

BIOESTIMULANTE E FERTILIZANTE FOLIAR NA REDUÇÃO DE INJÚRIAS EM PLANTAS DE SOJA CAUSADAS PELO 2,4-D**BIOSTIMULANT AND FOLIAR FERTILIZER IN THE REDUCTION OF PHYTOINTOXICATION IN SOYBEAN CAUSED BY 2,4-D**

Jeovane Nascimento Silva^{a*}, Estevam Matheus Costa^b, Diemisson Paulo Almeida^c, Leandro Spíndola Pereira^b, Matheus Vinicius Abadia Ventura^a, Leônidas Miclos Baliza^a, Adriano Jakelaitis^d.

^aDepartamento de Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano, Goiás, Brasil. ^bDepartamento de Proteção de Plantas, Instituto Goiano de Agricultura, Goiás, Brasil. ^cDepartamento de Plantas Daninhas, Instituto de Ciência e Tecnologia da Comigo, Goiás, Brasil.

*Autor correspondente: jeovaneagro@gmail.com.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO**Histórico do artigo:**

Recebido: 04 Setembro 2019.

Aceito: 22 Junho 2020.

Publicado: 03 Agosto 2020.

Palavras-chave/Keywords:

Glycine max/ *Glycine max*.

Regulador de crescimento/ Growth regulator.

Adubo foliar/ Foliar fertilizer.

Herbicida/, Herbicide.

Financiamento:

IF Goiano Campus Rio Verde. Comigo - Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano.

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Citação deste artigo:

SILVA, J. N.; COSTA, E. M.; ALMEIDA, D. P.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A.; BALIZA, L. M.; JAKELAITIS, A. Bioestimulante e fertilizante foliar na redução de injúrias em plantas de soja causadas pelo 2,4-d. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 19, n. 1. 2020.

RESUMO

O uso de reguladores vegetais e fertilizantes foliares nas culturas tem aumentado devido aos benefícios proporcionados na nutrição das plantas e na tolerância aos estresses ambientais. Objetivou-se nesta pesquisa avaliar os efeitos de regulador vegetal e fertilizante foliar na redução de injúrias provocadas pelo herbicida 2,4-D em duas variedades de soja (M7110 IPRO e M7739 IPRO). Quatro experimentos foram conduzidos em campo, delineados em blocos casualizados, com quatro repetições. Em cada experimento, dez tratamentos foram usados: aplicação única do regulador vegetal ou fertilizante foliar aos 0, 1, 3 e 5 dias após a aplicação (DAA) do herbicida 2,4-D; aplicação de metade da dose do regulador vegetal ou fertilizante foliar aos 0, 1, 3 e 5 DAA do herbicida 2,4-D e da outra metade aos sete dias após a primeira aplicação do regulador vegetal ou fertilizante foliar; somente a aplicação de 2,4-D; e ausência de aplicação de 2,4-D, regulador vegetal ou fertilizante foliar. O 2,4-D causou leve fitotoxicidade (<10%) nas plantas de soja, independente do uso de regulador vegetal ou fertilizante foliar, as quais não atenuaram as injúrias causadas pelo herbicida. As alturas de plantas e de inserção da primeira vagem, os números de ramificações, de vagens por planta, de grãos por planta e o peso de mil grãos nas plantas de soja não foram afetadas pelos tratamentos. Para a variedade M7739 IPRO houve redução do rendimento de grãos na testemunha tratada somente com 2,4-D e quando foi aplicado o regulador vegetal até 1 (um) dia após a aplicação do herbicida. Tanto o regulador vegetal quanto o fertilizante foliar não atenuaram os efeitos herbicidas do 2,4-D, na dose testada, para ambas as variedades de soja.

ABSTRACT

The use of plant regulators and foliar fertilizers in crops has increased due to the benefits provided in plant nutrition and in tolerance to environmental stresses. The objective of this research was to evaluate the effects of plant regulator and foliar fertilizer in reducing injuries caused by the herbicide 2,4-D in two soybean varieties (M7110 IPRO and M7739 IPRO). Four experiments were conducted in randomized block design with four replications. In each experiment, ten treatments were used: single application of the plant regulator or foliar fertilizer at 0, 1, 3 and 5 days after application (DAA) of the herbicide 2,4-D; application of half the dose of the plant regulator or leaf fertilizer at 0, 1, 3 and 5 DAA of the herbicide 2,4-D and the other half at seven days after the first application of the plant regulator or leaf fertilizer; only the application of 2,4-D; and not application of 2,4-D, plant regulator or foliar fertilizer. 2,4-D caused mild phytotoxicity (<10%) in soybean plants, regardless of the use of plant regulator or foliar fertilizer, which did not mitigate the injuries caused by the herbicide. The heights of plants and insertion of the first pod, the number of branches, pods per plant, grains per plant and the weight of a thousand grains in soybean plants were not affected by the treatments. For the variety M7739 IPRO, there was a reduction in grain yield in the control treated only with 2,4-D and when the plant regulator was applied up to 1 (one) day after the herbicide application. Both the plant regulator and the foliar fertilizer did not attenuate the herbicidal effects of 2,4-D, in the tested dose, for M7110 IPRO and M7739 IPRO soybean varieties.

1. Introdução

A soja é uma cultura de destaque no agronegócio brasileiro. As estimativas de expansão da área cultivada e de produtividade aumentaram na safra 2018/19 e a produção nacional está estimada em 237,6 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Contudo, o aumento de produtividade está relacionado com diversos fatores, principalmente a melhoria no manejo de plantas daninhas.

Dentre os herbicidas registrados no controle de plantas daninhas na cultura da soja, destaca-se o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), uma auxina endógena sintética (SILVA et al., 2018). O herbicida não é seletivo para a maioria das variedades de soja, sendo de uso recomendado principalmente em aplicações em pré-plantio. Todavia, empresas de biotecnologia têm desenvolvido culturas tolerantes aos herbicidas auxínicos, com destaque à soja tolerante ao 2,4-D (JOSEPH; SANDERS; MARSHALL, 2017), e esta tecnologia, possibilita o uso do herbicida no manejo de plantas daninhas, sem causar danos à cultura da soja modificada (SILVA et al., 2018).

A tolerância da soja ao 2,4-D é uma excelente estratégia de controle de plantas daninhas eudicotiledôneas resistentes aos herbicidas pertencentes a outros mecanismos de ação (SPAUNHORST; SIEFERT-HIGGINS; BRADLEY, 2014), como o glyphosate e os inibidores da ALS (acetolactato sintase). Neste cenário, com o aumento na utilização do 2,4-D, aumenta-se também os riscos de deriva do herbicida para áreas vizinhas (WIEDAU et al. 2019), provocando em plantas sensíveis, mesmo em doses muito baixas, deformações no limbo foliar, paralização do crescimento, engrossamento das raízes, tumores no caule e morte das plantas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

A aplicação de 2,4-D em culturas geneticamente modificadas tolerantes ao herbicida, tem suscitado preocupações, especificamente no caso de deriva para os campos de produção de variedades da mesma espécie ou de outras espécies suscetíveis, como o algodão e feijão, bem como de frutíferas e hortaliças (MORTENSEN et al., 2012; WIEDAU et al. 2019). Devido a ocorrência destes danos em culturas de interesse econômico, a busca de alternativas para amenizar as injúrias têm sido realizadas (SANTOS et al., 2015; ANTUNIASSI et al., 2018).

Dentre as alternativas, considera-se o uso de reguladores vegetais e de fertilizantes foliares, que são substâncias aplicadas com o objetivo de melhorar a eficiência nutricional e a tolerância das culturas a estresses abióticos (DU JARDIN, 2015). Esses produtos começaram a ser explorados, devido aos incrementos promovidos no desenvolvimento da cultura da soja, além do possível efeito mitigador, após as aplicações de herbicidas (MARQUES; SIMONETTI; ROSA, 2014).

Os reguladores vegetais são substâncias sintéticas que aplicados nas plantas exercem ações similares aos hormônios vegetais conhecidos, e possuem capacidade de modificar processos fisiológicos nas plantas (VIEIRA; CASTRO, 2001), favorecendo a expressão do potencial genético pela promoção do equilíbrio hormonal (VIEIRA; CASTRO, 2001; SILVA et al., 2008). Alguns reguladores vegetais possuem macro e micronutrientes, que são capazes

de reduzir os distúrbios, e consequentemente, as deficiências nutricionais das plantas durante os processos fisiológicos (KLAHOLD et al., 2006).

Também podem apresentar aminoácidos, oligossacarídeos, citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos, que favorecem o metabolismo vegetal e os processos enzimáticos das plantas (POVERO et al., 2016), contribuindo para aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Por conseguinte, podem ser utilizados para atenuar os efeitos fitotóxicos de herbicidas pelo favorecimento na alteração de processos vitais e no estímulo do desenvolvimento de raízes, e alterar, inibir ou modificar processos bioquímicos, causando diferentes respostas na mitigação de efeitos fitotóxicos (MORTELE et al., 2011; VAN OOSTEN et al., 2017; ANDRADE et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se nesta pesquisa avaliar a eficiência de regulador vegetal e de fertilizante foliar na redução de injúrias provocadas pelo herbicida 2,4-D em duas variedades de soja (M7110 IPRO e M7739 IPRO).

2. Material e Métodos

Nesta pesquisa foram testadas o regulador de crescimento vegetal (Stimulate[®]) e o fertilizante foliar (Niphokam[®]) para atenuar os efeitos do herbicida 2,4-D em duas variedades de soja (M7739 IPRO e M7739 IPRO), constituindo quatro experimentos. Cada experimento consistiu na aplicação de cada produto para cada variedade de soja em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Dez tratamentos foram usados: aplicação única do regulador vegetal ou fertilizante foliar aos 0, 1, 3 e 5 dias após a aplicação (DAA) do herbicida 2,4-D; aplicação de metade da dose do regulador vegetal ou fertilizante foliar aos 0, 1, 3 e 5 DAA do herbicida 2,4-D e da outra metade aos sete dias após a primeira aplicação do regulador vegetal ou fertilizante foliar; somente a aplicação de 2,4-D; e ausência de aplicação de 2,4-D, regulador vegetal ou fertilizante foliar. As unidades experimentais foram compostas por seis linhas de dez metros, totalizando 60 m².

A comunidade infestante da área experimental, antes da semeadura da soja, foi dessecada com glyphosate (Roundup[®] Transorb R, 480 g e.a. L⁻¹SL, Monsanto) na dose de 507 g e.a ha⁻¹ + 2,4-D (DMA[®] 806 BR, 670 g e.a. L⁻¹SL, Dow AgroSciences) na dose 670 g e.a ha⁻¹. A semeadura das variedades de soja foi realizada em 27 de outubro de 2018, com uma semeadora-adubadora pneumática Jumil[®] modelo JM2679PD, de 6 linhas espaçadas de 0,5 m, tracionada por um trator John Deere[®] modelo 6155J de 115 cv. A semeadura foi regulada para distribuir 18 sementes m⁻¹ para a variedade M7110 IPRO e 14 sementes m⁻¹ para a M7739 IPRO. Na semeadura foi realizada a adubação a lanço de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, 100 kg ha⁻¹ de FTE BR, contendo 3,9 kg de S, 1,8 kg de B, 0,8 kg de Cu, 2,0 kg de Mn e 9 kg de Zn, e de 200 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônio - MAP. As sementes da soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii*, SEMIA 587 e SEMIA 5019 na dose de 600 mL do inoculante comercial

Gelfix[®] para 100 kg⁻¹ de sementes, e no sulco de semeadura realizou-se a aplicação de 13,2 g de conídios de *Metarhizium anisopliae* cepa IBCB 425.

Para o controle de plantas daninhas nas variedades de soja realizou-se uma aplicação aos 30 dias após a emergência de 507 g e.a ha⁻¹ glyphosate (Roundup[®] Transorb R, 480 g e.a. L⁻¹ SL, Monsanto) e de 62,35 g e.a ha⁻¹ de haloxifope-p-metilico (Gallant R[®], 120 g e.a. L⁻¹ EC, Dow AgroSciences). O herbicida utilizado para promover as injúrias na soja foi o 2,4-D (DMA[®] 806 BR, 670 g e.a. L⁻¹ SL, Dow AgroSciences) aplicado na dose de 60,3 g ha⁻¹ (9% da dose comercial) no dia 21 de novembro de 2018, quando as plantas de soja estavam no estágio fenológico R₂. Os bioestimulantes usados foram: Niphokam[®], fertilizante foliar, composto por nitrogênio 10%, fósforo 8%, potássio 8%, cálcio 1%, magnésio 0,5%, boro 0,5%, cobre 0,2%, manganês 0,5% e zinco 1% na dose comercial de 1,0 L ha⁻¹; e Stimulate[®], regulador de crescimento, composto por ácido 4-indol-3-ilbutírico (0,05 g L⁻¹), ácido giberélico (0,05 g L⁻¹) e cinetina (0,09 g L⁻¹) aplicado na dose de 250 mL ha⁻¹, conforme recomendação dos fabricantes.

O 2,4-D, regulador vegetal e fertilizante foliar foram aplicados com pulverizador costal pressurizado por CO₂, com pressão constante de 3 bar, com barra de 2 m de comprimento, contendo quatro bicos com pontas de jato plano com indução de ar (All1003-VS), espaçados de 0,5 m e vazão de 150 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas no intervalo das 08:00 h às 11:00 horas, sob temperatura média de 23,8°C umidade relativa do ar média de 71%.

Para o controle de pragas foram realizadas aplicações de 480 g ha⁻¹ de clorpirifós (Klorpan[®] 480 EC, 480 g i.a L⁻¹ EC, Nufarm), 20 g ha⁻¹ de zeta-bifentrina + 18 g ha⁻¹ de bifentrina (Hero[®] EC, 200 e 180 g i.a. L⁻¹, FMC) e 400 g ha⁻¹ de diafentiurom (Polo[®] 500 SC, 500 g i.a. L⁻¹ SC, Syngenta). Para o controle de doenças foram feitas aplicações de 50,1 g ha⁻¹ de fluxapiroxade + 99,9 g ha⁻¹ de piraclostrobina (Orquestra[®] SC, 167 e 333 g i.a. L⁻¹ SC, Basf), 60 g ha⁻¹ de azoxistrobina + 30 g ha⁻¹ de benzovindiflupir (Elatus[®], 300 e 150 g i.a. L⁻¹ WG, Syngenta), 100 g ha⁻¹ de tebuconazol + 50 g ha⁻¹ de trifloxistrobina (Nativo[®], 200 e 100 g i.a. ha⁻¹), 1,0 kg ha⁻¹ de mancozebe (Unizeb Gold[®], 750 g i.a. L⁻¹ WG, UPL), 32 g ha⁻¹ de ciproconazol + 70 g ha⁻¹ de trifloxistrobina (Sphere Max[®], 370 e 160 g i.a. L⁻¹ SC, Bayer) e 294 g ha⁻¹ de oxicloreto de cobre (Status[®], 588 g i.a. L⁻¹ SC, Oxiquímica). Nas aplicações de fungicidas foi adicionado 0,5% de óleo mineral.

Aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) foram realizadas avaliações de injúrias, provocadas pelo 2,4-D, por meio de avaliação visual e atribuição de notas que variaram de 0 a 100%, onde 0 (zero) representou nenhuma injúria e 100 (cem) representou a morte das plantas, conforme a escala EWRC, modificada por Frans (1972).

A colheita da variedade M7110 IPRO foi feita no dia 14 de fevereiro e da variedade M7739 IPRO em dia 22 de fevereiro de 2019, de forma manual no estádio R8 (maturação plena - com 95% das vagens com coloração de madura), e posteriormente, as plantas foram trilhadas em

trilhadora mecanizada estacionária. Foram avaliados o rendimento de grãos na área útil de cada unidade experimental para determinação da produtividade em kg ha⁻¹ (expressa a 13% de teor de água) e o peso de mil grãos. Foram separadas dez plantas para a avaliação das alturas de plantas e de inserção da primeira vagem, do número de ramificações, do número de vagens por planta e de grãos por planta.

A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada com o teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) e, quando atendidas, foi feita a análise de variância ($p \leq 0,05$) e os resultados significativos pelo teste F, foram submetidos ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Para a fitointoxicação avaliada aos 7, 14 e 21 DAA, realizou-se a transformação de dados em raiz ($x + 1$). Para apresentação dos resultados foram utilizadas as médias observadas, sem transformação. As análises estatísticas foram feitas no software Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

3. Resultados e Discussão

O 2,4-D promoveu injúrias nas plantas de soja da variedade MM7739 IPRO e os sintomas se estenderam até os 21 DAA, quando comparado à testemunha não tratada com 2,4-D (Tabela 1). Os níveis de injúria causados pelo herbicida, independentemente da aplicação de regulador vegetal e do fertilizante foliar posteriormente ao 2,4-D, foram classificados como “muito leve” segundo escala proposta EWRC, modificada por Frans (1972). Para esta variedade, os sintomas de injúria desapareceram aos 28 DAA (Tabela 1). Para a variedade M7110 IPRO observou injúria de até 10% aos 7 DAA, porém a recuperação ocorreu de forma rápida, não sendo observado sintomas a partir dos 14 DAA (Tabela 1). Neste caso, as injúrias encontradas entre 4,25 a 10% foram classificadas como “leve” e “sem reflexos na produção”, segundo a escala EWRC, modificada por Frans (1972).

O regulador vegetal ou fertilizante foliar aplicados nas duas cultivares de soja não manifestaram efeitos significativos na mitigação das injúrias em função da época em que foram aplicados após o 2,4-D (Tabela 1), ou seja, os produtos utilizados não foram capazes de eliminar os efeitos provocados pelo 2,4-D. A formação de injúrias em plantas de soja, segundo Silva et al. (2018), variam entre 0 e 31% para as doses aplicadas entre 0 a 42 g ha⁻¹ de 2,4-D. Solomon e Bradley (2014) não observaram formação de injúrias significativas após a aplicação de 2,4-D na dose de 28 g ha⁻¹. A aplicação de 60,3 g ha⁻¹ de 2,4-D nesta pesquisa correspondeu a 9% da dose comercial recomendada para maioria das culturas. De acordo com Inácio (2016), avaliando o impacto de doses de 2,4-D em culturas sensíveis, observou que a maior porcentagem de fitointoxicação na cultura da soja foi observada na dose que representou 10% da dose comercial (670 g e.a ha⁻¹ de 2,4-D) e que os níveis de dano foram superiores a 50%, independente se o 2,4-D foi aplicado na fase vegetativa (V₂) ou reprodutiva (R₁) da soja.

Tabela 1. Fitointoxicação (%) avaliadas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) do 2,4-D na variedade de soja M7739 IPRO e aos 7 DAA na variedade M7110 IPRO em função da aplicação de fertilizante foliar (FF) e regulador vegetal (RV) após a aplicação de 2,4-D.

Tratamentos (DAA)	M7739 IPRO						M7110 IPRO	
	FF			RV			FF	RV
	7	14	21	7	14	21	7	7
	DAA – dias após a aplicação							
0 ¹	2,25 b	1,75 b	2,25 b	2,00 b	2,50 b	2,75 b	2,75 b	9,00 b
0 e 7 ²	2,75 b	1,25 b	2,50 b	2,25 b	2,25 b	2,50 b	3,75 b	10,00 b
1	3,00 b	1,50 b	1,50 b	2,00 b	2,00 b	2,50 b	4,00 b	9,50 b
1 e 7	2,75 b	2,00 b	3,00 b	2,50 b	2,50 b	3,25 b	3,50 b	9,25 b
3	2,25 b	2,25 b	2,75 b	3,25 b	2,25 b	3,00 b	4,75 b	6,50 b
3 e 7	2,25 b	1,75 b	3,00 b	2,75 b	2,50 b	3,00 b	5,25 b	9,00 b
5	2,50 b	2,25 b	3,00 b	2,00 b	1,75 b	2,25 b	4,75 b	4,25 b
5 e 7	3,00 b	1,50 b	2,50 b	2,50 b	3,00 b	2,50 b	5,50 b	8,25 b
Testemunha 1	2,50 b	1,50 b	2,50 b	2,75 b	2,75 b	2,25 b	2,75 b	8,00 b
Testemunha 2	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
CV (%)	14,31	14,11	16,73	13,86	14,39	9,58	22,20	17,86

¹Aplicação única do regulador vegetal (Stimulate[®]) ou fertilizante foliar (Niphokam[®]). ²Aplicação sequencial do regulador vegetal ou fertilizante foliar. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). Testemunha 1: soja tratada com 2,4-D; Testemunha 2: soja não tratada com 2,4-D.

As injúrias observadas são características de herbicidas do grupo químico das auxinas sintéticas, que ativam genes de resposta à auxina, levando à superprodução de etileno, e subsequentemente, de ácido abscísico. O aumento da concentração de ácido abscísico provoca o fechamento dos estômatos, limitando a assimilação de CO₂, e consequentemente observa-se sintomas de encarquilhamento de folhas, casos mais extremos há a redução de produtividade (QUEIROZ; VIDAL, 2014).

Os sintomas observados nos quatro ensaios foram semelhantes, caracterizados aos 7 DAA como leve redução da altura das plantas, leve epinastia dos caules e dos pecíolos, retorcimento da haste principal e escurecimento de folhas. Aos 14 DAA, não foram observadas epinastia, mas foram observadas encarquilhamento dos trifólios abertos e redução da altura de plantas. Aos 21 DAA, os sintomas consistiam de leve encarquilhamento dos trifólios supracitados e uma leve redução da altura das plantas e, por fim, aos 28 DAA, não foram observados sintomas de injúrias provocadas pelo 2,4-D. Na cultura do algodão, Johnson et al. (2012) observaram que os sintomas de subdoses de 2,4-D ficaram muito evidentes até aos 14 DAA e proporcionou fitotoxicidade superior a 55%, com a formação de lesões foliares e de perda de produtividade.

A altura de plantas não foi influenciada pelos tratamentos e a média geral de altura das plantas da variedade M7739 IPRO foi de 67,5 e de 69,6 cm nos experimentos com regulador vegetal e com fertilizante foliar, respectivamente, e para a variedade M7110 IPRO foi de 72,0 e de 69,5 respectivamente (Tabela 2). Solomon e Bradley (2014) não observaram reduções na altura das plantas de soja tratadas com 2,4-D na dose de 28 g ha⁻¹. Por outro lado, Silva et al. (2018) observaram redução linear na altura das plantas de soja tratadas com 2,4-D, atingindo 18% para a dose de 42 g ha⁻¹.

A altura de inserção da primeira vagem não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 2). A média da altura de inserção da variedade M7739 IPRO nos experimentos com regulador vegetal e com fertilizante foliar foi de 9,0 e 8,8, respectivamente. Para a variedade M7110 IPRO a altura de inserção da primeira vagem foi de 10,1 e 9,1 com regulador vegetal e com fertilizante foliar foi de 9,0 e 8,8, respectivamente. Segundo Rezende e Carvalho (2007), a altura de inserção de primeira vagem não deve ser inferior a 10 cm para facilitar a colheita mecânica. A menor altura de inserção da primeira vagem implica também em maior facilidade de contato da vagem com o solo (BATISTA FILHO et al., 2013).

Tabela 2. Alturas (cm) de planta (AP) e de inserção da primeira vagem (AIPV) nas variedades de soja M7739 IPRO e M7110 IPRO em função da aplicação de fertilizante foliar (FF) e regulador vegetal (RV) após a aplicação de 2,4-D.

Tratamentos (DAA)	M7739 IPRO				M7110 IPRO			
	FF		RV		FF		RV	
	AP	AIPV	AP	AIPV	AP	AIPV	AP	AIPV
0 ¹	68,2 ^{ns}	8,5 ^{ns}	68,0 ^{ns}	9,2 ^{ns}	68,5 ^{ns}	10,1 ^{ns}	69,9 ^{ns}	11,7 ^{ns}
0 e 7 ²	64,8	8,7	70,5	9,5	71,0	9,8	69,4	8,5
1	68,1	8,4	71,2	8,4	73,5	10,2	69,4	8,6
1 e 7	65,8	9,1	63,6	9,0	68,7	9,9	69,2	8,5
3	65,7	9,6	69,3	9,3	73,9	9,3	68,5	8,7
3 e 7	65,1	9,4	68,3	9,1	69,1	10,1	68,3	9,1
5	67,7	9,8	70,8	7,8	70,9	9,9	67,5	8,7
5 e 7	67,9	8,6	70,2	8,5	71,9	10,4	69,9	9,0
Testemunha 1	68,4	9,0	68,4	8,7	75,3	10,9	70,3	8,8
Testemunha 2	72,8	9,1	75,5	9,7	77,5	10,2	72,8	8,5
CV (%)	8,79	11,68	6,84	16,27	6,56	9,49	6,37	24,96

ns – não significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ¹Aplicação única do regulador vegetal (Stimulate[®]) ou fertilizante foliar (Niphokam[®]). ²Aplicação sequencial do regulador vegetal ou fertilizante foliar. Testemunha 1: soja tratada com 2,4-D; Testemunha 2: soja não tratada com 2,4-D.

O número de ramos laterais por planta não foi alterado pelos tratamentos (Tabela 3). A arquitetura das plantas das variedades estudadas é bastante distinta, sendo que a variedade M7739 IPRO apresentou média de 6,1 ramos laterais por planta, enquanto a variedade M7110

IPRO apresentou 2,3. No entanto, estas diferenças devem-se as características fenotípicas de cada variedade, não sendo influenciadas pelo herbicida ou pelos bioestimulantes nas doses aplicadas.

Tabela 3. Número de ramos laterais (NRL) e número de vagens por planta (NVP) nas variedades de soja M7739 IPRO e M7110 IPRO em função da aplicação de fertilizante foliar (FF) e regulador vegetal (RV) após a aplicação de 2,4-D.

Tratamento (DAA)	M7739 IPRO				M7110 IPRO			
	FF		RV		FF		RV	
	NRL	NVP	NRL	NVP	NRL	NVP	NRL	NVP
0 ¹	6,2 ^{ns}	51,2 ^{ns}	6,7 ^{ns}	57,4 ^{ns}	2,1 ^{ns}	26,2 ^{ns}	2,2 ^{ns}	34,1 ^{ns}
0 e 7 ²	5,3	56,7	6,7	66,5	1,8	30,7	2,1	33,8
1	5,3	53,7	6,0	58,6	2,3	34,4	2,4	34,7
1 e 7	6,4	54,1	6,7	52,6	1,8	34,2	2,0	35,1
3	6,3	53,5	6,1	57,3	2,4	40,7	2,7	36,3
3 e 7	6,0	53,7	5,9	63,9	2,1	31,9	2,3	31,9
5	6,3	49,6	5,9	49,8	2,4	34,6	1,9	31,3
5 e 7	6,1	50,7	6,1	67,3	1,9	31,6	2,4	34,2
Testemunha 1	5,8	53,9	5,5	46,2	1,5	34,8	2,5	34,4
Testemunha 2	5,7	53,7	6,0	52,3	3,0	32,6	3,3	38,2
CV (%)	19,96	15,49	14,01	20,19	34,78	12,85	22,96	13,34

ns – não significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ¹Aplicação única do regulador vegetal (Stimulate[®]) ou fertilizante foliar (Niphokam[®]). ²Aplicação sequencial do regulador vegetal ou fertilizante foliar. Testemunha 1: soja tratada com 2,4-D; Testemunha 2: soja não tratada com 2,4-D.

O número de vagens por planta (Tabela 3), o número de grãos por planta e o peso de mil grãos (Tabela 4), não foram influenciadas pelos tratamentos. Solomon e Bradley (2014) não observaram alterações no número de vagens por

planta após aplicação da dose de 28 g ha⁻¹ de 2,4-D. Entretanto, Bertolin et al. (2010), verificaram incrementos no número de vagens por planta pela aplicação de bioestimulantes, tanto via sementes quanto via foliar.

Tabela 4. Número de grãos por planta (NGP) e peso de mil grãos (g) (PMG) nas variedades de soja M7739 IPRO e M7110 IPRO em função da aplicação de fertilizante foliar (FF) e regulador vegetal (RV) após a aplicação de 2,4-D.

Tratamentos (DAA)	M7739 IPRO				M7110 IPRO			
	FF		RV		FF		RV	
	NGP	PMG	NGP	PMG	NGP	PMG	NGP	PMG
0 ¹	44,2 ^{ns}	169,2 ^{ns}	45,0 ^{ns}	180,1 ^{ns}	71,1 ^{ns}	207,3 ^{ns}	89,7 ^{ns}	191,4 ^{ns}
0 e 7 ²	47,2	173,1	47,2	182,3	79,9	189,1	88,7	193,5
1	45,9	178,1	47,0	185,2	81,3	190,5	86,2	193,5
1 e 7	45,1	173,8	48,6	178,6	79,9	193,9	91,2	188,2
3	49,9	172,0	45,7	187,9	87,6	193,9	91,8	194,9
3 e 7	46,1	172,4	45,1	185,5	76,1	194,8	95,2	194,7
5	48,8	174,9	49,2	191,8	97,2	189,0	86,0	194,8
5 e 7	44,7	173,3	45,7	185,4	84,9	190,6	93,1	194,4
Testemunha 1	48,9	174,3	49,4	175,8	87,6	192,5	90,7	193,6
Testemunha 2	44,9	176,3	43,2	185,1	98,1	201,6	98,1	201,0
CV (%)	9,18	3,80	8,27	5,49	16,42	2,83	13,49	2,40

ns – não significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ¹Aplicação única do regulador vegetal (Stimulate[®]) ou fertilizante foliar (Niphokam[®]). ²Aplicação sequencial do regulador vegetal ou fertilizante foliar. Testemunha 1: soja tratada com 2,4-D; Testemunha 2: soja não tratada com 2,4-D.

O valor médio do peso de mil grãos nos experimentos com a variedade M7739 IPRO com aplicação de regulador vegetal e fertilizante foliar foi de 173,3 e de 183,8, respectivamente (Tabela 4). Para a variedade M7110 IPRO foi de 194,3 e de 194,0, para os experimentos que receberam aplicação de regulador vegetal e fertilizante foliar.

Para a produtividade da variedade de soja M7739 IPRO foi observado a formação de dois agrupamentos de médias (Tabela 5). A menor produtividade foi observada na

testemunha tratada com 2,4-D e não tratada com o regulador de crescimento Stimulate[®], bem como nos tratamentos em que o regulador de crescimento foi aplicado isoladamente no mesmo dia ou um dia após a aplicação do herbicida 2,4-D, ou sequencialmente. Independente da forma de aplicação, única ou sequenciada, a aplicação do regulador de crescimento aos 3 e 5 DAA garantiu o rendimento de grãos semelhante ao da testemunha não tratada com 2,4-D (Tabela 5), porém, sem incremento da produtividade.

Tabela 5. Produtividade (kg ha^{-1}) nas variedades de soja M7739 IPRO e M7110 IPRO em função da aplicação de fertilizante foliar (FF) e regulador vegetal (RV) após a aplicação de 2,4-D.

Tratamentos (DAA)	M7739 IPRO		M7110 IPRO	
	FF	RV	FF	RV
0 ¹	5025 ^{ns}	4697 b	4842 ^{ns}	3483 ^{ns}
0 e 7 ²	4940	4797 b	4680	3492
1	4803	4563 b	4819	3408
1 e 7	4431	4940 b	5131	3526
3	4852	5207 a	4996	3420
3 e 7	4573	5243 a	4771	3599
5	4800	5162 a	4619	3580
5 e 7	4863	5175 a	4987	3541
Testemunha 1	5132	4648 b	4875	3427
Testemunha 2	5200	5498 a	5337	3549
CV (%)	6,79	6,35	5,39	5,83

ns – não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). ¹Aplicação única do regulador vegetal (Stimulate[®]) ou fertilizante foliar (Niphokam[®]). ²Aplicação sequencial do regulador vegetal ou fertilizante foliar. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Testemunha 1: soja tratada com 2,4-D; Testemunha 2: soja não tratada com 2,4-D.

Produtos bioestimulantes contribuem para a expressão do potencial genético das plantas por meio de alterações nos processos vitais e estruturais, promovem o equilíbrio hormonal e estimulam o desenvolvimento radicular, que contribuem para a melhoria dos componentes de produção (SILVA et al., 2008). Du Jardin (2015) ressaltou que foram observados incrementos em diversas variáveis vegetais, como taxa fotossintética, a massa seca de plantas, o crescimento radicular, a diminuição de estresses abióticos e a redução de efeitos negativos de herbicidas, quando culturas anuais foram tratadas com bioestimulantes à base de aminoácidos.

Por outro lado, Batista Filho et al. (2013), avaliando diferentes doses de Stimulate[®] observaram incrementos na produtividade da soja até a dose de 750 mL ha⁻¹. Klahold et al. (2006) constataram que a aplicação de bioestimulantes via tratamento de sementes e foliar proporcionou incremento no número de vagens e na produtividade da soja. A redução da produtividade em função da aplicação de 2,4-D observada no agrupamento de médias de menor valor pode estar associada às injúrias promovidas pelo herbicida. Silva et al. (2018) observaram redução de 34 e 17 kg ha⁻¹ na produtividade da soja para cada grama de 2,4-D aplicado nos estádios V₅ e R₂, respectivamente.

Os resultados de pesquisas são contraditórios quanto aos efeitos da aplicação de subdoses de 2,4-D em plantas, com a presença de efeitos negativos causados pela atividade herbicida (SILVA et al., 2018) ou de efeitos positivos confirmados por hormese (BELGERS et al., 2007). Desta forma, pesquisas nessa vertente são necessárias, uma vez que, os efeitos podem variar de acordo com as doses, estágios fenológicos e variedades.

4. Conclusões

A aplicação de 2,4-D provoca leve fitotoxicidade nas plantas de soja das variedades M7110 IPRO e M7739 IPRO e os produtos regulador vegetal e fertilizante foliar não atenuam os efeitos destas injúrias.

O 2,4-D aplicado na dose de 60,3 g e.a ha⁻¹ e os produtos regulador vegetal e fertilizante foliar não afetam na soja a altura de plantas, a altura de inserção da primeira vagem e os números de ramificações, de vagens por planta, de grãos por planta e o peso de mil grãos.

O 2,4-D aplicado na dose de 60,3 g e.a ha⁻¹ reduz a produtividade da soja variedade M7739 IPRO em relação à testemunha.

Para a variedade M7739 IPRO a aplicação do regulador de crescimento isolado ou sequencial até um dia após a aplicação do 2,4-D resultou em menor produção de soja, semelhante à testemunha tratada com 2,4-D.

Referências

- Andrade, C. L. L.; Silva, A. G.; Melo, G. B.; Ferreira, R. V.; Moura, I. C. S.; Siqueira, G. G. C. Bioestimulantes derivados de *Ascophyllum nodusum* associados ao glyphosate nas características agronômicas da soja RR[®]. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 3, p. 1-10, 2018.
- Antuniassi, U.; Moreira, C.; Chechetto, R.; Pinheiro, A. C.; Lucio, F. **Droplet spectra and drift potential generated by flat-fan nozzles spraying new formulations of 2, 4-D engineered for drift reduction**. In: Pesticide Formulation and Delivery Systems: 38th Volume, Innovative Application, Formulation, and Adjuvant Technologies. Astm International, p. 1-10, 2018.
- Batista Filho, C. G.; Marco, K.; Dallacort, R.; Santi, A.; Inoue, M. H.; Silva, E. S. Efeito do Stimulate nas características agronômicas da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 76-86, 2013.
- Bertolin, D. C.; Sá, M. E.; Arf, O.; Junior, E. F.; Colombo, A. S.; Carvalho, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes, **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.
- Belgers, J. D. M.; Van Lieverloo, R. J.; Van Der Pas, L. J.; Van Den Brink, P. J. Effects of the herbicide 2,4-D on the growth of nine aquatic macrophytes. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 3, p. 260-268, 2007.
- CONAB, **Acompanhamento da Safra Brasileira: Sexto levantamento de grãos. Safra 2018/2019**. Brasília: Conab, 2019, v. 6, n. 6, 149 p.
- Du Jardin, P. Plant biostimulants: definition, concept, main, categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, n. 1, p. 3-14, 2015.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- Frans, R.E. Measuring plant responses. In: Wilkinson, R.E. (Ed.). **Research methods in weed science**, Puerto Rico: Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.
- Inácio, E. M. **Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis**. 2016. 93 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba: ESALQ. 2016.
- Joseph, D. D.; Sanders, C. H.; Marshall, M. W. Evaluation of 2, 4-D-Choline based herbicide systems in 2,4-D tolerant soybean (*Glycine max* L.). **Agricultural Sciences**, v. 8, n. 5, p. 385-396, 2017.
- Johnson, V. A.; Fisher, L. R.; Jordan, D. L.; Edmisten, K. E.; Stewart, A. M.; York, A. C. Cotton, peanut, and soybean response to sublethal rates of dicamba, glufosinate, and 2,4-D. **Weed Technology**, v. 26, n. 2, p. 195-206, 2012.
- Klahold, C. A.; Guimarães, V. F.; Echer, M. M.; Klahold, A.; Contiero, R. L.; Becker, A. Resposta da soja (*Glycine*

- max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulantes. **Acta Scientiarum**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.
- Marques, M. E. R.; Simonetti, A. P. M.; Rosa, H. A. Aspectos produtivos do uso de bioestimulantes na cultura da soja. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 4, p. 155-163, 2014.
- Mortele, L. M.; Santos, R. F.; Scapim, C. A.; Braccini, A. L.; Bonato, C. M.; Conrado, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.
- Mortensen, D. A.; Egan, J. F.; Maxwell, B. D.; Ryan, M. R.; Smith, R. G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 75-84, 2012.
- Oliveira Júnior, R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. In: Oliveira Júnior, R. S.; Constantin, J.; Inoue, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax Editora, 2011. p. 141-192.
- Povero, G.; Mejia, J. F.; Di Tommaso, D.; Piaggese, A.; Warrior, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 435, p. 1-9, 2016.
- Queiroz, A. R. S.; Vidal, R. A. O desenvolvimento de culturas tolerantes ao herbicida diclorofenoxiacetato: revisão de literatura. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 649-654, 2014.
- Rezende, P. M.; Carvalho, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.
- Santos, A. C. M.; Souza, M. A. S.; Freitas, G. A.; Santos, P. S. S.; Silva, R. R. Substância húmica na redução da fitotoxicidade dos herbicidas Roundup Ready + Lactofene na cultura da soja. **Ciência Tecnologia Agropecuária**, v. 9, n. 3, p. 35-41, 2015.
- Silva, D. R. O.; Silva, E. D. N.; Aguiar, A. C. M.; Novello, B. D.; Silva, A. A.; Basso, C. J. Drift of 2,4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, p. 1-7, 2018.
- Silva, T. T. A.; Pinho, E. V. R. V.; Cardoso, D. L.; Ferreira, C. A.; Alvim, P. O.; Costa, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 3 p. 840-846, 2008.
- Solomon, C. B.; Bradley, K. W. Influence of application timings and sublethal rates of synthetic auxin herbicides on soybean. **Weed Technology**, v. 28, n. 3, p. 454-464, 2014.
- Spaunhorst, D. J.; Siefert-Higgins, S.; Bradley, K. W. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) and waterhemp (*Amaranthus rudis*) management in dicamba-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 28, p. 131-141, 2014.
- Van Oosten, M. J.; Pepe, O.; Pascale, S.; Silletti, S.; Maggio, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1-5, 2017.
- Vieira, E. L.; Castro, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 23, n. 2, p. 222- 228, 2001.
- Wiedau, K. N.; Krausz, R. F.; Walters, S. A.; Matthews, J. L.; Gage, K. L. Evaluating risks of plant growth regulator-resistant soybean technologies to horseradish production. **Weed Technology**, v. 33, n. 1, p. 75-86, 2019.