

IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum vulgare*) EM UM SOLO PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO¹

SILVIO ROMERO DE CARVALHO², AVÍLIO A. FRANCO³ e SEBASTIÃO MANHÃES SOUTO⁴

SINOPSE.— Foram realizados dois experimentos, um em estufa e outro em campo para verificar a resposta do sorgo aos diferentes nutrientes, em um solo podzólico vermelho-amarelo (RYP).

Em ambos os experimentos verificaram-se respostas altamente significativas na adubação fosfatada, com relação à produção de matéria seca da parte aérea.

No primeiro experimento, em que se fez avaliação na fase de estabelecimento, verificou-se que a falta de fósforo reduziu o perfilhamento e o crescimento das raízes. Constatou-se também que o cultivar de sorgo Fartura apresentou perfilhamento significativamente maior que o Santa Eliza, diferenças estas que não influíram no total de matéria seca produzida.

INTRODUÇÃO

O sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare* Pers) é uma cultura que se mostra com reais possibilidades de substituir o milho no tocante à silagem, porém, pouco se conhece sobre sua resposta quanto à adubação.

Viêgas e Banzatto (1963), em estudos gerais sobre a cultura do sorgo, mencionam alguns aspectos das necessidades nutricionais da planta, e sugerem uma adubação bastante variável, baseada na fertilidade do solo.

Younis e Agabawi (1967), estudando o efeito da aplicação de nitrogênio no rendimento da matéria seca, em sorgo, em diferentes estágios de crescimento, constataram que o N aplicado aumentou a produção de forragem e de proteína e o conteúdo de N total e protéico por grama de matéria seca, mas decresceu o N protéico em relação ao N total. O nitrato pareceu ser a forma principal de N extraído do solo. Atanasiu e Shaaban (1966), também estudando o efeito da aplicação de N (60 e 120 kg/ha) em sorgo e milho destinados à silagem, verificaram maiores rendimentos quando era aumentada a dosagem de N, sendo que o rendimento do sorgo foi sempre superior ao do milho.

Humphreys (s/d) observou que a deficiência de fósforo é quase universal em áreas com altas precipitações pluviométricas, e ocorre também com frequência em muitas regiões de baixa precipitação. Entretanto, Engelstad (1961) observou que o efeito da adubação fosfatada foi independente da precipitação pluviométrica. Durante a fase de estabelecimento em diferentes solos de Queensland (Austrália), o *Sorghum sudanense* apresentou resposta significativa à aplicação de fósforo (Gartner 1965). Outras gramíneas forrageiras também responderam à adubação de fósforo (Jones *et al.* 1967, Nakamae 1968).

Hortenstine e Blue (1968) encontraram, num experimento fatorial em casa de vegetação, maior resposta

ao fósforo do que à calagem em cultura de sorgo e de *Digitaria decumbens*. Olson *et al.* (1965), trabalhando com a relação fósforo/zinco, mostraram deficiência de zinco para níveis elevados de fósforo.

O conhecimento da reação da planta à aplicação de fertilizantes, nas suas diversas fases de desenvolvimento, é indispensável para posteriores estudos de produtividade máxima econômica.

Foram instalados dois experimentos em solo podzólico vermelho-amarelo (RYP), para verificar a resposta do sorgo forrageiro aos diferentes nutrientes, em duas fases do ciclo vegetativo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram feitos dois experimentos, sendo um em casa de vegetação e outro em campo.

Experimento 1

Instalou-se um ensaio fatorial 2×7 em vasos, em casa de vegetação, com o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos estudados foram os seguintes:

- a) cultivares de sorgo: Santa Eliza e Fartura;
- b) adubação: completo (NPK + Ca + Mg + micronutrientes);
 - " — N;
 - " — P;
 - " — K;
 - " — (Ca + Mg);
 - " — M (micronutrientes);

Testemunha (sem adubo).

Os cultivares de sorgo selecionados para este trabalho foram os que mais se destacaram quanto à produção de matéria seca nesta região (Carneiro *et al.* 1971).

Foram usados vasos de "Mitscherlich" com 7 kg de solo podzólico vermelho-amarelo (RYP), coletado na Estação Experimental do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS) em Juparaná, município de Valença, RJ, (Fazenda Santa Mônica), e cuja análise química revelou: pH = 5,4, P = 1 ppm, Ca + Mg = 3,1 mE/100 cm³ de solo, K = 55 ppm, Al = 0,1 mE/100 cm³ de solo, C = 1,23%, N total = 0,10% e húmus = 2,16%.

¹ Aceito para publicação em 15 out. 1971.

² Apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Vitória, 1971.

³ Eng.º Agrônomo do Setor de Nutrição Animal e Agrostologia do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26.

⁴ Eng.º Agrônomo do Setor de Solos do IPEACS e bolsista Pesquisador do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

⁵ Eng.º Agrônomo do Setor de Nutrição Animal e Agrostologia do IPEACS e bolsista Pesquisador do CNPq.

A adubação foi feita usando-se sais pró-análise na dose de 154 ppm de N, 150 ppm de P, 111 ppm de K, 80 ppm de Ca e 60 ppm de Mg. Usou-se 1 ml de kg de solo de uma solução com os seguintes micronutrientes: 15,800 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 8,908 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1,000 g de Na_2Mo , 0,500 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 20,000 g de ácido cítrico e H_2O para completar 1.000 ml.

A aplicação de todos os nutrientes, inclusive o nitrogênio, foi feita no dia anterior ao do plantio. Na irrigação, o excesso de água drenado era coletado e retornado ao vaso.

Foram plantadas 10 sementes por vaso e feito o desbaste para 3 plantas. Aos 20 e 45 dias foram feitas contagens de perfilhos. Após a 2.^a contagem cortaram-se as plantas, e estas foram pesadas após secadas em estufa a 65°C até peso constante. As raízes foram lavadas e receberam o mesmo tratamento da parte aérea.

Experimento 2

Foi instalado no campo, com o ensaio experimental fatorial fracionado (+ NPKCaM), derivado do fatorial completo 2⁵ com somente as combinações de fatores positivos provenientes do contraste para a determinação do efeito da interação de maior ordem das combinações selecionadas (N, P, K, Ca (calagem), M (micronutrientes); NPK, NPCa, NPM, NKCa, NKM, NCaM, PKCa, PKM, PCaM, KCaM, NPKCaM), foram dispostos no delineamento de blocos ao acaso com três repetições.

O experimento foi instalado na Fazenda Santa Mônica, e localizado em morros cuja declividade permite o uso de mecanização agrícola (local onde havia sido coletado o solo para o Experimento 1). A posição geográfica do local é 22°55' de latitude sul e 43°40' de longitude oeste, com altitude de 354 m.

Segundo Setzer (1955), o clima é do tipo Cwa de Köppen, mesotérmico, com temperaturas quentes e estação chuvosa no verão. Precipitação pluviométrica média anual de 1.190,8 mm, sendo 986 mm no verão e apenas 205 mm no período seco. As estações seca e chuvosa são bem delimitadas, sendo a primeira de abril a setembro e a segunda de outubro a março. A temperatura média em Vassouras⁵ é de 20,5°C, sendo fevereiro o mês mais quente (23,6°C) e julho o mais frio (17,2°C), segundo Bernardes 1953.

A adubação foi baseada na análise do solo, que apresentou os resultados: pH = 5,1, P = 1 ppm, K = 40 ppm, Ca + Mg = 1,8 mEq/100 cm³ de solo e Al = 0,6 mEq/100 cm³ de solo, C = 1,37%, N total = 0,25%, e húmus = 2,36%. Os adubos foram colocados nas seguintes proporções: sulfato de amônio (160 kg/N/ha), superfosfato simples (160 kg/P₂O₅/ha), cloreto de potássio (160 kg/K₂O/ha), calcário dolomítico (2 t/ha) e os micronutrientes: sulfato de zinco (25 kg/ha), sulfato de cobre (25 kg/ha), bórax (20 kg/ha), molibdato de sódio (20 g/ha). A calagem foi aplicada em cobertura na semana anterior, e a adubação em sulcos (inclusive toda a dosagem de nitrogênio usado), um dia antes do plantio.

O plantio do cultivar usado, Santa Eliza, foi feito em janeiro.

A área útil de cada parcela era constituída de três linhas espaçadas de 0,60 m com 4 m de comprimento. As linhas foram desbastadas para 10 plantas por metro linear.

⁵ Em Vassouras se situa a estação meteorológica mais próxima da Fazenda Santa Mônica.

A colheita foi efetuada 5 meses após o plantio, quando as plantas se apresentavam no ponto de silagem (grãos entre o estado leitoso e ceroso)

As produções das parcelas foram pesadas no campo; delas retiraram-se amostras que foram levadas à estufa a 65°C, para determinação da matéria seca da parte aérea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do Experimento 1 são apresentados no Quadro 1, e a análise de variância no Quadro 2.

Verificou-se neste experimento que o cultivar Fartura apresentou número de perfilhos estatisticamente superior ao cultivar Santa Eliza, e que a ausência de fósforo e de nitrogênio diminuiu o perfilhamento, independente da variedade.

Gartner (1965) observou em algumas gramíneas, incluindo *Sorghum sudanense*, em solo "Dark red-brown clay loam" de pH = 5,1 e 19 ppm de P₂O₅, que o fósforo aumentou o perfilhamento. Langer (1963) notou que esta resposta do perfilhamento ao fósforo era dependente de doses elevadas de nitrogênio.

Neste experimento verificou-se que o tratamento C, menos nitrogênio diminuiu, enquanto que o tratamento C, menos fósforo não apresentou nenhum perfilhamento. Em ambas as variedades o tratamento C, menos cálcio tendeu a aumentar o perfilhamento, enquanto que no C, menos potássio diminuiu somente na variedade Santa Eliza (interação variedade × adubo). Langer (1963) não observou resposta ao potássio no perfilhamento de *Phleum pratense*.

O peso seco das raízes diminuiu significativamente com a falta do fósforo (Quadro 1).

As plantas com maior perfilhamento nem sempre foram as que apresentaram maior peso seco da parte aérea. O tratamento C, menos fósforo, em ambos os cultivares, mostrou menor perfilhamento e menor peso seco da parte aérea, em relação ao tratamento completo, não diferindo, entretanto, o Completo quanto se subtraiu a calagem ou os micronutrientes. No tratamento C, menos nitrogênio para ambos os cultivares, e no tratamento C, menos potássio para o cultivar Santa Eliza, o perfilhamento foi menor do que no tratamento Completo, porém, os pesos secos da parte aérea não diferiram deste.

Isto mostra que na fase inicial do desenvolvimento (até aos 45 dias), o número de perfilhos não teve influência no peso seco da parte aérea.

Gartner (1965), trabalhando com milho (*Zea mays*) e *Sorghum sudanense*, observou que o desenvolvimento da parte aérea de ambas as culturas deu resposta ao fósforo na fase de estabelecimento em dois solos, o "Yellow brown sandy loam" (pH = 5,4 e 19 ppm de P₂O₅) e o "Red brown loamy coarse sand" (pH = 6,1 e 41 ppm de P₂O₅).

O peso seco da parte aérea e o peso seco das raízes mostraram alta correlação ($r = 0,599^{**}$), independentemente dos tratamentos ou dos cultivares de sorgo.

Os resultados do Experimento 2 são apresentados no Quadro 3, e os contrastes dos tratamentos, no Quadro 4.

Houve concordância entre os resultados do Experimento 1 (casa de vegetação), onde se avaliou a planta em sua fase de estabelecimento, e os resultados do Experimento 2 (campo), quando as plantas já se encontravam no ponto de silagem.

Nos fatoriais fracionados alguns efeitos são confundidos. A estes efeitos, calculados pelas mesmas combinações de tratamentos, chamamos "alias". Neste caso, num fracionamento derivado de um fatorial completo 2^5 , efeitos simples e interações de primeira ordem calculadas, têm como "alias" as interações de terceira e segunda ordens, respectivamente. Cockran e Cox (1956) citam que o especialista deve decidir quando os "alias" podem ou não ser abandonados.

Neste experimento, nenhum dos efeitos simples ou interações de primeira ordem que envolvem os elementos N, K, Ca ou M foram significativos, podendo-se, portanto, atribuir a significância somente ao efeito simples do fósforo.

Por ser o sorgo forrageiro uma cultura que produz elevada quantidade de matéria seca por unidade de área, é surpreendente notar que o nitrogênio não foi significativo nos experimentos de vasos e campo.

Pizarro e Carámbula (1968) também não encontraram para o sorgo efeito algum do nitrogênio e da interação $N \times P$. Washhad *et al.* (1957) verificaram que a perda de amônio cresce com o aumento da temperatura, e que a concentração deste decresce com a profundidade de aplicação do adubo, condições estas semelhantes às do Experimento 2.

A ausência de resposta ao nitrogênio talvez fosse explicada pela pouca exigência da planta, ou lixiviação deste elemento, durante uma fase após os 45 dias de idade, visto que até esta data houve controle das perdas de nitrogênio (Experimento 1). Jacquinet (1966), com análise de todos os macronutrientes, em diferentes órgãos e em vários estágios de crescimento do sorgo, mostra que um suprimento constante de nitrogênio é limitante no crescimento desta cultura.

Com os nossos resultados e os encontrados na literatura, verifica-se que um estudo mais detalhado da aplicação de nitrogênio se faz necessário para a cultura do sorgo.

Pelos dados obtidos, podemos concluir que a cultura de sorgo necessita de fósforo no solo estudado, pois foi o fator que mais limitou o seu desenvolvimento nas condições experimentais.

QUADRO 1. Efeito da adubação no número de perfilhos, peso seco da raiz e parte aérea de dois cultivares de sorgo forrageiro *Sorghum vulgare Pers.* Experimento 1 (médias de 4 repetições)

	Número de perfilhos/vaso ^a		Peso da raiz ^b (g/vaso)		Peso seco parte aérea ^a (g/vaso)	
	Santa Eliza	Fartura	Santa Eliza	Fartura	Santa Eliza	Fartura
Completa	5,20	6,00	2,40	2,10	7,50	7,85
Completa — N	0,75	1,75	2,50	3,20	6,75	6,45
Completa — P	0,25	0,00	1,20	1,10	1,40	0,90
Completa — K	1,75	4,75	2,45	1,85	8,00	6,85
Completa — Calagem	5,50	6,75	1,90	2,20	7,75	6,90
Completa — Micro	4,00	5,50	2,30	1,90	7,15	5,95
Testemunha	0,00	0,00	0,95	1,00	1,00	1,00

^a 5% Δ = 0,45 (adubação); 5% Δ = 0,75 (adubação $\times$ variedade).

^b 5% Δ = 0,95 (adubação).

• 5% Δ = 1,60 (adubação).

QUADRO 2. Análise de variância dos resultados apresentados no Quadro 1

Fonte de variação	GL	Número de perfilhos ^a	Peso seco parte aérea	Peso seco raiz
		F	F	F
Adubação	6	12,53**	65,77**	8,71**
Variedade	1	6,59*	3,07	—
Adubação $\times$ Variedade	6	2,69*	—	1,05
Resíduo	39	—	—	—
C.V. (%)	—	15,99	19,30	31,95

Valores transformados para $\sqrt{n+1}$.

QUADRO 3. Efeito da adubação no peso verde e peso seco da parte aérea do sorgo forrageiro no Experimento 2 (médias de três repetições)

Tratamento ^a	Peso verde (kg/ha)	Peso seco (kg/ha)
N	13.056	4.613
P	17.361	6.263
K	15.278	5.728
Ca	14.444	5.388
M	14.861	5.367
NPK	20.000	7.517
NPKa	20.555	7.390
NPM	18.194	6.199
NKCa	17.361	6.361
NKM	14.722	5.071
NCaM	13.611	4.835
PKCa	16.111	5.685
PKM	18.472	6.008
PCaM	17.222	6.398
KCaM	13.333	4.900
NPKCaM	15.694	5.703

QUADRO 4. Contrastes com efeitos significativos indicados pela análise de variância no esquema fatorial fracionado + PKCaM

Fontes de variação	Peso verde parte aérea ^a	Peso seco parte aérea ^a
N	134	30
P	580**	205**
K	40	25
Ca	— 78	— 16
M	— 174	— 84
NP	96	51
NK	64	44
NCa	134	55
NM	— 206	— 92
PK	— 170	— 53
PCa	— 120	— 46
PM	— 24	— 1
KCa	— 180	— 83
KM	— 112	— 48
CaM	— 198	— 48
C.V. (%)	20	92

** = significativo a 1%.

REFERÊNCIAS

- Atanasiu, N. & Shaaban, K. 1966. Effect on N application and times of sowing and cutting on yield of sorghum and maize. *Bodenkultur* 17(1):52-63. (Herb. Abstr. 37(1),55)
- Bernardes, L.M.C. 1953. Tipo de clima do Estado do Rio de Janeiro. *Anuário geogr. Est. Rio de Janeiro* 6:145-159. (Citado por Carmo & Nascimento 1961)
- Carmo, J. do & Nascimento, C.B. 1961. Estudo sobre o comportamento da raça holandesa, var. malhada de preto, na Fazenda Experimental de Criação "Santa Mônica", Barão de Juparanã, Estado do Rio de Janeiro. *Inst. Zootec., Min. Agric.*, 39:10-11.

- Carneiro, A.M., Carvalho, S.R.de, Souto, S.M. 1971. Competição entre variedades e híbridos de sorgo forrageiro e estado da influência das épocas e densidades de plantio na produção. Anais VIII Reun. Soc. bras. Zootec., Rio de Janeiro.
- Cockran, W.G. & Cox, G.M. 1958. Experimental designs. 2nd ed. John Wiley, New York. 614p.
- Engelstad, O.P. & Doll, E.C. 1961. Corn yield response to applied phosphorous as affected by rainfall and temperate variables. Agron. J. 53(68):388-392.
- Gartner, J.A. 1965. Progress notes on Atherton pastures. Qd agric. J. 91(5), 10p.
- Hortenstine, C.C. & Blue, W.G. 1968. Growth responses in three plant species to lime and phosphorus applied to Puletan loamy fine sand. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla 28:23-28. (Trop. Abstr. 25(8), t1908)
- Humphreys, L.R. (s.d.). Pasture development in the tropics and sub tropics. Qd Dept. prim. Industries, Brisbane. (Mimeo.)
- Jacquinet, L. 1966. Mineral nutrition of *Sorghum vulgare* var. *guineense*. Bull. agron. INRAT, 21:18-71. (Soils Fertil. 31(4), 384)
- Jessie, O.R. 1965. The physiology of forage plants. Grassl. Res. Inst., Hurley, England. (In Notas de um curso realizado na Univ. Rural do Brasil, Rio de Janeiro)
- Jones, M.B., Freitas, L.M.M. de & Mohrdiek, K.H. 1967. Diferenças nas respostas de algumas gramíneas de inverno ao nitrogênio, fósforo e calcário. Pesq. agropec. bras. 2:375-382.
- Langer, R.H.M. 1963. Perfilhamento em gramíneas para pastagens. Grassl. Res. Inst., Hurley, England. (Citado por Jessie 1965)
- Nakamae, I.J. 1968. Subdivisão de pastos e multiplicação de caprins. Copercotia 25(219):10-15.
- Olson, R.A., Hooker, C.A. & Stukenheltz, D.D. 1965. Phosphorous zinc relations in corn - Sorghum production. Bett. Crops 49(1):19-24.
- Pizarro, E. & Carámbula, M. 1968. Efectos del nitrogenio y fosfato en la producción de forage del sorgo. Boln téc. Est. Exp., Fac. Agron. Univ. Rep. Uruguay, 5(1):38-45. (Trop. Abstr. 26(1), u 121)
- Setzer, J. 1955. Isolinas de umidade do clima do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Revta bras. Estat. 3:315-327. (Citado por Carmo & Nascimento 1961)
- Viêgas, G.P. & Banzatto, N.V. 1963. Sorgos graníferos e forrageiros de São Paulo. Boln 129, Inst. Agron. Campinas.
- Washhad, A. Randhawa, M.S. & Alam, S.Q. 1957. Loss of ammonia from ammonium sulphate under different conditions when applied to soils. Soil Sci. 84(3):249-255.
- Younis, A.E. & Agabawi, K.A. 1967. The effect of rate of nitrogen application on dry matter yield and nitrogen fractions of sorghum, at different stages of growth. Acta agron. hung. 1(2):46-47. (Herb. Abstr. 37(4), 1659)

ABSTRACT.- Carvalho, S.R.de; Franco, A.A Souto, S.M. [Importance of phosphorus on (*Sorghum vulgare*) yield in a red yellow podzolic soil.]. Importância do fósforo na produção de sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare*) em um solo podzólico vermelho-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Zootecnia* (1973) 8, 1-4 [Pt. en] IPEACS. Km 47. Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

Glass-house and a field experiments were carried out to study sorghum yield responses to different nutrients in a red yellow podzolic soil. In both experiments there were significant responses in the dry weight produced, to phosphorus applied.

In the glass-house experiment, lack of phosphorus reduced tillering and root development during the establishment period. The tillering of the variety "Fartura" was greater than the variety "Santa Eliza", but the difference in tillering did not affect the total amount of dry matter produced by the above ground portions of the crop.