

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA SOJA.
EFEITO DE FONTES SÓLIDAS E FLUIDA DE FÓSFORO

Alberto C. de Campos Bernardi¹
Quirino Augusto de Camargo Carmello¹
Gil Miguel de Souza Câmara²
Leandro Mees dos Santos²
Marisa A.B. Regitano-d'Arce³

INTRODUÇÃO

Embora o fósforo seja o macronutriente exigido pelas plantas em menores quantidades, é em geral, o que mais limita a produtividade das culturas em solos que ainda não tenham recebido adubação. A maior parte dos solos brasileiros é deficiente nesse nutriente, mesmo aqueles já incorporados ao processo produtivo (VAN RAIJ, 1985). No Brasil, o uso de fertilizantes fluidos é bastante recente. Limita-se quase exclusivamente à cultura da cana-de-açúcar. Porém, esta prática apresenta potencial para ser utilizada em outras culturas. O ácido fosfórico tem-se destacado como fonte fluida de fósforo. Apresenta como vantagens: alta concentração de P, facilidade de armazenamento e aplicação, versatilidade de formulações, e menor custo por unidade de P_2O_5 (BOARETTO et alii, 1991).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das diferentes fontes sobre a produtividade e a qualidade da cultura da soja e, também, a eficiência agrônômica dos fertilizantes fluidos e sólidos nesta cultura.

REVISÃO DE LITERATURA

A característica que melhor avalia uma fonte de fós-

¹ Dep. de Química, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, cep 13418-900 Piracicaba-SP. Bolsista do CNPq.

² Dep. de Agricultura - ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

³ Dep. de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

foro, sob o ponto de vista agrônômico, é a sua eficiência em fornecer o nutriente para as plantas (GOEDERT & SOUSA, 1984). A eficiência de utilização dos fosfatos varia em função das características dos fertilizantes (tais como solubilidade e composição química), dos solos e de seu manejo, e da espécie vegetal cultivada (ENGELSTAD & TERMAN, 1980).

De acordo com SILVA *et alii* (1988), os fertilizantes fluidos e sólidos possuem eficiências equivalentes, quando utilizados nas mesmas doses de nutrientes e condições de aplicação. LAWTHWELL *et alii* (1960) concluíram, a partir dos resultados de experimentos de campo com culturas de milho, trigo, aveia e algodão, que as fontes fluidas são comparáveis ou superiores às sólidas. Sugeriram, ainda, que a decisão sobre a forma de fósforo a ser utilizada, se fluida ou sólida, deve basear-se no custo por unidade de nutriente aplicado. BRAGA (1969), utilizando o feijoeiro, testou fontes fluida e sólidas (solúveis e pouco solúveis) de fósforo e avaliou-se através do índice coeficiente de disponibilidade. Todas tiveram o mesmo comportamento, considerando-se tanto a produção de grãos como a quantidade de fósforo recuperada. LAMB *et alii* (1989), nos Estados Unidos, utilizaram fertilizantes fosfatados fluido (ácido fosfórico) e sólidos em solo calcário e cultura de soja. As fontes se equivaleram na produção de grãos e no fornecimento de fósforo às plantas.

KORNDÖRFER (1990) comparou o desempenho de fertilizantes fosfatados nas formas fluida e sólida e seu efeito sobre a produção da cana planta e da soca. As fontes de P estudadas foram: superfosfato simples e triplo granulados, ácido fosfórico e uma mistura de ácido fosfórico com fosfato natural sob forma fluida. Segundo ele, não houve diferença entre a adubação fosfatada sólida e a fluida na cana planta, foram observadas diferenças apenas após o terceiro corte. PENATTI (1991) estudou o efeito da aplicação de ácido fosfórico e de superfosfato triplo sobre as características agrônômicas e tecnológicas da cana-de-açúcar. Os resultados indicaram, que o comportamento agrônômico do áci-

do fosfórico foi semelhante ao do superfosfato triplo.

A eficiência agrônômica de fontes alternativas de fosfatos deve ser calculada através da comparação com uma fonte referência, o superfosfato simples ou o triplo, pois o efeito dos fertilizantes depende de fatores pedológicos, climáticos, do tipo de manejo e do ecossistema solo-planta (VAN RAIJ, 1986). Segundo CHIEN et alii (1990), as metodologias empregadas para a avaliação da eficiência de fertilizantes fosfatados classificam-se em técnicas de comparação vertical, de comparação horizontal e de comparação de respostas lineares. Os métodos de comparação vertical desconsideram a curva de resposta; a eficiência da fonte testada em relação à fonte referência é determinada para uma única dose do nutriente. No Brasil, dois índices são bastante utilizados na avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados: o Índice de Eficiência Agrônômica e o Equivalente em Superfosfato Triplo (GOEDERT & SOUSA, 1984; GOEDERT et alii, 1986).

LOBATO (1982) observa que, na avaliação da resposta da cultura da soja à adubação fosfatada, diferentes características agrônômicas devem ser consideradas, tais como o peso de grãos, a altura de plantas e a altura de inserção da primeira vagem.

O ácido fítico é a forma de armazenamento do P nos grãos, correspondendo a 70% do fósforo total neles contidos (RABOY & DICKINSON, 1993). RABOY et alii (1984) estudaram diversas linhagens de soja e concluíram que existe alta correlação entre P e o ácido fítico com proteínas ($r = 0,74$ para ambas as correlações). Além disso, os compostos fosforilados ricos em energia, geralmente nucleotídeos de adenosina ou guanina (ATP ou AGP), são fatores essenciais para a síntese de proteínas (MALAVOLTA, 1981). Há relatos de aumentos nos teores de proteínas como resposta à adubação fosfatada em soja (NELSON, 1975).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa Terra Roxa Estrutura

da, cuja análise química para fins de fertilidade é apresentada na **TABELA 1**. A partir dos resultados da análise química do solo, a adubação foi calculada segundo VAN RAIJ **et alii** (1985). As doses aplicadas no sulco de plantio foram de 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 52 kg.ha⁻¹ de K₂O (esta última com um acréscimo de 30% da recomendação original). Devido à alta Capacidade de Troca de Cátions (T) e à Saturação por Bases (V%) apresentadas pelo solo, não foi necessária a utilização de calcário. A **TABELA 2** contém as fontes utilizadas, com informações a elas relativas, adaptadas de MALAVOLTA (1981).

TABELA 1. Análise química do solo da área experimental.

P (resina) (µg/100 cm ³)	M.O.	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	T	V
			----- meq/100 cm ³ -----					
18,7	2,06%	5,75	0,15	4,29	1,77	2,37	8,58	72%

TABELA 2. Características físicas e químicas das fontes utilizadas.

Fontes	Forma Física	Fórmula	Nutrientes
Ácido fosfórico (AF)	Líquida	H ₃ PO ₄	48% P ₂ O ₅
Superfosfato triplo (ST)	Sólida (põ)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	44% P ₂ O ₅
Superfosfato simples (SS)	Sólida (granulado)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .CaSO ₄	18% P ₂ O ₅
Monoamônio fosfato (MAP)	Sólida (põ)	NH ₄ H ₂ PO ₄	49% P ₂ O ₅
Cloreto de potássio (KCl)	Sólida (põ)	KCl	63% K ₂ O

Usaram-se 4 blocos casualizados com 5 tratamentos (4 fontes de fósforo e a Testemunha). As parcelas constaram de 5 linhas de 5,0 m, espaçadas de 0,5 m. Na colheita, considerou-se área útil de 6,0 m² por parcela. O cultivar utilizado foi o IAC-8, sendo as sementes inoculadas com inoculante turfoso Nitral. A amostragem das folhas para a análise química foi feita durante o florescimento, colhendo-se a 3ª folha a partir do topo da planta. O preparo das amostras, assim como as extrações e determinações do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco foram feitas segundo a metodologia proposta por SARRUGE & HAAG (1974).

A colheita ocorreu quando a cultura atingiu a maturação no campo. Os grãos foram pesados e determinaram-se o número de grãos por vagem e a umidade. O peso foi então corrigido para 12% de umidade. As análises tecnológicas para a determinação dos teores de proteína e óleo seguiram as metodologias descritas pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1990) e pela AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (1983), respectivamente.

A partir dos resultados obtidos formularam-se duas hipóteses: a) hipótese de nulidade, pela qual todas as médias são iguais; b) hipótese alternativa, pela qual pelo menos 2 médias diferem. As hipóteses foram testadas na análise da variância através do teste F. Quando rejeitada a hipótese de nulidade, aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para comparação múltipla entre médias (PIMENTEL-GOMES, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Folhas

Os resultados das análises da 3ª folha estão nas **TABELAS 3 a 8**. Não houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha.

As classes de interpretação, propostas por PECK (1979), dividem os teores em: deficientes, baixos, suficientes, altos e excessivos. Os teores de nitrogênio e fósforo estão na classe deficiente em todos os tratamentos; o potássio, o cálcio e o magnésio estão suficientes em todos os tratamentos; o enxofre está baixo (para as fontes Ácido Fosfórico, Superfosfato Simples e para a Testemunha) ou deficiente (para o Superfosfato Triplo e o Monoamônio Fosfato). Os micronutrientes boro, ferro, manganês e zinco estão suficientes em todos os tratamentos, e o cobre está baixo.

Segundo CORDEIRO et alii (1979), os teores de N, P, K e Ca são os que têm maior influência positiva sobre a produção, e o teor de Mn exerce influência negativa. DUKE & COLLINGS (1985), citando vários autores, mencionam que alguns trabalhos têm demonstrado a existência de uma interação baseada na ativação pelo K de um sítio de absorção, específico para o P, na plasmalema. Neste estudo, observou-se que quando aumentaram os teores de P nas folhas, aumentaram também os teores de K, e que o inverso também foi válido.

KUMAR et alii (1981), trabalhando com solos de baixa fertilidade, verificaram efeito sinérgico do S sobre a concentração de P, até um determinado nível, em diferentes partes da planta de soja do cultivar Bragg. Com a utilização do Superfosfato Simples, que também fornece à planta o íon sulfato, não se observou nenhum efeito dessa interação sobre a absorção de P, já que não houve diferença para os teores de P entre os tratamentos. Foi observado apenas um acréscimo, não significativo, no teor de S, para o tratamento com Superfosfato Simples.

PALHANO et alii (1981) encontraram diferenças na absorção de Fe e Mn, pela soja, em função da adubação fosfatada. Quando a fonte era pouco disponível ou ausente, foi observado aumento nos teores de Fe e Mn nos tecidos dos três cultivares estudados. Segundo os autores, isso é devido à formação de ligações Fe-P no solo. Neste estudo, também houve aumentos, não significativos, nos teores foliares de Fe e Mn, na ausência de aplicação de fósforo.

TABELA 3. Análises da variância para os teores de macronutrientes na 3ª folha da soja IAC-8, durante o florescimento.

Variável	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
N	Tratamentos	4	5,32	0,881ns
	Blocos	3	4,82	0,800ns
	Resíduo	12	6,04	
	CV		9,54%	
P	Tratamentos	4	0,047	1,176ns
	Blocos	3	0,009	0,213ns
	Resíduo	12	0,040	
	CV		16,68%	
K	Tratamentos	4	7,36	0,619ns
	Blocos	3	3,20	0,269ns
	Resíduo	12	11,89	
	CV		15,49%	
Ca	Tratamentos	4	1,37	0,832ns
	Blocos	3	1,11	0,670ns
	Resíduo	12	1,69	
	CV		9,21%	
Mg	Tratamentos	4	0,031	3,26*
	Blocos	3	0,033	3,478*
	Resíduo	12	0,010	
	CV		3,50%	
S	Tratamentos	4	0,50	2,692ns
	Blocos	3	0,84	4,503*
	Resíduo	12	0,19	
	CV		30,19%	

ns - Não significativo.

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4. Análises da variância para os teores de micronutrientes na 3.^a folha da soja IAC-8, durante o florescimento.

Variável	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
B	Tratamentos	4	4042,50	0,875ns
	Blocos	3	818,33	0,177ns
	Resíduo	12	4622,50	
	CV	17,02%		
Cu	Tratamentos	4	155,00	1,388ns
	Blocos	3	53,33	0,478ns
	Resíduo	12	111,67	
	CV	17,04%		
Fe	Tratamentos	4	247230,00	1,863ns
	Blocos	3	110471,67	0,832ns
	Resíduo	12	132730,00	
	CV	28,93%		
Mn	Tratamentos	4	1225,00	1,011ns
	Blocos	3	653,33	0,539ns
	Resíduo	12	1211,67	
	CV	9,67%		
Zn	Tratamentos	4	2592,50	3,461*
	Blocos	3	1186,67	1,584ns
	Resíduo	12	749,17	
	CV	8,35%		

ns - Não significativo.

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5. Análises da variância para a exportação de macro nutrientes pelos grãos de soja IAC-8.

Variável	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
N	Tratamentos	4	2751,31	3,40*
	Blocos	3	155,11	0,19ns
	Resíduo	12	809,83	
	CV	21,77%		
P	Tratamentos	4	9,53	4,35*
	Blocos	3	1,87	0,86ns
	Resíduo	12	2,19	
	CV	19,05%		
K	Tratamentos	4	417,14	9,70**
	Blocos	3	217,03	5,05*
	Resíduo	12	43,01	
	CV	14,21%		
Ca	Tratamentos	4	4,15	7,05**
	Blocos	3	0,75	1,29ns
	Resíduo	12	0,59	
	CV	16,93%		
Mg	Tratamentos	4	4,39	6,54**
	Blocos	3	1,38	2,06ns
	Resíduo	12	0,67	
	CV	15,62%		
S	Tratamentos	4	1,74	1,99ns
	Blocos	3	1,32	1,51ns
	Resíduo	12	0,87	
	CV	23,16%		

ns - Não significativo.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Análises da variância para a exportação de micro nutrientes pelos grãos de soja IAC-8.

Variável	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
B	Tratamentos	4	824,01	1,34ns
	Blocos	3	44,49	0,73ns
	Resíduo	12	613,60	
	CV	35,61%		
Cu	Tratamentos	4	39,08	4,40*
	Blocos	3	17,05	1,92ns
	Resíduo	12		
	CV	25,20%		
Fe	Tratamentos	4	120101,51	4,35*
	Blocos	3	25637,64	0,93ns
	Resíduo	12	27632,73	
	CV	48,23%		
Mn	Tratamentos	4	183,85	1,93ns
	Blocos	3	20,56	0,22ns
	Resíduo	12	95,05	
	CV	39,65%		
Zn	Tratamentos	4	1212,49	10,32**
	Blocos	3	9,99	0,08ns
	Resíduo	12	117,48	
	CV	11,78%		

ns - Não significativo.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7. Análise da variância para os parâmetros fitotécnicos e para a análise tecnológica dos grãos de soja IAC-8.

Variável	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F
Produtividade	Tratamentos	4	451039	8,93**
	Blocos	3	25606	0,51ns
	Resíduo	12	50480	
	CV	9,63%		
Peso de 100 grãos	Tratamentos	4	1970,2	0,69ns
	Blocos	3	4471,2	1,56ns
	Resíduo	12	2858,8	
	CV	4,08%		
Grãos/Vagem	Tratamentos	4	0,448	0,11ns
	Blocos	3	2,989	0,76ns
	Resíduo	12	3,950	
	CV	10,89%		
Proteína	Tratamentos	4	92675	4,40*
	Blocos	3	1813	0,09ns
	Resíduo	12	21054	
	CV	16,39%		
Óleo	Tratamentos	4	23442,52	72,40**
	Blocos	3	144,78	0,45ns
	Resíduo	12	323,77	
	CV	3,40%		

ns - Não significativo.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8. Teores de macro e micronutrientes na 3.^a folha da soja IAC-8 em função das fontes de fósforo, na época do florescimento.

Fonte	MACRONUTRIENTES					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- % -----					
AF	2,72	0,11	2,01	1,40	0,27	0,16
ST	2,54	0,14	2,37	1,39	0,28	0,11
SS	2,42	0,12	2,28	1,46	0,29	0,18
MAP	2,55	0,12	2,20	1,30	0,28	0,10
Testemunha	2,65	0,12	2,28	1,43	0,29	0,17
	MICRONUTRIENTES					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	----- ppm -----					
AF	35,50	5,25	143,00	34,25	32,50	
ST	36,75	6,75	106,00	34,00	32,75	
SS	44,25	6,00	124,25	36,75	30,25	
MAP	37,25	6,75	98,50	37,25	31,50	
Testemunha	42,00	6,25	158,00	37,75	37,00	

Houve aumento no teor foliar de Zn na Testemunha (ausência de fonte de fósforo), o que evidencia a inibição não competitiva entre o Zn e o P, conhecida e bastante discutida na literatura. Segundo CORDEIRO *et alii* (1979), essa relação é a que tem maior influência positiva sobre a produção.

Exportação de Nutrientes

Na TABELA 9 estão os resultados da exportação de nu-

trientes pelos grãos de soja do cultivar IAC-8, em função das fontes de fósforo. Houve diferenças significativas para a exportação de N e de P entre o tratamento com Superfosfato Simples e a Testemunha. A exportação de K foi diferente entre o Superfosfato Simples e o Superfosfato Triplo e a Testemunha (que não diferiram entre si). Para a exportação de Ca e Mg, Superfosfato Simples e Monoamônio Fosfato diferiram apenas da Testemunha. A exportação de Cu e Fe foi maior no Ácido Fosfórico, que diferiu da Testemunha. A exportação de Zn foi maior no Superfosfato Simples, que diferiu do Ácido Fosfórico, Monoamônio Fosfato e Testemunha. Não houve diferenças na exportação de S, B e Mn.

BATAGLIA & MASCARENHAS (1977) estimaram a extração e a exportação de nutrientes pela cultura da soja. De acordo com eles, o nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pela soja, seguidos pelo cálcio, magnésio, enxofre e fósforo. A quantidade exportada pelos grãos segue a ordem: nitrogênio → potássio → fósforo → cálcio → magnésio = enxofre. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a exportação de macronutrientes pelos grãos foi: nitrogênio → potássio → fósforo → magnésio → cálcio → enxofre, para todos os tratamentos, com exceção apenas na adubação com Superfosfato Triplo, em que a exportação de enxofre foi maior que a de cálcio. A exportação de micronutrientes obedeceu à seguinte ordem, para todos os tratamentos: ferro → zinco → boro → manganês → cobre.

Parâmetros Fitotécnicos e Análise Tecnológica

Na TABELA 10 encontram-se os parâmetros fitotécnicos avaliados (produtividade, peso de 100 grãos e número de grãos por vagem) e a análise tecnológica dos grãos (produtividade de proteína e de óleo). A produtividade foi afetada significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, pelas fontes de fósforo, sendo o melhor tratamento, o que recebeu o Superfosfato Simples que diferiu dos tratamentos Ácido Fosfórico e Testemunha. Também o Superfosfato Simples e o Monoamônio Fosfato superaram a Testemunha. A Testemunha correspondeu a menor produtivida-

TABELA 9. Exportação de nutrientes pelos grãos de soja IAC-8 em função das fontes de fósforo na época da colheita-

Fonte	MACRONUTRIENTES					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg.ha ⁻¹ -----					
AF	117,2ab	7,2ab	48,0ab	4,6ab	5,1ab	4,5
ST	141,3ab	7,8ab	42,9 bc	4,1ab	5,3ab	4,5
SS	166,8a	9,3a	60,8a	5,7a	6,6a	4,3
MAP	132,0ab	9,1a	46,8abc	5,2a	5,6a	4,0
Testemunha	96,1 b	5,5 b	32,4 c	3,1 b	3,7 b	2,9
Δ	64,1	3,3	14,8	1,7	1,8	...
Fonte	MICRONUTRIENTES					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	----- g.ha ⁻¹ -----					
AF	61,2	15,5a	560,2a	31,3	89,5 bc	
ST	83,3	13,1ab	463,6ab	27,6	94,2ab	
SS	82,3	12,6ab	351,9ab	28,6	118,3a	
MAP	71,5	11,1ab	196,3ab	20,8	89,6 bc	
Testemunha	49,6	7,0 b	151,2 b	14,6	69,6 c	
Δ	...	6,7	374,7	...	24,4	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

de. A superioridade do Superfosfato Simples pode ser explicada pela sua composição, uma vez que, além de fósforo, leva ainda como nutrientes o cálcio e o enxofre, sendo este último o provável responsável pelo melhor desempenho dessa fonte. Tais resultados concordam com VAN RAIJ (1985), segundo o qual, mesmo os solos já incorporados ao processo produtivo, como este, com nível elevado de fertilidade, são deficientes em P (apresentam resposta à adubação fosfatada). Mas não confirmam os efeitos descritos por BRAGA (1969), que demonstrou a superioridade dos fosfatos de amônio sobre outras fontes.

A forma física de aplicação das fontes de fósforo também deve ser considerada, pois os fertilizantes líquidos entram em contato com maior volume de solo, em comparação aos fertilizantes aplicados na forma sólida, o que favorece as reações de fixação do fósforo, com redução de sua disponibilidade para as plantas. A mesma diferença aconteceu entre as fontes sólidas na forma de pó e granulada, já que o grânulo impediu contato mais íntimo com o solo, assim reduzindo a fixação. A esta razão se atribui a pequena diferença verificada entre as fontes líquidas e sólidas neste estudo, uma vez que o Superfosfato Simples foi aplicado na forma granulada, o Superfosfato Triplo e o Monoamônio Fosfato na forma de pó e o Ácido Fosfórico na forma líquida (TABELA 2). Observa-se que o desempenho das fontes foi diretamente relacionado ao grau de fixação a que estava sujeita, de acordo com TERMAN et alii (1960) e KORN DORFER (1990).

Seguindo as recomendações de LOBATO (1982), foram feitas avaliações fitotécnicas das características agrônômicas da soja, porém não foram observadas diferenças entre as médias de peso de 100 grãos e do número de grãos por vagem, em função das fontes de fósforo utilizadas.

KUMAR et alii (1981) não observaram aumentos nos teores de proteína, com o aumento das doses de P, mas houve aumento significativo em função das altas doses de S. Os efeitos das fontes sobre a qualidade dos grãos, quanto à produtividade de proteína, foram pouco evidentes, já que

TABELA 10. Parâmetros fitotécnicos e qualidade dos grãos da soja IAC-8 em função das fontes de fósforo na época da colheita.

Fontes	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Peso de 100 grãos (g)	Grãos/ Vagem (Nº médio)	Proteína Óleo	
				kg.ha ⁻¹	
SS	2675,4 a	13,45	1,80	1033,4 a	599,2 a
ST	2569,2 ab	13,02	1,79	987,5 a	586,3 ab
MAP	2429,2 ab	13,17	1,87	926,9 ab	554,8 b
AF	2147,8 bc	12,94	1,82	825,7 ab	488,6 c
Testemunha	1847,8 c	12,91	1,85	650,3 b	415,3 d
Δ	506,4	327,04	40,56

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

houve diferenças apenas entre o Superfosfato Simples e o Superfosfato Triplo e a Testemunha, pois o Monoamônio Fosfato e o Ácido Fosfórico equivaleram às demais. Quanto à produtividade de óleo, as melhores fontes foram o Superfosfato Simples e o Superfosfato Triplo, seguidas do Monoamônio Fosfato e do Ácido Fosfórico e, por último, da Testemunha.

Avaliação da Eficiência Agronômica das Fontes de Fósforo

Os Índices de Eficiência Agronômica (IEA) relativos à produtividade de grãos e à exportação de P, são apresentados na **TABELA 11**. O Índice de Eficiência Agronômica é considerado método de comparação vertical, que reflete o desempenho (em termos de rendimento ou P extraído pela planta) da fonte que está sendo avaliada em relação à fonte escolhida como referência, para uma mesma dose de fertilizante aplicada (GOEDERT & SOUSA, 1984; GOEDERT et alii (1986; CHIEN et alii (1990).

TABELA 11. Índices de Eficiência Agronômica para produtividade de grãos e exportação de P pela soja IAC-8 em função das fontes utilizadas.

Fontes	Índices de Eficiência Agronômica	
	Produtividade	Exportação de P
Superfosfato Simples	104,13%	119,23%
Superfosfato Triplo	100,00%	100,00%
Monoamônio Fosfato	94,35%	116,67%
Ácido Fosfórico	83,60%	92,31%

As Eficiências Agronômicas dos fosfatos avaliados pou

co diferiram, o que demonstra a semelhança entre as fontes líquida e sólidas no fornecimento de fósforo para as plantas de soja. Esse resultado está de acordo com CHIEN et alii (1990), uma vez que as fontes utilizadas apresentavam elevada solubilidade, característica que segundo os autores determina, em grande parte, a Eficiência Agronômica dos fosfatos. O comportamento das fontes confirma a opinião de SILVA et alii (1988). Os resultados são semelhantes àqueles obtidos por KORNDÖRFER (1990), em que após o terceiro corte de cana-de-açúcar, os Índices de Eficiência Agronômica obtidos foram: Superfosfato Simples (110%) → Superfosfato Triplo (100%) → Ácido Fosfórico (73%) → Mistura Ácido Fosfórico e Fosfato Natural (48%).

CONCLUSÕES

1) Houve efeito positivo da aplicação dos fertilizantes fosfatados sobre a produtividade da cultura da soja. O Superfosfato Simples levou à melhor produtividade, provavelmente devido aos nutrientes Ca e S também presentes na sua composição. O Superfosfato Triplo e o Monoamônio Fosfato levaram a produtividades ligeiramente inferiores, porém comparáveis à do Superfosfato Simples. A produtividade obtida com o Ácido Fosfórico foi comparável à dessas duas fontes, mas inferior à do Superfosfato Simples, pois fornece exclusivamente o nutriente P para as culturas.

2) A Eficiência Agronômica dos fertilizantes fosfatados sólidos e fluido foi comparável. Isto demonstra que a viabilidade do uso do Ácido Fosfórico na cultura da soja deverá ser analisada economicamente, ou seja, se a diferença de custos entre as fontes compensará a diferença de produtividade.

3) O teor de nutrientes, com exceção de Mg e Zn, nas folhas na época do florescimento não foi afetado pelos tratamentos. A exportação de macronutrientes pelos grãos na colheita, com exceção de S, foi afetada pelos tratamentos e obedeceu à seguinte ordem decrescente: N, K, P, Mg, Ca e S (no tratamento com Superfosfato Triplo a exportação de S

foi maior que a de Ca). Para micronutrientes, a ordem crescente é: Fe, Zn, B, Mn e Cu.

4) No que se refere ao peso de 100 grãos e ao número de grãos por vagem, as fontes de fósforo foram equivalentes.

5) Quanto à qualidade dos grãos, a produtividade de proteína foi pouco influenciada pelas fontes, sendo as maiores diferenças observadas na produtividade de óleo, onde as melhores foram Superfosfato Simples e Superfosfato Triplo, seguidas pelo Monoamônio Fosfato e pelo Ácido Fosfórico. A menor produtividade de óleo ocorreu na ausência de P.

RESUMO

O Ácido Fosfórico (AF) foi avaliado como fonte de fósforo para a soja em comparação com outras três fontes sólidas de fósforo (Superfosfato Triplo - ST; Superfosfato Simples - SS e Monoamônio Fosfato - MAP). As fontes SS, ST e MAP propiciaram as melhores produtividades de grãos, enquanto que o AF foi equivalente somente ao ST e MAP. As Eficiências Agronômicas dos fertilizantes sólidos e do fluido foram comparáveis, demonstrando a viabilidade do uso de Ácido Fosfórico na cultura da soja. Somente para Mg e Zn se comprovaram diferenças significativas entre as fontes quanto ao teor de nutrientes nas folhas. O peso de 100 grãos e o número de grãos por vagem não foram afetados pelas fontes de P, mas o contrário ocorreu com a exportação de nutrientes pelos grãos. A produtividade de proteína foi pouco influenciada pelos tratamentos. Já a produtividade de óleo foi maior com o uso de SS e ST, seguidos pelo MAP e pelo AF, sendo a menor quando não se aplicou fósforo.

Palavras-chave: Ácido fosfórico, soja, adubação fluida, fontes de P, qualidade de grãos.

SUMMARY**PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SOYBEAN.
EFFECT OF SOLID AND FLUID PHOSPHATIC SOURCES**

Phosphoric Acid (PA) was evaluated as P source for soybean and compared with three solid P fertilizers (Triple Superphosphate - TS; Single Superphosphate - SS and Monoammonium Phosphate - MAP). SS, ST and MAP sources produced the greatest harvest, while the PA harvest was only equivalent to TS and MAP. The Agronomic Efficiencies of fluid and solid phosphatic fertilizers were equivalent, indicating the viability of the use of PA for soybean crop. With the exception of Mg and Zn, there were no significant differences between the P sources on foliar nutrient levels. No significant differences were observed also for 100 seeds weight and number of seeds per pod. Nutrient grain exportation was affected by P sources. Treatments affected slightly protein production. SS and TS, followed by MAP and PA, had the greatest oil production, and the worst production was without P application (Control).

Key words: Phosphoric Acid, soybean, fluid fertilization, phosphatic fertilizer, grain quality.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 1992. **Official Methods and Recommended Practices**. 4.ed. Champaig. 2V.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990. **Official Methods of Analysis**. 15.ed. Washington. 2V.
- BATAGLIA, O.C. & H.A.A. MASCARENHAS, 1977. **Absorção de Nutrientes pela Soja**. Campinas, Instituto Agrônômico. 36p. (Boletim Técnico 41).
- BOARETTO, A.E.; A.P. CRUZ & P.H.C. LUZ, 1991. **Adubo Líquido; Produção e Uso no Brasil**. Campinas, Fundação Car-gill. 100p.
- CHIEN, S.H.; P.W.G. SALE & D.K. FRIESEN, 1990. A Discussion of the Methods for Comparing the Relative Effect

- iveness of Phosphate Fertilizers Varying in Solubility. **Fertilizer Research**, Dordrecht, 24(3): 149-57.
- CORDEIRO, D.S.; C.M. BORKERT; G.J. SFREDO; J.B. PALHANO; R.C. DITRICH, 1979. Efeito de Diversos Níveis de Fósforo de Diferentes Fontes Fosfatadas na Concentração de Macro e Micronutrientes na Parte Aérea de Plantas de Soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1., Londrina. **Anais**. Londrina, EMBRAPA/CNPSo. p.275-81.
- DUKE, S.H. & M. COLLINGS, 1985. Role of Potassium in Legume Dinitrogen Fixation. In: MUNSON, R.D. (ed.). **Potassium in Agriculture**. Madison, American Society of Agronomy. p.443-65.
- ENGELTAD, O.P. & G.L. TERMAN, 1980. Agronomic Effectiveness of Phosphate Fertilizers. In: SYMPOSIUM ON THE ROLE OF PHOSPHORUS IN AGRICULTURE, Muscle Shoals, 1976. **Proceedings**. Madison, ASA. p.311-32.
- GOEDERT, W.J. & E. LOBATO, 1984. Avaliação Agronômica de Fosfatos em Solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas 8(1): 97-102.
- GOEDERT, W.J.; D.M.G. SOUSA & T.A. REIN, 1986. **Princípios Metodológicos para Avaliação Agronômica de Fontes de Fósforo**. Planaltina, EMBRAPA/CPAC. 22p. (Documentos, 22).
- KORNDÖRFER, G.H., 1990. Fertilizantes Fosfatados Sólidos e Fluidos na Cana-de-Açúcar. Piracicaba, 91p. (Doutorado - ESALQ/USP).
- KUMAR, V.; M. SINGH & N. SINGH, 1981. Effect of Sulphate, Phosphate and Molybdate Application on Quality of Soybean Grain. **Plant and Soil**, The Hague, 59(1): 3-8.
- LAMB, J.A.; G.W. REHM; T.E. CYMBULAR; R.K. SEVERSON, 1989. Field Evaluation of a Very Acid Fertilizer as a P, Zn and Fe Carrier for Soybean Production on Higher pH Soils. **Journal of Fertilizer Issues**, Crookston, 6(3): 56-61.
- LATHWELL, D.J.; J.T. COPE JR. & J.R. WEBB, 1960. Liquid Fertilizers as Sources of Phosphorus for Field Crops. **Agronomy Journal**, Madison, 52(5): 251-4.
- LOBATO, E., 1982. Adubação Fosfatada na Região Centro-Oeste. In: EMBRAPA. **Adubação Fosfatada no Brasil**. Bra-

- sília, DID/EMBRAPA. p.201-39.
- MALAVOLTA, E., 1981. **Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação.** São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 596p.
- NELSON, W.L., 1975. Fertilization of Soybeans and Protein Production. In: COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11., Ronne-Bornholm. **Fertilizer Use and Protein Production. Proceedings.** Berne, International Potash Institute. p.229-35.
- PALHANO, J.B.; T. KINJO; H.A.A. MASCARENHAS; D. BARBIN, 1981. Diferença entre Alguns Cultivares de Soja Quanto à Absorção de Zn^{2+} , Fe^{2+} e Mn^{2+} e a Adubação Fosfatada. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 2., Brasília. **Anais.** Londrina, EMBRAPA/CNPSo. p.545-48.
- PECK, T.R., 1979. Plant Analysis for Production Agriculture. In: SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP, 7., Bridgtown. **Proceedings.** p.1-45.
- PENATTI, C.P., 1991. Uso do Ácido Fosfórico ou Superfosfato Triplo como Fonte de Fósforo para a Cana-de-Açúcar. Piracicaba. 72p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- PIMENTEL-GOMES, F., 1987. **Curso de Estatística Experimental.** 10.ed. São Paulo, Nobel. 430p.
- RABOY, V. & D.B. DICKINSON, 1993. Phytic Acid Levels in Seeds of *Glycine max* and *G. soja* as Influenced by Phosphorus Status. **Crop Science**, Madison, 33(6): 1300-5.
- RABOY, V.; D.B. DICKINSON & F.E. BELLOW, 1984. Variation in Seed Total Phosphorus, Phytic Acid, Zinc, Calcium, Magnesium, and Protein Among Lines of *Glycine max* and *G. soja*. **Crop Science**, Madison, 24(3): 431-4.
- SARRUGE, J.R. & H.P. HAAG, 1974. **Análises Químicas em Plantas.** Piracicaba, ESALQ. 40p.
- SILVA, L.C.F.; J. MARAFON JR.; J.A. BELTRAME; J.A. ARAGÃO; J. ORLANDO FILHO, 1988. Adubação Fluida na Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, 106(3): 27-32.
- TERMAN, G.L.; J.D. DEMENT; L.B. CLEMENTS; J.A. LUTZ, 1960. Crop Responses to Ammoniated Superphosphate and Dicalcium Phosphate as Affected by Granules Size, Water Solubility and Time Reaction with Soil. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, Washington, 8(1): 13-20.

- VAN RAIJ, B., 1985. Fertilidade do Solo e Necessidade de Calcário e Fertilizantes para o Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, 37(1): 13-21.
- VAN RAIJ, B., 1986. Condições Mínimas de Eficiência para Fosfatos Alternativos ao Superfosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 10(3): 235-9.
- VAN RAIJ, B.; N.M. SILVA; O.C. BATAGLIA; J.A. QUAGGIO; R. HIROCE; H. CANTARELLA; R. BELLINAZZI JR.; A.R. DECHEN; P.E. TRANI, 1985. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo. 107p. (Boletim Técnico, 100).