

# Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja<sup>1</sup>

## Influence of fertilization with phosphorus and potassium in the emergency of seedlings and yield of soybean crop

Lia Mara Moterle<sup>2\*</sup>, Renato Frederico dos Santos<sup>3</sup>, Alessandro de Lucca e Braccini<sup>4</sup>, Carlos Alberto Scapim<sup>5</sup> e Maria do Carmo Lana<sup>6</sup>

**Resumo** - O efeito salino dos diferentes adubos está na dependência da formulação e doses utilizadas. No presente estudo, avaliou-se o efeito da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas a campo e na produtividade da cultura da soja. Os tratamentos foram compostos pela combinação de diferentes formulações de adubo (0-25-25, 0-20-20 e Superfosfato simples) distribuídas em quatro posições no solo (na linha - 3 cm da superfície, na linha - 7 cm da superfície, na entrelinha - 7 cm da superfície e sobre a superfície do solo), mais a testemunha sem aplicação em esquema de parcelas subdivididas com testemunha adicional. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As características avaliadas foram: porcentagem de emergência a campo, velocidade de emergência, índice de velocidade de emergência, análises dos teores de fósforo e potássio nas folhas, massa de mil sementes e produtividade. A distribuição da formulação 0-25-25 na linha juntamente com as sementes a 3 cm da superfície do solo não provocou efeito salino prejudicial à emergência das plântulas. As maiores produtividades foram alcançadas utilizando-se os adubos 0-20-20 e Superfosfato simples distribuídas na entrelinha de plantio. A maior produtividade esteve relacionada ao aumento na massa de mil sementes.

**Palavras-chave** - *Glycine max*. Fertilizantes. Formulação. Posição do adubo.

**Abstract** - The salinity effect of different fertilizers depends on the formulation and the used doses. In this study, was evaluated the effect of the fertilization with phosphorus and potassium in the emergency of seedlings and yield of a field crop of soybean. The treatments consisted on the combination of different fertilizer formulations (0-25-25, 0-20-20 and simple superphosphate) distributed in four positions in the soil (in the line - 3 centimeters below the surface, in the line - 7 centimeters below the surface, in the space between lines - 7 centimeters below the surface and on the surface of the soil) and a witness without application, in the scheme of split plot with additional witness. A randomized complete block design with four replications was used. The evaluated characteristics were: percentage of the field emergency, speed of emergency, index of emergency speed, analyses of phosphorus amount and potassium in leaves, mass of one thousand seeds and yield. The distribution of the formulation 0-25-25 in the line together with the seeds 3 centimeters below the surface of the soil did not provoke harmful salinity effect to the emergency of seedlings. The highest yield was reached using fertilizer formulation 0-20-20 and simple superphosphate in the space between lines. The highest yield was related to the increase in the mass of one thousand seeds.

**Kew words** - *Glycine max*. Fertilizers. Formulation. Position of the fertilizer.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 17/10/2008; aprovado em 18/03/2009

<sup>2</sup>Eng. Agrônoma, M. Sc., bolsista do CNPq, aluna de doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Caixa Postal: 5.790, CEP: 87 020-900, Maringá, PR, lmoterle@hotmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Cooperativa Agropecuária e Industrial, agronomore@hotmail.com

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, albraccini@uol.com.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, cascapim@uem.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônoma, D. Sc., Prof. do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, mclana@unioeste

## Introdução

De acordo com a Conab (2008), a área brasileira cultivada com soja na safra 2007/08 foi em torno de 21.317.000 ha com produtividade aproximada de 2.818 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, apesar das conquistas alcançadas com o emprego das novas tecnologias, ainda se busca novos conceitos ou novas técnicas que permitam melhor desempenho inicial do estande bem como maior rendimento para a cultura.

A qualidade da semente é fator preponderante para o sucesso da cultura, se refletindo posteriormente na produtividade. Assim, muito se tem feito no sentido de avaliar a qualidade da semente de soja, no entanto, pouco se tem estudado sobre os efeitos das práticas culturais sobre a qualidade fisiológica (VIEIRA et al., 1987b; AZEVEDO et al. 2007).

Dentre as práticas culturais, o aumento da quantidade de fertilizantes, principalmente potássicos e fosfatados, têm sido utilizados para se conseguir incrementos na produtividade. O fósforo e o potássio são nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plântulas e aqueles usados em maior quantidade, devido à grande necessidade exigida pelas culturas e baixa mobilidade no solo, principalmente no caso do fósforo (MALAVOLTA, 2006).

De acordo com Bevilaqua et al. (1996), o efeito salino das diferentes formulações está na dependência da formulação e dose usadas dos diferentes componentes e, com isso, pode acarretar danos diferenciados na emergência das plântulas. A posição inadequada dos fertilizantes em relação à semente, em diversas espécies, pode estar relacionada a problemas na germinação de sementes, devido ao efeito salino a ela ocasionado.

Outra questão a ser considerada diz respeito à utilização de cloreto de potássio (KCl) como agente causador de estresse às sementes, visto que diversos trabalhos têm sido conduzidos, em condições de laboratório, neste sentido. Moraes e Menezes (2003), trabalhando com estresse hídrico em sementes de soja observaram que o aumento da concentração salina com KCl ocasionou redução na germinação e vigor das sementes, o mesmo foi observado por Farias et al. (2003), Fanti e Perez (2004) e Moterle et al. (2006), porém trabalhando com sementes de milho, paineira e milho-pipoca, respectivamente.

A presença de sais na germinação, segundo Bansal et al. (1980), principalmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência dos eventos relacionados ao processo germinativo das sementes. Para Adegbuyi et al. (1981), os sais provocam estresse hídrico, o qual geralmente atua

diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes. Assim sendo, pode-se inferir que há uma influência dos sais sobre as sementes quando estas entram em contato direto com as mesmas.

Em trabalho conduzido por Zhnovskaya et al. (1972 apud AGUIAR, 1979), constatou-se que o fertilizante colocado próximo ou junto à semente inibe a atividade de enzimas responsáveis pela conversão de substâncias de reserva em carboidratos solúveis, durante a germinação de sementes de várias espécies. Por outro lado, de acordo com Raij (1991), a posição do fertilizante, em relação à semente, é importante do ponto de vista nutricional, pois a plântula, no início do seu desenvolvimento, necessita com grande rapidez dos nutrientes e estes devem estar próximos da raiz, diminuindo com isso perdas de nutrientes por percolação através do perfil do solo.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com fósforo e potássio em diferentes posições no solo sobre a emergência das plântulas a campo e na produtividade da cultura da soja.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2005/2006 em campo experimental da Cooperativa Agropecuária e Industrial de Itambé localizado na latitude 23°39'40" Sul e longitude 51°59'25" Oeste, estando a uma altitude média de 428 metros. As avaliações de produtividade e da massa de mil sementes foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (NUPAGRI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na área é o Cfa (IAPAR, 1987). Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento encontram-se na Tabela 1. Os resultados da análise química do solo, realizada antes da instalação do experimento, encontram-se na Tabela 2.

A área experimental foi previamente dessecada com 2,5 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Glyphosate em mistura com 0,5 L ha<sup>-1</sup> de óleo mineral. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações da Embrapa Soja (2005).

Foi utilizada no experimento, a cultivar de soja CD 216, pertencente ao grupo de maturação precoce, com ciclo médio de 112 dias. As sementes de soja foram semeadas

**Tabela 1** - Dados de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar da manhã, no período de condução do experimento (Itambé, Estado do Paraná)<sup>1</sup>

Mês/Ano <sup>2</sup>		Temperatura (°C)		Precipitação <sup>3</sup> pluvial (mm)	Umidade relativa (%)
		Máxima	Mínima		
Outubro/2006	(1)	29,3	18,6	46,0	70,6
	(2)	29,4	19,5	16,0	72,0
	(3)	31,9	19,8	27,5	58,6
Novembro/2006	(1)	28,7	19,0	34,0	72,6
	(2)	31,0	19,2	17,0	53,6
	(3)	32,1	21,5	98,0	66,0
Dezembro/2006	(1)	30,1	20,2	24,0	73,6
	(2)	32,4	22,3	125,0	65,6
	(3)	29,3	20,7	143,5	80,0
Janeiro/2007	(1)	28,8	21,6	123,0	86,6
	(2)	29,4	21,2	73,5	80,0
	(3)	29,9	21,4	50,9	79,6
Fevereiro/2007	(1)	30,9	22,0	33,0	75,0
	(2)	29,5	20,1	82,0	73,6
	(3)	31,4	20,9	57,5	71,0

<sup>1</sup> Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá – Convênio UEM/INMET; <sup>2</sup> (1), (2) e (3) representam os decêndios do mês; <sup>3</sup> Precipitação coletada próxima à área experimental

**Tabela 2** - Resultados da análise química do solo na camada de 0 - 20 cm do solo Argissolo vermelho eutroférico, antes da implantação da cultura

Profundidade	P <sup>(1)</sup>	pH <sup>(2)</sup>		H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup> <sup>(1)</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>2+</sup> <sup>(3)</sup>	SB	CTC	V	C <sup>(4)</sup>
(cm)	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	g dm <sup>-3</sup>
0 – 20	10,00	5,6	6,3	2,5	0	0,30	7,00	2,2	9,50	12,00	79,17	19,00

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich 1; <sup>(2)</sup> CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; <sup>(3)</sup> KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>(4)</sup> Método Walkley-Black

com espaçamento de 0,45 m entre linhas, na profundidade de aproximadamente três centímetros e uma densidade de semeadura de 20 sementes por metro linear, em área de plantio direto vigente a 6 anos. As parcelas foram constituídas de sete linhas de seis metros de comprimento. Para as avaliações utilizou-se uma área útil de 8,1 m<sup>2</sup>, em que foram consideradas apenas as três fileiras centrais, descartando-se as bordaduras.

Os tratamentos utilizados foram: a) três formulações de fertilizante: 480 kg da formulação 0-25-25, 600 kg da formulação 0-20-20 e 632 kg de Superfosfato simples e uma testemunha não tratada (controle); e b) em quatro diferentes posições do fertilizante em relação a semente: na linha, junto com a semente a 3 cm abaixo da superfície; na linha, 7 cm abaixo da superfície; na entrelinha, 7 cm abaixo da superfície;

sobre a superfície do solo; além de uma testemunha, sem adubação. A composição das formulações utilizadas por tonelada de adubo são as seguintes: a) 0-25-25: 272 kg SPT, 394 kg SPS, 334 kg KCl e 6 kg S e b) 0-20-20: 516 kg SPT, 67 kg SPS, 417 kg KCl e 39 kg S.

Foi realizado o tratamento de sementes com o fungicida Derosal Plus (Carbendazin + Thiram) na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, em que, utilizando-se sacos plásticos para o condicionamento das sementes e por meio de agitação manual, promoveu-se maior contato entre as sementes e o produto. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido Noctin na dose de 100 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes.

As variáveis avaliadas foram: porcentagem de emergência a campo, considerando-se o total de plântulas emergidas aos 28 dias na área útil; velocidade de

emergência, utilizando-se a fórmula proposta por Edmond e Drapala (1958); índice de velocidade de emergência, contabilizando-se diariamente o número de plântulas emergidas, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962); análises dos teores de fósforo e potássio nas folhas; massa de mil sementes e produtividade.

As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estágio de desenvolvimento  $R_8$ , em fevereiro de 2006. Após a colheita das plantas, as sementes foram debulhadas das vagens em máquina trilhadora estacionária, limpas com o auxílio de peneiras, secas em condições naturais e acondicionadas em sacos de papel kraft.

Partindo-se do rendimento de sementes nas parcelas, foram calculadas as produtividades em  $\text{kg ha}^{-1}$ , para cada tratamento. Em seguida, foi determinada a massa de mil sementes, por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama, multiplicando-se os resultados por 10. Para o cálculo do rendimento e da massa de mil sementes, o grau de umidade das sementes, determinado segundo a metodologia de Brasil (1992), foi corrigido para 13% base úmida.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema de parcelas subdivididas com testemunha adicional  $3 \times 4 + 1$  (formulações  $\times$  posição do adubo + testemunha), totalizando 13 tratamentos, na parcela foram casualizadas as formulações e nas subparcelas as posições dos adubos. Os resultados foram submetidos à análise de variância. Para avaliar o efeito entre os tratamentos e em comparação com a testemunha, foi utilizado o teste LSD, a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância revelaram efeitos significativos, em nível de 5% de probabilidade, para os efeitos principais formulação e posição do adubo, bem como para a interação, para todas as características avaliadas, com exceção das variáveis velocidade de emergência e teores foliares de fósforo e potássio. Isso significa que as formulações tiveram comportamentos diferentes frente às posições em que o adubo foi distribuído.

Observa-se por meio da Tabela 3 que, quando o adubo foi distribuído na linha a 7 cm abaixo da superfície e na entrelinha a 7 cm abaixo da superfície do solo, houve diferença significativa na porcentagem de emergência das plântulas, quando utilizou-se o adubo Superfosfato simples

e a formulação 0-25-25, esta última apresentou menor porcentagem de emergência quando comparada a utilização de Superfosfato simples. Possivelmente, o fato da formulação 0-25-25 ter maior proporção de Superfosfato triplo e Cloreto de potássio com índice salino de 10 e 116, respectivamente, em relação ao Superfosfato simples (índice salino de 8) (MALAVOLTA, 2006), pode ter interferido na absorção de água durante a emergência das plântulas. De acordo com, Vieira e Ramos (1999) quanto maior o índice salino do fertilizante, maior o aumento da pressão osmótica da solução do solo, o que pode provocar a transferência de água das sementes para o solo, provocando-lhes murchas e, em casos extremos, a não germinação.

Segundo Osaki (1991), além da solubilidade, os compostos químicos usados como adubo têm potencial de salinização variável em função da natureza química e umidade do solo e, dependendo dessas condições, podem acarretar danos diferenciados na emergência das plântulas (BEVILAQUA et al., 1996).

Comparando-se as posições do adubo, verifica-se que, quando se utilizou a formulação 0-25-25, a maior emergência a campo e o maior índice de velocidade de emergência foi conseguido quando o adubo foi distribuído na linha a 3 cm da superfície do solo, juntamente com as sementes. Enquanto que, para esta mesma formulação a menor emergência foi verificada quando o adubação foi realizada na entrelinha a 7 cm da superfície do solo.

Estes resultados contrariam aqueles obtidos por Bevilaqua et al. (1996) e Raij (1991), os quais observaram maior emergência das sementes distribuindo-se os fertilizantes a base de  $\text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$  ao lado e abaixo das sementes. Raij (1991), posicionou a posição do fertilizante como 5,0 cm ao lado e abaixo da semente. Para esse autor, ambos os nutrientes apresentaram um efeito depreciativo na emergência, quando colocados junto à semente, com o K apresentando valores inferiores em relação ao P, nesta posição, resultados estes que não coincidiram com o presente estudo. Para as demais formulações não houve diferença significativa na emergência a campo em relação às posições em que foi distribuído o adubo.

Verifica-se, por meio da Tabela 4, que não houve diferença significativa entre a velocidade de germinação quando utilizadas diferentes formulações em diferentes posições do adubo no solo. Estes resultados discordam dos encontrados por Bevilaqua et al. (1996), em que observaram maior velocidade de germinação quando o P e o K foram colocados 4,9 cm e 5,2 cm, ao lado e abaixo da semente, respectivamente. No entanto, deve-se considerar no presente estudo, a textura do solo. Como se trata de solo argiloso, este proporciona maior tamponamento

**Tabela 3** - Resultados médios da porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência e estande inicial da cultura da soja, sob a aplicação de três formulações de adubo em quatro posições (Itambé, PR, 2006/07)

Posições	Formulações		
	0-25-25	0-20-20	Super Simples
Emergência a campo (%)			
1 - linha (3 cm)	96,0 aA	88,1 aA	85,6 aA
2 - linha (7 cm)	69,3 bBC	89,0 abA	90,9 aA
3 - entrelinha (7 cm)	64,6 bC	79,5 abA	84,8 aA
4 - sobre a superfície	89,0 aAB	94,8 aA	79,2 aA
Índice de velocidade de emergência (dias)			
1 - linha (3 cm)	16,1 aA	15,4 aA	14,2 aA
2 - linha (7 cm)	10,8 aB	15,5 aA	15,6 aA
3 - entrelinha (7 cm)	9,3 aB	11,7 aA	13,1 aA
4 - sobre a superfície	13,4 aAB	16,3 aA	13,3 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade

**Tabela 4** - Resultados médios da velocidade de emergência e dos teores de fósforo e potássio no tecido foliar da cultura da soja, sob a aplicação de três formulações de adubo em quatro profundidades (Itambé, PR, 2006/07)

Posições	Formulações			Médias
	0-25-25	0-20-20	Super Simples	
Velocidade de emergência (dias)				
1 - linha (3 cm)	6,2	6,1	6,2	6,2 A
2 - linha (7 cm)	6,6	6,1	6,0	6,2 A
3 - entrelinha (7 cm)	7,0	6,6	6,7	6,8 A
4 - sobre a superfície	6,8	6,2	6,3	6,4 A
Médias	6,7 a	6,3 a	6,3 a	
P (g kg <sup>-1</sup> )				
1 - linha (3 cm)	2,9	3,0	3,1	3,0 A
2 - linha (7 cm)	3,2	3,1	3,2	3,1 A
3 - entrelinha (7 cm)	3,1	3,1	3,0	3,1 A
4 - sobre a superfície	2,9	3,0	3,1	3,0 A
Médias	3,0 a	3,0 a	3,1 a	
K (g kg <sup>-1</sup> )				
1 - linha (3 cm)	19,2	19,9	20,1	19,7 AB
2 - linha (7 cm)	20,7	20,9	19,5	20,4 A
3 - entrelinha (7 cm)	20,0	20,3	18,2	19,8 AB
4 - sobre a superfície	18,2	19,5	17,9	18,5 B
Médias	19,5 a	20,2 a	19,2 a	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade

quanto ao efeito salino dos adubos, o que possivelmente contribuiu para que não houvessem diferenças significativas para a variável velocidade de emergência.

Embora alguns trabalhos demonstrem efeitos negativos dos elementos P e K sobre a emergência das plântulas (BEVILAQUA et al., 1996; OSAKI,

1991), ficou evidente por meio deste trabalho que, nestas condições, as formulações 0-25-25, 0-20-20 e Superfosfato simples, não provocaram efeito salino a ponto de prejudicar o estabelecimento das plântulas (Tabelas 3 e 4), principalmente no que diz respeito a emergência de plântulas no campo. Borba et al. (1981), semelhantemente, não verificaram efeito da adubação fosfatada e potássica sobre a germinação e o vigor de sementes de três cultivares de soja. Da mesma maneira, Vieira et al. (1987a), também não observaram efeitos adversos do uso de diferentes doses de fósforo e potássio sobre a germinação de sementes de soja. Isso pode ser explicado em razão de que as doses utilizadas atenderam as recomendações técnicas para a cultura em questão. Além disso, o posicionamento do adubo junto as sementes pode ter facilitado a absorção do mesmo favorecendo a nutrição e facilitando desta forma, a velocidade de emergência das plântulas.

Observa-se, ainda, por meio da Tabela 4, que não houve diferença significativa entre os teores foliares de fósforo quando utilizadas diferentes formulações em diferentes posições do adubo no solo. Em contrapartida, os teores foliares de potássio nas folhas foram influenciados pela posição em que o adubo foi distribuído no solo. Independente da formulação utilizada, houve maior acúmulo de potássio nas folhas quando se aplicou o adubo na linha a 7 cm da superfície do solo do que quando o adubo foi distribuído sobre a superfície do solo. Estes resultados contrariam os encontrados por Bevilacqua et al. (1996), que observaram maior absorção de nutrientes pelas plantas de soja e milho, respectivamente, a medida em que o fertilizante era colocado mais próximo da semente. Provavelmente, as plântulas de soja conseguiram assimilar

mais facilmente o potássio distribuído abaixo das raízes, concordando com a afirmação de Raij (1991).

Em relação aos dados de massa de mil sementes, nota-se, por meio da Tabela 5 que ao compararem-se as três formulações, houve diferença significativa quando o adubo foi colocado na linha a 3 cm abaixo da superfície do solo. Ou seja, os melhores resultados para a referida característica foi observado quando se utilizou a formulação 0-25-25 quando em comparação com o adubo Superfosfato simples. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Sharma e Kolte (1994), trabalhando com canola, que constaram ser o potássio o elemento que favorece o aumento na massa de mil sementes. Entretanto, Nakagawa et al. (2001) e Ávila et al. (2004), trabalhando com aveia e canola, respectivamente, evidenciaram ausência de resposta a adubação potássica para a característica em questão.

Ao se comparar as posições em que o adubo foi distribuído, verifica-se que, ao se utilizar o adubo Superfosfato simples, a massa de mil sementes foi significativamente superior que os demais tratamentos quando o adubo foi posicionado na entrelinha a 7 cm da superfície do solo (Tabela 5).

Quanto aos dados de produtividade notou-se que, quando aplicado Superfosfato simples na entrelinha a 7 cm da superfície, houve produtividade significativamente superior do que quando foi aplicada a mesma formulação na linha tanto a 3 cm como a 7 cm da superfície do solo, coincidindo com os dados de massa de mil sementes (Tabela 5). Para as demais formulações não houve efeito significativo das posições do adubo sobre a produtividade.

Observa-se que, para os dados de emergência das sementes a campo, velocidade de emergência e índice

**Tabela 5** - Resultados médios da massa de mil sementes e da produtividade da cultura da soja, sob a aplicação de três formulações de adubo em quatro profundidades (Itambé, PR, 2006/07)

Posições do adubo	Formulações		
	0-25-25	0-20-20	Super Simples
Massa de mil sementes (g)			
1 - linha (3 cm)	17,1 aA	16,7 abA	15,5 bB
2 - linha (7 cm)	16,8 aA	16,9 aA	16,2 aB
3 - entrelinha (7 cm)	17,1 aA	17,0 aA	17,8 aA
4 - sobre a superfície	17,2 aA	16,7 aA	16,5 aB
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
1 - linha (3 cm)	3.353 aA	3.575 aA	3.527 aB
2 - linha (7 cm)	3.585 aA	3.565 aA	3.384 aB
3 - entrelinha (7 cm)	3.658 aA	3.770 aA	3.870 aA
4 - sobre a superfície	3.504 aA	3.474 aA	3.557 aAB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade

**Tabela 6** - Médias da porcentagem de emergência, velocidade de emergência e índice de velocidade de emergência da cultura da soja, sob a aplicação de três formulações de adubo em quatro profundidades, em comparação com a testemunha (Itambé, PR, 2006/07)

Posições do adubo	Formulações		
	0-25-25	0-20-20	Super Simples
Emergência a campo (%)			
1 - linha (3 cm)	96,0 <sup>ns</sup>	88,1 <sup>ns</sup>	85,6 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	69,3 <sup>ns</sup>	89,0 <sup>ns</sup>	90,9 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	64,6 <sup>ns</sup>	79,5 <sup>ns</sup>	84,8 <sup>ns</sup>
4 - sobre a superfície	89,0 <sup>ns</sup>	94,8 <sup>ns</sup>	79,2 <sup>ns</sup>
Testemunha	77,1		
Velocidade de emergência (dias)			
1 - linha (3 cm)	6,2 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>ns</sup>	6,2 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	6,6 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>ns</sup>	6,0 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	7,0 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>ns</sup>	6,7 <sup>ns</sup>
4 - sobre a superfície	6,8 <sup>ns</sup>	6,2 <sup>ns</sup>	6,3 <sup>ns</sup>
Testemunha	6,6		
Índice de velocidade de emergência (dias)			
1 - linha (3 cm)	16,1 <sup>ns</sup>	15,4 <sup>ns</sup>	14,2 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	10,8 <sup>ns</sup>	15,5 <sup>ns</sup>	15,6 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	9,3 <sup>ns</sup>	11,7 <sup>ns</sup>	13,1 <sup>ns</sup>
4 - sobre a superfície	13,4 <sup>ns</sup>	16,3 <sup>ns</sup>	13,3 <sup>ns</sup>
Testemunha	12,3		

<sup>ns</sup>: não significativo, a 5% de probabilidade, as médias dos tratamentos do fatorial não diferem em relação à testemunha, pelo teste LSD; \*: as médias dos tratamentos do fatorial diferem e são superiores à testemunha, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste LSD

de velocidade de emergência, não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos utilizando diferentes formulações em diferentes posições em comparação com a testemunha (Tabela 6). Estes resultados estão de acordo com Borba et al. (1981) e Vieira et al. (1987a), os quais não observaram efeito da adubação fosfatada e potássica sobre a germinação de sementes.

Em relação aos teores de fósforo nas folhas (Tabela 7), os resultados foram semelhantes aos observados na Tabela 6, ou seja, independente do tratamento utilizado não houve diferença significativa em comparação com a testemunha. Provavelmente, o teor de fósforo presente no solo foi suficiente para satisfazer a necessidade das plantas, o que pode ser comprovado pela análise foliar deste elemento. Contudo, por meio da Tabela 7, foi possível observar, teores foliares de potássio significativamente superiores à testemunha.

Quando o adubo foi distribuído na linha a 7 cm da superfície do solo tanto utilizando-se a formulação 0-25-25 como 0-20-20 os resultados superaram o teor de potássio observado nas folhas da testemunha (Tabela 7). Isso pode

ser explicado em razão do fornecimento de potássio nestes tratamentos o que facilitou a absorção pela planta.

Observa-se, que, independente da significância, os resultados de P e K encontrados neste trabalho, encontram-se dentro dos padrões de P e K considerados adequados 2,6 a 5,0 e 17,1 a 25,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, citados pela Embrapa Soja (2005). Borkert et al. (1997), afirmaram que a alta produtividade de soja está associada ao teor de K nas folhas acima de 17,1 g kg<sup>-1</sup>.

Para os dados da massa de mil sementes (Tabela 7), verificou-se que boa parte dos tratamentos diferiu e foi superior à testemunha. Observa-se que, ao se aplicar as diferentes formulações na entrelinha a 7 cm da superfície do solo, os resultados da massa de mil sementes foram significativamente superiores a testemunha (Tabela 7). Em geral, as raízes se desenvolvem onde há mais suprimento de fósforo acarretando assim, maior absorção deste elemento. Provavelmente, ao se realizar a adubação numa faixa intermediária, ou seja, na entrelinha, a absorção total de nutrientes também aumentou pelo maior contato com o sistema radicular fasciculado da cultura, refletindo desta forma na elevação da massa de sementes.

**Tabela 7** - Médias dos teores de fósforo e potássio no tecido foliar, massa de mil sementes e produtividade da cultura da soja, sob a aplicação de três formulações de adubo em quatro profundidades, em comparação com a testemunha (Itambé, PR, 2006/07)

Posições do adubo	Formulações		
	0-25-25	0-20-20	Super Simples
P (g kg <sup>-1</sup> )			
1 - linha (3 cm)	2,9 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	3,2 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	3,1 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>
4 - sobre a superfície	2,9 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>
Testemunha	2,9		
K (g kg <sup>-1</sup> )			
1 - linha (3 cm)	19,2 <sup>ns</sup>	19,9 <sup>ns</sup>	20,1 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	20,7 <sup>+</sup>	20,9 <sup>+</sup>	19,5 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	20,0 <sup>ns</sup>	20,3 <sup>ns</sup>	18,2 <sup>ns</sup>
4 - sobre a superfície	18,2 <sup>ns</sup>	19,5 <sup>ns</sup>	17,9 <sup>ns</sup>
Testemunha	17,9		
Massa de mil sementes (g)			
1 - linha (3 cm)	17,1 <sup>+</sup>	16,7 <sup>ns</sup>	15,5 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	16,8 <sup>ns</sup>	16,9 <sup>+</sup>	16,2 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	17,1 <sup>+</sup>	17,0 <sup>+</sup>	17,8 <sup>+</sup>
4 - sobre a superfície	17,2 <sup>+</sup>	16,7 <sup>ns</sup>	16,5 <sup>ns</sup>
Testemunha	15,6		
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
1 - linha (3 cm)	3.353 <sup>ns</sup>	3.575 <sup>ns</sup>	3.527 <sup>ns</sup>
2 - linha (7 cm)	3.585 <sup>ns</sup>	3.565 <sup>ns</sup>	3.384 <sup>ns</sup>
3 - entrelinha (7 cm)	3.658 <sup>ns</sup>	3.770 <sup>+</sup>	3.870 <sup>+</sup>
4 - sobre a superfície	3.504 <sup>ns</sup>	3.474 <sup>ns</sup>	3.557 <sup>ns</sup>
Testemunha	3.450		

<sup>ns</sup>: não significativo, a 5% de probabilidade, as médias dos tratamentos do fatorial não diferem em relação à testemunha, pelo teste LSD; <sup>+</sup>: as médias dos tratamentos do fatorial diferem e são superiores à testemunha, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste LSD

Quanto à produtividade, verificou-se que dois tratamentos se destacaram. Ao se utilizar as formulações 0-20-20 e Superfosfato simples distribuídas na entrelinha a 7 cm da superfície do solo, foi possível obter resultados significativamente superiores a testemunha. Estes resultados contrariam aqueles obtidos por Salton et al. (2002), que trabalhando em bandejas com areia lavada, avaliaram as doses de potássio na linha de semeadura na cultura da soja, fornecendo 0; 150; 300; 450; 600 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 0-20-20 e observaram decréscimo na produtividade, com o aumento das doses. Todavia, estes resultados corroboram a afirmação de que a resposta da cultura da soja à utilização do fósforo (P) via solo é bem definida, sendo esse nutriente de grande importância no desenvolvimento da mesma, responsável pela maioria das respostas significativas no rendimento da

cultura, implicando comumente seu uso em aumento do rendimento (ARAÚJO et al., 2005; MALAVOLTA, 2006; VENTIMIGLIA et al., 1999). O potássio (K) por sua vez, é considerado indispensável para se obter altas produtividades na cultura da soja, não só pela manutenção de melhores condições para o crescimento da planta, mas principalmente para a fixação biológica de N (BORKERT; YAMADA, 2000), além de contribuir para a maior resistência das plantas ao ataque de doenças (MASCARENHAS et al., 2000).

Nota-se que os dados de massa de mil sementes, quando se utilizaram as formulações 0-20-20 e Superfosfato simples na entrelinha a 7 cm da superfície do solo, apresentaram comportamento semelhante aos resultados obtidos na avaliação da produtividade quando

comparada a testemunha (Tabela 7), ou seja, o maior rendimento pode ser justificado pelo aumento na massa de mil sementes.

## Conclusões

1. A distribuição da formulação 0-25-25 na linha juntamente com as sementes a 3 cm da superfície do solo não provocou efeito salino prejudicial à emergência das plântulas;
2. As maiores produtividades foram alcançadas utilizando-se os adubos 0-20-20 e Superfosfato simples distribuídos na entrelinha de plantio;
3. A maior produtividade esteve relacionada ao aumento na massa de mil sementes.

## Referências

- ADEGBUYI, E.; COOPER, S. R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethyleneglycol (PEG). **Seed Science & Technology**, v. 09, n. 03, p. 867-878, 1981.
- AGUIAR, P. A. A. Pré-tratamento de sementes de arroz como meio de superar o efeito da salinidade na germinação e vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 01, n. 01, p. 65-70, 1979.
- ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 02, p. 129-134, 2005.
- ÁVILA, M. R. et al. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 04, p. 475-481, 2004.
- AZEVEDO, D. M. P. et al. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n.1, p.32-40, 2007.
- BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEN, D. N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, v. 22, n. 05, p. 327-331, 1980.
- BEVILAQUA, G. A. P. et al. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 02, n. 02, p. 87-92, 1996.
- BORBA, C. S.; VIANNA, A. C. T.; POPINIGIS, F. Efeito da adubação e da umidade do solo sobre a qualidade da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, v. 17, n. 01, p. 51-68, 1981.
- BORKERT, C. M.; YAMADA, T. Resposta da soja à adubação potássica em oxissolo de baixa fertilidade. **Informações agronômicas**, n. 92, 2000. 2 p.
- BORKERT, C. M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo eutrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 10, p. 1009-1022, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO—CONAB. **Safras: Grãos**. 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2008.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, v. 71, n. 02, p. 428-434, 1958.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 257 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA - Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo Germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 09, p. 903-909, 2004.
- FARIAS, C. R. J. et al. Inibição de germinação de sementes de trigo e milho em teste de sanidade em substrato de papel. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 09, n. 02, p. 141-144, 2003.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1987. 35 p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 02, n. 02, p. 176-77, 1962.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 03, p. 445-449, 2000.
- MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 02, p. 219-226, 2003.
- MOTERLE, L. M. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 03, p. 169-176, 2006.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S. J. Produção e qualidade de sementes de aveia preta em função da adubação fosfatada e potássica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 01, p. 260-266, 2001.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2. ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- SALTON, J. C. et al. **Cloreto de potássio na linha de semeadura pode causar dano à soja**. Dourados: Embrapa, 2002, 1 p. (Comunicado Técnico, 64).
- SHARMA, S. R.; KOLTE, S. J. Effect of soil applied NPK fertilizers on severity of blak spot disease (*Alternaria brassicae*) and yield of oilseed rape. **Plant Soil**, v. 167, n. 02, p. 313-320, 1994.
- VENTIMIGLIA, L. A. et al. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 02, p. 195-199, 1999.
- VIEIRA, R. D. et al. Avaliação do efeito de doses de P e K na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 09, n. 01, p. 83-89, 1987a.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; BUZETTI, S. Efeito da adubação com zinco sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 09, n.01, p. 107-111, 1987b.
- VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 111-130.