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*

F.M.Freire**
J.R. Sarruge***

RESUMO

O efeito de níveis de fósforo e zinco na produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'UFV-1) foi estudado em condições de casa-de-vegetação. Foram testadas três doses de fósforo equivalentes a 0. 200 e 400 kg de P_2O_5/ha, e três de zinco equivalentes a 0, 15 e 30 kg de sulfato de zinco/ha, em três solos, em vasos contendo 7 kg de terra. Os solos estudados foram os seguintes: Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Vermelho-Escuro, textura média (LEm), e Latossolo Vermelho-Escuro (LE). As sementes,

* Entregue para publicação em 5.11.1979.
Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada à E.S.A."Luiz de Queiroz", para obtenção do grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

** Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

*** Departamento de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz",USP.

no plantio, foram inoculadas com estirpes de *Rhizobium japonicum*.

Foram observados aumentos da produção de matéria seca das plantas e da nodulação, com a adubação fosfatada. A fertilização com zinco não alterou estes parâmetros. Produções menores de matéria seca das plantas foram verificadas no LEm, no entanto, este solo e o LV, foram os substratos que propiciaram as maiores nodulações. As concentrações de N, Ca, Mg e Zn decresceram com a adubação fosfatada, sugerindo-se um efeito de diluição, propiciado pelo intenso crescimento das plantas. A fertilização fosfatada, na maior dose, diminuiu o teor de K nas folhas velhas e aumentou-o nas novas e nas hastes, indicando ter havido translocação do referido nutriente.

INTRODUÇÃO

o Brasil tem experimentado aumentos surpreendentes de produção de soja nos últimos anos, passando de um total de 5.011.614 t, em 1973 a 11.226.545 t, em 1976. De modo semelhante, a produção de soja em Minas Gerais vem crescendo sensivelmente, passando de 36.318 t, em 1973, a 105.515 t, em 1976 (BRASIL, 1974; BRASIL, 1976).

Esse incremento de produção em Minas Gerais deveu-se, além da utilização de uma tecnologia mais avançada, à exploração de novas áreas, como as dos cerrados. Embora com algumas condições favoráveis, como as topográficas, seus solos são conhecidamente pobres em nutrientes (LOPES & COX, 1976).

Nos principais grupos de solos das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, três dos quais foram objeto de

estudos neste trabalho, o fósforo apresenta-se como principal nutriente limitante da produção de soja. Por outro lado, deve-se mencionar também a falta de informações para o Estado de Minas Gerais, em relação ao emprego de micronutrientes na cultura da soja. Sugere-se seu emprego somente quando se pode comprovar sua deficiência (PIPAEMG,1973).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o efeito de níveis de fósforo e zinco na produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela cultura da soja, em três solos do Estado de Minas Gerais.

REVISÃO DE LITERATURA

É bastante conhecido o efeito positivo do fósforo sobre o rendimento da soja, bem como sua influência sobre outras características, como altura da planta, altura da inserção da 1a. vagem, nodulação, etc.

Trabalhos de campo com o objetivo de determinar a relação entre a produção de soja e o nível de fósforo no solo foram desenvolvidos por KAMPRATH & MILLER (1958). Para tanto, os solos foram agrupados em diversas classes, quanto ao nível de P, ou seja, baixo, 4 a 10 ppm; médio, 11 a 31 ppm; alto, 32 a 56 ppm e muito alto, maior que 56 ppm. Observaram relação positiva entre a produção de soja e o nível de fósforo no solo. Estudos em casa-de-vegetação, também realizados por esses pesquisadores, mostraram resultados semelhantes aos obtidos em condições de campo.

Para as condições de solos do Estado de São Paulo, MIYASAKA *et alii* (1960, 1962, 1964a, 1966) e MASCARENHAS *et alii* (1970) obtiveram respostas significativas na produção de soja, quando o fósforo foi adicionado na adubação.

Trabalhando com solos do Rio Grande do Sul, GOEPFERT (1971) e GOEPFERT & FREIRE (1972), além de observarem o efeito estimulante do fósforo na produção de matéria seca e rendimento da soja, verificaram sua importância para uma boa nodulação.

No Estado de Minas Gerais, BRAGA *et alii* (1972), conduzindo experimentos em quatro locais do Triângulo Mineiro, num mesmo Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, e com doses de 0, 100, 200 e 300 kg de P_2O_5/ha, encontraram relação linear entre a produção de soja e os níveis de fósforo aplicados. LIMA *et alii* (1974), além de encontrarem respostas para produção, verificaram que a adubação fosfatada proporcionou aumento de altura das plantas e inserção da la.vagem.

A influência da adubação fosfatada sobre a absorção de nutrientes pela soja é citada na literatura. FLETCHER & KURTZ (1964), cultivando duas variedades de soja em casa-de-vegetação, com quantidades de fósforo que variaram de 0 (zero) a 4.950 kg/ha, observaram que as porcentagens de P e K nas folhas cresceram com o aumento das doses do referido nutriente.

Estudando o efeito de fontes e doses de fósforo na adubação da soja, PEREIRA (1972) encontrou, além de aumento da concentração desse nutriente, elevação dos teores de N, K e Ca e diminuição do teor de Mg na folha, com o aumento das doses de cada fosfato.

Segundo SALAKO *et alii* (1975), não se considerando a variabilidade existente entre as culturas e a sua capacidade para absorver o zinco do solo, as respostas das plantas à fertilização com esse micronutriente são frequentemente influenciadas pelas quantidades aplicadas e pelo tipo de solo.

Trabalhando num solo pertencente ao grande grupo do Latossolo Húmico, sob vegetação de cerrado, no Estado de Goiás, FREITAS *et alii* (1960) observaram respostas das culturas de milho e soja à aplicação de zinco

Experimentos de adubação NPK, associada ou não aos micronutrientes Cu, Zn, Mo, Mn e B, com aplicação de calcário e com presença e ausência de Mg, em solos sob vegetação de cerrado, utilizando as culturas de soja, milho e algodão

como testes, foram conduzidos por BRITTO *et alii* (1971). Em todos os experimentos verificou-se que a adubação preponderante é a de macronutrientes, associada a zinco, visto ter proporcionado produções mais elevadas.

Apesar de serem encontrados trabalhos mostrando o efeito positivo das aplicações de zinco sobre a produção de soja, este nem sempre tem sido comprovado. Em experimentos conduzidos por MIYASAKA *et alii* (1962, 1964b, 1966), em Terra Roxa misturada com argilito glacial, em solo do arenito de Botucatu e num solo pobre de Itararé, Estado de São Paulo, não foi observado efeito benéfico da aplicação de uma mistura de micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo) sobre a produção de soja. MASCARENHAS *et alii* (1967), GOEPFERT (1971) e MASCARENHAS *et alii* (1973) também não obtiveram respostas para produção de soja com a aplicação de micronutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Em experimento conduzido em casa-de-vegetação foram testadas três doses de fósforo e três de zinco, em três solos. As doses de fósforo foram: 0, 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso, correspondendo a 0, 200 e 400 kg de P_2O_5/ha, respectivamente; as de zinco: 0, 40,5 e 81 mg de sulfato de zinco/vaso, correspondendo a 0, 15 e 30 kg de sulfato de zinco/ha, respectivamente. O sulfato de zinco usado foi o heptaidratado. Como fonte de fósforo utilizou-se o superfosfato triplo. Os solos estudados, representativos das regiões produtoras de soja do Triângulo Mineiro e do Alto Paranaíba, do Estado de Minas Gerais, foram os seguintes: Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Vermelho-Escuro, textura média (LEm), e Latossolo Vermelho-Escuro (LE). O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado, num esquema fatorial $3^2 \times 3$, com 2 repetições, perfazendo um total de 54 parcelas (PIMENTEL GOMES, 1976). Cada parcela foi constituída de um vaso, que continha 7 kg de terra, com duas plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da cultivar 'UFV-1'. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica N K, que foi a seguinte: 54 mg de N/vaso, na forma

de sulfato de amônio, correspondendo a 20 kg de N/ha, e 135 mg de K_2O/vaso, na forma de cloreto de potássio, correspondendo a 50 kg de K_2O/ha. Nas transformações das doses por vaso para hectare, considerou-se uma densidade aparente média de 1,3 e uma profundidade de 20 cm, para os três solos estudados. A exceção do superfosfato triplo, os reagentes usados como fontes de nutrientes ou visando à calagem foram de classificação química p.a.

Os solos foram coletados superficialmente, a uma profundidade média de 20 cm. Antes da instalação do experimento e com base nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis (Tabela 1) (PIPAEMG, 1972), foi feita uma calagem, utilizando uma mistura de $CaCO_3$ + $MgCO_3$, apresentando, aproximadamente, 31% de CaO e 21% de MgO. Feita a calagem, os solos foram mantidos com um teor de umidade de mais ou menos 40% da capacidade de saturação da amostra, durante uma semana. Após esse período, novas análises químicas foram realizadas (Tabela 1).

O plantio foi feito colocando-se 5 sementes em cada vaso. Nestes, as sementes foram inoculadas com as estirpes SMS - 313 + SMS - 335 de *Rhizobium japonicum*, cedidas pela Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico de Campinas. Decorridos 5 dias depois da germinação, foi realizado um desbaste, deixando-se apenas 2 plantas em cada vaso.

Diariamente, todos os tratamentos eram irrigados com água destilada, tendo a análise química revelado um teor de 0,02 ppm de zinco. Visando a evitar danos de irrigação excessiva, um sistema de coleta do excedente foi adaptado aos vasos.

Colhidas 43 dias após o plantio, as plantas foram separadas em raízes e parte aérea. Esta, para a análise química, foi dividida em hastes, folhas velhas e novas. Os nódulos também foram coletados.

Tabela 1 - Resultados das análises químicas de amostras dos solos estudados

Solo	pH em H_2O 1:2,5	C %(1)	Teor trocável em e.mg/100 g de terra					
			PO_4^{-3}(2)	K^+(2)	Ca^{+2}(3)	Mg^{+2}(3)	Al^{+3}(3)	H^+(4)
			Sem calagem					
LV	4,9	2,04	0,009	0,12	0,16	0,05	0,66	7,84
LEm	5,1	0,48	0,009	0,14	0,29	0,11	1,25	3,44
LE	4,9	1,56	0,012	0,30	0,26	0,14	0,66	6,16
			Após calagem					
LV	5,4	1,92	0,011	0,12	1,55	1,09	0,18	6,96
LEm	6,6	0,45	0,015	0,08	1,76	1,07	0,10	1,22
LE	5,8	1,50	0,011	0,12	1,52	0,96	0,14	4,99

(1) Método - Walkley-Black.

(2) Extrato H_2SO_4 0,05 N.

(3) Extrato KCl 1 N.

(4) Obtido com Acetato de Cálcio 1 N pH 7.

O material vegetal e os nódulos foram secados em estufa de circulação forçada, a 60-70°C, até peso constante, e, posteriormente, pesados em balança analítica. Nas hastes, folhas velhas e novas foram determinados os elementos N, P, K, Ca, Mg e Zn, conforme métodos descritos por SARRUGE & HAAG (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca - raízes, parte aérea e nódulos

As produções de matéria seca das raízes, parte aérea e nódulos, em função das doses de fósforo e solos, encontram-se na Tabela 2.

Pode-se observar que os acréscimos de produções de raízes em função das doses de fósforo tiveram a mesma tendência nos três solos estudados. Entretanto, entre eles, a resposta foi mais marcante no LV. Nem no LE nem no LEm houve diferença entre as produções, nas doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso. Para produção de matéria seca da parte aérea, verifica-se que as maiores produções ocorreram no LV e no LE, que não se diferenciaram estatisticamente. As respostas à fertilização fosfatada, verificadas pelos aumentos de produção de matéria seca das raízes e da parte aérea, estão de acordo com os resultados obtidos por FLETCHER & KURTZ (1964) e GOEPFERT & FREIRE (1972).

Quanto à nodulação, verifica-se um aumento nos solos LV e LEm à medida que as doses de fósforo foram elevadas. No LE, no entanto, não foi observado acréscimo significativo entre as doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso. Esse efeito estimulante do fósforo na nodulação já foi também observado por outros autores, como FLETCHER & KURTZ (1964), GOEPFERT & FREIRE (1972) e PEREIRA (1972).

Não foram encontradas respostas à aplicação de zinco para produção de matéria seca das raízes e parte aérea. A falta de respostas à aplicação desse micronutriente foi verificada também por SALAKO *et alii* (1975). MASCARENHAS *et alii*

Tabela 2 - Produção de matéria seca de raízes e parte aérea, em g/vaso, e nódulos, em mg/vaso, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5 mg/vaso	Raízes				Parte aérea				Nódulos			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	1,474	1,174	1,263	1,304	2,947	2,190	2,626	2,588	3			
538,5	4,091	3,301	3,613	3,668	10,763	10,229	11,333	10,775	250	117	121	183
1077,0	4,666	3,446	4,015	4,042	13,539	12,177	13,532	13,083	506	476	196	393
Média	3,410	2,640	2,964	-	9,083	8,199	9,164	-	253	218	106	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5	0,267				0,870				74			
Solos	0,267				0,870				74			
P dentro solos	0,462				1,508				129			

(1977), explicando a ineficiência da fertilização com micronutrientes para a cultura da soja, sugere que isso se deva, provavelmente, ao fato de os calcários usados como corretivos, superfosfatos simples e triplo, apresentarem teores suficientes de micronutrientes para o bom desenvolvimento das plantas. Deve-se levar em consideração que, neste trabalho, foram utilizados superfosfato triplo como fonte de fósforo e água destilada na irrigação. O peso seco de nódulos também não foi influenciado pela fertilização com zinco.

Concentração de nutrientes

Nitrogênio

As concentrações de nitrogênio nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos, encontram-se na Tabela 3.

Verifica-se que a adubação fosfatada promoveu um decréscimo nas concentrações de nitrogênio nas partes da planta estudadas. Para as hastes, no LEm, houve também decréscimo quando a dose foi elevada de 538,5 para 1077 mg de P_2O_5/vaso. Quanto aos solos, observa-se que as maiores concentrações ocorreram no LE, que diferiu do LV e do LEm. Esses decréscimos das concentrações de nitrogênio podem ser atribuídos a um efeito de diluição, visto que, em razão da pobreza de fósforo verificada nos solos estudados (Tabela 2), ocorreu drástica redução no crescimento quando não foi fornecido fertilizante.

O efeito da fertilização com zinco sobre a concentração de nitrogênio nas partes da planta estudadas pode ser constatado na Tabela 4. Nota-se elevação na concentração desse elemento nas hastes e folhas novas quando a dose de sulfato de zinco passou de 0 para 40,5 mg/vaso, na presença de 538 mg de P_2O_5/vaso. Para as doses de 0 e 1077 mg de P_2O_5/vaso, não foi observado efeito da adubação com zinco.

Tabela 3 - Concentrações de nitrogênio, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
mg/vaso	LV	LEm	LV	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	3,18	2,99	2,98	3,05	4,79	4,74	4,97	4,83	4,45	4,59	4,71	4,58
538,5	0,87	1,01	1,20	1,03	2,53	2,23	3,28	2,68	3,33	3,10	3,82	3,42
1077,0	0,84	0,81	1,11	0,92	2,22	2,26	2,89	2,46	2,99	2,87	3,52	3,13
Média	1,63	1,60	1,76	-	3,18	3,08	3,71	-	3,59	3,52	4,02	-
D.M.S.Tukey 5%												
Doses			0,12				0,31				0,24	
Solos			0,12				0,31				0,24	
P dentro solos			0,20				0,55				0,41	

Tabela 4 - Concentrações de nitrogênio, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de zinco e fósforo

Sulfato de zinco mg/vaso	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	P_2O_5 mg/vaso				P_2O_5 mg/vaso				P_2O_5 mg/vaso			
	0,0	538,5	1077,0	Média	0,0	538,5	1077,0	Média	0,0	538,5	1077,0	Média
0,0	3,12	0,91	0,94	1,66	4,81	2,52	2,42	3,25	4,60	3,17	3,00	3,59
40,5	3,09	1,17	0,90	1,72	4,79	2,84	2,46	3,36	4,52	3,68	3,10	3,77
81,0	2,95	1,00	0,92	1,62	4,90	2,68	2,48	3,35	4,63	3,39	3,29	3,77
Média	3,05	1,03	0,92	-	4,83	2,68	2,46	-	4,58	3,41	3,13	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5	0,12				0,31				0,24			
Doses de Sulfato de zinco	0,12				0,31				0,24			
Zn dentro P	0,20				0,55				0,41			
P dentro Zn	0,20				0,55				0,41			

Essa elevação na concentração de nitrogênio poderia ser atribuída, provavelmente, a uma melhoria do estado nutricional da planta causada pela adição do zinco, proporcionando condições para uma melhor absorção de nutrientes, embora a fertilização com esse micronutriente não se tenha traduzido em forma de aumento de matéria seca. A concentração de nitrogênio nas folhas velhas não foi influenciada pela fertilização com zinco.

Fósforo

As concentrações de fósforo nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos, encontram-se na Tabela 5.

Verifica-se, de modo geral, elevação da concentração de fósforo nas diversas partes da planta estudadas com a adubação fosfatada, o que se fez notar, principalmente, entre as doses de 0 e 1077 mg de P_2O_5/vaso. Elevação dos teores de fósforo no tecido vegetal, com a adição desse nutriente ao meio, é citada na literatura (FLETCHER & KURTZ, 1964 e PEREIRA, 1972). Para os solos, observa-se que as maiores concentrações ocorreram nos LE e LV, os quais estatisticamente não diferiram.

Observou-se também que os acréscimos das concentrações de fósforo nas folhas velhas com a fertilização fosfatada tornaram-se maiores à medida que as doses de zinco foram aumentadas (Tabela 6). As tendências de aumento das concentrações de fósforo, ocasionadas pela fertilização com zinco, poderiam ser atribuídas, provavelmente, como anteriormente foi mencionado para as concentrações de nitrogênio, a uma melhoria do estado nutricional da planta, proporcionando, assim, condições para melhor absorção de nutrientes.

Tabela 5 - Concentrações de fósforo, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5 mg/vaso	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	0,046	0,043	0,051	0,047	0,071	0,063	0,067	0,067	0,140	0,141	0,139	0,140
538,5	0,065	0,045	0,069	0,060	0,097	0,071	0,114	0,094	0,171	0,124	0,185	0,160
1077,0	0,061	0,052	0,064	0,059	0,099	0,092	0,116	0,102	0,185	0,181	0,191	0,186
Média	0,057	0,047	0,061	-	0,089	0,075	0,099	-	0,165	0,149	0,172	-
D.M.S. Tukey (5%)												
Doses P_2O_5		0,007				0,014				0,017		
Solos		0,007				0,014				0,017		
P dentro solos		0,013				0,024				0,030		

Tabela 6 - Concentrações de fósforo, em %, nas folhas velhas, em função das doses de zinco e fósforo

Sulfato de zinco (mg/vaso)	P_2O_5 - mg/vaso			Média
	0,0	538,5	1077,0	
0,0	0,080	0,084	0,096	0,087
40,5	0,062	0,098	0,096	0,085
81,0	0,059	0,100	0,115	0,091
Média	0,067	0,094	0,102	
D.M.S.Tukey (5%)				
Doses de P_2O_5		0,014		
Doses de sulfato de zinco		0,014		
Zn dentro P		0,024		
P dentro Zn		0,024		

Potássio

Na Tabela 7 encontram-se os dados relativos às concentrações de potássio nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos.

Verifica-se, para hastes e folhas novas, à exceção do LEm, elevação da concentração de potássio com a adubação fosfatada. Os maiores aumentos foram promovidos pela aplicação da dose de 538,5 mg de P_2O_5/vaso. Para folhas velhas, no entanto, observa-se decréscimo da concentração de potássio, o que se faz notar no LEm e LE. No LV não foi observado decréscimo.

Tabela 7 - Concentrações de potássio, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
mg/vaso	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	0,72	0,77	0,82	0,77	1,20	1,10	1,24	1,18	1,56	1,57	1,60	1,58
538,5	1,23	0,80	1,30	1,11	1,28	0,85	1,32	1,15	1,81	1,59	1,86	1,75
1077,0	1,03	0,84	1,13	1,00	1,17	0,76	1,09	1,01	1,76	1,71	1,72	1,73
Média	0,99	0,80	1,08	-	1,22	0,90	1,22	-	1,71	1,62	1,73	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5		0,08				0,09				0,12		
Solos		0,08				0,09				0,12		
P dentro solos		0,13				0,15				0,20		

Quando se comparam as concentrações médias de potássio nas diversas partes da planta (Tabela 8), verifica-se tendência de decréscimo nas folhas velhas e de acréscimo nas folhas novas e hastes com a adubação fosfatada, sendo isso mais evidenciado quando se comparam as doses de 0 e 1077 mg de P_2O_5/vaso. Isto sugere que em razão do maior crescimento das plantas supridas com fósforo, houve translocação do potássio numa tentativa de suprir, com esse nutriente, as regiões em crescimento.

Tabela 8 - Concentrações de potássio, em %, em função das diferentes partes da planta e doses de fósforo

P_2O_5 mg/vaso	Folhas velhas	Hastes	Folhas novas
0,0	1,18	0,77	1,58
538,5	1,15	1,11	1,75
1077,0	1,01	1,00	1,73

As concentrações de potássio nas folhas velhas, em função das doses de zinco e de fósforo (Tabela 9), sugerem, como já discutido para as concentrações de nitrogênio e fósforo, importância da adição de zinco quando a planta está suprida de fósforo, pois, como pode ser verificado, parece que essa fertilização tende a promover, em determinados casos, maior absorção de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, já citados, e o potássio, nesse caso. O aumento da concentração de potássio ocorreu somente entre as doses de 0 e 81 mg de sulfato de zinco/vaso, na dose de 1077 mg de P_2O_5/vaso.

Cálcio

As concentrações de cálcio nas hastes, folhas velhas e novas em função das doses de fósforo e solos, acham-se na Tabela 10.

Tabela 9 - Concentrações de potássio, em %, nas folhas velhas, em função das doses de zinco e fósforo

Sulfato de zinco(mg/vaso)	P_2O_5 - mg/vaso			Média
	0,0	538,5	1077,0	
0,0	1,20	1,14	0,91	1,08
40,5	1,23	1,10	0,99	1,11
81,0	1,10	1,21	1,12	1,14
Média	1,18	1,15	1,01	
D.M.S.Tukey (5%)				
Doses de Sulfato de Zinco		0,09		
Doses de P_2O_5		0,09		
Zn dentro P		0,15		
P dentro Zn		0,15		

Pode-se observar que os decréscimos das concentrações de cálcio nas hastes, em função das doses de fósforo, foram semelhantes nos três solos estudados. As maiores concentrações foram observadas no LEm e no LE. Para as concentrações de cálcio nas folhas velhas, somente foi observado decréscimo entre as doses de 0 e 538,5 mg de P_2O_5 / vaso no LEm. Para as folhas novas, foram também observados decréscimos das concentrações de cálcio com a adubação fosfatada. Deve-se mencionar que as variações ocorridas entre as doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso não foram significativas. Os decréscimos dos teores de cálcio verificados nas diversas partes da planta poderiam ser atribuídos, provavelmente, a um efeito de diluição, o que pode ser verificado pelo grande aumento da matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Poder-se-ia esperar uma elevação das concentrações de cálcio com a aplicação das doses de fósforo, visto

Tabela 10 - Concentrações de cálcio, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5 mg/vaso	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	0,63	0,77	0,74	0,71	1,26	1,47	1,32	1,35	0,90	0,93	0,96	0,93
538,5	0,49	0,51	0,55	0,52	1,24	1,27	1,43	1,31	0,83	0,81	0,78	0,81
1077,0	0,52	0,53	0,59	0,55	1,19	1,32	1,40	1,30	0,81	0,81	0,80	0,81
Média	0,55	0,60	0,63	-	1,23	1,35	1,38	-	0,85	0,85	0,85	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5		0,05				0,09				0,05		
Solos		0,05				0,09				0,05		
P dentro solos		0,09				0,16				0,08		

que o superfosfato triplo, além de ser fonte de fósforo, também fornece cálcio. O aumento das concentrações de cálcio nas folhas de soja com o aumento das doses de superfosfato triplo foi encontrado por PEREIRA (1972).

Magnésio

Na Tabela 11 são encontradas as concentrações de magnésio nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos.

Observa-se, de modo geral, para as partes das plantas estudadas, queda da concentração de magnésio com a adubação com fósforo. Entretanto, as diferenças ocorridas entre as doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso não foram significativas. Isto sugere que possa ter havido um efeito de diluição, em razão do maior crescimento das plantas supridas com fósforo. Apesar do possível efeito de diluição, PEREIRA (1972) mostrou reduções das concentrações de magnésio nas folhas de soja com o aumento das doses de fósforo.

Zinco

As concentrações de zinco nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos, encontram-se na Tabela 12.

Pode-se verificar que os decréscimos das concentrações de zinco nas diversas partes da planta estudadas tiveram o mesmo comportamento sob a adubação fosfatada. Observa-se no entanto, que os decréscimos encontrados no LEm foram mais acentuados que os verificados no LV e no LE. Quando se comparam as concentrações de zinco na dose de 538,5 mg de P_2O_5/vaso com as de 1077 mg de P_2O_5/vaso, não se verificam diferenças significativas. Isso sugere, novamente, um efeito de diluição, provocado pelo crescimento das plantas. Segundo OLSEN (1972), em solos deficientes em fósforo e tendendo à deficiência ou levemente deficiente em zinco

Tabela 11 - Concentrações de magnésio, em %, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5 mg/vaso	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	0,38	0,52	0,45	0,45	0,64	0,74	0,62	0,67	0,48	0,53	0,47	0,49
538,5	0,29	0,30	0,29	0,29	0,44	0,50	0,55	0,50	0,37	0,38	0,37	0,37
1077,0	0,28	0,30	0,28	0,29	0,44	0,52	0,54	0,50	0,34	0,35	0,36	0,35
Média	0,32	0,37	0,34	-	0,51	0,59	0,57	-	0,40	0,42	0,40	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5	0,03				0,05				0,03			
Solos	0,03				0,05				0,03			
P dentro solos	0,05				0,08				0,05			

Tabela 12 - Concentrações de zinco, em ppm, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos

P_2O_5 mg/vaso	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	42,2	39,3	48,8	43,4	90,3	87,3	102,3	93,3	90,8	95,2	98,3	94,8
538,5	22,5	14,2	23,2	20,0	77,2	32,3	84,2	64,6	67,5	50,0	64,5	60,7
1077,0	21,2	16,2	22,0	19,8	76,0	34,8	68,7	59,8	61,7	45,2	60,5	55,8
Média	28,6	23,2	31,3	-	81,2	51,5	85,1	-	73,3	63,5	74,4	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses P_2O_5	4,3				12,5				8,7			
Solos	4,3				12,5				8,7			
P dentro solos	7,5				21,6				15,1			

disponível, a taxa de crescimento aumenta com a adubação fosfatada, porém a de absorção de zinco não cresce rapidamente o bastante para manter uma concentração suficiente desse micronutriente na parte aérea. MALAVOLTA & LOPEZ GOROSTIAGA (1974) sugerem que a interação fósforo x zinco poderia ser explicada pela operação de vários processos, dentre eles o efeito de diluição, resultante da mais alta taxa de crescimento causada pelo fósforo.

Na Tabela 13, vêem-se as concentrações de zinco nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de zinco e solos.

Observa-se que as concentrações de zinco nas diversas partes da planta estudadas tenderam a aumentar com a adubação com zinco, nos diferentes solos. Entre as doses de 40,5 e 81 mg de sulfato de zinco/vaso, não foi observado acréscimo nos teores de zinco. Quanto aos solos, as maiores concentrações foram verificadas no LV e no LE. Aumentos de concentração de zinco nas folhas de soja já foram observados também por SALAKO *et alii* (1975).

Deve-se também mencionar que, mesmo na dose 0 mg de sulfato de zinco/vaso, as concentrações de zinco nas folhas velhas e novas apresentavam-se com valores relativamente altos, pois, segundo SMALL Jr. & OHLROGGE (1973), a faixa de suficiência desse nutriente, para folhas de soja, situa-se entre 21 e 50 ppm. Isso sugere que a soja encontrava-se bem suprida de zinco e que os aumentos de concentrações observados pela fertilização com esse micronutriente seriam de luxo. Os níveis satisfatórios das concentrações de zinco nas testemunhas, para o referido micronutriente, poderiam ser devidos ao fornecimento de zinco pelo superfosfato tripo utilizado como fonte de fósforo, como já mencionado por MASCARENHAS *et alii* (1977), ou à contaminação pela água destilada utilizada na irrigação. O superfosfato triplo empregado apresentava, segundo sua análise química, um teor total de zinco de 286 ppm. Sabe-se que as doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso equivalem a 1197 e 2393 mg de superfosfato triplo/vaso. Dessa forma, a

Tabela 13 - Concentrações de zinco, em ppm, nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de zinco e solos

Sulfato de zinco(mg/vaso)	Hastes				Folhas velhas				Folhas novas			
	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média	LV	LEm	LE	Média
0,0	28,0	21,2	26,0	25,1	65,3	33,3	62,3	53,6	64,8	54,3	64,7	61,3
40,5	26,5	22,8	33,0	27,4	87,3	57,0	92,8	79,0	75,3	66,7	81,0	74,3
81,0	31,3	25,7	35,0	30,7	90,8	64,7	100,0	85,2	79,8	69,3	77,7	75,6
Média	28,6	23,2	31,3	-	81,1	51,7	85,0	-	73,3	63,4	74,5	-
D.M.S.Tukey (5%)												
Doses Sulfato de Zinco		4,3				12,5				8,7		
Solos		4,3				12,5				8,7		
Zn dentro solos		7,5				21,6				15,1		

contribuição em zinco pelo adubo fosfatado foi na base de 0,342 e 0,684 mg de Zn/vaso, o que, por sua vez, equivaleria a 1,488 e 2,976 mg de $ZnSO_4.7H_2O$/vaso, para as doses de 538,5 e 1077 mg de P_2O_5/vaso, respectivamente. Sabe-se também que a água destilada usada na irrigação apresentava um teor de 0,02 ppm de zinco. Considerando um consumo médio de 40 l por vaso durante toda a condução do experimento, verifica-se uma contribuição de cerca de 0,8 mg de Zn/vaso, equivalendo a 3,5 mg de $ZnSO_4.7H_2O$/vaso.

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1. A produção de matéria seca das plantas e a nodulação aumentaram com a adubação fosfatada.

2. As plantas cultivadas no solo LEm tiveram as menores produções de matéria seca.

3. Os solos LV e LEm foram os substratos que propiciaram as maiores nodulações da soja.

4. A fertilização com zinco não provocou aumentos nas produções de matéria seca das plantas e nos nódulos.

5. As concentrações de N, Ca, Mg e Zn decresceram nas hastes e nas folhas velhas e novas com a adubação fosfatada.

SUMMARY

DRY-MATTER YIELD, NODULATION AND NUTRIENT UPTAKE BY SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill), AS A FUNCTION OF LEVELS OF P AND Zn, IN SOILS OF MINAS GERAIS

The effects of levels of phosphorus and zinc on dry matter production, nodulation and nutrient uptake by soybean

(*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'UFV - 1') were determined in greenhouse. Three levels of phosphorus, corresponding to 0, 200 or 400 kg P_2O_5/ha, and three of zinc, corresponding to 0, 15 or 30 kg of zinc sulfate/ha were tested in three soils. Plants were grown in clay pots containing 7 kg of either a Red-Yellow Latosol (LV), a Dark-Red Latosol, medium texture (LEm), or a Dark Red Latosol (LE. Seeds were inoculated with strains of *Rhizobium japonicum* during planting.

Phosphate fertilization increased dry matter production and nodulation while zinc fertilization did not. Less dry matter was produced on LEm while most nodulation occured on this soil and the LV. The concentrations of N, Ca, Mg and Zn decreased with phosphate fertilizer suggesting a dilution effect as evident in plant growth intensity. The largest dose of phosphate decreased level of K in old leaves but increased K in young leaves and stems through translocation.

LITERATURA CITADA

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; ANDRADE, D., 1972. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. Ceres 19:52-62.

BRASIL, 1974. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico Brasileiro, 960 p.

BRASIL, 1976. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico Brasileiro, 816 p.

BRITTO, D.P.P.S.; CASTRO, A.F.; MENDES, W.; JACCOUD, A.; RAMOS, D.P.; COSTA, F.A., 1971. Estudo das reações a micronutrientes em latossolo vermelho-escuro sob vegetação de cerrado. Pesq. Agrop. Brasileira 6:17-22.

FLETCHER, H.F.; KURTZ, L.T., 1964. Differential effects of phosphorus fertility on soybean varieties. Soil Sci.Soc. Amer. Proc. 28:225-228.

FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C.; LOTT, N.L., 1960. Experimentos de adubação em dois solos de campos cerrado.IBEC. Research Institute, Bol. 21, 31 p.

GOEPFERT, C.F., 1971. Importância do fósforo na nodulação e no rendimento da soja (*Glycine max*). Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 7:6-9.

GOEPFERT, C.F.; FREIRE, J.R.J., 1972. Experimento sobre o efeito da calagem e do fósforo em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre,8(2): 181-186.

KAMPRATH, E.J.; MILLER, E.V., 1958. Soybean yields as function of the soil phosphorus level. Soil Sci.Soc.Amer. Proc. 22:317-319.

LIMA, L.A.P.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.S.,1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais. Experientiae 17(4):63-83.

LOPES, A.S.; COX, F.R., 1977. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetations in Brazil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 41:742-747.

MALAVOLTA, E.; LOPEZ GOROSTIAGA, O., 1974. Studies on the zinc phosphate relationship in plants. In: Plant Analysis and Fertilizer Problems, Proceedings of the 7th. International Colloquium, Hanover, p. 261-272.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T., 1967. Adubação da soja. VI - Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo), em solo latossol roxo com vegetação de cerrado. Bragantia 26(29): 373-379.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S., 1970. Adubação da soja. VIII - Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo podzólico vermelho amarelo, variação Piracicaba. Bragantia 29(8): 81-89.

MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A.S.; NAGAI, V.; BATAGLIA, O. C., 1973. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. Agronômico 25:71-77.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M. A.C.; TISSELLI FILHO, O., 1977. Calagem e adubação da soja. In: A soja no Brasil Central, Fundação Cargil, p. 85-138.

MIYASAKA, S.; SILVA, J.G.; GALLO, J.R., 1960. Adubação da soja I. Ensaios preliminares de adubação mineral em terra-roxa misturada. Bragantia 19(42):667-674.

MIYASAKA, S.; WUTKE, A.C.P.; VENTURINI, W.R., 1962. Adubação da soja. II. Adubação mineral em terra-roxa misturada com argilito do glacial. Bragantia 21(34):617-630.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A., 1964a. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia 23(5): 45-54.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A., 1964b. Adubação da soja. III - Efeito de NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo do arenito de Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia 23(7):65-71.

MIYASAKA, S.; ALENCAR, C.; FREIRE, E.S., 1966. Resposta da soja à adubação com N, P, K, S e micronutrientes, em solo pobre de Itararé, no sul do planalto paulista. Bragantia 25XXIX-XXXIII.

OLSEN, S.R., 1972. Micronutrient Interactions. In: MORTVEDT, J.J.; P.M.GIORDANO & W.L.LINDSAY. Coord. Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Sci.Soc.Amer., p.243-264.

PEREIRA, J., 1972. Efeitos de fontes e doses de fósforo na adubação à cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em um solo de campo-cerrado. Viçosa, UFV, 70 p. (Tese de Mestrado).

PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental, 6a. Edição, São Paulo, Livraria Nobel S/A, 430 p.

PIPAEMG, 1972. Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais. Recomendação do Uso de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais, 2a. tentativa, Belo Horizonte, Secretaria da Agricultura, 88 p.

PIPAEMG, 1973. Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais, Programa soja, Bol.Técnico nº 1, 42 p.

SALAKO, E.A.; MURPHY, L.S.; GALLAGHER, P.J.; SCHIELD,S.J.; HOGAN, D.A., 1975. Field and growth chamber investigations of zinc sources for soybeans. Department of Agronomy, Kansas State University, 61 p. (Report of Progress Grant in Aid).

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas, Piracicaba, ESALQ/USP, 55 p.

SMALL Jr., H.G.; OHLROGGE, A.J., 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L.M. & J.D. BEATON, Ed. Soil Testing and Plant Analysis, Madison, Soil Sci. Soc. Amer., p.315-327.