (2008) apenas com o aproveitamento do residual de P no solo deixado pelo cultivo do algodoeiro.

Houve efeito do parcelamento do fertilizante fosfatado sobre o P-disponível no solo e produtividade (Tabela 4). A maior produtividade (2155 kg ha<sup>-1</sup>) foi alcançada com a aplicação parcelada do fósforo: 40% na semeadura e o restante aplicado em cobertura aos 35 DAE na cultura do algodão antecessora à do girassol (Parcelamento P3).

**Tabela 4.** Efeito do parcelamento de fósforo no fósforo disponível no solo, no teor de nutrientes na folha índice e na produtividade do girassol. Januária - MG, IFNMG – Campus Januária, 2010.

Parcelamento	P – disponível (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/2</sup>	Teor de P (g kg <sup>-1</sup> )	Teor de Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
PS	22,5 b <sup>1/2</sup>	2,6 b	47,0 b	1993 b
P1	21,9 b	2,9 b	48,0 b	1820 b
P2	21,6 b	2,6 b	52,6 a	1840 b
P3	24,6 a	3,3 a	51,7 a	2155 a

<sup>1/1</sup> Extrator Mehlich – 1, <sup>2/2</sup> As médias seguiu das pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade; PS – Sem parcelamento do P (testemunha); P1 – 80% semeadura e 20% em cobertura da dose de P; P2 – 60% semeadura e 40% em cobertura; P3 – 40% semeadura e 60% em cobertura.

Para os demais parcelamentos, não foram observadas diferenças significativas. No parcelamento P3, 60% do fertilizante fosfatado em cobertura aos 35 DAE no algodoeiro, pode ter ocorrido menor fixação do elemento em relação aos demais parcelamentos. Ainda, é possível ter ocorrido menor absorção do P pelo algodoeiro quando mais de 40% do fertilizante fosfatado foi aplicado em cobertura aos 35 DAE.

O menor tempo de contato do fertilizante fosfatado com o solo e menor absorção pela cultura anterior resultou na maior disponibilidade do nutriente para o girassol. O maior contato do P com o solo implica menor disponibilidade do elemento para as plantas, ocasionada pela rápida formação de P não lábil (NOVAIS; SMYTH, 1999). Isso justifica os menores valores de P-disponível no solo e a produtividade das plantas dos tratamentos PS, P1 e P2.

Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Mn na folha índice do girassol foram maiores quando se aplicou o P na cultura do algodoeiro, cultivada anteriormente (Tabela 3). O teor de N na folha foi semelhante aos valores apontados por Martinez et

al. (1999) e por Zobiolo et al. (2010). O de P foi muito abaixo, comparado aos mesmos trabalhos. O de Mn foi maior que o considerado adequado por Martinez et al (1999). Diferenças relacionadas às cultivares utilizadas, à disponibilidade de nutrientes e às condições climáticas, dentre outras, justificam as variações nos teores de nutrientes encontrados neste estudo em relação a outros na literatura. Os teores de K, Ca, S e B foram superiores aos valores referenciais, compreendidos nos intervalos de 20-27 g kg<sup>-1</sup> de K; 17-22 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 5-7 g kg<sup>-1</sup> de S; 50-70 mg kg<sup>-1</sup> de Boro, ao passo que o teor de Mg permaneceu próximo ao considerado ideal para o desenvolvimento da cultura (MARTINEZ et al., 1999; PRADO; LEAL, 2006). O adequado crescimento do sistema radicular, estimulado pelo P, contribuiu para maior absorção de nutrientes e maiores teores encontrados na folha (GRANT et al., 2001). Isso justifica os maiores teores de nutrientes no girassol, quando se aplicou o P no algodoeiro.

Os teores de P e Ca encontrados na folha índice do girassol foram influenciados pela aplicação parcelada do P no algodoeiro cultivado anteriormente (Tabela 4). As aplicações em

semeadura (PS) e parceladas (P1 e P2) não diferiram entre si quanto ao teor desses nutrientes e foram menores que na aplicação parcelada (P3). A maior disponibilidade de P observada na aplicação parcelada (P3) explica os maiores teores de P. A adequada disponibilidade de P contribui para maior crescimento do sistema radicular, maior transpiração e, por consequência, maior teor de Ca.

Os teores de Cu, Fe e Zn na folha índice não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 2). De acordo com os padrões de referência propostos por Martinez et al. (1999), os teores de Cu e de Fe na folha índice ficaram abaixo da faixa de concentração considerada ideal para o girassol, enquanto os de Zn ficaram dentro da faixa considerada adequada. Solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica geralmente apresentam menor disponibilidade de Cu e de Fe (Abreu et al., 2007).

O número de dias para os estádios R5 e R6 (Tabela 2) diferiu em relação aos de Thomaz (2008) na região de Ponta Grossa - PR, que verificou maior duração dos períodos fenológicos. Do mesmo modo, Silva et al. (2007), ao avaliarem lâminas de irrigação sobre duas cultivares em Lavras - MG, encontraram valores da ordem de 50 e 85 dias, respectivamente, para a mesma cultivar do presente trabalho. Diversos fatores influenciam na duração do ciclo e dos períodos fenológicos da cultura, como região, temperatura, época de semeadura e as cultivares utilizadas na pesquisa.

Para altura média das plantas, os resultados são próximos aos encontrados por Thomaz (2008). Para a variável em estudo, ensaios em condições de campo confirmam a contribuição de parâmetros como água e temperatura no aumento da altura das plantas (SILVA et al., 2007). A interação épocas de semeadura x cultivar também é tida como fator de incremento na altura das plantas. Alves et al. (2010) afirmam que é possível serem obtidas médias, teoricamente, de no máximo 173 cm na altura de plantas com aplicação de doses de fósforo de 235 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, valores que indicam a influência da adubação sobre as características vegetativas da referida cultura.

Para a variável número de folhas em R1 (Tabela 2), foram encontrados maiores valores que os relatados por Alves et al. (2010). Estes autores obtiveram médias de 8,9; 10,1; 10,6 e 11,6 folhas por planta com a aplicação das doses 0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. O teor de P disponível no solo antes da semeadura do girassol é classificado como baixo, sem aplicação do P e, de médio, com a aplicação das doses 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no algodoeiro cultivado anteriormente. O teor de P médio e o baixo poder tampão do solo da área experimental influenciaram para que não ocorresse resposta no número de folhas com a aplicação do P. As diferenças no número de folhas no estádio R1 entre este trabalho e o obtido por Alves et al. (2010) se devem especialmente às diferentes cultivares utilizadas em cada pesquisa.

## CONCLUSÕES

A aplicação de maior parcela da dose do total de P em cobertura no algodoeiro resultou em maior produtividade da cultura do girassol em sucessão.

A aplicação da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no algodoeiro, em Neossolo Quartzarênico, permitiu o alcance de produtividade de 2232 kg ha<sup>-1</sup> na cultura do girassol em sucessão.

Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Mn foram positivamente influenciados pelas doses de fósforo. A maior parcelada do fertilizante fosfatado aplicado em cobertura no algodoeiro aumentou os teores foliares de P e de Ca no girassol.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, pela concessão de recursos financeiros para execução do trabalho e bolsa de iniciação científica. Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado. À empresa Heliagro, pelo fornecimento das sementes utilizadas no experimento.

---

**ABSTRACT:** The residual nutrients of a crop can be significant for the productivity of other crops in succession. The objective was to evaluate the residual effect of phosphate fertilization on productivity and nutrient content in the index leaf of cultivated sunflower in succession to cotton. The experiment was installed in Quartzanic Neosol. We adopted the randomized block design in factorial scheme with three replications. The treatments consisted of P doses (60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) x split four ways PS, P1, P2, and P3 (100/0, 80/20, 60/40, 40/60% of the applied dose at sowing and at 35 DAE in coverage respectively) and a treatment without P application. Phosphate fertilizer was applied to grown cotton before sunflower. We evaluated the number of days for R1, R5, and R6 stages, the number of leaves, and plant height in R1 and R5, the mass of a thousand seeds, the nutrient content in the index leaf, and sunflower productivity. The application of 60 kg ha<sup>-1</sup> dose of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in cotton has allowed the productivity achievement of 2232 kg ha<sup>-1</sup> in sunflower crop in succession. The greater portion of P dose application for covering the cotton plant (P3 = 60%) resulted in higher

productivity of sunflower in succession, as well as in higher foliar content of P and Ca. N, P, K, Ca, Mg, S, B, and Mn sunflower foliar content were positively influenced by phosphorus application on cotton grown previously.

**KEYWORDS:** *Helianthus annuus*. Phosphorus fertilization. Split.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, 2007. p. 646-736.
- AFFÉRI, F. S.; BRITO, L. R.; SIEBENEICHLER, S. C.; PELUZIO, J. M.; NASCIMENTO, L. C.; OLIVEIRA, T. C. Avaliação de cultivares de girassol, em diferentes épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins, safra 2005/2006. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**. Belém, v. 4, n. 7, 2008.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements** - FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma, 2006.
- ALVES, G. M. R.; DINIZ, K. C. A.; SANTOS, P. A.; SILVA, N. R. M.; COSTA, F. E.; SOARES, C. S. Desenvolvimento do girassol sob adubação fosfatada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 595-599.
- AQUINO, L. A. **Parcelamento do fósforo na cultura do algodão irrigado em neossolo quartzarênico**, 2009. 86f. (Tese de doutorado – Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. EMBRAPA - CNPSO, Documentos n. 58, Londrina, EMBRAPA- CNPSO, 1997. 24 p.
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; SILVEIRA, J. M.; OLIVEIRA M. C. N.; SFREDO, G. J. Fertilização N, P e K em girassol. In: Reunião Nacional de Girassol, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p. 47
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**. Potafos, Piracicaba, n. 75, 5p. 2001.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; FORMIGA, R. A.; SILVA, F. B. R.; BURGOS, N.; MEDEIROS, L. A.; LOPES, O. P.; MELO FILHO, H. R. L.; PESSOA, S. G. P.; LIMA, P. C. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais – área de atuação da Sudene**. Recife: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1979. p. 10-11.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E. (Ed.). **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2ª Ed. Piracicaba, SP, Potafos, p. 115-230, 1997.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. p. 143-170.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.  
PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

SACHS, L. G.; PORTUGAL, A. P.; FERREIRA, S. H. P.; IDA, E. I.; SACHS, P. J. D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

SAEG. **Sistema para análises estatísticas**. Versão 9.1, Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SILVA, M. de L. O.; FARIA, M. A. de; MORAIS, A. R. de; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. de C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa**, PR, 2008. 92f. (Dissertação de Mestrado, Agricultura) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

VILLALBA, E. O. H. **Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai**, 2008, 100 f. (Dissertação de Mestrado, Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, DE C.; OLIVEIRA, F. A. DE; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 34, p. 425-433, 2010.