EFEITOS DO NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E
MAGNÉSIO NO CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E
QUALIDADES TECNOLÓGICAS DO SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* L. MOENCH. cv. BRANDES)

ISABEL ETSUE EIMORI

Orientador: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1986

A

meus

pais

MASATAKA

e

MIKIKO

OFEREÇO.

A

minha

família

cristã

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Eurípedes Malavolta, pela orientação, compreensão, carinho e valiosíssimo auxílio prestado.
- À FAPESP pelo apoio financeiro.
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, SP, às divisões de Química Analítica e Processamento de Dados pela permissão das análises químicas e estatísticas, respectivamente.
- Ao Departamento de Tecnologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP, pelas análises tecnológicas.
- Aos amigos Alcioneãurea Queiroz da Silva, Humberto Silva, Marco Aurélio Ribeiro de Castro e Cleusa Cabral, pela colaboração prestada.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para execução deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Produção de colmos e características tecnológicas em função das doses de N, P e K ...	04
2.2. Diagnose foliar	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Cultivar utilizado	16
3.2. Experimento preliminar com doses de potássio	17
3.2.1. Semeadura e transplante de mudas ...	17
3.2.2. Instalação dos tratamentos	17
3.2.3. Condução do ensaio	18
3.2.4. Amostragens realizadas	19
3.2.4.1. Diagnose foliar	19
3.2.4.2. Análise tecnológica	19
3.2.4.3. Determinação da matéria seca	20
3.2.4.4. Determinação das exigências minerais	20
3.3. Experimento com interação K e Mg	21
3.3.1. Semeadura e transplante de mudas ...	21
3.3.2. Instalação dos tratamentos	21
3.3.3. Tratamentos utilizados	21
3.3.4. Condução do ensaio	21
3.3.5. Amostragens realizadas	21
3.3.5.1. Diagnose foliar	21
3.3.5.2. Determinação da matéria seca.	23
3.3.5.3. Análise tecnológica	23

3.4. Experimentos com doses de N, P e K	23
3.4.1. Semeadura e transplante de mudas	23
3.4.2. Instalação dos tratamentos	23
3.4.3. Tratamentos utilizados	23
3.4.4. Condução do ensaio	25
3.4.5. Amostragens realizadas	25
3.4.5.1. Diagnose foliar	25
3.4.5.2. Determinação da matéria seca ..	25
3.4.5.3. Análise tecnológica	26
3.4.6. Estimativa do rendimento em álcool etílico	27
3.5. Análises minerais	28
3.6. Delineamento experimental	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Efeitos de doses de K (experimento preliminar)	29
4.1.1. Sintomas	29
4.1.2. Dados de crescimento	30
4.1.3. Diagnose foliar	31
4.1.4. Componentes tecnológicos	35
4.1.5. Exigências nutricionais	36
4.2. Interação K e Mg (segundo experimento)	40
4.2.1. Sintomas	40
4.2.2. Produção de matéria seca	40
4.2.3. Diagnose foliar	42
4.3. Efeito de doses de nitrogênio	45
4.3.1. Sintomas	45
4.3.2. Dados fenológicos	45
4.3.3. Produção de matéria seca	48
4.3.4. Diagnose foliar	50
4.3.5. Análise tecnológica ..	54

4.4. Efeito de doses de fósforo	59
4.4.1. Sintomas	59
4.4.2. Dados fenológicos	60
4.4.3. Produção de matéria seca	61
4.4.4. Diagnose foliar	61
4.4.5. Análise tecnológica	66
4.5. Efeito de doses de potássio	70
4.5.1. Sintomas	70
4.5.2. Dados fenológicos	70
4.5.3. Matéria seca	71
4.5.4. Diagnose foliar	73
4.5.5. Análise tecnológica	78
5. CONCLUSÕES	81
6. LITERATURA CITADA	85

EFEITOS DO NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E MAGNÉSIO NO
CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E QUALIDADES TECNOLÓGICAS DO
SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* L. Moench. cv. Brandes).

Autor: ISABEL ETSUE EIMORI

Orientador: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

RESUMO

Em experimentos independentes foi estudado o efeito de níveis de K, K e Mg, N, P e K no crescimento, composição mineral e características tecnológicas do sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva, usando-se a cultivar Brandes.

Os dados obtidos mostraram que a produção de colmos foi influenciada positivamente pelo suprimento de N, P e K, tendo havido menor influência do Mg.

Com relação ao nitrogênio, fósforo e potássio, conclui-se que as três premissas básicas da diagnose foliar foram satisfeitas e que os valores obtidos refletem o estado nutricional tão bem quanto relações entre pares de elementos.

São considerados como adequados os seguintes níveis foliares determinados em folhas medianas correspondente a uma produção relativa de colmo igual a 90%:

N - 3,0%

P - 0,16%

K - 2,90%

O rendimento alcoólico estimado diminuiu com a carência de N e P, e principalmente com o menor suprimento de K.

EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM AND MAGNESIUM
ON GROWTH, MINERAL COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF SWEET SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench., cv. Brandes).

Author: ISABEL ETSUE EIMORI

Adviser: Prof. EURIPEDES MALAVOLTA

SUMMARY

In independent successive experiments the effects of several levels of K, K and Mg, N, P and K, on growth, mineral composition and technological characteristics of sweet sorghum were studied under nutrient solution conditions, the cultivar Brandes being used throughout.

Stalk production was positively affected by raising the supply of N, P, and K, with lesser influence due to Mg.

With respect to N, P, and K, it was concluded that the three basic premises of foliar diagnosis were obeyed, the absolute content of the elements in the leaves assessing the nutritional status equally well as the ratios between the percentages of pairs of elements.

The following levels of the elements in medium high leaves sampled, at tillering boot stage, are considered as adequate to give 90% of the maximum yield:

N - 3.0%

P - 0.16%

K - 2.90%

The estimated alcoholic yield decreased with the deficiencies of both N and P, and especially with lower K supply.

1. INTRODUÇÃO

Há uma década, a crise energética causada pela alta no preço do petróleo, no mercado internacional, provocou sérias consequências para os países em desenvolvimento que importam parcial ou totalmente combustíveis fósseis. Sendo o petróleo um combustível fóssil, de recurso finito, terá suas reservas diminuídas no futuro, devido ao aumento do consumo mundial. Este panorama despertou a atenção dos países envolvidos, dentre eles o Brasil, para uma investigação dos recursos e necessidades energéticas; procurando estudar a viabilidade do aproveitamento de fontes de energia renováveis em plano nacional. A criação do Programa Nacional do Alcool em fins de 1975, optou pelo aproveitamento de fontes de energia renováveis, alicerçado na exploração de plantas produtoras de carboidratos a nível industrial, como matéria-prima para a fabricação de álcool carburante.

O Brasil, graças à sua extensão territorial e

disponibilidade de área para o cultivo agrícola, oferece amplas possibilidades para intensificar esse programa.

No princípio pensou-se na possibilidade de utilização da cana-de-açúcar e da mandioca para a produção de etanol; entretanto, a fim de reforçar o potencial energético do país, fez-se necessário propor outras matérias primas, que permitissem ampliar consideravelmente a área plantada, através da utilização de espécies adaptadas a diferentes condições de clima e solo.

Dentro desta perspectiva despontou o sorgo sacarino *Sorghum bicolour* (L.) Moench. como uma opção a ser estudada. Trata-se de uma gramínea anual que apresenta um rápido desenvolvimento. É explorado tradicionalmente nos Estados Unidos, México e Itália, para a produção de açúcar, xarope, álcool e outros produtos.

Pertence a família da cana-de-açúcar, possuindo características semelhantes. Os colmos são ricos em sacarose, glucose e frutose, açúcares de fácil fermentação, que dispensam a operação de sacarificação, necessária quando se industrializar os grãos. O bagaço pode ser utilizado na produção de energia para o processo industrial. Para o seu processamento são utilizados os mesmos equipamentos exigidos pela cana-de-açúcar, e sua produção se dá na entre-safra desta, o que possibilita a ampliação do período de fabricação de álcool e consequente redução do período de ociosidade das destilarias. Além disso possui ciclo produtivo curto (100-130 dias) e adaptação a amplas condições de crescimento.

No Brasil, tem-se conhecimento de trabalhos com sorgo sacarino realizados há 30-40 anos, no Instituto Agrônomo de Campinas.

O sorgo é originário da África, foi introduzido nos Estados Unidos e México em meados do século passado e posteriormente no Brasil.

Embora na atualidade, a cultura tenha uma participação ainda reduzida na economia agrária do país, há possibilidades de que as variedades sacarinas se tornem matéria prima de real interesse para a produção de álcool.

Alguns estudos tem sido realizados com esta cultura nestes últimos anos. Este trabalho tem o intuito de fornecer mais uma contribuição para o conhecimento da sua nutrição, tratando de:

- obter, através da diagnose foliar, informações que permitam avaliar o estado nutricional;

- estudar o efeito de doses de N, P, K e Mg no crescimento e nas qualidades tecnológicas (graus brix, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e fibra de plantas cultivadas em solução nutritiva.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de colmos e características tecnológicas em função das doses de N, P e K

Na ocasião em que, a busca de fontes renováveis de energia como complementação ao uso do petróleo se fez necessária para o país, o sorgo sacarino, como uma das matérias primas para a produção de álcool carburante, estimulou a pesquisa no sentido de explorar sua potencialidade real de produção. Até então, quando se tratava de nutrição e adubação dessa cultura atribuía-se que a sua exigência era semelhante ao do sorgo grânifero pertencente à mesma espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Porém os resultados obtidos por MALAVOLTA et alii (1979) e ROSOLEM (1979) atestaram que as exigências são diferentes, uma vez que a utilização do sorgo grânifero deve-se a produção de grãos e a do sorgo sacarino se destina a produção de colmo para extração do caldo.

Em condições de casa de vegetação, ROSOLEM (1979) estudando exigências de nutrição mineral de duas cultivares de sorgo sacarino em solução nutritiva, obteve maior produção de colmos verdes na solução completa, com a cv. Brandes. Na solução diluída a cv. Rio produziu mais que a cv. Brandes. O autor concluiu que o sorgo sacarino em condições controladas é bastante exigente em K e a seguir em N, Ca, Mg, P e S.

MALAVOLTA et alii (1979), também cultivando em solução nutritiva verificaram acentuados decréscimos na produção de matéria seca total de sorgo sacarino cv. Brandes em meio deficiente em N ou P ou K e comportamentos da seguinte ordem: - P < - K < - N. O rendimento alcoólico/ha obedeceu a ordem decrescente -P < -N < -K.

Vários são os autores que observaram efeitos da adubação de N, P e K, em condições de campo, sobre a produção de colmos verdes e características tecnológicas do sorgo sacarino, como se verá em seguida.

ROSS e WEBSTER (1970) afirmam que o sorgo é uma cultura esgotante do solo, necessitando de adubações pesadas, sendo o nitrogênio o elemento mais limitante da produção; as exigências em P e K são menores que as de nitrogênio.

Entretanto, MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982) empregando doses de até 180 kg/ha de N em um Latossolo Roxo não verificaram efeito na produção de colmos.

Para o estado de Minas Gerais, FONTES e FILHO (1979) relatam recomendações gerais de 30 a 60 kg de N/ha

para áreas de maior potencial de produção e entre 20 e 40 kg/ha para áreas com deficiência hídrica.

CORDEIRO et alii (1982) conduzindo experimento durante dois anos agrícolas, observaram que a resposta do sorgo sacarino à adição de nitrogênio, está associada à precipitação ocorrida na fase vegetativa da cultura. Portanto, no primeiro ano quando a precipitação foi normal a produção máxima foi obtida com 172 kg de N/ha, enquanto que, no segundo ano com períodos prolongados de seca obteve-se resposta da planta até 210 kg N/ha.

ROSOLEM (1979), em um Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, com 2,07% de matéria orgânica obteve resposta a aplicação de até 75 kg/ha de N, com produção de 37,79 t/ha de colmo verde, 13,35 t superior a obtida com a testemunha. Com relação às características tecnológicas como o grau Brix e porcentagem de sacarose, demonstraram tendência a uma diminuição com a elevação da dose de N, na cv. Brandes estudada, porém na cv. Rio houve tendência de crescimento.

TEDRUS (1982) verificou com a aplicação de 50 e 100 kg/ha de N, incrementos na produção de colmos de 13,42 e 17,04 t/ha, respectivamente, em relação a testemunha, mas não obteve efeito na produção de álcool por tonelada de colmo com as doses de N.

Ensaio realizado por COUTINHO (1982), mostrou que com a aplicação de 40, 80, 160 e 320 kg/ha de N foi possível obter acréscimos na produção em relação a testemunha de

48,2; 64,2; 58,8 e 59,1%, respectivamente. Verificou na dose 80 kg/ha de N, maior incremento na produção de álcool por tonelada de colmo (70,0 l) e no nível mais elevado de N (320 kg/ha de N) a produção média foi reduzida a 64,7 l/t de colmos. Este efeito foi atribuído a uma diminuição no teor de açúcares totais, visto que o N promove crescimento, utilizando-se dos carboidratos produzidos pela fotossíntese (BLACK, 1975).

SILVA (1983) relata incrementos na produção de colmos verdes com a adubação nitrogenada na maior dose aplicada (180 kg N/ha). A adição de doses crescentes de nitrogênio no solo fez com que aumentasse os teores do grau Brix de 17,31 para 19,87; dos açúcares redutores totais (ART) de 14,73 para 16,92%; dos açúcares redutores (AR) de 3,64 para 5,81% e da sacarose de 9,28 para 10,56%.

ESTEVES et alii (1981) estudando efeitos da época de semeadura em cultivares de sorgo sacarino encontraram produção de 20-40 t/ha de colmos com a aplicação de 60, 40 e 30 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, em solo de textura arenosa e de baixa fertilidade. As cvs. Ramada, Rio, Brandes, Roma e Dale foram as que apresentaram caldo bastante rico em açúcares totais. Para a cv. Brandes observaram: 15,56 a 18,47 de °Brix; 12,72 a 15,53% de ART e 10,14 a 12,72% de sacarose.

Segundo ZANINI (1982) foi demonstrado que se aplicando 60, 40 e 30 kg/ha, respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O , obtem-se de 50 a 60 t/ha de colmos da cv. Brandes, de acordo com as épocas de colheita.

SERRA et alii (1976) obtiveram produções de até 60 t/ha de colmos com adubações de 80, 90 e 90 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, em um Latossol Roxo. No caldo, o teor de açúcares totais foi de 14 a 16% e de sacarose de 11 a 13%, com o emprego dessa adubação.

MEIRA (1982) obteve uma produção média de colmo de 39,4 t/ha e 22,5 t/ha para os tratamentos 75-400-275 e 75-300-200 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O respectivamente. Nesse ensaio os parâmetros tecnológicos estudados (Produção de caldo, °Brix, Açúcares redutores e Pol) tiveram influência da adubação, para a cultivar Brandes.

Na realidade, as respostas à aplicação de fósforo são menos frequentes que para o nitrogênio, contudo, segundo FONTES e FILHO (1979), há indicações de que sob condições tropicais, as possíveis respostas do sorgo à adubação fosfatada possam estar associadas ao uso conjunto de nitrogênio e fósforo devendo as aplicações de 40 e 70 kg de P_2O_5 /ha manter níveis favoráveis do nutriente no solo, exceto nos solos sob vegetação de cerrado, nos quais os teores de fósforo disponíveis são frequentemente inferiores a 2 ppm.

COUTINHO (1982) verificou incrementos na produção de colmos em relação a testemunha de 74; 116; 137 e 122%, quando adicionou-se 50, 100, 200 e 400 kg/ha de P_2O_5 respectivamente. Contudo, a produção estimada de álcool por tonelada de colmos não foi afetada pela adubação fosfatada.

Os pesquisadores MACHADO et alii (1982) e ROSO

LEM et alii (1982) constataram que o emprego de doses de até 300 kg/ha de P_2O_5 não afetava significativamente a produção de colmos.

CORDEIRO et alii (1982) estudaram os efeitos da adubação fosfatada corretiva e de manutenção na produção de colmos de sorgo sacarino. No primeiro ano verificaram que as maiores produções foram obtidas com doses que variaram de 80 a 120 kg/ha de P_2O_5 , somente com a adubação corretiva. No segundo ano, na mesma área aplicou doses de até 150 kg/ha de P_2O_5 no sulco da semeadura (manutenção) obtendo-se a máxima produção com a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 .

SILVA (1983), constatou maior produção de colmos no tratamento que foi adubado com a dose mais elevada (300 kg/ha) de P_2O_5 (18,88 t de colmo/ha). Com relação ao efeito sobre as características tecnológicas demonstrou que: o melhor teor do °Brix (19,68%) foi obtido com a adição de 100 kg de P_2O_5 /ha, seguido pelo tratamento que levou 300 kg/ha de P_2O_5 (19,34%). O maior teor de açúcares redutores totais (ART) (17,26%) no caldo foi alcançado quando utilizou-se a dose intermediária (200 kg P_2O_5 /ha). O teor de açúcares redutores (AR) no caldo foi menor (4,67%) na dose intermediária (200 kg P_2O_5 /ha) e quanto ao teor de sacarose ocorreu uma redução nos teores à medida que se aumentaram as doses de P_2O_5 /ha. O teor mais elevado de sacarose foi obtido na dose de 100 kg P_2O_5 /ha (11,97%).

Embora o K constitui-se em um dos nutrientes

mais exigidos pela cultura do sorgo devido a sua alta concentração nas raízes e no caule (90% do total dos cátions analisados) (BERTHOULY e GUERRIER, 1979); MACHADO et alii (1982) e ROSOLEM et alii (1982) não obtiveram respostas significativas na produção de colmos com aplicação de até 180 kg de K_2O /ha; isto deve-se ao fato provável de que o solo utilizado pelos autores apresentava altos teores de K. Ambos utilizaram um Latossolo Roxo para o cultivo.

CORDEIRO et alii (1982) cultivando em solo de textura arenosa de baixa fertilidade, verificaram uma resposta linear à produção de colmos até a dose de 160 kg de K_2O /ha.

Também COUTINHO (1983) obteve acréscimos de 31,9; 65,9; 87,0 e 77,7%, em relação a testemunha, quando adicionou-se 25; 50; 100 e 200 kg/ha de K_2O respectivamente. A adição, deste elemento provocou variações na produção de álcool por área (l/ha), porém não promoveu alteração na qualidade do caldo, constituindo-se a produção de álcool/ha função praticamente exclusiva da produção de colmos, conforme previsto por ROSOLEM (1979). Este encontrou aumentos na produção de colmos com adubações de 50 a 100 kg/ha de K_2O , contudo sem alteração na qualidade tecnológica do caldo. Pôde ser visto que o $^{\circ}Brix$ variou de 19,4 a 18,5, a sacarose de 12,0 a 11,6% e os açúcares totais de 16,8 a 15,9%.

Ensaio realizado por RODRIGUES (1981) mostrou que com a aplicação de 75 kg de N/ha, 400 kg P_2O_5 /ha e 275 kg

K_2O /ha foi possível obter produção máxima de caldo (l/ha), porém a adubação promoveu redução do $^{\circ}Brix$ do caldo em relação ao tratamento não adubado. O teor variou de 11,81 para 8,08.

SILVA (1983) obteve maior produção de colmos com a dose 60 kg de K_2O . A adubação potássica causou variações tais como: um decréscimo no $^{\circ}Brix$, um decréscimo e elevação seguida no teor de ART, decréscimo de AR e decréscimo seguido de elevação no teor de sacarose em função dos aumentos nas doses.

De acordo com a observação feita por FONTES e FILHO (1970) que as necessidades de K não são tão grandes quanto a de nitrogênio, SILVA (1983) verificou que com a dose de 180 kg/ha de N foi possível obter maior peso de colmos que com a mesma quantidade de K_2O /ha.

Em síntese, SILVA (1983), relata as seguintes exigências decrescentes para os nutrientes N, P e K, com respeito a produção de colmos verdes na cv. Brandes: $N > P \approx K$.

SALLES et alii (1977) relatam que os teores dos parâmetros tecnológicos da cultivar Brandes, aos 90 e 105 dias de maturação dos colmos, foram: Brix aparente = 14,67% e 19,1%; açúcares redutores totais = 14,62 e 18,13% respectivamente.

2.2. Diagnose foliar

A diagnose foliar é um método utilizado para se avaliar o estado nutricional das plantas. Para tal utili-

zam-se folhas para determinar a concentração e acúmulo de nutrientes. Os teores foliares se correlacionam razoavelmente com a análise de solo.

Segundo MALAVOLTA e LOURENÇO (1978), dois fatores são considerados principais para o método: a amostragem e os níveis críticos fisiológicos ou fisiológico-econômico. Estes verificaram que os teores de N, P e K em folhas medianas de sorgo granífero, decresciam na seguinte ordem em relação a época de amostragem: perfilhamento, emborrachamento, panícula e colheita. Resultados satisfatórios foram encontrados pelos autores em termos de correlação entre teor foliar e produção nas amostragens efetuadas na época do emborrachamento, tomando-se uma folhada altura média da planta.

Em geral as concentrações de N, P e K decrescem em função da idade da planta ou órgão da planta, enquanto que, as concentrações de Ca e Mg frequentemente aumentam (MENGEL e KIRKBY, 1982; BERTHOULY e GUERRIER, 1979).

Ao determinar os teores dos nutrientes N, P e K em folhas medianas de sorgo sacarino, cv. Brandes, ROSOLEM (1979) encontrou os seguintes intervalos, para os diferentes locais cultivados: em um Latossolo Roxo, 1,83 a 2,52% de N; 0,25 a 0,29% de P e 1,38 a 1,76% de K, em um Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa; 2,00 a 2,57% N, 0,43 a 0,57% de P e 1,12 a 1,42% de K. O autor não verificou correspondência da produção com o elevado teor de P encontrado, e atribuiu como uma das variáveis, as condições climáticas governantes no pe-

ríodo do ensaio, que podem ter influenciado no desenvolvimento das plantas e concentração de P na folha.

RODRIGUES (1981) obteve, na época do emborrachamento, teores percentuais que variaram de 1,17 a 1,34 para o N, 0,43 a 0,67 para o P, 1,04 a 1,83 para o K, 0,33 a 0,41 para o Ca e 0,38 a 0,47 para o Mg.

Por sua vez, MEIRA (1982) estabeleceu para a cv. CMS 616 de sorgo sacarino, níveis considerados críticos para os nutrientes P e Ca, a concentração de 0,33% e 0,29% respectivamente.

No estudo sobre a adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do sorgo sacarino, TEDRUS (1982) determinou os teores de N e P existentes nas folhas de posição +3 e +4, coletadas em duas épocas de amostragem, aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas. Na primeira época de amostragem os teores de N se situaram entre 2,60 a 3,15%, os teores de P entre 0,26 e 0,36%. Na segunda época os teores de N se situaram entre 2,27 a 3,00% e os teores de P entre 0,36 e 0,41%. Havendo desta maneira uma diminuição do teor de N e aumento no teor de P, da primeira para a segunda amostragem.

COUTINHO (1983), na avaliação do efeito da adubação de N, P e K na cultura do sorgo sacarino, através da diagnose foliar, realizou coletas de folhas da posição +3 e +4 aos 45 e 90 dias após a emergência das plantas. Os seguintes intervalos foram obtidos para cada nutriente: na primeira amostragem, N = 2,84 a 3,22%, P = 0,243 a 0,309% e K = 2,42 a

2,82%; na segunda amostragem, N = 2,79 a 3,12%; P = 0,169 a 0,253% e K = 1,40 a 1,68%. Apesar dos teores terem diminuído da primeira para a segunda amostragem correlacionaram-se positiva e significativamente com as produções de colmos. Portanto indicando indiferentes as duas épocas de amostragem.

ROSOLEM (1979), cultivando sorgo sacarino em condições de casa de vegetação com solução nutritiva, considerou normais os seguintes, como médias os teores de nutrientes nas folhas medianas da planta, na época do emborrachamento: 3,20% de N, 0,80 a 0,95% de P; 2,60 a 3,10% de K; 0,45 a 0,65% de Ca; 0,45 a 0,52% de Mg.

Em solução nutritiva, MALAVOLTA et alii (1979) verificaram os efeitos das deficiências minerais na produção de matéria seca do sorgo sacarino. As seguintes concentrações foliares caracterizaram deficiência dos nutrientes nos diversos tratamentos: N = 1,87%, P = 0,14%, K = 0,73%, Ca = 0,40% (folhas inferiores) e Mg = 0,05% (folhas inferiores) e 0,06% (folhas superiores). Enquanto que, as concentrações dos elementos nas plantas cultivadas em tratamento completo foram: N = 2,36%; P = 0,34%; K = 1,89%; Ca = 0,96% e Mg = 0,75%.

BERTHOULY e GUERRIER (1979) observaram no sorgo que um excesso de K na solução nutritiva impede fortemente o transporte de Ca e Mg. Por outro lado, o K é preferencialmente absorvido quando o Mg encontra-se em nível deficiente. EPSTEIN (1975) e MALAVOLTA (1980) atribuem que o antagonismo do potássio sobre o magnésio seja devido a efeitos competitivos na translocação a longa distância.

OLOGUNDE e SORENSEN (1982) estudando a influência das concentrações de K e Mg no sorgo em solução nutritiva verificaram que a produção de matéria seca não foi afetada pelas concentrações de K e Mg até aos 50 e 75 dias após a emergência das plantas, respectivamente. A produção máxima de matéria seca foi alcançada com as doses de 195 e 38 ppm de K e Mg respectivamente, entretanto, não encontraram relações de K/Mg que pudessem ser úteis para avaliação do crescimento.

Em sorgo granífero SOUZA et alii (1976) verificaram que existe uma correlação negativa entre a produção de grãos e a relação K/Mg. Observaram que, quando a produção de grãos aumentava de 2,49 para 3,99 t/ha, a relação K/Mg de crescia de 0,40 para 0,22.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho inclui três experimentos conduzidos em casa de vegetação no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP - em Piracicaba, SP.

Inicialmente fez-se um ensaio preliminar com a finalidade de se estabelecer a dose mínima do elemento em estudo; em seguida foi realizado um ensaio com interação K x Mg, variando-se os níveis de K e Mg para se verificar a melhor relação K/Mg na solução nutritiva e na folha; e, por último, fez-se um experimento com doses de N, P e K, numa mesma época.

3.1. Cultivar utilizado

Utilizou-se o cultivar de sorgo sacarino Branded com ciclo vegetativo de aproximadamente 130-135 dias.

3.2. Experimento preliminar com doses de potássio

3.2.1. Semeadura e transplante de mudas

As sementes foram colocadas a germinar em bandejas rasas de polietileno, em substrato de vermiculita de +7 cm de espessura e recobertas com uma camada de $\pm 1,5$ cm, sendo umidecidas com solução de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10^{-4} M.

As plântulas, com altura de 10 cm foram transplantadas para bandejas com capacidade de 30 litros, contendo solução nº 1 de HOAGLAND e ARNON (1950) diluída a 1:5, sendo os micronutrientes fornecidos na concentração usual e com o Fe em forma de quelado. A bandeja possuía uma tampa de madeira com furos, nos quais cada plântula era fixada pela região do colo com espuma plástica.

As soluções permaneceram arejadas durante todo o tempo, com auxílio de capilares acoplados a uma mangueira de borracha, por onde injetou-se ar comprimido.

3.2.2. Instalação dos tratamentos

Decorridas duas semanas em solução diluída, ca da planta selecionada foi transferida para vaso plástico com capacidade de 2,5 litros contendo solução de tratamento (Tabela 1).

O arejamento dos vasos foi feito como anteriormente descrito.

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas utilizadas no ensaio de níveis de K em plantas de sorgo sacarino (preliminar).

Soluções estoque	Níveis de K					
	1:50	1:25	1:10	1:5	1:2	1:1
KH_2PO_4 M	-	-	-	-	-	1,0
KNO_3 M	-	-	-	-	-	5,0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ M	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
MgSO_4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ M	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
NH_4NO_3 0,1 M	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	-
Micro (1)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fe EDTA (2)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KCl 0,1 M	1,2	2,4	6,0	12,0	30,0	-

Obs.: 1:50 (0,12 mM/1); 1:25 (0,24 mM/1); 1:10 (0,60 mM/1);
1:5 (1,20 mM/1); 1:2 (3,00 mM/1) e 1:1 (6,00 mM/1).

(1) em 1 l de água destilada dissolver: 2,86g H_3BO_3 ; 1,81g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 0,22g $\text{ZnO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,08g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,02g $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

(2) em 700 ml d'água destilada dissolver: 26,1 g EDTA (Ácido etileno-diamino tetraacético ou quantidade equivalente de sal sódico), 268 ml NaOH (40 g/l) e 24,9 g FeSO_4 , arejar uma noite protegendo da luz, completar a 1 l, guardar em geladeira em frasco escuro.

3.2.3. Condução do ensaio

As soluções nutritivas dos tratamentos foram renovadas quinzenalmente e sempre que necessário completou-se o volume com água destilada.

Para alguns tratamentos foi necessário a mudança da planta para vasos com 5 litros de capacidade.

Durante a condução do experimento houve ataque generalizado de ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) que foi controlado com aplicação de Acricid (1 ml/l).

Os sintomas resultantes dos tratamentos foram acompanhados diariamente desde o surgimento até o final da cultura.

3.2.4. Amostragens realizadas

3.2.4.1. Diagnose foliar

Aos 40 dias após o transplante para solução de tratamento coletou-se material para avaliação do estado nutricional pelo método da diagnose foliar. Nesse caso, para cada tratamento foi colhida a folha mediana (+3) (MALAVOLTA e LOURENÇO, 1978) a qual levou-se para secar em estufa a $\pm 75^{\circ}\text{C}$, sendo posteriormente moída para determinação dos componentes minerais. Analisou-se os macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S.

3.2.4.2. Análise tecnológica

Objetivando-se a análise tecnológica, estabeleceram-se para amostragem plantas dos tratamentos 1:50, 1:10 e 1:1 ou seja, 0,12 mM, 0,60 mM e 6,00 mM de K na solução respectivamente, utilizando-se para tal o colmo.

O critério estabelecido para colheita da amostra foi o estágio de maturação dos grãos, na fase de grãos farináceos (ROSOLEM, 1979).

Os colmos foram pesados isoladamente e depois agrupados para constituírem as repetições para análise. Os mesmos foram desintegrados através de um picador de cana tipo forrageira e logo após o material foi submetido à extração do caldo pelo método da prensa, conforme metodologia apresentada por TANIMOTO (1964).

Analisaram-se as seguintes características tecnológicas: Brix do caldo, através de refratômetro, açúcares redutores e totais, conforme metodologia de SOMOGY e NELSON modificado por AMORIN e ZAGO (1978).

3.2.4.3. Determinação da matéria seca

No fim do ciclo, colheram-se 4 plantas para de terminação da produção de matéria seca. Cada planta separada em: raiz, colmo, perfilho, folhas e panícula (raque + grãos), as quais foram secadas em estufa à temperatura de $\pm 75^{\circ}\text{C}$ e a seguir determinou-se o peso seco das respectivas amostras.

3.2.4.4. Determinação das exigências nutricionais

As amostras, do tratamento 1:2, coletadas para determinação da matéria seca, após moídas, foram submetidas à digestão para o preparo do extrato e analisados os elementos (macro e micronutrientes).

3.3. Experimento com interação K e Mg

3.3.1. Semeadura e transplante de mudas

Idem ítem 3.2.1.

3.3.2. Instalação dos tratamentos

Idem ítem 3.2.2.

3.3.3. Tratamentos utilizados

As doses de K e Mg utilizadas encontram-se na Tabela 2. A solução original de HOAGLAND e ARNON (1950) foi modificada em função das doses de K e Mg.

3.3.4. Condução do ensaio

A condução deste ensaio realizou-se durante os meses de julho a outubro em vasos de 2,5 l de capacidade durante todo o ciclo.

Para o controle de ataque de ácaros fêz-se pulverizações com Acricid 1,5 ml/l e clorobenzilato a 1 ml/l.

3.3.5. Amostragens realizadas

3.3.5.1. Diagnose foliar

A época e a parte amostrada foi como descrito no item 3.3.4. Os elementos analisados foram K, Ca e Mg.

Tabela 2. Composição das soluções nutritivas utilizadas no ensaio de Interação K x Mg em plantas de sorgo sacarino.

Solução estoque	Tratamentos											
	K ₁ Mg ₁	K ₁ Mg ₂	K ₁ Mg ₃	K ₂ Mg ₁	K ₂ Mg ₂	K ₂ Mg ₃	K ₃ Mg ₁	K ₃ Mg ₂	K ₃ Mg ₃			
KH ₂ PO ₄ M	0,24	0,24	0,24	1	1	1	1	1	1			
NH ₄ H ₂ PO ₄ M	0,76	0,76	0,76	-	-	-	-	-	-			
NH ₄ NO ₃ M	2,21	2,12	2,12	2,4	2,4	2,4	-	-	-			
Ca(NO ₃) ₂ M	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Na ₂ SO ₄ M	2	2	-	2	2	-	2	2	-			
MgCl ₂ 0,01 M	8	40	-	8	40	-	8	40	-			
MgSO ₄ M	-	-	2	-	-	2	-	-	2			
KNO ₃ M	-	-	-	0,2	0,2	0,2	5	5	5			
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Fe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Obs.: K₁ (0,24 mM/1); K₂ (1,20 mM/1); K₃ (6,00 mM/1); Mg₁ (0,08 mM/1); Mg₂ (0,40 mM/1) e Mg₃ (2,00 mM Mg/1).

3.3.5.2. Determinação da matéria seca

Idem ítem 3.2.4.3.

3.3.5.3. Análise tecnológica

Os colmos foram colhidos de maneira semelhante ao descrito no ítem 3.2.4.2. A extração do caldo foi realizada em um liquidificador.

Fêz-se medição do Brix (sólidos solúveis) do caldo através de leitura em refratômetro de laboratório Modelo A0, corrigida a temperatura do caldo para 20°C.

3.4. Experimento com doses de N, P e K

3.4.1. Semeadura e transplante de mudas

Idem ítem 3.2.1.

3.4.2. Instalação dos tratamentos

Idem ítem 3.2.2.

3.4.3. Tratamentos utilizados

As plantas foram cultivadas na solução nutritiva de HOAGLAND e ARNON (1950) nº 1 com modificações nas doses de N, P e K, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Composição das soluções nutritivas utilizadas no ensaio de níveis de N, P e K em plantas de sorogo sacarino.

Solução Estoque	Tratamentos											
	N				P				K			
	1/20	1/10	1/5	1/1	1/20	1/10	1/5	1/1	1/20	1/10	1/5	1/1
KH_2PO_4 M	1	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	1
KNO_3 M	-	-	-	5	5	5	5	5	-	-	-	5
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ M	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MgSO_4	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CaSO_4 0,01 M	200	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl_2 M	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ M	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-
NH_4NO_3 0,1 M	3,8	7,5	15,0	-	-	-	-	-	25	25	25	-
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KCl 0,1 M	50	50	50	-	-	-	-	-	3,0	6,0	12,0	-
NaH_2PO_4 0,1 M	-	-	-	-	0,5	1,0	2,0	-	-	-	-	-
CaCl_2 0,1 M	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: N - 1:20 (0,75 mM/l); 1:10 (1,50 mM/l); 1:5 (3,00 mM/l); 1:1 (15,00 mM/l)
P - 1:20 (0,05 mM/l); 1:10 (0,10 mM/l); 1:5 (0,20 mM/l); 1:1 (1,00 mM/l)
K - 1:20 (0,30 mM/l); 1:10 (0,60 mM/l); 1:5 (1,20 mM/l); 1:1 (6,00 mM/l).

3.4.4. Condução do ensaio

O período de condução se deu a partir da segunda quinzena do mês de outubro.

As plantas cresceram em vasos de 2,5 litros de capacidade até os 60 dias, a partir de então os tratamentos de níveis 1:1 e 1:5 de N, P e K foram transferidos para vasos de 5 litros de capacidade. Do estágio de emborrachamento até o final do ciclo controlou-se o pulgão (*Aphis maydis*) com inseticida.

3.4.5. Amostragens realizadas

3.4.5.1. Diagnose foliar

Procedeu-se a amostragem para a diagnose foliar colhendo-se folhas de posição +3, em dois estádios de crescimento: perfilhamento (45 dias após o transplante), emborrachamento (78 dias após o transplante).

Determinou-se no material os teores dos seguintes macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S.

3.4.5.2. Determinação da matéria seca

Idem item 3.2.5.

Nas plantas colhidas foram medidos o comprimento dos colmos, da altura do colo até o nó da base da panícula e o diâmetro do colmo, na base do terço médio a partir do ápice.

3.4.5.3. Análise tecnológica

As análises das características tecnológicas foram feitas para todos os tratamentos de doses de N, P e K utilizando-se o colmo.

Após determinação do peso verde fêz-se extração do caldo de acordo com metodologia apresentada por TANIMOTO (1964).

As determinações foram feitas no laboratório de Tecnologia de Açúcar e do Alcool do Departamento de Tecnologia Rural da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

Analísaram-se as seguintes características tecnológicas e feitos os cálculos:

Porcentagem do caldo

Significa a relação percentual da quantidade de caldo obtida na prensa hidráulica em relação à amostra de colmos desintegrados (500 g).

Sólidos solúveis (Brix)

Determinação feita através de leitura em refratômetro de laboratório Modelo A0, corrigida para temperatura do caldo à 20°C.

Açúcares totais do caldo

Foi realizada determinação na forma de açúcares invertidos, após clarificação do caldo com acetato neutro de chumbo, seguido de hidrólise ácida de açúcares não redutores e titulação através de método volumétrico de LANE e EYNON (1934).

Açúcares redutores do caldo

Determinado por titulação direta no caldo extraído, através do método volumétrico de LANE e EYNON (1934).

Porcentagem de Sacarose Aparente (Pol)

Determinado em sacarímetro de peso normal de 26 g, após clarificação do caldo extraído com acetato neutro de chumbo a 54,3 Brix, segundo MEADE (1967) e calculada pela seguinte fórmula:

$$Pol\% = \frac{0,26 \cdot L}{d}$$

onde L = leitura do sacarímetro;

d = densidade do caldo extraído.

Porcentagem de fibra no colmo

Calculou-se pela fórmula apresentada por TANIMOTO (1964) como se verifica a seguir:

$$F = \frac{(R_2 \cdot 100) - R_1 \cdot B}{5(100 - B)}$$

onde F = porcentagem de fibra no co
 R_1 = peso do bolo úmido
 R_2 = peso do bolo seco
 B = brix do caldo extraído.

3.4.6. Estimativa do rendimento em álcool etílico

Para se estimar o rendimento em álcool etílico, considerou-se uma produção de 35 t/ha de colmo por trata-

mento, avaliou-se a produção de caldo/ha e em seguida a quantidade de açúcares totais/ha.

Considerando-se que 1 mol (180 g) de glucose produz dois moles (92 g) de álcool etílico, e que 100 g de açúcares redutores totais produzem 64,75 moles de álcool etílico, admitiu-se uma eficiência de 95% na extração, 92% na fermentação, 98% na destilação e obteve-se o rendimento em litros de álcool/ha.

3.5. Análises minerais

Em todos os ensaios foram empregados os seguintes métodos segundo ZAGATO et alii (1981).

N - pelo método semimicro Kjeldahl

P - pelo método de metavanadato

K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn - por absorção atômica no extrato nítrico-perclórico.

S - por turbidimetria e injeção de fluxo contínuo.

B - por colorimetria de curcuma em extrato clorídrico da cinza.

Mg - por colorimetria do tiocianeto em extrato de cinza.

3.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado para os três ensaios realizados segundo GOMES (1973). O primeiro ensaio constituiu-se de 6 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo um total de 24 vasos. O segundo ensaio foi constituído por 9 tratamentos, com 4 repetições. Por último, os três nutrientes N, P e K foram testados em 4 doses, totalizando-se 12 tratamentos e as repetições variaram em alguns tratamentos a fim de possibilitar a obtenção de quantidades de colmos suficientes para a análise tecnológica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Doses de K (experimento preliminar)

4.1.1. Sintomas

Os primeiros sintomas de carência manifestaram-se aos 30 dias após o transplante nos níveis 1:50 e 1:25 de K, com uma clorose ao longo das bordas das folhas mais velhas, que progredia na direção da nervura principal. Após este estágio, estas folhas tornaram-se avermelhadas na região clorótica e secaram.

Os sintomas foram mais severos nas plantas do nível 1:50 e inexistentes nos níveis 1:1 e 1:2. A severa carência nutricional apresentada pelas plantas do nível 1:50 determinou o seu corte aos 70 dias após o plantio.

A descrição dos sintomas foram concordantes com o observado por MALAVOLTA et alii (1979).

4.1.2. Dados de crescimento

A Tabela 4 demonstra que o peso de matéria seca total não diferiu nos tratamentos com diluição 1:1; 1:2 e 1:5 de K na solução, porém houve uma produção superior de colmo nos tratamentos de nível 1:2 seguidos de 1:5, 1:10 e 1:1, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Matéria seca (g/vaso) total e das partes da planta de sorgo sacarino, cv. Brandes cultivadas em solução nutritiva com doses de potássio.

Doses de K	Raiz	Colmo	Folhas	Raiz+ grãos	Total
1:50 (1)	1,35	2,83	8,64	0,00	12,82
1:25	6,03 d	17,56 e	15,77 b	7,96 d	48,08 c
1:10	12,88 c	52,37 c	33,46 a	30,99 c	129,70 b
1:5	17,37 b	60,39 b	34,62 a	32,89 bc	145,27 ab
1:2	22,64 a	68,11 a	31,98 a	39,67 ab	161,91 a
1:1	18,88 b	44,61 d	31,20 a	42,63 a	137,32 ab
F	62,15**	139,99**	4,40**	58,74**	395,63**
Tukey 5% (dms)	3,38	7,18	16,10	7,78	30,46
C.V. %	9,84	6,76	25,06	11,55	34,00

** significativo ao nível de 1%

(1) a dose 1:50 de K não foi considerada para fins de análise estatística.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si.

Embora no tratamento 1:1 se encontre o K na concentração mais elevada em relação aos demais, a produção de colmo seco não foi a maior.

Em geral a redução no peso da matéria seca das diferentes partes das plantas foi maior quando se reduziu a concentração de K para 1:25.

Tanto ROSOLEM (1979) como MALAVOLTA et alii (1979) verificaram comportamentos semelhantes com respeito a decrêscimos nos pesos das matérias secas em virtude dos tratamentos com diluição dos nutrientes em solução nutritiva.

4.1.3. Diagnose foliar

Estão na Tabela 5 os dados referentes aos teores de macronutrientes na folha mediana, colhida aos 40 dias, em função dos níveis de K.

A observação da Figura 1 permite evidenciar, para o Ca, decrêscimos na sua concentração quando se incrementou o nível de K na solução. Isto confirma o efeito antagônico bastante conhecido na literatura entre os cátions K e Ca (OVERSTREET et alii, 1952; MELLO et alii, 1966; EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980), e a possibilidade de ocorrência de efeito de diluição em função do aumento no desenvolvimento das plantas e conseqüente produção de colmo, conforme salienta COUTINHO (1983) em seu trabalho realizado com adubação potássica na cultura do sorgo sacarino. Pode-se observar um leve

Tabela 5. Teores percentuais de nutrientes nas folhas medianas de sorgo sacarino, cv. Brandes, utilizadas para diagnose foliar aos 40 dias do transplante.

Doses de K	N	P	K	Ca	Mg	S
1:50	1,57 a	1,33	0,61 b	1,99 a	1,01 ab	2,20 ab
1:25	1,67 a	1,28	0,81 b	1,46 ab	0,81 ab	2,50 a
1:10	1,55 a	1,41	0,88 b	0,98 bc	1,09 bc	1,29 c
1:5	1,51 a	1,29	1,22 b	0,69 bc	1,17 a	2,37 a
1:2	1,29 a	1,17	2,90 a	0,39 c	0,55 bc	1,74 bc
1:1	1,22 b	1,06	3,03 a	0,40 c	0,54 c	1,82 b
F	5,28*	0,60ns	65,28**	21,14**	7,33*	24,67**
Tukey 5% (dms)	0,42	0,89	0,76	0,78	0,57	0,51
C.V. (%)	7,28	17,87	12,16	19,78	16,53	6,48

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

Figura 1. Teores de K, Ca e Mg encontrados nas folhas medianas de sorgo sacarino em função das doses de K.

decrêscimo na concentração de Mg em função do incremento de K na solução. Esta interação é relatada por OLUGUNDE e SORENSEN (1982) e BERTHOULY e GUERRIER (1979) na cultura do sorgo.

A maior produção de matéria seca neste ensaio esteve associada às seguintes relações: $K/Ca = 7,43$ e $K/Mg = 5,27$. COUTINHO (1983) encontrou correlação significativa dos quocientes entre as concentrações de cátions K/Ca e $K/Ca + Mg$ nas folhas com a produção de colmos e observou que, uma variação média de duas unidades ou menos no quociente K/Ca ou $K/Ca + Mg$ nas folhas pode significar acréscimos na produção de 20 t/ha de colmos a mais.

Os efeitos positivos das doses do adubo potássico sobre a concentração de K na folha de sorgo sacarino foram verificados por ROSOLEM (1979), COUTINHO (1983) e SILVA (1983).

Os teores de K menores que 1,22% indicam deficiência, enquanto que teores maiores que 2,90% correspondem a uma nutrição potássica adequada. O intervalo adequado estabelecido por ROSOLEM (1979) esteve entre 1,41-1,72% de K em folhas da posição +3 colhidas no estágio do emborrachamento, e o de COUTINHO (1983) se situaram entre os intervalos 2,59 a 2,66% nas folhas da posição +3, colhidas aos 45 dias após a emergência e 1,60 a 1,67% em folhas +3, aos 90 dias da emergência das plantas.

4.1.4. Componentes tecnológicos

Os resultados dos componentes tecnológicos obtidos nos tratamentos de níveis 1:10 e 1:1 de K encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Componentes tecnológicos do colmo de sorgo sacarino cv. Bran des cultivados em solução nutritiva completa (1:1) e o K diluído a 1:10.

Componentes	1:10		1:1	
	% do caldo	g	% do caldo	g
Peso do caldo	-	136,70	-	211,17
Brix	8,30	11,35	10,00	21,12
Açúcares redutores totais	5,83	8,00	4,26	9,00
Açúcares redutores	2,15	2,94	1,77	3,74
Sacarose	3,68	5,03	2,50	5,28
Fibra (% colmo)	6,20		9,40	

Estes encontram-se abaixo dos teores mínimos obtidos por SERRA (1979), ROSOLEM (1979), ZANINI (1982) e SILVA (1983) em condições de campo e por MALAVOLTA et alii (1979) em solução nutritiva. Isto possivelmente se explica por diferenças nas condições experimentais.

4.1.5. Exigências nutricionais

Nas Tabelas 7 e 8 encontram-se respectivamente os teores e as quantidades de macro e micronutrientes contidos nas diferentes partes da planta de sorgo sacarino no final do ciclo. Na Tabela 9 aparecem as quantidades de nutrientes exigidas para uma população estimada de 50.000 plantas/ha, que seguiu a seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > S > P > Mg$ e $Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$. Na ordem de exigência de macronutrientes, o K tem vindo em primeiro lugar seguido do N, sendo concordante com trabalhos realizados com a mesma cultivar em casa de vegetação por MALAVOLTA et alii (1979) e ROSOLEM (1979). Quanto à ordem de micronutrientes também está de acordo com o obtido por MALAVOLTA et alii (1979).

A exportação de nutrientes, pelo colmo, do total absorvido foi de 37% de N, 38% de P, 59% de K, 14% de Ca, 40% de Mg, 14% de S, 17% de B, 36% de Cu, 6% de Fe, 32% de Mn, 35% de Mo e 21% de Zn. A ordem decrescente de exportação foi a seguinte: $K > N > P > Ca > Mg > S$ e $Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo$. Os dados obtidos por MALAVOLTA et alii (1979) foram: $K > N > Ca > S > Mg > P$ e $Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$ e por ROSOLEM (1979) obedeceram a ordem decrescente $K > N > Mg > P > S > Ca$ e $Fe > Cu > Mn > Zn$.

Tabela 7. Teores (%) e quantidades (g/planta) de macronutrientes contidos na matéria seca das diferentes partes da planta de sorgo sacarino, cv. Brandes, cultivada em solução nutritiva (média de 4 repetições).

Órgão	N		P		K		Ca		Mg		S	
	%	g/pl	%	g/pl	%	g/pl	%	g/pl	%	g/pl	%	g/pl
Raiz	2,70	0,61	0,77	1,17	2,71	0,61	0,92	0,21	0,26	0,06	0,57	0,13
Colmo	1,49	1,01	0,77	0,52	3,54	2,41	0,55	0,37	0,38	0,26	0,31	0,21
Folhas	2,56	0,95	1,75	0,65	2,71	1,00	5,43	2,00	0,78	0,28	0,31	0,12
Raquís	0,91	0,05	0,41	0,02	1,26	0,07	0,53	0,03	0,52	0,03	0,10	0,01
Grãos	1,77	0,06	0,42	0,01	0,34	0,01	0,30	0,01	0,17	0,01	0,13	0,01
TOTAL		2,68		1,37		4,1		2,62		0,64		0,47

Tabela 8. Teores (ppm) e quantidades (mg/planta) de micronutrientes contidos na matéria seca das diferentes partes de sorgo sacarino cultivada em solução nutritiva (média de 4 repetições).

Órgão	B		Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl
Raiz	16,7	0,38	13,4	0,30	3131,5	70,89	492,7	11,15	0,87	0,019	46,5	1,05
Colmo	9,4	0,64	8,4	0,57	79,5	5,41	118,0	8,04	0,37	0,025	17,7	1,20
Folhas	60,0	2,20	10,0	0,37	459,2	16,98	340,7	12,60	0,92	0,012	58,0	2,14
Raquis	42,2	2,25	17,7	0,10	218,7	1,31	226,7	1,35	0,34	0,011	53,5	0,32
Grãos	6,6	0,22	6,6	0,26	77,7	2,62	58,5	1,97	0,78	0,005	35,5	1,19
TOTAL	3,69		1,60		97,21		35,11		0,072		5,9	

Tabela 9. Exigências minerais do sorgo sacarino, cv. Brandes, em matéria seca de 50.000 plantas/ha.

Órgão	Nutrientes												
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	m.s.
	kg/ha							g/ha					
Raiz	30,58	8,71	30,67	10,41	2,94	6,45	19	15,2	3545	578	0,95	53	1132
Colmo	50,75	26,23	120,57	18,73	12,94	10,55	32	28,8	271	402	1,25	60	3406
Folhas	47,33	32,35	50,10	100,40	14,42	57,32	110	18,5	849	107	0,60	99	1849
Raquis	2,72	1,22	3,76	1,58	1,55	0,30	12	5,0	65	67	0,55	16	299
Grãos	3,00	0,50	0,50	0,50	0,30	0,20	11	13,0	131	98	0,25	59	1684
TOTAL	134,36	69,01	205,6	131,62	32,15	74,82	184	80,5	4861	1252	3,6	287	8370

4.2. Interação K e Mg (segundo experimento)

4.2.1. Sintomas

Os sintomas visíveis de deficiência apareceram aos 17 dias após o transplante no tratamento K_1Mg_1 , com nível de K e Mg mais baixo na solução. Nas folhas mais velhas houve o aparecimento de uma clorose ao longo das bordas e pontuações avermelhadas no tecido internerval, que se estendia no sentido longitudinal da lâmina foliar e no estágio mais avançado as folhas tornavam-se secas.

Para os tratamentos que receberam níveis K_2 e K_3 e Mg_2 e Mg_3 , os sintomas apresentavam-se gradativos, isto é, a clorose das pontas e das margens da folha progredia na direção da nervura principal acompanhada com manchas avermelhadas no tecido internerval.

4.2.2. Produção de matéria seca

Com os dados de acumulação de matéria seca constantes na Tabela 10, constata-se que houve decréscimo no desenvolvimento das plantas, quando as concentrações de K e Mg na solução nutritiva foram diluídas 25 vezes (K_1 e Mg_1) em relação ao tratamento completo (K_3Mg_3).

A comparação das médias, pelo teste de Tukey a 5%, revelou que a matéria seca total sofreu decréscimo

Tabela 10. Matéria seca (g/vaso) total e das diferentes partes das plantas de sorgo sacarino, cv. Bran-
des, no final do ciclo. Média de 4 repetições.

Tratamento	Raiz	Colmo	Folhas	Panícula	Total
K ₁ Mg ₁	4,08 bc	8,17 cd	11,41 a	0,00 (1)	23,66 ef
K ₁ Mg ₂	2,37 d	6,54 d	8,06 ab	4,14 e	21,11 f
K ₁ Mg ₃	3,65 cd	11,54 bc	6,64 b	7,37 d	29,20 de
K ₂ Mg ₁	5,40 ab	12,97 ab	9,67 ab	5,35 de	33,39 cd
K ₂ Mg ₂	6,61 a	15,96 a	9,63 ab	14,14 bc	46,34 a
K ₂ Mg ₃	4,30 bc	10,32 bcd	7,42 b	14,42 bc	36,56 bcd
K ₃ Mg ₁	3,72 cd	11,16 bc	6,24 b	12,96 c	34,08 cd
K ₃ Mg ₂	4,36 bc	11,02 bc	6,15 b	18,31 a	39,84 abc
K ₃ Mg ₃	4,92 bc	11,12 bc	8,87 b	16,96 ab	41,87 ab
F	12,15**	12,71**	5,53*	63,84**	29,93**
Tukey 5% (dms)	1,63	4,23	3,65	3,15	7,42
CV (%)	15,63	7,51	18,57	11,51	9,16

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

(1) média não considerada para fins de análise estatística.

acentuado quando o Mg esteve associado ao nível inferior de potássio (K_1).

A maior produção de matéria seca de colmos se deu no tratamento K_2Mg_2 , no qual ambos os elementos K e Mg encontram-se diluídos 5 vezes em relação à máxima concentração e em seguida no tratamento K_2Mg_1 . As relações K/Mg na solução nutritiva e na folha associadas a máxima produção de colmos foram, respectivamente, de 3,0 e 2,0.

O desenvolvimento das plantas foi prejudicado, devido a sensibilidade desta cultura ao fotoperiodismo (QUIMBY, 1967; HIPPEL et alii, 1970).

4.2.3. Diagnose Foliar

Os teores médios obtidos para os macronutrientes K, Ca e Mg encontram-se na Tabela 11. Verifica-se mediante a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%, teores de K crescentes à medida que se aumentou a concentração de K na solução nutritiva, enquanto que os teores de Ca demonstraram comportamento inverso; a diminuição de K na solução favoreceu o acúmulo do elemento Ca nas folhas.

Quanto ao magnésio, nos tratamentos com nível máximo de K, ocorreu tendência para decréscimo no acúmulo desse elemento; apresentaram por isso maior relação K/Mg e K/Ca+Mg nas folhas.

Tabela 11. Teores percentuais de K, Ca e Mg nas folhas medianas (+3 e +4) de sorgo sacarino, cv. Brandes, utilizadas para a diagnose foliar aos 40 dias do transplante.

Tratamentos	K	Ca	Mg
K ₁ Mg ₁	0,32 d	2,78 a	1,31 a
K ₁ Mg ₂	0,87 cd	1,72 ab	0,84 bc
K ₁ Mg ₃	0,87 cd	1,90 ab	0,99 bc
K ₂ Mg ₁	1,71 bc	1,49 b	0,85 bc
K ₂ Mg ₂	2,09 ab	1,38 b	0,95 b
K ₂ Mg ₃	1,84 b	1,42 b	0,88 bc
K ₃ Mg ₁	2,47 ab	1,02 b	0,68 bc
K ₃ Mg ₂	2,53 ab	1,18 b	0,62 c
K ₃ Mg ₃	2,66 a	1,23 b	0,64 bc
F	3,25 ns	7,56**	12,76**
Tukey 5% (dms)	0,91	1,072	0,33
CV (%)	13,43	17,25	9,76

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si

Tais resultados se explicam em termos de inibção competitiva no processo de absorção de cations (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980).

4.2.4. Análises tecnológicas

A cv. Brandes considerada sensível ao fotoperiodismo (EMBRAPA, 1978), comportou-se como granífera sob condições de dias curtos, que ocorreram durante o ensaio.

Obtiveram-se as leituras do °Brix (sólidos solúveis) do caldo através do refratômetro que se apresentaram com teores bastante baixos.

O colmo foi desintegrado e extraído o caldo com liquidificador na proporção de 50 g de colmo/100 ml água.

Os resultados das leituras do °Brix foram os seguintes: $K_1Mg_1 = 6,6$; $K_1Mg_2 = 4,2$; $K_1Mg_3 = 6,6$; $K_2Mg_1 = 7,2$; $K_2Mg_2 = 6,0$; $K_2Mg_3 = 5,4$; $K_3Mg_1 = 6,0$; $K_3Mg_2 = 4,8$ e $K_3Mg_3 = 4,5$. Tirando-se as médias dos tratamentos com níveis crescentes de K obtêm-se: $K_1 = 5,8$; $K_2 = 6,2$ e $K_3 = 5,1$, isto sugere um aumento no teor de sólidos totais com a dose intermediária de K e diminuição nas extremas.

4.3. Efeito das doses de nitrogênio (terceiro experimento)

4.3.1. Sintomas

Aos 30 dias após o tratamento para solução definitiva, as plantas submetidas ao tratamento 1:20, 1:10 de N apresentavam leve clorose nas folhas mais velhas. À medida que os sintomas alcançavam estádios mais avançados, as folhas tornavam-se totalmente cloróticas e as suas pontas e margens necróticas. Observou-se também que as folhas tomaram um aspecto com estreitamento do limbo foliar.

O sistema radicular foi prejudicado, apresentando menor crescimento das radículas e presença de coloração avermelhada. Estes sintomas assemelham com os obtidos por MA LAVOLTA et alii (1979).

O desenvolvimento geral da planta foi menor, sendo notadamente afetado o diâmetro do caule.

4.3.2. Dados fenológicos

Verifica-se através da Tabela 12, as medições realizadas no diâmetro dos colmos, altura das plantas e matéria fresca de colmos.

Observa-se na Figura 2 que as produções de colmos verdes aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio, sendo máximas na solução completa. Efeitos positivos das do-

Tabela 12. Matéria fresca, comprimento e diâmetro dos colmos das plantas de sorgo sacarino, cultivadas em solução nutritiva com doses de nitrogênio (média de 4 repetições).

Doses de N	Matéria fresca (g)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
1:20	68,72 c	122,25 b	1,05 d
1:10	106,65 b	127,00 b	1,17 cd
1:5	118,79 b	132,00 b	1,62 b
1:1	474,69 a	227,50 a	2,17 a
F	553,68**	48,59**	24,05**
Tukey 5% (dms)	33,83	30,34	0,43
C.V. (%)	8,38	9,49	13,72

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

ses de N sobre a produção de colmos verdes foram obtidos por ROSOLEM (1979), RODRIGUES (1981), TEDRUS (1982), ROSOLEM et alii (1981), CORDEIRO et alii (1982), COUTINHO (1983), SILVA (1983).

Na solução completa, as alturas das plantas foram superiores aos demais tratamentos e os diâmetros do colmo decresceram com a diminuição de N na solução.

Figura 2. Relação entre dose de N e grama de matéria fresca de colmo.

Entretanto ROSOLEM (1979), RODRIGUES (1981) e ZANINI (1982) trabalhando com a mesma cultivar em condições de campo não constatarem diferenças estatisticamente significativas para esses dois parâmetros em função das doses de N.

4.3.3. Produção de matéria seca

Os dados referentes a produção de matéria seca encontram-se na Tabela 13.

A parte da planta mais afetada em função da diluição do N na solução foi o colmo. Houve redução de aproximadamente 600% para a dose menor de N (1:20) e redução de 375% e 330% para os níveis de 1:10 e 1:5 de N, respectivamente, em relação à dose máxima (1:1).

Para o peso da panícula a redução foi de 490%, 286% e 280% para os tratamentos 1:20 e 1:10 e 1:5 de N, respectivamente, em relação ao tratamento completo.

Para o peso total a redução foi de 506%, 321% e 283% para os tratamentos 1:20, 1:10 e 1:5 de N respectivamente em relação ao tratamento completo.

ROSOLEM (1979), obteve com esta cultivar em solução nutritiva uma redução de 300% no peso de matéria seca de colmo, 320% no peso dos grãos, 230% no peso total da planta quando submetida a uma diluição de dez vezes em relação ao completo.

Tabela 13. Matéria seca (g/vaso) total e das partes das plantas de sorgo sacarino, cultivadas em solução nutritivas com doses de nitrogênio (média de 4 repetições).

Doses de N	Raiz	Colmo	Folhas	Raque+ grãos	Total
1:20	8,61 c	15,73 c	7,04 c	6,12 b	37,53 c
1:10	12,81 bc	24,94 bc	10,85 b	10,49 b	59,08 b
1:5	14,57 b	28,41 b	13,50 b	10,71 b	67,19 b
1:1	33,79 a	93,69 a	32,68 a	30,01 a	190,17 a
F	75,13**	184,71**	203,64**	58,87**	269,49**
Tukey 5% (dms)	5,42	11,04	3,36	5,85	17,64
C.V. (%)	14,78	12,92	9,99	19,41	9,49

** significativo ao nível de 1%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

Verificou-se que a produção de colmos das plantas submetidas a tratamento completo foi estatisticamente superior as demais. Os tratamentos com níveis 1:5 e 1:10 de N na solução não diferiram entre si, porém o nível 1:5 diferiu do nível baixo (1:20). No caso da produção de grãos, apenas o nível máximo se destacou entre os demais. Quanto à acumulação de matéria seca total comportou-se de modo semelhante ao colmo.

4.3.4. Diagnose foliar

Na Tabela 14 encontram-se as concentrações de macronutrientes encontrados nas folhas medianas do sorgo sacarino coletadas em 2 épocas de amostragem, aos 45 dias e aos 78 dias após o transplante.

Quando se correlacionou as doses de N na solução com os teores foliares de nitrogênio, constatou-se que 97% da variação foi explicada pela equação de regressão polinomial do 1º grau. A maior concentração de nitrogênio foi encontrada no tratamento completo, conforme se pode observar na Figura 5.

Encontram-se na literatura os dados da diagnose foliar obtidos por ROSOLEM (1979) com a cultivar Brandes; tais dados estão bastante próximos dos encontrados no presente ensaio quando consideradas as plantas submetidas ao tratamento com a mesma concentração do nutriente.

Para possibilitar a comparação dos desequilíbrios nutricionais nas 2 épocas de amostragem, foi realizada representação gráfica através das figuras hexagonais (Figura 3); segundo MALAVOLTA (1980), dos diferentes níveis de nitrogênio, nas duas épocas de amostragens.

A figura do hexágono equilátero indica os teores encontrados nas folhas das plantas do tratamento completo, isto é, com o nível 1:1 de nitrogênio. A figura se modifica quando a composição da folha corresponde a um desequilíbrio nutricional.

Tabela 14. Teores percentuais de macronutrientes contidos na folha mediana de sorgo sacarino colhidas em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1ª) e aos 78 dias (2ª) após o transplante.

Doses de N	N		P		K		Ca		Mg		S	
	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
1:20	1,24	1,42	0,68	0,58	4,33	2,27	0,37	0,39	0,23	0,22	0,13	0,11
1:10	1,55	1,24	0,64	0,40	4,57	2,80	0,26	0,43	0,20	0,25	0,16	0,12
1:5	1,85	1,82	0,71	0,50	3,97	2,08	0,28	0,48	0,22	0,26	0,24	0,17
1:1	3,14	2,99	0,81	0,80	3,68	2,82	0,30	0,79	0,41	0,57	0,19	0,19
F	433,55**	72,52**	1,81ns	84,86**	10,00**	27,84**	7,62**	23,79**	12,83**	22,21**	6,18ns	8,78*
Tukey 5%(dms)	0,23	0,53	0,31	0,11	0,71	0,47	0,10	0,22	0,15	0,19	0,11	0,07
CV (%)	2,91	6,99	10,80	4,57	4,23	5,11	8,18	10,22	14,11	14,88	14,75	11,88

*significativo ao nível de 5%

**significativo ao nível de 1%

Níveis Crescentes de Nitrogênio

Figura 3. Representação hexagonal dos teores (%) de macronutrientes encontrados nas folhas medianas de sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de N, aos 45 e 78 dias após o transplante.

SUMNER (1978) e MALAVOLTA (1980), discutem como as interações podem se refletir no teor foliar dos elementos, o que deve ser considerado na interpretação dos dados de diagnose foliar.

Na 1ª amostragem verificou-se em todos os níveis inferiores de N, menor absorção de P e Mg e um leve aumento na absorção de K. A interação entre N e K é conhecida em trabalhos experimentais (DECHEVA et alii, 1970).

Na 2ª amostragem a redução no suprimento do N causou decréscimo na absorção de todos os outros elementos.

Estudando o efeito da relação N/P, EPPENDORFER (1971), relata que altas aplicações de N em relação ao P, provoca uma maior absorção do primeiro pelas plantas em relação ao P, sendo o inverso também verdadeiro, concluindo que os nutrientes relacionam-se nos dois sentidos.

A maior produção de colmo se deu quando as relações N/P e N/S apresentaram valores altos 4,0 e 16,5, respectivamente, na 1ª e 2ª épocas de amostragem (Tabela 15). Verificou-se, entretanto, do ponto de vista da avaliação do estado nutricional, que a variação sofrida pelo teor foliar de N em função dos tratamentos, foi, em termos percentuais, maior que a verificada nas relações N/P e N/S.

Neste ensaio, as premissas da diagnose foliar foram satisfeitas em ambas as épocas de amostragem, tanto para a produção de colmo, quando para a produção de grãos. O nível crítico fisiológico correspondente a uma produção rela-

Tabela 15. Relações N/P e N/S obtidas através das concentrações das folhas medianas de sorgo sacarino colhidas em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1ª) e 78 dias (2ª) após o transplante.

Doses de N	N/P		N/S	
	1ª A.	2ª A.	1ª A.	2ª A.
1:20	1,82	2,44	9,54	12,91
1:10	2,42	3,10	9,68	10,33
1:5	2,60	3,64	7,71	10,70
1:1	3,87	3,74	16,53	15,74

tiva de colmo igual a 90% deve estar em torno de 3,0% de N. (Observar Figuras 4, 5 e 6).

4.3.5. Análise tecnológica

Encontram-se na Tabela 16 os resultados obtidos para °Brix no sorgo, Pol no sorgo, %Fibra no sorgo, % Açúcares Totais no caldo extraído, % Açúcares redutores no caldo extraído e % Caldo Absoluto no colmo com doses de N.

Observa-se uma tendência de aumento de açúcares totais, embora ocorra, na dose mais elevada, uma diminuição dos mesmos. Mediante a utilização da análise de regressão foram obtidas as equações relacionando os teores de açúcares totais e açúcares redutores (y) com as doses de N (x):

Figura 4. Relação entre dose e produção de colmo e grão.

Figura 5. Relação entre dose e teor foliar.

Figura 6. Relação entre teor e produção de colmo e grãos.

$$(1) \text{ ART} - y = 6,5746 + 0,81266x - 0,061736x^2$$

$$(2) \text{ AR} - y = 0,8241 + 0,109794x$$

Os valores de R^2 foram, respectivamente 76 e 82%.

Na literatura há evidências de que o aumento na quantidade de nitrogênio aplicada causa efeito decrescente na porcentagem de sacarose e produção de açúcar no colmo (RICAUD, 1971). Isto pode ser explicado levando-se em conta a

Tabela 16. Análises dos componentes tecnológicos do sorgo sacarino, cultivado em solução nutritiva com doses de nitrogênio.

Componentes	Doses de N			
	1:20	1:10	1:5	1:1
Peso do caldo %	42,00	50,96	49,44	64,69
Caldo absoluto % sorgo	88,69	89,67	89,71	92,39
Brix sorgo	9,13	11,20	10,83	9,60
Pol sorgo	5,21	7,54	6,12	3,38
Fibra % sorgo	11,31	10,33	10,28	7,60
Açúcares totais % CE	6,61	8,67	8,29	5,78
Açúcares redutores % CE	0,54	0,97	1,61	2,40

interação N/K frequentemente observada. DECHEVA et alii, 1970 observaram redução na absorção de K em plantas submetidas a doses crescentes de N.

Plantas com excesso de N apresentam teor mais baixo de açúcar em relação às plantas que receberam a dose menor. Ao que parece, esse efeito prejudicial só ocorre quando o excesso de N produz atraso na maturação (MALAVOLTA et alii, 1974).

Os valores de °Brix e Pol não tiveram variações significativas pelas regressões e o seu coeficiente de correlação foram de 36% e 62% respectivamente.

SERRA (1979), apresenta dados médios dos componentes tecnológicos de três variedades de sorgo sacarino (Brandes, Dale e Rio): 370 a 640 kg de caldo/t; 15 a 21% °Brix; 13 a 20% açúcares totais; 1,5 a 9,0% açúcares redutores e 8,0 a 17,5% de sacarose.

Comparando-se esses dados com os da Tabela 16 observa-se que todas as características tecnológicas estão com valor abaixo do mínimo obtido por esse autor, com exceção do peso do caldo. Tomando-se o peso do caldo, estimou-se a quantidade de caldo (em kg) por tonelada do colmo, obtendo-se os dados apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Estimativa do rendimento em álcool etílico de sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de nitrogênio.

Rendimento	Doses de nitrogênio			
	1:20	1:10	1:5	1:1
kg caldo/t colmo	420	509	494	647
kg caldo/ha	14700	17815	17290	22645
kg açúcares totais/ha	971	1544	1433	1309
l álcool/t	15	24	23	21
l álcool/ha	539	856	795	725

Avaliou-se o rendimento em álcool por ha de sorgo sacarino nos tratamentos analisados. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

Comparando-se esses resultados com os estimados por SERRA (1979) e SILVA (1983), observa-se que os mesmos estão bem abaixo dos valores estabelecidos. A causa principal dessa diferença se deve ao baixo teor de açúcares totais avaliados no presente experimento.

4.4. Efeito de doses de fósforo

4.4.1. Sintomas

O aparecimento de sintomas de carência de fósforo teve início aproximadamente 20 dias após o transplante pa as soluções definitivas (tratamentos).

As folhas mais velhas apresentavam uma coloração verde pouco mais escura que a planta não deficiente; com o decorrer do tempo começaram a aparecer manchas com aspecto de queima das, esbranquiçadas nas margens da folha.

Houve manifestações de sintomas típicos em algumas folhas mais velhas que iniciavam com uma clorose marginal que progredia no sentido da nervura principal e mais tar de tornavam-se necróticas e secavam.

Estes sintomas apareceram nos tratamentos de níveis 1:20, 1:10 e 1:5 de P.

A descrição concorda com os verificados por MA LAVOLTA et alii (1979).

4.4.2. Dados fenológicos

Na Tabela 18 encontram-se os dados de matéria fresca, comprimento e diâmetro do colmo.

Tabela 18. Matéria fresca, comprimento e diâmetro do colmo das plantas de sorgo sacarino, cultivadas em solução nutritiva com doses de fósforo (média de 4 repetições).

Doses de P	Matéria fresca (g)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
1:20	109,35 d	139,00 d	1,20 b
1:10	233,56 c	171,50 bc	1,87 a
1:5	280,64 b	186,75 ab	2,15 a
1:1	379,10 a	199,75 a	2,35 a
F	111,45**	15,63**	17,61**
Tukey 5% (dms)	44,59	27,81	0,49
C.V. (%)	8,47	7,59	12,29

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

As comparações de níveis realizadas pelo teste de Tukey 5% obedeceu as diluições do elemento P das soluções nutritivas.

Para a altura das plantas e diâmetros, as diferenças foram significativas quando comparou-se plantas da solução completa e de diluição 1:20.

Segundo MALAVOLTA et alii (1974) a deficiência de P em cana-de-açúcar causa redução no diâmetro e no comprimento dos colmos e internódios mais curtos; isto foi verificado nos tratamentos com menor nível de P.

No experimento em campo realizado por ROSOLEM (1979) as diferenças em função dos níveis de adubação fosfatada para essas características fenológicas não foram significativas.

4.4.3. Produção de matéria seca

As produções de matéria seca total e por partes da planta submetida a tratamento com níveis crescentes de P encontram-se na Tabela 19.

Nota-se que o nível mais baixo de P apresentou redução no acúmulo de matéria seca de raízes, bem como de colmos, e nos demais tratamentos não diferiram nestas partes da planta.

A produção de panícula foi superior para os tratamentos com níveis 1:5 e 1:1 de P.

4.4.4. Diagnose foliar

Constam na Tabela 20 os teores de macronutrientes das folhas analisadas.

Tabela 19. Matéria seca (g/vaso) total e das partes das plantas de sorgo sacarino cultivadas em solução nutritiva com doses de fósforo.

Doses de P	Raiz	Colmo	Folhas	Raquet+grãos	Total
1:20	10,05 bc	24,65 b	9,77 d	5,19 c	49,69 c
1:10	18,17 ab	57,64 a	17,36 c	10,32 c	104,96 b
1:5	17,28 ab	53,41 a	20,29 a	20,29 bc	116,73 ab
1:1	26,64 a	63,51 a	24,78 a	23,05 a	137,98 a
F	6,70**	36,33**	42,44**	38,84**	35,25**
Tukey 5%(dms)	11,01	12,03	4,05	5,20	26,64
CV (%)	29,07	11,50	10,47	18,00	12,39

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

Tabela 20. Teores percentuais de macronutrientes contidos na folha mediana de sorgo sacarino em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1a) e aos 78 dias (2a) após o transplante.

Doses de P	N		P		K		Ca		Mg		S	
	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
1:20	2,29	2,48	0,07	0,15	4,27	2,48	0,36	0,55	0,26	0,31	0,11	0,17
1:10	2,39	2,26	0,16	0,11	3,66	2,12	0,27	0,56	0,26	0,30	0,14	0,15
1:5	2,86	2,85	0,31	0,32	3,91	2,58	0,30	0,99	0,39	0,65	0,14	0,19
1:1	2,81	2,87	0,74	0,62	3,62	2,53	0,34	0,83	0,36	0,43	0,20	0,15
F	79,30**	2,13ns	313,50**	185,18**	1,95ns	4,38ns	1,22ns	9,04*	3,44ns	9,13*	4,88ns	
Tukey 5%(dms)	0,18	1,17	0,09	0,09	1,23	0,57	0,20	0,41	0,21	0,31	0,09	
CV (%)	10,99	7,38	7,38	7,93	7,79	5,82	15,37	13,58	15,96	18,18	15,27	

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

O teor de P cresce com a dosagem do mesmo fornecida na solução, embora sem diferenças significativas para os tratamentos 1:20 e 1:10 de P nas duas épocas de amostragem.

Pode-se visualizar os desequilíbrios nutricionais devido à variação nos níveis de fósforo no meio, através de representações dos hexágonos na Figura 7.

Os teores encontrados para o tratamento completo são concordantes com os obtidos por ROSOLEM (1979).

Para os elementos N, Ca e Mg, houve diferenças significativas nos teores, somente na 2ª amostragem, sendo superiores nos níveis 1:5 e 1:1 de P na solução; os demais tratamentos não apresentaram diminuição ou aumento sensível dos teores dos elementos.

Encontram-se na Tabela 21 as relações N/P das folhas para as diferentes doses de P na solução.

A variação apresentada em termos percentuais no teor de P foi maior que a sofrida pela relação N/P em função dos tratamentos. Conclui-se, pois, que o teor de fósforo representou indicação adequada do estado nutricional.

O exame das Figuras 8, 9 e 10, mostra que as premissas da diagnose foliar são observadas em ambas as épocas de amostragem, para produção de grãos e colmos.

O nível crítico fisiológico correspondente a uma produção de colmo igual a 90%, obtida através de interpolação gráfica esteve em torno de 0,16% de P. Este valor é

Tabela 21. Relação N/P obtidas através das concentrações de N e P nas folhas medianas de sorgo sacarino colhidas em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1ª) e aos 78 dias (2ª) após o transplante.

Doses de P	Primeira	Segunda
1:20	32,71	16,53
1:10	14,93	20,54
1:5	9,22	8,90
1:1	3,79	4,62

muito menor que o encontrado por ROSOLEM (1979) em condições semelhantes.

4.4.5. Análise tecnológica

Encontram-se na Tabela 22, os resultados médios das características tecnológicas obtidas nos colmos de sorgo em função das doses de P.

Na Tabela 23 encontram-se as estimativas dos rendimentos de álcool etílico.

Níveis Crescentes de Fósforo

Tratamento

Figura 7. Representação hexagonal dos teores (%) de macronutrientes encontrados nas folhas medianas de sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de P, aos 45 e 78 dias após o transplante.

Figura 8. Relação entre dose e produção de colmo seco.

Figura 9. Relação entre dose e teor foliar.

Figura 10. Relação entre teor foliar e produção de colmo seco.

Tabela 22. Análise dos componentes tecnológicos do sorgo saca_rino cultivado em solução nutritiva com doses de fósforo.

Componentes	Doses de fósforo			
	1:20	1:10	1:5	1:1
Peso do caldo %	55,11	55,95	68,85	58,75
Caldo absoluto % cana	91,10	88,52	91,32	92,70
Brix sorgo	12,38	13,71	8,12	10,94
Pol sorgo	7,92	9,67	3,32	4,46
Fibra % sorgo	9,96	11,48	8,67	7,29
Açúcares Totais % CE	8,92	9,87	5,79	6,95
Açúcares Redutores % CE	0,57	1,14	2,14	2,44

Tabela 23. Estimativa do rendimento em álcool etílico do sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de fósforo.

Rendimento	Doses de fósforo			
	1:20	1:10	1:5	1:1
kg caldo/t colmo	551	559	636	587
kg caldo/ha	19285	19565	22260	20545
kg açúcares totais/ha	1720	1931	1288	1428
l álcool/t	27	31	20	23
l álcool/ha	954	1070	714	792

Na dose mínima de P o teor de açúcares totais foi mais alto que o tratamento em dose máxima. Isto pode significar que pequena quantidade de P, é suficiente para obter um teor alto de açúcares totais.

Com respeito à produção de álcool por tonelada de colmo e por hectare, os valores estão bem abaixo dos obtidos por SERRA (1979).

ROSOLEM (1979) afirma que embora os teores de sacarose, açúcares redutores, açúcares totais e fibra sejam características importantes, a produção de colmos parece ser de maior significância para a produção de álcool/ha, com respeito a adubação. Entretanto, na condição deste ensaio, os

resultados demonstraram que a produção de álcool por área pelo sorgo sacarino é uma função principal dos teores de açúcares totais.

4.5. Efeito das doses de potássio

4.5.1. Sintomas

A manifestação dos primeiros sintomas de carência se deu aos 30 dias após o transplante em solução de tratamento.

Os sintomas foram idênticos ao mencionado no item 4.1.1. Apareceram sintomas nas plantas em todos os níveis de K, exceto no tratamento "completo".

4.5.2. Dados fenológicos

Na Tabela 24, verifica-se que o peso da matéria fresca do colmo cresceu à medida que se elevou a concentração de K na solução nutritiva, o que reflete os aumentos verificados tanto na altura quanto no diâmetro do colmo. A observação mostra coerência com o que se conhece na literatura a respeito do papel do K no crescimento vegetativo.

Tabela 24. Matéria fresca, comprimento e diâmetro dos colmos das plantas de sorgo sacarino cultivadas em solução nutritiva com doses de potássio.

Doses de K	Matéria fresca (g)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
1:20	109,91 d	141,00 d	1,25 c
1:10	183,59 c	165,25 c	1,95 b
1:5	225,01 bc	181,75 b	2,12 ab
1:1	283,19 a	199,75 a	2,40 a
F	36,17**	77,93**	33,23**
Tukey 5% (dms)	51,21	11,88	0,36
C.V. (%)	12,22	3,29	8,81

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si

4.5.3. Produção de matéria seca

Encontra-se na Tabela 25 os dados da matéria seca total e das partes das plantas submetidas a doses crescentes de K.

Percentualmente verifica-se que a deficiência de potássio afetou muito mais a produção de grãos que a do colmo: no tratamento com nível máximo na solução obteve-se 275% mais de colmo e 500% mais de grãos.

A análise estatística mostrou que a produção de grãos caiu à medida que diminuía o K.

Como o K reconhecidamente afeta muito mais o crescimento vegetativo, o dado é surpreendente. Pode ser explicado admitindo-se menor transporte de produtos da fotossíntese para o enchimento dos grãos nas condições de carência potássica.

Tabela 25. Matéria seca (g/vaso) total e das partes da planta de sorgo sacarino cultivadas em solução nutritiva com doses de potássio.

Doses de K	Raiz	Colmo	Folhas	Raque+ grãos	Total
1:20	6,74 b	19,80 c	12,99 b	5,00 d	44,54 c
1:10	11,94 a	29,48 bc	19,04 a	9,16 c	69,63 b
1:5	13,44 a	32,22 b	21,21 a	15,69 b	83,57 b
1:1	11,20 a	54,56 a	22,36 a	25,06 a	113,18 a
F	10,69**	28,22**	12,17**	120,33**	58,48**
Tukey 5% (dms)	3,69	11,59	5,04	3,35	15,72
C.V. (%)	16,26	16,11	12,67	11,60	9,63

** significativo ao nível de 1%

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

4.5.4. Diagnose foliar

Na Tabela 26, encontram-se os teores de macronutrientes nas folhas medianas das plantas submetidas a tratamento de K em duas épocas de amostragem.

Na Figura 11 observa-se o estado nutricional sob influência dos diversos níveis de K no substrato.

Os teores de K encontrados nos tratamentos 1:10 e 1:5 de K, não diferiram estatisticamente nas 2 amostragens realizadas. Para o teor de Ca, o tratamento completo de K cau sou sensível decréscimo.

A interação mais frequente observada para o K e outros cátions refere-se ao Ca e Mg.

Vários autores têm feito referências com respeito a essa inibição e antagonismo (MELLO et alii, 1966; EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980; OLOGUNDE e SORENSEN, 1982).

A Figura 11 mostra esses desequilíbrios de modo acentuado.

Na Tabela 27. são apresentadas as relações K/Ca e K/Mg obtidas com os níveis crescentes de K.

O efeito dos tratamentos se exprimiu melhor através dessas relações do que pelos teores percentuais de K isoladamente. O teor de K das plantas "normais" encontra-se próximo ao valor encontrado por ROSOLEM (1979).

O desenvolvimento do colmo foi máximo nesses tratamentos quando as relações K/Ca e K/Mg foram elevadas: a

Tabela 26. Teores percentuais de macronutrientes contidos na folha mediana de sorgo sacarino colhidas em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1ª) e aos 78 dias (2ª) após o transplante.

Doses de K	N		P		K		Ca		Mg		S	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
1:20	3,28	3,25	1,06	0,83	0,93	0,70	0,74	1,57	0,63	0,74	0,27	0,23
1:10	3,23	3,01	1,29	0,91	1,46	1,22	0,74	1,71	0,69	0,87	0,25	0,19
1:5	2,88	2,98	0,72	0,54	1,45	1,79	0,80	1,28	1,00	0,66	0,25	0,23
1:1	2,92	3,17	0,71	0,63	3,58	2,49	0,48	0,57	0,50	0,42	0,19	0,16
F	1,13ns	1,54ns	67,54**	13,17**	130,13**	31,92**	20,17	34,45	4,93ns	9,27**	4,81ns	0,83ns
Tukey 5%(dms)	1,11	0,63	0,09	0,26	0,52	0,78	0,21	0,49	0,55	0,25	0,09	0,26
CV (%)	8,82	4,94	5,10	9,01	7,65	12,39	7,13	9,54	19,11	12,88	9,05	28,20

** significativo ao nível de 1%.

Níveis Crescentes de Potássio

Figura 11. Representação hexagonal dos teores (%) de macronutrientes encontrados nas folhas medianas de sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de K, aos 45 e 78 dias após o transplante.

faixa esteve entre 7,75 a 4,36 e 7,16 a 5,92, respectivamente (Tabela 27).

A acumulação de Ca na folha foi mais alta na 2ª amostragem, podendo ser explicado pela imobilidade do Ca no floema segundo EPSTEIN (1975) e MALAVOLTA (1980).

Em vista dos resultados obtidos, considerando um certo antagonismo que existe entre as absorções de Ca e Mg e inibição entre as absorções de K e Ca (BERTHOULY e GUERRIER, 1979), o baixo nível de K, estimulou a acumulação do Ca e do Mg.

Quanto às premissas da diagnose foliar as Figuras 12, 13 e 14 indicam que foram satisfeitas.

O teor crítico associado com 90% de produção de colmo encontra-se próximo a 2,9%.

Tabela 27. Relação K/cá e K/Mg obtidas através das concentrações nas folhas medianas de sorgo sacarino colhidas em duas épocas de amostragens: aos 45 dias (1ª) e aos 78 dias (2ª) após o transplante.

Doses de K	K/Ca		K/Mg	
	1ª	2ª	1ª	2ª
1:20	1,25	0,44	1,47	0,94
1:10	1,73	0,71	2,11	1,40
1:5	1,81	1,39	1,45	2,71
1:1	7,75	4,36	7,16	5,92

Figura 12. Relação entre dose e produção de colmo e grão.

Figura 13. Relação entre dose e teor foliar.

Figura 14. Relação entre teor e produção de colmos e grãos.

4.5.5. Análise Tecnológica

Nas Tabelas 28 e 29, encontram-se, respectivamente, os valores dos componentes tecnológicos e cálculo estimado do rendimento alcoólico do sorgo sacarino, submetido a doses crescentes de potássio.

Foi possível verificar, neste caso, redução no teor de açúcares à medida que se diminuiu o nível de K, o que está de acordo com HARTT (1934) e HAAG (1965). O efeito pode ser devido à diminuição na atividade fotossíntese ou à translocação das folhas para os colmos ou ambas as coisas (MALAVOLTA *et alii*, 1974).

Embora os teores dos componentes tecnológicos se encontrem abaixo dos obtidos por SERRA (1979), nota-se que o K apresentou efeito quando fornecido em dose mais elevada (Tabela 30).

Tabela 28. Análises dos componentes tecnológicos do sorgo sacarino, cultivado em solução nutritiva com doses de potássio.

Componentes	Doses de potássio			
	1:20	1:10	1:5	1:1
Peso do caldo %	54,70	53,48	49,82	53,69
Caldo Absoluto % sorgo	90,89	93,02	93,64	93,28
Brix sorgo	7,95	8,79	7,49	9,33
Pol sorgo	1,25	2,09	1,30	4,60
Fibra % sorgo	9,10	6,97	6,36	6,71
Açúcares Totais % CE	3,88	5,24	4,21	7,15
Açúcares Redutores % CE	2,62	3,03	2,78	2,44

Tabela 29. Estimativa do rendimento de álcool etílico do sorgo sacarino cultivado em solução nutritiva com doses de potássio.

Rendimento	Doses de potássio			
	1:20	1:10	1:5	1:1
kg caldo/t colmo	547	535	498	537
kg caldo/ha	19145	18725	17430	18795
kg açúcares totais/ha	743	981	734	1344
l álcool/t	12	15	12	21
l álcool/ha	412	544	407	745

Tabela 30. Regressões entre nível de K na solução e característica tecnológica.

Característica	Equação	F	R ² (%)
Peso do caldo	$y = 57,00 - 7,199x + 1,107x^2$	28,4	98
Caldo absoluto	$y = 90,30 + 8,63x - 0,523x^2$	2,3	82
Brix	$y = 8,644 - 0,991x + 0,11x^2$	1,0	67
Pol	$y = 1,673 - 0,296x + 0,130x^2$	7,5	94
Fibra	$y = 9,679 - 3,618x + 0,52x^2$	2,8	82
Açúcares totais	$y = 4,381 + 0,0248x + 0,72x^2$	2,7	84
Açúcares redutores	$y = 2,716 + 0,166x - 0,035x^2$	0,68	58

8. CONCLUSÕES

A cultivar Brandes de sorgo sacarino foi cultivada em solução nutritiva em três experimentos independentes.

As principais conclusões foram as seguintes:

- (1) Ensaio preliminar com níveis variáveis de K:
 - (a) a produção de matéria seca de colmo cresceu com a dose de K, a maior sendo observada com a metade do nível máximo fornecido;
 - (b) o peso maior de grãos, entretanto, foi obtido quando se empregou a concentração maior de potássio;
 - (c) a elevação no suprimento de K fez crescer o teor foliar do mesmo, o que foi acompanhado por diminuição nos teores de Ca é, em menor grau, de Mg;
 - (d) o menor fornecimento de K determinou diminuição na quantidade de caldo, no Brix e fibra, havendo elevação da % de açúcares redutores totais, açúcares redutores e sacarose, porém diminuição na quantidade em valores absolutos;

- (e) as exigências nutricionais obedeceram à seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, S, P, Mg, Fe, Mn, Zn, B, Cu e Mo.

(2) Ensaio com níveis de K e Mg:

- (a) a combinação de níveis intermediários de K e Mg determinou a maior produção de colmos;
- (b) a presença do K em maior nível na solução causou as reduções mais acentuadas no peso dos colmos independentemente da concentração de Mg fornecida;
- (c) os teores foliares de K e Mg cresceram com o aumento na concentração dos mesmos no substrato até o nível intermediário;
- (d) a elevação no fornecimento de K, mas não a correspondente ao Mg, provocou tendência para queda no teor de Ca;
- (e) não houve variação consistente no Breix em consequência dos tratamentos.

(3) Níveis variáveis de N, P e K:

- (a) os sintomas de deficiência concordam com os da literatura;
- (b) o N aumentou linearmente a matéria fresca dos colmos, tendo aumentado a altura e o diâmetro dos mesmos;
- (c) houve relação direta entre fornecimento de N e teor foliar entre fornecimento e produção de matéria fresca e seca, bem como entre teor foliar e produção;

- (d) o estado nutricional foi mais relacionado com o teor foliar de N do que com os quocientes N/P e N/S;
- (e) a produção relativa de colmos igual a 90% foi obtida com o nível 3% de N na folha;
- (f) os teores de açúcares totais foram diminuídos pelos níveis mínimo e máximo de N; enquanto os dos redutores mostraram tendência para crescer;
- (g) o rendimento estimado de álcool etílico foi menor no nível mais baixo de N;
- (h) houve um efeito linear do fornecimento de P sobre a matéria fresca produzida;
- (i) o teor foliar de P aumentou com o nível do mesmo aplicado na solução, atingindo teores que caracterizam alimentação de luxo, sendo certo que tais teores e a relação N/P crescem o mesmo número de vezes;
- (j) o teor foliar de P considerado adequado para uma produção relativa de colmos igual a 90% foi de 0,16%;
- (l) o aumento no fornecimento de P causou diminuição na Pol, fibra, açúcares totais e crescimento no teor de açúcares redutores;
- (m) a produção de colmo e de grãos cresceu linearmente com o suprimento de K no meio;
- (n) o teor foliar de K aumentou com a dose fornecida, o que fez cair a relação K/Ca e K/Mg;

(o) o teor foliar de 29% de K correspondeu a 90% da produção relativa de colmos;

(p) o Brix, a Pol e os açúcares totais diminuiram à medida que cresceu a concentração de K no meio, havendo tendência oposta com respeito à % de fibra; o rendimento alcoólico estimado cresceu com o suprimento de K.

6. LITERATURA CITADA

AMORIM, H.V. e E.A. ZAGO, 1978. Análise para controle da fermentação alcoólica. Mimeogr. ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

BERTHOULY, M. e G. GUERRIER, 1979. Interactions calcium potassium - magnesium chez le sorgho-grain. 1 - Influence d'une carence en calcium sur la distribution de ces elements. Comm. Soil Sci. Pl. Anal.. New York, 10(12): 1523-1539.

BERTHOULY, M. e G. GUERRIER, 1979. Interactions calcium-magnesium - potassium chez le sorgho-grain. 2 - Influence d'une carence en magnesium sur la distribution de ces elements. Comm. Soil Sci. Pl. Anal.. New York, 10(12): 1541-1556.

BERTHOULY, M. e G. GUERRIER, 1979. Interactions calcium-potassium - magnesium chez le sorgho-grain. 3 - Influence d'une carence en potassium sur la distribution de ces elements. Comm. Soil Sci. Pl. Anal.. New York, 10(12): 1557-1571.

BLACK, C.A., 1975. Relaciones Suelo-Planta. Vol. 2. Buenos Aires, Hemisfério Sur Editora. 866p.

CORDEIRO, D.S.; A.N. KICHEL; P. SILVEIRA Jr., 1982. Efeito de doses crescentes de potássio em sorgo sacarino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º, Florianópolis - SC. Resumos. p.167.

COUTINHO, E.L.M., 1983. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench.), avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e álcool etílico. Piracicaba, ESALQ/USP, 189p. (Tese de Doutorado).

DECHEVA, R.; G. ZOLOTOVICH e D. KOSSEVA, 1970. "Effect of mineral elements on nitrogen, phosphorus, potassium, amino acid and sugar content in (*Rosa damascena* Mill)". C.R.Acad. Sci. Hort. Abst., 40(2): 841.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1977. Lançamento de novos cultivares. Brasília, DF.

EPPENDORFER, W.H., 1971. Effects of S, N and P on amino acid composition of field beans (*Vicia faba*) and responses of the biological value of the seed protein to S-amino and content. J. Sci. Food. Agr., 22: 501-505.

EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Ed. USP. São Paulo. 341p.

ESTEVES, A.L.; C.B. BAGGIO; F.A. COSTA; H.F. CASTRO, 1981. Efeitos da época de plantio em dez cultivares de sorgo sacarino. Inf. Inst. Nac. Tec. Rio de Janeiro, 14(25): 26-44.

FONTES, L.A.N. e W.M. FILHO, 1979. Calagem e adubação do sorgo. Inf. Agropec. Belo Horizonte, 5(56): 17-21.

GOMES, E.P., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5ª ed. São Paulo, Nobel, 430p.

HAAG, H.P., 1965. Estudos de nutrição mineral da cana-de-açúcar variedade CB 41-76 cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP. 141p. (Dissertação de Mestrado).

HARTT, C.E., 1934. Some effects of potassium upon the amounts of protein and amino from of nitrogen, sugar and enzyme activity of sugar cane. Plant Physiol. Bethesda, 9: 453-490.

HIPP, B.W.; W.R. COWLEY; C.J. GERARD e B.A. SMITH, 1970. Influence of solar radiation and date of planting on yield of sweet sorghum. Crop. Science. Madison, 10(1): 91-92.

HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Expt. Sta. Circ. 34p.

LANE, J.H. e L. EYNON, 1934. Determination of reducing sugars by Febling's solution with methyleneblue indicator. London, England, 8p.

MACHADO, J.R.; J. NAKAGAWA; C.A. ROSOLEM e O. BRINHOLI, 1982. Efeitos de espaçamento entre linhas e de níveis de adubação no comportamento de sorgo sacarino em latossol Roxo. Experimento IV. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º. Florianópolis-SC. Resumos. p.128.

MALAVOLTA, E. e H.P. HAAG, 1964. Nutrição e adubação. Em: Cultura e Adubação da cana-de-açúcar, ed. Inst. Bras. da Potassa. São Paulo. p.237-278.

MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRº, 1974. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. S. Paulo. Ed. Pioneira, p.259-90.

MALAVOLTA, E.; E.L.M. COUTINHO; G.C. VITTI; N.V. ALEJO; N.J. NOVAES e V.L. FURLANI NETO, 1979. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo sacarino. I. Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de Al, Cl e Mn. Anais da ESALQ, XXXVI: 173-202.

MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas., São Paulo, Ed. Agrônômica Ceres. 251p.

MALAVOLTA, E. e S. LOURENÇO, 1978. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). I - Nota sobre o efeito das carências de macronutrientes no crescimento, produção e composição mineral. Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, XI, Anais. Paterniani, E. (ed.). Piracicaba, p.691-700.

MEADE, G.P., 1967. Manual del Azúcar de Caña. 9a. ed. Barcelona, Montaner y Simon. 940p.

MEIRA, E.M., 1982. Adubação de manutenção e de correção em duas cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Areia, UFPb. 41p. (Dissertação de Graduação em Agronomia).

MELLO, F.A.F.; H.P. HAAG; M.O.C. BRASIL SOBR? e H.W.S. MONTE-NEGRO, 1966. A relação K/Mg em plantas jovens de laranja (*Citrus sinensis* L., var. P.A.C.). Anais da ESALQ; 23: 95-107.

MENGEL, K. e K.A. KIRBY, 1982. Principles of plant nutrition. Bern , International Potash Institute. 655p.

OLOGUNDE, O.O. e R.C. SORENSEN, 1982. Influence of concentrations of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. Agron. J. Madison, 74(1): 41-46.

- OVERSTREET, R.; L. JACOBSON e R. HANDLEY, 1952. The effects of calcium on the absorption of potassium by barley roots. Plant Physiol. Bethesda, 27: 583-590.
- QUINBY, J.R., 1967. The maturity genes of sorghum. Adv. Agron. New York, 19: 267-304.
- RICAUD, R., 1971. Sweet sorghum for sugar production. In: Louisiana Agriculture. Louisiana State Univ., 14: 4-7.
- RODRIGUES, A.N.A., 1981. Adubação corretiva e de manutenção em sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Areia, UFPb. 38p. (Dissertação de Graduação em Agronomia).
- ROSOLEM, C.A., 1979. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e adubação do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Piracicaba, ESALQ/USP. 137p. (Tese de Doutorado).
- ROSOLEM, C.A.; T. NOGIMOTO e J.R. MACHADO, 1982. Respostas do sorgo sacarino a adubos nitrogenado, fosfatado e potássico em um Latossol Roxo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14º, Florianópolis-SC. Resumos. p.171.
- ROSS, N.M. e D.J. WEBSTER, 1970. Fertilizers. Em: Culture and use of grain sorghum. Agriculture Handbook 385, U.S. Dept. of Agriculture, Washington. p.18-20.
- SALLES FILHO, M.; H.G.B. SILVA; e V.M.S. SCHNEIDERMAN, 1977. Sorgo, matéria prima renovável para produção de etanol na escalada energética nacional. Brasil Açucareiro, 90 (2): 23-41.

- SERRA, G.E.; M. LUDERS; T.C. ALMEIDA, 1976. Observações preliminares sobre características agronômicas e tecnológicas do sorgo sacarino. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11^o, Anais. ESALQ-Piracicaba.
- SERRA, G.E., 1979. O sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de álcool etílico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, Brasília. Anais. Brasília, EMBRAPA/CNPMS, p.105-116.
- SILVA, H., 1983. Efeitos da adubação do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) na qualidade do caldo para multiplicação de leveduras e fermentação alcoólica. Piracicaba, ESALQ/USP. 295p. (Tese de Doutorado).
- SOUZA, E.A.; A.L. ROSSETO F^o e R. BIANCO, 1976. Relações entre os teores do K, Ca e Mg em Latossol Roxo cultivado com sorgo. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 11^a, Piracicaba. Anais. p.707-715.
- SUMNER, M.E., 1978. Interpretation of nutrient ratios in plant tissue. Comm. Soil Sci. Pl. Anal. New York, 9(4): 335-345.
- TANIMOTO, T., 1964. The press method of cane analysis. Hawaiian Planters Record, 57(2): 133-150.
- TEDRUŞ, P.F.A.S., 1982. Efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e álcool etílico. Jaboticabal, UNESP. 55p. (Dissertação de Graduação em Agronomia).

ZAGATO, E.A.G.; A.O. JACINTHO; B.F. REIS; F.J. KRUG; H.B. FILHO; L.C.R. PESSEDA; J. MORTATTI e M.G. GINÉ, 1981. Manual de Análises de Plantas e Águas Empregando Sistemas de Injeção em Fluxo. CENA/USP. 45p.

ZANINI, J.R., 1982. Influência da maturação fisiológica na produção de sementes e no rendimento industrial da planta de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Piracicaba, ESALQ/USP. 137p. (Dissertação de Mestrado).