

ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DO GIRASSOL SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E BORO

Leandro Gonçalves dos Santos¹, Ubiratan Oliveira Souza², Dário Costa Primo³,
Petterson Costa Conceição Silva⁴, Anacleto Ranulfo dos Santos⁵.

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Sousa, Brasil.
E-mail: leandro.ifpb@gmail.com

²Mestre em Ciências Agrárias, UFRB, Cruz das Almas, Brasil.

³Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, UFPE, Recife, Brasil.

⁴Estudante de Agronomia, UFRB. Bolsista CNPq, Cruz das Almas, Brasil.

⁵Professor Adjunto do CCAAB, UFRB, Cruz das Almas, Brasil.

RESUMO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta de grande potencial econômico podendo ser utilizada na rotação de culturas, como cicladora de nutrientes no perfil do solo, na alimentação animal e na produção de óleo e biodiesel. O objetivo deste estudo foi analisar o estado nutricional da cultura do girassol híbrido "Helio 358" em diferentes níveis de fósforo e boro no solo, cultivado em sistema convencional no município de Cruz das Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo coeso, no período de Julho a Novembro de 2008. No estudo do efeito das doses de P e B sobre os teores de nutrientes na parte aérea, na ocasião do florescimento (53 DAE), assumiu-se o delineamento em blocos completos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas de boro (0 e 2 kg ha⁻¹ de B). No estudo da marcha de absorção, o delineamento estatístico foi o de blocos completos ao acaso, com três repetições e cinco épocas de coleta (23, 38, 53, 83 e 98 DAE). Em cada coleta avaliou-se o teor de N, P, K, Ca, S e B nas hastes, folhas, pecíolos e capítulos. De forma geral os teores de N, P, K e S reduziram nos componentes da parte aérea com a idade da planta. O acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: nas folhas o Ca>N>K>S>P>B; nas hastes o K>Ca>N>S>P>B; nos pecíolos o Ca>K>N>S>P>B; e nos capítulos o K>N>Ca>P>S>B. O girassol extrai grande quantidade de K, mas aproximadamente metade do que foi acumulado é exportado pelos capítulos. Pouco fósforo foi extraído, mas quase sua totalidade foi exportada pelos capítulos.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L., índices fisiológicos, adubação fosfatada.

NUTRITIONAL CONDITION OF SUNFLOWER CULTIVATION SUBMITTED TO PHOSPHORUS AND BORON TILLERING

ABSTRACT

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a plant of high economic potential can be used in crop rotation, cycling of nutrients in the soil, in animal feed and production of oil and biodiesel. The purpose of this study was to analyse the nutritional conditions of the hybrid sunflower "Helio 358" with different levels of phosphorus and boron in the soil, cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried out in the campus of the Bahia Reconcavo Region Federal University, in cohesive Yellow Latosol, during the period from July to November 2008. To study the effect of the P and B doses over the nutrients rates in the aerial parts, during the blossom (53 DAE), it was used a totally random blocks design, with three repetitions and factorial schema 5x2, involving five phosphorus's doses), five phosphorus doses (0; 40; 80; 120 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and two of Boron (0 and 2 kg ha⁻¹ of B). In the study of the absorption pace, the statistic design was of two complete random blocks, with three repetitions and five harvest seasons (23, 38, 53, 83 and 98 DAE). In each harvest the N, P, K, Ca, S and B import in the stems, leaves, petioles and chapters was evaluated. In general the N, P, K and S imports decreased in the aerial parts as they get mature. The nutrients accumulation occurred in the following decreasing order: in the leaves the Ca>N>K>S>P>B; in the stems K>Ca>N>S>P>B; in the petioles the Ca>K>N>S>P>B; and in the chapters the K>N>Ca>P>S>B. The sunflowers extracts great quantities of phosphorus, but approximately a half of what was accumulated is exported by the chapters. A little phosphorus was extracted, but almost all of it was exported to the chapters.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., nutrients accumulation, basal tailoring.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta que possui características muito especiais no que se refere ao seu potencial econômico, e por apresentar grande adaptação às condições edafoclimáticas. Com a extração do óleo, principal produto do girassol, se obtém a "torta" que é um resíduo de elevada qualidade nutricional que pode ser utilizado juntamente com a planta na alimentação animal (CASTRO & FARIAS, 2005). Para CASTRO & OLIVEIRA (2005), o girassol pode ser cultivado em condições de fertilidade semelhantes a da soja e do milho, sendo ideal na rotação de culturas, promovendo a ciclagem de nutrientes no perfil do solo e melhorando sua fertilidade.

Na região do Recôncavo Baiano predominam os Latossolos coesos, que se caracterizam por apresentar horizonte subsuperficial coeso que limita o desenvolvimento de raízes, a aeração e o deslocamento de água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (REZENDE, 2000). Por esta razão o manejo das características químicas e físicas do solo se torna imprescindível para o cultivo do girassol.

O fósforo (P) é um macronutriente essencial e que com frequência encontra-se limitante no solo. É importante no metabolismo vegetal, pois compõe compostos orgânicos e participa diretamente nos processos de transferência de energia na forma de ATP e ADP, síntese de ácidos nucleicos, ativação e desativação de

enzimas (EPSTEIN & BLOOM, 2004), e é componente dos fosfolipídios que integram as membranas vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2006). Sua carência resulta em menor crescimento da planta (SANCHEZ, 2007), reduz o número de folhas e a expansão de sua área (FURLANI, 2004), retarda o florescimento (MALAVOLTA *et al.*, 1997), promove a senescência precoce das folhas mais velhas, prejudica o enchimento dos aquênios e pode resultar num menor rendimento e teor de óleo (ROSSI, 1998). Devido à alta mobilidade do P no tecido vegetal, os sintomas de deficiência são expressos inicialmente nas folhas mais velhas apresentando coloração verde escura que se desenvolvem para um vermelho arroxeado (MARSCHNER, 1995), as quais podem encontrar-se mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O Boro (B) é dentre os micronutrientes, o que tem causado com mais frequência problemas nutricionais no girassol. EPSTEIN & BLOOM (2004), destacam entre as funções mais importantes do B na planta as relacionadas com a estrutura da parede celular e com substâncias pécticas associadas a ela, especialmente na lamela média. DECHEN & NACHTIGALL (2006), citam que o B desempenha papel importante na translocação de açúcares no metabolismo de carboidratos, no crescimento do tubo polínico, na frutificação, no metabolismo de N e na atividade de hormônios. De acordo com MENGEL & KIRKBY (1987) o B influencia na formação de nucleotídeos pela incorporação de fosfato. Com suprimento insuficiente de B, ocorre rápida inibição do crescimento tecidos jovens e de alongação de raízes, devido aos problemas na divisão e alongação celular (BELL, 1997). Os sintomas característicos da deficiência de B é a necrose preta de folhas jovens e gemas terminais (TAIZ & ZEIGER, 2006), resultando em diminuição da área foliar, e podendo ainda ocorrer acúmulo de compostos nitrogenados em tecidos mais velhos, pequeno volume de raízes e abortamento floral (DECHEN & NACHTIGALL 2006).

Conhecer a necessidade nutricional e sua distribuição na planta, em cada estágio de desenvolvimento, assim como a percentagem exportada pela colheita e presente nos resíduos restituídos ao solo, são informações importantes que podem auxiliar no programa de adubação da cultura. Dessa maneira é possível estabelecer de maneira eficiente a quantidade de nutriente a ser disponibilizado nos distintos estágios fisiológicos da cultura (VILLAS-BOAS, 2001). No caso do fósforo, essas informações têm importância ainda maior, pois além do lado econômico, existe a preocupação ambiental, pois este nutriente pode causar eutroficação em águas superficiais.

Assim o objetivo deste trabalho foi determinar o acúmulo e exportação de nutrientes (N, P, K, Ca, S e B) nos componentes da parte aérea em várias fases de desenvolvimento pela cultura do girassol e em função da aplicação de fósforo e boro, em condições de campo na Região do Recôncavo da Bahia.

METODOLOGIA

Em condições de campo, o experimento foi realizado na área experimental do pavilhão de Química da UFRB, localizado no município de Cruz das Almas – BA, situado a 226 m de altitude (12°40' S; 39°06' W), em Latossolo Amarelo coeso, textura média, no período de Julho a Novembro de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Aw tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5°C e umidade relativa do ar de 80%. A

pluviometria média anual é de 1100 mm, com chuvas freqüentes no inverno (de maio a julho) e ocorrência de trovoadas em novembro de dezembro.

Amostras de solo da área experimental foram coletadas e apresentou as seguintes características na camada arável (0–20 cm): pH H₂O de 5,1; pH CaCl₂ de 4,3; 0,2 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 0,13 cmolc dm⁻³ de K⁺; 0,6 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 1,5 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 2,2 cmolc dm⁻³ de H + Al; 0,1 mg dm⁻³ de B e 12,4 g dm⁻³ de Matéria Orgânica. A caracterização química foi realizada de acordo com os procedimentos propostos em Embrapa (1999).

Baseado na análise química do solo procedeu-se a calagem e gessagem. Aplicou-se 1,2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, sendo essa quantidade determinada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, levando em consideração o poder tampão do solo em função da textura, a tolerância máxima de 5% de saturação por alumínio e uma exigência mínima de 3,0 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺ + Mg²⁺ (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Ainda seguindo a recomendação destes autores, aplicou-se 1,2 t ha⁻¹ de gesso agrícola determinado em função da textura do solo, e quando a saturação por alumínio fosse maior que 10% ou o nível de cálcio inferior a 0,5 cmolc dm⁻³.

Utilizou-se sementes de girassol híbrido “Helio 358” da Helianthus do Brasil, que têm como características o porte médio e maturação fisiológica aproximada de 90 dias após emergência (DAE). A semeadura foi realizada no mês de Julho, em sistema de cultivo convencional. Aos 15 DAE procedeu-se o desbaste de maneira a garantir 32 plantas a cada 10 metros, com uma população final equivalente a 45000 plantas por hectare, seguindo a recomendação de SILVEIRA *et al.* (2005).

No estudo do efeito das doses de P e B sobre os teores de nutrientes na parte aérea, na ocasião do florescimento (53 DAE), assumiu-se o delineamento estatístico de blocos completos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas de boro (0 e 2 kg ha⁻¹ de B). No estudo da marcha de absorção, o delineamento estatístico foi o de blocos completos ao acaso, com três repetições e cinco épocas de coleta (23, 38, 53, 83 e 98 DAE).

O fósforo foi aplicado no sulco de plantio abaixo e ao lado da semente, na forma de Superfosfato triplo. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico juntamente com a adubação de cobertura, aos 30 e 60 DAE. Além dos tratamentos estudados, aplicou-se também 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 80 kg ha⁻¹ de N, na forma de Cloreto de potássio e Uréia, respectivamente. Essa adubação complementar foi fracionada em três partes, sendo uma no plantio e o restante juntamente com o boro, seguindo a recomendação da EMBRAPA para a cultura (BALLA *et al.*, 1997).

A precipitação pluviométrica acumulada desde a semeadura até a colheita foi de 366,4 mm, e a média mensal de 73,3 mm, como segue na figura 1. As parcelas com área de 25,6 m² foram constituídas de 10 linhas com 3,2 m de comprimento cada, espaçadas a 0,70 m nas entrelinhas e 0,31 m entre plantas, com uma população de 45000 plantas por hectare. De cada parcela foi desprezada uma linha de bordadura de cada lado e duas plantas das extremidades de cada linha.

Em cada coleta foram amostradas quatro plantas e particionadas em haste, pecíolo, folha e capítulo, e em seguida foram secas a 65°C em estufa com circulação de ar forçada até obtenção de massa constante. Posteriormente esse material foi triturado em moinho tipo Wiley e submetido a análises químicas.

Para determinação do N, o material vegetal triturado foi submetido à digestão sulfúrica (TEMMINGHOFF & HOUBA, 2004) e quantificado pela destilação de Kjeldahl (MIYAZAWA *et al.*, 1999). Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg e S, seguiu-se a metodologia descrita por MIYAZAWA *et al.* (1999), com obtenção do extrato pela digestão nitroperclórica. O P foi determinado por colorimetria do azul de molibdênio, o K por fotometria de chama, o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o S por turbidimetria. Para determinação do teor de B, a amostra foi incinerada em mufla a 550°C, e em seguida determinado por colorimetria de azometina H. As variáveis em estudo foram submetidas à análise de variância e havendo significância, procedeu-se o estudo de regressão.

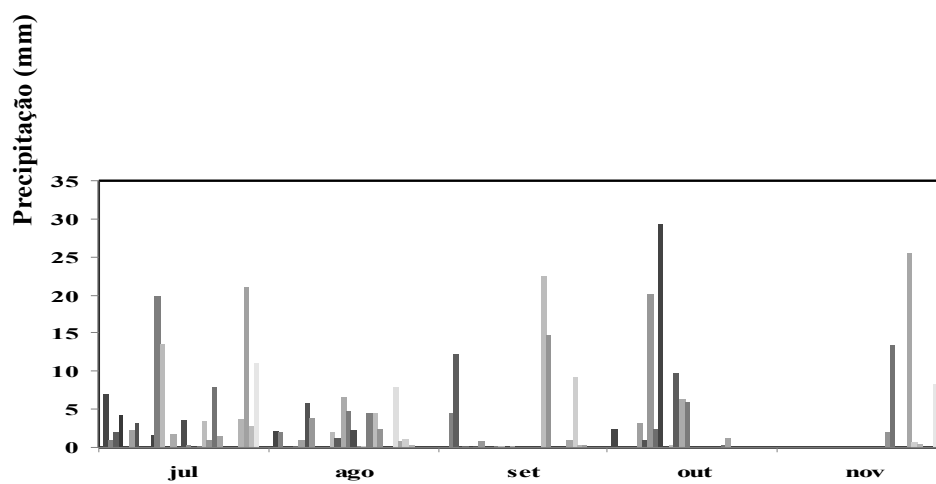


FIGURA 1. Precipitação pluvial no período de julho a novembro (dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Embrapa/CNPMPF). UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo do girassol híbrido, “Helio 358”, foi de 98 dias entre a emergência e a maturação fisiológica, nos tratamentos com aplicação de fósforo, enquanto que sem este elemento o ciclo foi de 106 dias. Os teores de N, P, K, Ca, S e B nos componentes da parte aérea, haste, pecíolo, folha e capítulo, foram influenciados pela idade da planta, como segue no (Tabela 1).

TABELA 1. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao teor de nutrientes ao longo do desenvolvimento do girassol “Helio 358”. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Partição	FV	GL	QM					
			N	P	K	Ca	S	B
Haste	Idade	4	15,84**	0,35**	160,8**	0,85**	0,06**	2877,8**
	Bloco	2	0,243	0,001	32,5**	0,0004	0,001	205,3
	Erro	143	0,130	0,003	1,020	0,0477	0,002	169,9
	CV(%)		33,81	47,22	22,55	25,69	40,87	26,93
Pecíolo	Idade	4	10,9**	0,39**	245,0**	5,76**	0,09**	1259,4**
	Bloco	2	0,344	0,006	26,3**	0,27	0,005	52,48
	Erro	143	0,157	0,026	1,68	0,47	0,004	139,6
	CV(%)		29,56	109,59	23,84	31,87	46,88	16,66
Folha	Idade	4	33,4**	0,27**	42,5**	22,9**	0,09**	11889**
	Bloco	2	0,57	0,003	7,24**	0,151	0,03*	767,1
	Erro	143	0,57	0,003	0,24	0,412	0,006	1458,1
	CV(%)		20,11	29,91	16,68	24,40	23,43	48,08

* e **, significância, a 5% e 1% pelo teste de F, respectivamente.

O teor de N nas partições da parte aérea reduziu à medida que a planta se desenvolvia (Figura 2A). Os maiores teores de N foram encontrados na seguinte ordem decrescente: Folhas>Capítulos>Pecíolos>Hastes. Nas folhas o maior teor de N, 5,14%, foi encontrado aos 23DAE, o qual foi decrescendo até o final do ciclo, chegando a 2,63% aos 98 DAE. No florescimento (53 DAE) o teor foliar de N foi 3,79%, considerado por CASTRO & OLIVEIRA (2005) como suficiente ou médio.

O N foi o nutriente mais requerido para formação das folhas. O girassol por apresentar alta taxa de crescimento, tem o N como elemento essencial na formação de compostos orgânicos e de novos órgãos (TAIZ & ZEIGER, 2006). A curva de distribuição do teor de N nas hastes e no pecíolo, ao longo do desenvolvimento da planta, apresentou comportamento e valores próximos. Aos 53 DAE o teor de N nas hastes foi de 0,86%, valor este quatro vezes inferior ao encontrado nas folhas. Entre o início do florescimento e enchimento de aquênios, CASTRO & OLIVEIRA (2005) encontraram teor de N nas hastes variando de 0,4 a 1%. O maior teor de N encontrado no capítulo foi 2,71% aos 53 DAE, momento da floração plena, reduzindo para 2,1% no final da maturação fisiológica dos aquênios. Essa redução de 22,5% no teor N dos capítulos pode ser atribuída ao N que foi incorporado à matéria seca das flores e que não foi quantificada no momento da última coleta.

O maior teor de P (0,46%) foi encontrado nos capítulos aos 53 DAE (Figura 2B). De acordo com ARAUJO & MACHADO (2006), os grãos constituem a principal reserva de P da planta, acumulando-se principalmente na forma de fosfato de inositol. FAQUIN (1994) cita que a fitina representa cerca de 70% do P total em sementes de cereais. O maior teor foliar de P foi de 0,33% aos 23 DAE, reduzindo para 0,18% no momento da floração, indicando a alta redistribuição de P para a parte reprodutiva da planta, assim como ocorreu nas hastes e nos pecíolos, onde essa redução foi ainda maior. SACHS *et al.* (2006), encontrou um teor médio de P total nos aquênios de 0,49%. CASTRO & OLIVEIRA (2005) consideram um teor

foliar de P suficiente ou médio entre 0,29 e 0,45% no início do florescimento. MELLO *et al.* (2006) encontrou um teor médio na silagem de híbridos de girassol, variando entre 0,30 e 0,46%. Comparada com a faixa de 0,4 a 0,7% de P como indicada por MALAVOLTA *et al.* (1997), o teor de P nas folhas encontra-se adequado.

O potássio foi o nutriente encontrado em maior teor nos tecidos da planta na seguinte ordem decrescente: Pecíolo>Haste>Folha>Capítulo (Figura 2C). O teor de K foi menor conforme ocorreu o crescimento da planta, indicando sua grande necessidade na fase inicial. No pecíolo foliar o maior teor de K foi 8,58% aos 23 DAE, reduzindo drasticamente para 1,86% ao final do ciclo da cultura. Essa redução ao final do ciclo esta relacionada em grande parte a senescência natural das folhas após o enchimento dos aquênios. Nas hastes a redução do teor de K foi de 7,88% as 23 DAE para 3,98% no momento do florescimento, e chegando ao final do ciclo com 2,56. De acordo com MEURER (2006) o teor de K no estágio inicial de crescimento é mais elevado, decrescendo nos estádios mais avançados, devido à menor atividade da raiz e à menor quantidade do elemento metabolicamente absorvido, assim como foi observado neste estudo.

Nas folhas o teor máximo de K encontrado, foi 4,38% aos 23 DAE, enquanto que no florescimento e no final do ciclo, este teor foi de 3,25% e 1,62%, respectivamente. Essa redução no teor de K com desenvolvimento da planta foi relatado por MEURER (2006). Os resultados encontrados estão de acordo com CASTRO & OLIVEIRA (2005), que consideram um teor foliar de K suficiente ou médio entre 3,1 e 4,5% no início do florescimento. Em silagem de híbridos de girassol MELLO *et al.* (2006), encontrou um teor médio de K variando entre 2,06 e 2,65%. Nos capítulos a variação no teor de K foi baixa, passando de 2,66% no florescimento a 2,25% na colheita. Embora o teor de K tenha sido alto nos componentes da parte aérea no início do desenvolvimento da planta, principalmente nos pecíolos e hastes, pouca quantidade desse nutriente é exportada através dos aquênios na colheita, assim como relatado por CASTRO & OLIVEIRA (2005).

O maior teor de S encontrado nas folhas foi aos 23 DAE, variando muito pouco até os 68 DAE (Figura 2D), onde decresce abruptamente para 0,12% no final do ciclo. Contudo considerado como suficiente por CASTRO & OLIVEIRA (2005), no florescimento. Dos 34 aos 47 DAE, o teor deste elemento reduziu de 0,12% para 0,08%.

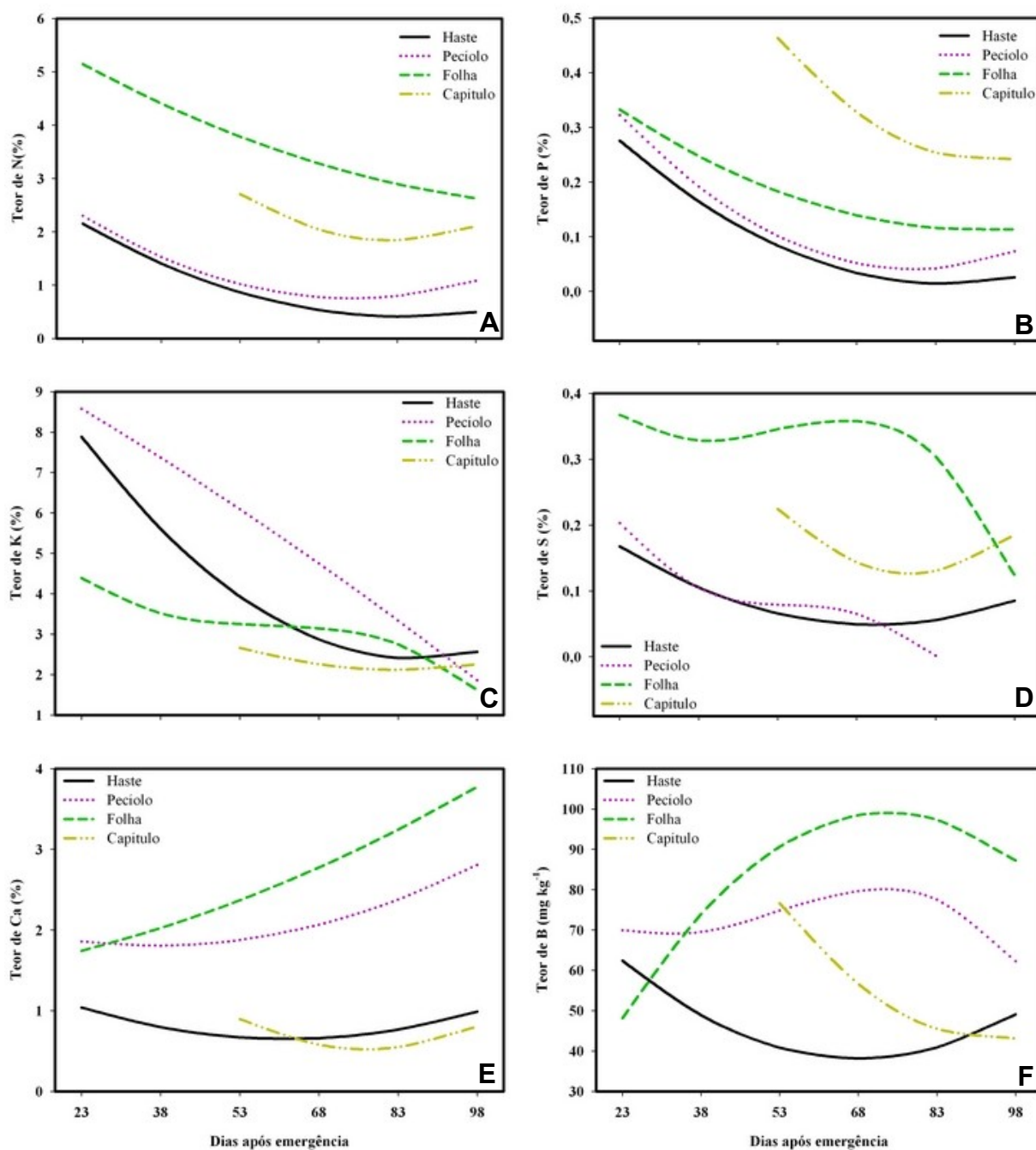


FIGURA 2. Teor de nutrientes nos componentes da parte aérea do girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Dentre os macronutrientes estudados, o cálcio foi o único que apresentou teor crescente com a idade da planta, nas folhas e pecíolos (Figura 2E). O maior teor de Ca, 3,77%, foi obtido nas folhas ao final do ciclo. Isso demonstra a exigência de Ca pela cultura até o final do ciclo, sendo importante a presença deste elemento na solução do solo em quantidades adequadas de maneira a não afetar a produção. CASTRO & OLIVEIRA (2005) sugerem um teor mínimo de $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ no solo para a cultura do girassol. A baixa mobilidade do Ca na planta (VITTI *et al.*, 2006) explica a elevação do seu teor nos tecidos com a idade da planta, assim como foi observado por GRANGEIRO (2007) em beterraba.

Até o período do florescimento houve intensa assimilação de B nas folhas, reduzindo somente ao final do enchimento dos aquênios (Figura 2F). O maior teor de B nas folhas foi $99,2 \text{ mg kg}^{-1}$ aos 75 DAE, o que está de acordo com os resultados encontrados por CASTRO *et al.*, (2006), que encontrou correlação linear entre o teor de B nas folhas e a produção de aquênios. Nos capítulos, o teor reduziu de $76,6 \text{ mg kg}^{-1}$ aos 53 DAE para $43,1 \text{ mg kg}^{-1}$ na colheita. Valores inferiores foram encontrados no girassol por SFREDO & SARRUGE (1990). FAQUIN (1994) cita que a exigência de B para o processo reprodutivo é bem maior do que para o crescimento vegetativo das plantas.

Quanto ao teor de nutrientes na parte aérea do girassol, a interação PxB demonstrou efeito significativo apenas para o teor de B nas hastes (Figura 3C). O suprimento de fósforo teve maior influência no acúmulo que no teor de nutrientes nos componentes da parte aérea na época do florescimento.

No florescimento o teor de N e S nas hastes e pecíolos, e o teor de K nas hastes, apresentaram comportamento semelhante à medida que aumentou as doses de P fornecidas, com redução destes nutrientes nos componentes citados (Figura 3). A aplicação de 146 kg ha^{-1} de P_2O_5 promoveu o menor teor de N e K nas hastes (Figura 3A e 3B), enquanto que 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , promoveu o menor teor de N e S nos pecíolos (Figura 3A e 3D).

Ainda no florescimento, o teor de B nas hastes aumentou com a elevação das doses de P fornecidas, sendo ainda maior quando interagida com 2 kg ha^{-1} de B. Já nos capítulos o teor deste elemento reduziu com a aplicação de doses maiores de P (Figura 3C).

O maior acúmulo total observado de N, P, K, S e B, na parte aérea do girassol foi com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Já o maior acúmulo total de Ca na parte aérea observado foi obtido com a aplicação da maior dose de P (Tabela 2), o que pode indicar que a eficiência na absorção de Ca é melhorada com a presença de P em maior quantidade no solo. Embora o aumento das doses de P, não tenha promovido o aumento no teor de alguns nutrientes na parte aérea do girassol, o acúmulo apresentou um efeito crescente à medida que se elevou as doses de P. Isso se deve ao acúmulo de matéria seca ter sido bastante influenciado pela aplicação do fertilizante fosfatado.

Para uma população de 45000 plantas por hectare, o acúmulo de nutrientes pelo girassol ao final de seu ciclo, indicou a retirada de 79,36, 7,96, 103,97, 59,76 e $7,31 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P, K, Ca e S, e de $2,42 \text{ g ha}^{-1}$ de B, respectivamente. A quantidade de N extraída do solo pela planta está de acordo com a recomendação de adubação nitrogenada proposta por BALLA *et al.* (1997), que é 80 a 90 kg ha^{-1} de N.

Observou-se que a acumulação de P foi baixa em relação a outros macronutrientes e quando comparada com a quantidade fornecida na adubação,

contudo o girassol foi muito responsivo a aplicação deste elemento. A maior taxa de exportação, 86%, foi observada para o elemento P pelos capítulos (Tabela 3). Isso mostra a necessidade de fazer a reposição deste elemento, de maneira a suprir as necessidades da cultura subsequente evitando assim o seu esgotamento no solo.

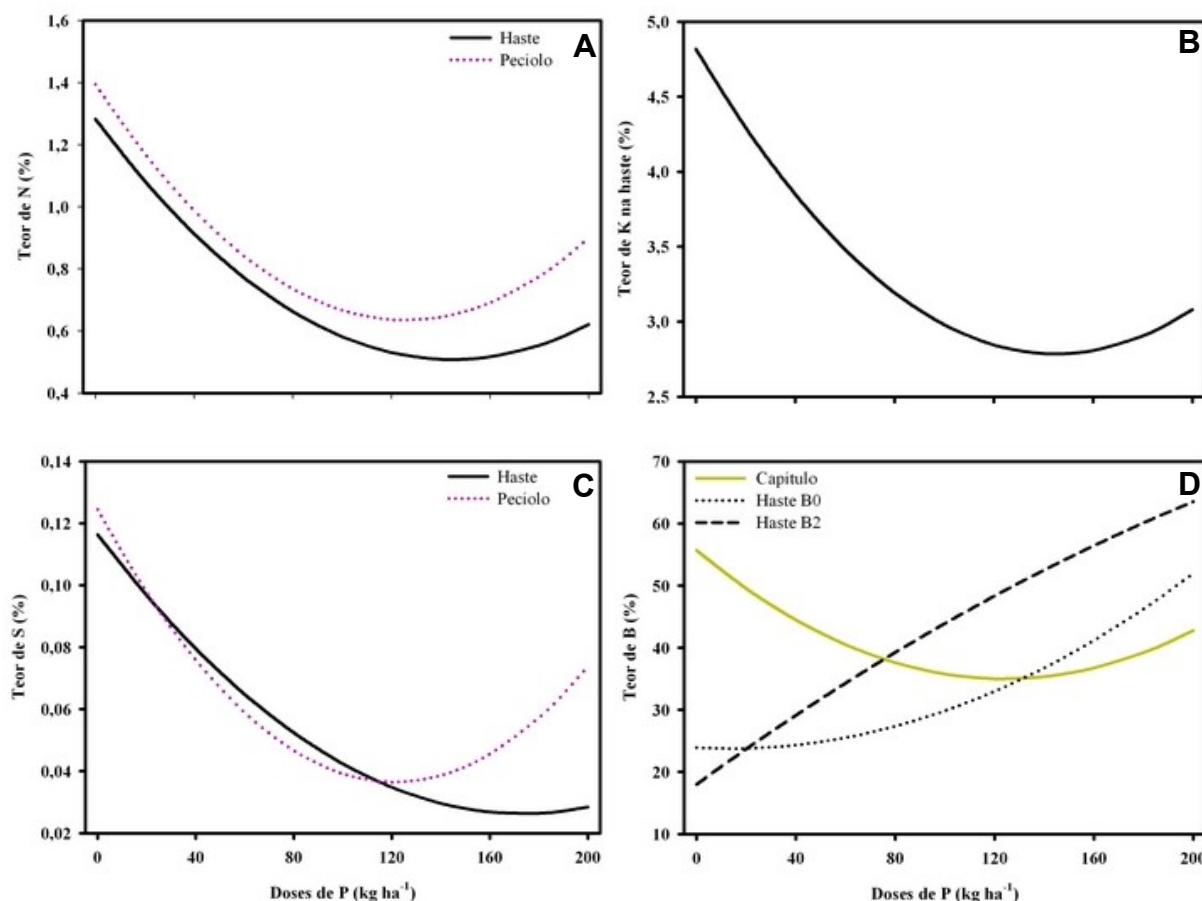


FIGURA 3. Teor de N nas hastes e pecíolos (A), teor de K nas hastes (B), teor de B nas hastes e capítulos (C) e teor de S nas hastes e pecíolos (D), no período do florescimento, em função das doses de fósforo estudadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

TABELA 2. Quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea do girassol “Helio 358” ao final do ciclo, em função da aplicação de fósforo. Médias estimadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Fósforo (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	S	B
	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹
0	30,5	1,9	37,5	22,2	2,9	0,8
40	67,3	6,8	86,4	48,3	6,5	2,0
80	92,6	10,0	120,7	67,3	8,9	2,8
120	106,5	11,6	140,2	79,2	10,0	3,3
200	99,8	9,5	135,1	82,8	8,3	3,1
CV(%)	19,63	47,79	30,12	23,41	52,09	25,49

A taxa de exportação seguiu a seguinte ordem decrescente: P>N>S>K>Ca>B. O N exportado correspondeu a 71% do total acumulado e o S 62%, porém a exigência pela planta foi amplamente suprida pela adubação nitrogenada, e com a incorporação do gesso agrícola antes do plantio. A alta absorção de K pela planta condiz com a recomendação de 80 kg ha⁻¹ desse elemento sugerida por CASTRO & OLIVEIRA (2005) em solos que apresentam baixa concentração deste elemento. Embora o K tenha sido o elemento mais acumulado na parte aérea, sua exportação foi de 56%.

O conhecimento da taxa de exportação de nutrientes pela cultura é fundamental para o planejamento da adubação, de maneira a fornecer as quantidades mínimas requeridas pela planta e estimar a quantidade que volta para o solo através da decomposição de seus resíduos. Dos 23 kg ha⁻¹ de N, 1,1 kg ha⁻¹ de P, 45 kg ha⁻¹ de Ca e 2,8 kg ha⁻¹ de S que retornam ao solo, mais da metade corresponde ao que foi acumulado nas folhas, que é um componente da planta de rápida decomposição. O K e o B retornam ao solo em maior quantidade através das hastes, 45 kg ha⁻¹ e 1,3 g ha⁻¹, respectivamente.

TABELA 3. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pelos capítulos do girassol “Helio 358” ao final do ciclo. Média dos tratamentos aplicados. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Partição	N	P	K	Ca	S	B
	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹
Hastes	4,91	0,34	35,50	13,53	1,10	0,63
Pecíolos	1,38	0,09	2,13	4,42	0,13	0,10
Folhas	16,36	0,71	7,80	26,74	1,53	0,60
Capítulos	56,71	6,82	58,54	15,07	4,55	1,09
Total	79,36	7,96	103,97	59,76	7,31	2,42
% Exportada	71	86	56	25	62	45

A baixa taxa de exportação de Ca é explicada pela baixa mobilidade deste elemento na planta, tornando difícil sua redistribuição para os capítulos. O B teve maior acumulação nos capítulos, exportando 45% da quantidade assimilada pela planta. No caso do cultivo de uma cultura subsequente ao girassol, deve-se ter o cuidado de verificar sua sensibilidade ao micronutriente B, pois praticamente metade do que foi assimilado volta ao solo podendo essa concentração ser limitante.

CONCLUSÕES

1. De forma geral os teores de N, P, K e S reduziram nos componentes da parte aérea com a idade da planta.

2. Em ordem decrescente o acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem: nas folhas o $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{S} > \text{P} > \text{B}$; nas hastes o $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{S} > \text{P} > \text{B}$; nos pecíolos o $\text{Ca} > \text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{P} > \text{B}$; e nos capítulos o $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{P} > \text{S} > \text{B}$.
3. O girassol extraiu grande quantidade de K exportando através dos capítulos, aproximadamente metade do que foi acumulado pela planta.
4. O P foi pouco extraído, contudo quase sua totalidade assimilada foi exportada pelos capítulos.

AGRADECIMENTO

A CAPES pela concessão da bolsa de Pós-Graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.252-280.
- BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).
- BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.149-168.
- CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. eds. **Girassol no Brasil**. Londrina, Embrapa Soja, 2005, p.161-218.
- CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F.; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, 30:214-220, 2006.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. eds. **Girassol no Brasil**. Londrina, Embrapa Soja, 2005, p.317-374.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. ed. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999. 370p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina, Andrei, 2004, 403p.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, ESAL/FAEPE, 1994, 227p.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. ed. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

GRANGEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.; SOUZA, B.S.; AZEVÊDO, P.E.; OLIVEIRA, S.L.; MEDEIROS, M.A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.31, n.2, p.267-273, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London, Academic Press, 1995, 889p.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; QUEIROZ, A.C.; MIRANDA, E.N.; MAGALHÃES, A.L.R.; DAVID, D.B.; SARMENTO, J.L.R. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35:1523-1534, 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987, 686p.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.F. ed. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.281-298.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. ed. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, p.173-223.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba, Tecnoagro, 1998, 333p.

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador, SEAGRI-SPA, 2000, 117p.

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

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. eds. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M.; PORTUGAL, F.A.F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. eds. **Girassol no Brasil**. Londrina, Embrapa Soja, 2005, p.375-409.

SFREDO, G.J.; SARRUGE, J.R. Acúmulo de micronutrientes em plantas girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 25:499-503, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4.ed. Sunderland, Sinauer Associates, 2006, 719p.

TEMMINGHOFF, E.E.J.M.; HOUBA, V.J.C. **Plant analysis procedures**. 2.ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004, 179p.

VILLAS-BOAS, R.L. **Doses de nitrogênio para pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. Botucatu, 2001, 123f. Tese (Livre docência), Universidade Estadual Paulista.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.F. ed. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.