

Tratamiento homeopático de semillas de pepino contaminadas con herbicida auxínico

Ricardo Adriano-Felito^{1§}
Oscar Mitsuo-Yamashita²
Wagner Gervazio²
Marco Antonio Camillo de Carvalho²
Ivone Vieira da Silva²
Aureane Cristina Teixeira Ferreira-Cândido³

¹Instituto Federal de Educación de Mato Grosso. Rodovia MT 208, Lote 143-A, Alta Floresta-MT, Brasil. CP. 78580-000. (ricardofelito@hotmail.com). ²Universidad de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado-Alta Floresta-MT, Brasil. (yama@unemat.br; wagner.gervazio@unemat.br; marcocarvalho@unemat.br; ivonevieira@unemat.br). ³Universidad Federal del Oeste de Pará-Santarém-PA, Brasil. (aurianeferreira@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: ricardofelito@hotmail.com.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue investigar el uso de preparaciones homeopáticas para reducir los efectos nocivos causados por los residuos de herbicidas de auxina en la germinación de semillas y el desarrollo temprano de plántulas de pepino. El diseño estadístico fue completamente al azar (DIC) en un esquema factorial 3x5+2, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron la combinación de tres preparados homeopáticos (*Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album*), en cinco dinamizaciones centesimales (6CH; 12CH; 18CH; 24CH y 30CH), más dos testigos (T0= agua destilada y TH= herbicida (Artys™) sin tratamiento homeopático). Cada unidad experimental consistió en cajas de acrílico transparente (Gerbox™) con 25 semillas de pepino, distribuidas en dos hojas de papel para germinación y humedecidas con tratamientos homeopáticos. Las unidades experimentales se mantuvieron en cámara de germinación DBO (ambiente controlado a 25 °C y 12 h luz). Al décimo día después de la instalación del experimento se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de germinación, longitud de brotes, longitud de raíces, fitointoxicación, porcentaje de plántulas muertas y masa seca total. El tratamiento homeopático de semillas de pepino contaminadas con herbicida picloram + 2,4-D (Artys™) provoca cambios positivos, provocando efectos interesantes en la germinación de las semillas, pero no es eficiente para la neutralización total del efecto causado por el herbicida picloram + 2,4-D y desarrollo de plántulas tempranas de pepino. Sin embargo, para algunas variables los resultados no son concluyentes con los preparados (*Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album*) y sus ultradiluciones (6CH, 12CH, 18CH, 24CH y 30CH), requiriendo más investigación para evaluar y describir la complejidad de propiedades inherente al tratamiento homeopático.

Palabras claves: agroecología, agricultura familiar, altas diluciones, fitointoxicación.

Recibido: noviembre de 2022

Aceptado: marzo de 2023

Introducción

El picloram es una importante molécula herbicida, comercializada bajo diversos productos comerciales en todo el mundo y registrada para varios cultivos (Batistão *et al.*, 2018). Esta molécula se caracteriza por ser extremadamente activa en plantas dicotiledóneas y se utiliza comúnmente en mezclas con otros herbicidas, como el 2,4-D (Rodrigues y Almeida, 2005; Franceschi *et al.*, 2017). El picloram puede persistir en el medio ambiente hasta 360 días, causando intoxicación en especies sensibles cultivadas sucesivamente (Santos *et al.*, 2006; Batistão *et al.*, 2018). Además, debido al alto potencial de lixiviación, puede causar contaminación en las aguas subterráneas (Assis *et al.*, 2010).

Estos herbicidas tienen largos periodos de actividad residual, impidiendo a corto y medio plazo el cultivo de otras especies agrícolas en ambientes que previamente recibían tratamiento con estos productos (Santos *et al.*, 2006), lo que puede hacer inviable el uso de zonas donde el agricultor quiere llevar a cabo la integración cultivo-ganadería (Assis *et al.*, 2010).

Los síntomas de intoxicación producidos en las hojas de varias dicotiledóneas por herbicidas auxínicos se caracterizan fácilmente y por lo tanto, se utilizan para detectar residuos de estos herbicidas (Thill, 2003). Uno de los síntomas más conocidos es el crecimiento desorganizado y la epinastía de las hojas y la torsión del tallo (Nascimento y Yamashita, 2009). En este sentido, se realizan bioensayos para evaluar residuos de picloram + 2,4-D, utilizando plantas indicadoras con sensibilidad a estos compuestos, como el pepino (*Cucumis sativus*) (Barros *et al.*, 2014). En este contexto, es necesario buscar métodos que reduzcan los impactos causados por estos plaguicidas. El uso de prácticas agroecológicas se ha convertido en una herramienta indispensable para los agricultores familiares, ya que les permite ser autónomos en el campo, reduciendo su dependencia de insumos externos.

Según Trebbi *et al.* (2016) y Bonato *et al.* (2009), desde el punto de vista de la sostenibilidad, la aplicación de la homeopatía en la agricultura puede ofrecer beneficios potenciales debido a su alta dilución, bajo costo y por tener pocos o ningún efecto ecológico secundario. Para explicar la efectividad de la homeopatía, se han propuesto modelos alternativos que, aunque fuera del ámbito convencional, muestran una fuerte coherencia teórica (Trebbi *et al.*, 2016). Según Yinnon y Elia (2013), la hipótesis es que, como el proceso de dinamización introduce energía mecánica y turbulencia en el sistema, el procedimiento de preparación (dilución y sucusión) puede generar cambios a largo plazo en diluciones altas.

Al llevar a cabo investigaciones con homeopatía, es de gran importancia elegir las preparaciones homeopáticas apropiadas y prestar atención al propósito del estudio. Según Casali *et al.* (2002) y Felito *et al.* (2019a), la elección de la preparación homeopática que se utilizará en la planta debe estar marcada por las posibilidades de analogía con la materia médica humana y animal. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue investigar el uso potencial de preparaciones homeopáticas en la reducción de los efectos nocivos causados por residuos de herbicida auxínico (picloram+2,4-D - Artys™) en el cultivo del pepino, que podrían ser propuestas para su uso práctico en un contexto de agricultura sostenible.

Materiales y métodos

Preparación de soluciones homeopáticas

El experimento se realizó de enero a junio de 2016 en el Laboratorio de Tecnología de Semillas y Matología (LaSeM) de la Universidad Estatal de Mato Grosso, Brasil. Se compraron semillas de pepino (*Cucumis sativus*) (Isla Seeds) a una empresa local (Suprema Agropecuária, Alta Floresta, MT, Brasil) y se sometieron a una prueba de germinación estándar (Brasil, 2009), con el fin de verificar su vigor por encima de 90% de germinación.

Las preparaciones homeopáticas de *Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album* se eligieron con base en los resultados obtenidos en varias pruebas preliminares (Felito, 2018), Fisiología Vegetal y Homeopatía del Departamento de Biología de la Universidad Estatal de Maringá (UEM), de acuerdo con las instrucciones contenidas en Farmacopea Homeopática Brasileña (Brasil, 2011).

Primero, se extrajo una alícuota del matraz que contenía la tintura madre (TM), que se colocó en otro vaso que contenía otras 99 partes de agua (un procedimiento llamado dilución). Luego, se agitó 100 veces con movimientos rítmicos (sucusión), con la ayuda de un dinamizador de brazo mecánico (Modelo Denise 50). Esta se consideró la primera dinamización (dilución y sucusión), que se nombró 1CH (Centesimal Hahnemanniana). Para obtener 2CH, se utilizó 1 parte de 1CH, que se colocó en otro vaso que contenía 99 partes de agua y se sucusionó 100 veces, obteniendo finalmente 2CH. Se adoptó el mismo procedimiento para obtener 3CH, 4CH, etc., hasta llegar a 30CH. Después de preparar las diluciones, se separaron las que se utilizarían en esta investigación, es decir, las soluciones acuosas 6CH; 12CH; 18CH; 24CH y 30CH. Estas se mantuvieron en frascos de ámbar herméticamente cerradas y se almacenaron en un ambiente de laboratorio (23 a 26 °C) para su uso. El experimento se implementó al día siguiente por la mañana.

Diseño experimental

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado (DIC) en un esquema factorial 3x5+2, con cuatro repeticiones, totalizando en 84 unidades experimentales. Por lo tanto, los tratamientos consistieron en una combinación de tres preparaciones homeopáticas (*Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album*), cinco dinamizaciones en soluciones acuosas (6CH; 12CH; 18CH; 24CH y 30CH), además de dos controles para todos los tratamientos (T0= agua destilada; TH = herbicida sin tratamiento homeopático), repitiendo cuatro veces (cuatro repeticiones). Cada unidad experimental consistió en una caja Gerbox™ (contenedor de acrílico transparente de 11x11x4 cm, Prolab, São Paulo, SP, Brasil). Cada caja se forró con dos hojas de papel Germibox™ (papel secante, gramaje de 250 mg, 10.5x10.5 cm, Prolab, São Paulo, SP, Brasil), en las que se depositaron 25 semillas de la especie de prueba (pepino).

Investigación y desarrollo

Antes de montar el experimento para la prueba principal, se llevaron a cabo pruebas para determinar la capacidad y velocidad de absorción de agua de las semillas de pepino en función del tiempo de exposición a la solución, de modo que se pudiera determinar el tiempo adecuado para la absorción del producto, agente contaminante, sin causar la muerte de las semillas. Para la prueba

principal, se determinó un tiempo de dos segundos de exposición de las semillas a la mezcla del herbicida, posteriormente se lavó en agua corriente durante 60 s. La dosis del herbicida (Artys™) se estableció en 0.0625 ml por cada 100 ml de agua destilada, considerada una dosis baja para uso agrícola, pero que puede ser suficiente para causar daños al desarrollo inicial de la especie. Esta dosis se definió a partir de pruebas previas y con base en investigaciones con dosis reducidas de estos herbicidas, realizadas por los autores y publicadas previamente (Nascimento y Yamashita, 2009; Franceschi *et al.*, 2015, 2017; Batistão *et al.*, 2018; Felito *et al.*, 2019a, 2019b).

Las semillas contaminadas, después de ser lavadas en agua corriente y escurridas, se distribuyeron cuidadosamente en cajas de acrílico transparente (Gerbox™), en dos hojas de papel Germibox™, previamente esterilizadas en autoclave. En cada caja, según los tratamientos, las hojas se humedecieron con 15 ml de cada tratamiento homeopático (preparado con dilución en agua destilada). Solo los tratamientos T0 y TH se humedecieron solo con agua destilada y en estos, las semillas de pepino en T0 se trataron previamente en solución del herbicida. Posteriormente, estos forámenes se distribuyeron aleatoriamente dentro de la cámara de germinación climatizada tipo demanda bioquímica de oxígeno (DBO), modelo EL100, Eletrolab, São Paulo, SP, Brasil, regulada por 12 h de luz y 25 °C de temperatura constante.

En el décimo día después de la instalación del experimento, se evaluaron las variables porcentaje de germinación, longitud del brote, longitud de la raíz, fitointoxicación, porcentaje de plántulas muertas y masa seca total. Las longitudes de brote y raíz se midieron con la ayuda de un calibrador digital y la masa seca con la ayuda de una balanza analítica. Para determinar la masa seca, el material se secó en un horno con circulación de aire forzada a 65 °C durante 48 h.

Para el análisis de fitotoxicidad de la planta, se realizaron evaluaciones visuales 10 días después de la siembra, con atribución de grados en una escala de 0 a 10 (metodología adaptada de SBCPD, 1995), en la que 0 caracterizó la ausencia de cualquier síntoma de fitotoxicidad y 10 la muerte de la planta (Cuadro 1). Los datos después del análisis de normalidad se sometieron al análisis de varianza por la prueba F y cuando fueron significativos, las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey, al nivel del 5% de probabilidad, utilizando el software SISVAR (Ferreira, 2011).

Cuadro 1. Escala de grados utilizada para la evaluación visual de la fitointoxicación de los herbicidas picloram + 2,4-D en plántulas de pepino.

Concepto	Grados	Comentarios
Ligera	0-1	Síntomas débiles o poco evidentes. Grado cero: no se observan cambios en las plantas.
Aceptable	2-3	Síntomas pronunciados; sin embargo, totalmente tolerados por la planta.
Preocupante	4-5	Síntomas más grandes que en la categoría anterior, pero aún recuperables y sin expectativa de reducción de los ingresos económicos.
Alta	5-7	Daño irreversible, se espera que se reduzca el rendimiento económico.
Muy alta	7-10	Daño irreversible muy grave, con una reducción drástica prevista en el rendimiento económico. Grado 10 para la muerte de la planta.

Adaptado de SBCPD (1995).

Resultados y discusión

Para el porcentaje de germinación no se verificó el efecto de los factores aislados ni la interacción entre ellos. Para las variables: grado de fitointoxicación, longitud aérea, longitud de la raíz y masa seca total, sólo hubo efecto de los factores aislados ($p < 0.05$). Sólo para el porcentaje variable de plantas muertas hubo efecto de los factores aislados y su interacción ($p < 0.05$) (Cuadro 2). A pesar de la contaminación de las semillas de pepino con el herbicida, el proceso de germinación no fue afectado, con germinación alta (superior al 90%), independientemente del tratamiento.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza del porcentaje de germinación (GER%), grados de fitointoxicación (GF), longitud aérea (LA), longitud de la raíz (LR), varianza de mortalidad (VM) y masa seca total (MST) en función de las dinamizaciones homeopáticas de *Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album* en semillas de pepino contaminadas con herbicidas.

Tratamientos	Cuadrados medios					
	GER (%)	GF	LA (cm)	LR (cm)	VM (%)	MST (g)
Homeopatía (H)	4.729 ns	45.799**	8.217**	30.736**	2584.658**	0.0045**
Dinamizaciones (CH)	5.908 ns	35.887**	7.702**	20.608**	2538.039**	0.0078**
H x CH	5.291 ns	2.247x10 ⁻² ns	3.604x10 ⁻² ns	2.033x10 ⁻² ns	1391.56**	0.0005 ns
Error	5.49	0.016	0.314	0.047	5.019	0.0009
CV (%)	2.37	1.99	11.41	14.41	7.05	18.55

**= significativo al 1% de probabilidad por la prueba F; ns= no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F.

Sin embargo, cabe destacar que, durante el experimento, se observaron síntomas claros en la inhibición del desarrollo de plántulas expuestas a la contaminación por herbicidas, causando atrofia de la base de la raíz, crecimiento aéreo anormal y agotamiento prematuro de las reservas de semillas. Según Oliveira Júnior (2011), el crecimiento de las plantas expuestas a la solución con el herbicida es afectado negativamente debido a su acción hormonal, actuando de manera similar a la auxina natural pero más persistente y activa. Este comportamiento se considera el principal mecanismo de acción de este herbicida, estimulando la producción del ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) sintasa, la enzima responsable de la biosíntesis de la hormona etileno (Queiroz y Vidal, 2014), explicando los síntomas observados en este estudio.

Para la longitud aérea, no se verificó ninguna diferencia entre las preparaciones homeopáticas y el control compuesto solo por semillas contaminadas por el herbicida (TH). Sin embargo, se observó una diferencia con relación al control compuesto por semillas sin contaminación (T0). Hubo diferencia en la respuesta a las dinamizaciones utilizadas, encontrándose los valores más bajos de crecimiento aéreo en 24CH y 12CH, mientras que los promedios más altos se verificaron en el control 0 (Cuadro 3).

La respuesta de la planta a la aplicación de preparaciones homeopáticas puede ser negativa; sin embargo, en otras situaciones pueden tener un efecto positivo, dependiendo de la similitud entre el producto y la planta. En este sentido, Kolisko y Kolisko (1978) afirmaron que entre los medicamentos homeopáticos, dependiendo de su similitud con la planta, se pueden observar efectos estimulantes, inhibitorios o incluso ningún efecto sobre el metabolismo de los seres vivos. Así, esta

variación en respuesta al tratamiento homeopático, provocando cambios positivos o negativos, lo que ya ha sido retratada en otros estudios (Castro, 2002; Armond, 2003; Duarte, 2003; Andrade, 2004; Felito *et al.*, 2019a), se denomina patogénesis (Bonato, 2004; Lisboa *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Longitud aérea de plántulas de pepino en estudio sobre el potencial neutralizante de dinamizaciones homeopáticas de *Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album* en semillas de pepino contaminadas con herbicidas.

Preparaciones homeopáticas	Longitud aérea (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Fitointoxicación	Masa seca total (g)
Testigo 0	7.65 A	6.88 A	0.15 A	0.222 A
Testigo H	4.93 B	1.17 B	8.45 D	0.182 AB
<i>Nux vomica</i>	4.57 B	1.14 B	6.95 C	0.152 B
<i>Carbo vegetabilis</i>	4.8 B	1.16 B	6.83 C	0.165 B
<i>Arsenicum album</i>	4.81 B	1.2 B	6.64 B	0.171 B
DMS Tukey 5%	0.809	0.31	0.187	0.044
Dinamizaciones (CHs)				
Testigo 0	7.65 A	6.88 A	0.15 A	0.222 A
Testigo H	4.93 B	1.17 BC	8.45 G	0.182 ABC
6 CH	4.99 B	1.35 B	5.52 B	0.186 ABC
12 CH	4.39 BC	1.13 BC	6.86 D	0.147 BC
18 CH	5.21 B	1.19 BC	7.38 E	0.195 AB
24 CH	3.94 C	1 C	7.66 F	0.144 C
30 CH	5.1 B	1.16 BC	6.6 C	0.14 C
DMS Tukey 5%	0.881	0.34	0.203	0.048
CV (%)	11.41	14.41	1.99	18.55

Medias seguidas de la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Otro factor relacionado con la respuesta de la planta a las preparaciones homeopáticas evaluadas puede deberse al nivel de estrés al que las plantas fueron expuestas (remojó en solución herbicida), lo que puede haberles causado daños irreversibles en la reanudación normal de la germinación de la semilla. La homeopatía contribuye como tratamiento de desintoxicación, pero el tiempo de respuesta de los organismos vivos a los medicamentos homeopáticos se produce de acuerdo con el grado de intoxicación al que están sometidos (Lisboa *et al.*, 2005).

Felito *et al.* (2019b) encontraron que las preparaciones homeopáticas de *Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album* redujeron la toxicidad de 2,4-D + picloram en el estiércol del ganado, pero no hubo una neutralización completa de la acción herbicida en el desarrollo temprano de las plantas de pepino. Por lo tanto, las respuestas de las plantas al estrés dependen de la duración, la gravedad, el número de exposiciones y la combinación de factores estresantes (Bonato, 2007b), lo que puede explicar los resultados encontrados en el presente estudio.

El desarrollo de las raíces también fue afectado por la acción del producto, ya que las plantas mostraron síntomas característicos de intoxicación causada por herbicidas auxínicos, con la formación de tumores y engrosamiento en la base del tallo y la raíz, siendo verificados durante el experimento. Estos síntomas son comunes y se consideran las alteraciones más evidentes causadas por herbicidas auxínicos (Silva *et al.*, 2005). Entre los tratamientos homeopáticos estudiados y dinamizaciones, sólo el testigo 0 presentó valores más altos para la variable longitud de la raíz, estadísticamente diferente de los demás. La dinamización de 24CH promovió promedios más bajos que los otros tratamientos, incluso cuando se comparó con control H (Cuadro 3), sin efecto positivo de los tratamientos homeopáticos sobre la descontaminación.

Este resultado nocivo de algunas dinamizaciones, observado en el presente trabajo, se encuentra comúnmente en experimentos con preparaciones homeopáticas, siendo descrito por Espinoza (2001) como un efecto ‘zigzag’, que ocurre cuando una sustancia en diferentes dinamizaciones logra revertir su efecto para ciertas características.

En homeopatía, el mismo medicamento a menudo causa diferentes efectos dependiendo de la dinamización aplicada. En ciertas dinamizaciones puede ocurrir un aumento, mientras que, en otras, se pueden reportar inhibiciones dentro de una variable fisiológica específica (Bonato, 2007a). Por lo tanto, esta posible inversión de los resultados de la dinamización puede haber sido la causa y el efecto, verificados en las evaluaciones de esta variable. La preparación homeopática de *Arsenicum album* tuvo puntuaciones más bajas, demostrando mejores resultados con respecto a los síntomas causados por el herbicida, seguido de *Nux vomica* y *Carbo vegetabilis*, los cuales no difirieron entre sí. Sin embargo, vale la pena señalar que, a pesar de la diferencia significativa, los puntajes promedio no fueron tan expresivos.

Las dinamizaciones también influyeron en la intensidad de los síntomas, con 6CH, 30CH y 12CH promoviendo un mejor desarrollo de la planta (Cuadro 3). Las alteraciones en el análisis de fitointoxicación se diferenciaron de acuerdo con las preparaciones homeopáticas y las dinamizaciones utilizadas. Estos resultados resaltan el principio de especificidad de acción de los medicamentos homeopáticos; es decir, cada ultra dilución manifiesta características diferentes (Figueiredo, 2009).

Para el medicamento homeopático de *Nux vomica*, las dinamizaciones que proporcionaron menor mortalidad fueron 6CH y 12CH; *Carbo vegetabilis* tuvo una mejor respuesta en 30CH y *Arsenicum album* tuvo la tasa de mortalidad más baja entre todos los tratamientos y dinamizaciones, con solo 6% de mortalidad en 6CH (Cuadro 4).

Para 6CH y 12CH del tratamiento de *Nux vomica* evaluado en esta investigación, se encontró que estas bajas dinamizaciones proporcionaron una reducción en la mortalidad de las plantas contaminadas, siendo una indicación de la posible degradación de los compuestos de los herbicidas que se volvieron tóxicos para las plántulas. Esta consecuencia demuestra la acción y eficacia de la homeopatía para el tratamiento estudiado y según Andrade y Casali (2011), las bajas dinamizaciones son eficientes en la degradación de compuestos intoxicantes para el organismo y proporcionan eficacia en el restablecimiento del organismo causado por varios desequilibrios, causando la autorregulación de procesos metabólicos vitales para el cuerpo.

Cuadro 4. Mortalidad de plántulas de pepino (%) en un estudio sobre el potencial neutralizante de las dinamizaciones homeopáticas de *Nux vomica* (NV), *Carbo vegetabilis* (CV) y *Arsenicum album* (AA) en semillas de pepino contaminadas con herbicidas.

Dinamizaciones (CHs)	Preparaciones homeopáticas		
	NV	CV	AA
6 CH	10 Ba	26 Cc	6 Aa
12 CH	14 Aa	30 Bc	38 Cb
18 CH	46 Bb	18 Ab	58 Cc
24 CH	70 Bd	18 Ab	74 Cd
30 CH	62 Cc	10 Aa	34 Bb
Testigo 0		0	
Testigo H		26	
CV (%)		7.05	

Medias seguidas de la misma letra mayúscula en fila y minúscula en columna no difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Se puede inferir que estos resultados son consistentes con la Ley de Similitud, en la que la sustancia en dosis tóxica que genera varios síntomas en el ser vivo sano, cuando se administra al paciente con los mismos síntomas, causa el estado de equilibrio (Moreno, 2000); es decir, al recibir información similar el ambiente se estimula a la reacción (Casali *et al.*, 2006). Como se observó en este estudio, Bonato (2007a) sostiene que cuando se aplica la preparación homeopática que sería capaz de producir los mismos síntomas en la planta, el resultado fue la minimización de los efectos nocivos causados por los factores bióticos y abióticos, que en este caso fue la acción del herbicida.

La aplicación de homeopatía puede haber desencadenado el metabolismo secundario de las semillas, estableciendo su mecanismo de defensa, que reaccionó a factores externos (acción herbicida del compuesto químico) buscando su supervivencia mediante la autorregulación. Estos resultados, como argumenta Queiroz (2015), confirman que las preparaciones homeopáticas, gobernadas por la inmaterialidad, cuando se administran por similitud, acceden y fortalecen la vitalidad de todos los seres vivos. Los porcentajes obtenidos para la mortalidad de plántulas observada a lo largo de las evaluaciones muestran los efectos beneficiosos de la aplicación de preparaciones homeopáticas a las plántulas, ya que se contabilizaron valores bajos para los tratamientos con *Arsenicum album* en la dinamización 6CH con promedio de 6% seguido de *Nux vomica* en la misma dinamización con solo 10% de mortalidad.

Cabe destacar la alta tasa de mortalidad de *Nux vomica* y *Arsenicum album*, verificada a partir de 18CH y 12CH, respectivamente. Tales resultados pueden deberse a la reacción de patogénesis; es decir, al efecto antagónico en los estudios de similitud con la homeopatía vegetal. Este antagonismo implica la oposición de sistemas incompatibles, provocando acciones y reacciones en sentido contrario, aunque sea temporalmente (Castro, 2002; Bonato, 2004; Lisboa, 2006). De la misma manera que el tratamiento homeopático puede resultar en síntomas de curación de la planta, el resultado final de este antagonismo puede convertirse en efectos negativos; a través, de modificaciones fisiológicas que actúan sobre la fuerza vital de la planta, cambiando su estado y

perjudicando fisiológicamente su metabolismo (Bastide, 1998). Según estudios de Arruda *et al.* (2005) y Lisboa *et al.* (2005), esta alteración, llamada patogénesis, retrata la resonancia entre las energías opuestas involucradas.

Así, las ultradiluciones utilizadas en este estudio con diferentes preparaciones homeopáticas (*Nux vomica* y *Arsenicum album*) provocaron señales débiles, pero que causaron grandes respuestas en los sistemas físicos, como es el caso de la tasa de mortalidad de las plantas, debido a los mecanismos de amplificación desencadenados por sistemas estocásticos o canales iónicos (Galvanovskis *et al.*, 1996). Según Casali *et al.* (2006), en varias situaciones, el efecto a lo largo del tiempo tiende a equilibrarse, con oscilación dentro de un cierto rango de dilución, debido a la mayor o menor plasticidad (morfológica y fisiológica) de las especies vegetales, al adaptarse a nuevas condiciones, propiedades energéticas e informativas adquiridas por ultradiluciones, generando la capacidad de autorregulación de la planta.

No se encontró diferencia significativa para la determinación de la acumulación de masa seca total entre los medicamentos homeopáticos, excepto para el testigo 0, cuyo tratamiento promovió la producción de valores más altos de esta variable; sin embargo, no hubo diferencia entre los testigos. Entre las dinamizaciones, 18CH y 6CH fueron las que proporcionaron la mayor acumulación de masa seca, pero no difirieron del control W. Por lo tanto, de acuerdo con la dinamización utilizada, el efecto en respuesta al estrés causado por el herbicida puede ser opuesto al esperado y puede dañar al cuerpo más que proporcionar beneficios (Cuadro 4). Esta es otra respuesta que puede considerarse patogénesis, como se ve en la tasa de mortalidad de plántulas informada anteriormente.

A pesar de que el comportamiento de dinamización actuó al azar, se percibieron mejores resultados en dinamizaciones menores para esta variable (Cuadro 3). Las respuestas positivas encontradas debido a dinamizaciones menores también se reportan por otros autores, como Felito *et al.* (2019a), estudiando las preparaciones homeopáticas de *Nux vomica* en 6CH, 12CH, 18CH, 24CH y 30CH, que proporcionaron una mayor masa seca en pepino. Queiroz (2015) también observó que los tratamientos con *Nux vomica* en las dinamizaciones 3CH y 6CH estimularon la producción de masa seca de lechuga cuando se plantó en suelo sin cultivo previo. Este comportamiento puede deberse a que las preparaciones homeopáticas de baja dinamización son más densas y moleculares y pueden actuar sobre el cuerpo físico debido a las frecuencias de resonancia (Vithoulkas, 1980).

Krainer y Cuéllar (2009) reportaron que la masa seca de brotes de lechuga tratados con la preparación homeopática 12CH de *Carbo vegetabilis* proporcionó un aumento en comparación con otros tratamientos. Bonato *et al.* (2009) informan que las dinamizaciones 24CH y 30CH de *Arsenicum album* promovieron el aumento de la biomasa fresca de *Mentha arvensis*, cuando se comparó con el control y otras dinámicas de análisis; sin embargo, la biomasa seca del brote y sistema radical no aumentó, fue afectado por *Arsenicum album*.

En la ciencia homeopática estos comportamientos descritos ocurren con frecuencia, ya que un mismo medicamento puede causar diferentes efectos en los seres vivos, dependiendo de la dinamización aplicada (Castro, 2002; Bonato y Silva, 2003). En algunas dinamizaciones promueven la estimulación y en otras situaciones, se verificó una inhibición (Armond, 2007). El evento de ola es común en la naturaleza y en los seres vivos (Kent, 1996). Casali *et al.* (2006) describen que las plantas, en su inmovilidad (seres autótrofos), responden con gran intensidad a

través de su autorregulación. Esta regulación moverá el metabolismo secundario de la planta, buscando volver al equilibrio de sus funciones fisiológicas, vitales para su supervivencia en el medio y posterior perpetuación de la especie.

Sin embargo, los modos de acción por los cuales la fuerza vital mantiene en vida a los constituyentes orgánicos y promueve la integridad del organismo vivo aún se han estudiado con el objetivo de dilucidar y comprender todo el proceso (Bonato, 2004). El comportamiento observado en este estudio, así como resultados similares en varios otros estudios con el uso de homeopatía aplicada a plantas, muestra un comportamiento diferente de los descritos en Organon (Lisboa *et al.*, 2005), en el que una mayor dinamización no provoca respuestas fisiológicas progresivas (Bonato, 2004). Cada preparación homeopática produce en la planta sana síntomas peculiares según su propia frecuencia de onda (Armond, 2007).

La acción de las soluciones homeopáticas bajo diferentes condiciones de estudio, como fue el caso de esta investigación, ha sido estudiada por Zacharias (2006), quien afirma que estos efectos se basan en tres modelos. Las estructuras estructurales en las que la dinamización altera la estructura molecular del disolvente y actúa como agente farmacológico, los modelos informativos en los que la estructura molecular es sustituida por la estructura informativa, la medicina homeopática que actúa como elemento controlador de la dinámica del organismo y finalmente los modelos fenomenológicos que tras el proceso de dinamización el agente se convierte en la propia respuesta del organismo a algún estímulo.

Además, otra hipótesis, presentada por Bonamin (2007) para explicar la actividad de los medicamentos homeopáticos, es la que se atribuye al ‘efecto secundario’; es decir, en una sustancia dada, cuando en dosis ultradiluidas, estaría desprovista de sus efectos primarios sobre el organismo sensible, pero conservaría sus efectos secundarios. En este sentido, los resultados observados en las diferentes dinamizaciones en plántulas de pepino pueden atribuirse a este efecto secundario, cuyos síntomas ocurrieron debido a su superposición con los efectos primarios en esta especie y las diluciones estudiadas.

El hallazgo de propiedades específicas de sistemas dinamizados y la dificultad para diseñar modelos experimentales y teorías explicativas que puedan aclarar estas propiedades indican la necesidad de retroceder en las expectativas y en lugar de buscar una explicación para un probable mecanismo de acción de las ultradiluciones, desde una base aún más fundamental: la descripción de sus propiedades (Bonamin, 2007).

Conclusiones

El tratamiento homeopático de semillas de pepino contaminadas con el herbicida picloram + 2,4-D provoca cambios positivos, produciendo efectos interesantes en la neutralización de herbicidas. Sin embargo, para algunas variables, los resultados no son concluyentes con las preparaciones (*Nux vomica*, *Carbo vegetabilis* y *Arsenicum album*) y sus ultradiluciones (6CH, 12CH, 18CH, 24CH y 30CH), lo que requiere más investigación para evaluar y describir la complejidad de las propiedades inherentes al tratamiento homeopático.

Literatura citada

- Andrade, F. M. C. 2004. Alterações da vitalidade do solo com o uso de preparados homeopáticos. Tese Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 362 p.
- Andrade, F. M. C. y Casali, V. W. D. 2011. Homeopatia, agroecologia e sustentabilidade. R. Bras. Agroecol. 6(1):49-56.
- Armond, C. A. 2003. Crescimento e marcadores químicos em plantas de *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) tratadas com homeopatia. Dissertação Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 127 p.
- Armond, C. A. 2007. Indicadores químicos, crescimento e bioletrografias de plantas de jambu (*Acmella oleraceae* L.), capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DF) Stapf) e folha-da-fortuna (*Bryophyllum pinnatum* (Lam) Oken) submetidas a tratamentos homeopáticos. Tese Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 161 p.
- Arruda, V. M.; Cupertino, M. C.; Lisboa, S. P. and Casali, V. W. D. 2005. Homeopatia tri-una na agronomia. In: curso de homeopatia. UFV. 114-120 pp.
- Assis, R. L. D.; Procópio, S. D. O.; Carmo, M. L. D.; Pires, F. R.; Cargnelutti, F. A.; Braz, G. B. and Silva, W. F. 2010. Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de *Panicum maximum* em função do teor de água. Eng. Agric. 30(5):845-853.
- Barros, R. E.; Tuffi, S. L. D.; Cruz, L. R.; Faria, R. M.; Costa, C. A. and Felix, R. C. 2014. Physiological response of eucalyptus species grown in soil treated with auxin-mimetic herbicides. Planta Daninha. 32(3):629-638.
- Bastide, M. 1998. Information and communication in living organismos. In: fundamental research in ultra high dilutions and homeopathy. Kluwe Publications. 229-239 pp.
- Batistão, A. C.; Yamashita, O. M.; Silva, I. V.; Araújo, C. F. and Lavezo, A. L. 2018. Anatomical changes on the stem and leaves of *Solanum lycopersicum* caused by diferente concentrations of picloram + 2,4-D, in two different types of soil. Planta Daninha. 36(1):e018166340.
- Bonamin, L. V. 2007. Dados Experimentais que fundamentam teorias interpretativas sobre ultradiluições e tributo a Madaleine Bastide. Cult. Homeop. 6(2):29-35.
- Bonato, C. M. 2004. Homeopatia: fisiologia e mecanismos em plantas. In: seminário sobre ciências básicas em homeopatia. Lages Anais. 4(1) 38-54.
- Bonato, C. M. 2007a. Homeopathy in the host physiology. Fitopatol Bras. 32(1):79-82.
- Bonato, C. M. 2007b. Homeopatia em modelos vegetais. Cult. Homeop. 21(1):24-28.
- Bonato, C. M.; Proença, G. T. and Reis, B. R. 2009. Homeopathic drugs *Arsenicum album* and *Sulphur* affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). Acta Sci. Agron. 31(1):101-105.
- Bonato, C. M. and Silva, E. P. 2003. Effect of the homeopathic solution sulphur on the growth and productivity of radish. Acta Sci. Agron. 25(2):259-263.
- Brasil. 2011. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Farmacopeia Homeopática Brasileira. ANVISA. 139-155pp.
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. SNDA/DNDV/CLAV. 165-192 pp.
- Casali, V. W. D.; Castro, D. M. and Andrade, F. M. C. 2002. Pesquisa sobre homeopatia nas plantas. In: seminário brasileiro sobre homeopatia na agropecuária orgânica, Campinas do Sul. Campinas do Sul, Paraná, Brasil. 32-35 pp.

- Casali, V. W. D.; Castro, D. M.; Andrade, F. M. C. and Lisboa, S. P. 2006. Homeopatia bases e princípios. Universidade Federal de Viçosa. 55-81 pp.
- Castro, D. M. 2002. Preparações homeopáticas em plantas de cenoura, beterraba, capim-limão e chamba. Tese. Doutorado em Fitotecnia-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 240 p.
- Duarte, E. S. M. 2003. Soluções homeopáticas, crescimento e produção de compostos bioativos em *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae). Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 103 p.
- Duarte, E. S. M. 2007. Crescimento e teor de óleo essencial em plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus globulus* tratadas com homeopatia. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 202 p.
- Espinoza, F. J. R. 2001. Agrohhomeopatia: uma opção ecológica para el campo. Homeop. Mex. 70(613):110-116.
- Felito, R. A. 2018. Neutralizing potential of homeopathic preparations in bovine manure contaminated by herbicide. Dissertation (Masters in biodiversity and amazonian agroecosystems). Mato Grosso State University, Alta Floresta. 81 p.
- Felito, R. A.; Yamashita, O. M.; Gervazio, W. D.; Carvalho, M. A. C.; Roboredo, D. R. and Rossi, A. A. B. 2019a. Homeopathy for treating contaminated cucumber seedlings with the herbicide residues. J. Agric. Sci. 11(11):295-302.
- Felito, R. A.; Yamashita, O. M.; Rocha, A. M.; Gervazio, W. D.; Carvalho, M. A. C. and Ferreira, A. C. T. 2019b. Homeopathic treatments and their effect on the initial development of cucumber plants grown in cow manure contaminated by auxinic herbicide. Aust. J. Basic Appl. Sci. 13(3):31-40.
- Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. Agrotecnol. 38(2):109-112.
- Figueiredo, C. C. 2009. Propriedades físico-químicas da água com preparados homeopáticos. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 69 p.
- Franceschi, M. M.; Felito, R. A.; Yamashita, O. M.; Lorenzon, J. J. and Carvalho, M. A. C. 2015. Leaching of the herbicide 2,4-D + picloram latosol red-oxisol dystrophic. Enciclop. Bios. 22(11):2151-2161.
- Franceschi, M. M.; Yamashita, O. M.; Arantes, S. A. C. M. and Andrade, S. P. 2017. Behavior of 2,4-D + picloram latosol red-yellow. R. Bras. Herb. 16(3):238-245.
- Galvanovskis, J. J.; Sandblon, J. S.; Bergqvist, B. B. and Galt, S. S. 1996. The influence of 50 Hz magnetic fields on cytoplasmic Ca²⁺ oscillation human leukemia T-cells. The Sci. Tot. Environ. 180(1):19-33.
- Kent, J. T. 1996. Filosofia homeopática. São Paulo. 15-44 p.
- Kolisko, E. E. and Kolisko, L. E. 1978. Agriculture of tomorrow. Bournemouth, England. Acorn Press. 5-22 pp.
- Krainer, J. W. R. and Cuéllar, J. O. O. 2009. Growth and productivity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different power of MB-4 rock flour homeopathic prepared. R. Bras. Agroecol. 4(2):4541-4544.
- Lisboa, S. P. 2006. Antagonismo de preparações homeopáticas na fotossíntese de plantas de *Ruta graveolens* (L.). Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 70 p.
- Lisboa, S. P.; Cupertino, M. C.; Arruda, V. M. and Casali, V. W. D. 2005. Nova visão dos organismos vivos e o equilíbrio pela homeopatia. In: curso de homeopatia. UFV. 121-144 pp.
- Moreno, J. A. 2000. Breve história de Hahnemann. Ciência da Homeopatia-Livro Básico. Belo Horizonte. Editora hipocrática. 72-88 pp.

- Nascimento, E. D. and Yamashita, O. M. 2009. Initial development of vegetable crops cultivated in soils with 2,4-D + picloram residues. *Semina Agrárias*. 30(1):47-54.
- Oliveira, J. R. S. 2011. Mecanismo de ação de herbicidas. *In: Oliveira Jr. R. S.; Constantin, J. and Inoue, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba. Omnipax. 142-192 pp.
- Queiroz, A. R. S. D. and Vidal, R. A. 2014. The development of dichlorophenoxyacetate herbicide tolerant crops: literature review. *Planta Daninha*. 32(3):649-654.
- Queiroz, R. L. 2015. Alelopatia de manjerição e uso do preparado homeopático *Nux vomica* em alface. Tese (doutorado em Agronomia-Horticultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu. 78 p.
- Rodrigues, B. N. and Almeida, F. S. 2005. Guia de herbicidas. Londrina. IAPAR. 285-289 pp.
- Santos, M. V.; Freitas, F. C. L.; Ferreira, F. A.; Viana, R. G.; Santos, L. D. T. and Fonseca, D. M. 2006. Efficacy and persistence of herbicides in pasture soils. *Planta Daninha*. 24(2):391-398.
- SBCPD. 1995. Brazilian society of the science of weeds. Procedures for installation, evaluation and analysis of experiments with herbicides. SBCPD. Londrina. Editora SBCPD. 11-34 pp.
- Silva, A. A.; Ferreira, F. A. and Ferreira, L. R. 2005. Biologia e controle de plantas daninhas. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 109-118 pp.
- Thill, D. D. 2003. Growth regulator herbicides. *In: Weller, S. C.; Thill, D.; Bridges, D. C.; Van Scoyoc, G. E.; Graveel, J. G.; Turco, J. R. F.; Goldsbrough, P. P.; Ruhl, G. E.; Holt, H. A.; Reicher, Z. J. and Whitford, F. 2003. Herbicide action course*. West Lafayette, Purdue University. 267-291 pp.
- Trebbi, G. G.; Nipoti, P. P.; Bregola, V. V.; Brizzi, M. M.; Dinelli, G. G. and Betti, L. L. 2016. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. *Hort. Bras*. 34(3):318-325.
- Vithoukias, G. G. 1980. Homeopatia: ciência e cura. São Paulo. Cultrix. 7-33 pp.
- Yinnon, T. A. and Elia, V. V. 2013. Dynamics in perturbed very dilute aqueous solutions: theory and experimental evidence. *Int. J. Mod. Phys. B*. 27(5):35-41.
- Zacharias, R. R. 2006. Teorias interpretativas sobre sistemas dinamizados perspectivas. *Cult. Homeop*. 16(1):22-30.