

**EFEITOS DA TOXICIDADE DO HERBICIDA NORTON®
NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO EM *CAPSICUM
ANNUUM***

*EFFECTS OF NORTON® HERBICIDE TOXICITY ON
GERMINATION AND GROWTH IN CAPSICUM ANNUUM*

*EFFECTOS DE LA TOXICIDAD DEL HERBICIDA NORTON®
SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE CAPSICUM
ANNUUM*

Ducilene do Carmo da Silva

Mestre em Saúde Pública pelo Programa de Pós Graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos. Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: ducycarmo045@gmail.com | Orcid.org/0000-0001-8074-7486

Raíres Lisboa Teixeira

Bióloga Licenciada. Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: raireslisboa22@outlook.com | Orcid.org/0000-0002-6333-6818

Marcelo Gustavo Paulino

Professor do Departamento de Biologia. Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). E-mail: marcelo.paulino@ufnt.edu.br | Orcid.org/0000-0003-0464-6848

Artigo recebido em 19/07/2023 - aprovado em 23/08/2024 - publicado em 16/12/2024

Como citar este artigo:

DO CARMO DA SILVA, D., & GUSTAVO PAULINO, M. EFEITOS DA TOXICIDADE DO HERBICIDA NORTON® NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO EM CAPSICUM ANNUUM . DESAFIOS - REVISTA INTERDISCIPLINAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, 11(6). [HTTPS://DOI.ORG/10.20873/2024_DEZ_16971](https://doi.org/10.20873/2024_DEZ_16971)

RESUMO

Dos herbicidas mais utilizados no Brasil, as formulações combinadas com 2,4-D e Picloram como princípios ativos geram preocupações quanto ao resíduo final, que podem ser rios ou solos, impactando negativamente a saúde humana e ambiental. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito tóxico do herbicida Norton® com o uso de um organismo bioindicador vegetal *Capsicum annuum*. A toxicidade do pesticida foi avaliada através das concentrações de 1, 3, 5, 10, 25, 50, 75 e 100%, com exposição de 7 dias. Quantificou-se o número de sementes germinadas e o comportamento de germinação durante o bioensaio. Às sementes germinadas, mediu-se o comprimento das raízes. As sementes foram transferidas para vasos contendo adubo vegetal, e monitoradas durante 4 meses. Houve efeitos tóxicos na germinação e crescimento radicular. Às sementes expostas às baixas concentrações, houve grande número de germinação, entretanto, com redução do comprimento radicular. Houve morte das plantas expostas ao herbicida, principalmente as submetidas às maiores concentrações. Nas plantas expostas a concentrações mínimas do herbicida, houve alterações na morfologia foliar e crescimento da planta. Portanto, foi evidente que a diluição do pesticida, mesmo em baixas concentrações causam toxicidade e morte dos indivíduos a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Ecotoxicologia. Bioindicador vegetal. Meio ambiente. Pesticidas. Toxicidade.

ABSTRACT:

Of the most used herbicides in Brazil, the formulations combined with 2,4-D and Picloram as active principles raise concerns about the final residue, which can be rivers or soil, negatively impacting human and environmental health. The objective of this study was to evaluate the toxic effect of the herbicide Norton® with the use of a plant bioindicator organism *Capsicum annuum*. Pesticide toxicity was evaluated through concentrations of 1, 3, 5, 10, 25, 50, 75 and 100%, with exposure of 7 days. The number of germinated seeds and the germination behavior during the bioassay were quantified. To the germinated seeds, the length of the roots was measured. The seeds were transferred to vases containing plant fertilizer, and monitors for 4 months. There were toxic effects on germination and root growth. Seeds exposed to low concentrations showed a large number of germinations, however, with a reduction in root length. Plants exposed to the herbicide died, especially those subjected to higher concentrations. In plants exposed to minimal concentrations of the herbicide, there were changes in leaf morphology and plant growth. Therefore, it was evident that pesticide dilution, even at low concentrations, causes long-term toxicity and death of individuals. Las plantas expuestas al herbicida murieron, especialmente aquellas sujetas a concentraciones más altas. En las plantas expuestas a concentraciones mínimas del herbicida, hubo cambios en la morfología de las hojas y el crecimiento de las plantas.

KEYWORDS: Ecotoxicology. Plant bioindicator. Environment. Pesticides. Toxicity.

RESUMEN

*De los herbicidas más utilizados en Brasil, las formulaciones combinadas con 2,4-D y Picloram como principios activos plantean preocupaciones sobre el residuo final, que puede ser ríos o suelo, impactando negativamente la salud humana y ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto tóxico del herbicida Norton® con el uso de un organismo bioindicador vegetal *Capsicum annuum*. La toxicidad del plaguicida se evaluó a través de concentraciones de 1, 3, 5, 10, 25, 50, 75 y 100%, con exposición de 7 días. Se cuantificó el número de semillas germinadas y el comportamiento de germinación durante el bioensayo. A las semillas germinadas se les midió la longitud de las raíces. Las semillas se transfirieron a floreros que contenían abono vegetal y monitores durante 4 meses. Hubo efectos tóxicos sobre la germinación y el crecimiento de las raíces. Las semillas expuestas a bajas concentraciones mostraron un gran número de germinaciones, sin embargo, con una reducción en la longitud de la raíz. Las plantas expuestas al herbicida murieron, especialmente aquellas sujetas a concentraciones más altas. En las plantas expuestas a concentraciones mínimas del herbicida, hubo cambios en la morfología de las hojas y el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, fue evidente que la dilución de plaguicidas, incluso en bajas concentraciones, causa toxicidad a largo plazo y la muerte de los individuos.*

Palabras clave: *Ecotoxicología. Bioindicador vegetal. Medio ambiente. Pesticidas. Toxicidad.*

INTRODUÇÃO

A crescente demanda na produção de alimentos é uma das principais questões a ocupar o centro das preocupações no século XXI (Freitas; Mendonça, 2016). Sendo assim, a produção agrícola brasileira tem se tornado cada vez mais dependente da utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos em suas plantações (Carneiro *et al.*, 2015), de modo que o mercado brasileiro de agrotóxico cresceu cerca de 190% na última década, fazendo com que o país assumisse o posto de maior mercado mundial de agrotóxico desde 2008 (Rigotto; Vasconcelos; Rocha, 2014).

Dentre os agrotóxicos mais utilizados na agricultura brasileira, destaca-se os herbicidas, que foram desenvolvidos com a finalidade de controlar ervas daninhas, sendo estes aplicados em pré-plantio, pré e pós-emergência, dependendo das condições da área cultivada (Plese; Silva; Foloni, 2009). Geralmente os herbicidas inibem as atividades enzimáticas nas células, desencadeando uma série de eventos que matam ou impedem o desenvolvimento da célula ou do organismo (Machado *et al.*, 2006). Dos herbicidas que são mais utilizados no Brasil, as formulações combinadas com 2,4-D e Picloram como princípios ativos combinados (Belo *et al.*, 2011) geram grandes preocupações a respeito do resíduo final, que podem ser rios ou solos; uma vez que, esses compostos podem ocasionar consequências negativas a saúde humana e ambiental (Carneiro *et al.*, 2015).

Segundo o registro do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019), o Norton® é um herbicida sistêmico e seletivo, sendo indicado para o controle de plantas daninhas dicotiledônias de porte arbóreo, arbustivo e sub-arbustivo. Este agrotóxico é formulado a base de 2,4-D e Picloram, pertencentes as auxinas sintéticas (mimetizadores de auxina), do grupo fenoxiacético e piridinocarboxílico. Estes ingredientes ativos apresentam rápida absorção foliar e possuem translocação aposimplástica, isto é, movem-se livremente pelos vasos condutores de seiva (xilema e floema) da planta. A pulverização de herbicidas mimetizadores de auxina, faz com que o metabolismo do vegetal fique desregulado e consequentemente ocasiona o crescimento ou inibição dos tecidos, devido às diferenças de suscetibilidade entre as células.

Neste contexto, os bioensaios com espécies vegetais como bioindicadores de toxicidade são necessários para entender o mecanismo de ação destes pesticidas em organismos não alvos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito potencial tóxico do herbicida Norton® com o uso de um organismo bioindicador vegetal *Capsicum annuum*.

METODOLOGIA

Aquisição dos organismos e do herbicida

Sementes de *Capsicum annuum* (ISLA, Porto Alegre - RS, Brasil) foram adquiridas comercialmente em loja agropecuária da cidade de Araguaína, TO. As sementes eram todas de um mesmo lote com 98% de germinação garantida pelo produtor e não apresentavam nenhum tipo de agrotóxico na sua preparação.

O herbicida utilizado em todos os testes experimentais foi o Norton[®] que tem como princípio ativo 2,4-D (402 g L⁻¹) e Picloram (103,5 g L⁻¹), este agroquímico também foi adquirido comercialmente. A toxicidade do herbicida foi avaliada de acordo com as concentrações nominais da formulação do Norton[®] diluídos em água (1:1000 v/v). As concentrações estabelecidas do bioensaio seguiram os seguintes critérios: Diluição de 1%, 3%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75% e 100% da diluição inicial.

Delineamento experimental de germinação

As sementes foram dispostas em placas de Petri em papel filtro embebido com 4 mL inicial de cada diluição proposta, em triplicata, de acordo com o protocolo USEPA – *Environmental protection Agency* (1996). Em cada uma das placas foram dispostas 7 sementes e, seguidamente, cobertas com película aderente com furos, a fim de reduzir a perda de água para o ambiente. As sementes foram expostas por 7 dias em fotoperíodo de 12:12 h (claro/escuro). Após o término da exposição, quantificou-se o número de sementes germinadas e o comportamento de germinação. Às sementes germinadas, mediu-se o comprimento das raízes, comparando-as aos organismos controle.

Avaliação e monitoramento do crescimento das plantas de *Capsicum annuum*

Nessa etapa, as exposições foram em duplicatas (n=10) em cada placa de Petri. As concentrações do herbicida e métodos estabelecidos para germinação e crescimento das sementes seguem os mesmos critérios deste trabalho. No penúltimo dia de exposição, 40 vasos foram preparados com solo vegetal comercial e areia para receber as sementes germinadas. Em cada vaso, foi colocado uma camada de pequenas pedras, para auxiliar no escoamento da água, e sobre as pedras ¼ de areia peneirada. Por fim, em maior quantidade, foi colocado ¾ de terra vegetal.

Ao fim da exposição, duas sementes foram dispostas em cada vaso, de acordo com suas respectivas concentrações. Posteriormente, as plantas foram expostas a luz natural. Os vasos foram regados diariamente com água destilada até o término do experimento. Durante 4 meses de exposição, observou-se o crescimento de cada organismo, medindo quinzenalmente cada organismo

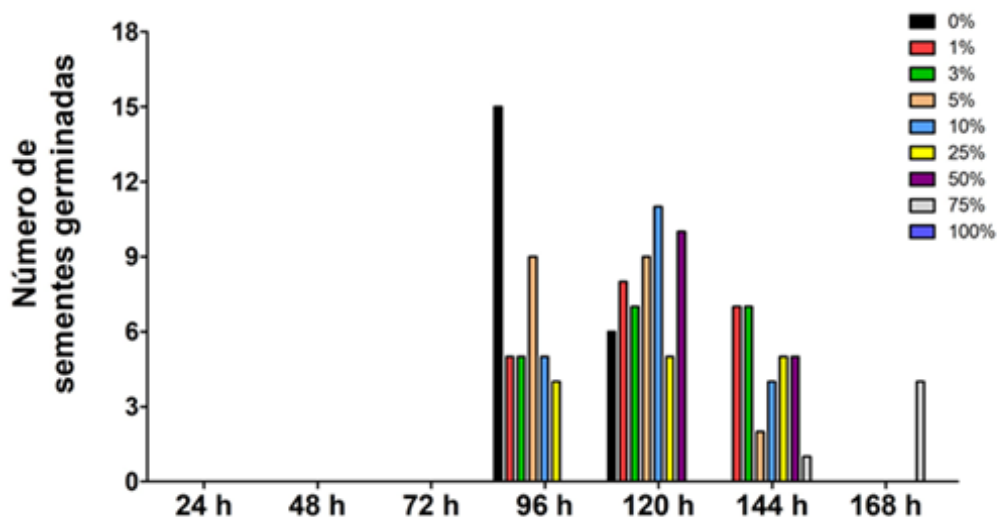
exposto quanto à altura e desenvolvimento das folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a exposição das sementes de pimentão (*Capsicum annuum*) ao herbicida, constatamos que houve efeitos tóxicos do agroquímico na germinação e crescimento radicular. Em testes preliminares de germinação com água destilada, podemos observar que nenhuma das sementes germinaram em um período anterior a 96h. Em todos os testes, as sementes germinaram 100% entre o 4º e 5º dia, conferindo a eficácia de germinação proposta pelo produtor.

Após os testes preliminares, as sementes expostas ao Norton® tiveram comportamento diferente do grupo controle (Figura 1). O grupo que somente recebeu água pura teve 100% de germinação completada em 120 h. Os grupos de 1, 3, 5 e 10 % da diluição obtiveram alto índice de germinação, entretanto com atraso de 24 horas. Os grupos de maiores concentrações obtiveram baixo índice de germinação ocorrendo após o 5º dia. Quanto as sementes expostas a concentrações de 100%, o índice de germinação foi zero, indicando que a submissão a altas concentrações desse herbicida provocou a inibição germinativa dessas sementes no período de exposição.

Figura 1. Índice de germinação radicular de sementes de pimentão (*Capsicum annuum*) em 168 h de exposição à diferentes diluições do Norton®.



Fonte: Autores, 2023.

Segundo Martins e Campos-Pereira (2018), a inibição de germinação de sementes é considerada um biomarcador de efeito letal e isso ficou explicitamente visível nas sementes expostas as concentrações 75% e 100% do herbicida, sendo elas as mais atingidas pelo agente tóxico. Além disso, segundo o registro do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA,

2019), os ingredientes ativos do Norton (2,4-D e Picloram) são considerados extremamente tóxicos, e essa elevada toxicidade possivelmente acarretou a não germinação das sementes expostas as concentrações mais elevadas do herbicida.

De acordo com Coêlho *et al.* (2013), o pimentão está entre as principais hortaliças de importância socioeconômica no mercado nacional, isso devido à sua boa aceitabilidade pelos consumidores, assim como às diversas formas de utilização na alimentação humana, destacando-se como uma das principais oleráceas produzidas no Brasil (Nunes, 2017). Apesar de ser um dos alimentos mais presentes na culinária brasileira, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2011), relatou que o pimentão apresenta um elevado índice de contaminação por agrotóxico (cerca de 91,8%), no qual muito desses agentes químicos utilizados não são autorizados para essa cultura, sendo então aplicados indevidamente, fator este que pode a longo prazo ocasionar sintomas de intoxicação nos consumidores dessa hortaliça.

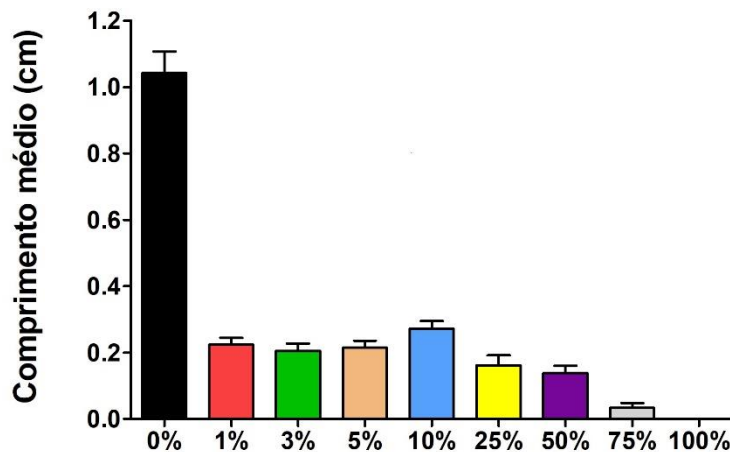
Dentre os malefícios que o uso de agrotóxico pode ocasionar, destaca-se as intoxicações crônicas, a qual pode ser ocasionada pela presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos, cujos efeitos adversos podem aparecer muito tempo após a exposição, o que acaba dificultando a correlação com o agente químico (Dias *et al.*, 2018). Sendo o 2,4-D um dos princípios ativos do Norton, Carneiro *et al.* (2015) afirmam que herbicidas à base de 2,4-D são neurotóxicos e afetam o sistema reprodutivo, sendo apontados também como potenciais carcinogênicos e desreguladores endócrinos, havendo ainda uma alta probabilidade de o produto estar contaminado com dioxinas, moléculas altamente cancerígenas.

Sabendo que elevadas concentrações do herbicida Norton interferem na germinação e crescimento radicular de *C. annuum*, uma cultura de pimentão baseada em métodos orgânicos de cultivo é uma alternativa para um rápido crescimento dessas plântulas. Segundo Nunes (2017), a agricultura orgânica combina tradição, inovação e ciência de modo benéfico ao espaço partilhado, promovendo relacionamentos justos e assegurando uma boa qualidade de vida a todos os envolvidos. Portanto, a questão principal não está centrada em diminuir o consumo dessa hortaliça, o foco essencial está voltado no combate ao uso de agrotóxicos, que pode ocasionar a intoxicação direta ou indireta dessa planta, e consequentemente ocasionar danos à saúde dos consumidores.

Com relação as sementes expostas às baixas concentrações, notou-se um número significativo de germinação, entretanto as mesmas podiam ser claramente distinguidas das sementes controle, uma vez que a exposição ao herbicida ocasionou redução do comprimento radicular desses organismos. O crescimento radicular das sementes expostas ao herbicida obteve médias

consideravelmente baixas se comparadas ao comprimento das raízes controle (Figura 2).

Figura 2. Valores médios (\pm EPM) do crescimento radicular de sementes de *Capsicum annuum* à diferentes concentrações do Norton®



Fonte: Autores, 2023.

De acordo com Martins e Campo-pereira (2018) a inibição dos comprimentos de raízes constitui biomarcadores de efeitos subletais, uma vez que a alta dose do agrotóxico pode retardar o crescimento radicular. Vale enfatizar, que a média do tamanho das raízes na concentração de 75% foi extremamente baixa em relação as demais, e em concordância com Krüger (2009), a inibição ou retardamento no crescimento das raízes também indicam toxicidade no organismo exposto, ficando então evidente que esta foi a concentração mais afetada pelo herbicida.

Os resultados obtidos na exposição sementes de *Capsicum annuum* ao Norton, vai em concordância com Martins e Campo-pereira, (2018), que realizou bioensaios similares, porém utilizando diferentes concentrações do herbicida Tordon®, que semelhantemente ao Norton tem como princípios ativos o 2,4-D e Picloram. Suas exposições foram realizadas com a finalidade de analisar os efeitos tóxicos que este agrotóxico ocasionou na germinação e crescimento radicular de *Lactuca Sativa* (alface). Os resultados obtidos com suas exposições ao Tordon apontam que houve inibição germinativa das sementes expostas as concentrações mais altas do herbicida, enquanto que nas concentrações razoavelmente baixas houve uma redução significativamente menor se comparado aos organismos controle. As sementes expostas a concentrações mínimas do herbicida apresentaram um quantitativo maior de germinação, sendo estas as que mais se aproximaram do número de germinação do grupo controle.

Ao final do bioensaio de germinação, notou-se que, embora o número de sementes expostas ter sido igual para todas as concentrações (n=20), apenas o

grupo controle apresentou 100% da taxa germinativa (Tabela 1). Essa inibição, afetou principalmente os organismos expostos as concentrações mais elevadas do herbicida (50, 75 e 100%), pois o número de sementes germinadas foi consideravelmente inferior ao quantitativo exposto.

Tabela 1. Relação quantitativa de germinação de sementes expostas a diferentes concentrações do Norton[®]

Concentração Norton (%)	Organismos expostos	Organismos germinados
0	20	20
1	20	18
3	20	15
5	20	17
10	20	13
25	20	10
50	20	7
75	20	8
100	20	4

Das sementes germinadas, 10 indivíduos de cada concentração foram realocados em vasos de plantio para monitoramento de seu desenvolvimento. Como o índice de germinação nas concentrações de 50, 75 e 100% foi inferior ao n=10, plantamos todos os indivíduos germinados. Durante toda exposição, houve mortalidade de organismos dos tratamentos, destacando as plantas expostas a altas concentrações do herbicida, que chegaram a atingiram 100% de mortalidade (Tabela 2).

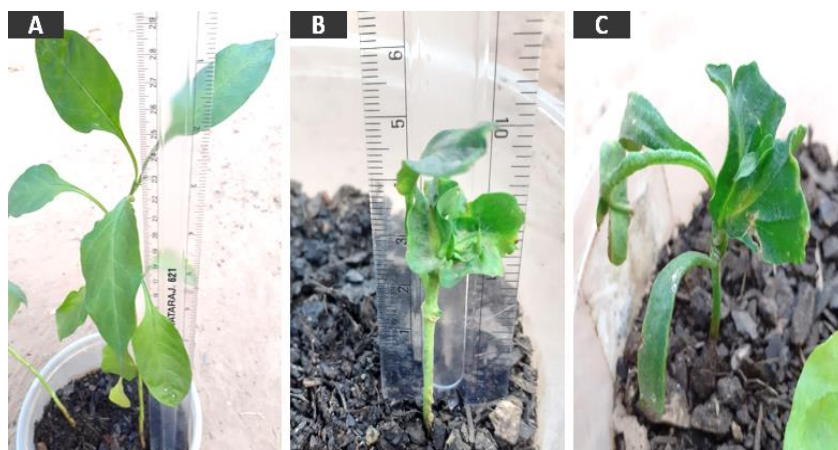
Tabela 2. Taxa de mortalidade (%) no desenvolvimento da planta, o n amostral varia de acordo com o número de sementes germinadas.

Concentração Norton (%)	Mortalidade (dias)									Mortalidade
	N	15	30	45	60	75	90	105	120	(%)
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	1	0	1	0	0	1	0	1	40
3	10	2	4	2	0	1	0	0	0	90
5	10	4	2	2	0	0	0	0	0	80
10	10	1	4	5	0	0	0	0	0	100
25	10	4	3	2	1	0	0	0	0	100
50	07	5	1	1	0	0	0	0	0	100
75	08	4	3	1	0	0	0	0	0	100
100	04	2	2	0	0	0	0	0	0	100

O pico da letalidade de organismo por concentração ocorreu até os 45 da exposição, no entanto, essa taxa foi consideravelmente reduzida ao longo da exposição, havendo morte de apenas um organismo por dia. Os organismos expostos a concentração 0% (livre do herbicida) foi o único grupo que não apresentou morte durante o período da exposição. As plantas expostas a concentração 1% sofreram menor letalidade em relação aos organismos expostos ao grupo 3 e 5%. A toxicidade do herbicida afetou todas as plantas submetidas as concentrações acima de 10%, ocasionado mortalidade de 100% dos indivíduos expostos.

Durante todo o desenvolvimento, as plantas livres do herbicida cresceram saudáveis e sem alterações morfológicas visíveis. Embora os cuidados de rega e iluminação terem sido iguais para todos os organismos, a maioria das plantas expostas ao herbicida que se desenvolveram apresentaram características visivelmente distintas do controle, como por exemplo, sintomas iniciais de clorose (coloração amarelada), murchamento das folhas e caule, e posterior morte dos organismos. Além disso, alguns dos organismos expostos a concentração mínima do Norton (1%), apresentaram alterações na morfologia foliar e crescimento consideravelmente lento (Figura 3). Outra interferência causada pelo herbicida, foi em relação ao comprimento das folhas das plantas expostas. Foi analisado que, conforme aumento da concentração da mistura 2,4-D+Picloram, o limbo foliar dessas plantas apresentava-se cada vez menor em relação a área foliar dos organismos controle.

Figura 3. Diferença na altura e morfologia de *capsicum annuum* após exposição ao herbicida Norton®.



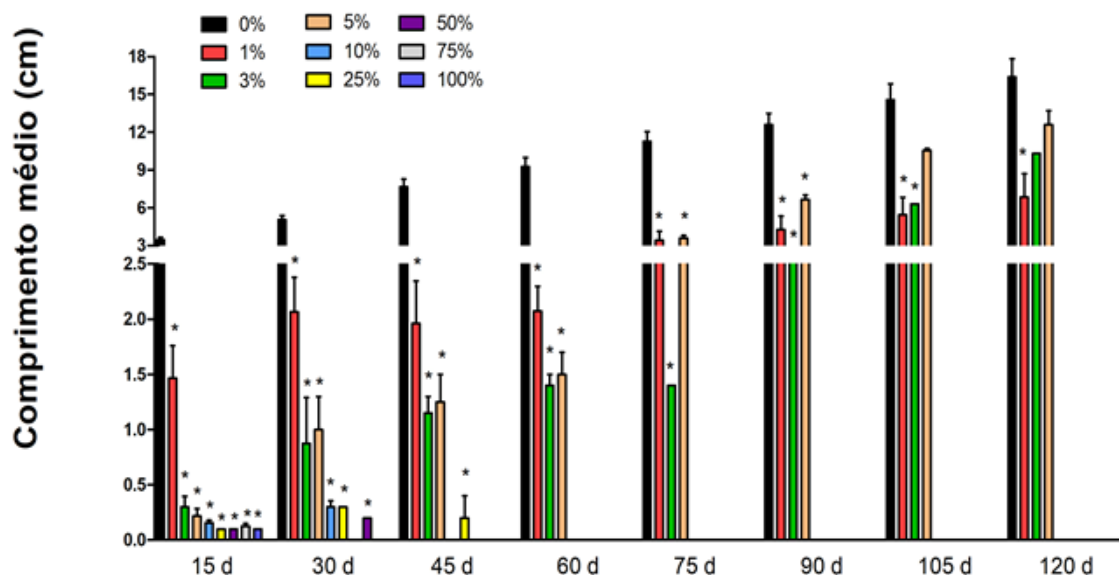
(A) Organismo controle. (B e C) Organismos expostos a concentração de 1% do herbicida.

Fonte: Autores, 2023.

A fim de analisar possível influência do Norton no crescimento dos organismos, medidas quinzenais de altura foram realizadas. Em todas as

análises, o comprimento médio das plantas controle foram superiores a estatura dos demais indivíduos expostos (Figura 4).

Figura 4. Valores médios do comprimento das plantas de pimentão expostas a diferentes concentrações do Norton® em um período de 120 dias.



Fonte: Autores, 2023.

No início da exposição tivemos plantas de todas concentrações propostas, mas devido ao alto índice de mortalidade foram deixando de existir. Desse modo, restaram apenas os organismos expostos aos grupos 0, 1, 3 e 5%. Foi observado, que a exposição dos organismos a menores doses do herbicida causou diversas inferências no metabolismo da planta, mas não foram suficientes para matar todos os organismos expostos. De acordo com Machado *et al.* (2006) e Marchi *et al.* (2008), geralmente plantas sensíveis aos princípios ativos do Norton, apresentam sintomas de fitotoxicidade como clorose (coloração amarelada) e murchamento seguidos de necrose. Roman *et al.* (2005) afirma que, a morte de plantas sensíveis a herbicidas mimetizadores de auxina (como o 2,4-D e Picloram) é lenta, e ocorre normalmente entre três e cinco semanas. Essas afirmações, mostram-se similares aos resultados desta pesquisa, pois a maioria dos organismos expostos apresentaram esses sintomas iniciais de toxicidade e morreram exatamente nesse intervalo de tempo.

Segundo Reis *et al.* (2010), os sintomas de intoxicação por mimetizadores de auxina em plantas, são decorrentes do seu mecanismo de ação, que atua sobre o metabolismo e a plasticidade da parede celular. Quando estes herbicidas são aplicados em vegetais, a concentração de auxina na célula não pode ser regulada pelo metabolismo celular, mantendo-se em altos níveis. Com isso, o metabolismo fica desregulado, proporcionando alongamento celular

descontrolada e aumento da síntese proteica (Carvalho, 2013). Logo após a aplicação de auxinas, há acúmulo de cálcio no citoplasma vegetal, estímulo a produção de etileno e acidificação da parede celular (Machado *et al.*, 2006). O hormônio vegetal etileno, promove a formação de celulase (enzima que degrada celulose), que provocam dano a seu sistema radicular, causando deterioração das raízes. Com isso, o organismo perde sua habilidade de absorver água e nutrientes, e então a planta finalmente é levada a morte devido ao esgotamento de suas reservas (Franceschi, 2018; Carvalho, 2013).

Segundo Carvalho (2013) e Oliveira Jr. *et al.* (2011), os sintomas de intoxicação causados pelos herbicidas 2,4-D e Picloram, são derivados principalmente da ação do etileno. Alguns destes sintomas incluem epinastia, enrolamento de folhas, ramos e pecíolos, além inibição do crescimento, deformações nas nervações e no limbo foliar da planta (Roman *et al.*, 2005). Durante a exposição, esses sintomas foram observados em alguns organismos expostos ao herbicida, mesmo quando submetidos a dose mínima do Norton. Ao analisar o efeito tóxico do 2,4-D em plantas de soja, Valente *et al.* (2000), observou sintomas similares aos achados neste trabalho. Seus resultados indicaram que mesmo em baixas concentrações, este herbicida afetou o crescimento e desenvolvimento dos organismos. Ao estudar os efeitos deste mesmo herbicida (2,4-D) em plantas de milho, Reis *et al.* (2010), também observou que com o aumento das doses em pré-emergência, houve uma tendência de redução no tamanho dos organismos.

Os estudos de Franceschi (2018), demonstraram que solos com resíduos de Picloram, causam sintomas de fitointoxicação em plantas de pepino. Em seu estudo, os vegetais apresentaram encarquilhamento das folhas, alterações na altura e baixo crescimento das folhas verdadeiras. Além desses sintomas, ele também observou uma redução na área foliar com o aumento das doses de picloram. Essa redução no comprimento das folhas, também foi evidente nesta exposição. Em concordância com Oliveira Jr. *et al.* (2011), altas concentrações dos herbicidas 2,4-D e Picloram, inibem a divisão celular e o crescimento, geralmente nas regiões meristemáticas. Essa inibição, possivelmente interferiu no desenvolvimento dos organismos expostos as elevadas concentrações do Norton, fazendo com que seus indivíduos apresentassem comprimentos médios significativamente menores em relação ao controle.

Segundo Marchi *et al.* (2008), dependendo das condições de aplicações de herbicidas auxinas sintéticas, pode ocorrer deriva e causar injúrias em plantas susceptíveis não-alvo, como o pimentão. Essa preocupação, baseia-se no fato de que os princípios ativos do Norton sejam produtos extremamente tóxicos, podendo persistir no solo por um período razoavelmente longo. Resíduos de picloram por exemplo, podem ser encontrados no solo até 360 dias após sua aplicação, fator que pode ocasionar a intoxicação de espécies sensíveis, como as

dicotiledôneas cultivadas em sucessão, impedindo a curto e médio prazo o cultivo de várias espécies agrícolas em áreas onde ele tenha sido empregado (Franceschi, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do estudo, podemos concluir que a diluição do herbicida, mesmo em baixas concentrações causam toxicidade e morte dos indivíduos a longo prazo. Houve influência na germinação em baixas concentrações ocasionando um atraso de pelo menos 24 h no período de germinação, seguido de redução do alongamento radicular e em concentrações mais elevadas, este agrotóxico ocasiona inibição germinativa de sementes. Com isso, partindo dos bioensaios realizados, ficou evidente que a toxicidade dos princípios ativos do herbicida interferiu no metabolismo da planta, alterando tanto na germinação quanto no desenvolvimento radicular de *Capsicum annuum*. Quanto a análise e observação das plantas do pimentão, ficou evidente que os organismos expostos ao agente químico apresentaram alterações morfológicas anatômicas e mortalidade no decorrer dos dias. Diante disso, acredita-se que a mistura 2,4-D + Picloram influenciou negativamente no metabolismo e na mortalidade dos organismos expostos, uma vez que todas as concentrações submetidas a doses deste herbicida apresentaram redução na altura e considerável índice de letalidade, além de alterações morfológicas evidentes.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). À equipe do Laboratório de Morfofisiologia Animal Comparada (LAMAC).

Referências Bibliográficas

- ANVISA. **Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxico em Alimentos (PARA)**, dados da coleta e análise de alimentos de 2010. Brasília: ANVISA, 2011. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.
- BELO, A.F.; COELHO, A.T.C.P.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A. Photosynthetic activity of plants cultivated in soil contaminated with picloram. **Planta Daninha**. v.29, p.885-892, 2011.
- CARNEIRO, F.F.; RIGOTTO, R.; GIRALDO, L.; PIGNATI, W.; RIZZOLO, A.; ALEXANDRE, V.P.; FARIA, N.M.X.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M.C. **Associação Brasileira de Saúde Coletiva Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- CARVALHO, L.B. **Herbicidas**. Lages, SC, 2013.
- COELHO, J.L.S.; SILVA, R.M.; BAIMA, W.D.S. Diferentes substratos na produção de mudas de pimentão. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**. v.9, n.2, p.1-4, 2013.

DIAS, A.P.; GURGEL, A.M.; ROSA, A.C.S.; BÚRIGO, A.C.; OLIVEIRA, A.C.; NIEMEYER, C.B.; SANTOS, E.H.A.; ALMEIDA, F.S.; CARNEIRO, F.F.; NETTO, G.F.; GURGEL, I.G.D.; VILLARDI, J.W.R.; ROSA, J.C.S.; FRIEDRICH, K.; AUGUSTO, L. G. S.; BASTOS, L.H.P.; MEIRELLES, L.C.; CARDOSO, M.H.W.M.; COSTA, R.N.; BOCHNER, R.; MOREIRA, S.V.; PESSOA, V.M.; STRAPASSON, J.; POÇA, K.S.; ALMEIDA, M.D.; SILVA, S.L.; ALMEIDA, V. E.S. **Agrotóxicos e Saúde**. Rio de Janeiro, 2018.

FRANCESCHI, M.; ARANTES, S.A.C.M.; ANDRADE, E.A.; ROCHA, A.M.; ARANTES, K.R.; YAMASHITA, O.M. Calagem na lixiviação de Picloram em latossolo vermelho amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 103-108, 2019.

FREITAS, R.E.; MENDONÇA, M.A.A. Expansão Agrícola no Brasil e a participação da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v.54, p. 497-516, 2016.

KRÜGER, R.A. **Análise da toxicidade e da genotoxicidade de agrotóxicos utilizados na agricultura utilizando bioensaios com *Allium cepa***. Dissertação (mestrado em qualidade ambiental). Feevale, Novo Hamburgo – RS, 2009.

MACHADO, R.F.; BARROS, A.C.S.A.; ZIMMER, P.D.; AMARAL, D.S. Reflexos do mecanismo de ação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes e na atividade enzimática em plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**. v.28, n.3, p.151 – 160, 2006.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Norton (2019)**. Registro sob nº 11409 Disponível em: <http://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Norton-Bula-VER-12-24.05.2019.pdf>. Acesso em: 20 fevereiro 2020.

MARCHI, G.; MARCHI, E.C.S.; GUIMARÃES, T.G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina – DF. Embrapa Cerrados, 2008.

MARTINS, H.; CAMPOS-PEREIRA, F.D. Avaliação dos efeitos tóxicos do agroquímico tordon® sobre os organismos teste *Lactuca sativa* e *Allium cepa*. **Visão Acadêmica**. v.19, n.2, 2018.

NUNES, R. R. **Vermicompostagem como tecnologia aplicada à valorização e reaproveitamento dos resíduos de curtume: um estudo químico e agrônomo com vistas à produção orgânica de pimentão em ambiente protegido**. Tese (doutorado). Instituto de química de São Carlos. São Carlos, 2017.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. p.348. Curitiba - PR, 2011.

PLESE, L.P.M.; SILVA, C.L.; FOLONI, L.L. Distribuição nos compartimentos ambientais dos herbicidas utilizados nas culturas de algodão, café e citros. **Planta Daninha**. v.27, n.1, p.123-143, 2009.

REIS, T.C.; SANTOS, T.S.; ANDRADE, A.P.; NEVES, A.F. Efeitos de fitotoxicidade do herbicida 2,4 – D no milho em aplicações pré e pós-emergência. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.10, n.1, p.25-33, 2010.

RIGOTTO, R.M.; VASCONCELOS, D.P.; ROCHA, M.M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Cad. Saúde Pública**. v.30, p.1360-1362, 2014.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo – RS, 2005.

USEPA. **Ecological Effects Test Guidelines Seed Germination / Root Elongation Toxicity Test**, n. April, 1996.

VALENTE, T. O.; RODRIGUES, E. T.; CAVAZZANA, M. A. Efeitos de diferentes doses de 2,4-D, aplicado como dessecante em vários intervalos antes da semeadura direta da soja, para manejo em ambiente de cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.1, n.2, 2000.