

Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero: X. Eficiência nutricional comparada do sorgo granífero e do milho^{1*}/

C. A. ROSOLEM**, E. MALAVOLTA***

Abstract

This investigation was designed to estimate and to compare the nutritional efficiency of 5 grain sorghum and 6 corn cultivars. In the greenhouse, sorghum and corn plants were grown in nutrient solution until maturity, being then harvested, separated in parts and dried. Samples were analysed for total N, P and K.

The nutritional efficiency was calculated by the following formula:

$$E = \text{grain yield (g) nutrient contained in the vegetative part of the plant (g)} \\ \times \text{plant cycle (days)}.$$

The results obtained allowed for the conclusion that there is need for further studies to establish conclusively the concept of nutritional efficiency for grain sorghum. There were significant correlations between production and N and P nutritional efficiency for corn. Grain sorghum yielded more than corn and the nutritional efficiency was also higher.

Introdução

T em havido, recentemente, um crescente interesse pela influência genética na nutrição de plantas. Diferenças nutricionais entre cultivares de mesma espécie (16), diferenças na exigência de nutrientes (8) e controle genético do transporte iônico (6) têm sido revistos.

Com relação ao significado do termo "eficiência", alguns autores têm se referido ao mesmo (4, 5, 6, 7, 16) considerando-a como a capacidade de uma planta produzir maior ou menor quantidade de matéria seca ou de absorver maior ou menor quantidade de determinado nutriente pela parte aérea ou raízes, mostrando ou não sintomas visuais de deficiências.

Em revisão sobre diferenças nutricionais de plantas, Vose (16) comenta a importância da seleção de variedades levando em consideração sua eficiência em absorver nutrientes. Os fatores internos como a absorção, translocação, assimilação e desintoxicação, segundo este autor, podem ser avaliados de duas maneiras:

- a. Respostas diferenciais de produção, como a eficiência de produção de matéria seca com determinada quantidade de nutriente disponível;
- b. Absorção diferencial de nutrientes, como a concentração ou teor total absorvido na parte aérea ou raízes.

Trabalhando com 20 variedades de trigo, 20 variedades de cevada e 10 variedades de soja, em dois locais, Klesse et al (10) estudaram a acumulação de P, K, Mg, Na, Ca, Mn e B foram significativas na maioria dos materiais estudados. Em contraste, as diferenças devidas a locais e anos foram muito menores e não significativas, levando o autor a concluir, em função da consistência dos resultados, que as diferenças nutricionais devidas à carga genética não são afetadas por locais ou anos onde a planta é cultivada.

1/ Recibido para la publicación el 22 de mayo de 1980.

* Parte da dissertação de mestrado do 1º autor, com suporte financeiro da FAPESP e BNDE.

** Departamento de Agricultura e Silvicultura, FCA/UNESP, 18.600 – Botucatu, SP – Brasil. Com bolsa do CNPq.

*** Departamento de Química e CENA/ESALQ, USP, 13 400 – Piracicaba, SP – Brasil.

Os mesmos autores, estudando as correlações entre os nutrientes acumulados, notaram que elas eram altamente significativas e positivas, assim, uma planta com grande acúmulo de um nutriente tendia a acumular grandes quantidades dos outros nutrientes.

Malavolta, citado em (1) preocupando-se em dar um aspecto mais prático ao assunto, define eficiência como a relação existente entre produção e quantidade de um nutriente absorvido em um determinado tempo. É evidente a preocupação do autor para considerar a utilização do nutriente pelas plantas, levando em consideração o seu ciclo biológico. Esta definição foi chamada pelo mesmo "eficiência de utilização de nutrientes", ou "eficiência nutricional".

Amaral (1), trabalhando com 104 variedades de feijão, em solução nutritiva, encontrou eficiência que variaram dentro dos seguintes limites: Nitrogênio — 0,2775 e 0,0081; Fósforo — 1,8270 e 0,0513; e Potássio — 0,7895 a 0,0070. O autor encontrou correlações positivas entre produção e eficiência nutricional para os três nutrientes estudados, concluindo que as eficiências de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio parecem ser parâmetros úteis nos trabalhos de seleção de variedades, pelas correlações positivas que apresentaram com a produção: as variedades mais produtivas foram também as mais eficientes na conversão dos nutrientes absorvidos em grãos colhidos.

Um estudo em termos comparativos dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn contidos em folhas de milho e de sorgo (2), concluiu que são diferentes os níveis desses nutrientes para as duas espécies vegetais, estabelecendo a necessidade de se estudar os níveis críticos nutricionais para o sorgo. O autor relata ainda que o sorgo mostrou teores de Ca e Mg mais baixos do que o milho, e teores de N e P mais altos do que os do milho não existindo diferenças significativas para os teores de K.

A literatura sobre a nutrição mineral do sorgo e milho foi revista por Malavolta (11), destacando-se os seguintes pontos de interesse:

a. Comparando-se com o milho, o sorgo tem mais raízes secundárias, o que lhe confere maior potencial para o uso de água e dos nutrientes. Calcula-se que a capacidade de absorção do sorgo é o dobro da do milho, o que é devido (em parte pelo menos) a maior superfície de contato das raízes com o substrato embora a área foliar do sorgo seja a metade da do milho, as duas espécies apresentam praticamente as mesmas necessidades relativas de nutrientes de maneira geral.

b. Considerando-se a eficiência de utilização dos nutrientes (quantidade de grãos produzida/quantidade de nutrientes absorvidos), o sorgo parece ganhar do milho, principalmente com respeito a N, P e K.

Encontra-se na literatura resultados em que a resposta à adubação foi mais marcante para o milho do que para o sorgo (13), onde o milho produziu menos que o sorgo em tratamentos sem adubo e mais do que o sorgo nos tratamentos com as doses maiores de adubo. Os teores de N nos grãos aumentaram quando se aumentava a dose de N ou P aplicados, mas era semelhante para o milho e sorgo.

Em pesquisa de campo, foram feitas aplicações de 37,5; 75,0 e 112,5 kg N/ha ao milho (3). Para os tratamentos altos e baixos em N, as colheitas de grãos foram 1,6 e 0,87 t/ha e os teores de N na folha da espiga aos 60 dias da semeadura foram 1,62 e 1,26% respectivamente. Resultados similares foram obtidos com sorgo, onde foram obtidas colheitas de 2,65 e 1,7 t de grãos/ha, com altas e baixas doses de N, respectivamente.

Materiais e métodos

Foi instalado um experimento em casa de vegetação, utilizando solução nutritiva com cinco cultivares de sorgo granífero: P 8417, TE Y 101, C 102, C 101 e E 57, e seis cultivares de milho: Ag 504 (opaco 2), Piranão, Flint composto, Centralmex, AG 152 e HMD 7974.

As sementes foram postas a germinar em vermiculite umedecida com água destilada, onde as plântulas permaneceram por uma semana. Quando as plântulas estavam com 3 folhas, foram transplantadas para bandejas de 40 litros de capacidade, contendo 30 litros de solução No. 1 de Hoagland e Arnon (9) diluída a 1/3 da concentração usual, aí permanecendo por 14 dias.

As plantas foram então transplantadas para vasos de polietileno com 20 litros de capacidade, sendo colocada em cada vaso uma planta. Foi utilizada a solução No. 1 de Hoagland e Arnon (9) completa, pois existem indicações de que o estudo das eficiências nutricionais é satisfatório nesta condição (1).

Desde a instalação do ensaio até a sua colheita as soluções foram continuamente arejadas, e procedeu-se a troca das mesmas de 20 em 20 dias, sendo que o volume era completado com água destilada sempre que necessário.

O experimento foi instalado em um esquema inteiramente casualizado com 3 repetições.

As plantas foram colhidas quando completaram o ciclo biológico (110 dias para o sorgo e 120 dias para o milho). Nesta ocasião as mesmas foram dissecadas, secadas, pesadas e moidas. Foram analisados nitrogênio total, fósforo total e potássio total em cada uma das partes das plantas (14).

As eficiências nutricionais foram calculadas pela seguinte fórmula (12):

$E = (\text{produção/elemento absorvido}) \times \text{tempo onde:}$

E = eficiência nutricional.

Produção = matéria seca de grãos (g)

Elemento absorvido = N, P ou K contido na parte vegetativa da planta (g)

Tempo = ciclo biológico da planta (dias)

Foram realizadas análises de variância dos resultados obtidos e tentou-se correlacionar as eficiências nutricionais entre si, e com as produções de grãos obtidas.

Resultados e discussão

Encontram-se na Tabela 1 as produções de grãos estimadas do sorgo e do milho, em kg/ha, com populações estimadas em 150000 plantas/ha para o sorgo e 50000/ha para o milho, assim com as eficiências nutricionais correspondentes.

Eficiência Nutricional do sorgo granífero

As cultivares de sorgo granífero, apresentaram eficiências nutricionais para nitrogênio (ENN) estatisticamente semelhantes. De maneira geral, as cultivares que apresentaram maiores eficiências para nitrogênio (ENN) foram as que apresentaram maiores produções de grãos (Tabela 1), o que fica confirmado pela correlação positiva encontrada entre ENN e matéria seca de grãos.

As eficiências nutricionais para fósforo (ENP) para as diferentes cultivares foram estatisticamente semelhantes (Tabela 1), entretanto, com exceção da E 57, os valores observados correspondem aproximadamente aos resultados obtidos para a produção de grãos, apesar de não ter havido correlação significativa entre ENP e produção para as cultivares de sorgo granífero.

Os resultados obtidos para as eficiências nutricionais para potássio (ENK) (Tabela 1) não concordam plenamente com aqueles obtidos para produção de grãos, o que fica comprovado pela não significância das correlações entre ENK e produção de grãos das cultivares.

Foram encontradas correlações entre ENN e ENK, mas estas não se correlacionaram significativamente com ENP embora os valores de R encontrados se aproximem da significância estatística. Kleese et alii (10) trabalhando com trigo, cevada e soja, e

Tabela 1: Eficiências nutricionais para nitrogênio, fósforo e potássio, produção de grãos em kg/ha do sorgo e do milho, por cultivar^a

Espécies	Cultivares	ENN	ENP	ENK	Produção de grão
SORGO	E 57	0,742	1,560	1,029	4704
	C 101	0,809	7,436	1,158	4020
	P 8417	0,815	6,465	1,688	3863
	IE Y 101	0,676	7,190	1,527	3785
	C 102	0,701	6,366	1,138	2210
	MÉDIA	0,749	5,803	1,308	3716
MILHO	Piranão	0,624	4,271	0,427	2562
	Flint Composto	0,764	4,136	0,382	1967
	HMD 7974	0,580	1,701	5,229	1326
	Centralmex	0,526	1,606	0,268	737
	AG 504	0,436	2,057	0,498	539
	AG 152	0,411	2,101	0,422	517
	MÉDIA	0,567	2,645	1,204	1275

a população estimada para 1 ha de sorgo: 150000 plantas
população estimada para 1 ha de milho: 50000 plantas

Amaral (1) trabalhando com feijão encontraram correlações altamente significativas entre estes parâmetros.

Apesar de ter sido demonstrado a validade do conceito de eficiência nutricional para plantas como o tomateiro (15) e feijoeiro (1), para o sorgo, os resultados obtidos, embora promissores, não foram tão conclusivos como aqueles obtidos para tomate e feijão demonstrando a necessidade de novos estudos sobre o assunto, incluindo a maneira de se calcular a eficiência. Há que se ressaltar que além das espécies, a metodologia utilizada no presente caso foi diferente daquelas utilizadas por aqueles autores.

Eficiência Nutricional do milho

As cultivares de milho apresentaram ENN estatisticamente diferentes entre si, na seguinte ordem decrescente: Flint Composto, Piranão, HMD 7974, Centralmex, Ag 504 e Ag 152, que de maneira geral concorda com a ordem decrescente de produção de grãos, o que fica confirmado pela correlação linear positiva e altamente significativa encontrada entre ENN e produção de grãos.

As cultivares Piranão e Flint Composto apresentaram as maiores ENP, e as demais cultivares apresentaram ENP semelhantes entre si, sendo que foram encontradas correlações altamente significativas e positivas entre ENP e produção de grãos das cultivares.

A cultivar HMD 7974 apresentou ENK muito maior que as outras cultivares (semelhantes entre si), mostrando assim alta capacidade de adaptação a condições de baixa fertilidade em potássio, mas não foi encontrada correlação entre ENK e produção de grãos de milho.

Foram encontradas correlações positivas e significativas apenas entre ENP e ENN, discordando de resultados obtidos com outras culturas (1, 10).

Para o milho, o conceito de eficiência nutricional mostrou ser um meio com amplas possibilidades para se estudar a capacidade da planta em responder à adubação e se adaptar a condições de baixa fertilidade, a exemplo do que foi demonstrado para outras culturas (1, 15).

Sorgo x milho

As cultivares de sorgo, em solução nutritiva, geralmente apresentaram maiores eficiências do que as cultivares de milho, correspondentes a maiores produções das cultivares de sorgo.

Estes resultados concordam plenamente com a hipótese levantada por Malavolta (11), segundo a qual o sorgo tem maior capacidade de aproveitamento de nutrientes para produção, e em parte com os resultados obtidos por Perry e Olson (13), que encontraram maiores produções de sorgo em relação apenas em parcelas que não receberam adubação.

Conclusões

- a. As eficiências nutricionais para nitrogênio apresentaram correlação com as produções de grãos, enquanto que para as eficiências nutricionais para fósforo e potássio do sorgo foram encontradas apenas algumas correspondências com as produções, sendo portanto necessários mais estudos sobre a aplicabilidade do conceito de eficiência nutricional ao sorgo granífero.
- b. Existiram correlações significativas entre produção de grãos de milho e eficiências nutricionais para nitrogênio e fósforo, e algumas correspondências entre eficiência nutricional para potássio e produção de grãos de milho.
- c. As cultivares de sorgo granífero apresentaram maiores produções de grãos e maiores eficiências nutricionais para nitrogênio, fósforo e potássio do que as cultivares de milho.

Resumo

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com solução nutritiva com o objetivo de se estudar as eficiências nutricionais do sorgo granífero e do milho.

Para tanto, cinco cultivares de sorgo e seis cultivares de milho foram cultivadas em solução nutritiva completa até o final do ciclo, quando as plantas foram colhidas, dissecadas, secadas e moidas. Foram feitas análises químicas de nitrogênio, fósforo e potássio nas partes das plantas, e a seguir foram calculadas as eficiências nutricionais através da fórmula: $E = \text{produção de grãos (g) / nutriente contido na parte vegetativa (g) x ciclo da planta (dias)}$.

Os resultados obtidos demonstraram que são necessários mais estudos para a aplicação do conceito de eficiência nutricional ao sorgo granífero, o mesmo parece, entretanto, se aplicar muito bem ao milho. As cultivares de sorgo granífero produziram mais do que as de milho, e suas eficiências nutricionais foram também maiores.

Literatura Citada

1. AMARAL, F. de A. L. do. Eficiência de utilização de Nitrogênio, Fósforo e Potássio de 104 variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). (Tese de Doutorado). ESALQ—USP. Piracicaba, 1975, 11 p.
2. BENNET, W. F. A comparison of the chemical compositions of the corn and the grain sorghum leaf *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, 2(6):399-405 1971.
3. BOON—AMPOL, P.; MEESWAT, P.; PANICHKUL, R. e SLIT, M. Application of nitrogen for corn and sorghum grown in Chai Nat soil during dry season. *Thailand Journal of Agricultural Science*. Department of Agriculture Bangkok, Thailand, 8(3):131-137. 1975.
4. BROWN, J. C. e AMBLER, J. E. Further characterization of iron uptake in two genotypes of corn *Proceedings of soil Science Society of America*, 34(2):249-252. 1970.
5. CLARK, R. B. e BROWN, J. C. Differential mineral uptake by maize inbreds *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 5(3):213-277 1974.
6. EPSTEIN, E. e JEFFERIES, R. L. The genetic basis of selective ion transport in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15:169-184. 1964.
7. EPSTEIN, E. *Nutrição mineral das plantas — Princípios e perspectivas* Trad e Notas E. MALAVOLTA. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. da Universidad de São Paulo, 1975, 344 p.
8. GERLOFF, G. C. Comparative mineral nutrition of plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 14:107-124. 1963.
9. HOAGLAND, D. R. e ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experimental Station Cir.* 347. 1950.
10. KLEESE, R. A.; RASMUSSEN, D. C. e SMITH, L. H. Genetic and environmental variation in mineral element accumulation in Barley, wheat and soybeans *Crop Science*, 8(5): 591-594. 1968.
11. MALAVOLTA, E. *Nutrição e adubação do milho (Zea mays) e do sorgo (Sorghum vulgare)*. 1973. Apostilla mimeo. Piracicaba.
12. MALAVOLTA, E. *Manual de Química Agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo*. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 1976 528 p.
13. PERRY, Jr., L. J. e OLSON, R. A. Yield and quality of corn and grain sorghum and residues as influenced by N fertilization. *Agronomy Journal*, 67(6):816-819. 1975.
14. SARRUGE, J. R. e HAAG, H. P. *Análises químicas em plantas* Departamento de Química — ESALQ — publicação especial. Piracicaba. 1974.
15. SULLIVAN, J.; GABELMAN, W. H. e GERLOFF, G. L. Variation in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under nitrogen stress. *Journal of America Society of Horticultural Science*, 99(6):543-547 1974.
16. VOSE, P. B. Varietal differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts*, 33(1):1-13. 1963.

Reseña de Libros

HALL A. E., CANNELL, G. H. y LAWTON, H. W.
(Edits.) Agriculture in semi-arid environments.
Ecological Studies 34. Springer-Verlag Berlin,
Heilderberg. 1979. 340 p.

En los últimos años se ha incrementado el interés por las zonas semiáridas, las cuales constituyen ecosistemas frágiles expuestos a presiones de uso intenso, en razón de las poblaciones siempre en aumento que en ellas viven y de las que extraen su sustento. Prueba de ese interés es el programa sobre desertificación (o sea la degradación ecológica de las zonas áridas y semiáridas) que recientemente iniciaron las Naciones Unidas a escala mundial, luego de un largo proceso de estudios y reuniones preliminares.

Este volumen es también un reflejo de ese interés. Escrito por varios autores, principalmente profesores de la Universidad de California, describe en los primeros capítulos los sistemas agrícolas usados en la antigüedad, en las regiones secas tanto del viejo mundo como de América, y la forma como tales sistemas evolucionaron hasta los utilizados en la actualidad. Luego se extiende en la definición y distribución geográfica de los climas semiáridos para después entrar en los aspectos microbiológicos y bioquímicos de los suelos agrícolas que se encuentran en tales climas, su manejo, el control de la erosión, y la adaptación y manejo de cultivos en dichas condiciones ambientales.

Finalmente trata varios temas de menor amplitud o de interés geográfico localizado, tales como el transporte del agua a través del suelo, la planta y la atmósfera, y (referidos a las zonas semiáridas del Africa

Occidental, a la zona del Sahel y a otras regiones de ese continente), el control de malezas, las enfermedades y nemátodos que atacan los cultivos, la agroclimatología aplicada al manejo del agua y la interacción entre la producción de cultivos de escarda y la ganadería.

Como casi siempre ocurre en libros sobre asuntos técnicos y científicos escritos cooperativamente por numerosos autores, la obra que comentamos no cubre sistemáticamente los diversos aspectos del tema básico, sino que se asemeja más bien a un mosaico de contribuciones, casi todas valiosas, de diferente amplitud y profundidad, que en ocasiones se sobrepone y en otras profundizan innecesariamente en aspectos demasiados específicos y localizados. Por otra parte vale la pena anotar que de 23 contribuyentes 18 son profesores de la Universidad de California, uno es un experto australiano, tres africanos y uno francés.

Llama la atención y es uno de los aspectos más positivos de la obra que comentamos, la amplia y cuidadosa revisión bibliográfica que se ha hecho en muchos de los temas tratados. Las referencias fácilmente llegan en total a varios centenares y son abundantes y bien escogidas, especialmente en los capítulos sobre los antiguos sistemas agrícolas en las regiones secas, los aspectos microbiológicos y bioquímicos de los suelos agrícolas en regiones semiáridas, la adaptación y el manejo de cultivos a ese medio ecológico y la erosión del suelo y su control. El libro contiene, finalmente, sendos índices taxonómico y de materias, que ayudan mucho en la consulta de su contenido.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA