

## ESTADO NUTRICIONAL DE SORGO CULTIVADO SOB ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO FOSFATADA<sup>1</sup>

Douglas Alexandre Saraiva Leão<sup>2</sup>, Antonio Lucineudo de Oliveira Freire<sup>3</sup>, José Romilson Paes de Miranda<sup>4</sup>

### ABSTRACT

MACRO AND MICRONUTRIENTS CONTENT OF SORGHUM UNDER WATER STRESS AND PHOSPHATE FERTILIZATION

Low phosphorus availability and water stress are among the factors that have limited agricultural yield in soils of tropical regions. Based on that, an experiment was carried out to evaluate the effect of water stress and phosphorus levels on the nutrients accumulation in the shoots of sorghum plants (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), BR-304 mid-cycle cultivar. The experimental design was randomized blocks arranged in a 2x4 factorial scheme, being two water regimes (with and without water stress) and four phosphorus levels (0 mg dm<sup>-3</sup>, 50 mg dm<sup>-3</sup>, 100 mg dm<sup>-3</sup>, and 150 mg dm<sup>-3</sup>), with 4 replications. Plants were kept in pots (up to 9 kg of soil) and water stress was imposed 45 days after emergence, and persisted until growth stopped and apical leaves curled. Water stress reduced K accumulation and phosphorus fertilization increased the N, P, Ca, S, Mn, and Fe, and reduced the Zn absorption. The supply of P above 125 mg dm<sup>-3</sup> reduced macronutrients accumulation in sorghum plants.

KEY-WORDS: *Sorghum bicolor* (L.) Moench.; drought tolerance; mineral nutrition; forage plant.

### RESUMO

A baixa disponibilidade de P e o estresse hídrico estão entre os fatores que mais têm limitado a produção agrícola em solos de regiões tropicais. Com base nisto, conduziu-se um experimento, com o objetivo de avaliar o efeito do estresse hídrico e de doses de fósforo no acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), cultivar BR-304, de ciclo médio. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x4, com 4 repetições, sendo dois regimes hídricos (com e sem estresse hídrico) e quatro doses de fósforo (0 mg dm<sup>-3</sup>, 50 mg dm<sup>-3</sup>, 100 mg dm<sup>-3</sup> e 150 mg dm<sup>-3</sup>). As plantas foram mantidas em vasos com capacidade para 9 kg de solo e o estresse hídrico foi imposto aos 45 dias após a emergência e persistiu até que fossem observados a parada do crescimento e o enrolamento das folhas do ápice. O estresse hídrico reduziu o acúmulo de K na parte aérea das plantas e a adubação fosfatada proporcionou aumento na absorção de N, P, Ca, S, Mn e Fe e redução na absorção de Zn. O fornecimento de P acima de 125 mg dm<sup>-3</sup> causou redução no acúmulo de macronutrientes nas plantas de sorgo.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor* (L.) Moench.; tolerância à seca; nutrição mineral; forrageira.

### INTRODUÇÃO

O crescente aumento de áreas plantadas com sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), no Brasil, é evidência do seu potencial na alimentação animal. Esta forrageira apresenta produção de matéria seca mais elevada que o milho, especialmente em condições marginais de cultivo, como em solos de baixa fertilidade e locais onde a ocorrência de veranicos é frequente (Stone et al. 1996). Sua utilização, para a produção de silagem, também vem crescendo a cada

ano, principalmente nas regiões onde esta cultura se sobressai (Souza et al. 2003). Caracteriza-se, ainda, por elevada tolerância ao estresse hídrico, fato que tem despertado, nos produtores, o interesse por esta cultura (Stone et al. 1996), constituindo-se em alternativa viável para a produção de forragem, em épocas que apresentam déficit de precipitação.

O fósforo (P), essencial ao crescimento, desenvolvimento e à reprodução das plantas, está associado à fotossíntese, divisão celular e utilização de açúcares e amido (López-Bucio et al. 2002) e

1. Trabalho recebido em nov./2009 e aceito para publicação em jan./2011 (nº registro: PAT 8285/ DOI 10.5216/pat.v41i1.8285).

2. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, PB, Brasil.

E-mail: douglasaraiva@hotmail.com.

3. Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Patos, PB, Brasil.

E-mail: lofreire@cstr.ufcg.edu.br.

4. Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Tecnologia Agroalimentar, Patos, PB, Brasil.

E-mail: paesr@hotmail.com.

desempenha importante papel no processo de formação de sementes. Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicial, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (Raij 1991). Na planta, encontra-se na forma de DNA (ácido desoxirribonucléico), RNA (ácidos ribonucléicos), polímeros de nucleotídeos, ésteres, fósforo inorgânico (Pi) e ATP (Malavolta et al. 1997). É um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado, principalmente, pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicial (Gahoonia et al. 1994).

De acordo com Fageria et al. (2004), o baixo teor de fósforo disponível nos solos é a principal limitação nutricional para a produção agrícola nos trópicos e subtropicais. Os solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade deste nutriente, causando redução no perfilhamento, retardando o desenvolvimento das gramíneas forrageiras (Rossi & Monteiro 1999) e reduzindo a produtividade das pastagens e, conseqüentemente, o índice zootécnico dos animais (Corrêa & Haag 1993).

Existem poucas informações relativas à nutrição e adubação do sorgo forrageiro na literatura. Cândido et al. (2002) afirmam que, apesar do grande potencial produtivo da cultura, as produções são irregulares nas diversas regiões, em decorrência tanto da não utilização dos híbridos/cultivares mais adaptados às condições edafoclimáticas locais, como, também, da não correção de deficiências nutricionais no solo. Salientam, ainda, que a observância destes aspectos proporcionaria aumento na produção e melhoria na qualidade da forragem. Testando o superfosfato triplo e o fosfato reativo de Arad como fontes de P em gramíneas forrageiras, Ramos et al. (2009) observaram que o sorgo, cultivado em Latossolo, apresentou melhores resultados de produção de massa seca, quando recebeu 250 mg dm<sup>-3</sup> de P na forma de superfosfato triplo.

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo no acúmulo de macro e micronutrientes, na parte aérea de plantas de sorgo submetidas ao estresse hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado, no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/UFPG), Patos, PB (7°01'28"S e 37°16'48"W).

Coletou-se solo de um Neossolo litólico, à profundidade de 0-20 cm, que, após secagem e peneiramento, foi submetido a análise química, revelando pH em água = 5,8; H+Al = 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 6,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K = 0,38 mg dm<sup>-3</sup>; e P = 7,5 mg dm<sup>-3</sup>.

As plantas cresceram em recipientes plásticos com volume de 11,5 dm<sup>3</sup>, contendo 9 kg do solo onde receberam adubação, em solução, com o N fornecido na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (112 mg dm<sup>-3</sup>), utilizando-se 36 mL vaso<sup>-1</sup>, parcelados em três aplicações. O P, que variou em função dos tratamentos testados, foi fornecido pelo uso de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (14,4 mL vaso<sup>-1</sup>; 28,8 mL vaso<sup>-1</sup>; e 43,2 mL vaso<sup>-1</sup>, respectivamente, para os tratamentos 50 mg dm<sup>-3</sup>, 100 mg dm<sup>-3</sup> e 150 mg dm<sup>-3</sup>). O K foi complementado pelo uso de KCl, uma vez que o fornecido pelo KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> não seria capaz de suprir as necessidades da planta. Para evitar excesso de K, foram fornecidas quantidades diferentes de KCl, que variaram em função do tratamento de P (0 mg dm<sup>-3</sup> de P = 43,2 mL vaso<sup>-1</sup>; 50 mg dm<sup>-3</sup> de P = 28,8 mL vaso<sup>-1</sup>; 100 mg dm<sup>-3</sup> de P = 14,4 mL vaso<sup>-1</sup>; e 150 mg dm<sup>-3</sup> de P = 0 de KCl).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2x4, com 4 repetições, correspondendo a dois regimes hídricos (com e sem estresse hídrico) e quatro doses de fósforo (0 mg dm<sup>-3</sup>, 50 mg dm<sup>-3</sup>, 100 mg dm<sup>-3</sup> e 150 mg dm<sup>-3</sup>).

Na semeadura, foram colocadas cinco sementes de sorgo, cultivar BR-304 de ciclo médio, por vaso, sendo realizado desbaste aos 15 dias após a emergência (DAE), deixando-se duas plantas por vaso. A irrigação dos vasos foi efetuada diariamente, com base no peso dos vasos, procurando-se manter o teor de umidade do solo próximo a 60% da capacidade de campo. Decorridos 45 DAE, as plantas foram separadas em dois grupos, sendo que o primeiro foi normalmente irrigado (tratamento sem estresse hídrico), enquanto o outro teve sua irrigação suspensa (tratamento com estresse hídrico). O estresse hídrico foi imposto até que fosse observada a parada do crescimento das plantas e o enrolamento das folhas do ápice, o que ocorreu 15 dias após a suspensão da irrigação (60 DAE).

Ao final do experimento (60 DAE), as plantas foram colhidas e a parte aérea foi colocada para secar em estufa de circulação forçada de ar (65°C), até atingir massa constante. Em seguida, foi efetuada a moagem, para digestão e realização das análises químicas.

No extrato obtido, após a digestão nitroperclórica, foram determinados os teores de P por colorimetria, de K por fotometria de chama, de S por turbidimetria, e de Ca, Mg, Fe, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo-se metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para o N, a destilação e a titulação foram realizadas segundo Bremner & Edwards (1965) e as concentrações determinadas pelo método de Kjeldahl (Liao 1981).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, as médias do fator doses de P ajustadas por equações de regressão e as médias do fator estresse hídrico comparadas pelo teste Tukey (5%). Utilizou-se o programa Statistical Analysis System (SAS 1991), para análise dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada interação significativa entre os fatores e houve efeito significativo do estresse hídrico apenas no acúmulo de K. Possivelmente, o estresse hídrico imposto não foi suficiente para interferir no processo de absorção dos demais nutrientes. Quanto à adubação fosfatada, o efeito foi constatado no acúmulo de N, P, Ca, S, Mn, Fe e Zn.

Verificou-se que os maiores acúmulos de K foram obtidos nas plantas que não foram submetidas ao estresse hídrico (Tabela 1).

Provavelmente, o tempo de imposição do estresse hídrico (15 dias) não foi suficiente para afetar a absorção dos demais nutrientes, não sendo detectada, portanto, diferença entre as plantas com e sem estresse hídrico (Tabela 1). A disponibilidade de nutrientes para as raízes é altamente dependente do teor de umidade do solo. Quando as plantas estão sob estresse hídrico, pode ocorrer limitação na absorção de elementos como P e K, que se translocam para as raízes, pelo mecanismo de difusão, mesmo que ocorra fornecimento dos mesmos no solo (Munson & Nelson 1973). Segundo Barber (1974), o déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, devido à água ser o veículo por meio do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicial das plantas, principalmente quando este movimento se dá por fluxo de massa e difusão. A falta de níveis adequados de água no solo leva, obrigatoriamente, à deficiência de nutrientes (Novais et al. 1990).

Silva et al. (2000), avaliando a absorção de nutrientes em duas espécies de eucaliptos, em dife-

Tabela 1. Acúmulo de macro e micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) na parte aérea de plantas de sorgo, cv BR-304, com e sem estresse hídrico (Patos, PB, 2006).

|    | Regime hídrico |              | DMS    | CV (%) |
|----|----------------|--------------|--------|--------|
|    | Sem estresse   | Com estresse |        |        |
| N  | 457,290 a      | 471,210 a    | 69,810 | 19,98  |
| P  | 1,460 a        | 1,440 a      | 0,030  | 2,76   |
| K  | 1,230 a        | 0,620 b      | 0,460  | 6,23   |
| Ca | 0,084 a        | 0,082 a      | 16,360 | 25,60  |
| Mg | 0,012 a        | 0,012 a      | 0,008  | 1,02   |
| S  | 0,026 a        | 0,024 a      | 0,160  | 8,24   |
| Cu | 2,360 a        | 2,120 a      | 0,390  | 25,08  |
| Fe | 0,880 a        | 0,920 a      | 0,060  | 6,20   |
| Mn | 0,069 a        | 0,078 a      | 0,012  | 21,60  |
| Zn | 1,000 a        | 0,960 a      | 0,052  | 5,62   |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,01$ ).

rentes regimes de umidade, verificaram que as plantas que sofreram déficit hídrico apresentaram menores médias de macro e micronutrientes acumulados na parte aérea. Vargas et al. (1983), trabalhando com mecanismos de suprimento mineral para o milho, em solos do Rio Grande do Sul, também constataram menor absorção de P, K, Ca e Mg, em plantas submetidas ao déficit hídrico. Estes resultados concordam, pelo menos em relação ao K, com os obtidos neste estudo.

Em relação aos efeitos da adubação fosfatada, verifica-se que, à medida que se aumentou a dose de P fornecida às plantas, ocorreu aumento no acúmulo de N, P, Ca e S, na parte aérea das plantas (Figura 1). No entanto, este aumento apresentou resposta quadrática para o N, Ca e S, com o maior acúmulo ocorrendo quando utilizaram-se 121 mg dm<sup>-3</sup>, 125 mg dm<sup>-3</sup> e 126 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente.

Em relação ao P, o aumento foi linear. Aumentos no acúmulo de macronutrientes em plantas, em função do aumento no fornecimento de P, também foram observados por vários autores. Em plantas de milho, Gill et al. (1992) observaram que, à medida em que houve elevação na concentração de P no meio, houve aumento no acúmulo de P na parte aérea das plantas. Souza et al. (1999), trabalhando com *Brachiaria brizantha* e *Stylozanthos guianensis*, constataram aumento nas concentrações foliares de Ca, com resposta quadrática, atingindo valores máximos nas doses 261 mg dm<sup>-3</sup> e 220 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Em aveia-preta, Nakagawa et al. (2003) observaram elevação no acúmulo de Ca, na proporção em que ocorreu incremento nas doses de P. Neves et al. (2004) também observaram resposta quadrática para plantas de andiroba, em função de

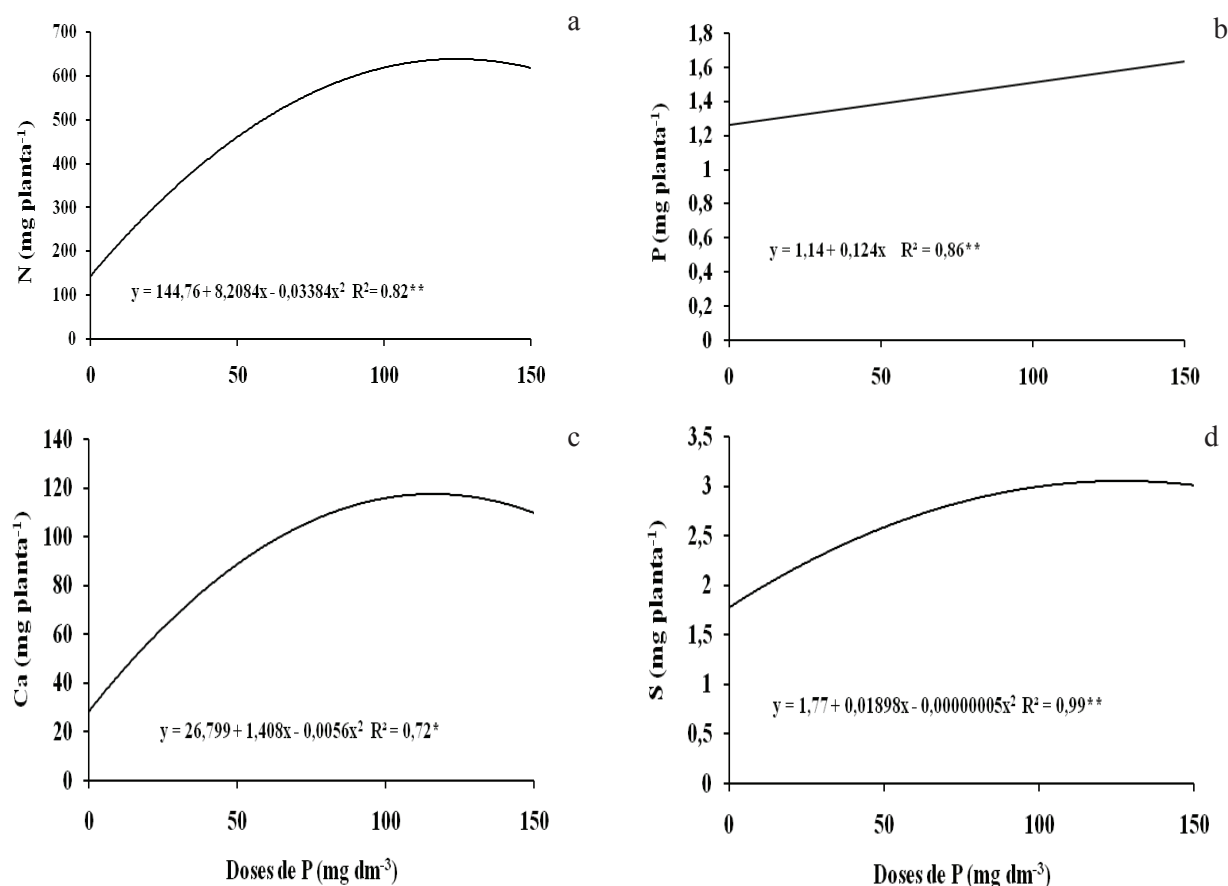


Figura 1. Acúmulo de N (a), P (b), Ca (c) e S (d) na parte aérea de plantas de sorgo, cv BR-304, em função do aumento das doses de P (Patos, PB, 2006).

diferentes doses de P. Contrariamente ao observado neste trabalho, Prado et al. (2005) constataram redução linear no acúmulo de S, na parte aérea de plantas de maracujá amarelo, à medida em que as doses de fósforo no substrato aumentaram.

O aumento no fornecimento de P proporcionou aumento na absorção de Mn e Fe, com respostas quadrática e linear, respectivamente (Figura 2). O maior acúmulo na parte aérea, para manganês, foi observado em  $104 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. Existe, na literatura, carência de pesquisas relacionando a absorção de micronutrientes, em função do fornecimento de P. Raij (1991) enfatiza que, em quantidades adequadas, o P estimula o desenvolvimento radicial, favorecendo, desta forma, a absorção de nutrientes. Nakagawa et al. (2003) afirmam que o aumento nos teores de nutrientes, na parte aérea das plantas com adubação fosfatada, deve ser reflexo do maior desenvolvimento das plantas, proporcionado pela adição de fósforo em solo com baixo teor do elemento, favorecendo a absorção e o acúmulo dos mesmos.

No entanto, houve redução no acúmulo de Zn, à medida em que houve aumento na dose de P fornecida às plantas (Figura 2), concordando com Gonçalves et al. (1992), os quais constataram redução no acúmulo, em resposta ao aumento na dose de P utilizada. Contrariamente, Fernandes et al. (2007) observaram aumento no acúmulo de Zn, em função da adubação fosfatada, e atribuíram este resultado ao maior crescimento das plantas. Em condições de campo, Coutinho et al. (1987) verificaram que a aplicação de doses elevadas de P reduziu as concentrações de Zn nas folhas de sorgo, sendo este resultado atribuído ao “efeito de diluição”. Na cultura do milho, Coutinho et al. (1991), empregando até  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , não observaram alterações significativas nos teores de Zn nas folhas, se comparados às doses mais elevadas de P e à testemunha.

Muitas pesquisas têm enfatizado que a interação do fósforo com o zinco pode afetar a absorção, a translocação e a concentração destes nutrientes nos tecidos vegetais, provocando relações inadequadas

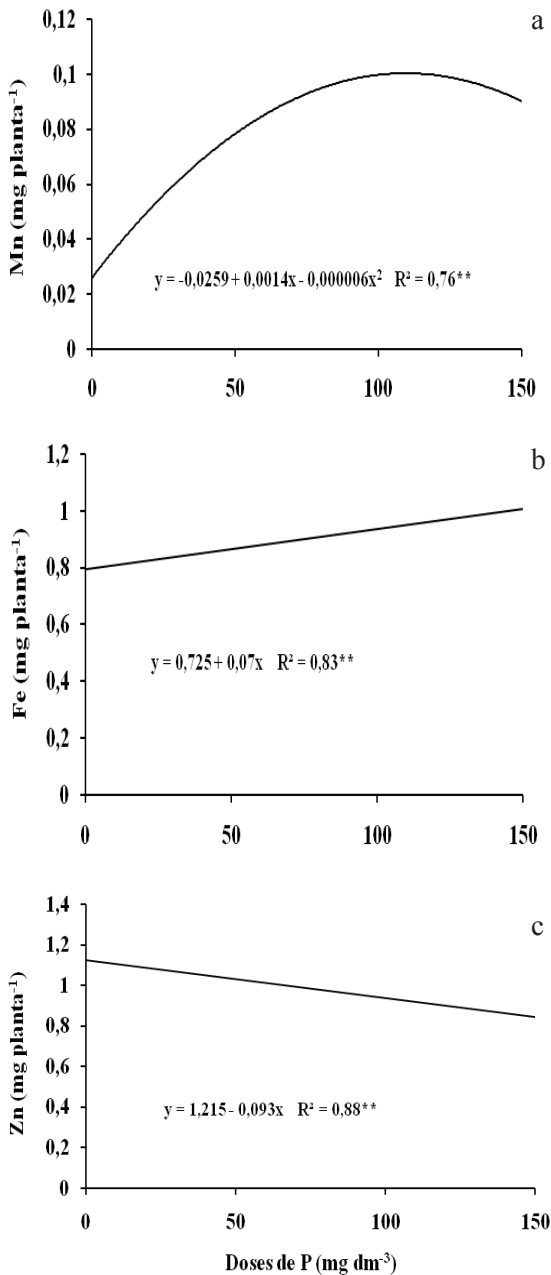


Figura 2. Acúmulo de Mn (a), Fe (b) e Zn (c) na parte aérea de plantas de sorgo, cv BR-304, em função das doses de P (Patos, PB, 2006).

entre os mesmos. Olsen (1972) propõe que o desequilíbrio entre P e Zn, em função de respectivas concentrações excessivas, interfere na função metabólica do Zn ou do P, em certos sítios celulares, podendo causar diminuição da taxa de translocação dos mesmos. Segundo Malavolta et al. (1997) e Mengel & Kirkby (2001), a absorção de zinco diminui, em função das doses de fósforo, pela precipitação como fosfato de zinco.

Em virtude do seu elevado valor nutritivo e alta capacidade de produção de massa seca, em comparação com as demais gramíneas forrageiras (Zago 1997), recomenda-se que mais estudos sejam desenvolvidos, no sentido de se avaliarem as exigências nutricionais desta cultura, principalmente quando cultivada em regiões que apresentam solos com baixa fertilidade e sujeitas a estresse hídrico frequente, como é o caso do semiárido nordestino.

## CONCLUSÕES

1. O estresse hídrico reduziu o acúmulo de K na parte aérea das plantas de sorgo.
2. A adubação fosfatada proporcionou aumento na absorção de N, P, Ca, S, Mn e Fe e redução na absorção de Zn.
3. O fornecimento de P acima de 125 mg dm<sup>-3</sup> foi prejudicial às plantas, por causar redução no acúmulo de macronutrientes.

## REFERÊNCIAS

- BARBER, S. A. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E. W. (Ed.). *The plant root and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 524-564.
- BREMNER, J. M.; EDWARDS, A. P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 29, n. 5, p. 504-507, 1965.
- CÂNDIDO, M. J. D. et al. Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 20-29, 2002.
- CORRÊA, L. A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico: II. Experimento em campo. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 109-116, 1993.
- COUTINHO, E. L. M. et al. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. *Científica*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 93-104, 1991.
- COUTINHO, E. L. M. et al. Diagnóstico da nutrição fosfatada na cultura do sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 451-457, 1987.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA-FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABADÍA, S. R. S. (Eds.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 435-455.



- FERNANDES, A. R. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.
- GAHOONIA, T. S.; RAZA, S.; NIELSEN, N. E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 159, n. 2, p. 213-218, 1994.
- GILL, M. A.; SALIM, R. M.; ZIA, M. S. Maize growth and uptake of phosphate and copper at different ambient phosphate concentrations. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 8, n. 4, p. 631-636, 1992.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 4, ed. especial, p. 463-469, 1992.
- LIAO, C. F. H. Deward's alloy method for total nitrogen determination. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 45, n. 5, p. 852-855, 1981.
- LÓPEZ-BUCIO, J. L. et al. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. *Plant Physiology*, Waterbury, v. 129, n. 1, p. 244-256, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MUNSON, R. D.; NELSON, W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L. M.; BEATON, I. D. *Soil testing and plant analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 223-248.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S. J. Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em aveia-preta. *Cultura Agrônômica*, Ilha solteira, v. 12, n. 1, p. 125-141, 2003.
- NEVES, O. S. C. et al. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). *Relações solo-eucalipto*. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-91.
- OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Eds.). *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.
- PRADO, R. M.; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 27, n. 3, p. 493-498, 2005.
- RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991.
- RAMOS, S. J. et al. Biomass production and phosphorus use of forage grasses fertilized with two phosphorus sources. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 335-343, 2009.
- ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1101-1110, 1999.
- SILVA, W. et al. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 1, p. 147-159, 2000.
- SOUZA, R. F. et al. Micorriza e fósforo no crescimento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solos de baixa fertilidade. *Pasturas Tropicais*, Palmira, v. 21, n. 3, p. 24-30, 1999.
- SOUZA, V. G. et al. Valor nutritivo da silagem de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 753-759, 2003.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE INC. (SAS). *SAS system for linear models*. 3. ed. Cary: SAS Institute Inc., 1991.
- STONE, L. R. et al. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. *Agriculture Water Management*, Amsterdam, v. 30, n. 3, p. 251-259, 1996.
- VARGAS, R. M. B.; MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 143-148, 1983.
- ZAGO, C. P. Silagem de sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p. 47-68.