Efeitos de N, P e K no teor e produção de proteina pelo sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) em solução nutritiva[1] /

C.A. ROSOLEM*, E. MALAVOLTA**, J. R. MACHADO***, J. NAKAGAWA***

Abstract

Effects of N, P and K on protein contents and protein production of grain sorghum.

The experiment was designed to study the effects of nitrogen, phosphorus and potassium defficiences on protein contents of 5 grain sorghum cultivars, in nutrient solution.

Sorghum cultivars presented different responses to nutrient stress and the nutrient effects were more important on grain production than on protein contents of the grains.

Introdução

No Brasil o sorgo granífero é utilizado principalmente em rações para animais, constituindo-se em fonte de energia. Para diminuir o custo destas rações, seria interessante que esses grãos possuissem elevado teor de proteina de boa qualidade e digestibilidade.

Segundo Rooney (11), a quantidade de proteina contida nos grãos de sorgo varia principalmente devido à influência de fatores ambientais e culturais, em grau menos pronunciado, devido ao híbrido utilizado. O autor relata ainda que o teor de proteina nos grãos apresenta correlação negativa com a produção de grãos, mas a produção de proteina por unidade de área apresenta correlação positiva com a produção de grãos, e conclue que o melhor método para aumentar a produção de proteina é a seleção contínua de linhagens para altas produções de grãos.

1/ Recebido para publicação em 29 febrerou 1980. Trabalho financiado pelo BNDE (FUNTEC 293) e FAPESP.

* Professor Assistente Doutor do Departamento de Agricultura e Silvicultura/FCA/UNESP Campus de Botucatu (com bolsa do CNPq).

** Professor Catedrático, Departamento de Química/ESALQ/USP, Piracicaba.

*** Professor Assistente DAS/FCA/UNESP, Campus de Botucatu.

Da mesma forma, existem trabalhos (1) relatando que o problema de baixos teores de proteina no sorgo parece estar associado particularmente com cultivares híbridos de alta produção de grãos.

Entre os fatores ambientais que podem influenciar a produção de proteina, a fertilidade do solo parece ser a de controle mais viável, o teor e a produção de proteina pelo sorgo pode ser aumentada significativamente através do manejo adequado da fertilidade do solo e da fertilização (11).

Diversos autores estrangeiros têm correlacionado a produção e o teor de proteina nos grãos com o suprimento de nitrogênio em sorgo (2, 4, 10). Entretanto os trabalhos que relacionam a produção de proteina com o fornecimento de fósforo ou potássio à planta são muito raros na literatura internacional, e inexistentes na brasileira, apesar de saber-se que estes nutrimentos podem influenciar a produção de proteina pela planta (5, 8).

Por outro lado, é comum que se encontrem diferenças varietais no teor e produção de proteina pelo sorgo (3).

No presente trabalho estudou-se os teores e a produção de proteina de cinco cultivares de sorgo cultivado em solução nutritiva completa, e em condição de "stress" relativa de N, P e K, separadamente.

Materiais e métodos

O presente trabalho foi conduzido nas instalações do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, anexo à ESALQ – USP, em Piracicaba, nos anos de 1976/77.

Foram utilizados cinco cultivares de sorgo granífero, a saber: P 8 417 (Pioneer), TE Y 101, C 101 C 102 (Contibrasil) e E 57 (Agroceres), que foram cultivados em solução nutritiva nº 1 de Hoagland e Arnon, e as diluições foram efetuadas conforme preconizado por Malavolta (7).

A semeadura foi efetuada em vermiculita umedecida com água destilada, onde as plantas permaneceram até o 8º dia (estágio de 3 folhas). As mudas foram então transplantadas para bandejas de 40 litros, contendo solução nutritiva diluida a 1/3 da concentração usual, ai permanecendo por 14 dias. A seguir colocou-se uma planta em cada vaso de polietileno de 20 litros, cada vaso contendo um dos seguintes tratamentos: 1. solução completa (nível 1.0 de N, P e K); concentração usual; 2. nitrogênio diluido a 1/2; 3. nitrogênio diluido a 1/5; 4 nitrogênio diluido a 1/10; 5. fósforo diluido a 1/2; 6. fósforo diluido a 1/5; 7. fósforo diluido a 1/10; 8. potássio diluido a 1/2; 9. potássio diluido a 1/5 e 10. potássio diluido a 1/10, todos os tratamentos com 3 repetições. Nestas condições as plantas foram cultivadas até o final do ciclo (grãos duros).

O arejamento foi constante

Os grãos, após a colheita foram secos pesados e moidos para posterior análise de nitrogênio total pelo método semi-micro Kjeldal, cujos resultados foram multiplicados por 6.25, para a obtenção do valor proteina bruta (6).

Para as análises estatísticas foram considerados 3 ensaios, um com níveis de N, um com níveis de P e um com níveis de K. Os dados de porcentagens foram transformados em $\sqrt{x \div 100}$ (9).

Resultados e discussão

Efeitos do nitrogênio

A análise da variância dos teores de proteina obtidos com os diferentes níveis de N na solução nutritiva mostrou valores de F não significativos para níveis, mas altamente significativos para cultivares e para a interação níveis x cultivares, indicando o diferente comportamento destas, em resposta à aplicação do N, com relação a teor de proteina. As médias dos dados correspondentes ao desdobramento da interação níveis x cultivares encontra-se na Tabela 1.

A análise da variância das quantidades de proteina produzida em função dos níveis de N mostrou valores de F altamente significativos para níveis, cultivares e para a interação níveis x cultivares. As médias dos dados correspondentes ao desdobramento da interação encontram-se na Tabela 2.

As cultivares P 8 417 e C 101 apresentaram comportamento semelhante, pois os níveis mais baixos de N no substrato foram suficientes para que aproveitassem todo o seu potencial genético para produção de proteina, o que ficou patente pela não alteração nos teores de proteinas nos grãos (Tabela 1).

Pela Tabela 2 nota-se que a produção de proteina por plantas destas duas cultivares diminuiu quando se forneceu menos N, mostrando que deve ter havido uma diminuição na produção de grãos. Esses resultados são concordantes com aqueles relatados por Rooney (11).

A cultivar TE Y 101 apresentou um aumento no teor de proteina dos grãos e uma tendência de diminuição na quantidade de proteina produzida por planta quando se diminuiu o N do substrato, provavelmente devido a um efeito de concentração nos níveis mais baixos de N, mostrando que a deficiência do elemento parece afetar primeiro a produção de grãos, e depois, a formação de proteina. Os resultados obtidos

Tabela 1: Teores médios de proteina (%) bruta contida nos grãos de sorgo granífero, por cultivar e por nível de N na solução nutritiva.

Níveis de N	Cultivares[1]				
	P 8 417	TE Y 101	C 102	C 101	E 57
1.0	15.6a XY	14.2 bXY	15.9a X	12.7a Y	14.1a XY
0.5	16.3a XY	17.0abX	14.4abXY	13.7a Y	13.8a Y
0.2	16.1a XY	17.0abX	13.0 b Y	14.7a XY	13.7a Y
0.1	15.8a Y	19.5a X	17.1a XY	14.3a Y	11.1 b Z

1/ Letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas diferentes significam diferenças significativas ao nível de 5% (Tukey).

Tabela 2: Dados médios das quantidades de proteina bruta contida nos grãos de sorgo, por nível de N e por cultivar, em gramas/planta.

Níveis de N	Cultivares[1]				
	P 8 417	TE Y 101	C 102	C 101	E 57
1.0	3.98a X	3.60abX	2.31a Y	3.41 bXY	4.40a X
0.5	2.62 bZ	3.80a YZ	2.69a Z	5.02a X	4.60a XY
0.2	2.44 bYZ	3.45ab Y	2.22a Z	2.98 bYZ	4.89a X
0.1	2.66 bXY	2.61 bXY	1.59a Y	3.08 bX	2.98 bX

1/ Letras maiúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas diferentes significam diferenças significativas ao nível de 5% (Tukey).

para esta cultivar concordam com a literatura existente (2).

A cultivar C 102 apresentou algumas variações nos teores de proteina dos grãos, variações estas que não se repetem na produção de proteina por planta, o que vem reafirmar que a produção de grãos é mais importante como componentes da produção de proteinas do que o teor destas nos grãos, concordando novamente con Rooney (11).

A cultivar E 57 apresentou comportamento bem diverso das anteriores, pois a medida que diminuiu-se o N disponível diminuiram tanto os teores como as produções de proteina por planta, mostrando que o metabolismo desta cultivar é mais sensível ao "stress" do que as demais.

As diferenças entre cultivares mostram que nem sempre as cultivares que apresentam os maiores teores de proteina bruta são as que apresentam as maiores produções de proteina bruta, e esse comportamento relativo é diferente conforme se aumenta o "stress" de N, em função, provavelmente, da eficiência das cultivares em utilizar o nutriente disponível para elaboração de proteinas.

Efeitos do fósforo

A análise da variância dos teores de proteina dos grãos em função dos níveis de fósforo mostrou diferenças altamente significativas para cultivares, para níveis e para a interação níveis x cultivares, cujos resultados médios estão na Tabela 3.

Quando se analisou a variância das quantidades de proteina produzida por planta encontrou-se valores de F altamente significativos para cultivares, níveis, e para a interação cultivares x níveis, e os resultados médios do desdobramento da interação encontram-se na Tabela 4.

Pela análise das Tabelas 3 e 4, nota-se que quando se diminuiu o suprimento de P, a cultivar P 8 417 mostrou tendência a diminuição tanto no teor como na quantidade de proteina produzida, ao passo que as cultivares TE Y 101 e C 102, apesar de mostrarem diferenças nos teores, apresentaram produções de proteina bruta iguais entre si, mas os resultados para estas 3 cultivares não foram consistentes.

As cultivares C 101 e E 57 apresentaram comportamentos diversos das anteriores e semelhantes entre si. A diminuição na disponibilidade de P afetou o teor de proteina apenas no nível mais baixo do elemento.

Tabela 3: Teores médios de proteina bruta (%) contida nos grãos de sorgo granífero, por cultivar e por nível de P na solução nutritiva.

Níveis de P	Cultivares[1]				
	P 8 417	TE Y 101	C 102	C 101	E 57
1.0	15.6a X	14.2 b Y	15.9a X	12.7a Y	14.1aXY
0.5	12.6 b Y	19.5a X	14.1ab Y	14.6a Y	14.1a Y
0.2	14.4ab Y	21.1a X	14.4ab Y	12.3a Y	14.2a Y
0.1	14.4abX	13.9 bx	12.3 bxY	9.0 bZ	10.2bYZ

Tabela 4: Dados médios das quantidades de proteina bruta contida nos grãos de sorgo, por nível de P e por cultivar, em gramas/plânta.

Níveis de P	Cultivares[1]				
	P 8 417	TE Y 101	C 102	C 101	E 57
1.0	4.01a X	3.60a X	2.30a Y	3.41a XY	4.40a X
0.5	2.55 b XY	3.67a X	1.87a Y	2.45abXY	3.63abX
0.2	2.31 b Z	4.54a X	2.59a YZ	3.12abYZ	3.59bXY
0 1	3.29abXY	3.53a X	2.07a YZ	2.04 b Z	2.93 bxYZ

1/ Letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas diferentes significam diferenças significativas ao nível de 5% (Tukey).

No nível 0.5 de P já apareceu uma tendência de diminuição na quantidade de proteina produzida, sendo que provavelmente nos níveis 0.5 e 0.2 houve efeito apenas na matéria seca de grãos, e no nível 0.1 de P este efeito somou-se á diminuição no teor de proteina. Isto mostrou que a diminuição no metabolismo que leva a elaboração de proteinas para estas cultivares não parece ser o primeiro efeito de uma deficiência de P.

Novamente tornou-se claro o comportamento diferencial das cultivares com relação aos teores de proteina bruta e com relação às quantidades de proteina bruta produzida. Quando se considerou diferentes disponibilidades de P, estas diferenças relativas se modificaram, provavelmente, em função do potencial genético e da eficiência das cultivares para elaborar proteina.

Efeitos do potássio

A análise da variância dos teores de proteina bruta dos grãos de sorgo em função dos níveis de potássio revelou valores de F altamente significativos para cultivares, mas as diferenças devidas aos diferentes níveis e à interação níveis x cultivares nao foram significativas. As médias das cultivares encontram-se na Tabela 5.

Quando se analisou os resultados de quantidades de proteina bruta produzida por planta em função dos níveis de K, foram encontrados valores de F significativos para cultivares e para níveis. Esses resultados encontram-se nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Pelas Tabelas 5 e 6 nota-se que a cultivares que apresentaram os maiores teores de proteina bruta nem sempre foram as que produziram mais proteina por planta, evidenciando que para altas produções de proteina por unidade de área é mais interessante a seleção de linhagens mais produtivas de sorgo do que a seleção de linhagens com maiores teores de proteina, o que está de acordo com a literatura existente (2, 11).

Tabela 5: Teores médios de proteina bruta apresentados por diferentes cultivares de sorgo granífero submetidos a diferentes níveis de K no substrato, em %.

Cultivares	Teores (%)[1]
TE Y 101	16.2 a
P 8 417	15.2 ab
C 102	15.1 ab
E 57	14.4 bc
C 101	12.8 c

1/ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si significativamente ao nivel de 5%de probabilidade (Tukey).

Tabela 6: Produções médias de proteina bruta de diferentes cultivares de sorgo submetidos a diferentes níveis de K, em gramas/planta.

Cultivares	Gramas de Prot/Planta[1]
E 57	4.07 a
TE Y 101	3.52 ab
P 8 417	3.31 b
C 101	3.19 b
C 102	1.97 c

1/ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si significativamente ao nivel de 5%de probabilidade (Tukey).

Os diferentes níveis de K na solução nutritiva não influenciram os teores de proteina bruta dos grãos, mas tiveram influência na produção de proteina bruta por planta, provavelmente através do efeito na produção de matéria seca de grãos.

A falta de interações significativas mostrou que a reação das cultivares de sorgo ao "stress" relativo de K foi semelhante.

Tabela 7: Produções médias de proteina bruta de cinco cultivares de sorgo granífero em função dos níveis de K no substrato, em gramas por planta.

Níveis de K	g Proteina/Planta[1]
1.0	3.54 a
0.5	3.42 ab
0.2	3.01 ab
0.1	2.86 b

1/ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade (Tukey)

E interessante ressaltar que os níveis de K podem não ter apresentado resultados significativos nos teores de proteina bruta porque um dos efeitos do K sobre os compostos nitrogenados da planta é o aumento da relação N solúvel/N proteico (8), e a determinação utilizada no presente trabalho não separa estas duas formas de N da planta.

Conclusões

Através dos resultados obtidos, nas condições do presente ensaio de sorgo granífero cultivado en solução nutritiva completa, e em condição de "stress" relativa de N, P e K, separadamente, pode-se chegar às seguintes conclusões:

a. Com a diminuição na disponibilidade de N no meio, as cultivares P 8 417 e C 101 não apresentaram variações significativas nos teores de proteina bruta dos grãos, enquanto a cultivar E 57 apresentou diminuição significativa nos teores de proetina bruta.

b. Com exceção da cultivar C 102, a diminuição do N disponível no meio levou a uma diminuição na produção de proteina bruta por planta.

c. O Fósforo afetou os teores de proteina dos grãos de sorgo. Com exceção das cultivares P 8 417 e TE Y 101, os resultados sugeriram uma correlação direta.

d. Os resultados obtidos sugeriram que a deficiência de P afetou primeiramente a produção de grãos, e depois a elaboração de proteina bruta pela planta.

e. O potássio nao teve efeito nos teores de proteina bruta dos grãos, mas sim na produção de proteina bruta pela planta.

f. As diferentes cultivares apresentaram reações diferentes ao "stress" relativo de N e P, e reações semelhantes entre si ao "stress" relativo de K, com relação ao teor e produção de proteina bruta.

g. Os efeitos de N, P e K pareceram ser mais importantes na produção do que para a produção de proteina bruta, mas são necessários novos estudos visando qualidade e não apenas a quantidade de proteina produzida pelo sorgo.

Resumo

Foram estudados os teores e as produções de proteina bruta dos grãos de cinco cultivares de sorgo granífero em função de diferentes níveis de N, P e K, em solução nutritiva. As cultivares apresentaram respostas diferentes entre si para N e P. Quando se comparou as respostas das cultivares submetidos a tratamentos idênticos estas também foram diferentes, tanto para teores de proteina bruta como para a produção de proteina bruta por planta. O potássio não causou efeito nos teores de proteina bruta das cultivares, e as respostas destas foram semelhantes quando se comparou as produções de proteina bruta por planta. Os efeitos de níveis de N, P e K pareceram ser mais importantes para a produção de grãos do que para os teores de proteina bruta por planta.

Literatura citada

1. ASHER, C. J. & COWIE, A. M. Grain sorghum – high yield, satisfactory protein content or both? Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand 4:79-82

2. CAMPBELL, A. R. & PICKETT, R. C. Effect of nitrogen fertilization on protein quality and quantity and certain other charrateristics of 19 strains of *Sorghum bicolor* (L.) Moench Crop Science 8(5):545-547. 1968.

3. DEOSTHALE *et al.* Varietal differences in protein, lysine and leucine content of grain sorghum Journal Agriculture and Food Chemical 18:644-646. 1970.

4. DEYOE, C. W. & SHELLENBERGER, J. A. Amino acids and proteins in sorghum grain. Journal Agriculture and Food Chemical 13:446-450. 1965.

5. EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas, trad. e notas de E. MALAVOLTA, Ed. Universidade de São Paulo. 1975. 341 p.

6. GUIRAGOSSIAN, V. Y., Van Soyoc, S. W. & AXTELL, J. D. Chemical & biological methods for grain & forage sorghum. Dep. Agronomy, Purdue University. 1977. pp. 32-37.

7. MALAVOLTA, E. Práticas de Nutrição Mineral de plantas. Apostila mimeo. ESALQ – Piracicaba, Brasil 1975.

8. MALAVOLTA. E. Manual de quimica agricola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. Ed. Agro. Ceres, S. Paulo. 1976. 528 p.

9. MICHAN, M. M. Comunicação particular. 1978.

10. MILLER, G. D.; DEYOE, C. W.; WALTER, T. L. & SMITH, F. W. Variations in protein levels in Kansas grain sorghum. Agronomy Journal 56:302-304. 1964.

11. ROONEY, L. W. Utilization of Sorghum grain: food and industrial. **In**: Grain sorghum research in Texas. 1970. Texas A&M University. 1971. pp. 71-81.