

ABSORÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM SORGO GRANÍFERO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA ^{1/}

Orozimbo Silveira Carvalho ^{2/}
Luiz Antonio Nogueira Fontes ^{3/}
Waldemar Moura Filho ^{4/}
Antônio Américo Cardoso ^{3/}
Braz Vítor Defelipo ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Há carência de resultados de pesquisa, para as condições brasileiras, que indiquem as necessidades nutritivas da cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e as quantidades de nutrientes que devem ser aplicadas. Normalmente, as adubações baseiam-se nas recomendações existentes para a cultura do milho.

Há indicações, na literatura, de que, em condições tropicais, o bom desempenho do sorgo granífero, em termos de nutrição, está associado ao uso conjunto de nitrogênio e fósforo (2, 14, 15, 17), sendo pequena sua dependência do potássio, em razão, principalmente, da disponibilidade do elemento na maioria dos solos (5,

^{1/} Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Solos e Nutrição Vegetal, para a obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 18-04-1980.

^{2/} EMBRAPA — CNPA. Caixa Postal 174, 58100 Campina Grande, Paraíba.

^{3/} Departamento de Fitotecnia, U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Solos, U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

10, 16).

No sorgo, a acumulação de N, P e K ocorre quase linearmente até a maturação. É mais intensa durante 35 a 42 dias após a emergência e entre 70 e 91 dias, período que coincide com o estágio de enchimento dos grãos, embora haja variação entre híbridos (16, 17).

Trabalhos realizados no exterior têm mostrado que a adubação nitrogenada aumenta a concentração (4, 9, 11) e a quantidade absorvida de N (17), mas sua influência na produção tem sido inconsistente.

A absorção de P é influenciada pela disponibilidade de N no solo, tendo sido observadas correlações significativas e positivas entre quantidade aplicada de N e P absorvido (17). Esses autores indicam, ainda, que a absorção de K foi aumentada 19,1%, em relação à testemunha, com a aplicação de 60 kg/ha de N.

Na tentativa de obter dados que pudessem contribuir para a determinação das exigências nutricionais da planta de sorgo granífero, desde os estádios iniciais de crescimento até a maturação fisiológica, procurou-se desenvolver este estudo, com o objetivo de avaliar a influência da adubação nitrogenada na absorção e distribuição de N, P e K nas diversas partes aéreas da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na localidade denominada Barrinha, município de Viçosa, Minas Gerais, num Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço.

Analisaram-se amostras de material do solo, retiradas a 20 cm de profundidade (Quadro 1).

Desenvolveu-se o experimento com a utilização do delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram sorteadas 20 épocas de amostragens e nas subparcelas 5 doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha de N).

Cada parcela era constituída de quatro fileiras de 13,50 m de comprimento, com espaçamento de 0,60 m. As subparcelas mediam 2,50 m x 2,40 m. Considerou-se como área útil as duas fileiras centrais das subparcelas, desprezando-se 0,50m e 1,00m nas extremidades da subparcela e da parcela, respectivamente.

O terreno em que se instalou o experimento foi preparado convencionalmente, com uma aradura, seguida de duas gradagens. Foi feita adubação básica com 500 kg/ha de superfosfato simples e 50 kg/ha de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Como fonte de nitrogênio utilizou-se o sulfato de amônio. A adubação foi completada com micronutrientes, na base de 50 kg/ha da seguinte fórmula comercial: 9,5% de Fe_2O_3 , 5,5% de MnO_2 , 1% de Cu_2O , 6,5% de ZnO , 7% de B_2O_3 e 0,2% de MoO_3 . A mistura de fertilizante fosfatado, potássico, micronutrientes e 1/3 do nitrogenado foi aplicada por ocasião da semeadura. Os 2/3 de nitrogênio restantes foram aplicados 33 dias após a semeadura, em cobertura.

O cultivar empregado foi o híbrido DeKalb E-57A, utilizando-se excesso de sementes no plantio (28.10.77), executado mecanicamente. O desbaste foi realizado 13 dias após a emergência, deixando-se 20 plantas por metro, correspondendo a uma população de 333.333 plantas por hectare. Os tratos culturais foram os usualmente utilizados para a cultura.

Para determinar a absorção e a distribuição de N, P e K nas diversas partes aéreas da planta, procedeu-se à colheita das subparcelas, com intervalos de 7 dias, a partir do 8.º dia depois da emergência até a maturação fisiológica (8). Colheram-se, em cada época de amostragem, 5 subparcelas/bloco, correspondentes aos níveis de nitrogênio. Na ocasião, as plantas da área útil da subparcela eram corta-

QUADRO 1 - Algumas características físicas e químicas da amostra de material do solo da área experimental

CARACTERÍSTICAS	NÍVEL DA CARACTERÍSTICA ANALISADA
Areia grossa, %	1
Areia fina, %	15
Silte, %	28
Argila, %	56
Classificação textural	Argila
Densidade aparente, g/cm ³	1,0
Densidade real, g/cm ³	2,5
Porosidade total, %	60
pH em água (1:2,5)	6,1
Al trocável, eq. mg/100 g ⁽¹⁾	0,0
Fósforo (P), ppm ⁽²⁾	13,0
Potássio (K), ppm ⁽²⁾	100,0
Ca + Mg, eq. mg/100 g ⁽¹⁾	5,0
Matéria orgânica, % ⁽³⁾	3,1

(1) Extrator: KCl 1 N.

(2) Extrator: North Carolina.

(3) Processo: Walkley - Black.

das rente ao solo e transportadas para o laboratório, onde, depois de lavadas, era feita a separação de cada uma em folha + bainha, caule e panícula. As amostras foram realizadas sempre entre as 7 e as 9 horas.

Depois da secagem em estufa com ventilação forçada, à temperatura de 70°C, o material foi pesado, para que se obtivesse o peso da matéria seca das partes aéreas da planta. Posteriormente, foi triturado e analisado.

O nitrogénio foi determinado pelo processo microkjeldahl, em extrato do material vegetal, obtido por digestão sulfúrica (12). Após mineralização do material vegetal por digestão nitroperclórica, o fósforo presente no extrato foi determinado por colorimetria, adotando-se o método da redução do complexo fosfomolibdico com vitamina C (6). No mesmo extrato, o K foi determinado por fotometria de chama.

As estimativas dos parâmetros em estudo foram submetidas a análise de variância. A comparação das médias estimadas dos parâmetros foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Nitrogénio

Os valores médios de acumulação de nitrogénio pelo total da parte aérea, pe-

la folha, pelo caule e pela panícula de plantas de sorgo granífero estão na Figura 1. A acumulação foi lenta nos primeiros dias depois da emergência, aumentando rapidamente, nas parcelas em que o nitrogenado estava presente, até 71 dias após a emergência, para decrescer com o progresso do ciclo da cultura. Na dose N_0 , a acumulação de N aumentou até 99 dias após a emergência (maturação fisiológica). Esses dados indicam que a aplicação do nitrogenado proporcionou absorção mais rápida do nitrogênio necessário para que a planta atingisse a maturação fisiológica. Resultados semelhantes foram verificados na cultura do sorgo (11) e na cultura do milho (1).

A análise da Figura 1 indica que houve translocação de nitrogênio da folha e do caule para a panícula a partir de 64 a 71 dias após a emergência. Observa-se ainda, para todos os tratamentos que receberam o nitrogenado, que a acumulação de nitrogênio pela panícula foi causada, principalmente, pela translocação desse elemento das partes vegetativas, uma vez que o total de N acumulado pela parte aérea decresceu a partir de 71 dias após a emergência (final da floração) até o final do ciclo da cultura. Entretanto, no nível N_0 , a parte aérea das plantas de sorgo continuou acumulando nitrogênio até a maturação fisiológica (Figura 1).

MALAVOLTA e LOURENÇO (13) sugerem que a análise de folhas do terço médio da planta, por ocasião do emborrachamento (48 dias depois do plantio), fornece indicação satisfatória do estado nutricional da planta. Esses autores encontraram teores de N entre 1,98 e 3,56%, para folhas de plantas deficientes e normais, respectivamente. Neste trabalho, 50 dias após a emergência (Figura 2) verificaram-se teores de N na folha de 0,80, 1,16, 1,46, 1,70 e 1,45, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente. Os menores teores de N encontrados talvez possam ser atribuídos ao fato de se ter analisado a folha juntamente com a bainha, enquanto os resultados de MALAVOLTA e LOURENÇO (13) referem-se apenas às lâminas das folhas. Por outro lado, esses autores trabalharam em solução nutritiva, ao passo que este trabalho foi desenvolvido em condições de campo.

Na maturação fisiológica (99 dias após a emergência), 6,0, 5,2, 6,0, 5,4 e 5,5% do total de N contido na parte aérea estavam no caule, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente (Figura 3). A contribuição da folha para o total de N acumulado tendeu a diminuir com o aumento dos níveis do nitrogenado, ao passo que a participação da panícula aumentou. Na maturação fisiológica, a folha participou com 25,6, 24,9, 20,0, 24,4 e 22,2, enquanto a panícula contribuiu com 68,4, 69,9, 74,0, 70,2 e 72,3% para o total de N da parte aérea, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente. A remoção de nitrogênio pela panícula, na maturação fisiológica, foi de 56,0, 74,2, 98,0, 102,0 e 108,0 kg/ha de N, para as doses de N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente.

3.2. Fósforo

A quantidade de P acumulada (Figura 4) aumentou rapidamente dos 78 dias após a emergência (estádio de grãos leitosos) até a maturação fisiológica, concordando com os resultados de outros trabalhos (16, 17). A partir do estágio de enchimento dos grãos, houve translocação de P da folha e do caule para a panícula. Observa-se, no entanto (Figura 4), que o P proveniente da folha e do caule não foi suficiente para suprir as quantidades de P que foram movimentadas para o interior da panícula, o que indica que as plantas continuaram a absorver P até a maturação fisiológica. Na maturação fisiológica, as panículas haviam acumulado o equivalente a 32,5, 46,0, 56,0, 56,6 e 55,7 kg/ha de P, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente.

Os teores de P na folha e no caule (Figura 5) apresentaram tendências simila-

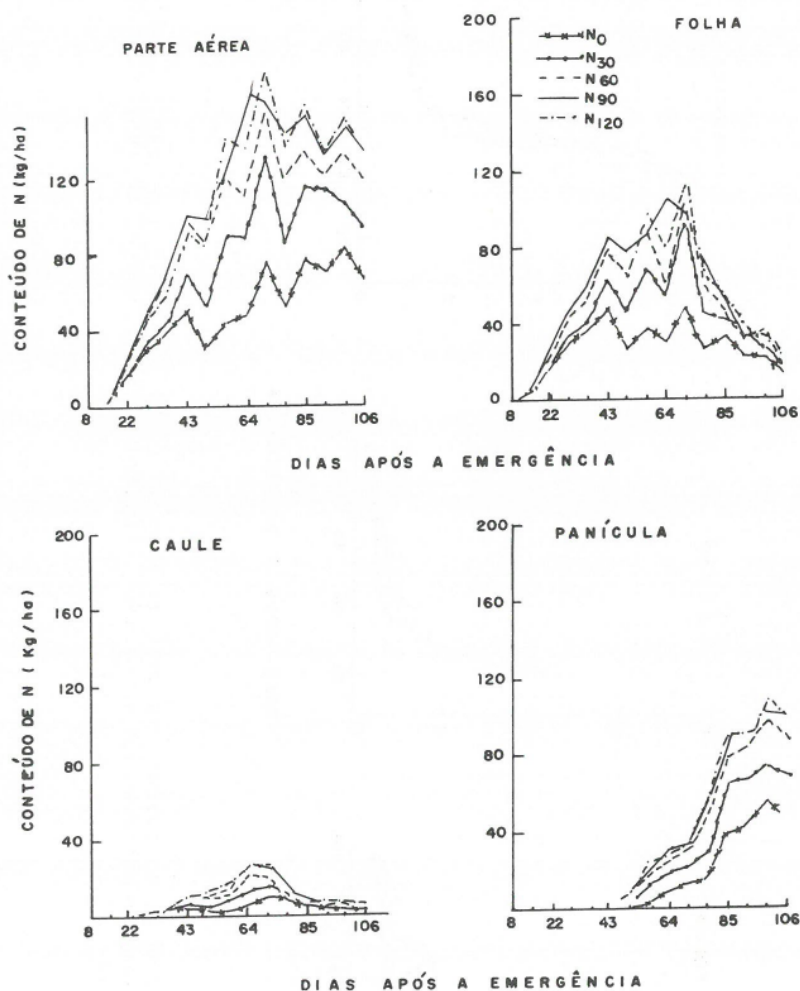


FIGURA 1 - Acumulação de nitrogênio (kg/ha) pelo total da parte aérea, pela folha, pelo caule e pela panícula de plantas de sorgo granífero, em função de doses de nitrogênio.

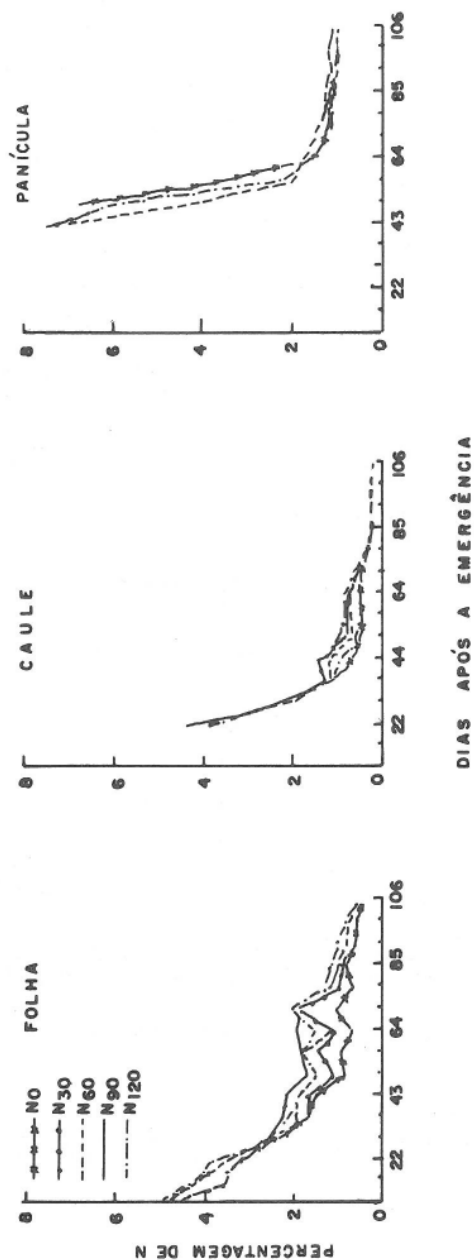
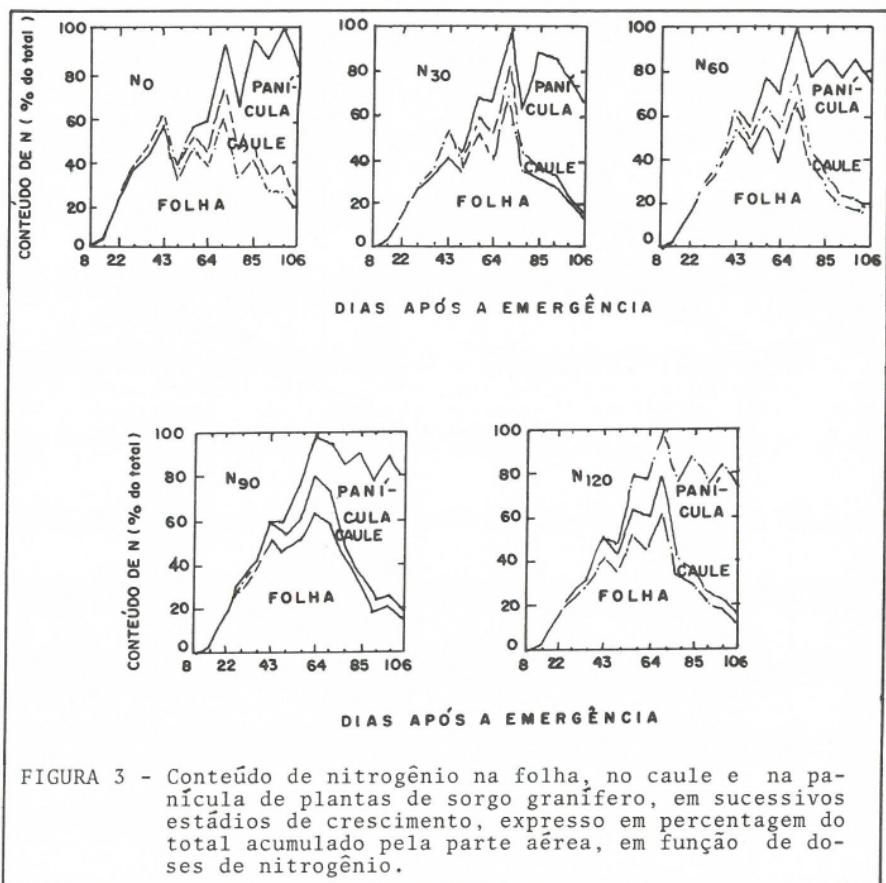


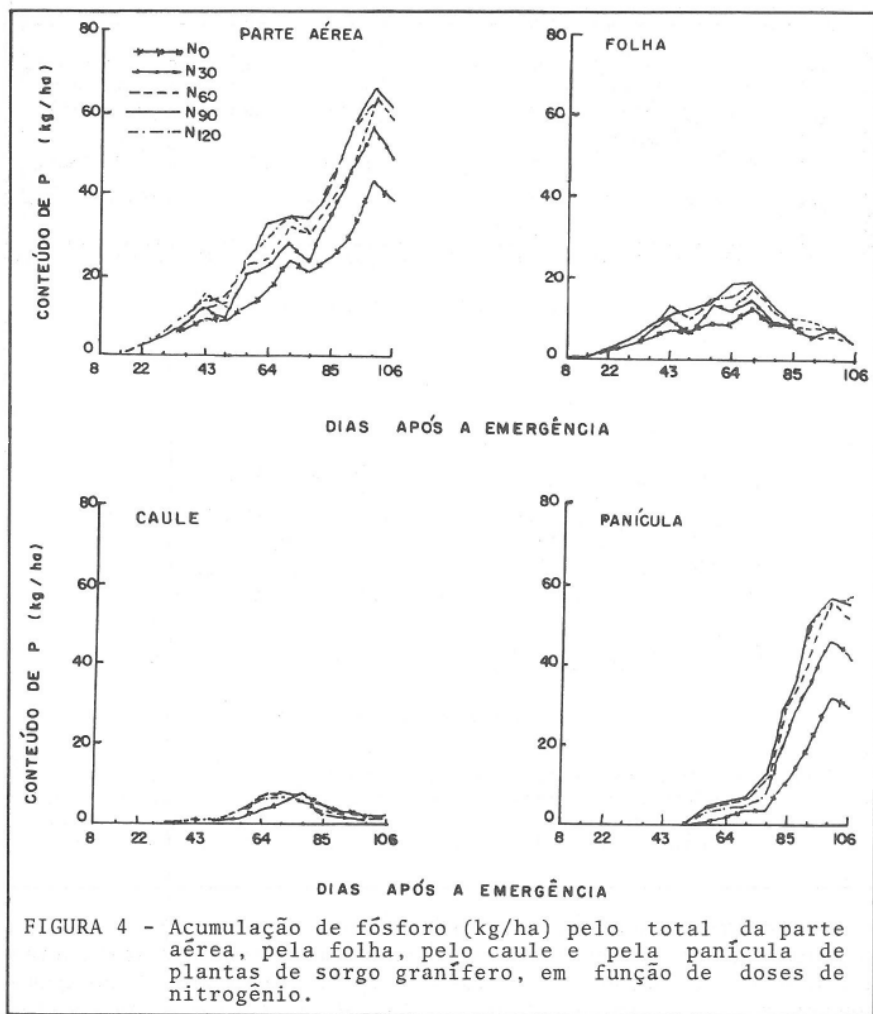
FIGURA 2 - Percentagem de nitrogênio na matéria seca da folha, do caule e da panícula de plantas de sorgo granífero, em sucessivos estádios de crescimento, em função de doses de nitrogênio.



res. Após decréscimo inicial, permaneceram quase constantes até o final do ciclo da cultura. As variações nos teores de P na folha, independentemente dos níveis de N usados, foram menores no período compreendido entre 24 e 69 dias após a emergência. Isso implica que esse período pode ser recomendado para a realização de amostragem de material de folhas para a diagnose foliar, com a finalidade de avaliar o estado nutricional da planta de sorgo granífero.

Os teores de P na panícula (Figura 5), inicialmente altos, decresceram rapidamente, provavelmente em razão da rápida acumulação de matéria seca pela panícula nos estádios iniciais de formação, o que provocou diluição no seu conteúdo de P. Os aumentos dos teores de P verificados após o estágio de grãos leitosos (78 dias) parecem ser consequência de sua translocação da folha e do caule para a panícula, como também de sua absorção do solo.

A contribuição do caule para o total de P acumulado pela planta, na maturação fisiológica, foi de 7,4, 4,8, 2,9, 2,5 e 2,5% para as doses N₀, N₃₀, N₆₀, N₉₀ e N₁₂₀, respectivamente (Figura 6). Enquanto a folha diminuiu sua contribuição ao total de P acumulado pela parte aérea da planta com o aumento dos níveis do nitrogenado, a panícula comportou-se de maneira inversa. Na maturação fisiológica, a folha contribuiu com 18,7, 15,2, 9,8, 13,0 e 11,0, ao passo que 73,9, 80,0, 87,3, 84,5 e 86,5% do total de P acumulado pela planta estavam na panícula, para as doses



NO, N30, N60, N90 e N120, respectivamente.

Os resultados obtidos aproximaram-se dos limites de 70 a 85% de contribuição da panícula ao total de P acumulado pela parte aérea da planta e de 15 a 30% para as partes restantes, indicados por ROY e WRIGHT (17), mostrando que a aplicação do fertilizante nitrogenado proporcionou significativos aumentos no conteúdo de P na parte aérea. A aplicação de 120 kg/ha de N aumentou 46,5% o conteúdo de P da parte aérea, em relação à dose NO. Para os níveis intermediários, verificaram-se aumentos de 30,9, 45,8 e 52,2%.

3.3. Potássio

A acumulação de K pela folha (Figura 7) foi rápida nos estádios iniciais de crescimento. Nos tratamentos com o nitrogenado, as maiores quantidades de K acumuladas pela folha foram observadas em torno de 43 dias após a emergência,

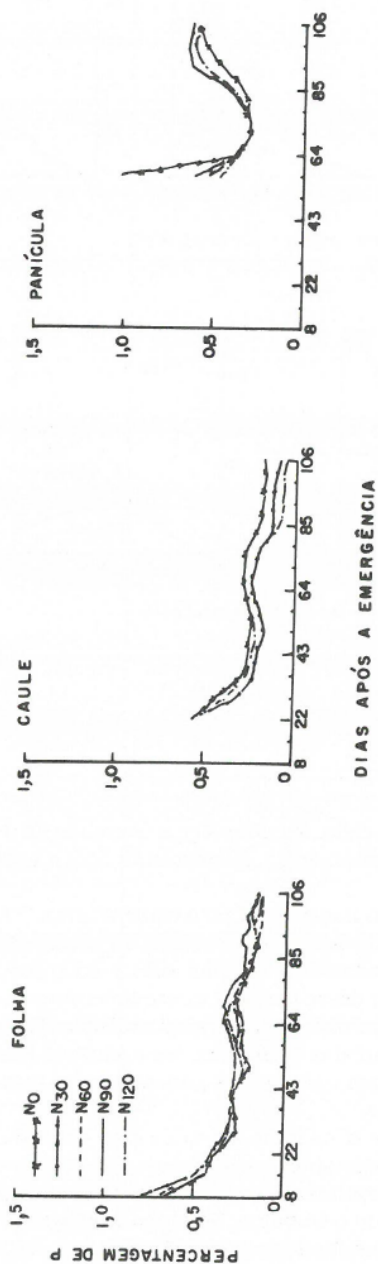


FIGURA 5 - Percentagem de fósforo na matéria seca da folha, do caule e da panícula de plantas de sorgo granífero, em sucessivos estádios de crescimento, em função de doses de nitrogênio.

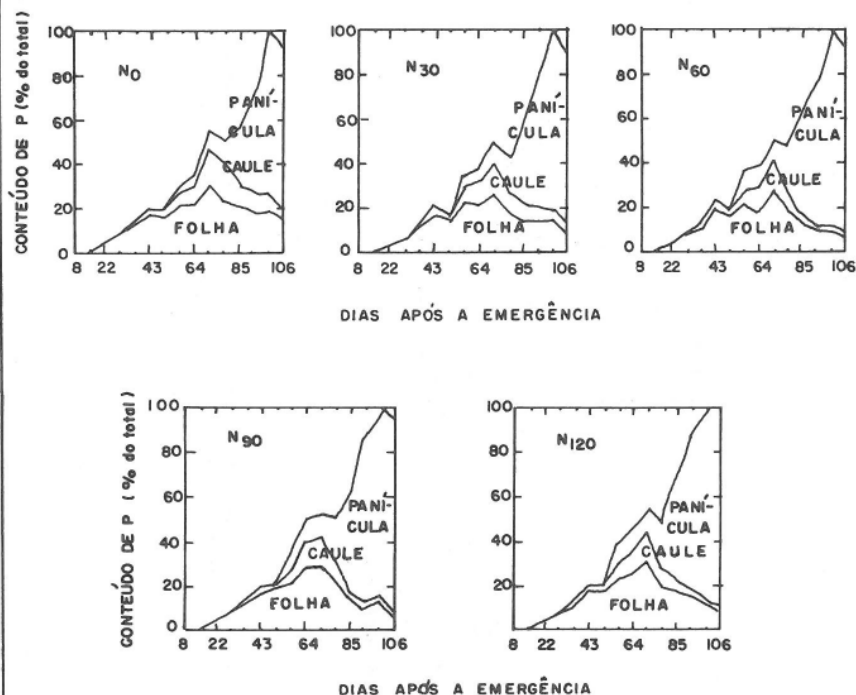


FIGURA 6 - Conteúdo de fósforo na folha, no caule e na panícula de plantas de sorgo granífero, em sucessivos estádios de crescimento, expresso em porcentagem do total acumulado pela parte aérea, em função de doses de nitrogênio.

declinando, depois, até o final do ciclo. Na dose N_0 , a acumulação de K pela folha prolongou-se até 50 dias após a emergência, decrescendo com a evolução do ciclo da cultura.

A tendência da curva de acumulação de K pelo caule (Figura 7) foi semelhante à observada para o total da parte aérea na presença do nitrogenado, com uma acumulação rápida até aproximadamente 43 dias após a emergência; todavia, o conteúdo de K aumentou a partir desse período, quase linearmente, até a maturação fisiológica. No tratamento sem nitrogenado, a acumulação de K pelo caule foi de menor magnitude que nas parcelas adubadas. Na maturação fisiológica, 43,2, 67,0, 91,4, 89,5 e 91,0 kg/ha estavam contidos na panícula, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente.

Comparando os resultados de K na folha, no caule e na panícula obtidos neste trabalho (Figura 8) com outros existentes na literatura (16, 17), parece ter havido um consumo de luxo de K, provavelmente em razão da disponibilidade desse elemento no solo em que foi instalado o trabalho. No emborrachamento (50 dias após a emergência), os teores de K na folha foram de 2,27, 2,26, 2,04, 1,87 e 1,95%, para as doses N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} e N_{120} , respectivamente.

As contribuições das diferentes partes aéreas da planta para o total de K contido na parte aérea aparecem na Figura 9. Confirmando os resultados de outros

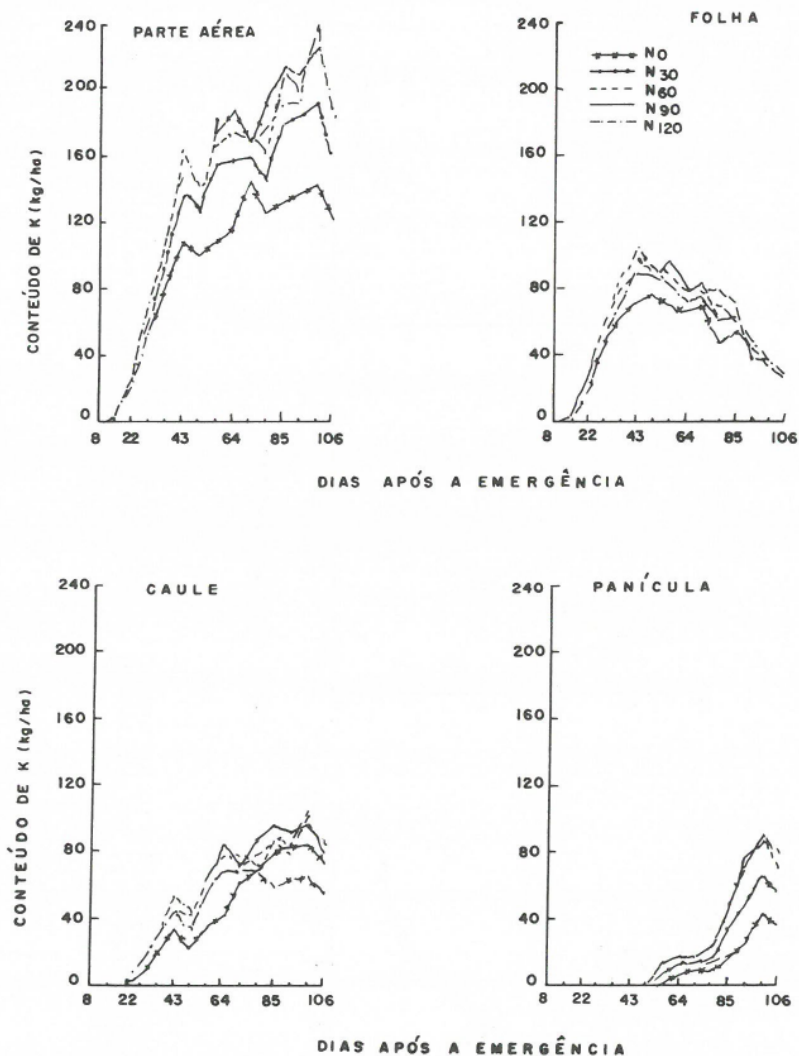


FIGURA 7 - Acumulação de potássio (kg/ha) pelo total, da parte aérea, pela folha, pelo caule e pela panícula de plantas de sorgo granífero, em função de doses de nitrogênio.

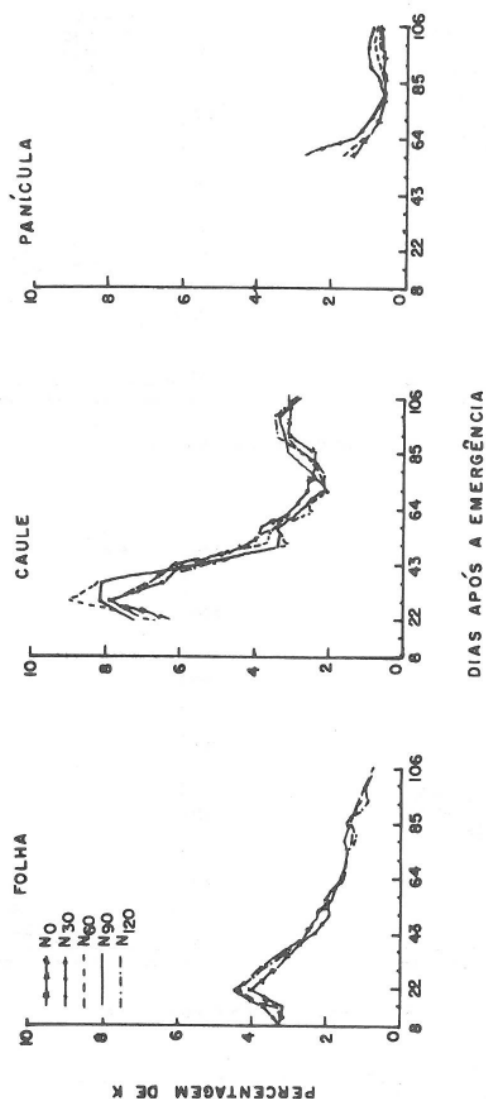
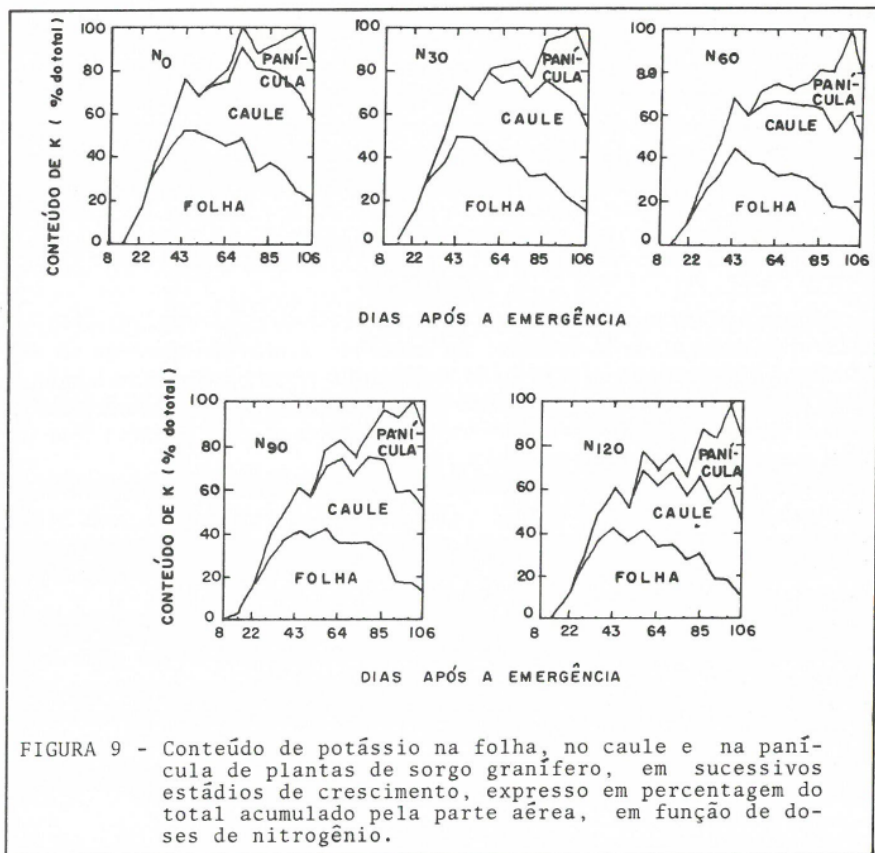


FIGURA 8 - Percentagem de potássio na matéria seca da folha, do caule e da panícula de plantas de sorgo granífero, em sucessivos estádios de crescimento, em função de doses de nitrogênio.



estudos (3, 17), encontrou-se maior contribuição do caule para o total de K acumulado pela parte aérea da planta. Na maturação fisiológica, 45,9, 45,0, 43,0, 43,4 e 44,2% do total da parte aérea estavam contidos no caule, para as doses N₀, N₃₀, N₆₀, N₉₀ e N₁₂₀, respectivamente.

A aplicação do fertilizante nitrogenado proporcionou aumentos de 30,9, 64,4, 57,7 e 68,0% no conteúdo de K da parte aérea das plantas de sorgo granífero, em relação à dose N₀.

Essas observações, de modo geral, são semelhantes às dos trabalhos com culturas de sorgo (16, 17), milho (4) e capim-elefante (7).

4. RESUMO

Na tentativa de obter dados que pudessem contribuir para a determinação das exigências nutricionais da planta de sorgo granífero, desde os estádios iniciais de crescimento até a maturação fisiológica, procurou-se desenvolver este estudo, com o objetivo de avaliar a influência da adubação nitrogenada na absorção e distribuição de N, P e K nas diversas partes aéreas da planta.

Na ausência do nitrogenado, a acumulação de nitrogênio pela parte aérea da

planta de sorgo granífero prolongou-se até a maturação fisiológica; entretanto, nos tratamentos em que havia N presente, essa acumulação foi paralisada em torno de 71 dias após a emergência. Por outro lado, a acumulação de P e K prolongou-se até a maturação fisiológica, independentemente dos tratamentos empregados. A translocação de nitrogênio das partes vegetativas foi suficiente para suprir as quantidades desse elemento que foram movimentadas para o interior da panícula, quando havia nitrogenado presente. No tratamento N₀, além da translocação das partes vegetativas, houve absorção tardia de nitrogênio do solo. As quantidades de P e K contidas na panícula resultaram da translocação das partes vegetativas e da absorção daqueles nutrientes do solo.

5. SUMMARY

Studies were made to evaluate the influence of nitrogen fertilizer on the absorption and distribution of N, P and K within the aerial parts of grain sorghum plants. The reason for these studies was to obtain data which would contribute to a better understanding of the nutritional requirements of grain sorghum, from its initial stages of growth to its physiological maturity.

The accumulation of nitrogen in the aerial parts of the plant persisted until the physiological maturity of the plant when no nitrogen fertilizer was used. In the treatments where nitrogen was present, this accumulation stopped about 71 days after emergence. On the other hand, the accumulation of P and K continued to physiological maturity in all of the treatments.

When nitrogen was present, translocation of nitrogen from vegetative parts to the panicles was sufficient to supply these with this element. In the treatments without nitrogen, in addition to the translocation of N from vegetative parts, after the milk stage the plants absorbed significant amounts of nitrogen from the soil. Phosphorus and potassium in the panicles also came from translocation from vegetative parts of the plant and the late absorption of these elements from the soil.

6. LITERATURA CITADA

1. ANDRADE, A.G., HAAG, H.P., OLIVEIRA, G.P. & SARRUGE, J.R. *Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho*. Piracicaba, Fundação Cargill. 1977. 106 p. (Bol. Técnico s/n.º).
2. AZEREDO, M.W.C. de, FONTES, L.A.N. & ALMEIDA FILHO, J. de. Variação na composição protéica dos grãos de sorgo, em função da adubação nitrogenada e fosfatada e das épocas de plantio. *Rev. Ceres*, 23(127):198-208. 1976.
3. BALASUBRAMANIAM, V. & MOKWUNYE, A.V. *Fertilizer recommendations for sorghum, millet and wheat*. Zaria, Nigeria, Agricultural Research Liaison Services, 1977. 14 p.
4. BENNET, W.F., STANFORD, G. & DUMENIL, L. Nitrogen, phosphorus, and potassium content of the corn and grain as related to nitrogen fertilization and yield. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 17(3):252-258. 1953.
5. BERRA, E., PRESTON, T.R. & HERNANDEZ, T. Efecto de los niveles de N, P y K sobre el rendimiento del sorgo de grano incluyendo la acción residual sobre el rebrote. *Rev. Cubana de Cien. Agr.*, 5(1):97-111. 1971.

6. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e material vegetal. *Rev. Ceres*, 21(113):73-85. 1974.
7. CAPIEL, M. & ASHCROFT, G.L. Effect of irrigation, harvest interval, and nitrogen on the yield and nutrient composition of Napiergrass (*Pennisetum purpureum*). *Agron. J.*, 64(3):396-398. 1972.
8. EASTIN, J.D., HULTQUIST, J.H. & SULLIVAN, C.Y. Physiologic maturity in grain sorghum. *Crop. Sci.*, 13(2):175-178. 1973.
9. HARMS, C.L. & TUCKER, B.B. Influence of nitrogen fertilization and other factors on yield, prussic acid, nitrate, and total nitrogen concentrations of sudangrass cultivars. *Agron. J.*, 65(1):21-26. 1973.
10. HERRON, G.M. & ERHART, A.B. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield of irrigated grain sorghum in southwestern Kansas. *Agron. J.*, 52(9):499-501. 1960.
11. HERRON, G.M., GRIMES, D.W. & MUSICK, J.T. Effects of soil moisture and nitrogen fertilization to irrigated sorghum on dry matter production and nitrogen uptake at selected stages of plant development. *Agron. J.*, 55(4):393-396. 1963.
12. LOTT, W.L., NERY, J.P., GALLO, J.R. & MEDGALF, J.C. *A técnica de análise foliar aplicada no cafeeiro*. Campinas, IBEC Research Institute, 1956. 40 p. (Boletim Técnico n.º 9).
13. MALAVOLTA, E. & LOURENÇO, R.S. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). II. Nota sobre a amostragem para a diagnose foliar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11.ª, Piracicaba, 1976. Anais, Piracicaba, ESALQ, 1978. p. 701-705.
14. PERRY, Jr., L.J. & OLSON, R.A. Yield and quality of corn and grain sorghum and residues as influenced by N fertilization. *Agron. J.*, 67(6):816-818. 1975.
15. PORTER, K.B., JENSEN, M.E. & SLETTEN, W.H. The effect of row spacing, fertilizer and planting rate on the yield and water use irrigated grain sorghum. *Agron. J.*, 52(8):431-434. 1960.
16. ROVIRA, L.A., BELLO, A.R. & ROJAS, J.Z. Fertilization y efecto residual sobre los rendimientos em sorgo granero (*Sorghum vulgare Pers.*) en suelos de la serie Maracay. *Agron. Tropical*, 22(5):555-561. 1972.
17. ROY, R.N. & WRIGHT, B.C. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility: II. N, P, and K uptake pattern by various plant parts. *Agron. J.*, 66(1):5-10. 1974.