ISSN: 2675-813X V. 5, Nº 2, 2024

EFEITOS DO GLIFOSATO NA EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE PITANGA (*EUGENIA UNIFLORA* L.)

VITOR MATHEUS MORAIS DE OLIVEIRA; ANA LUIZA CROZARA MASSA; YASMIN BEATRIZ TOMÉ DA SILVA; SUELLEN DA FONSECA ALBUQUERQUE; MARIA HELOISA CHIMENTO COSTA

RESUMO

Em áreas com extensa produção agrícola, a vegetação nativa está sujeita à contaminação por herbicidas, tanto de forma direta quanto indireta. O glifosato, um dos herbicidas não seletivos mais amplamente utilizados globalmente, possui uma aplicação extensiva no Brasil. Devido à sua natureza como defensivo de amplo espectro e classificação como sistêmico, seu efeito adverso nas plantas é evidente. A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) é uma planta nativa da América do Sul, de extrema importância tanto econômica quanto ecológica. Esta espécie desempenha um papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, atraindo a avifauna e aumentando o fluxo de sementes de diferentes espécies na área, o que contribui para o aumento da diversidade local. O presente estudo teve como objetivo empregar a pitanga como um modelo para investigar os efeitos do glifosato na emergência de sementes. A metodologia adotada consistiu na exposição de sementes germinadas em papel Germitest a diferentes concentrações de glifosato (0,5, 0,75 e 1 g L^{-1}). Os resultados obtidos revelaram que não houve efeito significativo do glifosato na taxa de emergência das sementes de pitanga. Entretanto, observou-se uma redução na velocidade de emergência das sementes expostas a concentrações iguais ou superiores a 0,75 g L^{-1}, atribuída ao aumento das atividades das enzimas catalisadoras de peróxido de hidrogênio, as quais inibiram a sinalização para o início da germinação. Além disso, o glifosato ocasionou uma diminuição no crescimento radicular, possivelmente interferindo na produção de auxinas e no ciclo celular. De acordo com os resultados obtidos, o glifosato afeta diretamente tanto a velocidade de emergência quanto o comprimento radicular das sementes de pitanga. As concentrações usadas neste estudo são consideravelmente menores do que aquelas tipicamente aplicadas em campo, representando um risco para a diversidade da flora nativa.

Palavras-chave: Atividade fitotóxica; defensivo de amplo espectro; herbicidas; inibição enzimática; planta nativa.

1 INTRODUÇÃO

O glifosato destaca-se como um dos herbicidas não seletivos mais amplamente utilizados no Brasil, com cerca de 217 mil toneladas adquiridas em 2021, principalmente para o manejo nas culturas transgênicas de soja e milho (OLIVEIRA; AGOSTINETTO; SIEGLOCH, 2021). Este herbicida de amplo espectro [C3H8NO5] é absorvido pelas folhas, troncos e raízes das plantas, agindo como um herbicida sistêmico ao atuar na inibição da enzima EPSPS (5-Enolpiruvilchiquimato-3-Fosfato Sintase) presente na via do ácido chiquímico (KHAN *et al*., 2020; GOMES *et al*., 2017).

DOI: 10.51189/conbracib2024/31888

Nesse sentido, Khan *et al*. (2020) observaram uma redução da taxa de emergência das sementes de tomate ao aplicarem concentrações acima de 10 mg / Kg. Além disso, estudos também destacam que esse composto pode provocar a diminuição da altura da planta, clorose foliar, necrose tecidual e redução no peso seco dos brotos (CRUZ *et a*l., 2021; GOMES *et al*., 2017).

Em ambientes com extensa produção agrícola, a vegetação nativa está sujeita à contaminação por herbicidas, tanto de forma direta quanto indireta. É relevante salientar que, em fragmentos florestais, o glifosato pode penetrar até oito metros dentro desses fragmentos devido à deriva durante a aplicação em plantas daninhas (BRAIAN *et al*., 2017).

A *Eugenia uniflora* L., conhecida popularmente como pitanga, é uma planta nativa da América do Sul, pertencente à família Myrtaceae, e possui uma ampla distribuição no Brasil, desde o Nordeste (Bahia) até o Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul), passando pelo Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (BEZERRA et al., 2018).

A pitanga desempenha um papel significativo na recuperação de áreas perturbadas de mata ciliar, pois atrai a fauna dispersora, promovendo a chegada de propágulos de diferentes espécies e fomentando a diversidade na área (AVILA *et al*., 2011).

Diante desse contexto, torna-se fundamental aprofundar as pesquisas sobre os efeitos dos herbicidas à base de glifosato em espécies nativas, devido à carência de informações sobre seus impactos e influências no ambiente. Portanto, este estudo propõe-se a analisar o efeito do glifosato na emergência de sementes de pitanga, com o intuito de compreender os possíveis impactos adversos para essa espécie.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências da Natureza da UFSCar campus Lagoa do Sino, Buri - SP. As sementes foram obtidas de frutos maduros coletados dentro do campus da universidade. Após a colheita, os frutos foram despolpados e as sementes foram lavadas com água corrente e deixadas para secar à sombra por 3 dias. Posteriormente, as sementes foram esterilizadas utilizando o fungicida Vitavax, de acordo com a indicação do rótulo do produto.

O poluente utilizado foi o Glifosato da marca comercial “Xeque Mate”. Assim, as sementes foram distribuídas em quatro tratamentos distintos, correspondentes às concentrações de Glifosato: 0,5, 0,75 e 1 g L^{-1}, além do grupo controle. Para cada tratamento, foram utilizadas 25 sementes de pitanga, dispostas uniformemente sobre duas folhas de papel Germitest e cobertas por outra folha do mesmo. Em seguida, as folhas foram umedecidas com as diferentes concentrações de glifosato e enroladas. Após essas etapas, as unidades experimentais foram mantidas em temperatura e iluminação ambiente. A contagem de emergência das sementes durou o período de 30 dias, enquanto os papéis eram diariamente umedecidos com água destilada. Após o período especificado, as sementes com raízes medindo 2 mm foram consideradas emergidas.

Para analisar o comprimento das raízes, realizou-se a medição utilizando uma régua milimétrica como ferramenta. Posteriormente, foi calculado a taxa de emergência das sementes, realizado através dos métodos utilizados por Shahid *et al*. (2021), com a seguinte equação:

Emergência % = (Número de sementes emergidas ×100) / Número total de sementes

Assim como, foi realizado o cálculo do Índice de Velocidade de Emergência (IVE) através da metodologia utilizada por Carvalho & Carvalho (2009), pela equação:

DOI: 10.51189/conbracib2024/31888

ISSN: 2675-813X

$$IVE = \sum (Ni / Ti)$$

Em que Ni é o número de sementes que emergiram no tempo "i" e Ti é o tempo após a instalação do teste.

Desse modo, o experimento foi conduzido com três repetições para cada tratamento. Os dados coletados foram analisados utilizando o software R (versão 4.3.1). Inicialmente, a normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. As medianas desses grupos foram então comparadas utilizando o teste de Dunn, com correção de Bonferroni, a um nível de significância de 5%.

Já para os conjuntos de dados que atenderam aos critérios de normalidade, foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey, com um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo entre as diferentes concentrações de glifosato na emergência das sementes de pitanga ($p > 0,05$). Observou-se valores similares para todos tratamentos, sendo o controle com a maior taxa de emergência entre os tratamentos (tabela 1). Esses resultados também foram encontrados por Gomes *et al*. (2019), que utilizou diferentes concentrações de glifosato na germinação de milho (0,5, 25 e 50 mg L^{-1}), não obtendo diferenças significativas entre a taxa de emergência das sementes.

Tabela 1 - Tabela de porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência em sementes de pitanga tratadas com diferentes concentrações de glifosato

Tratamentos	**% Emergência**	**IVE**
0,5 g L^{-1}	86,67% a	3,6 ab
0,75 g L^{-1}	86,67% a	3 a
1 g L^{-1}	92,00% a	3,2 a
Controle	98,67% a	4,35 b
C. V	6,25%	16,24 %

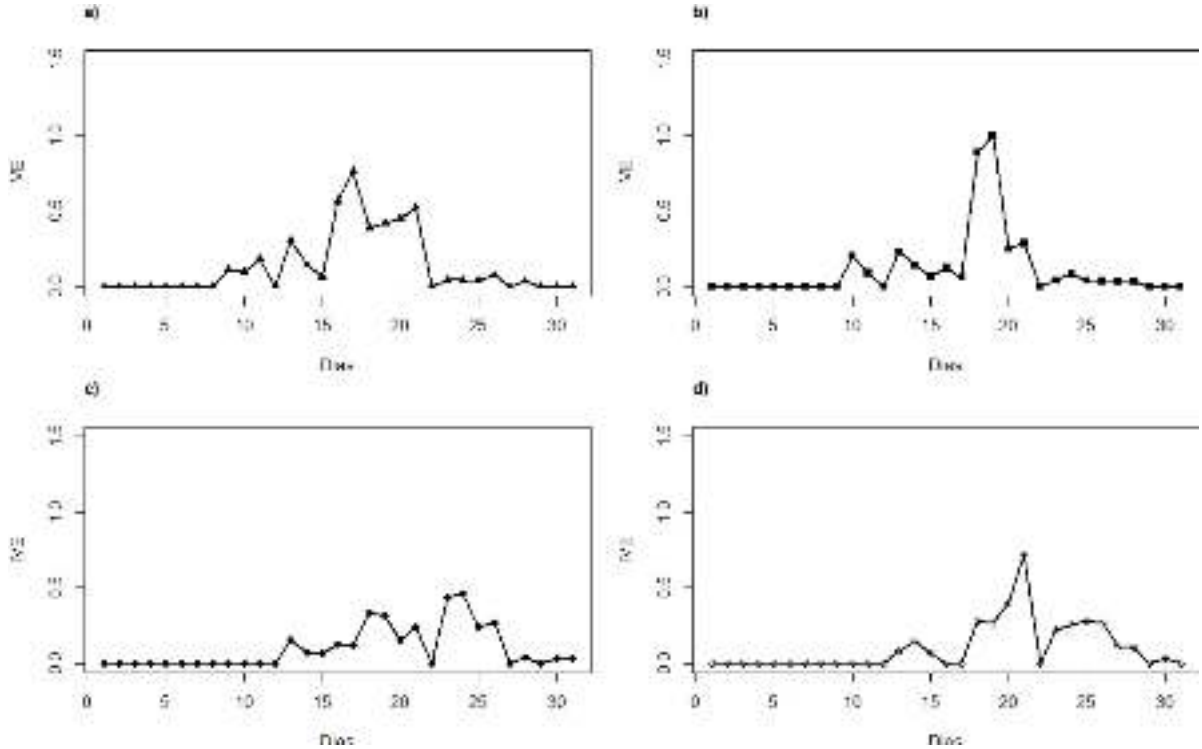
Medianas (% Emergência) e Médias (IVE) seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Kruskal- Wallis (% Emergência) e teste de Tukey (IVE) a 5% de probabilidade.

Nesse sentido, as sementes de pitanga podem ser consideradas resistentes ao glifosato, no entanto, deve-se ressaltar que mesmo não afetando a porcentagem de emergência das sementes, esse produto químico pode afetar diretamente na velocidade de emergência das mesmas (GOMES *et al*., 2019). Essa afirmação pode ser observada no presente estudo, onde foi observado diferenças estatísticas entre os tratamentos em relação à velocidade de emergência das sementes de pitanga ($p > 0,05$). Os tratamentos com concentrações de 1 g L^{-1} e 0,75 g L^{-1} exibiram diferenças significativas em relação ao grupo controle do experimento ($p < 0,05$), demonstrando um índice de velocidade de emergência (IVE) inferior em comparação com o tratamento controle, conforme a tabela 1 e a figura 1. No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de 0,5, 0,75 e 1 g L^{-1} ($p > 0,05$).

DOI: 10.51189/conbracib2024/31888

ISSN: 2675-813X V. 5, Nº 2, 2024

Figura 1 - Índice de velocidade de emergência das sementes de pitanga submetidas a diferentes tratamentos, onde, a) grupo controle, b) 0,5 g L^{-1}, c) 0,75 g L^{-1} e d) 1 g L^{-1}



O atraso na velocidade de emergência das sementes de pitanga pode ser justificado pelo o aumento das atividades das enzimas Catalase e Ascorbato Peroxidase, responsáveis pela degradação do H_2O_2 (GOMES *et al*., 2019). Sob condições fisiológicas, os radicais livres, especialmente o peróxido de hidrogênio, atuam como um sinalizador para o início da germinação (WOJTYLA *et al*., 2016). Portanto, a degradação desse radical livre pode ocasionar a diminuição na velocidade de emergência das sementes de pitanga.

Uma outra explicação plausível para a diminuição na velocidade de emergência nos tratamentos com maiores concentrações de glifosato é que essas enzimas catalisadoras de H_2O_2 consomem ATP em suas atividades. Assim, devido ao aumento das atividades dessas enzimas, pode ter ocorrido uma privação de ATP para o desenvolvimento do embrião (GOMES *et al*., 2017).

Já o comprimento da raiz apresentou uma diminuição significativa com o aumento nas concentrações de glifosato ($p < 0,05$), conforme evidenciado na figura 2. Entretanto, as concentrações de 0,75 e 1 g L^{-1} não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ($p > 0,05$), conforme detalhado na tabela 2. Esses resultados corroboram com as constatações feitas por Vieira *et al*. (2024), que, ao submeter sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) a diferentes concentrações de glifosato, observaram uma redução no comprimento das raízes.

DOI: 10.51189/conbracib2024/31888

Figura 2 - Comprimento da raiz em sementes de pitanga submetidas a diferentes concentrações de glifosato

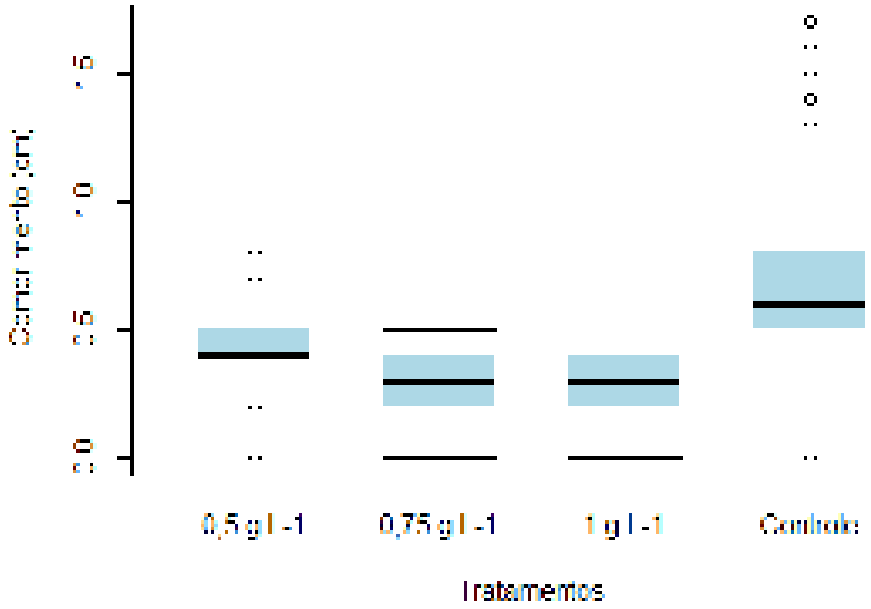


Tabela 2 - Tabela de medianas do comprimento da raiz para cada tratamento em sementes de pitanga submetidas a diferentes concentrações de glifosato

Tratamentos	Medianas do Comprimento da raiz (cm)	CV
Controle	0,6 a	45,50 %
0,5 g/L	0,4 b	48, 72 %
0,75 g/L	0,3 c	48, 38%
1 g/L	0,3 c	40, 62%

Medianas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade.

O efeito negativo do glifosato sobre o comprimento da raiz das sementes de pitanga pode ser elucidado pela atividade fitotóxica desse herbicida na inibição da enzima 5-Enolpiruvilchiquimato-3-Fosfato Sintase (EPSPS), situada na via metabólica do ácido chiquímico. Esta enzima desempenha uma função crucial na síntese de aminoácidos aromáticos, tais como fenilalanina, tirosina e triptofano (MALDANI *et al*., 2021). O triptofano, por sua vez, emerge como uma biomolécula central na via de síntese de auxina, sendo sua deficiência um obstáculo para a produção desse fitohormônio (CRUZ *et al*., 2021).

A auxina, por sua vez, desempenham um papel crucial no desenvolvimento da raiz por meio de proteínas da família PIN, possibilitando o transporte direcionado de auxina para a região do ápice da raiz primária. Nesse local, ocorre a sinalização para o início da divisão celular e subsequente diferenciação celular, através do *crosstalk* com citocininas (ROYCHOUDHRY & KEPINSKI, 2021). Além disso, o glifosato atua na inibição das atividades enzimáticas do ciclo celular, o que dificulta a polimerização do DNA e a formação das fibras do fuso. Essa interferência compromete a divisão celular e acarreta em irregularidades nesse processo (VIEIRA *et al*., 2024).

DOI: 10.51189/conbracib2024/31888

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir, então, que as sementes de pitanga são consideradas resistentes ao glifosato. No entanto, a velocidade de emergência e o comprimento da raiz primária são comprometidos em concentrações iguais ou superiores a 0,75 g L^{-1} desse composto. Assim, os resultados obtidos podem servir como uma ferramenta de diagnóstico para os efeitos do glifosato nessa espécie em áreas de restauração ou fragmentos florestais presentes em áreas de uso agrícola, uma vez que o uso incorreto desse composto representa um risco para a biodiversidade da flora brasileira.

REFERÊNCIAS

AVILA, A. L., *et al*. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 251 - 260, 2011. https://doi.org/10.5902/198050983229

BEZERRA, J. E. F., *et al*. *Eugenia uniflora*: pitanga. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Cap. 5. p. 155-169, 2018. https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1106305.

BRAIAN, R. A., *et al*. EVALUATING THE EFFECTS OF HERBICIDE DRIFT ON NONTARGET TERRESTRIAL PLANTS: A CASE STUDY WITH MESOTRIONE. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 9, p. 2465–2475, 2017. https://doi.org/10.1002/etc.3786

CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. Acta Scientiarum. **Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2009. http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.585

CRUZ, C. E. S., *et al*. Physiological and morphoanatomical effects of glyphosate in Eugenia uniflora, a Brazilian plant species native to the Atlantic Forest biome. **Environ Sci Pollut Res**., v. 28, 2021. https://doi.org/10.1007/s11356-020-12003-4

GOMES, M.P., *et al*. Effects of glyphosate acid and the glyphosate-commercial formulation (roundup) on Dimorphandra wilsonii seed germination: interference of seed respiratory metabolism. **Environ. Pollut**., v. 220, p. 452–459,2017. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.087

GOMES, M. P., *et al*. Effects of Ciprofloxacin and Roundup on seed germination and root development of maize. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2671-2678, 2019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.365.

KHAN, S., *et al*. Effects of glyphosate on germination, photosynthesis and chloroplast morphology in tomato. **Chemosphere**, v. 258, 2020. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127350.

MALDANI, M., *et al*. Efect of glyphosate and paraquat on seed germination, amino acids, photosynthetic pigments and plant morphology of Vicia faba, Phaseolus vulgaris and Sorghum bicolor. **Environmental Sustainability**, v. 4, p. 723-733, 2021. https://doi.org/10.1007/s42398-021-00170-0.

OLIVEIRA, D. M.; AGOSTINETTO, L.; SIEGLOCH, A. M. Glifosato nas portarias de potabilidade da água dos dez países mais consumidores de agrotóxicos. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde da UNIARP**, V. 10, n.1, 2021. https://doi.org/10.33362/ries.v10i1.2686

ROYCHOUDHRY, S.; KEPINSKI, S. Auxin in Root Development. **Cold Spring Harb Perspect Biol**., v.16, 2021. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039933

SHAHID, M., *et al*. Biological toxicity assessment of carbamate pesticides using bacterial and plant bioassays: an in-vitro approach. **Chemosphere**, v. 278, 2021. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130372

VIEIRA, C., *et al*. Phytotoxic and cytogenotoxic assessment of glyphosate on Lactuca sativa L. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024. https://doi.org/10.1590/1519-6984.257039.

WOJTYLA, L., *et al*. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Front. Plant Sci**., v. 7, 2016. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00066.