



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
LSO - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PACES - PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

THALES GÓES PRUDENCIANO DE SOUZA
VITOR TANAKA

Yellow flashing

Piracicaba
2023

THALES GÓES PRUDENCIANO DE SOUZA
VITOR TANAKA

Yellow flashing

Revisão bibliográfica apresentada ao Grupo PACES – Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Coordenadores:

Rodrigo Cintra Bachega

João Gonçalves Ólea Leone

Piracicaba

2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 GLIFOSATO E SOJA RR	4
3 DEFINIÇÃO DE YELLOW FLASHING.....	5
4 MANEJO	10
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

A soja desempenha um papel fundamental na economia brasileira, destacando-se como uma das culturas mais significativas. De acordo com dados da CONAB, na safra 2022/23, a área cultivada com soja atingiu uma impressionante marca de 44 milhões de hectares, com uma produção estimada de mais de 150 milhões de toneladas do grão. Essa demanda crescente tem impulsionado a busca incessante por novas tecnologias, com o objetivo de aprimorar ainda mais a produtividade e o rendimento dessa cultura. Contudo, é importante ressaltar que diversos fatores podem afetar negativamente a produtividade da soja, incluindo pragas, doenças e, sobretudo, a gestão inadequada de plantas daninhas.

Com o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato (RR), o manejo das plantas indesejadas na lavoura se tornou mais fácil, de modo que se notou um aumento notável na utilização desse herbicida, com o número de aplicações variando entre 3 e 4 vezes durante o ciclo da cultura (SERRA, 2011). Logo, é coerente analisar se esse aumento de doses pode causar certo problema quando se trata da nutrição mineral da cultura da soja, principalmente, a respeito do “Yellow Flash”, ou seja, um rápido amarelecimento das folhas da soja que ocorrem depois da aplicação de glifosato e que, muitos produtores, associam com deficiência de Mn. Vale ressaltar, que por anos a real causa desse fenômeno ficou em aberto pelos especialistas, uma vez que não se conhecia o real fator que ocasionava nessa situação.

Portanto, dado o cenário de controvérsias que envolve essa questão, várias teorias emergiram na tentativa de elucidar a verdadeira causa dessa anomalia e, ao mesmo tempo, encontrar soluções eficazes. Portanto, esta revisão tem como objetivo principal sanar as dúvidas que permeiam esse tópico, proporcionando uma análise das melhores técnicas e práticas de manejo para a cultura da soja, buscando a máxima eficiência das lavouras.

2 GLIFOSATO E SOJA RR

A soja RR é uma variedade transgênica lançada inicialmente pela empresa MONSANTO e foi aprovada para o cultivo primeiramente nos Estados Unidos no ano de 1994. Com o aumento da confiança na tecnologia, a adoção dessa cultivar pelos produtores de vários países. A soja RR foi modificada geneticamente para se tornar resistente ao glifosato facilitando, assim, o manejo de plantas daninhas na lavoura. Com a inserção de um gene (AroA) proveniente do genoma da *Agrobacterium* sp., da estirpe C4, que codifica uma variante das enzimas EPSPS que é resistente à ação do glifosato, local onde o glifosato atua diretamente (SERRA, 2011).

O glifosato se caracteriza como um herbicida não seletivo e sistêmico, muito utilizado no manejo de pré-semeadura em sistemas de plantio direto, em pós-emergência de culturas resistentes, no manejo da vegetação de culturas perenes e na eliminação de plantas daninhas em ambientes aquáticos (MEROTTO JUNIOR, WAGNER, MENEGUZZI, 2015). Devido a seu relativamente baixo custo e alta eficiência, é o herbicida mais utilizado no mundo. Seu modo de ação é através da inibição competitiva da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), que inibe processos fundamentais para a planta, como a síntese proteica e a fotossíntese (MEROTTO JUNIOR, WAGNER, MENEGUZZI, 2015).

Na planta, o glifosato atua como inibidor da enzima EPSPs, que por sua vez é responsável pela condensação do ácido shiquímico e do fosfato piruvato, de modo que a síntese dos 3 aminoácidos essenciais triptofano, fenilalanina e tirosina é interrompida na planta. Além disso, o glifosato é capaz de diminuir o conteúdo de clorofila em hipocótilos de folhas de soja que, no entanto, também pode ser associado à deficiência de manganês.

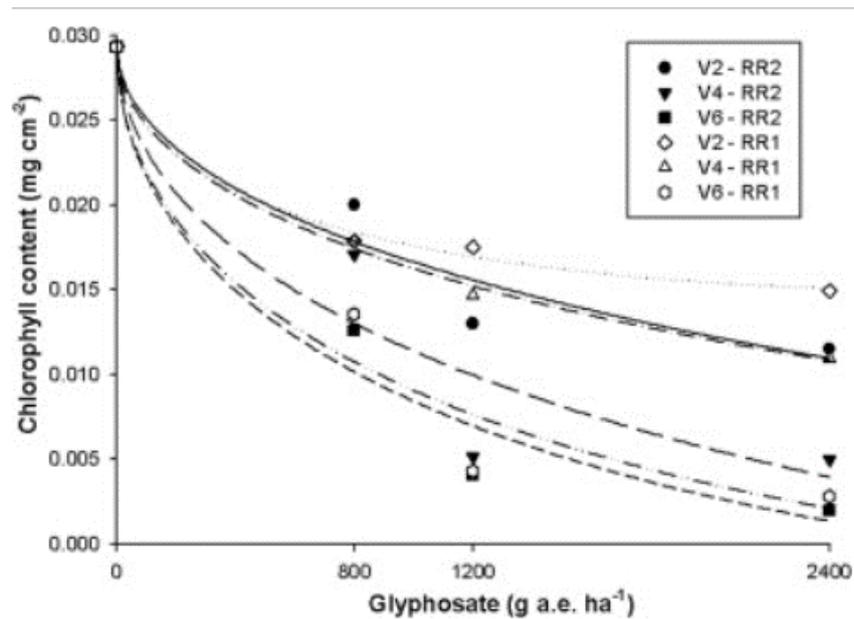
Um dos problemas causados pela toxicidade de glifosato seria diminuir a disponibilidade de micronutrientes catiônicos no solo devido à complexação do fitossanitário na calda e efeitos adversos na rizosfera, diminuindo o número de microrganismos com função de mobilização dos nutrientes. Outro fator é o acúmulo de metabólitos do glifosato no interior das células das plantas, um exemplo disso é o acúmulo de ácido aminometilfosfônico (AMPA) na soja RR (SERRA, 2011).

3 DEFINIÇÃO DE YELLOW FLASHING

O ácido aminometilfosfônico (AMPA) é o principal metabólito formado pela degradação do glifosato, podendo ocorrer tanto em soja resistente quanto em suscetível. O acúmulo excessivo de AMPA pode causar injúria foliar em folhas novas independentemente de possuir resistência ou não, além disso, o ácido é responsável por reduzir o conteúdo de clorofila na folha, e por consequência, a taxa fotossintética, por fim, pode ocorrer uma diminuição na taxa de transpiração e abertura dos estômatos (DING, 2011).

“Yellow Flash” é considerado não persistente, desaparecendo em aproximadamente 2 semanas após a aplicação do herbicida (REDDY, ZABLOTOWICZ, 2003). Contudo, recentemente, estudos demonstraram que ocorre o acúmulo de glifosato ou um de seus metabólitos a partir do estágio reprodutivo R1 da soja, resultando numa menor concentração de nutrientes nos tecidos foliares e nos grãos (GLASS, 1984). Isso ocorre devido a uma quelação de íons metálicos pelo glifosato, o que resulta em uma dificuldade na redistribuição desses minerais pela planta. Um desses minerais é o Mn. De acordo com (ZOBIOLE *et al.*, 2011) a concentração de clorofila na planta diminui conforme foram adicionadas maiores doses de glifosato.

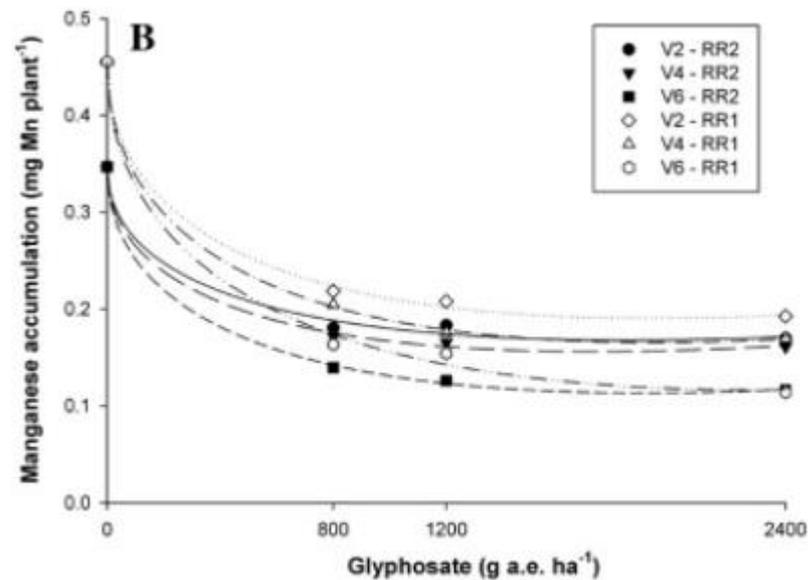
Figura 1 - Concentração de clorofila em soja RR1 e RR2 em diferentes aplicações de glifosato.



Fonte: ZOBIOLE *et al.* (2011).

Isso ocorreu devido à produção do AMPA, que degrada a clorofila e complexação de Mg e Mn, que são necessários para a formação da clorofila e para a realização da fotossíntese (ZOBIOLE *et al.*, 2011). A concentração de macro e micronutrientes diminuiu ao todo. Essa redução foi maior em uma aplicação tardia (em V6), do que em aplicações em estádios vegetativos mais precoces (como V2). Isso é visto em diversos nutrientes, como o Mn e o Fe (ZOBIOLE *et al.*, 2011).

Figura 2 - Concentração de Mn em folhas mais novas de acordo com o aumento de doses de doses de glifosato aplicado em diferentes estádios.

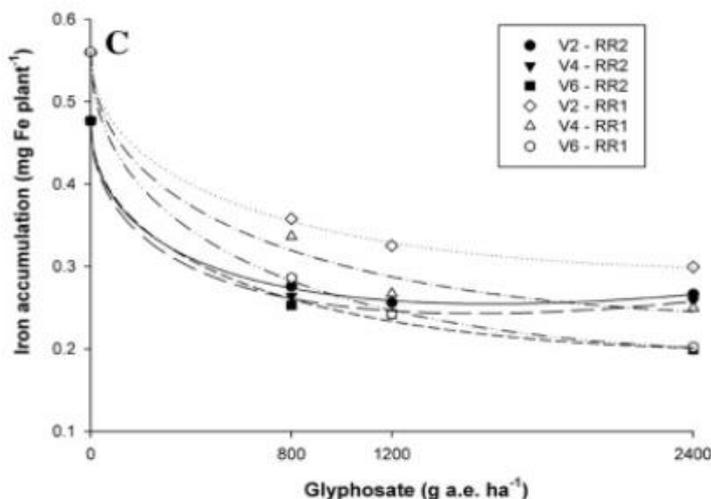


Fonte: ZOBIOLE *et al.* (2011).

O cloroplasto é sensível à uma menor concentração de Mn, resultando na diminuição da fotossíntese. No caso do Fe, sua menor concentração pode inibir a ácido δ -aminolevulinic, que é um precursor da clorofila (figura 3) (ZOBIOLE *et al.*, 2011).

Como citado anteriormente, os problemas causados pelo yellow flash incluem o aparecimento de sintomas cloróticos nas folhas superiores de soja RR. Essa anomalia pode ser considerada como não persistente, visto que os sintomas desaparecem em 2 semanas. Além disso, o excesso de glifosato mostrou estar associado diretamente à imobilização de cátions bivalentes, como o ferro e o manganês. Por sua vez, essa menor disponibilidade está relacionada ao fato de que o glifosato, que é um ácido fosfônico e, conseqüentemente, um agente quelante de cátions metálicos, que é capaz de formar quelatos com cátions bivalentes e trivalentes (ZOBIOLE; OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; BIFFE; KREMER, 2010). A recuperação após o aparecimento dos sintomas está totalmente dependente da capacidade de absorção radicular das plantas de absorver os nutrientes imobilizados pelo glifosato (Cakmak *et al.*, 2009).

Figura 3 - Concentração de Fe em folhas mais novas de acordo com o aumento de doses de doses de glifosato aplicado em diferentes estádios.



Fonte: ZOBIOLE *et al.* (2011).

Como citado anteriormente, os problemas causados pelo yellow flash incluem o aparecimento de sintomas cloróticos nas folhas superiores de soja RR. Essa anomalia pode ser considerada como não persistente, visto que os sintomas desaparecem em 2 semanas. Além disso, o excesso de glifosato mostrou estar associado diretamente à imobilização de cátions bivalentes, como o ferro e o manganês. Por sua vez, essa menor disponibilidade está relacionada ao fato de que o glifosato, que é um ácido fosfônico e, conseqüentemente, um agente quelante de cátions metálicos, que é capaz de formar quelatos com cátions bivalentes e trivalentes (ZOBIOLE; OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; BIFFE; KREMER, 2010). A recuperação após o aparecimento dos sintomas está totalmente dependente da capacidade de absorção radicular das plantas de absorver os nutrientes imobilizados pelo glifosato (Cakmak *et al.*, 2009).

De acordo com Reddy *et al.* (2004), a clorose nas folhas, yellow flashing, pode estar associada, ao acúmulo de (ácido aminometilfosfônico), popularmente como AMPA, que é o principal metabólito da degradação da molécula de glifosato. O acúmulo dessa molécula é responsável por reduzir a quantidade de biomassa seca das partes aéreas e raízes, além do teor de clorofila nas folhas. Algumas condições ambientais também podem estar associadas ao aparecimento desses sintomas. Desse modo, quando é realizada a aplicação de glifosato em condições de seca ou temperatura elevada, por exemplo, a possibilidade de aparecimento da anomalia é

4 MANEJO

É possível diminuir o efeito do glifosato através da aplicação de aminoácidos. De acordo com um experimento de Zobiolo *et al.* (2012), 480 g/L de glifosato foram aplicados em soja RR em V4. Em conjunto, foi adicionado uma formulação de aminoácidos contendo: Alanina: 0.889%, Arginina: 0.145%, Ácido Aspartático: 1.484%, Ácido Glutâmico: 2.533%, Glicina: 0.155%, Isoleucina: 0.131%, Leucina: 0.205%, Lisina: 0.184%, Fenilalanina: 0.109%, Serina: 0.137%, Treonina: 0.144%, Triptofano: 0.175%, Tirosina: 0.086%, Valina: 0.220%; N 2%, P2O5 17%;) e uma formulação não-comercial com: Alanina: ~ 1.101%, Arginina: 0.179%, Ácido Aspartático: 1.838%, Ácido Glutâmico: 3.136%, Glicina: 0.191%, Isoleucina: 0.162%, Leucina: 0.253%, Lisina: 0.227%, Fenilalanina: 0.136%, Serina: 0.170%, Treonina: 0.178%, Triptofano: 0.175%, Tirosina: 0,106%, Valina: 0.272%; N 4%, P2O5 19%, Mn 5%, Zn 2%, B 1%. A aplicação não aumentou a fotossíntese no estágio vegetativo, visto que o carbono fixado foi o mesmo (em torno de 20%). Contudo, no estágio R1, notou-se que o uso de aminoácidos preveniu certa injúria por glifosato, evitando a redução da taxa fotossintética pelo herbicida.

Tabela 1 - Taxa fotossintética em estágio R1 da soja após aplicação de glifosato e tratamento com aminoácidos.

Glifosato (g a.e./ha)	Taxa fotossintética (micro mol CO ₂ /m ² s)		
	Sem aminoácidos	Formulação comercial	Formulação não-comercial
0	10,25	11,64	9,95
1200	9,35	11,36	10,78
	8,77	10,95	11,15

Fonte: Adaptado de Zobiolo *et al.* 2012.

Sobre o status nutricional, em altas quantidades, ocorreu uma diminuição na concentração foliar de quase todos os nutrientes, menos N e P, em plantas em que foi aplicado o herbicida e não os aminoácidos. O Mn chegou a ser reduzido em quase 50%. Isso ocorre devido ao alto poder de quelação que o glifosato possui em cátions divalentes, resultando na imobilização deles no tecido da planta. Para plantas tratadas com aminoácidos, em solos argilosos, ocorreu uma menor diminuição da concentração de nutrientes. Isso ocorreu devido à concentração de nitrogênio na

formulação, visto que ele pode aumentar a absorção/translocação de glifosato na planta.

Tabela 2 - Concentração de macronutrientes em soja R1 após aplicação de glifosato e aminoácidos.

Glifosato (g a.e./ha)	N			P		
	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	33,74	29,70	26,18	2,20	1,96	1,96
1200	28,40	32,15	39,37	2,11	2,08	2,08
2400	29,21	29,94	31,07	2,14	2,02	2,02

Glifosato (g a.e./ha)	K			Ca		
	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	12,28	12,45	10,56	10,77	11,13	9,83
1200	10,69	12,02	10,99	8,80	9,17	9,72
2400	5,14	11,57	11,19	4,15	8,60	8,76

Glifosato (g a.e./ha)	Mg			S		
	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	3,62	3,85	3,45	1,08	1,11	0,97
1200	3,31	3,49	3,54	1,01	1,06	1,01
2400	1,49	3,31	3,25	0,47	1,00	0,96

Fonte: Zobiolo *et al.* (2012).

Tabela 3 - Concentração de micronutrientes em soja R1 após aplicação de glifosato e aminoácidos.

Zn						
Glifosato (g a.e./ha)	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	44,56	47,48	46,02	101,35	114,01	106,19
1200	45,40	47,54	47,56	100,27	109,71	118,15
2400	22,44	43,75	44,99	53,12	116,81	114,15

Mn						
Glifosato (g a.e./ha)	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	79,44	77,26	96,36	6,25	6,92	6,56
1200	86,28	97,97	122,61	6,93	6,62	6,27
2400	35,10	91,86	86,55	3,05	6,05	34,98

Fe				Cu		
Glifosato (g a.e./ha)	Sem AA	Comercial	Não Comercial	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	65,05	53,65	62,71			
1200	48,92	58,33	54,39			
2400	34,98	66,37	62,72			

B			
Glifosato (g a.e./ha)	Sem AA	Comercial	Não Comercial
0	65,05	53,65	62,71
1200	48,92	58,33	54,39
2400	34,98	66,37	62,72

Fonte: Adaptação de Zobiolo *et al.* (2010).

Outro estudo, em que foi aplicado glifosato em soja RR no V4 sem aminoácidos, com aminoácidos no tratamento de sementes, com aminoácidos na adubação foliar e com aminoácidos no tratamento em sementes mais adubação foliar, demonstrou que no último caso, os efeitos negativos do excesso do glifosato foram minimizados. Como o experimento anterior, os aminoácidos também são aromáticos (ZOBIOLE *et al.*, 2010).

Tabela 4 - Taxa fotossintética no estádio V4, antes da aplicação de glifosato e aminoácidos.

Glifosato (g a.e./ha)	Taxa fotossintética (micro mol CO ₂ /m ² s)			
	Sem AA	TS	TS + FOL	FOL
0	10,62	8,16	9,24	9,97
1200	9,80	9,09	9,85	10,48
2400	9,29	9,10	9,77	9,95

Fonte: Adaptação de Zobiole *et al.* (2010).

Tabela 5 - Taxa fotossintética no estádio V7, depois da aplicação de glifosato e aminoácidos.

Glifosato (g a.e./ha)	Taxa fotossintética (micro mol CO ₂ /m ² s)			
	Sem AA	TS	TS + FOL	FOL
0	11,02	11,01	12,50	12,23
1200	5,53	7,21	9,97	9,72
2400	3,69	3,58	4,50	3,54

Fonte: Adaptação de Zobiole *et al.* (2010).

Como tentativa de mitigar essa anomalia, era comum a aplicação de manganês em conjunto com a aplicação de herbicidas, em especial o glifosato. Entretanto, com o tempo foi comprovado que o yellow flash não é causado pela reação de complexação do Mn intracelular das plantas pelo glifosato, de modo que a aplicação dele em conjunto com o glifosato não fazia sentido. Ainda assim, a aplicação de manganês muito utilizada para suprir as demandas desse nutriente pela planta (MACHADO; GOMES; MARQUES; OTTO; CARVALHO, 2019).

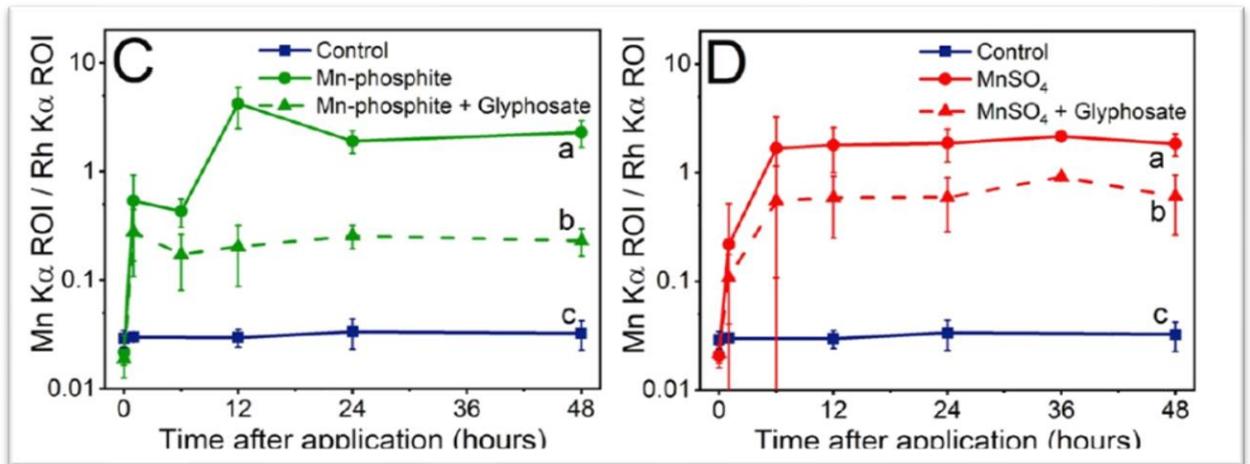
O fornecimento de manganês para a cultura é essencial para a manutenção de algumas atividades metabólicas essenciais na planta. A diminuição de estresses oxidativos, que são causados pelo acúmulo das espécies reativas de oxigênio, está estritamente ligado à presença desse nutriente, que por sua vez atua como um importante ativador enzimático. Nesse contexto, a aplicação de manganês em conjunto com as aplicações de herbicidas é coerente, buscando mitigar os danos causados pelo acúmulo de metabólitos de glifosato, o AMPA (MACHADO; GOMES; MARQUES; OTTO; CARVALHO, 2019).

Vale ressaltar que a escolha da fonte de manganês deve ser criteriosa, uma vez que, apesar de não interagir no meio intracelular como citado anteriormente, na solução aquosa da calda de aplicação a situação é diferente. Nesse ambiente, o glifosato é capaz de complexar o manganês, ocasionando na formação de espécies altamente reativas. Por esse motivo, formas já complexadas desse nutriente devem ser escolhidas para a obtenção da maior eficiência de ambos os produtos (MACHADO; GOMES; MARQUES; OTTO; CARVALHO, 2019).

Segundo o experimento realizado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo, buscou testar 4 diferentes formas de manganês na mistura de tanque com glifosato. Neste estudo foram utilizadas plantas de soja (*Glycine max*, cv M7739 IPRO, Monsoy) que foram cultivadas em vasos com areia em uma sala de crescimento. As plantas foram irrigadas diariamente com água deionizada, além da aplicação de uma solução nutritiva. Quando a planta atingiu o estágio V3 os tratamentos foram aplicados. Os tratamentos consistiam na aplicação foliar com soluções de sulfato de manganês hidratado, nanopó de carbonato de manganês, manganês quelatizado com etilenodiamina tetraacetato e por fim fosfito de manganês. Os tratamentos podiam ou não estar misturados com glifosato (48% de ingrediente ativo em peso). As concentrações de Mn utilizadas nas soluções foram de 350g/ha em conjunto com 1,5l/ha de glifosato. Desse modo, para os tratamentos foi preparada uma solução contendo 7 g de Mn por litro e 10,8 g de glifosato (equivalente ácido) por litro, o que correspondeu a uma proporção molar de 2:1 de Mn/glifosato (MACHADO; GOMES; MARQUES; OTTO; CARVALHO, 2019).

Através de medições por fluorescência de raios-X de Mn emitidos pelo pecíolo das folhas foi possível quantificar a cinética de transporte de cada espécie de Mn testada no experimento em questão. A partir dos resultados obtidos, foram formulados gráficos que comparavam a concentração de Mn no pecíolo das plantas em relação ao tempo após as pulverizações com as diferentes soluções. Os tratamentos com fosfito e sulfato de manganês apresentaram sinais de complexação do nutriente com o glifosato, uma vez que as concentrações no tratamento aplicado com os dois produtos foram menores quando comparado à aplicação com somente o nutriente. Isso indica, que o fornecimento de manganês e a eficiência do glifosato foram prejudicados no tratamento.

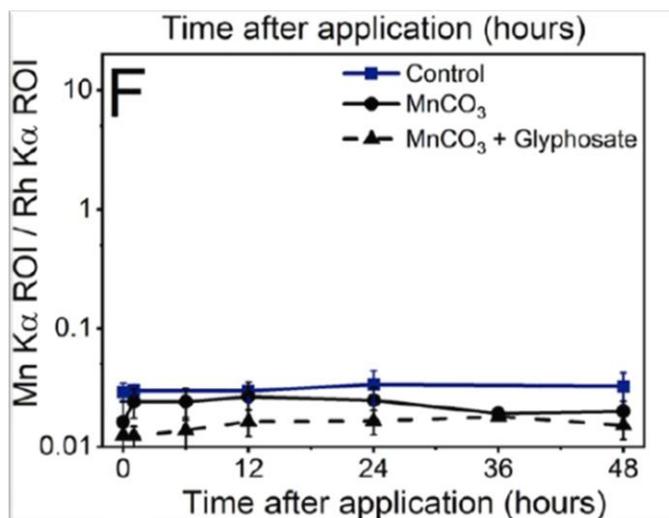
Figura 6 - Gráficos de concentração de manganês nos pecíolos da planta (eixo y) pelo tempo após a aplicação (eixo x) para os tratamentos com fosfato de manganês e sulfato de manganês.



Fonte: Adaptado de Machado *et al.* (2019).

O tratamento de carbonato de manganês apresentou resultados inesperados, de modo que o fornecimento de Mn foi baixo independentemente do tratamento adotado. Esse resultado pode estar associado à baixa solubilidade desse composto, que por sua vez precipitou na solução, sem necessariamente ter sido complexado com a molécula de glifosato.

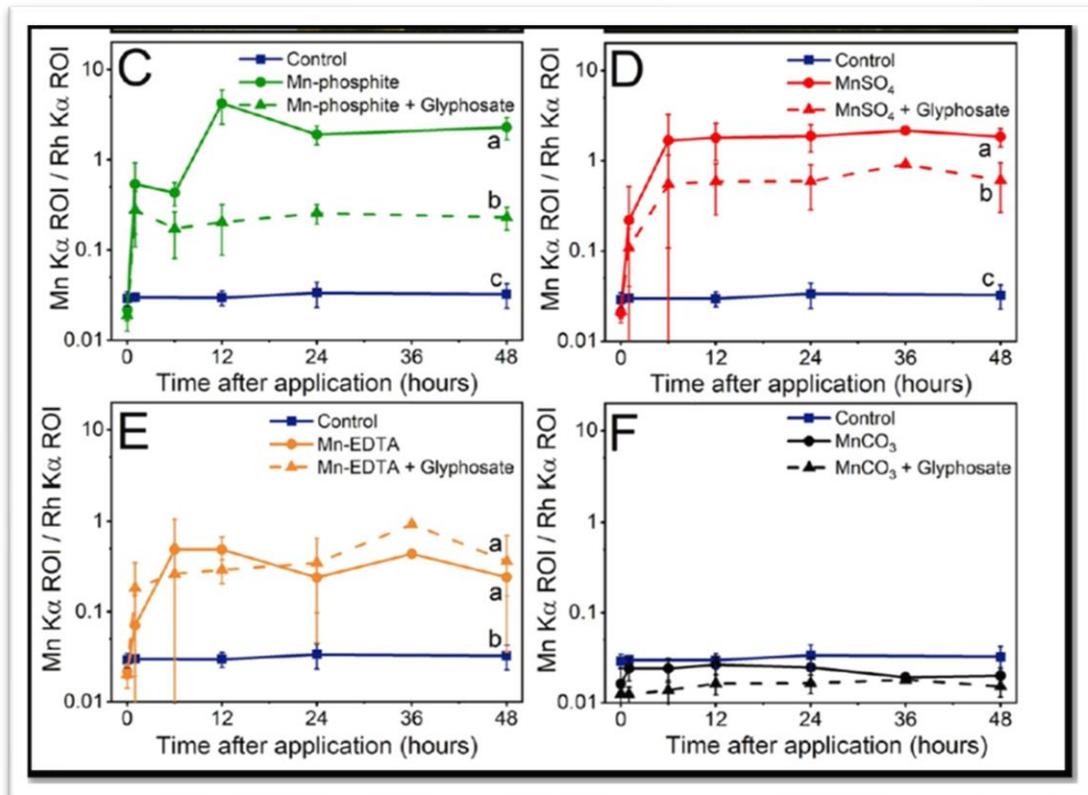
Figura 7 – Gráficos de concentração de manganês nos pecíolos da planta (eixo y) pelo tempo após a aplicação (eixo x) para o tratamento com carbonato de manganês.



Fonte: Adaptado de Machado *et al.* (2019).

Por fim, o tratamento com manganês quelatizado com EDTA apresentou os melhores resultados, uma vez que não houve variações nas aplicações. Portanto, o manganês nessa forma não é capaz de estabelecer ligação com a molécula de glifosato, sendo a mais recomendada para a aplicação em conjunto, sem que ocorra perdas de eficiência (MACHADO; GOMES; MARQUES; OTTO; CARVALHO, 2019).

Figura 8 - Gráficos da relação de concentração de Mn nos pecíolos (eixo y) pelo tempo após a aplicação das soluções (eixo x) para todos os tratamentos.



Fonte: Adaptado de Machado *et al.* (2019).

É importante destacar que, mesmo quando observamos concentrações mais elevadas de manganês no tratamento com sulfato de manganês em comparação com o manganês quelatizado com EDTA, a escolha deste último ainda se mostra mais vantajosa. Isso se explica pelo fato de que, mesmo com maiores concentrações, ainda é observada uma variação significativa entre os tratamentos com e sem glifosato. Essa diferença sugere que, mesmo com uma melhoria na disponibilidade de manganês, ainda ocorre complexação entre as substâncias, o que, por sua vez, resulta em uma redução na eficácia do glifosato.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o yellow flashing surgiu como um mistério para o manejo da soja RR, uma vez que as justificativas para essa anomalia ou não existiam ou estavam erradas. No início, a primeira hipótese desenvolvida era de que a molécula de glifosato por apresentar caráter quelante, imobilizava o manganês intracelular das plantas, ocasionando em sintomas de deficiência desse nutriente. De fato, o yellow flashing apresenta relação com o manganês, mas essa interação não ocorre no interior da planta como pensado. Com o avanço das pesquisas o real motivo para esse fenômeno foi descoberto e pode ser explicado pelo acúmulo dos metabolitos decorrentes da molécula de glifosato, o AMPA.

Toda essa história criou um grande paradigma acerca do tema, de modo que estimulou os agricultores a adotarem alguns métodos de manejo como a aplicação de manganês em conjunto com a aplicação de glifosato para o controle de daninhas. A aplicação em conjunto desse nutriente realmente mitigava ou eliminava os sintomas yellow flashing, mas isso não era devido ao suprimento de manganês e sim pela redução da eficiência do glifosato que era complexado e, conseqüentemente, perdia eficiência. Atualmente, o manganês é aplicado, sendo utilizadas formas quelatizadas desse nutriente para evitar que essa reação ocorra.

Atualmente, o Mn-EDTA é considerado a fonte mais eficaz de manganês, pois possui uma carga neutra que não reage com a molécula de glifosato. Além disso, ele contém 13% de manganês em sua composição, tornando-o altamente benéfico para a cultura agrícola. A presença de manganês é crucial para alcançar altos rendimentos na colheita, e geralmente é recomendado dividir sua aplicação em três etapas ao longo do ciclo da cultura. Portanto, é de extrema importância disseminar informações precisas sobre esse assunto para garantir a máxima eficiência na aplicação e evitar o uso de produtos que não contribuam efetivamente para o desenvolvimento da lavoura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DING, Wei et al. Physiological responses of glyphosate-resistant and glyphosate-sensitive soybean to aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate. **Chemosphere**, v. 83, n. 4, p. 593-598, 2011.

GLASS, Robert L. Metal complex formation by glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 32, n. 6, p. 1249-1253, 1984.

MACHADO, B. A.; GOMES, Marcos H. F.; MARQUES, João P. R.; OTTO, Rafael; CARVALHO, Hudson W. P. de. X-ray Spectroscopy Fostering the Understanding of Foliar Uptake and Transport of Mn by Soybean (*Glycine max* L. Merrill): kinetics, chemical speciation, and effects of glyphosate. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, [S.L.], v. 67, n. 47, p. 13010-13020, 31 out. 2019. American Chemical Society (ACS).

MEROTTO JUNIOR, Aldo; WAGNER, Juliano; MENEGUZZI, Cátia. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Biosci. j. (Online)**, p. 499-508, 2015.

REDDY, Krishna N.; ZABLOTOWICZ, Robert M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, v. 51, n. 4, p. 496-502, 2003.

SERRA, Ademar Pereira et al. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, v. 41, p. 77-84, 2011.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, v. 28, p. 643-653, 2010.

Zobiole, L. H. S., Kremer, R. J., Oliveira, R. S., and Constantin, J. (2012). Glyphosate effects on photosynthesis, nutrient accumulation, and nodulation in glyphosate-resistant soybean. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175, 319–330. doi: 10.1002/jpln.201000434

ZOBIOLE, L.H.s.; OLIVEIRA JUNIOR, R.s.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; KREMER, R.J.. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate

na soja RR. **Planta Daninha**, [S.L.], v. 28, n. 3, p. 643-653, 2010. FapUNIFESP (SciELO).

ZOBIOLE, Luiz Henrique Saes et al. Amino acid application can be an alternative to prevent glyphosate injury in glyphosate-resistant soybeans. **Journal of plant nutrition**, v. 35, n. 2, p. 268-287, 2012.

ZOBIOLE, Luiz HS et al. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation, and nutrient accumulation of “second generation” glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 99, n. 1, p. 53-60, 2011.