

Residual de fertilizantes com 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP) no cultivo da soja em sucessão ao tomate industrial

Juliano Magalhães Barbosa

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

E-mail: juliano.barbosa@ifto.edu.br

Cibelle Christine Brito Ferreira

Doutora em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS)

E-mail: cibelle.cb@unitins.br

Rafael Felipe Ratke

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

E-mail: rafael.ratke@ufms.br

Wilson Mozena Leandro

Doutor em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

E-mail: wilsonufg@gmail.com

João Gabriel Magalhães Barbosa

Especialista em Docência Superior

Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

E-mail: joao.barbosa@ifto.edu.br

Vitória Beatriz Silva

Mestranda em Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT)

E-mail: vitoria.beatriz@mail.uft.edu.br

Roberta Zani da Silva

Doutora em Agronomia

Instituição: Centro Universitário Católica do Tocantins

E-mail: roberta.silva@p.catolica-to.edu.br

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Doutora em Agronomia

Instituição: Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA)

E-mail: claudia7br@msn.com

RESUMO

Objetivou-se estimar o efeito residual da aplicação de fertilizantes parcialmente recobertos com polímeros e estabilizados com 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP), via solo, para cultura da soja cultivada em sistema de plantio direto em sucessão ao cultivo de tomate industrial. O estudo foi desenvolvido em condição de campo (latitude Sul 16°35'48.81", longitude Oeste 49°16'41.13" e uma altitude de 729 m), sob pivô central.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com sete tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes combinações de DMPP, NPK (04-30-16), Ureia, KCl e fertilizantes foliares. Determinou-se os atributos químicos do solo, teores foliares e produtividades das plantas. Cultura da soja apresenta índice de eficiência relativa positiva quanto ao incremento de produtividade para os tratamentos com maiores quantidades aplicadas do fertilizante como inibição de nitrificação, em efeito residual. A aplicação de fertilizante foliar não é eficiente para o aumento de produtividade, tampouco para substituição da adubação de base.

Palavras-chave: *Glycine max*. Nutrição Mineral. Inibidor de Nitrificação.

1 INTRODUÇÃO

A soja tem importância fundamental nos principais sistemas de produção agrícola no Brasil e destacada participação nas exportações do país (HEREDIA et al., 2010). Em 2015, as exportações do complexo soja somaram US\$ 27,96 bilhões, representando 14,6% do total das exportações nacionais (ABIOVE, 2016).

O avanço da cultura da soja no Brasil foi propiciado pela junção de avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo (FREITAS, 2011). Fatores associados à mecanização, práticas nutricionais e a criação de cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas condições edafoclimáticas, aliadas ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos, foram fundamentais para esse avanço (FREITAS, 2011).

A soja é uma cultura muito exigente nutricionalmente (JOBBÁGY & SALA, 2014). Para que os nutrientes possam ser eficientemente aproveitados pela cultura, estes devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas (BRITTO & KRONZUCKER, 2013; VALICHESKI et al., 2016). Ressalta-se que, a insuficiência ou o desequilíbrio entre os nutrientes pode resultar em uma absorção deficiente de alguns e excessiva de outros nutrientes (EMBRAPA, 2008). Desta forma, uma alternativa para aumentar a eficiência no uso de fertilizantes pela cultura, e reduzir os custos operacionais consiste na utilização dos fertilizantes de eficiência aumentada, que promovem redução de perdas por volatilização de amônia, tais como o DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) (REIS JÚNIOR, 2007).

Segundo TRENKEL (2010), ABALOS et al. (2014) e HU et al. (2014), estes fertilizantes possibilitam as seguintes vantagens: fornecimento regular e contínuo de nutrientes na época necessária para as plantas, com menor frequência de aplicações; redução de perdas de nutrientes por lixiviação, desnitrificação, imobilização e volatilização; eliminação de danos causados a sementes e raízes devido à alta concentração de sais; maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; redução da poluição ambiental pelo NO_3^- , atribuindo valor ecológico à atividade agrícola (menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais) e redução nos custos de produção (pela diminuição dos custos operacionais com o parcelamento de adubações). No entanto, são escassas as pesquisas associadas a avaliação do efeito residual

destes fertilizantes na cultura sucessora (GAZOLA et al., 2013).

Diante do exposto, objetivou-se estimar o efeito residual da aplicação de fertilizantes parcialmente recobertos com polímeros e estabilizados com 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP), via solo, para cultura da soja cultivada em sistema de plantio direto em sucessão ao cultivo de tomate industrial.

2 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em condição de campo (latitude Sul 16°35'48.81" e longitude Oeste 49°16'41.13" e uma altitude de 729 m), sob pivô central no período de 20 de dezembro a 28 de abril. O solo da área correspondia a um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013) com as seguintes proporções texturais na camada 0-20 cm: 45% argila, 23% silte e 32% de areia. Os principais atributos químicos estão presentes na Tabela 1.

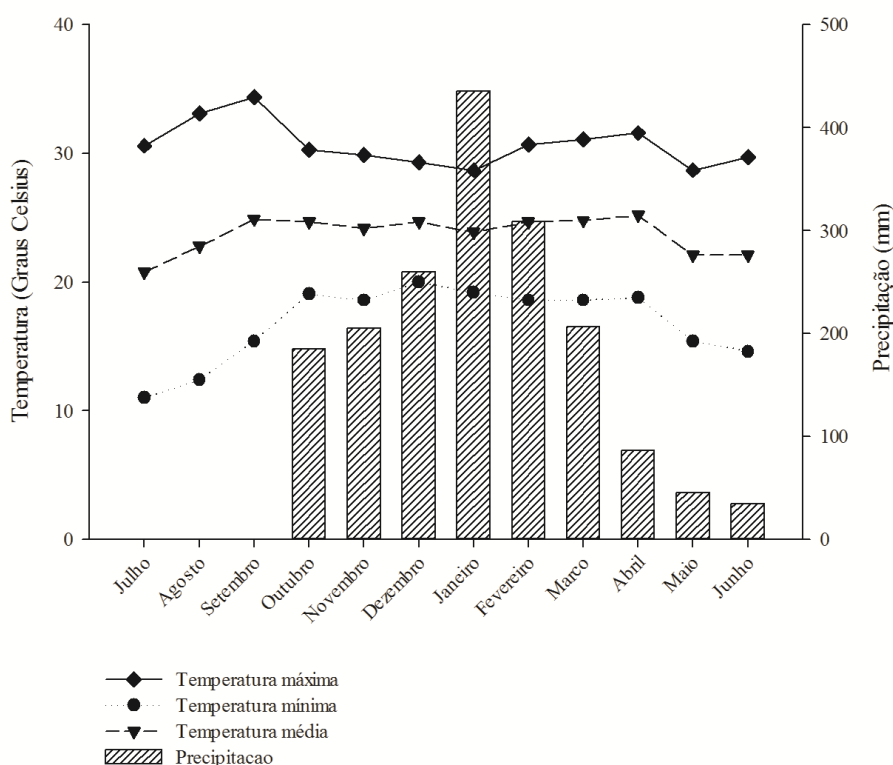
Tabela 1. Atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m antes da instalação do experimento da soja.													
M.O.	V	pH	P(Mel)	K	Ca	Mg	CTC	Cu	Fe	Mn	Zn	Al	H + Al
-----%	CaCl ₂		--mg dm ⁻³ --		----cmol _c dm ⁻³ ----			----- mg dm ⁻³ -----				-cmol _c dm ⁻³ -	
1,52	47,6	5,02	6,75	95	1,41	0,68	4,75	2,18	27,1	36,4	4,12	0,0	2,43

Nota: K, P, Cu, Fe, Mn e Zn = extrator Mehlich 1; Ca, Mg = extração com KCl mol L⁻¹;

Fonte: Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

O clima da região, de acordo com Köppen-Geiger, é tropical úmido com estação seca no inverno (tipo Aw). Observa-se marcante estacionalidade no regime de precipitações, com estações chuvosa (primavera e verão) e seca (outono e inverno) bem definidas, (CPRM, 2001). As precipitações e temperaturas ocorridas durante, antes e depois do cultivo da soja (dezembro – abril) estão descritas na Figura 1.

Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média (° C) durante o ano de condução experimental.



Fonte: Autor, 2025

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com sete tratamentos e cinco repetições. Cada unidade experimental foi constituída por 5 m de comprimento e por 6 m de largura e espaçadas 0,45 m uma da outra. Considerou-se 1 m de bordadura ao redor da área experimental.

Antes da instalação do experimento, a área apresentava 70% a 90% de cobertura vegetal e cerca de 80% da flora era composta por plantas daninhas, tais como: *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cenchrus echinatus*, *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. Foi realizado o plantio de soja em sistema de semeadura direta, após manejo com glyphosate (4,0 L ha⁻¹). A aplicação do herbicida foi conduzida com pulverizador de barras regulado na vazão de 200 L ha⁻¹.

A implantação do ensaio com a soja foi realizada em uma área com histórico de cultivo de tomate industrial (plantio em maio, colheita em outubro). Neste cultivo foram usados diferentes tipos de fertilizantes: fertilizantes com mistura de grânulos; fertilizantes com tecnologia incorporada e fertilizantes foliares. Os produtos empregados estão relatados na Tabela 2 e as doses e combinações na Tabela 3.

Tabela 2. Produtos empregados no cultivo de tomate industrial anterior à soja e utilizados para efeito residual.

Produto	N	P	K	Mg	S	Cu	Zn	B	Mn	Mo	Fe
	%										
NPK 04-30-16 ⁽¹⁾	4	30	16	•	1,6	•	- •	- •	- •	- •	-
NPK com DMPP no plantio	15	15	14	2,1	7	•	- •	- •	- •	- •	-
NPK com DMPP na cobertura	24	5	5	2	5	•	- •	- •	- •	- •	-

Foliar 1	20,0	5,0	5,0	1,7	39,0	0,02	0,02	0,01	0,05	0,001	0,05
Foliar 2	7,0	12,0	40,0	2,0	11,0	0,02	0,02	0,01	0,05	0,001	0,05
Foliar 3	13,0	40,0	13,0	0,1	1,0	0,02	0,02	0,01	0,05	0,001	0,05

Densidade = $1,0 \text{ g cm}^{-3}$; ⁽¹⁾ = Mistura de Grânulos.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Tabela 3. Diferentes doses dos fertilizantes usados no cultivo de tomate industrial anterior à soja.

Fertilizante	Época de aplicação	Tratamentos (kg ha^{-1})						
		FNS	PMG	DMPP 0,3	DMPP 0,25	DMPP 0,15	DMPP 0,05	DMPP 0,7
NPK com DMPP	Plantio	-	-	-	-	-	-	700
NPK 04-30-16 ⁽¹⁾	Plantio	-	1.500	1.000	1.000	900	600	-
NPK com DMPP	Cobertura inicial (10 DAT)	-	-	300	250	150	50	-
Ureia	Cobertura (20 a 30 DAT)	-	120	-	-	-	-	-
KCl	Cobertura (30 a 40 DAT)	-	300	420	300	200	100	400

⁽¹⁾ = Mistura de Grânulos. FNS – Fertilidade natural do solo, sem adição de fertilizante; PMG – plantio com mistura de grânulos ($1,5^*$) + cobertura com uréia ($0,12^*$) e KCl ($0,3^*$) + ausência de foliar; DMPP 0,3 – PMG ($1,0^*$) + cobertura com DMPP ($0,3^*$) e KCl ($0,42^*$) + foliar; DMPP 0,25 – PMG ($1,0^*$) + cobertura com DMPP ($0,25^*$) e KCl ($0,3^*$) + foliar; DMPP 0,15 – PMG ($0,9^*$) + cobertura com DMPP ($0,15^*$) e KCl ($0,2^*$) + foliar; DMPP 0,05 – PMG ($0,6^*$) + cobertura com DMPP ($0,05^*$) e KCl ($0,1^*$) + foliar; DMPP 0,7 – plantio com NPK com DMPP ($0,7^*$) + ausência de foliar. (*) – Quantidade de fertilizante NPK em t ha^{-1} .

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Os fertilizantes parcialmente recobertos com polímero etilenacrílico e estabilizados com 3,4-dimetipirazol fosfato (DMPP) possuem tecnologia 2NT. Trata-se da combinação de grânulos com tecnologia Tef-N (Nitrogênio estabilizado com inibidor de nitrificação 3,4-DMPP) e outra com grânulos recobertos, de forma que 25% do nitrogênio é liberado lentamente durante três a quatro semanas (REIS JÚNIOR, 2007).

No ensaio da cultura da soja, a adubação foi baseada no residual dos fertilizantes aplicados na cultura anterior (tomate industrial). Utilizou-se apenas fertilizantes foliares na dosagem de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ em área total, aos 14, 21 e 28 dias após a emergência. Desta forma, os tratamentos avaliados neste trabalho consistiu nas sete combinações apresentadas na Tabela 3.

A semeadura foi realizada sempre que possível na mesma linha do plantio do tomate em sistema plantio direto no dia 20 de dezembro, com semeadora-adubadora dotada de sistema de rompimento de solo tipo disco. O plantio foi realizado em 14 linhas de 0,45 m entrelinhas, com distribuição de 400 mil sementes ha^{-1} .

As sementes de soja (cultivar Syn 07LR901753 RR) foram previamente tratadas com fungicida Fludioxonil + Metalaxyl-M (1 mL kg^{-1} de semente) e inseticida Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil (200 mL ha^{-1}). Utilizou-se inoculante Adhere 60 na dose de 6 g kg^{-1} sementes, com concentração de 5.10^9 rizóbios g^{-1} . Não foi utilizada adubação de plantio para o cultivo da soja e também não houve calagem.

O manejo de plantas daninhas ocorreu por meio de aplicação de herbicida pós-emergente Glifosate

Potássico ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$). Para o manejo de pragas foram realizadas aplicações de inseticidas quando a praga apresentou nível de controle e no manejo das doenças foram realizadas aplicações preventivas de fungicidas específicos baseando-se na rotação de princípios ativos.

Durante o final do florescimento, foi realizada a amostragem de solo para análise química, foram coletadas sete amostras aleatórias simples, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, sendo seis nas entrelinhas e uma na linha de plantio, por parcela. Após misturá-las, as amostras foram quarteadas e separada a amostra composta.

Retirou-se um volume de 400 g de terra para a amostra composta. As amostras compostas foram individualizadas em sacos plásticos, etiquetadas, mantidas à sombra e, posteriormente, encaminhadas ao laboratório. Realizou-se análise granulométrica por meio do método do densímetro (EMBRAPA, 2011).

Os seguintes atributos químicos do solo foram determinados: pH em CaCl_2 ; micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn); P, K, Ca e Mg disponíveis; Al; H + Al (acidez potencial) e teor de matéria orgânica do solo. As metodologias empregadas seguiram recomendações de EMBRAPA (2011).

Para diagnose foliar, foram coletadas 30 folhas por parcela. Retirou-se o terceiro trifólio a partir do ápice no florescimento pleno, conforme recomendação de MALAVOLTA et al. (1997). Essas amostras foram colocadas em sacos de papel e transportadas ao laboratório.

Na sala de preparo, o material foi lavado com água destilada, colocado em sacos de papel para o processo de secagem em estufa com ventilação forçada a 60° C . Após atingir a massa de matéria seca constante, as folhas foram moídas, sendo então submetidas às determinações dos teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1989).

A colheita da soja foi realizada após a maturação fisiológica, no centro de cada parcela. Considerou-se cinco linhas de 3 m de plantio, colhendo-se todas as plantas da área marcada. A área útil para determinação da produtividade correspondeu a $7,5 \text{ m}^2$ por parcela.

As amostras coletadas foram identificadas e embaladas para, posteriormente, serem trilhadas. Após a pesagem e determinação de umidade, foi feita a correção da umidade para 13% e extrapolou-se o cálculo para a produtividade em hectares.

A significância do efeito de tratamento foi determinada por meio do Teste F. As médias foram comparadas por meio do Teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 mostra a evolução nos teores médios dos atributos do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Observa-se redução nos teores de P, K, Ca, Mg e V com o cultivo da soja em sucessão ao plantio do tomate industrial. Embora, em algumas situações, essas reduções podem ser suficientes para causar déficits na produtividade, mesmos os elementos como K, Ca e Mg terem maiores facilidades de atingir

níveis de disponibilidade adequados nos solos, com os anos de cultivos.

Tabela 4. Teor médio dos atributos químicos no solo nas profundidades 0 - 20 cm e 20 - 40 cm na cultura da soja em sucessão ao cultivo de tomate industrial.

Cultivos	P	K	Ca	Mg	M.O.	CTC	V	H + Al
----- 0 - 20 cm -----								
Tomate Industrial	6,75	95,46	1,41	0,68	1,52	4,75	47,63	2,43
Soja	4,05	66,57	1,15	0,67	1,85	5,26	37,66	3,26
----- 20 - 40 cm -----								
Tomate Industrial	3,04	89,83	1,04	0,66	1,16	4,52	42,31	2,6
Soja	1,62	63,77	0,84	0,55	1,33	4,7	32,88	3,13

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Os atributos químicos do solo não foram afetados pela adubação, com exceção do fósforo. O fósforo aplicado no solo tem tendência de reagir com alguns componentes para formar compostos de baixa solubilidade, reduzindo perdas, retendo-o no solo e provocando o efeito residual (FURTINI NETO et al., 2001). No entanto, apesar de os teores variarem de 1,17 – 8,75 mg dm⁻³, a interpretação da média (2,84 mg dm⁻³), de acordo com SOUSA et al. (2004), enquadrou-se na classe muito baixo.

Os teores médios de K foram de 65,17 mg dm⁻³ e, segundo os critérios de avaliação propostos por VILELA et al. (2004), esses níveis enquadram-se na classe adequado, em que as faixas consideradas adequadas de interpretação para o K em solos do cerrado estão entre os teores de 51 mg dm⁻³ a 80 mg dm⁻³, quando a CTC a pH 7,0 for maior que 4 cmol_c dm⁻³. O maior coeficiente de variação foi obtido para o teor de P (176,58%) (Tabela 5). Esse efeito está relacionado à grande variação dos teores de nutrientes na área amostrada. Esse fato pode ser atribuído ao modo de aplicação e também à baixa mobilidade desse nutriente no solo (MACHADO et al., 2007). O nutriente P deve ser manejado no solo, considerando o nível adequado, para possíveis adubações e para aproveitar o efeito residual nas culturas subsequentes dos plantios anteriores (FERREIRA & CARVALHO, 2005).

Os níveis de cálcio e magnésio foram maiores na camada de 0 a 20 cm (Tabela 5). De acordo com SOUSA & LOBATO (2004), na região do Cerrado, os baixos teores de cálcio e de magnésio não ocorrem somente em superfície, podendo também ocorrer nas camadas mais profundas. Comparando-se os teores médios de Ca (0,99 cmol_c dm⁻³) e Mg (0,60 cmol_c dm⁻³), observa-se que os nutrientes Ca e Mg estão baixo e médio, respectivamente, de acordo com a classe de interpretação proposta por SOUSA & LOBATO (2004). Devido à deficiência natural de magnésio nos solos de cerrado, deve-se considerar que a utilização de calcário dolomítico fornece esse nutriente ao solo, observando sempre o teor mínimo de 0,5 cmol_c dm⁻³ de Mg (SOUSA & LOBATO, 2004).

Tabela 5. Análise de variância para a concentração de nutrientes em função do fertilizante aplicado no solo, para a cultura da soja na safra 2011/2012.

Adub.	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	V	m
	- % -	CaCl ₂	- mg dm ⁻³ -				cmolc dm ³ -			----- % -----	
FNS	1,56 a	5,08 a	1,17 b	60,50 a	1,03 a	0,68 a	3,13 a	0,04 a	5,00 a	36,97 a	2,94 a
PMG	1,58 a	5,06 a	2,63 ab	67,00 a	1,12 a	0,65 a	2,93 a	0,06 a	4,90 a	39,98 a	3,66 a
DMPP 0,30	1,46 a	4,97 a	8,75 a	68,90 a	0,93 a	0,53 a	3,34 a	0,04 a	5,00 a	32,75 a	2,96 a
DMPP 0,25	1,59 a	5,06 a	2,83 ab	69,50 a	1,21 a	0,66 a	3,32 a	0,02 a	5,37 a	37,30 a	1,12 a
DMPP 0,15	1,43 a	4,98 a	1,74 b	61,70 a	1,01 a	0,59 a	3,25 a	0,04 a	5,01 a	34,55 a	2,92 a
DMPP 0,05	1,52 a	5,00 a	1,28 b	63,40 a	0,86 a	0,59 a	3,17 a	0,02 a	4,80 a	33,17 a	1,17 a
DMPP 0,70	2,11 a	5,01 a	1,48 b	65,20 a	0,81 a	0,56 a	3,24 a	0,04 a	4,79 a	33,20 a	2,13 a
Profundidade (Prof.)											
0-20	1,85	5,03	4,05	66,57	1,15	0,67	3,26	0,04	5,26	37,67	2,25
20-40	1,33	5,01	1,63	63,77	0,84	0,55	3,14	0,04	4,70	32,88	2,86
Teste F											
Adub.	0,62	0,78	2,87*	2,18	2,02	1,81	1,31	0,56	1,47	2,10	0,59
Prof.	5,23*	0,38	4,08*	2,45	16,56*	14,65*	1,69	0,00	20,99*	10,09*	0,38
CV (%)	59,3	3,1	176,5	11,4	31,5	21,5	12,0	157,6	10,2	17,8	161,3

Nota: Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) FNS – Fertilidade natural do solo, sem adição de fertilizante; PMG – plantio com mistura de grânulos (1,5*) + cobertura com uréia (0,12*) e KCl (0,3*) + ausência de foliar; DMPP 0,3 – PMG (1,0*) + cobertura com DMPP (0,3*) e KCl (0,42*) + foliar; DMPP 0,25 – PMG (1,0*) + cobertura com DMPP (0,25*) e KCl (0,3*) + foliar; DMPP 0,15 – PMG (0,9*) + cobertura com DMPP (0,15*) e KCl (0,2*) + foliar; DMPP 0,05 – PMG (0,6*) + cobertura com DMPP (0,05*) e KCl (0,1*) + foliar; DMPP 0,7 – plantio com NPK com DMPP (0,7*) + ausência de foliar. (*) – Quantidade de fertilizante NPK em t ha⁻¹.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Os resultados da análise foliar encontram-se no Tabela 6. Os teores dos nutrientes não foram influenciados pelas adubações. Observa-se que o valor médio de N (51,6 g kg⁻¹) e P (4,3 g kg⁻¹) enquadraram-se na classe adequado, enquanto o K (14,0 g kg⁻¹) e o Mg (2,9 g kg⁻¹) ficaram abaixo do adequado em ambos os critérios de interpretação propostos por MALAVOLTA (2006) e OLIVEIRA (2004). O valor médio para o Ca (5,1 g kg⁻¹), segundo os valores de referência para interpretação proposta por MALAVOLTA (2006), enquadrou-se abaixo do adequado, porém para OLIVEIRA (2004) este teor é considerado adequado.

Tabela 6. Teores médios dos atributos químicos da análise foliar de plantas de soja cultivadas em sucessão ao cultivo de tomate industrial

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
			g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹		
FNS	49,1	4,0	14,4	5,0	3,2	1,2	257,6	69,6	13,8
PMG	52,3	4,4	12,9	6,0	3,0	1,4	254,4	47,0	13,7
DMPP 0,30	53,2	4,2	13,9	4,4	3,0	2,0	266,8	60,0	17,5
DMPP 0,25	51,6	4,2	14,4	5,0	3,2	1,4	283,4	58,8	13,2
DMPP 0,15	49,5	4,6	13,4	4,4	2,6	1,4	270,6	54,4	13,6
DMPP 0,05	52,3	4,4	14,8	5,6	2,8	1,0	257,8	60,0	14,1
DMPP 0,70	53,8	4,4	14,4	5,4	3,0	1,6	242,4	54,4	13,5
Média	51,6	4,3	14,0	5,1	2,9	1,42	261,8	57,7	14,2

Teste F	0,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,26 ^{ns}	2,07 ^{ns}
CV %	11,3	14,2	13,2	35,8	14,8	41,1	12,7	24,0	16,1

Nota: ns – não significativo ($p>0,05$) FNS – Fertilidade natural do solo, sem adição de fertilizante; PMG – plantio com mistura de grânulos (1,5^{*}) + cobertura com uréia (0,12^{*}) e KCl (0,3^{*}) + ausência de foliar; DMPP 0,3 – PMG (1,0^{*}) + cobertura com DMPP (0,3^{*}) e KCl (0,42^{*}) + foliar; DMPP 0,25 – PMG (1,0^{*}) + cobertura com DMPP (0,25^{*}) e KCl (0,3^{*}) + foliar; DMPP 0,15 – PMG (0,9^{*}) + cobertura com DMPP (0,15^{*}) e KCl (0,2^{*}) + foliar; DMPP 0,05 – PMG (0,6^{*}) + cobertura com DMPP (0,05^{*}) e KCl (0,1^{*}) + foliar; DMPP 0,7 – plantio com NPK com DMPP (0,7^{*}) + ausência de foliar. (*) – Quantidade de fertilizante NPK em t ha⁻¹.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Devido ao processo de inoculação das sementes, pode-se inferir que houve o efeito da fixação biológica para o N, porém não muito expressivo, já que as faixas de suficiência para o nutriente ficaram próximas para OLIVEIRA (2004) e MALAVOLTA (2006).

Observa-se que, segundo classes de interpretação das variáveis folhas proposta por MALAVOLTA (2006), os valores médios dos nutrientes Cu (1,42 mg kg⁻¹) e Zn (14,21 mg kg⁻¹) enquadraram-se na classe abaixo da adequada; o valor Mn (57,7 mg kg⁻¹) foi adequado; o teor de Fe (261,8 mg kg⁻¹) enquadrou-se acima do adequado. A ordem de extração dos micronutrientes pelas plantas de soja foi: Fe>Mn> Zn>Cu, ratificando os resultados propostos por BARBOSA (2010).

Houve redução dos teores dos micronutrientes nas folhas (Tabela 6), mesmo com o aumento das dosagens dos fertilizantes foliares. Pode-se inferir que possivelmente ocorreu “diluição” da concentração dos minerais no conteúdo foliar, que também não refletiu em produtividades maiores. Existe uma grande dificuldade para obtenção de resultados positivos quanto à aplicação dos fertilizantes com micronutrientes.

As médias de produtividade de grãos de soja são apresentadas na Tabela 7. O T3 proporcionou incrementos de 27,77% na produtividade da soja em relação ao tratamento sem aplicação de fertilizantes.

Tabela 7. Produtividade média de grãos de soja oriundos de plantas cultivadas em sucessão ao tomate industrial submetidos a adubos com DMPP.

Tratamento	Produtividade	Produtividade relativa
FNS	2.497,3	100,00
PMG	2.992,0	119,80
DMPP 0,30	3.190,7	127,80
DMPP 0,25	2.976,0	119,20
DMPP 0,15	2.773,3	111,10
DMPP 0,05	2.857,3	114,40
DMPP 0,70	2.696,0	108,00
Média	2.854,7	
Teste F	1,72 ^{ns}	
CV	13,48	

Nota: ns – não significativo FNS – Fertilidade natural do solo, sem adição de fertilizante; PMG – plantio com mistura de grânulos (1,5^{*}) + cobertura com uréia (0,12^{*}) e KCl (0,3^{*}) + ausência de foliar; DMPP 0,3 – PMG (1,0^{*}) + cobertura com DMPP (0,3^{*}) e KCl (0,42^{*}) + foliar; DMPP 0,25 – PMG (1,0^{*}) + cobertura com DMPP (0,25^{*}) e KCl (0,3^{*}) + foliar; DMPP 0,15 – PMG (0,9^{*}) + cobertura com DMPP (0,15^{*}) e KCl (0,2^{*}) + foliar; DMPP 0,05 – PMG (0,6^{*}) + cobertura com DMPP (0,05^{*}) e KCl (0,1^{*}) + foliar; DMPP 0,7 – plantio com NPK com DMPP (0,7^{*}) + ausência de foliar. (*) – Quantidade de fertilizante NPK em t ha⁻¹.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2025

Considerando a média de produtividade do Estado de Goiás (3.120 Kg ha⁻¹) na safra 2015/2016

(CONAB, 2016), verifica-se que o único tratamento que possibilitou produtividade superior a esta média foi a aplicação de 112 Kg ha⁻¹ de N, 315 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 427 Kg ha⁻¹ de K₂O no cultivo anterior de tomate industrial. Com relação à recomendação proposta por SOUSA & LOBATO (2004), a quantidade aplicada na cultura anterior foi superior ao recomendado para a obtenção de alta expectativa de rendimento.

As produtividades médias relativas das produções de soja em função das adubações indicaram que T2, T3 e T4 se aproximaram da produção de máxima eficiência. No parâmetro avaliado de produtividade não houve resposta entre os tratamentos que receberam ou não os fertilizantes parcialmente recobertos e estabilizados com DMPP.

4 CONCLUSÃO

A cultura da soja apresenta índice de eficiência relativa positiva quanto ao incremento de produtividade para os tratamentos com maiores quantidades aplicadas do fertilizante, em efeito residual. A aplicação de fertilizante foliar não é eficiente para o aumento de produtividade, tampouco para substituição da adubação de base.

REFERÊNCIAS

- ABALOS, D. et al. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 189, p. 136–144, 2014. doi: 10.1016/j.agee.2014.03.036
- ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Brasil - exportações do complexo soja. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/>.
- BARBOSA, J.M. Eficiência agronômica de um fertilizante fonte de micronutrientes nas culturas da soja e milho. 2010. 76 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. Ecological significance and complexity of N-source preference in plants. *Annals of Botany*, v. 112, p. 957-963, 2013. DOI: 10.1093/aob/mct157.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, v. 3, n. 8, maio 2016.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. Brasília: CPRM, 2001. (Folha SE. 22 Goiânia). Acessado em 31 jan. 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148 p. Acessado em 10 fev. 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353 p.
- FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M.C.S. Adubação do algodoeiro no cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Documentos, 138).
- FREITAS, M.C.M. Cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.
- FURTINI NETO, A.E. et al. Fertilidade do solo. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261 p.
- GAZOLA, R. de N. et al. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. *Revista Ceres*, v. 60, n. 6, p. 876-884, 2013. doi: 10.1590/S0034-737X2013000600016.
- HEREDIA, B. et al. Sociedade e Economia do "Agronegócio" no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 25, n. 74, p. 159-176, 2010. doi: 10.1590/S0102-69092010000300010.
- HU, Y. et al. Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: A meta-analysis of recent studies in Germany. *International Journal of Plant Production*, v. 8, n. 1, p.33-50, 2014.
- JOBÁGY, E.G.; SALA, O.E. The imprint of crop choice on global nutrient needs. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 2014, p.1-10, 2014. DOI: 10.1088/1748-9326/9/8/084014

MACHADO, L.O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 31, n. 3, p. 591-599, 2007. doi: 10.1590/S0100-06832007000300019

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

REIS JÚNIOR, R.A. Kimcoat N - Uma nova ferramenta para a otimização do uso de fertilizantes. *Informações Agronômicas*, n.117, p.13-14, 2007.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 81-96.

SOUSA, D.M.G. et al. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

TRENKEL, M E. Slow and controlled release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. 2. Ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 160 p.

VALICHESKI, R.R. et al. Absorption of primary macronutrients and soybean growth at different compactation densities and moisture levels in a silt loam soil. *Revista Ceres*, v.63, n.2, p.223-231, 2016. DOI:10.1590/0034-737X201663020014

VILELA, L. et al. Adubação potássica. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 169-183.