

QUANTIDADE DE MACRONUTRIENTES ABSORVIDA PELO SORGO-GRANÍFERO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES⁽¹⁾

C. A. ROSOLEM⁽²⁾, J. R. MACHADO⁽³⁾ & C. S. MARCELO⁽⁴⁾

RESUMO

A semeadura tardia, o espaçamento e a população de plantas podem modificar a arquitetura da planta de sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* L., Moench) e, conseqüentemente, a absorção e translocação de nutrientes. Desenvolveu-se, em 1994, um experimento em Botucatu, visando estudar a acumulação e exportação de nutrientes pelo sorgo-granífero cv. Pioneer B-816, semeado em fevereiro. Os tratamentos constaram de espaçamentos entre linhas simples de 50 e 70 cm e linhas duplas de 80 + 20 e 120 + 20 cm, com populações, respectivamente, de 71.000, 142.000 e 213.000 plantas ha⁻¹. Tomaram-se amostras de plantas das parcelas aos 113 dias da emergência. Após secagem, pesagem e moagem, determinaram-se N, P, K, Ca e Mg. Tanto a quantidade de nutrientes absorvida pelo sorgo-granífero quanto a exportação de nutrientes estiveram altamente correlacionadas com a produtividade, independentemente da arquitetura da planta. Dessa forma, pode-se inferir que, na recomendação de adubação, é mais importante levar em conta o potencial de produtividade que a população e espaçamento da cultura.

Termos de indexação: competição intra-específica, macronutrientes, nutrição mineral, população, *Sorghum bicolor*.

SUMMARY: UPTAKE AND PARTITIONING OF MACRONUTRIENTS BY GRAIN SORGHUM AS AFFECTED BY PLANT SPACING AND POPULATION

*Late planting, row width and plant population can modify sorghum plant architecture and eventually the uptake and partitioning of nutrients. An experiment was conducted in Botucatu, State of São Paulo, Brazil, in 1994, to study nutrient uptake and partitioning in grain sorghum (*Sorghum bicolor*, L., Moench, cv. Pioneer B-816) when planted in February, in single rows 50 and 70 cm apart or in double rows 80 + 20 and 120 + 20 cm apart. Plant populations were 71,000, 142,000 and 213,000 plants ha⁻¹. At 113 days after plant emergence whole plants were sampled and separated into vegetative and reproductive parts. The macronutrients N, P, K, Ca*

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em 24-29 de julho de 1995, em Viçosa (MG). Recebido em julho de 1995 e aprovado em março de 1997.

⁽²⁾ Professor Titular do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP).

⁽⁴⁾ Acadêmica de Agronomia, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP).

and Mg were analyzed. Macronutrient uptake and partitioning within the plant were highly correlated with grain yields, irrespectively of plant row width and plant population. It can be inferred that higher populations do not necessarily need higher fertilizer rates, but the expected grain yield must be taken into account when recommending fertilizers to grain sorghum.

Index terms: intraspecific competition, macronutrients, mineral nutrition, population, *Sorghum bicolor*. B678

INTRODUÇÃO

Devido a sua tolerância à seca, o sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) é uma espécie interessante como segunda cultura no ano agrícola.

Os melhores espaçamentos e populações, quando semeado na época normal (início das chuvas em setembro/outubro), geralmente estão entre 75 e 50 cm entre as linhas e de 15 a 20 plantas m^{-1} , o que leva a populações acima de 200.000 plantas ha^{-1} (Reis et al., 1974, Lira et al., 1976, Machado et al., 1976). No entanto, há indicações de que, em estações mais secas, tais populações poderiam ser excessivas (Bond et al., 1964).

À medida que aumenta a população de sorgo-granífero, obtêm-se plantas menos desenvolvidas, e as maiores produções com maiores populações são devidas ao maior número de panículas por área, embora as panículas sejam menores (Machado et al., 1976). Altas populações levam à maior produção de matéria seca por área, mas seu índice de colheita é menor (Prihar & Stewart, 1990). Por outro lado, a semeadura em linhas duplas induz à obtenção de maiores índices de colheita que em linhas simples (Havelka, 1965).

Em semeaduras tardias, o período da antese à maturação do sorgo-granífero é aumentado, o que também pode modificar o índice de colheita, ou seja, as relações de translocação de carbono e nutrientes na planta (Rodella & Andrade, 1981).

São raros os trabalhos sobre exigência nutricional e exportação de nutrientes pelo sorgo-granífero. Em solução nutritiva, na época normal de semeadura, Rosolem & Malavolta (1980), trabalhando com cinco cultivares, estimaram que o sorgo absorve, em média, 54,0, 10,5, 19,9, 8,9 e 4,8 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg respectivamente. Desses totais, 43, 53, 7,9, 3,2 e 43,3% do N, P, K, Ca e Mg respectivamente, foram translocados para os grãos.

Embora autores, como Reis et al. (1974) e Machado et al. (1985), não tenham encontrado interações significativas entre resposta à adubação e populações, as modificações na arquitetura da planta, causadas pelo cultivo em condições marginais e pela modificação na população e espaçamento, podem influenciar a absorção e distribuição dos nutrientes na planta. Se tais modificações realmente ocorrerem, seria interessante considerá-las na recomendação de adubação.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de populações e espaçamentos, na absorção de alguns macronutrientes pelo sorgo-granífero, quando semeado em fevereiro, no Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu (SP), em terra roxa estruturada distrófica (Carvalho et al., 1983) e cuja análise revelou pH: 3,7; M.O.: 25 g kg^{-1} ; P: 7 mg dm^{-3} ; K: 0,7 mmol $_c$ dm^{-3} ; Ca: 5 mmol $_c$ dm^{-3} ; Mg: 2 mmol $_c$ dm^{-3} ; $H^+ + A^{3+}$: 121 mmol $_c$ dm^{-3} e saturação por bases: 6%, segundo método descrito por Raij & Quaggio (1983). Aproximadamente 70 dias antes da semeadura, efetuou-se a calagem com calcário dolomítico, em dose calculada para atingir 70% de saturação por bases.

O sorgo-granífero, híbrido Pioneer B-816, foi semeado em 7 de fevereiro de 1994, com sementes em excesso. Aos dez dias da emergência, realizou-se o desbaste, de maneira a obter 71.000, 142.000 e 213.000 plantas ha^{-1} . As plantas foram cultivadas em espaçamentos de 50 ou 70 cm e, em linhas duplas, de 80 + 20 ou 120 + 20 cm. Os tratamentos constituíram um fatorial 3 x 4 e foram repetidos quatro vezes, em blocos completamente casualizados.

A adubação nitrogenada de semeadura constou da aplicação de 20 kg ha^{-1} de N. Em cobertura, 25 dias após a emergência, aplicaram-se mais 70 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia, com incorporação a 3-5 cm de profundidade. As adubações fosfatada e potássica constaram da aplicação de 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg ha^{-1} de K_2O , nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, no sulco de semeadura, ao lado e abaixo das sementes.

Aos 113 dias da emergência, as plantas foram colhidas, separadas em grãos e parte aérea vegetativa e secas em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas. Verificaram-se as massas da matéria seca, sendo analisados N, P, K, Ca e Mg nos tecidos vegetais. O nitrogênio foi analisado por digestão sulfúrica e destilação e, os demais nutrientes, por digestão nitroperclórica, sendo o P determinado por colorimetria, Ca e Mg, por espectrometria de absorção atômica e K, por fotometria de chama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de clima foram favoráveis ao crescimento e produção do sorgo granífero, tendo-se obtido a produtividade média de 6.731 kg ha^{-1} , com variação de 5.397 kg ha^{-1} no tratamento 120 + 20 cm com 71.000 plantas ha^{-1} a 8.969 kg ha^{-1} no espaçamento de 50 cm com 213.000 plantas ha^{-1} .

Não se observaram interações significativas entre populações e espaçamentos. A ocorrência de interações significativas entre esses fatores não tem sido comum quando se analisa a produção de grãos (Stikler & Wearden, 1965, Machado et al., 1976), e agora esse resultado se repete na avaliação de absorção e translocação de macronutrientes.

Não houve efeito significativo dos espaçamentos nos teores de nutrientes da parte vegetativa da planta, com exceção do Mg, cuja concentração foi menor no espaçamento 120 + 20 cm. Por outro lado, as concentrações de macronutrientes nos grãos foram menores quando o sorgo foi cultivado em linhas duplas, embora sem diferença significativa no caso do N (Quadro 1).

Quadro 1. Teores de macronutrientes nas plantas de sorgo-granífero em função de espaçamentos

Espaçamento	N	P	K	Ca	Mg
cm	g kg ⁻¹				
Parte aérea vegetativa					
50	9,6a ⁽¹⁾	0,7a	21,5a	2,7a	2,6a
70	9,1a	0,6a	20,0a	3,3a	2,5ab
80 + 20	9,8a	0,8a	20,5a	2,7a	2,4ab
120 + 20	8,6a	0,8a	20,5a	2,6a	2,1b
CV%	20,3	28,4	11,0	32,4	18,0
Grãos					
50	13,6a	4,6ab	6,6a	1,4a	1,8ab
70	13,4a	5,4a	7,0a	1,5a	1,9a
80 + 20	13,2a	4,0b	4,4b	1,1b	1,2c
120 + 20	13,0a	4,2b	4,8b	1,1b	1,4bc
CV%	8,4	21,3	23,1	21,2	30,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Com relação às populações, quando o número de plantas por hectare foi maior que 71.000, houve diminuição, embora nem sempre significativa, dos teores de macronutrientes na parte vegetativa das plantas, com exceção do P (Quadro 2). Nos grãos, apenas o teor de N foi significativamente menor nas populações de 142.000 e 213.000 plantas ha⁻¹ (Quadro 2).

Esses resultados podem ter sido observados porque, nas linhas duplas, as plantas estavam a menores distâncias entre si, com distribuição muito desuniforme no campo. Assim, pode ter ocorrido concentração de raízes nestas regiões do solo, levando à maior absorção de água de tais pontos e, portanto, ao esgotamento mais rápido da umidade (Steiner, 1986). O movimento e biodisponibilidade dos íons na rizosfera foram alterados. Antes do florescimento, com maior disponibilidade de água, não houve efeito nos teores de macronutrientes na parte aérea, mas, após o florescimento, com menor disponibilidade de água, a absorção foi prejudicada. No caso de aumento da população,

os resultados foram diferentes. Embora houvesse mais plantas por área, o arranjo não foi alterado e a distribuição das plantas no campo foi mais uniforme, tornando o uso da água e nutrientes também mais uniforme.

Quando em espaçamentos maiores e menores populações, o sorgo produz plantas maiores, com panículas maiores, mais pesadas, que levam à maior produtividade por planta (Machado et al., 1976), sendo, assim, possível a ocorrência de efeito-diluição.

Embora os teores de nutrientes na parte aérea vegetativa não tenham sido, na sua maioria, significativamente afetados pelos espaçamentos (Quadro 2), as quantidades de nutrientes absorvidas o foram para N, K e Mg (Quadro 3). Nas linhas duplas, a quantidade de nutrientes foi geralmente menor. Resultado semelhante foi obtido para quantidades de nutrientes nos grãos (neste caso, diferenças significativas para todos os nutrientes) e, portanto, na absorção total da planta.

Quadro 2. Teores de macronutrientes nas plantas de sorgo granífero em função de populações

População	N	P	K	Ca	Mg
plantas ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
Parte aérea vegetativa					
71.000	10,7a ⁽¹⁾	0,8a	23,0a	3,2a	2,7a
142.000	8,5b	0,7a	20,0b	2,8a	2,3b
213.000	8,5b	0,7a	19,0b	2,4a	2,2b
CV%	20,3	28,4	11,0	32,4	18,0
Grãos					
71.000	14,2a	4,4a	5,4a	1,4a	1,5a
142.000	12,7b	4,5a	6,1a	1,3a	1,6a
213.000	13,0b	4,8a	5,6b	1,2a	1,6c
CV%	8,4	21,3	23,1	21,2	30,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Com relação ao efeito das populações, foi inverso, ou seja, nas maiores populações, mesmo com concentrações mais baixas, houve aumento da quantidade de nutrientes na parte vegetativa das plantas. Nos grãos, apenas o P foi acumulado em quantidade significativamente maior na maior população (Quadro 4).

Assim, as maiores quantidades totais de nutrientes acumulados nas plantas foram devidas, principalmente, ao acúmulo na parte vegetativa. Desta forma, plantas de sorgo cultivadas em espaçamentos menores, no caso 50 e 70 cm nas entrelinhas, e maiores populações, parecem mais eficientes em explorar o nutriente do solo. Isso pode ocorrer em função da maior concentração radicular, aumentando a possibilidade de contato das raízes com os íons do solo (Barber, 1984).

Quadro 3. Quantidade de macronutrientes nas plantas de sorgo-granífero em função de espaçamentos

Espaçamento	N	P	K	Ca	Mg
cm	kg ha ⁻¹				
Parte aérea vegetativa					
50	58,6a ⁽¹⁾	4,5a	132a	16,4a	16,0a
70	54,0ab	3,5a	117ab	19,0a	15,0ab
80 + 20	51,0ab	4,5a	110ab	14,5a	13,0bc
120 + 20	43,0b	4,0a	102b	13,3a	10,0c
CV%	22,5	35,5	19,0	33,0	22,0
Grãos					
50	105,0a	36,0a	52,0a	11,0a	14,0a
70	91,0ab	37,0a	47,0a	10,0ab	13,0a
80 + 20	87,0bc	27,0ab	29,0b	7,5bc	8,1b
120 + 20	74,0c	24,0b	28,0b	6,3c	8,0b
CV%	16,5	28,5	28,7	26,0	36,2
Total					
50	164a	41,0a	184a	27,5ab	30,3a
70	145ab	40,0a	164ab	29,0a	28,0a
80 + 20	138bc	31,5ab	139bc	22,0bc	21,0b
120 + 20	116c	28,0c	129c	19,5c	18,0c
CV%	16,4	26,3	18,4	24,2	24,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Quadro 4. Quantidade de macronutrientes nas plantas de sorgo-granífero em função de populações

População	N	P	K	Ca	Mg
plantas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹				
Parte aérea vegetativa					
71.000	47,0b ⁽¹⁾	3,4b	100b	14,2a	12,0b
142.000	49,0ab	4,1ab	115ab	16,7a	13,2ab
213.000	58,0a	4,8a	130a	16,2a	15,4a
CV%	22,5	35,5	19,0	33,0	22,0
Grãos					
71.000	86,4a	27,2b	35,5a	8,4a	9,4a
142.000	86,0a	30,0ab	41,2a	8,5a	10,6a
213.000	95,3a	36,2a	42,0a	8,7a	12,4a
CV%	16,5	28,5	28,7	26,0	36,2
Total					
71.000	133b	30,5b	134b	22,0a	21,5b
142.000	136ab	34,0ab	156ab	25,3a	24,0ab
213.000	153a	41,0a	172a	25,0a	28,0a
CV%	16,4	26,3	18,4	24,2	24,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Quando em espaçamentos menores ou maiores populações, as plantas são menos desenvolvidas, mas o número de plantas por área, maior, assim como a produção de matéria seca (Machado et al., 1976, Prihar & Stewart, 1990), resultando em maior acúmulo de nutrientes por área.

Não foi notada diferença significativa entre a quantidade de nutrientes absorvidos por tonelada de grãos produzidos, seja em função dos espaçamentos, seja em função das populações. As médias foram 20,9, 5,2, 22,8, 3,6 e 3,6 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg respectivamente. Os valores de N, P e Ca são praticamente a metade daqueles determinados por Rosolem & Malavolta (1980), mas as quantidades de K e Mg estão próximas daquelas encontradas por esses autores. Entretanto, o presente trabalho foi desenvolvido em campo, e aquele, em solução nutritiva.

Com relação à proporção do nutriente exportado pelos grãos, praticamente, não houve diferenças em função dos tratamentos (Quadro 5), embora não se tenha realizado análise da variância desses resultados. Com exceção do Mg, as proporções de nutrientes absorvidos translocados para os grãos de sorgo-granífero foram muito maiores neste trabalho que aquelas determinadas por Rosolem & Malavolta (1980) em solução nutritiva, em ambiente de casa de vegetação.

Quadro 5. Quantidade relativa de macronutrientes exportados pelo sorgo-granífero em função de espaçamentos e populações

Espaçamento	N	P	K	Ca	Mg
cm	%				
Espaçamento					
50	64	88	28	39	47
70	63	92	29	34	46
80 + 20	63	86	21	34	39
120 + 20	64	86	22	32	44
plantas ha ⁻¹					
População					
71.000	65	89	27	38	44
142.000	63	88	26	34	44
213.000	62	88	24	35	44

Tomando-se, independentemente dos tratamentos, todos os resultados obtidos, foi efetuado um estudo de correlações simples, procurando verificar até que ponto as quantidades de nutrientes absorvidas eram dependentes da produtividade.

Pelo quadro 6, pode-se verificar que tanto a quantidade de nutrientes absorvida pelo sorgo-granífero quanto a exportação de nutrientes estiveram altamente correlacionadas com a produtividade.

A competição entre as plantas, induzida por modificações nos espaçamentos e populações, leva a

modificações na arquitetura da planta, mas parece não influir diretamente na absorção e translocação de nutrientes, que estiveram mais associadas à produção de grãos.

Quadro 6. Coeficientes de correlação simples entre produção de matéria seca e absorção de macronutrientes pelo sorgo-granífero

Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg
Grãos	0,88**	0,76**	0,90**	0,56**	0,77**
Total	0,83**	0,75**	0,91**	0,53**	0,74**

** r significativo ao nível de 1%.

CONCLUSÃO

Considerando que maiores populações parecem induzir maior eficiência das plantas em explorar os nutrientes do solo, pode-se inferir que, nas recomendações de adubação, não há necessidade de considerar essa variável. Entretanto, quanto maior a produtividade, maior será a exigência em nutrientes.

LITERATURA CITADA

- BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York, John Wiley, 1984. 458p.
- BOND, J.J.; ARMY, T.J. & LEHMAN, O.R. Row spacing, plant populations and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agron. J.*, Madison, 56:3-6, 1964.
- CARVALHO, W.A., ESPINDOLA, C.R. & PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1983. 95p. (Boletim Científico)
- HAVELKA, U.D. Comparison of single row and double row methods of planting grain sorghum in central Texas. Lubock, Texas Agric. Exp. Stn., 1965. n.p. (Progress Report 2349)
- LIRA, M.A.; FARIS, M.A. FERRAZ, L.; DINIZ, M.S. & ARAUJO, M.R.A. Ensaio de espaçamentos e densidades de plantio na cultura do sorgo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, ESALQ, 1976. Anais. Piracicaba, ESALQ, 1976. p.813-824.
- MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. & SERRA, G.E. Estudo de efeitos do espaçamento entrelinhas e da adubação N, P e K no comportamento do sorgo sacarino em latossolo roxo. Científica, São Paulo, 13:7-17, 1985.
- MACHADO, J.R., NAKAGAWA, J.; MARCONDES, D.A.S.; BRINHOLI, O. & ROSOLEM, C.A. Efeitos do espaçamento entrelinhas e da densidade na linha, no comportamento do sorgo granífero. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. Anais. Piracicaba, ESALQ, 1976. p.803-811.
- PRIHAR, S.S. & STEWART, B.A. Using upper-bond slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agron. J.*, Madison, 82:1160-1165, 1990.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p.
- REIS, M.S., RIBAS, P.M. & ANDRADE, A.M. de S. Efeito da densidade de plantio e níveis de nitrogênio na cultura do sorgo granífero em dois tipos de solo do Triângulo Mineiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10., Sete Lagoas, EMBRAPA, 1974. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA, 1974. p.91-96.
- RODELLA, R.A. & ANDRADE, V.M.M. Características fenológicas de quatro cultivares de *Sorghum bicolor*. Científica, São Paulo, 9:121-128, 1981.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero: VI. Exigências nutricionais. R. Agric., Piracicaba, 55:49-55, 1980.
- STEINER, J.L. Dryland sorghum water use, light interception and growth responses to planting geometry. *Agron. J.*, Madison, 78:720-726, 1986.
- STIKLER, F.C. & WEARDEN, S. Yield and yield components of grain sorghum as affected by row width and stand density. *Agron. J.*, Madison, 57:564-567, 1965.