EFEITOS DE DOSES DE ENXOFRE E DE ZINCO NA CULTURA DA SOJA
(*Glycine max* (L.) MERRILL), CULTIVADA EM CONDIÇÕES DE
CASA DE VEGETAÇÃO

GÓDOFREDO CESAR VITTI

Orientador: EURÍPEDES MALAVOLTA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro 1982

A minha mãe e

ã memōria de meu pai

OFEREÇO

À Maria Aparecida
Júlio Cesar e
Daniela,

com amor

DEDICO

HOMENAGEM

Ao CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA - USP
Piracicaba,

À ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA - "LUIZ DE QUEIROZ "
USP - Piracicaba,

À FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS -
-UNESP - Jaboticabal,

Ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
E TECNOLÓGICO (CNPq),

À ULTRAFÉRTIL S.A. IND. E COM. DE FERTILIZANTES,

... por tornarem possível a realização do presente
trabalho.

HOMENAGEM PÓSTUMA

Ao amigo e Técnico de Laboratório,

Hélio Jesus Garcia Barboza

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA pela orientação, estímulo e sobretudo amizade.

Aos Professores MOACIR OLIVEIRA CAMPONEZ DO BRASIL SOBRINHO e FRANCISCO ASSIS FERRAZ DE MELLO pelas manifestações de companherismo, confiança e apreço.

Aos Professores RENATO AMILCAR CATANI e NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA que conduziram os meus primeiros passos para o "sacerdôcio" da pesquisa.

Aos Professores DOMINGOS FORNASIERI Fº, LIEM TJIAN HING, DILERMANDO PERECIN, LUIZA HITOMI IGARASHI NAKAYAMA, TAKASHI MURAOKA, SIU MUI TSAI SAITO e EUCLIDES BRAGA MALHEIROS pelas sugestões e auxílio.

Ao RENATO XAVIER DE MORAES, CÉLIA REGINA FRANCISCO MUNIZ, CLEUSA PEREIRA CABRAL, SONIA MAISA ASMAR, IOLANDA APARECIDA RUFINI, IZILDA MARIA DE CARVALHO MÁXIMO pela valiosa colaboração.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A soja e a região de cerrados	4
2.2. Funções do S na planta	6
2.3. Interação S, N e P em soja	7
2.4. Extração, exportação e concentração de N, P, S e Zn na soja	9
2.5. Interpretação dos teores de N, P, S e Zn nas <u>fo</u> lhas de soja	12
2.6. O zinco no solo e na adubação	14
2.7. O enxofre na adubação	22
2.8. A soja e a adubação nitrogenada	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Ensaios em solução nutritiva	34
3.1.1. Obtenção de mudas	34
3.1.2. Preparo das soluções nutritivas	35
3.1.3. Tratamentos utilizados e delineamento <u>expe</u> rimental	36
3.1.4. Condução do ensaio	39

3.2. Ensaaios em vasos com terra	41
3.2.1. Solos	41
3.2.2. Cultivares utilizados.....	41
3.2.3. Inoculante	41
3.2.4. Material corretivo	41
3.2.5. Recipientes	43
3.2.6. Metodologia seguida	43
3.2.7. Local de condução dos ensaios	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. Ensaaios em solução nutritiva	54
4.1.1. Efeito de doses de enxofre (S)	54
4.1.2. Efeito de doses de zinco (Zn)	78
4.2. Ensaaios em vasos com terra	101
4.2.1. Efeito de doses de enxofre (S)	101
4.2.2. Efeito de doses de zinco (Zn)	126
4.3. Comparação entre ensaios em solução nutritiva e so los	150
4.3.1. Doses adequadas de S e Zn no substrato	150
4.3.2. Teores adequados de S e Zn nas folhas	151
4.3.3. Relações entre nutrientes nas folhas	152
5. CONCLUSÕES	154
5.1. Ensaaios em solução nutritiva	154
5.1.1. Doses crescentes de enxofre (S)	154
5.1.2. Doses crescentes de zinco (Zn)	155

5.2. Ensaaios em vasos com terra	155
5.2.1. Doses crescentes de enxofre (S)	155
5.2.2. Doses crescentes de zinco (Zn)	156
6. LITERATURA CITADA	158

EFEITOS DE DOSES DE ENXOFRE E DE ZINCO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL), CULTIVADA EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

Candidato: GODOFREDO CESAR VITTI

Orientador: PROF. DR. EURÍPEDES MALAVOLTA

R E S U M O

Foram conduzidos em solução nutritiva e em vasos com terra em casa de vegetação, ensaios com doses crescentes de enxofre e zinco, em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivares Santa Rosa (crescimento determinado) e IAC-2 (crescimento indeterminado). Nos ensaios em solução nutritiva foram utilizadas as duas fontes de nitrogênio; N_2 da fixação biológica e N combinado, com quatro doses de S (0, 6, 12 e 24 ppm de S) e quatro de Zn (0; 1,2; 2,4 e 4,8 ppm de Zn). Nos ensaios em vasos com terra foram utilizados dois solos sob vegetação de cerrado; Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa) e Latossolo Vermelho Escuro textura média (LE) de ocorrência respectivamente, nos Municípios de Assis-SP e Palmeiras de Goiás-GO, sendo o enxofre fornecido como fosfogesso, em doses equivalentes a 0, 6, 12 e 24 ppm de S (0, 15, 30 e 60 kg/ha de S), enquanto que o zinco foi fornecido como óxido, em doses equivalentes a 1,2; 2,4 e 4,8 ppm de Zn (3, 6 e 12 kg/ha), e como sulfato de zinco na dose única de 2,4 ppm de Zn, havendo uma testemunha sem zinco.

Para avaliação dos teores foliares dos nutrientes

em estudo, razões entre os mesmos e correlações com as variáveis de produção (grãos, matéria seca total e nódulos) foram coletadas amostras de folhas no estágio de 50% do florescimento (3^a folha trifoliata recém maduras) e no final do ciclo da cultura (mistura de todas as folhas). Nos ensaios em vasos com terra procedeu-se ainda, a determinação dos teores de $S-SO_4$ (extração com NH_4OAc 0,5 N) e/ou Zn (H_2SO_4 0,05 N) em amostras de terra coletadas após o final do ciclo da planta.

Os dados obtidos possibilitaram concluir que:

Ensaio em solução nutritiva

Nos ensaios com doses crescentes de enxofre houve resposta diferencial das cultivares à aplicação de S, em função da fonte de N utilizada, com relação à produção de grãos. A dose adequada média de S no substrato foi de 16 ppm de S, enquanto que os teores foliares adequados de S no estágio de florescimento foram de 0,41 a 0,46 (cultivar Santa Rosa na presença de N fixado) e de 0,44 a 0,49 %S (IAC - 2 na presença de N combinado).

Também nesse substrato, porém com doses crescentes de zinco, observou-se resposta positiva à aplicação desse elemento, a qual foi mais influenciada pela fonte de N do que pela cultivar. As doses adequadas no substrato foram de 2,1; 1,2; 1,8 e 2,1 ppm de Zn, respectivamente para as cultivares Santa Rosa com N fixado e N combinado e IAC-2 com N fixado e combinado. Os teores foliares adequados de Zn, no estágio do florescimento, foram de 30 - 33 (Santa Rosa com N fixado), 21 - 33 (San

ta Rosa com N combinado), 24 - 27 (IAC-2 com N fixado) e 32 - 36 ppm (IAC-2 com N-combinado).

Ensaio em vasos com terra

Nos ensaios com doses crescentes de enxofre, observou-se resposta à aplicação de fosfogesso nas duas variedades e nos dois solos utilizados. A dose adequada de S no solo variou de 13 a 16 ppm de S (equivalente a 33 e 40 kg/ha de S), enquanto que os teores adequados de S nas folhas, no estágio do florescimento, variaram de 0,23 a 0,34 %S. As relações aniônicas nas folhas, associadas com as produções máximas, foram de 14 a 18 (N/S); 1,2 a 2,0 (P/S) e 11 a 13 (N/P). Os teores residuais adequados de $S-SO_4$ no solo foram de 7 e 13 ppm, respectivamente para o LEa e LE.

Nos ensaios com doses crescentes de zinco observou-se resposta à aplicação do elemento. A dose adequada de Zn no solo, relativa à máxima produção de grãos foi de 2,7 ppm (6,8 kg/ha); 3,4 ppm (8,5 kg/ha); 1,2 ppm (3,0 kg/ha) e 3,1 ppm de Zn (7,7 kg/ha de Zn), respectivamente para as cultivares Santa Rosa nos solos LEa e LE e IAC-2 nos solos LEa e LE. Os teores adequados de Zn nas folhas, no estágio do florescimento, variaram de 25 a 44 ppm, enquanto que as relações N/Zn, P/Zn e N/P, associadas com as produções máximas foram respectivamente de 1511 a 1769; 69 a 149 e 11 a 18. Os teores residuais adequados de Zn no solo foram em média de 1,3 e 2,3 ppm, respectivamente para os solos LEa e LE.

S U M M A R Y

EFFECTS OF RATES OF SULPHUR AND ZINC ON SOYBEAN (*Glycine max* (L.) MERRILL), GROWN IN THE GREENHOUSE

Author: GODOFREDO CESAR VITTI

Adviser: EURÍPEDES MALAVOLTA

This paper deals with the results of experiments carried out both in nutrient solution and in pots with soils designed to study the effects of S and Zn in the soybean plant, varieties, Santa Rosa and IAC-2.

In nutrient solution were used varying levels of S and Zn in independent trials, either in the presence of symbiotically fixed or combined nitrogen (as ammonium nitrate). S was supplied at the levels of 0, 6, 12 and 24 ppm, whereas Zn was given at the concentrations of 0, 1.2, 2.4 and 4.8 ppm.

In the pot experiment two "cerrado" soils were employed, a sandy Dark Red Latosol (LEa) from Assis, SP, Brazil, and a Dark Red Latosol of medium texture (LE) from Palmeiras de Goiás - GO, Brazil. S, as phosphogypsum, was applied at the rates of 0, 6, 12 and 24 ppm (equivalent to 0, 15, 30 and 60 kg of sulfur per hectare). In the Zn experiment the micronutrient was used at the following levels: 0, 1.2, 2.4 and 4.8 ppm, as oxide; zinc sulfate was also used in a single treatment to give 2.4 ppm Zn.

Leaf samples were collected at the flowering stage (third trifoliate) and at harvesting. In the pot experiment residual S and Zn were analysed, 0.5 N NH_4OAc and 0.05 N H_2SO_4 being used for extraction, respectively.

Nutrient solution experiments

A differential response of the varieties to S supply was observed as a function of the N source, in terms of yield formation. 16 ppm of the S in the substrate was sufficient for maximum production. At the flowering stage critical S concentration in the leaves varied between 0.41 - 0.46 % S (var. Santa Rosa in the presence of symbiotic N) and 0.44 - 0.49 % S (IAC-2 in the presence of combined N).

Zn response was influenced more by the N source than by the cultivar. Adequate levels in the substrate for yield formation were: 2.1 ppm (Santa Rosa under symbiotic N), 1.2 (Santa Rosa under combined N), 1.8 (IAC-2 under symbiotic N), and 2.1 (IAC-2 under combined N). Adequate leaf levels at flowering were found to be: 30-33 ppm (Santa Rosa under symbiotic N); 21 - 33 ppm (Santa Rosa under combined N); 24 - 27 ppm (IAC-2 under symbiotic N); and 32 - 36 (IAC-2 under combined N).

Pot experiments

A positive response to S was observed the adequate level of supply varied between 13 and 16 ppm (33-40 kg/ha S), whereas the values found in the leaves at flowering, were found to be 0.23 - 0.34 %S. Anionic ratios in the leaf corresponding to maximum yield were $N/S = 14$ to 18 , $P/S = 1.2$ to 2.0 ,

N/P = 11 to 13. Residual soil S-SO₄ related to the higher yields was 7 and 13 ppm, respectively for LEa and LE.

A positive response to Zn application was also found to occur. The doses which gave maximum production were 2.7 ppm (6.8 kg/ha), 3.4 ppm (8.5 kg/ha), 1.2 ppm (3.0 kg/ha) and 3.1 ppm (7.7 kg/ha), respectively for Santa Rosa variety (LEa and LE), and IAC-2 (LEa and LE). Adequate leaf levels at flowering stage were 25-44 ppm. Ratios of elements in the at flowering stage related to maximum production were: N/Zn = 1511 to 1769; P/Zn = 69 to 149; N/P = 11 to 18. Residual soil Zn corresponding to the highest observed yields varied between 1.3 and 2.3 ppm, respectively either case of LEa e LE.

1. INTRODUÇÃO .

De produtor inexpressivo há dez anos, o Brasil assume hoje, a posição de segundo produtor mundial de soja, ao lado da República Popular da China e superado apenas pelos Estados Unidos. É também o Brasil o segundo exportador mundial de produtos de soja (soja em grão, farelo e óleo), tendo alcançado, em 1977 a posição de primeiro exportador mundial de farelo, batendo pela primeira vez seu principal concorrente, os Estados Unidos. O complexo da soja é o segundo item mais importante na pauta de exportações do país, superado apenas pelo café (MÜLLER, 1978).

No decênio 1968/77, a área de cultivo de soja foi aumentada dez vezes e a produção multiplicada por vinte num extraordinário crescimento que aparentemente não encontra paralelo na história da produção agrícola do País. A área de cultivo

alcançou na safra (1977/78) 7,7 milhões de hectare, cerca de 17% da área cultivada com soja no mundo, estimada em 44,8 milhões de hectares.

Esta taxa de crescimento não tende a manter o mesmo ritmo, em razão principalmente do esgotamento gradual das fronteiras agrícolas nos Estados maiores produtores. A incorporação de novas áreas, sem tradição, envolve investimentos nos variados setores considerados básicos, principalmente no tocante à nutrição dessa leguminosa.

Segundo MALAVOLTA (1978), a produtividade da soja depende da conjugação de diferentes fatores; entre eles está a nutrição mineral, cujo conhecimento é incompleto, com respeito a vários aspectos, como por exemplo, os relacionados com o enxofre e o zinco.

Com respeito ao enxofre a negligência é devida principalmente ao fato de que no passado, as quantidades desse nutriente exigida pelas plantas era fornecida acidentalmente através do uso de resíduos orgânicos, de adubos simples ou de misturas de fertilizantes contendo esse nutriente (VITTI, 1979). Em anos recentes, tem aumentado a produção de adubos simples, ou de misturas altamente concentradas, as quais contêm quantidades insignificantes de enxofre, e consequentemente insuficientes para as necessidades dos vegetais (FARINA et alii, 1972). No Brasil, a situação tende a se agravar ainda mais com a utilização crescente em áreas de cerrado, as quais são pobres deste nutriente (McCLUNG et alii, 1959).

Nesta fase de transição a possibilidade do uso,

de gesso como adubo sulfurado é bastante promissora, principalmente pelo fato de que a perspectiva de deficiência de S é grande, e este produto é um resíduo da indústria de fertilizantes.

Quanto ao zinco, também os solos de cerrado são deficientes nesse nutriente, uma vez que os mesmos apresentam baixos teores de matéria orgânica, principal fonte desse elemento no solo (VALLADES et alii, 1971; GUAZZELLI et alii, 1973). Por outro lado, outros fatores tem contribuído para indução de deficiência desse nutriente nas culturas, como a adubação fosfatada (REDDY & TESWARLU, 1973; LOPES & MALAVOLTA, 1974), e a calagem (GIORDANO & MONTVEDT, 1966; LOPES & MALAVOLTA, 1974).

Com o presente trabalho se objetivou: a) determinar os teores considerados como adequados de enxofre e zinco em condições controladas (solução nutritiva em casa de vegetação), utilizando-se duas cultivares de soja, na presença de N_2 da fixação biológica ou na de N combinado; b) verificar a reação ao gesso e ao óxido e sulfato de zinco nas duas cultivares de soja em condições controladas (vasos com terra em casa de vegetação), utilizando-se de dois solos sob vegetação de cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A soja e a região de cerrados

A área de soja no Brasil corresponde a 20% do total de áreas cultivadas, totalizando cerca de 8,7 milhões de hectares. A grande produção dessa leguminosa ainda se concentra na região Sul, embora haja grandes potencialidades para o cultivo no Brasil Central e em algumas áreas do Norte e Nordeste.

Atualmente há três situações ou regiões distintas para a cultura, em função do tempo de cultivo, da área cultivada e do estado tecnológico ; a região tradicional (Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo), a de expansão do cultivo (Mato Grosso do Sul, Sul dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Maranhão, Oeste de Minas Gerais e da Bahia), isto é, regiões de menores latitudes e em sua quase totalidade sob vegetação de cerrados, e a região potencial (considerando-se a existên-

cia de gemoplasma adaptável a todas as latitudes do País, todos os demais Estados ou regiões tem possibilidades técnicas de produzir soja) (ANÔNIMO, 1981).

O desenvolvimento de novas variedades aliado a estudos de solo e de manejo da cultura abriram as perspectivas da soja no Brasil Central, sendo importantíssimos para a expansão dessa cultura no cerrado os altos investimentos requeridos para a abertura de novas áreas, principalmente no tocante a calagem, adubação e mecanização. Por outro lado, as regiões de cerrado de excelente topografia favorecem sobremaneira a mecanização (KIIHL, 1981).

Os solos sob vegetação de cerrado se enquadram nas categorias as mais diversas, sendo que o Latossol Vermelho Escuro, o Latossol Vermelho Amarelo e a Laterita Hidromórfica cobrem a maior área (FREITAS & OLIVEIRA, 1977).

As seguintes características químicas são observadas predominantemente nesses solos; acidez elevada, saturação em alumínio elevada, manganês solúvel alto, matéria orgânica baixa, fósforo disponível baixo, bases trocáveis baixa e cobre e zinco solúveis baixo (MALAVOLTA, 1981).

Com relação à ocorrência de deficiência de enxofre e zinco em culturas anuais e perenes cultivadas nesses solos, MALAVOLTA (1981) cita que o S ocupa o valor 6, enquanto que o Zn, o valor 10, considerando uma escala arbitrária de 1 a 10.

Analisando-se aspectos do enxofre no solo, sabe-se que a matéria orgânica é a fonte desse nutriente em condições naturais e que ao sofrer o processo de mineralização, liberta - o

em formas disponíveis para as plantas. Logo, sendo baixo o conteúdo de matéria orgânica no cerrado, não é surpreendente que apareça deficiência desse nutriente e respostas favoráveis à sua aplicação.

Por outro lado, as causas de deficiência de zinco em solos sob vegetação de cerrado devem estar muito mais relacionada à pobreza do solo que a diminuição generalizada na disponibilidade. Entretanto, existem fatores que podem contribuir para aumentar a deficiência como altas adubações fosfatadas, alta intensidade luminosa que prevalece no cerrado devendo aumentar a exigência desse nutriente, bem como o nivelamento do solo pode remover ou inverter as camadas superficiais onde há mais zinco (associado geralmente à matéria orgânica) (MALAVOLTA, 1981).

Assim, a incorporação de novas áreas de plantio e melhor desenvolvimento do sistema de manejo, depende de melhor conhecimento da nutrição da soja para o uso eficiente de fertilizantes. Por outro lado, sabe-se que o Brasil tem capacidade para dobrar sua produção de soja em alguns anos, desde que hajam recursos e incentivos, pois tecnologia para explorar o cerrado existe.

2.2. Funções do S na planta

O enxofre desempenha na planta funções que determinam aumentos na produção e na qualidade do produto obtido. Assim, o enxofre é componente dos aminoácidos essenciais, metioni

na e cistina, os quais segundo MILLER & DONOSCO (1963) são fatores limitantes na dieta humana. Além disso, o enxofre está ligado às vitaminas biotina e tiamina, sendo esta última um problema nutricional crítico em países que têm como base de alimentação o arroz (ALLAWAY & THOMPSON, 1966). O enxofre também é componente do acetil-CoA, composto que representa o "centro nervoso" no ciclo de Krebs, influenciando portanto todo o metabolismo de gorduras e carboidratos.

O enxofre participa ainda da composição de azeites de alho livres de N (bissulfeto de alila) nas plantas bulbodas (cebola, alho) e de essenciais de mostarda com N (glucosideos) nas crucíferas; da ativação de enzimas proteolíticas como a ficinase (figo), bromelina (abacaxi) e papaina (mamão); da composição das ferredoxinas, complexos enzimáticos envolvidos na fotossíntese e na fixação do nitrogênio atmosférico, bem como os grupos sulfidrilos (-S-H) no tecido vegetal parecem aumentar a resistência contra as baixas temperaturas, conforme inúmeros autores citados em VITTI et alii (1979).

2.3. Interação S, N e P em soja

O substrato de desenvolvimento de uma planta deve apresentar um adequado balanço iônico para os macronutrientes aniônicos N, P e S, refletindo assim relações entre os mesmos na planta benéficas ou prejudiciais à produção e qualidade do produto obtido. A relação N/S, já bem mais estudada, e a relação P/S, pouco estudada, podem servir como base para se verificar su

ficiência ou deficiência desse macronutriente secundário.

Assim, GILBERT (1951) relata que em plantas deficientes em S, são encontrados teores mais altos de N solúvel, compostos de S solúveis, amida e um menor teor de açúcares. O acúmulo de NO_3^- e de hidratos de carbono é devido à pequena assimilação de N, resultante da baixa atividade da reductase de nitrato.

STEWART & PORTER (1969) utilizando de trigo, milho e soja verificaram que existe uma estreita relação entre quantidades de S e N metabolizadas nas plantas, indicando os dados que para uma parte de S são necessários 12 a 15 partes de N para garantir a máxima produção de matéria seca e proteínas.

DEV & SAGGAR (1974) realizando ensaios em vasos num solo com 0,11% C e 8 ppm S solúvel em água com 12 variedades de soja onde aplicaram de 0 a 50 ppm de S, como gesso, verificaram que altas relações N/S podem ser um meio de indicar a deficiência de S como resultado de menor formação de proteínas. Assim, no referido ensaio, a relação N/S de 16 ou menos foi obtida com o tratamento que recebeu 25 ppm S em todas as variedades, exceção apenas à três delas, que requerem menos do que 20 ppm de S. Por outro lado, DIJKSHOORN & WIJK (1967) também verificaram que quando a relação N/S está acima de 16/1 a deficiência de S pode ser esperada com menor formação de proteína.

GATTES & MÜLLER (1979) estudaram os efeitos de uma ampla faixa de interação de S, P e N na nodulação e desenvolvimento de soja, cultivar Lee, em um solo deficiente em nu

trientes, em três estádios de desenvolvimento da cultura; flo rescimento, enchimento das vagens e maturação das sementes. Os resultados obtidos mostraram predominância da interação P/S na maturação das sementes para as principais partes da planta. Por outro lado, combinações bem balanceadas favoreceram a proprieda de de nodulação, sendo que a melhor nodulação ocorreu para al tos níveis de todos os três nutrientes, enquanto que a produção de sementes não foi afetada pelo fornecimento de N, quando S e P foram adequados para uma simbiose efetiva.

Por outro lado, AULAKH et alii (1980) citam que sementes de oleaginosas, particularmente as crucíferas, tem al ta necessidade de enxofre, em virtude do S contido nos aminoáci dos e óleos essenciais e que a necessidade do fertilizante sul furado está diretamente relacionada com a quantidade de N adi cionado, visto que ambos são necessários para a síntese das pro teínas. Estes autores obtiveram em grãos de mostarda que a rela ção mais adequada era de 7,5/1,0 ou menos, promovendo um augmen to respectivo no teor de óleo de 14%.

Com relação à interação S x P, KUMAR & SINGH (1980) e KUMAR et alii (1981) em estudos em solos deficientes nesses nutrientes com diferentes níveis de P e S, verificaram que a aplicação de S mostrou um efeito sinérgico na concentração de P, até um de terminado nível de S (80 ppm), em diferentes partes da planta de soja cultivar Bragg.

2.4. Extração, exportação e concentração de N, P, S e Zn na soja.

OHLROGGE & KAMPRATH (1968) citam que para uma produção de 3000 kg/ha de grãos de soja, correspondente a 8000 kg/ha de matéria seca total, inclusive raízes, são extraídos 359, 34, 28 e 0,22 kg/ha, respectivamente de N, P, S e Zn, enquanto que a porcentagem do total exportado pela semente é 93, 84 e 43% respectivamente para o N, P e S.

MASCARENHAS (1973) com a soja cultivar Pelicano (crescimento indeterminado) em solo de região nordeste do Estado de São Paulo, observou que as quantidades absorvidas no final do ciclo vegetativo foram de 628,85; 153,71; 32,54 e 0,05762 kg/ha, respectivamente de N, P, S e Zn, para uma produção de grãos de 2540 kg/ha. Com relação ao enxofre observa-se que há sempre uma tendência para o conteúdo do nutriente diminuir gradativamente do início para o final do ciclo vegetativo da planta, sendo que a concentração na parte aérea, incluindo vagens e sementes, variou de 0,15 a 0,24% S. A concentração de zinco, por sua vez, variou de 3,6 a 17,7 ppm.

Jã, SCOTT & ALDRICH (1975) citam que para uma produção de 6,7 toneladas de grão, a soja exporta, 470; 40; 11,2 e 0,11 kg, respectivamente de N, P, S e Zn.

Por outro lado, BATAGLIA & MASCARENHAS (1977) em um Latossol Roxo de textura média sob vegetação de cerrado, de ocorrência na região nordeste do Estado de São Paulo, estudando a absorção de nutrientes pela cultivar Santa Rosa e utilizando-se de uma adubação à base de 30 kg/ha de S (gesso), 100 kg/ha P_2O_5 (superfosfato triplo) e 40 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio), verificaram que para uma

produção de matéria seca total de 5595 kg/ha correspondente a uma produção de 2398 kg/ha de grãos, as quantidades absorvidas por tonelada de grãos, de N, P, S e Zn foram respectivamente de 63,6; 4,7; 1,8 e 0,0452 kg. A porcentagem do total desses nutrientes absorvidos, exportados pela semente foram respectivamente de 84,3; 86,5; 65,1 e 70,3%. A concentração dos mesmos nas folhas aos 70 dias após o plantio (época de maior extração) foram 2,54% N, 0,22% P, 0,181% S e 25,4 ppm Zn. Ainda para a cultivar Santa Rosa, BATAGLIA et alii (1977) citam que para uma quantidade máxima acumulada de matéria seca de 7725 kg/ha, as quantidades de N, P e S extraídas foram respectivamente de 280, 24 e 13 kg/ha, enquanto que as quantidades retiradas desses nutrientes por tonelada de semente foram respectivamente de 64,6; 5,2 e 1,9 kg.

MASCARENHAS et alii (1980) efetuando um levantamento do teor e da extração diferencial de nutrientes em 13 cultivares de soja plantadas, em São Paulo e de duas linhagens promissoras, tendo coletado a 3^a folha a partir do ápice no início do florescimento, verificaram quanto às variedades Santa Rosa e IAC-2 os seguintes teores de N, P, S e Zn respectivamente de 3,93%, 0,22%, 0,29% e 33 ppm para a Santa Rosa e 4,00%, 0,22%, 0,24% e 31 ppm para a IAC-2. As quantidades de S e Zn extraídas para uma produção de grãos de 1642 kg/ha e 1422 kg/ha respectivamente para as cultivares Santa Rosa e IAC-2 foram de 6,3 kg/ha e 123 g/ha e de 4,6 kg/ha e 133 g/ha.

2.5. Interpretação dos teores de N, P, S e Zn nas folhas de soja.

OHLROGGE (1960) cita que plantas de soja com dois meses de desenvolvimento apresentavam em solução nutritiva, com e sem exofre um teor desse elemento nas folhas, respectivamente de 0,40 e 0,34 % S.

MALAVOLTA et alii (1976) estudando deficiências de macronutrientes na soja IAC-2, em solução nutritiva, verificaram que a influência da omissão de S não se fez sentir no crescimento e na produção, sendo que os altos teores encontrados em todos os tratamentos em folhas coletadas de plantas ao se acentuarem os sintomas de carência eram de 1,04 a 2,25% S, exceto no tratamento menos S (0,21 a 0,76% S), sugerindo tratar-se de uma alimentação de luxo. Conforme citado ainda nesse trabalho, Nelson & Barber (1964) dão como indicador de suficiência o teor de 0,25% S na parte aérea total e Ohlrogge (1960) o teor de 0,40% S. Por outro lado, os teores considerados adequados em folhas inferiores e superiores coletadas no final do ciclo foram respectivamente de 1,10 e 2,65% N; 0,22 e 0,32% P; 1,80 e 1,31% S e uma relação N/P de 5,00 nas folhas inferiores e 8,28 nas superiores, enquanto que Mooy & Pesek (1970) encontraram valores de 4,39 a 4,96% N e 0,38 a 0,34% P (MALAVOLTA et alii 1976).

OHKI (1977), em ensaios em solução nutritiva, cita que o nível crítico de Zn em folha recém-madura é de 14 ppm.

MALAVOLTA et alii (1980 a) verificando em solução nutritiva as exigências comparadas de dois cultivares de soja (Santa Rosa e UFV-1), em plantas coletadas no período final de enchimento das vagens que com relação a cultivar Santa Rosa os teores de N, P, S e Zn nas folhas foram respectivamente de 0,80, 0,24, 0,09% e 30 ppm, sendo que as quantidades totais desses nutrientes extraídas em kg/ha foram de 146,56; 42,28; 21,44 e 0,342 respectivamente para o N, P, S e Zn. Já MALAVOLTA et alii (1980 b) nesse mesmo ensaio verificaram no tratamento que recebeu 1/10 da concentração de S uma produção relativa de matéria seca de 83,17%. Com relação ao tratamento com omissão de zinco, MALAVOLTA et alii (1980 c) observaram nesse mesmo ensaio, um teor foliar de 14 ppm e apresentando uma produção relativa de matéria seca de 87%, enquanto que o tratamento completo apresentou 25 ppm de Zn nas folhas.

OHLROGGE (1960) analisando duas amostras de folhas jovens recém maduras de plantas de soja em desenvolvimento verificaram que para solos deficientes e não deficientes os teores de Zn foram respectivamente de 16 e de 19 a 24 ppm.

Jones (1966), citado por OHLROGGE & KAMPRATH (1968) cita que as concentrações de N, P e Zn na folha trifoliata superior recém-madura no estágio do final do florescimento é de:

Elemento	Deficiente	Baixo	Suficiente	Alto	Excessivo
N (%)	<4,0	4,0 - 4,5	4,51-5,50	5,51-7,00	> 7,0
P (%)	<0,15	0,16-0,25	0,26-0,50	0,50-0,80	> 0,8
Zn (ppm)	<10	11-20	21-50	50-75	> 75

Por outro lado, MALAVOLTA (1978) cita que em campos acima da média de produção de soja nos USA apresentavam um teor foliar de P de $0,52 \pm 0,13\%$ e de Zn de 43 ± 12 ppm.

Rosolem et alii (1979), citados em ROSOLEM (1980) encontraram valores de 0,35 a 0,40% de S na 3ª folha, na época do florescimento, em plantas de soja bem nutridas.

2.6. O zinco no solo e na adubação

O zinco, juntamente com o boro, são os dois micronutrientes que mais tem limitado a produtividade agrícola, principalmente em solos sob vegetação de cerrado, conforme observado em várias culturas, inclusive a de soja (EMBRAPA, 1976).

O zinco é retido no solo em formas organominerais pouco solúveis, apresentando baixa mobilidade, sendo a sensibilidade das plantas à deficiência deste micronutriente muito variável. No Estado de São Paulo, observou-se aumento considerável na produção de milho, café e soja quando foram utilizadas adições deste micronutriente (BRASIL SOBRÓ et alii, 1979).

As causas da deficiência desse nutriente para as plantas podem ser divididas em três grupos (LIEM, s/d);

- a) Baixo teor total do elemento no solo,
- b) Não disponibilidade às plantas,
- c) Práticas de manejo que diminuem a disponibilidade ou a absorção pelas plantas.

Com relação ao teor total de zinco no solo, VALADARES (1975), em amostras representativas de solos do Estado de São Paulo verificou que o material de origem foi o fator prepon

derante a condicionar os teores deste elemento nos solos, sendo os solos derivados de rochas básicas os mais ricos em zinco, e os derivados de sedimentos modernos arenosos (Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa, Latossol Vermelho Amarelo-fase arenosa e Regossolo) os mais pobres. Por outro lado, o teor de Zn trocável em HCl 0,1 N e EDTA - Na₂ 1%, nesses mesmos solos, variou respectivamente de traços a 9,5 e de traços a 8,5 ppm, sendo que nos solos derivados de sedimentos modernos arenosos, o teor variou de traços a 0,52 ppm (VALADARES, 1972).

Os fatores que afetam a disponibilidade de zinco no solo são; pH, CTC, teor e tipo de argila, teor de matéria orgânica, fosfatos nativos e temperatura (LIEM, s/d; SHUMAN, 1975; FREIRE & BRASIL SOBRº, 1980).

Assim, com relação ao pH, a elevação de uma unidade provoca uma diminuição de 100 vezes na concentração de Zn da solução do solo (MALAVOLTA, 1980). A disponibilidade também é baixa nos solos com alto teor de matéria orgânica, devido à formação de quelados e complexos insolúveis com o ácido húmico. Além disso, a matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica contribuindo para elevar a fixação do zinco. Solos com alto teor de fosfato nativo, bem como baixas temperaturas no inverno, podem também causar deficiência de zinco nas culturas. Por outro lado, REDDY & PERKINS (1974) estudando a fixação de zinco por minerais de argila em vários níveis de pH, verificaram que a caulinita fixa relativamente pequenas quantidades deste elemento quando comparada com a bentonita e ilita, e que a fixação aumenta com o pH e com a capacidade de troca catiônica.

Com relação às práticas de manejo que podem fre

quentemente causar falta de zinco, têm-se o excesso da adubação fosfatada e da calagem e a terraplenagem. Dentre inúmeros trabalhos que estudam a influência do íon fosfato no aproveitamento do zinco pelas plantas, cita-se o de LOPES & MALAVOLTA (1974) que realizaram ensaios com raízes destacadas, plantas inteiras e com solos em casa de vegetação, usando a cevada como planta indicadora. Verificaram que a adubação fosfatada e a calagem diminuem a concentração de zinco na planta, não influenciando na disponibilidade de Zn no solo, avaliada por métodos químicos e biológicos. As hipóteses para explicar a deficiência de zinco induzida pelo fósforo, citadas em MALAVOLTA (1980), são: efeito diluição, inibição não competitiva $P \times Zn$, precipitação do Zn pelo P na superfície da raiz e diminuição do transporte de Zn da raiz para a parte aérea.

A calagem por sua vez, além de aumentar o pH, aumenta também o poder de fixação do solo e provoca a formação de compostos de zinco relativamente insolúveis, enquanto que a terraplenagem, por remover a camada superficial, provoca a deficiência, pois o subsolo é normalmente pobre deste elemento (MALAVOLTA, 1981).

Com relação à extração e determinação do zinco "solúvel" do solo com vários extratores, JACINTHO et alii (1971) observaram que as maiores quantidades de zinco foram sempre extraídas com soluções de HCl, EDTA e H_2SO_4 , ocorrendo o inverso com as de CH_3COOH e $MgCl_2$. Por outro lado, as quantidades extraídas por H_2SO_4 0,05 N e HCl 0,05 N não apresentaram diferenças significativas e os menores teores, ocorreram em solos arenosos.

O H_2SO_4 0,05 N foi o primeiro extrator testado para zinco do solo por diversos motivos; é o extrator comumente utilizado para o fósforo, simples no preparo e é de baixo custo (MURAOKA, 1981). Ainda segundo esse autor, esse extrator com diferentes períodos de agitação é o que melhor correlacionou com a absorção de zinco pela planta de feijão, porém o mesmo não foi capaz de distinguir o comportamento do elemento nos solos com e sem calagem, o que foi comprovado pelo aumento considerável no coeficiente de correlação, quando somente os solos sem calagem eram considerados. Por outro lado, nesse mesmo trabalho e utilizando o feijoeiro como planta teste, verificou que os extratores DTPA (ácido dietílico-triamino-pentacético) modificado e ao EDTA + CaCl_2 , ambos tamponados de acordo com o pH dos solos, são os melhores para a avaliação da disponibilidade do zinco.

Já PONNAMPERUMA et alii (1981) estudaram o ácido clorídrico diluído como extrator para avaliar zinco, cobre e boro em 33 solos cultivados com arroz, comparados com o EDTA e o DTPA. Em 14 dos 16 solos, nos quais o arroz mostrava deficiência de Zn, apresentaram um valor menor do que 1,0 ppm de Zn pelo HCl 0,05 M e valores acima dos limites críticos pelos outros extratores. Os coeficientes de correlação para a disponibilidade de zinco à planta foram; HCl 0,05 M (0,88**), HCl 0,1 M (0,55**), EDTA (0,43*) e DTPA (0,31^{ns}), sendo que correlação semelhante foi observada para o caso do cobre.

MARINHO & ALBUQUERQUE (1981) em experimentos com cana-de-açúcar obtiveram efeitos significativos do zinco na produção, sendo que o teores de Zn extraível em HCl 0,05 N + H_2SO_4

0,05 N foram baixos ($\leq 0,5$ ppm) nas parcelas testemunhas dos experimentos com respostas significativas, concluindo ainda, que os níveis mais econômicos desse nutriente, situam-se em torno de 7 kg/ha. No caso da cultura da soja GOEPFERT (1970) realizando experimentos em vasos em casa de vegetação com vários solos do Rio Grande do Sul verificou que o nível crítico abaixo do qual as deficiências podem ocorrer é de 5 kg/ha de Zn.

Conforme citado em SCOTT & ALDRICH (1975) a deficiência de zinco em soja se manifesta pelo amarelecimento dos tecidos entre as nervuras das folhas, efeito esse mais acentuado nas folhas inferiores, evoluindo para coloração castanha e morrendo prematuramente. Com relação à correção da deficiência esses autores sugerem a aplicação de 11 kg/ha de Zn em solos limosos e argilosos e de 3,3 a 5,5 kg/ha de Zn em solos arenosos.

DEMETERIO et alii (1972) estudaram em solução nutritiva a nodulação e fixação do nitrogênio de duas variedades de soja afetadas pela nutrição com zinco (0,0 a 2,0 μ M) e fósforo (0,5 e 5,0 mM), tendo observado uma correlação linear entre a concentração de zinco nas folhas com o peso de nódulos e concentração de N nas folhas. Por outro lado, altos níveis de P (5,0 mM) causaram decréscimo no desenvolvimento, no peso de nódulos e na quantidade de N fixado, quando comparados com níveis normais de P (0,5 mM), não sendo esse efeito negativo, compensado por altos níveis de zinco (2,0 e 5,0 μ M Zn).

SALAKO et alii (1975) obtiveram resposta à aplica

ção de 2,0 a 4,0 lb/acre de Zn, como sulfato em soja irrigada , sendo que o teor foliar no início do florescimento aumentou de 17,9 para 24,9 e 28,9 ppm, respectivamente nos tratamentos com 0, 2 e 4 lb/acre de Zn, e a produção passou de 2,02 para 3,09 e 3,36 kg/ha.

EMBRAPA (1976) em experimento conduzido em um Latossol Vermelho Escuro argiloso, sob vegetação de cerrado com 5 níveis de Zn (0, 1, 3, 9 e 27 kg/ha Zn), sendo cultivado milho nos dois primeiros anos e sorgo e soja em sucessão, foi observado pelos dados de produção e para as várias culturas uma resposta ao zinco, sendo que a dose de 9 kg/ha de Zn mostrou-se suficiente para manter boas produções por, pelo menos quatro colheitas consecutivas.

Já em ensaios em casa de vegetação com cinco solos do Triângulo Mineiro sob vegetação de cerrado, utilizando-se da soja UFV-1 e da técnica da diagnose por subtração, MARTINS & BRAGA (1977) não encontraram resposta a aplicação de zinco, tendo na parte aérea o teor oscilado de 30 a 85 ppm aos 45 dias (início do florescimento), sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos menos cálcio.

Ensaio com níveis de zinco (10 a 1000 µg/l de Zn) em solução nutritiva com soja cultivar Bragg foram desenvolvidos por OHKI (1978) até 36 dias após o transplante das mudas, indicando que o nível crítico de deficiência de Zn foi de 12 ppm em folhas recém-madura sendo que a máxima atividade fotossintética também ocorreu para esse nível, tendo sido observado ain

da, que a deficiência de Zn reduz a fotossíntese e atividade da anidrase do carbono.

FREIRE (1978) em experimento em casa de vegetação com soja UFV-1 em 3 solos (LV, LEm e LE) utilizando de 3 níveis de P (0, 200 e 400 kg/ha P_2O_5) e 3 níveis de Zn (0, 15, 30 kg/ha de $ZnSO_4$) não encontrou resposta à fertilização com Zn na produção de matéria seca das plantas. O teor de Zn foi de 51,5 ppm em folhas velhas e 63,5 ppm em folhas novas, nas plantas colhidas aos 43 dias após o plantio (estádio de florescimento).

KUMAR & SINGH (1979) estudaram o efeito de diferentes fontes e níveis de zinco combinados com níveis de enxofre em soja cultivar Bragg. A aplicação de baixos níveis de S aumentaram a concentração de zinco nas folhas, vagens e grãos, enquanto que altos níveis tiveram efeito depressivo nessa concentração. Por outro lado, respostas à aplicação de Zn foram obtidas pela utilização de até 5 ppm desse elemento. Já, HAQUE et alii (1980) observaram efeito negativo sobre o peso de matéria seca do nódulo enquanto que a utilização desse elemento não afetou a porcentagem de proteína, número de nódulos, matéria seca, número de vagens por planta e produção de grãos de soja cultivar Bossier em um solo que apresentou 0,63 ppm de Zn em HCl 0,05M, com a aplicação de 2 a 8 kg/ha de Zn. NAVA & LOZANO (1981) estudando o efeito da aplicação de sulfato de zinco em soja perene (*Glycine wightii* W.) também não obtiveram nenhum efeito do mesmo na produção de matéria seca, altura das plantas, número de nódulos e proteína bruta das folhas.

A falta de resposta à aplicação de Zn foi verificada também por MASCARENHAS et alii (1973), explicando a ação ineficiente de fertilização com micronutrientes para a cultura da soja, devido provavelmente ao fato de calcários usados como corretivos, super simples e supertriplo apresentarem teores suficientes desses elementos para o bom desenvolvimento das plantas.

Em contraposição à deficiência, o excesso de zinco na adubação pode causar toxidez às plantas, fenômeno este muito mais prejudicial à produtividade do que a própria carência do nutriente.

A manifestação da toxidez de zinco, por outro lado, depende da cultivar considerada, do pH do solo, de interação do zinco com outros nutrientes, particularmente das relações Zn/Fe e Zn/P (WHITE et alii, 1979).

Assim, FARLEY (1943) em estudos em solução nutritiva fornecendo 1,0; 2,0 e 4,0 ppm Zn na forma de ZnNO_3 , observou que 2,0 e 4,0 ppm foram tóxicos para várias cultivares de soja.

RAUSER (1973) estudou toxidez de zinco em cultura hidropônica com feijão, soja e milho, tendo observado que altas quantidades de zinco (tipicamente de 5 a 10 ppm) retardam o desenvolvimento dos "seedlings", reduzindo a alongação do internódio e a expansão da folha trifoliata. Já, WALLACE et alii (1976) também em ensaios conduzidos em solução nutritiva verificaram que a soja (*Glycine max* L. Merr. Bragg) cultivar PI 54619 - 5-1 apresentava deficiência de ferro quando o nível de zinco fornecido era 10^{-4}M , enquanto que a cultivar Hawkeye era menos afeta

da. Quanto às alterações moleculares e sintomas da toxidez de zinco, ROBB et alii (1980) cultivado "seedlings" de feijão branco (*Phaseolus vulgaris* L. var. Kentwood) em solução hidropônica contendo 200 μ M de sulfato de zinco, observaram ao longo das nervuras das folhas, malhas marrom avermelhadas. Observações ultraestrutural dos vasos do xilema nas zonas de descoloração mostraram severas modificações das paredes dos mesmos, incluindo solidificação das cavidades da membrana, revestimento da superfície do espaço das células com uma reprodução anormal e deposição de material eletricamente denso nas paredes das nervuras secundárias. Estudos químicos dos tecidos indicaram que nas manchas havia uma deposição de lipídeos e de compostos fenólicos.

2.7. O enxofre na adubação

Apesar da importância do enxofre na nutrição vegetal, as recentes pesquisas tem mostrado um aumento considerável nas limitações de colheitas pela carência crescente do mesmo. As causas prováveis de deficiência do mesmo, amplamente discutida em VITTI et alii (1979) e VITTI (1980), podem ser enumeradas em;

a) Produção e consumo de adubos simples ou de fórmulas de adubação concentrada, carentes em S,

b) Baixo teor de S nativo no solo,

c) Explorações agrícolas mais intensivas não restituindo o enxofre exportado pelas colheitas, bem como a parcela perdida por lixiviação e erosão.

d) Baixo teor de matéria orgânica no solo,

- e) Decréscimo no uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, ocasionando redução do SO_2 contido no ar,
- f) Decréscimo do uso de enxofre em pesticidas.

Dentre as várias causas citadas muito provavelmente, o incremento na utilização de adubos concentrados e/ou fórmulas de adubação carentes nesse nutriente, seja a principal. Assim o N e o P_2O_5 anteriormente fornecidos amplamente como sulfato de amônio (24% S) e superfosfato simples (12% S) , hoje com o avanço na tecnologia de fabricação de fertilizantes, 77% do consumo de adubos nitrogenados é feito como uréia e fosfatos de amônio, enquanto 72% do consumo de adubos fosfatados é feito como superfosfato triplo e fosfatos de amônio, produtos estes isentos ou com baixos teores de enxofre. Como consequência dessa mudança, acarretou-se um déficit entre a oferta e a necessidade de 400 mil toneladas de S/ano (MALAVOLTA, 1979a). Neste contexto, surge a possibilidade do uso do gesso como a principal fonte alternativa para o fornecimento de enxofre para as culturas, produto este resíduo da indústria de fertilizantes apresentando em média em sua composição 15% S além de 26% CaO . Se não veja-se, na obtenção do ácido fosfórico para fabricação de superfosfato triplo e dos fosfatos de amônio, o gesso, também denominado de fosfogesso, é separado como resíduo (4,5 t fosfogesso/t de P_2O_5 produzido) (LIEM, 1980). Segundo MALAVOLTA (1979b), o gesso não incorporado nesses adubos "concentrados" , constituirá uma quantidade de cerca de 7 milhões de toneladas anuais, o que corresponde a 1,2 milhões de toneladas de S o que, final

mente equivale a 3 vezes o déficit das necessidades brasileiras deste nutriente.

Com relação a utilização de enxofre na adubação , principalmente como gesso, inúmeros trabalhos no Brasil e no exterior tem mostrado os efeitos benéficos desse nutriente, não só no aumento da produção, como também na qualidade do produto obtido.

Assim, QUINN et alii (1961) utilizando S, na forma de gesso na cultura de capim colônia, observaram aumentos significativos na quantidade de nutrientes digestíveis totais/ha, na capacidade de lotação dos pastos e no peso vivo ganho/ha.

Na cultura da soja, MIYASAKA et alii (1964), visando verificar o efeito de NPK + S (100 kg/ha de gesso) na produção dessa leguminosa em um solo derivado do arenito Botucatú, sob vegetação de campo cerrado (%C = 0,58), verificaram que a adição de S proporcionou aumento de cerca de 340 kg/ha em dois ensaios (com e sem calcário dolomítico).

MASCARENHAS et alii (1967) utilizando 100 kg/ha de gesso em soja cultivar Pelicano em solos Latossol Roxo e Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa obtiveram aumentos significativos na produção de grãos, respectivamente de 483 e 350 kg/ha em comparação ao tratamento que recebeu apenas superfosfato triplo (100 kg/ha P_2O_5).

GOEPFERT (1970), realizando experimentos com soja em vasos em casa de vegetação com vários solos do RGS, verificou que com relação ao S, aumento na matéria seca nos solos es

tudados, considerando os pontos críticos abaixo dos quais as deficiências podem ocorrer como 40 kg/ha de S.

HIROCE & GALLO (1972) em Latossol Roxo Distrófico de cerrado verificaram que a aplicação de 500 e 1000 kg/ha de superfosfato simples não afetou os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg de plantas de soja, ocorrendo entretanto, um aumento significativo no teor de S e um aumento médio na produção de grãos de 873 kg/ha.

SAGGAR & DEV (1972) efetuando estudos com gesso marcado (0, 10, 25 e 50 ppm S) em solo deficiente em enxofre (%C = 0,11), mostraram que diferentes variedades de soja respondem diferentemente à aplicação de S. Em 12 variedades de soja estudadas o conteúdo de S nas folhas nos estádios de florescimento e de formação de vagens foram respectivamente de 0,205 a 0,352% (menos S) e 0,308 a 0,370% (mais S); e de 0,102 a 0,128 % (menos S) e 0,142 a 0,215% (mais S). Exceto às variedades Hampton e Dave, todas as demais extraíram mais S do solo na época do florescimento, decrescendo a absorção com o desenvolvimento da planta, tendo sido ainda constatado que aumentando o S aplicado diminui a contribuição do S do solo. Das 12 variedades estudadas a produção de matéria seca aumentou com o fornecimento de até 50 ppm de S para 8 variedades, de até 25 ppm de S para 3, e até 10 ppm S para 1 variedade.

SHARMA & BRADFORD (1973) obtiveram aumento na produção, na % de proteína, lisina e metionina, em soja cultivar Hood em solo franco arenoso, pela aplicação de 10 e 20 ppm de S,

como sulfato de cálcio. O tratamento com 10 ppm de S promoveu aumento de 36% na matéria seca em relação à testemunha enquanto que o teor de proteína foi aumentado de 10% no tratamento com 20 ppm de S. Os aminoácidos mais afetados pela aplicação de S foram cistina e metionina, enquanto que os teores de S no solo após a colheita, para os tratamentos com 0, 10, 20 e 40 ppm de S foram respectivamente de 5,6; 6,8; 16,4 e 20,6 ppm de S.

MASCARENHAS et alii (1974) obtiveram um aumento de 486 kg/ha de grãos de soja pela aplicação de 100 kg/ha de gesso em um Latossol Vermelho Escuro de cerrado recém-desbravado, enquanto que em áreas após outras culturas adubadas com super simples não se verificou aumento da produção. Por outro lado, ANGHINONI et alii (1976) conduzindo experimento em Latossol Vermelho Escuro com 5,8% de matéria orgânica verificaram que a adição de S (0 a 80 kg/ha na forma de enxofre elementar) não influenciou a nodulação e rendimento de grãos, concluindo que em virtude do elevado teor de matéria orgânica desse solo, o mesmo forneceu enxofre suficiente através da mineralização.

THOM & BROWN (1977) estudando a acumulação de S em plantas novas de soja cultivar Wayne pela aplicação de 0, 45 e 90 kg/ha de S, na forma de gesso num solo alfissol, verificaram que a acumulação desse nutriente tende a seguir o mesmo padrão observado para o P e K, e que as hastes tendem a manter uma concentração de S relativamente constante, não tendo os tratamentos com gesso afetado a acumulação de S em plantas jovens de soja.

KUMAR & SINGH (1980b) em um solo aridisol deficiente em S e Zn (4,2 ppm S extraído com KH_2PO_4 contendo 5 ppm P e 0,35 ppm Zn) aplicaram 0, 40, 80 e 120 ppm S, como K_2SO_4 e 0,5 e 10 ppm Zn como ZnCl_2 , Zn - EDTA e Zn - "Rayplex", visando estudar o efeito da interação S x Zn na absorção e utilização do Zn pela soja cultivar Bragg, obtiveram respostas ao S até 80ppm e ao Zn até 5 ppm, verificando ainda, que a adição de S aumenta a disponibilidade do Zn nativo do solo. A porcentagem de S nas folhas aumentou de 0,235% (S_0) para 0,412% (S_{80}) aos 45 dias após a germinação.

KUMAR et alii (1981) em estudos em vasos em solo arenoso com diferentes níveis de P e S observaram aumentos no teor de proteína bruta, cistina, cisteína, metionina e açúcares de grãos de soja Bragg com a aplicação de até 80 ppm S, enquanto que o teor de óleo foi aumentado até com 40 ppm S.

Estudos feitos no Brasil pela EMBRAPA e em outros países, como a África do Sul, mostraram que o gesso aplicado tem a virtude de, por causa do sulfato que contém, arrastar o cálcio para camadas mais profundas do solo, diminuindo a saturação em alumínio, o que permite maior crescimento das raízes com reflexos positivos na produção (MALAVOLTA et alii, 1981). Assim, SHEARD (1980) em experimento montado para medir a utilização do enxofre do gesso por espécies de forrageiras e para determinar o efeito residual no ano seguinte de aplicação, verificou falta de resposta ao S na produção de matéria seca. Entretanto, de 15 a 57% do total de S na folhagem era derivado do gesso aplicado

superficialmente. Evidências de significativo movimento descendente do S no perfil do solo era notória, indicando em parte o baixo efeito residual do gesso nos cortes subsequentes das forragens.

Com relação a definição de padrões de fertilidade para os teores de S do solo, o assunto é ainda muito discutido, não só pela dificuldade na metodologia (escolha de um extrator adequado e utilização de métodos analíticos que apresentem bom limite de sensibilidade), bem como devido à escassos trabalhos nesse campo de pesquisa, principalmente em nosso meio (VITTI, 1982).

Assim, com relação a extratores, VITTI et alii (1979), citam uma série de reagentes químicos que são utilizados para avaliar o S-SO₄ "trocável" do solo; acetato de amônio 0,5 N em ácido acético 0,25 N (NH₄OAc), 500 ppm de P nas formas de fosfato monocálcico (Ca(H₂PO₄)₂) ou de fosfato monopotássico (KH₂PO₄), bicarbonato de sódio 0,5 M a pH 8,5 (NaHCO₃), cloreto de cálcio 0,01 M (CaCl₂), cloreto de lítio 0,1 M (LiCl), fosfato monossódico 0,03 M (NaH₂PO₄) em ácido acético 2,0 M, cloreto de amônio 2,0 N (NH₄Cl) e ácido clorídrico 0,001 M (HCl).

Dos extratores citados apenas dois tem sido mais citados e dado melhores correlações entre o S-SO₄ extraído com a produção relativa; o NH₄OAc, conforme trabalhos de McCLUNG et alii (1959), ENSMINGER & FRENEY (1966), REHM & CALDWELL (1968), HANLEY (1969) e 500 ppm de P na forma de Ca(H₂PO₄)₂ conforme NEPTUNE et alii (1975), WANG et alii (1976), NASCIMENTO & MORELLI (1980) e RENEAU & HAWKING (1980). Assim, baseando-se nesses tra

balhos observa-se de uma maneira geral para os dois extratores citados que a produção relativa de culturas aumentava para os valores de até 10 ppm de S-SO₄; que acima de 6 ppm os aumentos não eram significativos, e que a produção era nula para um teor abaixo de 2 ppm, ou seja, 6 ppm de S-SO₄ foi o nível crítico encontrado.

Há ainda a considerar o problema da sensibilidade do método analítico, pois as quantidades de S-SO₄ extraídas com os dois reagentes químicos citados é relativamente baixa, tendo sido o método mais utilizado o turbidimétrico (BARDSLEY & LANCASTER, 1965) enquanto que BITTENCOURT et alii (1978) sugerem o método colorimétrico do azul de metiltilmol.

2.8. A soja e a adubação nitrogenada

A soja, assim como outras leguminosas, apresenta uma elevada capacidade de suprir suas necessidades nutricionais em nitrogênio, através da associação simbiótica de seu sistema radicular com a bactéria do gênero *Rhizobium*. Este processo é desencadeado por intermédio da inoculação das sementes com inoculante específico para a espécie, realizada por ocasião da semeadura, resultando na formação de nódulos no sistema radicular da planta de soja e a consequente fixação do nitrogênio atmosférico.

Para atingir os resultados práticos de uma eficiente fixação simbiótica, vários fatores devem ser considerados: 1. eficácia das raças de *Rhizobium japonicum* do inoculante na fixação do nitrogênio; 2. riqueza mínima do inoculante no momento

to do uso; 3. técnica adequada de inoculação e semeadura; 4. correção dos fatores adversos do solo à sobrevivência do rizóbio, ao bom funcionamento da simbiose e a boa nutrição da planta (KOLLING & FREIRE, 1978).

Por outro lado, a utilização de N combinado causa diminuição do processo de fixação simbiótica, sendo entretanto, desconhecido o mecanismo que causa essa redução. Mudanças fisiológicas tem sido observadas, incluindo 60% de redução na atividade da reductase de nitrato nos nódulos com a aplicação de N, e uma redução do conteúdo de P lábil de nucleosídeo fosfato dos nódulos (MOOY et alii, 1973).

Embora as quantidades de nitrogênio fixadas pela soja apresentam uma grande amplitude de variação, os benefícios causados pela inoculação das sementes são indiscutíveis, desde que o inoculante seja de qualidade e a técnica de inoculação seja correta (BARNI et alii, 1978). Esta prática, entretanto é mais difundida em lavouras do sul do País, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, podendo se afirmar que, em cerca de 90% da área cultivada, a fixação simbiótica é reconhecida como a principal fonte de suprimento de N para as culturas, desde que sejam seguidas as técnicas já citadas (KOLLING & FREIRE, 1978).

Segundo MASCARENHAS et alii (1976), a experimentação tem demonstrado não haver aumento de produção quando o N é aplicado em solos que receberam calagem adequada, ou que apresentem condições favoráveis de pH e disponibilidade de Ca e Mg e portanto neles não é aconselhável a aplicação de adubação nitrogenada, mas sim a utilização de inoculantes para a formação

de nódulos e fixação de nitrogênio. BARNI et alii (1978) também citam que em vários experimentos realizados no Rio Grande do Sul visando determinar as respostas da soja à aplicação de nitrogênio mineral, não evidenciaram nenhum efeito adicional tanto no rendimento de grãos como também nas características agrônômicas e industriais quando comparados com os efeitos da inoculação dos sementes.

Já, MOOY et alii (1973) afirmam que altas produções de soja utilizando-se de adubação nitrogenada em comparação com a fixação biológica, tal como obtido por Norman (1944), conduziram à conclusão de que a soja pode usar mais nitrogênio do que o fornecido pela simbiose.

Num experimento conduzido em casa de vegetação foram estudados em duas cultivares de soja (IAC 70-25 e Mineira), os efeitos da inoculação e adição ao solo de diferentes fertilizantes nitrogenados, sendo observada a nodulação, a atividade da nitrogenase, o desenvolvimento e o teor de N das plantas aos 35 dias de idade. Os resultados mostraram que as plantas que foram inoculadas e não receberam nitrogênio tiveram desenvolvimento reduzido, comparável à testemunha sem inoculação, porém, foram as que apresentaram nodulação mais abundante e maior atividade da nitrogenase (RUSCHELL et alii, 1974).

RUSCHELL et alii (1975), também em experimentos em casa de vegetação, estudaram os efeitos da inoculação e da adubação nitrogenada com diferentes fontes de N (sulfato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de amônio e uréia) em plan

tas de soja. Os resultados indicaram que houve redução da massa nodular com a aplicação de nitrogênio, exceção feita à uréia. O número de nódulos também diminuiu com a adição de N, porém não foi observada inibição da atividade da nitrogenase. O peso seco da planta tomada até os 45 dias não mostrou diferenças devidas à inoculação, no entanto, a inoculação mostrou-se efetiva no sentido de aumentar o N total da parte aérea.

Em ensaios realizados em três localidades de Minas Gerais num solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico com a variedade UFV-1, num Latossol Roxo e Latossol Vermelho Escuro com a variedade IAC-2, GUIMARÃES et alii (1976) procuraram estudar em soja inoculada, os efeitos de doses de N (0, 90, 180 e 270 kg/ha de N) aplicados ao solo na forma de sulfato de amônio em duas parcelas, 1/3 no plantio e 2/3 vinte dias após, recebendo a denominação de "nitrogênio no plantio". Para cada um destes níveis, foi realizada outra adubação em cobertura, aos 40 dias após o plantio, com 3 doses de N (0, 100 e 200 kg/ha de N), recebendo a denominação de "nitrogênio em cobertura". Houve resposta em produção de grãos à adubação nitrogenada nos 3 ensaios, sendo que no Podzólico Vermelho-Amarelo a aplicação do N em cobertura promoveu respostas linear, enquanto que nos Latossolos ocorreram respostas quadráticas quando o N era aplicado no plantio. Por outro lado, as plantas não fertilizadas apresentaram características de deficiência de N, não havendo segundo os autores suprimento adequado do N simbiótico para as plantas, fazendo supor que algum fator relacionado com a simbiose não funcionou adequadamente. Não se conseguiu nesse ensaio expressar a

a produção de grãos como função dos teores de N e S nas folhas.

Por outro lado, MARTINS & BRAGA (1977) em ensaio conduzido em casa de vegetação com 5 solos do Triângulo Mineiro, sob vegetação de cerrado, com soja UFV-1, utilizando a técnica da diagnose por subtração, verificaram um aumento na produção de matéria seca das raízes e da parte aérea nos tratamentos me nos N e presença dos demais elementos em soja inoculada, sendo que o teor desse nutriente na parte aérea oscilou de 3,0 a 5,7%.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Ensaaios em solução nutritiva

3.1.1. Obtenção das mudas

Sementes de soja cultivar Santa Rosa e IAC-2 foram previamente desinfetadas com água sanitária (Q Boa) diluída 1/10 por um tempo de cinco minutos sendo em seguida lavadas com porções de água destilada. Em seguida parte das sementes foi inoculada com "Nitrogen" (*Rhizobium japonicum*) na proporção de 7 g do produto por kg de semente; enquanto que a outra parte das sementes não recebeu inoculação, sendo posteriormente ambos os lotes de sementes colocados a germinar em vermiculita umidecida com uma solução de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10^{-4}M , ficando as mesmas ao abrigo da luz direta, até que germinassem.

Depois que as mudas atingiram aproximadamente 10 cm

de altura, foram transferidas para quatro bandejas de 30 litros de capacidade, contendo solução nutritiva diluída a 1/5 em relação às soluções nutritivas constantes das Tabelas 1 e 3. Nessas bandejas as plantinhas foram fixadas pelo colo com ajuda de espuma de plástico e receberam arejamento constante. Após duas semanas as plantas estavam prontas para o início dos tratamentos.

3.1.2. Preparo das soluções nutritivas

As proporções em que as diferentes soluções estoque entraram na composição das soluções nutritivas de trabalho são apresentadas nas Tabelas 1 e 3, respectivamente para os ensaios com níveis crescentes de enxofre e de zinco; enquanto que nas Tabelas 2 e 4 são apresentadas respectivamente as quantidades de nutrientes fornecidas por litro de solução nutritiva.

TABELA 1 - Composição das soluções nutritivas para estudo de níveis crescentes de enxofre em ml/litro de solução nutritiva (Baseada em HOAGLAND e ARNON, 1950).

Solução	Estoque	N ₂ fixação	N combinado
NH ₄ NO ₃	1,0 M	0,6* + 0,1**	3,0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	0,05M	4,0	4,0
KCl	1,0 M	2,4	2,4
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0,1 M	8,0	8,0
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,1 M	11,4	11,4
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,01M	16,0	16,0
Sol. a***	-	1,0	1,0
Sol. Fe-EDTA	-	1,0	1,0

* volume fornecido até o 10º dia de início dos tratamentos

** volume fornecido após o 10º dia e mantido até o fim do ciclo

*** solução de micronutrientes

TABELA 2 - Quantidade de nutrientes fornecidos por litro de solução nutritiva nos ensaios com níveis crescentes de enxofre.

Nutriente	N ₂ fixação	N combinado
<hr/>		
	$\leftarrow$ m mol $\rightarrow$	
N	1,2* $\rightarrow$ 0,2**	6,0
P	0,4	0,4
K	2,4	2,4
Ca	1,5	1,5
Mg	0,8	0,8
S	0,16	0,16
<hr/>		
	$\leftarrow$ ppm*** $\rightarrow$	
B	0,5	0,5
Cu	0,02	0,02
Fe	5,0	5,0
Mn	0,5	0,5
Mo	0,01	0,01
Zn	0,05	0,05

* concentração fornecida até o 10º dia de início dos tratamentos (1,2 m mol = 16,8 ppm N).

** concentração fornecida após o 10º dia e mantida até o fim do ciclo (0,2 m mol = 2,8 ppm N).

*** ppm = m mol $\times$ peso atômico

3.1.3. Tratamentos utilizados e delineamento experimental.

a) Níveis crescentes de enxofre

Utilizou-se do delineamento experimental inteiramente casualizado sendo testado 4 níveis de enxofre (0, 1, 2 e 3) correspondente à 0, 6, 12 e 24 ppm S na forma de uma solução de Na₂SO₄ 0,1875 M, na presença e ausência de N₂ da fixação em duas variedades de soja (Santa Rosa e IAC-2) e com 4 repetições num total de 64 vasos (parcelas), conforme apresentado na Tabela 5.

TABELA 3 - Composição das soluções nutritivas para estudo de níveis crescentes de zinco em ml/litro de solução nutritiva (Baseada em HOAGLAND e ARNON, 1950).

Solução	Estoque	N ₂ fixação	N combinado
NH ₄ NO ₃	1,0 M	0,6* → 0,2**	3,0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	0,05M	4,0	4,0
KCl	1,0 M	2,4	2,4
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0,1 M	8,0	8,0
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,1 M	5,0	5,0
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,01M	80,0	80,0
Sol. a***	-	1,0	1,0
Sol. Fe-EDTA	-	1,0	1,0

* volume fornecido até o 10º dia de início dos tratamentos

** volume fornecido após o 10º dia e mantido até o fim do ciclo

*** solução de micronutrientes, menos o Zn.

TABELA 4 - Quantidade de nutrientes fornecidos por litro de solução nutritiva nos ensaios com níveis crescentes de zinco.

Nutrientes	N ₂ fixação	N combinado
<----- m mol ----->		
N	1,2* → 0,2**	6,0
P	0,4	0,4
K	2,4	2,4
Ca	1,5	1,5
Mg	0,8	0,8
S	0,8	0,8
<----- ppm*** ----->		
B	0,5	0,5
Cu	0,02	0,02
Fe	5,0	5,0
Mn	0,5	0,5
Mo	0,01	0,01
Zn	0,0	0,0

* Concentração fornecida até o 10º dia de início dos tratamentos (1,2 m mol = 16,8 ppm N).

** Concentração fornecida após o 10º dia e mantida até o fim do ciclo (0,2 m mol = 2,8 ppm N).

*** ppm = m mol x peso atômico

TABELA 5 - Tratamentos empregados; ensaios com níveis crescentes de enxofre*

Tratamento	vasos nº	Na ₂ SO ₄ 0,1875 M ml/l sol. nutr.	S
			ppm
S ₀	1 - 4	0	0
S ₁	5 - 8	1	6
S ₂	9 - 12	2	12
S ₃	13 - 16	4	24

* 16 vasos por fonte de nitrogênio e por variedade de soja, ou sejam, 16 vasos x 2 fontes de N x 2 variedades de soja = 64 vasos.

b) Níveis crescentes de zinco.

O mesmo procedimento foi utilizado para o estudo com níveis de zinco no qual os níveis 0, 1, 2 e 3 corresponderam a 0; 1,2; 2,4 e 4,8 ppm de Zn na forma de uma solução de ZnSO₄.7H₂O 0,01 M, conforme apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 - Tratamentos empregados, ensaios com níveis crescentes de zinco*.

Tratamento	vasos nº	ZnSO ₄ .7H ₂ O 0,01 M ml/l sol. nutr.	Zn
			ppm
Zn ₀	1 - 4	0	0
Zn ₁	5 - 8	2	1,2
Zn ₂	9 - 12	4	2,4
Zn ₃	13 - 16	8	4,8

* 16 vasos por fonte de nitrogênio e por variedade de soja, ou sejam, 16 vasos x 2 fontes de N x 2 variedades de soja = 64 vasos.

Após a adição de aproximadamente 500 ml de água deionizada em cada vaso plástico, foram pipetados sucessivamente os volumes determinados das soluções estoques e das soluções de Na_2SO_4 0,1875 M ou ZnSO_4 0,01 M nos tratamentos correspondentes, agitando-se a solução depois de cada adição. Em seguida o volume dos vasos foi completado a 2,5 litro com água deionizada e o pH foi ajustado a 5,0 - 6,0 usando HCl 0,1 N ou NaOH 1,0 N.

3.1.4. Condução do ensaio

As mudas obtidas anteriormente (item 3.1.1.) foram transplantadas para as soluções correspondentes contidas nos vasos plásticos de 2,5 litros de capacidade, recobertos externamente com tinta a base de alumínio e providos de tampa também pintadas com essa tinta e apresentando perfurações na mesma para fixação das plantas, bem como para introdução da mangueira de arejamento.

Desde a instalação até o final do experimento foram tomados todos os cuidados necessários para o desenvolvimento normal das plantas, tais como: troca quinzenal das soluções nutritivas, arejamento constante, restituição diária da água perdida e controle de ácaros e insetos.

Cumpré aqui salientar que, aproximadamente dez dias após o transplante das mudas para o início dos tratamentos, observou-se um efeito prejudicial na nodulação da concentração de nitrogênio (1, 2 m mol ou 16,8 ppm de N) originalmente estabelecida nos tratamentos N_2 da fixação. Para tanto, nesses tratamen-

tos procedeu-se à uma diminuição na concentração de nitrogênio para 0,2 m mol ou 2,8 ppm N, isto é, concentração (1 + 5) utilizada nas bandejas antes do transplante das mudas, bem como logo após, foi procedida uma nova inoculação diretamente na solução nutritiva desses tratamentos.

Com 50% de florescimento , aproximadamente aos 70 e 75 dias após a sementeira, respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2 procedeu-se a coleta da 3^a folha trifoliata a partir do ápice da haste principal da planta para avaliação do estado nutricional das mesmas (BATAGLIA et alii, 1977), desprezando -se porém o pecíolo, onde foram determinados os teores de N, P e/ou S e Zn, sendo que foram misturadas as 4 repetições de cada tratamento e obtidas assim uma única amostra.

No fim do ciclo da cultura foram coletadas as plantas, as quais após a separação das diversas partes da mesma (folhas, ramos, vagens, grãos, raízes e nódulos) foram deixadas a secar em estufa (70°C) até peso constante. Posteriormente procedeu -se a determinação da matéria seca de cada parte, bem como a análise mineral dos nutrientes de interesse nas folhas.

Para se efetuarem as análises minerais no estádio do florescimento as 4 repetições dos tratamentos foram juntadas em uma a fim de proporcionar um aumento no volume de material vegetal, enquanto que, no estágio da colheita, as repetições foram juntadas duas a duas. Utilizaram - se dos seguintes métodos analíticos: nitrogênio determinado pelo semimicro Kjeldahl

(MALAVOLTA, 1975); fósforo determinado pelo método do vanado-molibdato de amônio (MALAVOLTA, 1975); enxofre-determinado por turbidimetria do sulfato de bário (KRUG et alii, 1977); zinco -determinado por absorção atômica (SARRUGE & HAAG, 1974).

3.2. Ensaaios em vasos com terra

3.2.1. Solos

Os solos utilizados foram coletados em áreas de cerrado nos municípios de Assis-SP e de Palmeiras de Goiás-GO, pertencentes as unidades de mapeamento Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa) e Latossol Vermelho Escuro textura média (LE), respectivamente. As principais características físicas e químicas de amostras desses solos são apresentadas na Tabela 7.

3.2.2. Cultivares utilizados

O vegetal escolhido como planta teste foi a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sendo que as linhagens utilizadas foram a Santa Rosa (crescimento determinado) e a IAC-2 (crescimento indeterminado).

3.2.3. Inoculante

As estirpes de *Rhizobium japonicum* utilizadas foi uma mistura de 29 W (EMBRAPA, Km 47) e Semia 587 (Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul), cedidas pelo Departamento de Microbiologia do CENA.

3.2.4. Material Corretivo

Foi utilizado o calcário dolomítico calcinado (A

TABELA 7 - Principais características físicas* e químicas** de amostras dos solos.

Solo	Da	(1)	Análise granulométrica (2)				pH (H ₂ O) 1:2,5	%C	Análise química (3)							ppm S-SO ₄
			%argila	%silte	%areia	e.mg/100 ml TFSA										
						PO ₄ ³⁻			K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺			
LEa	1,56	12,91	0,92	86,18	4,6	0,30	0,09	0,03	0,16	0,16	1,16	1,89	4			
LE	1,72	46,91	11,50	41,58	5,4	1,11	0,02	0,15	0,80	0,51	0,26	2,54	5			

* Análise realizada no Depto de Solos e Adubos da FCAVJ/UNESP

** Análise realizada no Depto de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz" - USP

(1) Densidade aparente (método da parafina)

(2) método da pipeta

(3) metodologia descrita em CATANI & JACINTHO (1974), com exceção do S-SO₄, determinado pelo método turbidimétrico, utilizando-se como extrator o acetato de amônio 0,5 N em ácido acético 0,25 N (BARDSLEY & LANCASTER, 1965).

plical Agrícola, AC-30), cuja análise efetuada no Deptº de Quí
mica da E.S.A. "Luiz de Queiroz" revelou as seguintes caracter
ísticas físico-químicas:

% material retido em peneira		%CaO	%MgO	PRNT
2 mm	0,3 mm			
0,4	37,2	36,4	24,6	97,47

3.2.5. Recipientes

Utilizaram-se de vasos de barro com 3,0 kg de capaci
dade para TFSA, pintados internamente com "neutrol", dotados
de coletor também de barro e apresentando no fundo dos vasos um
furo central de 1 cm de diâmetro de forma a facilitar a aeração
e possível escoamento de água.

3.2.6. Metodologia seguida

a) Coleta e preparo das amostras de terra

Foram retiradas amostras de terra dos solos já
citados na profundidade de 0 a 25 cm, as quais após destorroaa
das foram postas a secar ao ar, passadas em peneira com malha
de 2 mm e uniformizadas por misturas sucessivas de porções. De
cada solo foram retiradas amostras correspondentes a 1 tonelada
de terra.

b) Incubação das amostras com calcário

De posse da análise química de cada solo foram dete
terminadas as necessidades de calagem para elevar o pH do solo

ao valor 6,5, seguindo-se o proposto por CATANI & GALLO (1955) e multiplicando-se o valor encontrado por 1,5 para compensar a acidez fisiológica dos fertilizantes. As quantidades de calcário obtidas foram de 2,3 e 2,2 t/ha respectivamente para os solos LEa (Assis) e LE (Palmeiras de Goiás).

De cada solo foram tomados aproximadamente 600kg/ha de TFSA os quais após esparramados uniformemente sobre uma lona plástica receberam a quantidade respectiva do material corretivo e foram muito bem homogeneizados. Em seguida adicionaram-se 12 litros de água destilada para cada 100 kg de TFSA deixando-se o solo assim incubando por um período aproximado de 20 dias. Durante esse período procedeu-se a um revolvimento constante dos solos, bem como uma reposição de sua umidade a cada 3 dias.

Findo o período de incubação retirou-se uma amostra composta de cada solo para análise do valor pH, o qual revelou os valores apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Valores de pH dos solos antes e após a incubação com calcário.

S O L O	T R A T A M E N T O	
	Sem Calagem	Com Calagem
LEa (Assis)	4,5	6,0
LE (Palmeiras de Goiás)	5,3	6,2

c) Poder de embebição dos solos

Após a incubação dos solos com calário também foram retiradas amostras de aproximadamente 2 kg de TFSA para determinação do poder de embebição (p.e.) das mesmas.

A metodologia utilizada foi a do cilindro de metal do qual inicialmente anotou-se o peso do mesmo (P_1). Em seguida colocou-se uma quantidade de TFSA até aproximadamente $2/3$ da altura do cilindro e anotou-se o peso do conjunto (P_2). Posteriormente, saturou-se o conjunto com água destilada, deixando o mesmo em repouso por um período de 24 horas, quando então, procedeu-se a uma nova pesagem (P_3). Tem-se assim, que o peso de TFSA é igual a $(P_2) - (P_1)$, enquanto que o peso de água destilada na capacidade de campo é igual a $(P_3) - (P_2)$. Através desses dados determinou-se o volume de água a ser adicionado por vaso (3 kg de TFSA) para manter o solo no ponto de embebição ($2/3$ da capacidade de campo) durante todo o transcorrer do ensaio.

Os valores encontrados foram de 550 ml/vaso e de 1000 ml/vaso de água destilada, respectivamente para o solo LEa (Assis) e LE (Palmeiras de Goiás).

d) Instalação do ensaio

d₁. Adubação básica dos vasos

Após a pesagem de 3 kg de TFSA, quantidade utilizada por vaso, procedeu-se a uma adubação básica dos mesmos, baseado em MALAVOLTA (1980), conforme apresentado nas Tabelas 9 e 10, respectivamente para os ensaios com níveis crescentes de enxofre e de zinco.

As soluções bem como o superfosfato triplo e o gesso foram distribuídos de modo uniforme sobre o solo, em bandejas plásticas e muito bem homogeneizados.

TABELA 9 - Doses e soluções de macro e micronutrientes nos ensaios de níveis crescentes de enxofre.

Nutrientes	ppm	Soluções	Observações
N	15	1,78 g uréia/litro	8 ppm N: plantio 7 ppm N: cobertura na 4 ^a semana*
P	200	1 g super triplo/kg TFSA	200 ppm P: plantio
K	150	9,5 g KCl/litro	25 ppm K: plantio 125 ppm K: cobertura na 4 ^a semana.
B	0,5	286 mg H_3BO_3 /litro	} solução única plantio: 10 ml kg TFSA
Cu	1,5	589 mg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ /litro	
Mn	3,0	1079 mg $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ /litro	
Mo	0,1	25 mg $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ /litro	
Zn	3,6**	480 mg ZnO/litro	suspensão plantio: 10 ml kg TFSA
Fe	5,0	Fe - EDTA	plantio: 1 ml/kg TFSA

* cobertura somente utilizada no solo LEa (Assis)

** 9 kg/ha Zn

TABELA 10 - Doses e soluções de macro e micronutrientes nos ensaios de níveis crescentes de zinco.

Nutriente	ppm	Soluções	Observações
N	15	1,78 g uréia/litro	8 ppm N: plantio 7 ppm N: cobertura na 4 ^a semana*
P	200	1 g super triplo/kg TFSA	200 ppm P: plantio
K	150	9,5 g KCl/litro	25 ppm K: plantio 125 ppm K: cobertura na 4 ^a semana
S	12**	70 mg gesso/kg TFSA	12 ppm S: plantio
B	0,5	286 mg H_3BO_3 /litro	} solução única plantio: 10mg/kg TFSA
Cu	1,5	589 mg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ /litro	
Mn	3,0	922 mg $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ /litro	
Mo	0,1	25 mg $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ /litro	
Fe	5,0	Fe - EDTA	plantio: 1 ml/kg TFSA

* cobertura somente utilizada no solo LEa (Assis)

** 30 kg/ha de S

d₂. Tratamentos utilizados e delineamento experimental

d_{2.1}. Níveis crescentes de enxofre

Nos ensaios com níveis crescentes de enxofre foram utilizados 4 níveis: 0, 1, 2 e 3 correspondente a 0, 6, 12 e 24 ppm de S (0, 15, 30 e 60 kg/ha de S) tendo sido utilizada como fonte desse nutriente o fosfogesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) contendo 15% de S, 26% de CaO e 0,75% de P_2O_5 .

O experimento foi montado segundo o delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de S duas variedades de soja, dois tipos de solos e quatro repetições, num total de 64 parcelas conforme esquematizado no Tabela 11.

TABELA 11 - Tratamentos empregados nos ensaios com níveis crescentes de enxofre*

Tratamento	vasos nº	gesso mg/vaso	S	
			ppm	kg/ha**
S ₀	1 - 4	0	0	0
S ₁	5 - 8	106	6	15
S ₂	9 - 12	212	12	30
S ₃	13 - 16	424	24	60

* 16 vasos por variedade de soja, ou sejam, 16 vasos x 2 solos x 2 variedades de soja = 64 vasos.

** kg/ha = ppm x 2,5 (considerando 1 ha = $2,5 \times 10^6$ kg TFS).

d.2.2. Níveis e fontes de zinco

Nos ensaios com níveis e fontes de zinco foram utilizados duas fontes de zinco; ZnO (75-80%) e ZnSO₄ (21 - 22% Zn) sendo que na fonte ZnO foram utilizados os níveis 1, 2 e 3 correspondente a 1,2; 2,4 e 4,8 ppm de Zn (3, 6 e 12 kg/ha de Zn) e como fonte o ZnSO₄ 7H₂O foi utilizado somente o nível 2, ou seja, 2,4 ppm de Zn (6 kg/ha de Zn), havendo ainda uma testemunha absoluta (nível 0 = 0 ppm de Zn).

O experimento também foi montado segundo o deli

neamento inteiramente casualizado com 4 repetições nos dois ti
pos de solos e com duas variedades de soja num total de 80 par
celas conforme esquematizado no Tabela 12.

TABELA 12 - Tratamentos empregados nos ensaios com níveis e fontes
tes de zinco*.

Tratamento	vasos nº	Zn		Fonte
		ppm	kg/ha**	
1	1 - 4	0	0	-
2	5 - 8	1,2	3	ZnO
3	9 - 12	2,4	6	ZnO
4	13 - 16	2,4	6	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
5	17 - 20	4,8	12	ZnO

* 20 vasos por solo e por variedade de soja, ou sejam, 20 vasos
x 2 solos x 2 variedades de soja = 80 vasos.

** kg/ha = ppm x 2,5 (considerando 1 ha = $2,5 \times 10^6$ kg TFSA)

Tanto o gesso como o óxido e/ou sulfato de zinco
foram aplicados juntamente com a adubação básica nos vasos numere
rados correspondentes aos tratamentos.

d₃. Desinfecção das sementes

As sementes das duas variedades de soja foram mergul
hadas separadamente em uma solução contendo água sanitária (Q Boa)
diluída (1 + 10) por 5 minutos, sendo após lavadas com 3 porções
de água deionizada.

d₄. Inoculação e peletização das sementes

Após a desinfecção das sementes as mesmas foram
lavadas por 6 vezes com água deionizada fervida (esterelizada) e mergul

gulhadas por cerca de 2,0 horas no inoculante líquido, utilizando-se de cerca de 1 ml do produto por 30 sementes. Em seguida procedeu-se a peletização das sementes, através do preparo de uma mistura de goma arábica em água deionizada fervida a 80 °C, a qual após resfriada em geladeira até virar uma pasta foi colocada em contacto com as sementes em sacos plástico nos quais acrescentou-se CaCO_3 p.a.

d₅. Semeadura

Após a adição de água destilada nos vasos de modo a elevar a umidade do solo a cerca de 2/3 da capacidade de campo os mesmos foram pesados individualmente e anotados os seus pesos.

Em seguida foram distribuídos regularmente 10 sementes por vaso à profundidade de cerca de 2,0 cm.

e) Condução do ensaio

e₁. Regas: Uma vez por dia até aproximadamente 1 mês após o plantio e posteriormente duas vezes por dia até próximo o fim do ciclo da cultura foi restituida a água evaporada e transpirada de cada vaso baseando-se na pesagem de alguns vasos e no desenvolvimento da cultura.

e₂. Desbaste: Dez dias após a germinação das sementes procedeu-se a um desbaste, deixando-se 3 plântulas por vaso.

e₃. Adubação em cobertura: Um mês após o plantio efetuou-se uma adubação nitrogenada em cobertura na base de 7 ppm de

N, através do uso de 25 ml/vaso de uma solução contendo 1,78 g uréia/litro. Essa adubação nitrogenada somente foi utilizada nos vasos contendo o solo LEa (Assis) em virtude de somente o mesmo ter apresentado alguns sintomas iniciais de deficiência de N nas plantinhas de soja. Uma semana após procedeu-se a aplicação de 125 ppm de K em todos os vasos através do uso de 30 ml/vaso de uma solução contendo 50 g de KCl/litro.

e₄. Controle de ácaros: periodicamente procedeu-se a aplicação de acaricidas nas plantas para prevenir o ataque de ácaros, principal praga em casa de vegetação.

e₅. Amostragem de folhas: Com 50% de florescimento, aproximadamente aos 50 e 60 dias após a semeadura, respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2 procedeu-se a coleta da 3^a folha a partir do ápice da haste principal da planta segundo a técnica da diagnose foliar (BATAGLIA et alii, 1977) onde após retirada do pecíolo, determinaram-se os teores de N, P, S e Zn.

e₆. Coleta do ensaio: no fim do ciclo da cultura, aproximadamente 110 e 130 dias após o início do ensaio respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2 foram inicialmente colhidas a parte aérea das plantas a qual após a separação dos seus componentes (ramos, folhas e vagens com grãos) foram deixadas a secar em estufa (70 °C) até peso constante. Posteriormente, procedeu-se à separação das vagens dos grãos para a pesagem em separado desses 4 componentes da parte aérea. Após uma semana da coleta da parte aérea procedeu-se a coleta das raízes e de amostras de terra de cada vaso. Em seguida as raízes foram lavadas

com água destilada e separados os nódulos das mesmas e postos a secar também em estufa até peso constante, para depois proceder a pesagem das raízes e dos nódulos, bem como a análise mineral de amostras de folhas sem o pecíolo.

e₇. Análises minerais

e_{7.1}. Plantas

Os métodos utilizados para as análises químicas de plantas, utilizando-se em separado das 4 repetições, foram os já citados no item 3.1.4.

e_{7.2}. Solos

Nas amostras de solos foram determinados o S-SO₄ pelo método turbidimétrico utilizando-se como extrator o acetato de amônio 0,5 N em ácido acético 0,25 N, conforme BARDSLEY & LANCASTER (1965) e o zinco foi determinado pelo método de absorção atômica, utilizando-se como extrator o H₂SO₄ 0,05 N (MURAOKA, 1981).

f. Critério adotado para o estabelecimento da concentração crítica de S e Zn.

Para o estabelecimento da concentração crítica de S e Zn, a fim de serem comparadas as produções de grãos, matéria seca total e nódulos obtidas com a adição de doses crescentes desses elementos, utilizou-se o critério da porcentagem (%) para expressar esses dados. Considerou-se para cada nutriente a produção máxima de grãos, matéria seca total ou de nódulos de

terminados através de equação polinomial, como igual a 100%, obtendo-se os demais em relação a esse valor.

Para um dado nutriente, os teores críticos podem ser definidos como variação na concentração na qual o crescimento da planta no todo ou de uma determinada parte é reduzida em comparação com aquela de plantas com altos teores de nutrientes (ULRICH, 1948). Baseando-se pois, na produção de grãos, ou de matéria seca total ou ainda, de nódulos e no teor de S ou Zn nas folhas nos estádios de florescimento e no final do ciclo foram obtidos graficamente e matematicamente, os teores foliares deficientes, críticos, adequados e excessivos, conforme proposto por MARTIN & MATOCHA (1973) e FAGERIA (1976a, 1976b). Os teores de deficiência foram aqueles em que as plantas apresentaram produção menor que 80% do máximo; teores críticos, as plantas possuíam 80 - 90% do máximo; teores adequados entre 90-100% da produção máxima, enquanto que nos teores excessivos, o excesso de nutrientes interferiu nos processos metabólicos causando redução na produção com ou sem sintomas de toxidez.

O mesmo critério foi utilizado para o estabelecimento da concentração crítica de S e Zn nos ensaios em solução nutritiva.

3.2.7. Local de condução dos ensaios

Os ensaios em solução nutritiva e em vasos com terra foram conduzidos, respectivamente em casas de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA e do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracaba-SP, no período de setembro de 1979 a fevereiro de 1981.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio em solução nutritiva

4.1.1. Efeito de doses de enxofre (S)

a) Produção de grãos, matéria seca total e nodulação

Nas Figuras de 1 a 3 são apresentados respectivamente os efeitos de doses de S na produção de grãos, matéria seca total e peso de nódulos (g/vaso), enquanto que na Tabela 13 são apresentados os níveis críticos de S correspondentes no substrato.

Analisando-se as Figuras acima citadas, observa-se, de um modo geral, um efeito positivo e significativo do S nos parâmetros de produção analisados, exceto na produção de grãos para as cultivares Santa Rosa com N-combinado e IAC-2 com N-fixado (Figura 1). Por outro lado, a dose adequada média

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 1 - Efeito de doses de S na produção de grãos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 2 - Efeito de doses de S na produção de matéria seca total (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 3 - Efeito de doses de S na produção de nódulos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

de S no substrato para todas as combinações estudadas, está por volta de 16 ppm S.

TABELA 13 - Doses adequadas de S no substrato para as variáveis de produção nos ensaios em solução nutritiva (média de 4 repetições).

Cultivar	Fonte de N	Grãos	Mat. Seca Total	Nódulos
		ppm S		
Santa Rosa	N - fix.	12	16	7
	N - comb.	Indet.	17	-
IAC-2	N - fix.	Indet.	16	15
	N - comb.	16	17	-

É interessante observar o comportamento diferencial das duas cultivares, no tocante à produção de grãos, em relação à fonte de nitrogênio. Assim, a cultivar Santa Rosa respondeu à fertilização com S quando se utilizou do nitrogênio da fixação biológica, enquanto que a IAC-2, com o nitrogênio combinado. A cultivar Santa Rosa segundo BATAGLIA & MASCARENHAS (1977) responde melhor à inoculação do que a IAC-2 (mais rústica, plantada em áreas de cerrado logo após o desmatamento), muito embora houvesse efeito positivo do S na produção de matéria seca nas quatro situações estudadas.

De uma maneira geral, em estudos em solução nutritiva, encontra-se na literatura somente pesquisas que utilizam de nitrogênio combinado nos estudos com nutrição de soja. Assim, MALAVOLTA et alii (1980b) com a cultivar Santa Rosa obtiveram uma produção relativa de matéria seca de 83,17% no tratamento que recebeu 1/10 da concentração de S; enquanto que MALAVOLTA et alii (1976), também em ensaios em solução nutritiva, porém com a cultivar IAC-2, não observaram efeito no crescimento e na produção no tratamento com omissão de S.

Convém ressaltar que nos tratamentos com nitrogênio combinado, em ambas cultivares, observou-se uma ausência total de produção de nódulos, uma vez que as sementes não foram inoculadas e o substrato era isento de inóculo (solução nutritiva).

b) Teor foliar de S

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os efeitos de doses de S na concentração do enxofre na folha, respectivamente no estágio de florescimento (3^a folha trifoliata a partir do ápice) e no final do ciclo (amostra de todas as folhas misturadas), enquanto que nas Figuras de 6 a 11 são apresentadas as correlações entre a concentração de S das folhas nos dois estágios já citados com a produção de grãos, matéria seca total e nódulos.

FIGURA 4 - Efeito de doses de S na concentração de S das folhas no estádio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 5 - Efeito de doses de S na concentração de S das folhas no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

Analisando as Figuras 4 e 5, observa-se um efeito linear e positivo de doses de S, na forma de Na_2SO_4 , na concentração de enxofre das folhas, sendo que entretanto, as concentrações foram maiores no estágio do florescimento. Essa diminuição com a idade da planta foi observada em inúmeros trabalhos, como o de BATAGLIA et alii (1977) que verificaram com a cultivar Santa Rosa uma diminuição na quantidade de matéria seca acumulada e da absorção e concentração de macronutrientes (inclusive de S) na parte aérea a partir de aproximadamente 70 dias após o plantio, provavelmente devido à redistribuição e/ou ao efeito de diluição.

Analisando-se as correlações entre a concentração de S nas folhas nos dois estádios de desenvolvimento da cultura estudados (Figuras 6 a 11) observa-se que as mesmas acompanham as correlações já observadas para doses, isto é, a concentração de S na folha se correlacionou positivamente com os parâmetros de produção, exceção à produção de grãos para a cultivar Santa Rosa com N-combinado e IAC-2 com N-fixado..

A seguir foram determinados matematicamente através das equações constantes nas Figuras citadas, conforme proposto por MARTIN & MATOCHA (1973) e FAGERIA (1976a, 1976b), zonas de deficiência (produção de grãos < 80% do máximo), crítica (80-90% do máximo), adequada (90 - 100% do máximo) e excessiva de S foliar, obtendo-se os dados constantes das Tabelas 14 e 15.

Analisando - se os dados dessas Tabelas observa-se que os teores adequados de S de um modo geral são semelhantes

Santa Rosa - N - fix.

Santa Rosa - N - comb.

IAC-2 - N - fix.

IAC-2 - N - comb.

FIGURA 6 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 7 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de matéria seca total (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 8 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 9 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de grãos (g/vaso) (ensaio em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 10 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de matéria seca total (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 11 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

TABELA 14 - Interpretação dos teores de S nas folhas trifoliatas recém maduras, sem o pecíolo, colhidas no florescimento (4 repetições reunidas).

Cultivar	Fonte de N	Parâmetro Analisado	Teores de S			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
			%			
Santa Rosa	N - fix.	Grãos	< 0,37	0,37 - 0,40	0,41 - 0,46	> 0,46
		Mat. Seca	< 0,41	0,41 - 0,45	0,46 - 0,51	> 0,51
		Nódulos	< 0,32	0,32 - 0,35	0,36 - 0,40	> 0,40
	N - comb.	Grãos	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
		Mat. Seca	< 0,42	0,42 - 0,46	0,47 - 0,51	> 0,52
		Grãos	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
IAC - 2	N - fix.	Mat. Seca	< 0,35	0,35 - 0,39	0,40 - 0,44	> 0,44
		Nódulos	< 0,29	0,29 - 0,31	0,32 - 0,36	> 0,36
		Grãos	< 0,39	0,39 - 0,43	0,44 - 0,49	> 0,49
	N - comb.	Mat. Seca	< 0,41	0,41 - 0,46	0,47 - 0,52	> 0,52

TABELA 15 - Interpretação dos teores de S nas folhas coletadas no final do ciclo da cultura (4 repetições reunidas duas a duas).

Cultivar	Fonte de N	Parâmetro Analisado	Teores de S			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
<hr/>						
			<hr/>			
			%			
<hr/>						
Santa Rosa	N - fix.	Grãos	< 0,31	0,31 - 0,34	0,35 - 0,39	> 0,39
		Mat. Seca	< 0,35	0,35 - 0,38	0,39 - 0,44	> 0,44
		Nódulos	< 0,32	0,32 - 0,35	0,36 - 0,41	> 0,41
	N - comb.	Grãos	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
		Mat. Seca	< 0,36	0,36 - 0,39	0,40 - 0,45	> 0,45
		Grãos	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
IAC - 2	N - fix.	Mat. Seca	< 0,32	0,32 - 0,35	0,36 - 0,40	> 0,40
		Nódulos	< 0,31	0,31 - 0,34	0,35 - 0,39	> 0,39
	N - comb.	Grãos	< 0,38	0,34 - 0,38	0,38 - 0,43	> 0,43
		Mat. Seca	< 0,36	0,36 - 0,39	0,40 - 0,45	> 0,45
		Grãos	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
		Mat. Seca	< 0,32	0,32 - 0,35	0,36 - 0,40	> 0,40

para as duas cultivares e para uma mesma cultivar nas duas fontes de nitrogênio, apresentando entretanto, uma variação máxima de 0,11% S quando são comparados entre si os três parâmetros de produção (grãos, matéria seca total e nódulos).

OHLROGGE (1960), também em solução nutritiva, dá como indicador de suficiência o teor de 0,40% S nas folhas em plantas com dois meses de desenvolvimento, enquanto que MALAVOLTA et alii (1976) com a cultivar IAC-2 encontraram o valor de 0,21 a 0,76% S no tratamento menos S. Por outro lado, Rosolem et alii (1979) citado em ROSOLEM (1980) encontraram valores de 0,35 a 0,40% S na 3^a folha, na época do florescimento, em plantas de soja bem nutridas, não citando entretanto, se o ensaio foi conduzido em solução nutritiva ou em solos.

c. Teor foliar de N e P

Nas Figuras 12 e 13 são apresentados o efeito de doses de S na concentração de N das folhas respectivamente no estágio de florescimento e no final do ciclo da planta, enquanto que nas Figuras 14 e 15, na concentração de P.

Analisando-se essas Figuras observa-se um efeito significativo e positivo de doses de S na concentração de N das folhas nas duas cultivares e para as duas fontes de N, apenas no estágio do florescimento (Figura 12). Essa interação positiva se manifesta provavelmente pela estreita relação entre quantidades de S e N metabolizadas nas plantas resultando em maior formação de proteínas (GILBERT, 1951).

FIGURA 12 - Efeito de doses de S na concentração de N das folhas no estágio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 13- Efeito de doses de S na concentração de N das folhas no final do ciclo (ensaio em solução nutritiva).

Santa Rosa - N - fix.

Santa Rosa - N - comb.

IAC-2 - N - fix.

IAC-2 - N - comb.

FIGURA 14 - Efeito de doses de S na concentração de P. das folhas no estádio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N - fix.

Santa Rosa - N - comb.

IAC-2 - N - fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 15 - Efeito de doses de S na concentração de P das folhas no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

Já, com relação ao efeito de doses de S na concentração foliar de P, observou-se apenas efeito significativo e positivo na cultivar Santa Rosa com N combinado no estágio do florescimento e com N fixado no final do ciclo.

d. Relação aniônica das folhas

Nas Tabelas 16 e 17 são apresentadas as relações aniônicas das folhas, associadas com as produções máximas, respectivamente no estágio do florescimento e no final do ciclo. Verifica-se no estágio do florescimento respectivamente para as relações N/S, P/S e N/P valores aproximados de 10/1, 1/1 e 10/1, enquanto que no final do ciclo os valores correspondentes foram de 6 a 9/1, 0,6 a 1,2/1 e 9 a 13/1, indicando portanto uma diminuição mais acentuada do N das folhas em relação ao S com o envelhecimento da planta. Estudos enfocando as relações aniônicas citadas na literatura são praticamente somente encontradas em ensaios com solos.

Assim, STEWART & PORTER (1969) utilizando de trigo, milho e soja verificaram que a relação N/S que garantiu a máxima produção de proteínas é de 12 a 15, enquanto que DEV & SAGGAR (1974) utilizando de 12 variedades de soja citam que, quando a relação N/S está acima de 16/1 a deficiência de S pode ser esperada com menor formação de proteína.

Já GATTES & MÜLLER (1979) em estudos com essas relações em três estádios de desenvolvimento da soja cultivar Lee, obtiveram melhor resposta para a relação P/S no estágio de maturação das sementes, fato esse ocorrido para a cultivar Santa Ro

TABELA 16 - Relações aniônicas associadas com as produções máxi-
mas das três variáveis dependentes no estágio do
florescimento (4 repetições reunidas).

Relações	Fonte de N	Grãos		Matéria Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/S	N - fix.	10	Indet.	9	9	9	9
	N - comb.	Indet.	9	9	10	-	-
P/S	N - fix.	1	Indet.	0,9	Indet.	1	1,2
	N - comb.	Indet.	0,9	1	0,9	-	-
N/P	N - fix.	9	Indet.	9	8	9	8
	N - comb.	Indet.	11	10	11	-	-

TABELA 17 - Relações aniônicas associadas com as produções máxi-
mas das três variáveis dependentes no final do ci-
clo (4 repetições reunidas duas a duas).

Relações	Fonte de N	Grãos		Matéria Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/S	N - fix.	6	Indet.	6	7	Indet.	7
	N - comb.	Indet.	9	10	9	-	-
P/S	N - fix.	1,0	Indet.	0,9	0,7	0,7	0,7
	N - comb.	Indet.	0,8	1,2	0,6	-	-
N/P	N - fix.	9	Indet.	8	12	9	12
	N - comb.	Indet.	13	12	12	-	-

sa com N-fixado. KUMAR & SINGH (1980a) e KUMAR et alii (1981) também verificaram um efeito sinérgico da aplicação de S, na concentração de P.

Com a cultivar IAC-2, porém em solução nutritiva, MALAVOLTA et alii (1976) encontraram para a relação N/P um valor de 5,00 nas folhas inferiores e 8,28, nas superiores.

4.1.2. Efeito de doses de zinco (Zn)

a. Produção de grãos, matéria seca total e nodulação

Nas Figuras de 16 a 18 são apresentadas respectivamente os efeitos de doses de Zn na produção de grãos, matéria seca total e nódulos (g/vaso), enquanto que na Tabela 18, as doses adequadas correspondentes de Zn no substrato.

Analisando-se as Figuras acima citadas observa-se um efeito positivo e significativo do Zn nos parâmetros de produção em todas as situações consideradas, sendo que, entretanto o efeito foi maior quando se utilizou do N fixado, principalmente para a cultivar Santa Rosa. Por outro lado, ocorreu uma queda acentuada nesses parâmetros para os níveis mais elevados de Zn empregados, evidenciando uma possível toxidez do nutriente em questão. Efeitos positivos de Zn, em solução nutritiva, foram também observados por DEMETERIO et alii (1972), utilizando -se de 0 a 2,0 μM de Zn, os quais verificaram uma correlação linear entre a concentração de Zn nas folhas com o peso de nódulos e com a concentração de N das folhas. OHKI (1978), também em solução nutritiva, verificou que a deficiência de Zn reduziu a fotossíntese e a atividade da anidrase carbônica. Já MALAVOLTA

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 16 - Efeito de doses de Zn na produção de grãos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 17 - Efeito de doses de Zn na produção de matéria seca total (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

IAC-2 - N-fix.

FIGURA 18 - Efeito de doses de Zn na produção de nódulos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

et alii (1980c) verificaram para a cultivar Santa Rosa que o tratamento menos zinco produziu 87% de matéria seca em relação ao tratamento completo.

TABELA 18 - Doses adequadas de Zn no substrato para as variáveis de produção nos ensaios em solução nutritiva (médias de 4 repetições).

Cultivar	Fonte de N	Grãos	Matéria Seca Total	Nódulos
			ppm Zn	
Santa Rosa	N - fix.	2,1	1,8	2,8
	N - comb.	1,2	1,6	-
IAC-2	N - fix.	1,8	2,4	3,1
	N - comb.	2,1	2,0	-

Com relação à provável toxidez de Zn observada no presente ensaio, esse fato foi observado por vários autores em ensaios em solução nutritiva. Assim, EARLEY (1943) observou que 2,0 e 4,0 ppm de Zn foram tóxico para várias cultivares de soja, enquanto que RAUSER (1973) verificou toxidez para altas quantidades de Zn no substrato, 5 a 10 ppm, em culturas hidropônicas de soja, feijão e milho. Já, conforme citado em WHITE et alii (1978) a tolerância ou sensibilidade ao zinco é função da cultivar, do pH do meio e das relações Zn/Fe e Zn/P, conforme demonstrado em trabalhos de WALLACE et alii (1976) e ROBB et alii (1980).

Com relação a dose adequada de Zn determinada no substrato (Tabela 18), a mesma apresentou diferenças para as

cultivares, fontes de nitrogênio e parâmetros de produção considerados, com uma amplitude de variação de 1,2 a 3,1 ppm Zn. Mais especificamente, considerando apenas a produção de grãos, observa-se um valor aproximado de 2,0 ppm de Zn, com exceção apenas da cultivar Santa Rosa com N combinado, em que o valor foi mais baixo, ou seja 1,2 ppm de Zn.

b) Teor foliar de Zn

Nas Figuras 19 e 20 são apresentados os efeitos de doses de Zn na concentração de Zn na folha, respectivamente nos estádios de florescimento (3^a folha trifoliata a partir do ápice da haste principal) e no final do ciclo (amostras de to das as folhas misturadas). Nas Figuras de 21 a 26 são apresenta das as correlações entre a concentração de Zn das folhas nos dois estádios já citados com os parâmetros de produção.

Analisando-se as Figuras 19 e 20 observa-se um efeito linear positivo entre o Zn fornecido, como $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, com o absorvido, efeito esse um pouco mais pronunciado no final do ciclo para a cultivar Santa Rosa e, no estágio de florescimento para a cultivar IAC-2, sugerindo uma maior migração do Zn da parte vegetativa para a reprodutiva na IAC-2.

O efeito positivo do Zn nos parâmetros de produção manifestou-se também, através da concentração foliar do nu

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 19 - Efeito de doses de Zn na concentração de Zn das folhas no estágio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 20 - Efeito de doses de Zn na concentração de Zn das folhas no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-com.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 21 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no estágio de flo rescimento com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em solu_{ção} nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 22 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no estágio de flo rescimento com a produção de matéria seca (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

IAC-2 - N-fix.

FIGURA 23 - Relação entre a concentração de Zn nas folhas no estágio de flo rescimento com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaio em solu_{ção} nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 24 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no final do ciclo com a produção de grãos (g/vaso) (ensaio em solução nutritiva).

FIGURA 25 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no final do ciclo com a produção de matéria seca (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 26 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no final do ciclo com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaios em solução nutritiva).

triente (Figuras 21 a 26). Assim, observou-se, até um certo teor de Zn nas folhas, um aumento na produção de grãos, matéria seca total e nódulos. Partindo das equações citadas nessas Figuras, obteve-se os teores críticos desse nutriente nas folhas, utilizando-se do critério já citado na obtenção dos níveis críticos de S (item 4.1.1. - b), conforme Tabelas 19 e 20.

Analisando-se os dados dessas Tabelas observa-se uma variação no nível adequado de Zn nas folhas de 21 a 77 ppm de Zn e de 24 a 52 ppm de Zn, respectivamente nos estádios do florescimento e no fim do ciclo da cultura. Mais especificamente em relação à produção de grãos observa-se valores adequados de 21 a 36 ppm de Zn e de 24 a 37 ppm de Zn, respectivamente nos estádios de florescimento e no fim do ciclo da planta.

Comparativamente a outros ensaios em solução nutritiva, temos por exemplo, o de OHKI (1978) que encontrou um nível crítico de 12 ppm de Zn em folhas recém maduras; enquanto que MALAVOLTA et alii (1980c) para a cultura Santa Rosa com N combinado, usando a técnica da diagnose por subtração, encontraram um valor de 14 ppm (menos zinco) e 25 ppm de Zn (tratamento completo).

Já, em ensaios em solos, OHLROGGE (1960) encontrou um teor foliar de 16 ppm de Zn em solos deficientes, e de 19 a 24 ppm em solos não deficientes. Por outro lado, OHLROGGE & KAMPRATH (1968), na 3^a folha trifoliata citam de 21 a 50 ppm de Zn, como nível suficiente, enquanto que MALAVOLTA (1978) cita que em campos de soja nos USA com produções acima da média apresentavam um teor de 43 ± 12 ppm de Zn.

TABELA 19 - Interpretação dos teores de Zn nas folhas trifoliatas recém maduras, sem o pecíolo, colhidas no florescimento (4 repetições reunidas).

Cultivar	Fonte de N	Parâmetro Analisado	Teores de Zn			
			Deficiente	Crítico	Adequado	
						Excessivo
<hr/>						
<hr/>						
<hr/>						
Santa Rosa	N - fix.	Grãos	< 26	26 - 29	30 - 33	> 33
		Mat. Seca	< 22	22 - 24	25 - 28	> 28
		Nódulos	< 32	32 - 35	36 - 40	> 40
	N - comb.	Grãos	< 18	18 - 20	21 - 23	> 23
		Mat. Seca	< 28	28 - 30	31 - 35	> 35
IAC-2	N - fix.	Grãos	< 22	22 - 23	24 - 27	> 27
		Mat. Seca	< 50	50 - 55	56 - 63	> 63
		Nódulos	< 61	61 - 68	69 - 77	> 77
	N - comb.	Grãos	< 29	29 - 31	32 - 36	> 36
		Mat. Seca	< 28	28 - 30	31 - 35	> 35

c. Teor foliar de N e P

Nas Figuras 27 e 28 são apresentados os efeitos de doses de Zn na concentração de N das folhas respectivamente no estágio de florescimento e no final do ciclo, enquanto que nos, de número 29 e 30, na concentração de P.

Analisando-se essas Figuras não observou-se efeito de níveis de Zn no teor foliar de N, discordando do já citado em DEMETERIO et alii (1972), enquanto que observou-se apenas efeito significativo e positivo do Zn na %P foliar no estágio do florescimento para a cultivar IAC-2 com N-fixado (Figura 29) e um efeito negativo, no final do ciclo para a cultivar IAC-2, porém com N-combinado. A grande maioria dos trabalhos mostram apenas os efeitos de doses variáveis de P na concentração de Zn das folhas, todos mostrando um efeito antagônico do fósforo em relação ao zinco (MALAVOLTA, 1980). No presente ensaio no qual empregaram-se doses variáveis de Zn, mantendo-se a de P constante, observou-se apenas o efeito antagônico para a IAC-2 com N combinado no final do ciclo da cultura.

d. Relações N/Zn, P/Zn e N/P nas folhas

Nas Tabelas 21 e 22 são apresentadas as relações acima citadas nas folhas, associadas com as produções máximas, respectivamente no estágio do florescimento e no final do ciclo. Observa-se de uma maneira geral que as relações N/Zn e P/Zn de crescem do estágio do florescimento para o final do ciclo, indicando uma maior mobilidade dos macronutrientes para as partes reprodutivas (OHLROGGE & KAMPRATH, 1968; BATAGLIA & MASCARENHAS, 1977).

FIGURA 27- Efeito de doses de Zn na concentração de N das folhas no es tádio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 28 - Efeito de doses de Zn na concentração de N das folhas no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

FIGURA 29 - Efeito de doses de Zn na concentração de P das folhas no estádio de florescimento (ensaios em solução nutritiva).

Santa Rosa - N-fix.

Santa Rosa - N-comb.

IAC-2 - N-fix.

IAC-2 - N-comb.

FIGURA 30 - Efeito de doses de Zn na concentração de P das folhas no final do ciclo (ensaios em solução nutritiva).

TABELA 21 - Relações entre nutrientes associadas com as produções máximas das três variáveis dependentes no estágio do florescimento (4 repetições reunidas).

Relações	Fonte de N	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/Zn	N - fix.	4607	2773	4799	2293	3141	3275
	N - comb.	6394	3086	6297	3176	-	-
P/Zn	N - fix.	461	305	478	264	520	338
	N - comb.	734	343	721	347	-	-
N/P	N - fix.	Indet.	10	11	9	11	9
	N - comb.	8	7	8	8	-	-

TABELA 22 - Relações entre nutrientes associadas com as produções máximas das três variáveis dependentes no final do ciclo (4 repetições reunidas duas a duas).

Relações	Fonte de N	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/Zn	N - fix.	2305	3389	2624	Indet.	2798	3591
	N - comb.	3614	3851	3543	3901	-	-
P/Zn	N - fix.	272	Indet.	348	283	Indet.	283
	N - comb.	356	446	349	451	-	-
N/P	N - fix.	7	Indet.	7	13	Indet.	14
	N - comb.	12	11	Indet.	12	-	-

As relações N/Zn foram de uma maneira geral maiores quando se utilizou de N combinado, sugerindo uma menor necessidade de Zn em culturas de soja não inoculadas, o mesmo ocorrendo com a relação P/Zn. Por outro lado, a relação N/P manteve-se por volta de 10/1 nos dois estádios de desenvolvimento indicando uma migração proporcional desses nutrientes para as partes reprodutivas.

4.2. Ensaaios em vasos com terra

4.2.1. Efeito de doses de enxofre (S)

a) Produção de grãos, matéria seca total e nódulos

Nas Figuras 31 a 33 são apresentados os efeitos de doses de S, respectivamente na produção de grãos, matéria seca total e nódulos.

Analisando-se essas Figuras, observa-se um efeito quadrático positivo do S, aplicado como fosfogesso, na produção de grãos e na matéria seca total, enquanto que o efeito na nodulação foi apenas para a cultivar Santa Rosa e no Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa). Observa-se também, que o efeito do S foi mais pronunciado, em ambas cultivares também nesse solo, e que a produção de matéria seca total da IAC-2, como já era esperado, foi muito maior por tratar-se de uma cultivar de crescimento indeterminado.

Os efeitos mais pronunciados do S no solo LEa se devem provavelmente ao menor teor de matéria orgânica no mesmo, principal fonte de S em condições naturais

FIGURA 31 - Efeito de doses de S na produção de grãos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

FIGURA 32 - Efeito de doses de S na produção de matéria seca total (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

FIGURA 33 - Efeito de doses de S na produção de nódulos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

no solo, através de sua mineralização (MALAVOLTA, 1981). Assim, MIYASAKA et alii (1964) também verificaram efeitos positivos da aplicação de S, como gesso em soja, em solo arenoso sob vegetação de cerrado (%C = 0,58), bem como MASCARENHAS et alii (1967), em solos Latossol Roxo (LR) e Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa) e MASCARENHAS et alii (1974) em um Latossol Vermelho Escuro de cerrado recém-desbravado, todos utilizando 100 kg/ha de gesso.

Com relação ao efeito do S na produção de nódulos, apenas para a cultivar Santa Rosa e no solo LEa, o fato se deva provavelmente à melhor nodulação dessa cultivar quando comparada com a IAC-2 (BATAGLIA & MASCARENHAS, 1977) enquanto que o solo LEa é mais deficiente em S conforme já comentado.

Os teores adequados correspondentes determinados no substrato (Tabela 23) foram muito próximos nas duas cultivares e nos dois tipos de solo, quando são consideradas as produções de matéria seca total e de grãos, variando de 13 a 16 ppm de S (33 a 40 kg/ha S). GOEPFERT (1970) realizando experimentos com soja em vários solos do Rio Grande do Sul também obteve pontos críticos abaixo dos quais a deficiência de enxofre pode ocorrer como 40 kg/ha de S. Por outro lado, conforme obtido por SAGGAR & DEV (1972), diferentes variedades de soja respondem diferenciatamente à aplicação de S; assim, de 12 variedades estudadas a produção de matéria seca aumentou com o fornecimento de até 50 ppm de S para 8 variedades, de até 25 ppm para 3, e de até 10 ppm para 1 variedade. Já SHARMA & BRADFORD (1973) mostraram que muito embora a aplicação de 10 ppm de S promovesse maior aumento

na produção de matéria seca, a proteína do grão foi aumentada pela aplicação de até 20 ppm de S.

TABELA 23 - Teores adequados de S no substrato para as variáveis de produção nos ensaios em vasos com terra (média de 4 repetições).

Cultivar	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		ppm	kg/ha	ppm	kg/ha	ppm	kg/ha
		S					
Santa Rosa	LEa	14	35	15	38	24	60
	LE	13	33	13	33	Indet.	Indet.
IAC - 2	LEa	16	40	16	40	Indet.	Indet.
	LE	15	38	14	35	Indet.	Indet.

b. Teor foliar de S

Nas Figuras 34 e 35 são apresentados os efeitos da aplicação de S na concentração foliar desse nutriente, respectivamente no estágio do florescimento e no final do ciclo. Observando essas Figuras verifica-se que o fosfogesso foi efetivo no aumento do teor foliar de S, aumento este mais pronunciado no solo LEa, devido provavelmente à menor poder de fixação desse solo. Por outro lado, observa-se também uma diminuição do teor foliar de S do florescimento para o final do ciclo, o que pode ser explicado por redistribuição para os órgãos, efeito de diluição, tipo de folha analisada, etc.

Nas Figuras 36 a 41 são apresentadas as relações entre a concentração de S das folhas com os parâmetros de produção nos dois estádios de desenvolvimento.

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 34 - Efeito de doses de S na concentração de S das folhas no es tádio de florescimento (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 35 - Efeito de doses de S na concentração de S das folhas no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 36 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 37 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de matéria seca total (g/vaso) (em saios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 38 - Relação entre a concentração de S das folhas no estágio de florescimento com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaio em vasos com terra).

FIGURA 39 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 4 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de matéria seca total (g/vaso) (ensaio em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 41 - Relação entre a concentração de S das folhas no final do ciclo com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

Inicialmente observa-se uma melhor correlação da %S foliar com os dados de produção no estágio do florescimento, estágio inclusive utilizado para avaliação do estado nutricional pela técnica da diagnose foliar (BATALIA & MASCARENHAS, 1977), uma vez que é nesse estágio que ocorre a maior diferença do teor de nutrientes entre uma planta bem nutrida com uma deficiente (MALAVOLTA, 1980).

Analisando essas Figuras observa-se na maioria dos casos uma correlação dos parâmetros de produção com a concentração de S das folhas. É importante ressaltar que muitas vezes não se consegue expressar efeitos significativos de um elemento na produção de uma cultura, como função dos teores do elemento na folha, como o observado com N e S em soja IAC-2 por GUIMARÃES et alii (1976).

Os teores adequados de S nas folhas no estágio do florescimento e no final do ciclo são apresentados respectivamente nas Tabelas 24 e 25.

A interpretação dos teores de S encontrados nas folhas (3^a folha trifoliata recém madura) no estágio do florescimento mostra que o nível adequado apresentou uma faixa de variação de 0,23 a 0,34% S, apresentando portanto pequena variação para as cultivares, tipos de solos e parâmetros de produção.

Já, Nelson & Barber (1964), citado em MALAVOLTA et alii (1976) dão como indicador de suficiência o teor de 0,25% na parte aérea total e OHLROGGE (1960), em solução nutritiva, o teor de 0,40% S. Por outro lado, Rosolem et alii (1979), citado em ROSOLEM (1980) encontraram valores de 0,35 a 0,40% S na 3^a

TABELA 24 - Interpretação dos teores de S nas folhas trifoliatas recém ma
duras, sem o pecíolo, colhidas no florescimento (média de 4 repe
tições).

Cultivar	Solo	Parâmetro Analisado	Teores de S			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
			%			
Santa Rosa	LEa	Grãos	—	Indeterminado	—	—
		Mat. Seca	< 0,27	0,27 - 0,29	0,30 - 0,34	> 0,34
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LE	Grãos	< 0,20	0,20 - 0,22	0,23 - 0,26	> 0,26
		Mat. Seca	—	Indeterminado	—	—
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
IAC - 2	LEa	Grãos	< 0,26	0,26 - 0,28	0,29 - 0,33	> 0,33
		Mat. Seca	< 0,27	0,27 - 0,29	0,30 - 0,34	> 0,34
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LE	Grãos	< 0,22	0,22 - 0,24	0,25 - 0,28	> 0,28
		Mat. Seca	< 0,24	0,24 - 0,25	0,27 - 0,30	> 0,30
		Nódulos	< 0,21	0,21 - 0,23	0,24 - 0,27	> 0,27

TABELA 25 - Interpretação dos teores de S nas folhas coletadas no final do ciclo da cultura (média de 4 repetições).

Cultivar	Solo	Parâmetro Analisado	Teores de S			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
			%			
Santa Rosa	LEa	Grãos	—	Indeterminado	—	—
		Mat. Seca	—	Indeterminado	—	—
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LE	Grãos	—	Indeterminado	—	—
		Mat. Seca	—	Indeterminado	—	—
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LEa	Grãos	—	Indeterminado	—	—
		Mat. Seca	< 0,18	0,18 - 0,20	0,21 - 0,24	> 0,24
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
IAC-2	LE	Grãos	< 0,15	0,15 - 0,17	0,18 - 0,20	> 0,20
		Mat. Seca	< 0,15	0,15 - 0,17	0,18 - 0,20	> 0,20
		Nódulos	< 0,15	0,15 - 0,17	0,18 - 0,20	> 0,20

folha, na época do florescimento, em plantas de soja bem nutridas.

Com relação aos teores adequados na época da colheita, os mesmos foram possíveis de serem determinados somente para a cultivar IAC-2 e apresentaram uma faixa de variação de 0,18 a 0,24% S.

c. Teor foliar de N e P

Nas Figuras 42, 43, 44 e 45 são apresentados respectivamente os efeitos de doses de S na concentração de N e P das folhas nos dois estádios de desenvolvimento considerados. Com relação ao teor foliar de nitrogênio observa-se um efeito positivo do enxofre apenas no final do ciclo para as duas cultivares no solo LEa, enquanto que para o P o efeito também ocorreu nesse estágio e nesse solo, porém somente para cultivar Santa Rosa, variedade esta segundo BATAGLIA e MASCARENHAS (1977) mais exigente em fertilidade do que a IAC-2.

As relações aniônicas associadas as produções máximas são apresentadas nas Tabelas 26 e 27, respectivamente no estágio do florescimento e no final do ciclo da cultura.

Observa-se por estes dados uma variação na relação N/S de 14 a 18, na P/S de 0,6 a 2,0 e na N/P de 10 a 18, enquanto que STEWART & PORTER (1969) e DEV & SAGGAR (1974) encontraram em soja para a relação N/S valores respectivamente de 12 a 15 e de 16/1.

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 42 - Efeito de doses de S na concentração de N das folhas no estádio de florescimento (ensaios em vasos com terra)

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 43 - Efeito de doses de S na concentração de N das folhas no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

FIGURA 44 - Efeito de doses de S na concentração de P das folhas no estádio de florescimento (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 45 - Efeito de doses de S na concentração de P das folhas no final do ciclo (ensaio em vasos com terra).

TABELA 26 - Relações aniônicas associadas com as produções máxi-
mas das três variáveis dependentes do estágio do
florescimento (média de 4 repetições).

Relações	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/S	LEa	Indet.	18	18	Indet.	Indet.	Indet.
	LE	Indet.	18	14	18	Indet.	18
P/S	LEa	1,4	2,0	1,5	2,0	Indet.	2,0
	LE	Indet.	1,2	Indet.	Indet.	Indet.	1,2
N/P	LEa	Indet.	11	Indet.	13	Indet.	Indet.
	LE	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.

TABELA 27 - Relações aniônicas associadas com as produções máxi-
mas das três variáveis dependentes no final do ci-
clo (média de 4 repetições).

Relações	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/S	LEa	Indet.	16	15	16	Indet.	15
	LE	Indet.	14	Indet.	14	Indet.	14
P/S	LEa	Indet.	1,6	Indet.	1,6	Indet.	1,6
	LE	Indet.	0,6	Indet.	0,6	Indet.	0,6
N/P	LEa	10	18	Indet.	18	11	Indet.
	LE	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.

d. Teor de S no solo

O efeito de doses de S na concentração de $S-SO_4$, extraído com uma solução de acetato de amônio 0,5 N em ácido acético 0,25 N no final do ciclo da cultura, é apresentado na Figura 46.

Analisando-se esta Figura, observa-se um aumento significativo no teor de $S-SO_4$ do solo com o uso do gesso (0, 6, 12 e 24 ppm de S). SHARMA & BRADFORD (1973) também verificaram que a aplicação de gesso (0, 10, 20 e 40 ppm de S) em soja num solo franco arenoso, revelaram os seguintes teores no solo após a colheita; 5,6; 6,8; 16,4 e 20,6 ppm de S.

A dose de S aplicado ao solo que permitiu a máxima produção de grãos e de matéria seca total foi, conforme já observada na Tabela 23 de 13 a 16 ppm de S. Substituindo esses valores de x (ppm de S aplicado) nas equações apresentadas na Figura 46, determina-se portanto, os teores de $S-SO_4$ no solo residual correspondentes aos níveis de S aplicados que permitiram a produção máxima no primeiro cultivo, conforme apresentado na Tabela 28.

Analisando-se os valores obtidos observa-se que para o solo LEa os níveis críticos situam-se por volta de 7 ppm concordando plenamente com os trabalhos de McCLUNG et alii (1959), ESMINGER & FRENEY (1966), REHM & CALDWELL (1968) e HANLEY (1969), que também utilizaram o acetato de amônio, bem como com os de NEPTUNE et alii (1975), WANG et alii (1976), NASCIMENTO & MORELLI (1980) e RENEAU & HAWKING (1980), utilizando como extrator uma solução contendo 500 ppm

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 46 - Efeito de doses de S na concentração de S-SO₄ do solo no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

de P na forma de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Por outro lado, observa-se que os teores residuais adequados de S-SO_4 no LE são mais elevados situando-se por volta de 13 ppm de S devido provavelmente à maior fixação apresentada pelo solo argiloso.

TABELA 28 - Teores no solo de S-SO_4 residual correspondentes às produções máximas do primeiro cultivo.

Cultivar	Solo	S-SO_4 (ppm)	
		13 ppm de S	16 ppm de S
Santa Rosa	LEa	7	8
	LE	11	12
IAC - 2	LEa	5	6
	LE	14	16

4.2.2. Efeito de doses de zinco (Zn)

a. Produção de grãos, matéria seca total e nodulação

Nas Figuras 47 a 49 são apresentados respectivamente o efeito de doses de zinco na produção de grãos, matéria seca total e nódulos.

Analisando-se essas Figuras observa-se um efeito significativo e positivo de doses de Zn nas características citadas, com exceção na produção de nódulos em que o efeito foi apenas para a cultivar IAC-2 no solo LEa. Observa-se também graficamente que o fornecimento de 2,4 ppm de Zn (6 kg/ha de Zn) como óxido ou sulfato apresentam comportamento semelhante nas características de produção analisadas.

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 47 - Efeito de doses de Zn na produção de grãos (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

● Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

FIGURA 48 - Efeito de doses de Zn na produção de matéria seca total (g/vaso) no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 49 - Efeito de doses de Zn na produção de nódulos (g/vase) (em saios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

As doses adequadas de Zn no solo são apresentados na Tabela 29, observando-se uma variação de 1,2 ppm de Zn (3,0 kg/ha) a 3,4 ppm Zn (8,5 kg/ha).

TABELA 29 - Doses adequadas de Zn no solo para as variáveis de produção nos ensaios em vasos com terra (média de 4 repetições).

Cultivar	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		ppm	kg/ha	ppm	kg/ha	ppm	kg/ha
Santa Rosa	LEa	2,7	6,8	1,1	2,8	Indet.	Indet.
	LE	3,4	8,5	3,3	8,1	Indet.	Indet.
IAC-2	LEa	1,2	3,0	2,3	5,8	2,1	5,4
	LE	3,1	7,7	3,1	7,7	Indet.	Indet.

Com relação à produção de grãos observa-se que as exigências em Zn da cultivar Santa Rosa são maiores do que a IAC-2, bem como as exigências são maiores no solo Latossol Vermelho Escuro textura média (LE), por apresentar esse solo maior teor de matéria orgânica e argila e conseqüentemente maior fixação do zinco (LIEM, s/d; SHUMAN, 1975; FREIRE & BRASIL SOBRÔ, 1980).

GOEPFERT (1970) realizando experimentos em vasos em casa de vegetação com vários solos do Rio Grande do Sul verificou que o ponto crítico abaixo do qual as deficiências podem ocorrer é de 5 kg/ha de Zn.

SCOTT & ALDRICH (1975) sugerem a aplicação de 11 kg/ha de Zn em solos limosos e argilosos e de 3,3 a 5,5 kg/ha

de Zn em solos arenosos. Já EMBRAPA (1976) verificou que a aplicação de 9 kg/ha em um Latossol Vermelho Escuro argiloso (LE), sob vegetação de cerrado, mostrou-se suficiente para manter boas produções por, pelo menos quatro colheitas consecutivas.

b. Teor foliar de Zn

O efeito de doses de Zn na concentração de Zn das folhas no estágio de florescimento e no final do ciclo da cultura são apresentados respectivamente nas Figuras 50 e 51.

Analisando as referidas Figuras observa-se um efeito linear de doses de Zn, na forma de ZnO, sobre a concentração do elemento na folha. Por outro lado, verifica-se também que o sulfato de zinco, na dose de 2,4 ppm de Zn, promoveu aumento muito maior no teor de Zn da folha do que qualquer dose de Zn utilizada na forma de óxido, comprovando a maior solubilidade desta fonte.

As relações entre a concentração de Zn das folhas com as variáveis dependentes de produção nos dois estádios de desenvolvimento da cultura são apresentadas nas Figuras de 52 a 57.

De uma maneira geral observa-se um efeito significativo e positivo da concentração de Zn foliar (oriundo do ZnO) sobre a produção de grãos e da matéria seca total, com pouco ou nenhum efeito sobre a nodulação.

Nas Tabelas 30 e 31 são apresentados os teores adequados correspondentes de Zn nas folhas respectivamente nos estádios de florescimento e no final do ciclo. Analisando-se es

FIGURA 50 - Efeito de doses de Zn na concentração de Zn das folhas no estágio de florescimento (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

FIGURA 51 - Efeito de doses de Zn na concentração de Zn das folhas no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 52 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no estágio de florescimento com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

FIGURA 53 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no estágio de flo rescimento com a produção de matéria seca total (g/vaso) (en saios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 54 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no estágio de flo rescimento com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaio em vasos com terra).

FIGURA 55 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no final do ciclo com a produção de grãos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

Santa Rosa - LEa

Santa Rosa - LE

IAC-2 - LEa

IAC-2 - LE

FIGURA 56 - Relação entre a concentração de Zn nas folhas no final do ciclo com a produção de matéria seca total (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

FIGURA 57 - Relação entre a concentração de Zn das folhas no final do ciclo com a produção de nódulos (g/vaso) (ensaios em vasos com terra).

TABELA 30 - Interpretação dos teores de Zn nas folhas trifoliatas recém maduras, sem pecíolo, colhidas no florescimento (média de 4 repetições).

Cultivar	Solo	Parâmetro Analisado	Teores de Zn			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
			ppm			
Santa Rosa	LEa	Grãos	< 28	28 - 31	32 - 36	> 36
		Mat. Seca	< 22	22 - 24	25 - 28	> 28
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LE	Grãos	< 24	24 - 26	27 - 31	> 31
		Mat. Seca	< 24	24 - 26	27 - 31	> 31
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
IAC-2	LEa	Grãos	—	Indeterminado	—	—
		Mat. Seca	< 28	28 - 30	31 - 35	> 35
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—
	LE	Grãos	< 35	35 - 38	39 - 44	> 44
		Mat. Seca	< 35	35 - 38	39 - 44	> 44
		Nódulos	—	Indeterminado	—	—

TABELA 31 - Interpretação dos teores de Zn nas folhas coletadas no final do ciclo da cultura (média de 4 repetições)

Cultura	Solo	Parâmetro Analisado	Teores de Zn			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excessivo
Santa Rosa	LEa	Grãos	< 25	25 - 28	29 - 32	> 32
		Mat. Seca	< 18	18 - 20	21 - 24	> 24
		Nódulos	< 17	17 - 19	20 - 23	> 23
	LE	Grãos	< 22	22 - 24	25 - 28	> 28
		Mat. Seca	< 22	22 - 24	25 - 28	> 28
		Nódulos	Indeterminado			
IAC-2	LEa	Grãos	Indeterminado			
		Mat. Seca	< 24	24 - 27	27 - 30	> 30
		Nódulos	Indeterminado			
	LE	Grãos	Indeterminado			
		Mat. Seca	< 25	25 - 28	29 - 32	> 32
		Nódulos	Indeterminado			

tes dados verifica-se, no estágio do florescimento (3^a folha trifoliata recém-madura) que o nível adequado do Zn variou de 25 a 44 ppm, enquanto que no final do ciclo da cultura, (todas as folhas misturadas) de 20 a 32 ppm de Zn.

Jones (1966) citado por OHLROGGE & KAMPRATH (1968), encontrou um nível adequado de Zn, também na folha trifoliata recém-maduras no estágio do final do florescimento, de 21 a 50 ppm de Zn. Por outro lado, MALAVOLTA (1978) cita que produções acima da média no USA apresentavam um teor de Zn nas folhas de 43 ± 12 ppm.

c) Teor foliar de N e P

O efeito de doses de Zn, na forma de ZnO, sobre a concentração de N e de P das folhas nos dois estádios de desenvolvimento, é apresentado respectivamente nas Figuras 58, 59, 60 e 61.

Analisando-se essas Figuras não se observa um efeito consistente das doses de Zn, na forma de ZnO, sobre os teores de N e P da soja. Assim, com relação ao teor de N não se verifica, conforme também observado por DEMETERIO et alii (1972) um aumento do mesmo com doses de Zn, exceção feita para a cultivar Santa Rosa no solo LE em ambos os estádios de desenvolvimento da cultura e do IAC-2 no solo LEa no final do ciclo. O efeito depressivo na concentração de N e de P com o aumento da concentração de Zn no substrato para a cultivar Santa Rosa no solo LEa, no estágio de florescimento é provavelmente devido a um efeito de diluição. Analisando apenas graficamente as Figuras, observou -

FIGURA 58 - Efeito de doses de Zn na concentração de N das folhas no estágio de florescimento (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

FIGURA 59 - Efeito de doses de Zn na concentração de N das folhas no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

FIGURA 60 - Efeito de doses de Zn na concentração de P das folhas no estágio de florescimento (ensaios em vasos com terra).

• Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn.

FIGURA 61 - Efeito de doses de Zn na concentração de P das folhas no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

● Óxido de Zn

□ Sulfato de Zn

-se um maior efeito do Zn, como sulfato, sobre os teores de N e P quando comparados com mesmo nível fornecido como ZnO.

Nas Tabelas 32 e 33 são apresentadas as relações N/Zn, P/Zn e N/P associados com as produções máximas das três variáveis dependentes, observando maior efeito das mesmas no estágio de florescimento da cultura.

A relação N/Zn apresentou uma variação de 1511 a 1769 nas folhas, enquanto a P/Zn, 69 a 149 e a N/P 11 a 18 no estágio de florescimento.

d) Teor de zinco no solo

Na Figura 62 é apresentado o efeito de doses de Zn, na forma de ZnO, sobre o teor de Zn do solo, extraído com uma solução de H_2SO_4 0,05 N e quantificado por espectrofotometria de absorção atômica. Observa-se pela análise dessa Figura um efeito linear e positivo do Zn, aplicado como óxido, sobre a concentração de Zn do solo no final do ciclo da cultura. Para o nível de 2,4 ppm de Zn, fornecido como ZnO e como $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, observa-se graficamente um teor muito maior de Zn no solo oriundo do sulfato, sugerindo a aplicação de menores teores de Zn na forma de sulfato para correção de deficiências (DECARO et alii, 1981).

Substituindo nas equações da Figura 62, a qual correlaciona doses de zinco aplicado (x) com o teor de Zn do solo residual (y), as doses de Zn aplicados no solo que permitem máximas produções de grãos e de matéria seca total, ou seja, 1,2 a 3,4 ppm de Zn, conforme dados da Tabela 29, obtém-se o teor de Zn do solo residual correspondente, conforme dados apresentado na Tabela 34.

TABELA 32 - Relações entre nutrientes associadas com as produções máximas das três variáveis dependentes no estágio do florescimento (média de 4 repetições).

Relações	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/Zn	LEa	Indet.	Indet.	1658	1653	1769	Indet.
	LE	1545	1511	1546	1511	Indet.	Indet.
P/Zn	LEa	Indet.	Indet.	118	149	132	Indet.
	LE	85	69	85	69	Indet.	Indet.
N/P	LEa	Indet.	11	Indet.	11	Indet.	Indet.
	LE	18	Indet.	18	Indet.	Indet.	Indet.

TABELA 33 - Relações entre nutrientes associadas com as produções máximas das três variáveis dependentes no final do ciclo (média de 4 repetições).

Relações	Solo	Grãos		Mat. Seca Total		Nódulos	
		SR	IAC-2	SR	IAC-2	SR	IAC-2
N/Zn	LEa	Ident.	Indet.	1503	Indet.	1764	Indet.
	LE	Indet.	Indet.	1143	Indet.	1239	Indet.
P/Zn	LEa	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	115	Indet.
	LE	67	Indet.	67	Indet.	Indet.	Indet.
N/P	LEa	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
	LE	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.

FIGURA 62 - Efeito de doses de Zn na concentração de Zn do solo no final do ciclo (ensaios em vasos com terra).

TABELA 34 - Teores no solo de Zn residual correspondentes às produções máximas do primeiro cultivo.

Cultivar	Solo	Zn (ppm)	
		1,2 ppm Zn	3,4 ppm Zn
Santa Rosa	LEa	1,1	1,7
	LE	1,8	2,5
IAC-2	LEa	1,0	1,4
	LE	2,2	2,8

Verifica-se que os teores residuais adequados no solo arenoso (LEa) são menores do que no solo argiloso, uma vez que o Zn no solo é fortemente fixado, e essa retenção é tanto maior quanto maiores forem os teores de argila e de matéria orgânica do solo (BRASIL SOBR? et alii, 1979), necessitando portanto de uma maior aplicação de Zn.

Com relação à faixa dos níveis críticos encontrados, PONNAMPERUMA et alii (1981) utilizando o HCl 0,05 N como extrator, verificaram que em 14 de 16 solos, nos quais se manifestavam sintomas de deficiência de Zn em arroz, apresentavam um teor desse elemento menor do que 1,0 ppm. Já VIETS & LINDSAY (1973) citam que os níveis críticos de Zn, extraído pelo DTPA (LINDSAY & NORVELL, 1969) como: 0,5 ppm (deficiente), 0,5 - 1,0 (baixo) e > 1,0 (adequado).

4.3. Comparação entre ensaios em solução nutritiva e solos

4.3.1. Doses adequadas de S e Zn no substrato

a. Enxofre (S)

Em solução nutritiva as doses adequadas de S no substrato, para produção de grãos e de matéria seca total, variaram de 12 a 17 ppm S, enquanto que nos ensaios em solos variaram de 13 a 16 ppm de S (33 a 40 kg/ha S) indicando quanto a este ítem que os dados obtidos em solução nutritiva podem ser extrapolados com segurança para ensaios em solos.

b. Zinco (Zn)

Em solução nutritiva as doses adequadas de Zn no substrato para produção de grãos e de matéria seca total, variaram de 1,2 a 2,4 ppm Zn, enquanto que nos ensaios em solos, de 1,2 a 3,4 ppm de Zn (3,0 a 8,5 kg/ha de Zn). As doses maiores encontradas nos ensaios em solos, se devem provavelmente à retenção de Zn pelo solo.

4.3.2. Teores adequados de S e Zn nas folhas

a. Enxofre (S)

Os teores adequados de S nas folhas em solução nutritiva nos estádios de florescimento e final do ciclo da cultura variaram respectivamente de 0,32 a 0,52% S e de 0,35 a 0,45% S, enquanto que nos ensaios em vasos com terra já foram bem menores, ou seja, 0,23 a 0,34% S e 0,18 a 0,24 %S. Normalmente, conforme verificado na literatura utilizada, os teores adequados de S nas folhas são sempre maiores em ensaios conduzidi

dos em solução nutritiva, provavelmente devido à maior disponibilidade de todos os nutrientes para a planta.

b) Zinco (Zn)

Os teores adequados de Zn nas folhas em ensaios em solução nutritiva no estágio do florescimento e no final do ciclo variaram respectivamente de 21 a 77 ppm Zn e de 24 a 52 ppm de Zn, enquanto que nos ensaios em vasos com terra, de 25 a 44 ppm de Zn e de 20 a 32 ppm Zn, sendo portanto maiores os teores adequados em solução nutritiva, muito provavelmente devido aos motivos já discutidos para o S.

4.3.3. Relações entre nutrientes nas folhas

a. Enxofre (S)

As relações N/S, P/S e N/P nos ensaios em solução nutritiva variaram respectivamente de 9 a 10/1; 0,9 a 1,2/1; 8 a 11/1 (estádio do florescimento) e de 6 a 10/1; 0,6 a 1,2/1 e 8 a 13/1 (final do ciclo). Nos ensaios em vasos com terra as relações N/S, P/S e N/P variaram de 14 a 18/1, 1,2 a 2,0/1 e 11 a 13/1 (florescimento) e de 14 a 16/1, 0,6 a 1,6/1 e 11 a 18 (final do ciclo), observando portanto, maiores variações na relação N/S, a qual é maior em ensaios em solos.

b. Zinco (Zn)

As relações N/Zn, P/Zn e N/P nos ensaios em solução nutritiva variaram respectivamente de 2773 a 6394/1, 264 a

734/l e 7 a 11/l (estádio de florescimento) e de 2624 a 3901/l, 272 a 451/l e 7 a 14/l (final do ciclo). Nos ensaios em vasos com terra as relações N/Zn, P/Zn e N/P variaram respectivamente de 1511 a 1769/l, 69 a 149/l e 11 a 18/l (florescimento) , enquanto que o no final do ciclo a relação N/Zn variou de 1143 a 1764 e a P/Zn, de 67 a 115.

5. CONCLUSÕES

5.1. Ensaio em solução nutritiva

Nas condições do experimento, os dados obtidos permitem concluir que:

5.1.1. Doses crescentes de enxofre (S)

a) Houve resposta diferencial das cultivares, à aplicação de S, em função da fonte de N utilizada, em relação à produção de grãos;

b) A dose adequada de S no substrato foi semelhante para as duas cultivares, independentemente das fontes de N, tendo sido encontrado um valor médio de 16 ppm de S.

c) Os teores foliares de S considerados como adequados, em relação à produção de grãos, variaram de 0,35 a 0,49%;

d) As relações N/S, P/S e N/P nas folhas foram se melhantes para as duas cultivares.

5.1.2. Doses crescentes de zinco (Zn)

a) Houve resposta positiva à aplicação de zinco , a qual foi mais influenciada pela fonte de N do que pela culti var;

b) As doses adequadas de Zn no substrato foram de 2,1; 1,2; 1,8 e 2,1 ppm de Zn, respectivamente para as cultiva- res Santa Rosa com N fixado e N combinado e IAC-2 com N fixado e N combinado;

c) Os teores foliares de Zn considerados como ade quados, em relação à produção de grãos, variaram de 21 a 37 ppm;

d) As relações N/Zn e P/Zn foram superiores em presença de N combinado, sendo maior na cultivar Santa Rosa.

5.2. Ensaaios em vasos com terra

Os resultados obtidos permitiram tirar as conclu sões abaixo relacionadas;

5.2.1. Doses crescentes de enxofre (S)

a) Houve resposta à aplicação de fosfogesso nas duas variedades e nos dois solos utilizados, havendo entretanto, efeito mais pronunciado no solo Latossol Vermelho Escuro-fase a renosa (LEa);

b) A dose adequada de S no solo foi semelhante para as duas cultivares e nos dois solos, tendo variado de 13 a 16 ppm S (equivalente de 33 a 40 kg/ha de S);

c) Os teores adequados de S nas folhas no estágio do florescimento variaram de 0,23 a 0,34%;

d) As relações aniônicas nas folhas, no estágio do florescimento, associadas com as produções máximas foram de 14 a 18 (N/S); 1,2 a 2,0 (P/S) e 11 a 13 (N/P);

e) Os teores residuais adequados de $S-SO_4$ no solo, extraído em NH_4OAc 0,5N, foram de 7 e 13 ppm, respectivamente para o LEa e LE.

5.2.2. Doses crescentes de zinco (Zn)

a) Houve resposta à aplicação do elemento nas duas variedades e nos dois solos estudados;

b) A dose adequada de Zn no solo, relativa à máxima produção de grãos variou de 1,2 ppm (3,0 kg/ha) a 3,1 ppm (7,7 kg/ha).

c) Os teores adequados de Zn nas folhas, no estágio do florescimento variaram de 25 a 44 ppm;

d) As relações N/Zn, P/Zn e N/P, nas folhas no estágio do florescimento, associadas com as produções máximas foram, respectivamente de 1511 a 1769, 69 a 149 e de 11 a 18 ;

e) Os teores residuais adequados de Zn no solo,

extraído em H_2SO_4 0,05 N, foram de 1,3 e 2,3 ppm, respectivamente para os solos LEa e LE;

f) O teor de Zn residual no solo, extraído com H_2SO_4 0,05 N, e o teor de Zn na folha foram maiores quando a fonte empregada foi o sulfato apresentando entretanto, as duas fontes (dose de 2,4 ppm), efeito semelhante nas características de produção analisadas.

6. LITERATURA CITADA

- ALLAWAY, W.H. e J.F. THOMPSON, 1966. Sulfur in the nutrition of plants and animals. Soil Sci., 101 (4): 240-247.
- ANGHINONI, I.; I. FIORESE e A.P. de MORAES, 1976. Resposta da cultura da soja à aplicação de boro, zinco e enxofre. Agron. sulriograndense, Porto Alegre, 12(2): 189-199.
- ANÔNIMO, 1981. Soja - Produção. In: Revista Agro Pecuária, A no 3, nº 29, Novo Grupo. Editora Técnica Ltda. p. 14-15.
- AULAKH, M.S.; N.S. PASRICHA e N.S. SAHOTA, 1980. Yield , nutrient concentration and quality of mustard crops as influenced by nitrogen and sulphur fertilizers. J. Agric. Sci. Camb., 94: 545-549.

- BARDSLEY, C.E. e J.D. LANCASTER, 1965. Acetate soluble sulfate. In: Methods of soils analysis chemical and microbiological properties. 1^a ed. Madson American Society of Agronomy, p. 1111 - 1113.
- BARNI, N.A.; J. KOLLING e E.R. HILGERT, 1978. Adubação nitrogenada na cultura da soja. In: IPAGRO Informa. Instituto de Pesquisas Agronômicas. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 28 - 40 p. (Boletim nº 21).
- BATAGLIA, O.C. e H.A.A. MASCARENHAS, 1977. Absorção de nutrientes pela soja em Latossol Roxo sob vegetação de cerrado. Campinas, Instituto Agronômico. 36 p. (Boletim Técnico nº 41).
- BATAGLIA, O.C.; H.A.A. MASCARENHAS e S. MIYASAKA, 1977. III - Nutrição mineral da soja. In: Fundação Cargill. A soja no Brasil Central, p. 57-83.
- BITTENCOURT, V.C.; L.F. BATISTA, M.N. GURGEL e D.A. CORDEIRO, 1978. Determinação do enxofre trocável do solo pelo método colorimétrico do azul de metiltimol. R. bras. Ci. Solo, 2: 184-189.
- BRASIL SOBRº, M.O.C. do; O. FREIRE; I.O. ABRAHÃO e A. MARCONI, 1979. Zinco no solo e na planta. Rev. Agr., LIV(3): 139 - 148.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da fertilidade

do solo - Métodos de Análise. Piracicaba. LIVROCERES LTDA.
57 p.

CATANI, R.A. e J.R. GALLO, 1955. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. Agric., 30: 49-60.

DECARO, S.T.; G.C. VITTI; D. FORNASIERI F. e W.J. de MELO, 1981. Efeitos de doses e fontes de zinco na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: Anais do I Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Ciências Agrárias. Jaboticabal, FCAV - UNESP. p. 65-66.

DEMETERIO, J.L.; R. ELLIS Jr. e G.M. PAULSEN, 1972. Nodulation and nitrogen fixation by two soybean varieties as affected by phosphorus and zinc nutrition. Agron. J., 64: 566-568.

DEV, G. e S. SAGGAR, 1974. Effect of sulfur fertilization on the N-S ratio in soybean varieties. Agr. J., 66: 454-455.

DIJKSHOORN, W. e A.L. van WIJK, 1967. The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter - A review of published data. Pl. Soil, 26: 129-157.

EARLEY, E.B., 1943. Minor element studies with soybeans: I - Varietal reaction to concentrations of zinc in excess of the nutritional requirement. J. Am. Soc. Agron., 35(1): 1012-1023.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1976. Relatório Técnico Anual. Brasília, 150 p.
- ENSMINGER, L.E. e J.R. FRENEY, 1966. Diagnostic techniques for determining sulfur deficiencies in crops and soils. Soil Sci., 101(4): 283-290.
- FAGERIA, N.K., 1976a. Critical P, K, Ca and Mg contents in the tops of rice and peanuts. Pl. Soil, 45(2): 421-431.
- FAGERIA, N.K., 1976b. Identificação de distúrbios nutricionais do arroz e sua correção. Goiânia, CNPAF. 22 p. (Boletim Técnico, 2).
- FARINA, M.P.W.; G.W. GROSS e P. CHANNON, 1972. The influence of sulphur on the yield of a grass-clover pasture fertilized with different sources of phosphorus. Fert. Soc. South Africa J. 1: 1-3.
- FREIRE, F.M., 1978. Produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) , em função de níveis de fósforo e zinco, em solos de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 74 p. (Tese de Mestrado).
- FREIRE, O. e BRASIL SOBR?, M.O.C, 1980. Comparação de alguns métodos para avaliação do zinco disponível em solos. Rev. Agr., LV(3): 157-173.

- FREITAS, F.G. de e C.O. da OLIVEIRA, 1977. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: FERRI, M.G., Coord. IV Simpósio sobre o cerrado. Bases para utilização agropecuária. São Paulo, Editora da USP e Belo Horizonte, Livraria Itatiaia Editora Ltda. p. 155-194.
- GATES, C.T. e W.J. MÜLLER, 1979. Nodule and plant development in the soybean, *Glycine max* (L.) Merr.: Growth Response to Nitrogen, Phosphorus and Sulfur. Austr. J. Bot., 27: 203 - 215.
- GILBERT, G.S., 1951. The place of sulfur in plant nutrition. Annls. Rev. Bot., 17: 671-691.
- GIORDANO, K.M. e J.J. MONTVEDT, 1966. Zinc availability for corn as related to source and concentration in macronutrient carrurs. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 30: 649-653.
- GOEPFERT, C.F., 1970. Influência da calagem na produção de soja, milho e na disponibilidade de enxofre e elementos menores. Rev. Fac. Agron. & Veter., Porto Alegre, 10: 49 - 50.
- GUAZZELLI, R.J.; J.F.MENDES; G.R. BAUWIN e S.F. MILLER, 1973. Efeitos agronômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos da soja, feijão e arroz em Uberaba, Minas Gerais. Pesq. Agr. bras., 8: 29-37.

- GUIMARÃES, J.A.P.; C.S. SEDIYAMA; T. SEDIYAMA; R.F. de NOVAIS ; J.M. BRAGA e S.S. BRANDÃO, 1976. Resposta da soja à fertilização nitrogenada em três localidades de Minas Gerais. Experientiae, 21(5): 101-119.
- HANLEY, P.K., 1969. Sulphur studies 2. Sulphur deficiencies and responses in Ireland. Irish. J. Agr. Res., 8(3): 441 - 444.
- HAQUE, I.; W.M. WALKER e S.M. FUNNAH, 1980. Effects of phosphorus and zinc on soybean in Sierra Leone. Commun. In. Soil Sci. and Pl. Analy., 11(11): 1029-1040.
- HIROCE, R. e J.R. GALLO, 1972. Efeito do enxofre na produção de soja . Bragantia, 31: XI-XII. (Nota 3).
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1950. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, California , Agricultural Experiment Station (Circular, 347).
- JACINTHO, A.O.; R.A. CATANI, e A. PIZZINATTO. 1971. Extração e determinação do teor solúvel de zinco do solo. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", XXVIII: 275-285.
- KIIHL, R., 1981. Soja - Há tecnologia na região de expansão: A questão é saber se a produção deve aumentar ou dobrar. In: Revista Agro Pecuária, Ano 3, nº 29. Novo Grupo. Editora Técnica Ltda. p. 20.

- KOLLING, J. e J.R.J. FREIRE, 1978. Fatores importantes para a eficiente fixação simbiótica de nitrogênio na cultura da soja. In: IPAGRO Informa. Instituto de Pesquisas Agronômicas. Governo do Estado do Rio Grande do Sul (Boletim nº 21).
- KRUG, F.J.; H. BERGAMIN F.; E.A.G. ZAGATTO e S.S. JØRGENSEN, 1977. Rapid determination of sulphate in natural waters and plant digest by continuous flow injection turbidimetry. Analyst, 102: 503 - 508.
- KUMAR, V. e M. SINGH, 1979. Sulfur and zinc relationships on uptake and utilization of zinc in soybean. Soil Sci., 128(6): 343-347.
- KUMAR, V. e M. SINGH, 1980a. Interactions of sulfur, phosphorus, and molybdenum in relation to uptake and utilization of phosphorus by soybean. Soil Sci., 130 (1): 26-31.
- KUMAR, V. e M. SINGH, 1980b. Sulfur and zinc interactions in relation to yield, uptake, and utilization of sulfur in soybean. Soil Sci., 130(1): 10-18.
- KUMAR, V.; M. SINGH e N. SINGH, 1981. Effect of sulphate, phosphate and molybdate application on quality of soybean grain. Pl. Soil, 50: 3-8.

- LIEM, T.H. s/d. Problemas de zinco na cultura de arroz de se-
queiro. Ultrafertil S.A. Deptº Serviços Técnicos Agronômi-
cos. 12 p. mimeo.
- LIEM, T.H., 1980. Estudos sobre o aproveitamento de novos fer-
tilizantes portadores de cálcio e enxofre. Piracicaba, ESALQ /
/USP. 102 p. (Dissertação de Mestrado).
- LINDSAY, W.L. e W.A. NORVELL, 1969. Development of a DTPA
micronutrient soil test. Agron. Abstr., Madison, p. 84.
- LOPES, O.E.G. e E. MALAVOLTA, 1974. Estudos sobre as relações
entre zinco e fósforo na nutrição da planta. Anais Esc.Sup.
Agric. "Luiz de Queiroz", XXXI: 467-483.
- MALAVOLTA, E., 1975. Práticas de nutrição mineral de plantas.
Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. E.S.A.
"Luiz de Queiroz" CENA. Piracicaba-SP. 65 p.
- MALAVOLTA, E., 1978. Nutrição mineral e adubação da soja. São
Paulo, Ultrafertil. Deptº de Serviços Técnicos Agronômicos.
40 p. (Série Divulgação Técnica).
- MALAVOLTA, E. 1979a. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e
culturas brasileiras. YAMADA, T. ed., Instituto da Potassa
& Fosfato (EUA-SUIÇA). 92 p. (Boletim Técnico, 4).
- MALAVOLTA, E., 1979b. Tecnologia de fertilizantes para o Bra-
sil-Subsídios. Simpósio sobre Tecnologia da Academia de Ciên-
cias do Estado de São Paulo. São Paulo-SP. 24 p. mimeo.

MALAVOLTA, E.; 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas.
São Paulo. Editora Agronômica Ceres Ltda. 251 p.

MALAVOLTA, E., 1981. Desordens nutricionais no cerrado. Curso de Atualização em Tecnologia e Manejo de Solos sob Cerrado .
Ministério da Educação e Cultura. Universidade Federal de
Goiás. Escola de Agronomia e Veterinária. Deptº de Agricultura. 60 p.

MALAVOLTA, E.; A.M. CALVACHE ULLOA; L.E. MORALES; O.G.B. ORTIZ;
S.U. CABALLERO; J.A.C. ARAUJO; S.O. MORAES; S.M. SIMABUCO ;
S.S. FREITAS; V. FAQUIM; V.M. NASCIMENTO; V.M. RUY; J.A. GAL
BIATTI; S.L. LIMA e R. ANGULO Fº, 1980b. Efeitos das defi
ciências de alguns micronutrientes em dois cultivares (Santa
Rosa e UFV-1) de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Anais Esc.
Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", XXXVII: 365-372.

MALAVOLTA, E.; I. CHAVES; G.S. TONIN e A.F. SOUSA, 1976. Defici
ências de macronutrientes na soja (*Glycine max* L., Merrill ,
var. IAC-2). Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", XXXIII,
471-477.

MALAVOLTA, E.; F.M. FERNANDES; H.M. CABRINI; J.R. ZANINI; M.E.
de SÁ; M. BARRETO; V.M. do NASCIMENTO; J. KAMINSKI; S. URQUIA
GA CABALLERO; L.A. GRACIOLLI; A.L. PEREZ; C. CAVICHIOILLI; A.
JACOUD e M.C. MELETTI, 1980a. Exigências minerais compara
das de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) :
Santa Rosa e UFV-1. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz",
XXXVII: 463-471.

- MALAVOLTA, E.; J.P. ROMERO; T.H. LIEM e G.C. VITTI, 1981. Ges
so Agrícola - Seu uso na adubação e correção do solo. Ultra
fêrtil S.A. 30 p. (Boletim Técnico, s/nº).
- MALAVOLTA, E.; A.A. VIDAL; A.C. GHELLER; A.L. FANCELLI; A.Y.
KISHIMO; C. TOLEDO PIZA JR.; D.B. SANTOS; V.M. RUY; V. FA
QUIMO; I.E. EIMORI; P.T.G. GUIMARÃES; O.B. ORTIZ; P.G. VAR
GAS; D. FORNASIERI Fº; I.M.S. VIEIRA e J.A. GALBIATTI, 1980c.
Efeitos das deficiências de macronutrientes em duas varieda
des de soja (*Glycine max* Merr.), Santa Rosa e UFV-1, cultiva
das em solução nutritiva. Anais Esc. Sup. Agric. " Luz de
Queiroz", XXXVII: 473-484.
- MARINHO, M.L. e G.A.C. ALBUQUERQUE de, 1981. Efeitos do cobre
e do zinco na produção de cana-de-açúcar em solos de tabulei
ros de Alagoas. Brasil Açucareiro, 98 (6): 41-50.
- MARTIN, W.E. e J.E. MATOCHA, 1973. Plant analysis as an aid
in the fertilization of forage crops. In: WALSH, L.M. e J.
D. BEATON, eds. Soil testing of plant analysis, Madison ,
Soil Sci. Soc. Am. p. 393-426.
- MARTINS, O. e J.M. BRAGA, 1977. Caracterização da fertilidade
de cinco latossolos sob vegetação de cerrado no triângulo
mineiro. Rev. Ceres, 24 (136): 596-607.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1973. Acúmulo de matéria seca, absorção
e distribuição de elementos durante o ciclo vegetativo da
soja. Campinas, Instituto Agrônômico. 48 p. (Boletim Téc
nico nº 6).

MASCARENHAS, H.A.A.; N.R. BRAGA; O. TISSELLI Fº; M.A.C. MIRANDA e A.J. ROSTON, 1976. Calagem e adubação da soja. Campinas, Instituto Agronômico. 7 p. (Circular nº 51).

MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A.S.; NAGAI, V. e BATAGLIA, O. C. 1973. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. Agronômico, 25 (nº único): 71-77.

MASCARENHAS, H.A.A.; M.A.C. MIRANDA e O. TISSELLI Fº, 1974 . Contribuição do Instituto Agronômico na evolução da cultura da soja no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico. 22 p. (Circular nº 32).

MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; E.S. FREIRE e T. IGUE, 1967. Adubação da soja. VI - Efeitos do enxofre e de vários micro nutrientes (Zn, Cu B, Mn, Fe e Mo) em Latossolo Roxo com vegetação de cerrado. Bragantia, 26: 373-379.

MASCARENHAS, H.A.A.; A.M.L. NEPTUNE; T. MURAOKA; E.A. BULISANI e R. HIROCE, 1980. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). R. bras. Ci. Solo, 4: 92 - 96.

McCLUNG, A.C.; L.M.M. FREITAS de e W.L. LOTT, 1959. Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo. IBEC Research Institute. 31 p. (Boletim 17).

MILLER, D.S. e G. DONOSCO, 1963. Relation between the sulfur/nitrogen ratio and the protein value of diets. J.Sci. Food Agr., 14: 345 - 349.

- MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1964. Aduba
ção da soja. III - Efeito de NPK, do enxofre e de micronu
trientes em solo do arenito Botucatú, com vegetação de cer
rado. Bragantia, 23(7): 65-71.
- MOOY, C.J. de; J. PESEK e E. SPALDON, 1973. Mineral nutrition.
In: CALDWELL, B.E., ed. Soybeans - Improvement Production
and Uses. Amer. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, USA. p.
267-352.
- MÜLLER, S.C., 1978. Perspectivas de expansão da produção de
soja no Brasil. Agroquímica, 8: 4-7.
- MURAOKA, T., 1981. Solubilidade do zinco e do manganês em di
versos extratores e disponibilidade desses dois micronutri
entes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. carioca
Piracicaba, ESALQ/USP. 141 p. (Tese de Doutorado).
- NASCIMENTO, J.A.L. do e M. MORELLI, 1980. Enxofre em solos
do Rio Grande do Sul. II - Disponibilidade. R. bras. Ci.
Solo, 4: 135-138.
- NAVA, G.V. e F.V. LOZANO, 1981. Efecto en la nodulacion y
fijacion de nitrogeno em soya perenne (*Glycine wightii*, W.)
con diferentes dosis de sulfato de zinc en suelos de Temporal,
Ver. In: XVII Informe de Investigacion, 1979 - 1980. Monterrey,
Instituto Tecnológico - Division de Ciencias Agropecuárias
y Maritimas. p. 65.

- NEPTUNE, A.M.L.; M.A. TABATABAI e J.J. HANWAY, 1975. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus-sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39 (1): 51-55.
- OHKI, K., 1977. Manganese and zinc status related to maximum growth for selected agronomic crops. In: SOCIETY SCIENCE SOIL MANURE. TOKYO, 1977. Proceedings of symposium on tropical agriculture research. Tokyo. p. 660 - 668.
- OHKI, K., 1978. Zinc concentration in soybean as related to growth, photosynthesis, and carbonic anhydrase activity. Crop Sci., 18: 79-82.
- OHLROGGE, A.J., 1960. Mineral nutrition of soybeans. Adv. Agron., 12: 229-263.
- OHLROGGE, A.J. e E.J. KAMPRATH, 1968. Fertilizer use on soybeans. In: DINAUER, R.C. Ed. Changing Patterns in fertilizer use. Madison, Soil Science of America, p. 273-295.
- PONNAMPERUMA, F.N.; M.T. CLAYTON e R.S. LANTIN, 1981. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. Pl. Soil, 61: 297-310.
- QUINN, L.R.; G.O. MOTT e W.V.A. BISSCHOFF, 1961. Fertilização de pastos de capim colônia e produção de carne com novilhos zebu. IBEC Research Institute. 40 p. (Boletim Técnico, 24).

- RAUSER, W.E., 1973. Zinc toxicity in hydroponic culture. Can. J. Bot., 51: 301-304.
- REDDY, G.D. e J. VENKA TESWARLU, 1973. Zinc phsophate interaction in mayze. J. Ind. Soc. Soil Sci., 21(4): 435-445.
- REDDY, M.R. e H.F. PERKINS, 1974. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38: 229-231.
- REHM, G.W. e A.C. CALDWELL, 1968. Sulfur supplying capacity of soils and the relationships to soil type. Soil Sci., 105(5): 355-361.
- RENEAU Jr., R.B. e G.W. HAWKINS, 1980. Corn and soybeans respond to sulphur in Virginia. Sulphur in Agric., 4: 7-11.
- ROBB, J.; L. BUSCH e W.E. RAUSER, 1980. Zinc toxicity and xylem vessel wall alterations in white beans. Ann. Bot., 46: 43-50.
- ROSOLEM, C.A., 1980. Nutrição mineral e adubação da soja. YAMADA, T. ed., Institutos da Potassa & Fosfato (EUA - SUÍÇA). 80 p. (Boletim Técnico 6).
- RUSCHELL, A.P.; R. RUSCHELL; D.L. ALMEIDA de e A.R. SUHET, 1974. Influência do nitrogênio mineral e orgânico na fixação simbiótica de nitrogênio em soja. Pesq. agr. bras., Ser. Agron., 9: 125-129.
- RUSCHELL, A.P. A.R. SUHET; R. VIANNI e D.L. ALMEIDA, de, 1975.

Efeito de diferentes fontes de nitrogênio e da inoculação na produção de sementes, proteína e óleo em duas cultivares de soja. Pesq. agr. bras., Série Agron., 10: 19-23.

SAGGAR, S. e G. DEV, 1972. Uptake of sulphur by different varieties of soybean. Indian J. agric. Sci., 44(6): 345 - 349.

SALAKO, E.A.; L.S. MURPHY; P.J. GALLAGHER e R. ELLIS Jr, 1975. Research shows soybeans need zinc. Issue Fertilizer Solutions Magazine. 1 a 3 p.

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba-SP. 57 p. mimeografado.

SCOTT, W.O. e S.R. ALDRICH, 1975. Producción moderna de la Soja. Buenos Aires, Editorial Hemisfério Sur. 743. 192 p.

SHARMA, G.C. e R.R. BRADFORD, 1973. Effect of sulfur on yield and amino acids of soybeans. Comm. In Soil Sci. and Pl. Analy., 4(2): 77-82.

SHEARD, R.W., 1980. Initial and residual utilization by alfafa and bromegrass of sulphur from ³⁵S-labelled gypsum. Comm. In Soil Sci. And Pl. Analy., 11(6): 605-619.

SHUMAN, L.M., 1975. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39: 454-458.

- STEWART, B.A. e L.K. PORTER, 1969. Nitrogen-sulfur relationships in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Corn (*Zea mays*), and Bean (*Phaseolus vulgaris*). Agr. J., 61: 267-271.
- THOM, W.O. e J.R. BROWN, 1977. Sulfur uptake by soybeans (*Glycine max* L.). Comm. In Soil Sci. And Pl. Analy., 8 (7): 599-604.
- ULRICH, A. 1948. Plant analysis - Methods and interpretation of results. In: American POTASH INSTITUTE, Washington . Diagnostic techniques for soils and crops. Washington p. 157-198.
- VALADARES, J.M.A.S., 1972. O zinco em solos do Estado de São Paulo. ESALQ/USP. Piracicaba. 72 p. (Tese de Douto^oramento).
- VALADARES, J.M.A.S., 1975. Zinco em solos do Estado de São Paulo. I - zinco total. Bragantia, 34(5): 133 - 139.
- VALLADES, L. C.; J. CARVALHO e J.A.N. XAVIER, 1971. Efeito de micronutrientes na cultura de arroz em solos de cerrado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo , 13^o Campinas, Anais, p. 155-157.
- VIETS, F.G. Jr. e W.L. LINDSAY, 1973. Testing soil for zinc, copper, manganese, and iron. In: WALSH; L.M. e J. D. BEATON. Ed., Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of America. Inc. Madison, Wisc. U.S.A. p. 153-172.

- VITTI, G.C., 1979. Influência do valor pH na disponibilidade do enxofre em Latossolos do Município de Jaboticabal. Jabotica - bal, FCAV/UNESP. 75 p. (Dissertação de Mestrado).
- VITTI, G.C., 1980. Macronutrientes secundários - situação , perspectivas e sugestões. HAAG, H.P. coord. Seminário apre - sentado à Disciplina "Seminários". CPG em Solos e Nutrição de Plantas. E.S.A. "Luiz de Queiroz" - USP. Piracicaba-SP , 37 p. mimeo.
- VITTI, G.C., 1982. Fertigrama solo (0-30 cm). Engº Agrº José Peres Romero - Prof. E. Malavolta - Análise crítica . Jaboticabal, FCAV/UNESP. 10 p. mimeo.
- VITTI, G.C.; J. SUZUKI; D. FORNASIERI Fº, E.L.M. COUTINHO e E. SACCHI, 1979. O enxofre na agricultura. BRASIL SOBRº , M.O.C. coord. Seminário apresentado à Disciplina "Problemas de Fertilidade do Solo". Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. E.S.A. "Luiz de Queiroz" - USP - Pira - cicaba - SP. 58 p. mimeo.
- WALLACE, A.; E.M. ROMNEY e P.M. PATEL, 1976. Zinc induced iron deficiency in soybeans. Commun. In Soil Sci. and Pl. Analy., 7(1): 37-41.
- WANG, C.H.; T.H. LIEM e D.S. MIKKELSEN, 1976. Sulfur deficiency - A limiting factor in rice production in the lower Amazon Basin. I. Development of sulfur deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Res. Inst. Inc. 46 p. (Bole - tim nº 47).

WHITE, M.C.; A.M. DECKER e R.L. CHANEY, 1979. Differential cultivar tolerance in soybean to phytotoxic levels of soil Zn. I. Range of cultivar response. Agr. J., 71: 121-131.