

Polvo de hojas de *Melia azedarach* L., *Dendranthema grandiflora* Tzvelev y *Tagetes erecta* L. para el tratamiento de semillas de *Carthamus tinctorius* L.

Janine Farias Menegaes^{1*}, Ubirajara Russi Nunes², Rogério Antônio Bellé³, Marlove Fátima Brião Muniz⁴, Felipe de Lima Franzen⁵

¹Laboratorio de Semillas (LDPS), Universidad Federal de Santa María (UFSM). Avenida Roraima 1.000, Edificio 70. Santa María. RS. Brasil. CEP 97.105-900. <http://orcid.org/0000-0001-6053-4221>

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Federal de Santa María. Santa María. RS. Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-7124-9204>

³Departamento de Fitotecnia, Universidad Federal de Santa María. Santa María. RS. Brasil. <http://orcid.org/0000-0001-6704-417X>

⁴Departamento de Defensa Fitossanitária, Universidad Federal de Santa María. Santa María. RS. Brasil. <http://orcid.org/0000-0001-7436-9589>

⁵Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP). Campinas. SP. Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-8925-4098>

*Autora para correspondencia e-mail: janine_rs@hotmail.com

RESUMEN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) presenta una amplia diversidad de uso, como alimentación, extracción de aceite y vástagos florales para ornamentación. Sin embargo, presenta baja productividad debido a la alta susceptibilidad al ataque de microorganismos patógenos durante su cultivo. Por ello, el tratamiento de semillas es una alternativa para la protección y garantizar la calidad sanitaria. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de polvo de hojas de tres especies de plantas sobre la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) almacenados por diferentes períodos de tiempo. El experimento fue realizado en un diseño completamente al azar, en factorial 10x3 (combinaciones de polvo de hojas y períodos de almacenamiento de semillas), con cuatro repeticiones. El lote de semillas fue almacenado con grado de humedad promedio del 9%. Hojas de *Melia azedarach* L., *Dendranthema grandiflora* Tzvelev y *Tagetes erecta* L. se secaron y trituraron hasta obtener polvo que se aplicó a las semillas a las dosis de: cero (control), 1, 2 y 3 g kg⁻¹ de semillas. Se evaluó la calidad de las semillas a través de las pruebas de germinación, longitud y masa de plántulas, emergencia y sanidad. El uso de polvo de hojas a partir de *M. azedarach*, de *D. grandiflora* y *T. erecta* como tratamiento de semillas de cártamo fue benéfico para el control de la infestación por hongos fitopatógenos e incrementó su potencial de germinación y de emergencia en el campo. Los resultados indicaron que tienen potencial para el tratamiento de semillas de cártamo almacenadas por diferentes períodos de tiempo.

Palabras clave: cártamo, calidad fitosanitaria, plantas con propiedades antifúngicas

Leaf powder of *Melia azedarach* L., *Dendranthema grandiflora* Tzvelev and *Tagetes erecta* L. for seed treatment of *Carthamus tinctorius* L.

ABSTRACT

The safflower (*Carthamus tinctorius* L.) has a wide diversity of use, such as feeding, oil extraction and floral stems for ornamentation. However, it has low productivity due to the high susceptibility to attack by pathogenic microorganisms during its culture. For this reason, seed

treatment is an alternative for protection and to guarantee sanitary quality. The objective of the present work was to determine the effect of leaf powder from three plant species on the physiological and sanitary quality of safflower seeds (*Carthamus tinctorius* L.) stored for different periods of time. The experiment was carried out in a completely randomized design, in 10x3 factorial (leaf powder combinations and seed storage periods), with four repetitions. The seed lot was stored with an average moisture content of 9%. Leaves of *Melia azedarach* L., *Dendranthema grandiflora* Tzvelev and *Tagetes erecta* L. were dried and crushed to obtain powder that was applied to the seeds at the doses of: zero (control), 1, 2 and 3 g kg⁻¹ of seeds. Seed quality was evaluated through germination, seedling length and mass, emergence and health tests. The use of leaf powder from *M. azedarach*, *D. grandiflora* and *T. erecta* as a treatment of safflower seeds was beneficial for the control of the infestation by phytopathogenic fungi and increased its potential for germination and emergence in the field. The results indicated that it have potential for the treatment of safflower seeds stored for different periods of time.

Keywords: plants with antifungal properties, phytosanitary quality, safflower

INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), originario de Asia y perteneciente a la familia *Asteraceae*, es considerado una de las más antiguas producciones agrícolas. Se cultiva con diferentes propósitos de uso tales como colorante culinario y textil, para la extracción de aceite, así como para vástagos florales empleados en decoración (Mündel *et al.*, 2004; Emongor y Oagile, 2017; Menegaes *et al.*, 2017).

Además, esta especie se destaca entre los cultivos oleaginosos (semillas) a nivel mundial destinados a la producción de biodiesel. Los datos medios de las cosechas de 2007 a 2012, la ubican en la octava posición, y se cultiva en más de 60 países, en área de aproximadamente un millón de hectáreas con una productividad media de 882 kg ha⁻¹ (Rai *et al.*, 2016; FAOSTAT, 2017).

Sin embargo, en ambientes de alta pluviosidad la productividad de vástagos florales y de semillas de cártamo disminuye por la alta susceptibilidad al ataque de microorganismos. Entre estos últimos se encuentran: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Botrytis* sp., *Cercospora* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Helminthosporium* sp., *Macrophomina* sp., *Oidium* sp., *Penicillium* sp., *Phomopsis* sp., *Phytophthora* sp., *Puccinia* sp., *Ramularia* sp., *Rhizoctinia* sp., *Rhizopus* sp., *Sclerotinia* sp. y *Verticillium* sp., entre otros (García, 1999; Mündel *et al.*, 2004; Coronado, 2010; Galant *et al.*, 2015; Emongor y Oagile, 2017).

En Brasil el cultivo de cártamo todavía es incipiente y está en fase experimental en diferentes regiones. En la década de 1990,

fue introducido en la región sur del país como planta ornamental, pero, en virtud de las condiciones climáticas y de la gran incidencia de microorganismos patógenos en todo el ciclo productivo, su cultivo fue reducido gradualmente (Santos y Silva, 2015; Sampaio *et al.*, 2017). Por ello, se requiere de inversión económico-científica para el aumento de la productividad de semillas, con calidad fitosanitaria.

El tratamiento de semillas pretende resguardar sus cualidades, sobre todo, las fisiológicas y sanitarias, para que posibilite originar plantas con calidad, así como alta productividad. Sin embargo, estas cualidades se van modificando a lo largo del tiempo, siendo el almacenamiento, un procedimiento complementario, importante para mantener la integridad y viabilidad de las semillas por períodos prolongados (José *et al.*, 2010; Marcos-Filho, 2015).

Para el tratamiento de semillas de especies agroeconómicas se utilizan productos de diversos orígenes, como químico, biológico o bioquímico, sin embargo, en Brasil, no hay productos fitosanitarios registrados en el MAPA (Ministerio de la Agricultura, Ganadería y Abastecimiento) para el cultivo del cártamo. En este contexto y buscando una agricultura de bajo impacto ambiental, el tratamientos de semillas con productos de origen vegetal con propiedades antimicrobianas puede convertirse en una alternativa ecológica y prometedora para los cultivos (Medeiros *et al.*, 2015), como el cártamo.

Así, el presente trabajo tuvo como objetivo de determinar el efecto de polvo de hojas de

tres especies de plantas sobre la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) almacenados por diferentes períodos de tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en el Laboratorio Didáctico y de Investigaciones en Semillas del Departamento de Fitotecnia y en el Laboratorio de Fitopatología Elocy Minussi en el Departamento de Defensa Fitosanitaria en el Campus de la Universidad Federal de Santa María (UFSM), ubicado en Santa María, RS (29°43 'S, 53°43 'W y altitud de 95 m) en 2018.

Material vegetal

Se emplearon semillas de cártamo (*C. tinctorius*) obtenidas del cultivo en el campo del área experimental del Sector de Floricultura del Departamento de Fitotecnia de la UFSM, en Santa María, RS, en la cosecha 2016/2017. Se cosechó en febrero de 2017 y se almacenó en cámara fría a 15 °C y 40% HR (humedad relativa) en bolsas de papel Kraft (tipo pardo de 1 kg), con un grado de humedad medio del 9%. Además, se emplearon hojas de plantas adultas de *Melia azedarach* L., de *Dendranthema grandiflora* Tzelev y de *Tagetes erecta* L.

Obtención de polvo de hojas y tratamiento de las semillas

Las hojas de cada especie fueron recolectadas en el período matutino, para evitar la deshidratación. Se realizaron tres lavados consecutivos en agua corriente. Posteriormente las hojas fueron deshidratadas por ventilación forzada a 30 °C hasta la estabilización de la masa seca y trituradas hasta formar polvo, tamizadas (malla 0.05 mm), envasadas y después de la identificación fueron almacenadas.

El polvo de hojas se empleó en las cantidades de: cero (control), 1 g, 2g y 3 g kg⁻¹ de semillas.

Los tratamientos de las semillas se realizaron en frascos de vidrio de 500 ml, con adición del polvo de hojas (1 g, 2g y 3 g kg⁻¹ de semillas) y agua destilada (con un volumen equivalente al 1.0% de la masa total de las semillas). Para la adherencia del polvo de hojas a las semillas se agitaron manualmente durante cinco minutos. Para los tratamientos controles

el mismo procedimiento fue adoptado, pero se utilizó sólo agua destilada. Las semillas tratadas fueron almacenadas en bolsas de papel Kraft (pardo) en cámara fría (15 °C y 40% HR) en el propio laboratorio.

Los períodos de almacenamiento fueron 0, 30 y 60 días después del tratamiento de las semillas. La primera evaluación de la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas fue 24 h después de la realización de los tratamientos, siendo esta evaluación considerada como período de cero de almacenamiento. Después de cada período de almacenamiento se realizaron las evaluaciones para la verificación de la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas de cártamo por la prueba modelo de germinación, primer recuento de germinación (PRG) e índice de velocidad de germinación (IVG).

Para ello, fueron sembradas cuatro repeticiones de 50 semillas (200 semillas en total por tratamiento), en rollo de papel de germinación, humedecido con agua destilada en la proporción de 2.5 veces la masa del papel seco. Los rodillos se mantuvieron en germinador tipo BOD (*Box Organism Development*), en oscuridad a 25±2 °C. Las evaluaciones se realizaron a los 4 días después de la siembra (DDS) para PRG y los 14 DDS para germinación (GER), plántulas anormales (están incluidas plántulas dañadas e infectadas) (PAN) y semillas muertas (SEM) (Brasil, 2009a). Para el IVG se realizaron evaluaciones diarias según la metodología descrita por Maguire (1962), adaptada para cártamo se utilizó como criterio el alargamiento de la raíz principal y la emergencia de los cotiledones (Abud *et al.*, 2010).

Para determinar la longitud y masa seca de las plántula se emplearon cuatro repeticiones de 20 semillas (80 semillas en total por tratamiento), sembradas en dos líneas desencontradas en el tercio superior del papel de germinación y mantenidas en la misma condición del patrón de germinación. A los 4 DDS se midió la longitud de la parte aérea y de la radícula (cm) de diez plántulas normales de cada repetición. En la secuencia se determinó masa seca total (mg planta⁻¹) por secado del material vegetal con ventilación forzada a 65±5 °C por 48 h (Nakagawa, 1999).

La emergencia en el campo y el índice de velocidad de emergencia (IVE) se evaluaron

en cuatro repeticiones de 50 semillas que fueron sembradas en líneas de 1 m, con espaciado entre sí de 0.2 m y en surcos de 0.03 m de profundidad. Para el IVE se realizaron evaluaciones diarias según la metodología descrita por Maguire (1962), adaptada para el cultivo del cártamo utilizando como criterio el desarrollo de los cotiledones y epicótilo, y la evaluación de la emergencia fue realizada a los 14 DDS (Abud *et al.*, 2010).

Para las variables germinación de plántulas normales y emergencia en el campo, se utilizó como estándar la Instrucción Normativa n.45/2013 del MAPA (Ministerio de La Agricultura, Ganadería y Abastecimiento) (Brasil, 2013). Esta normativa regula los patrones de producción y comercialización de semillas en Brasil, sin embargo, no contempla las semillas de cártamo, así, se eligió el patrón de semillas de *Helianthus annuus* L. por pertenecer a la misma familia botánica del cártamo, Asteraceae, siendo exigido entre 65-70% de germinación (Brasil, 2013).

La prueba de sanidad en papel-filtro se realizó a través de la incubación en sustrato de papel (*Blotter Test*), con cuatro repeticiones de 50 semillas. La siembra ocurrió en cajas plásticas transparentes para germinación (Gerbox), preparadas con tres hojas de papel de germinación humedecido con agua destilada correspondiente a 2.5 veces la masa del papel seco. La germinación fue inhibida por el método de congelación por 24 h. Las semillas permanecieron en BOD por cinco días con fotoperiodo de 12 h de luz a 20±2 °C. Se cuantificó el número de semillas infestadas mediante observación en microscopio estereoscópico y se calculó el porcentaje de. Además, se identificaron los microorganismos a nivel de género (Brasil, 2009b).

El índice de incremento de la germinación (II.GER), el índice de incremento de la emergencia en campo (II.ECP) y el índice de control de semillas infestadas totales (IC.SIT) fueron determinados por la metodología adaptada de Ahmad *et al.* (2012) con las siguientes ecuaciones:

II.GER = ((GER en - GER t) / t GER) * 100
donde GER: germinación del tratamiento con extracto vegetal macerado seco y GER t: germinación del tratamiento control.

II.ECP = ((ECP en - ECP t) / ECP t) * 100
donde ECP: emergencia del tratamiento con extracto vegetal macerado seco y ECP t: germinación del tratamiento control.

ICSIT = ((SIT t -SIT en) / SIT t) * 100
donde SIT en: semillas infestadas en el tratamiento con extracto vegetal macerado seco y SIT t: germinación del tratamiento control.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental completamente al azar en factorial 10x3 (diez combinaciones de polvo de hojas de cada planta y tres períodos de almacenamiento de semillas), con cuatro repeticiones. Los datos expresados en porcentaje se transformaron en arco-seno. Se realizaron análisis de varianza de los datos y las medias se compararon por la prueba de Scott-Knott, a nivel del 5% de error, por el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se constató que las semillas no sufrieron deterioro en virtud de las condiciones de almacenamiento y los tratamientos con los polvos de hojas. Tanto en el primer recuento de germinación (PRG), como para las variables porcentaje de plántulas anormales entre las que se incluyeron aquellas dañadas e infectadas (PAN), las semillas muertas (SEM) y el índice de velocidad de germinación (IVG) no se comprobaron diferencias significativas entre los tratamientos de las combinaciones de polvos de hojas y dosis con los períodos de tiempo almacenamiento de semillas tratadas.

La interacción de los factores fue significativa para la germinación (GER) y las semillas totales infestadas (SIT). La GER se incrementó con el tiempo de almacenamiento sin diferencias significativas entre los tratamientos y el control. Sin embargo, se verificó que las semillas tratadas con el polvo de hojas en los diferentes períodos de almacenamiento obtuvieron mayor expresión del potencial de vigor expresado en la germinación (GER) en relación con el tratamiento control, excepto para los tratamientos con *T. erecta* y 3 g de *D. grandiflora* kg⁻¹ de semillas a los 60 días de almacenamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de tratamientos con polvo de hojas de tres especies de plantas sobre la germinación y la incidencia de microorganismos en semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) almacenadas durante tres periodos de tiempo.

Dosis de macerados secos kg ⁻¹ de semillas	GER (%)			SIT (%)		
	Almacenamiento (días)			Almacenamiento (días)		
	0	30	60	0	30	60
Control	65 Cd	68 Be	77 Ab	50 Ba	55 Aa	55 Aa
1 g de <i>D. grandiflora</i>	84 Aa	85 Aa	79 Bb	31 Be	44 Ab	45 Ac
2 g de <i>D. grandiflora</i>	76 Bb	80 Ac	82 Aa	47 Ab	30 Bd	30 Bf
3 g de <i>D. grandiflora</i>	69 Cc	73 Bd	78 Ab	32 Be	48 Ab	31 Bf
1 g de <i>M. azedarach</i>	79 Ab	80 Ac	81 Aa	37 Bd	20 Ce	53 Aa
2 g de <i>M. azedarach</i>	82 Ba	86 Aa	81 Ba	19 Bf	38 Ac	40 Ae
3 g de <i>M. azedarach</i>	82 Aa	83 Ab	78 Bb	36 Bd	30 Cd	46 Ac
1 g de <i>T. erecta</i>	68 Cd	73 Bd	78 Ab	22 Cf	31 Bd	45 Ac
2 g de <i>T. erecta</i>	66 Cd	70 Bd	78 Ab	36 Bd	39 Bc	49 Ab
3 g de <i>T. erecta</i>	66 Cd	70 Bd	78 Ab	41 Bc	30 Cd	48 Ab

GER: Germinación, SIT: semillas totales infestadas. *Medias con letras diferentes en una fila (mayúsculas) y en una columna (minúsculas) indican diferencias significativas según la prueba de Scott-Knot para $p < 0.05$*

La calidad fisiológica inicial del lote de semillas de cártamo en promedio, fue de 70 y 66% para germinación y emergencia en el campo, respectivamente, y se caracterizaron como lotes comerciales según los patrones del MAPA (Brasil, 2013). La utilización de las diferentes combinaciones de polvos de hojas de tres especies de plantas promovió una mejora en la expresión del potencial fisiológico de estas semillas, donde la germinación y emergencia de plántulas presentaron valores porcentuales dentro y/o por encima del rango aceptable del MAPA. La interacción de los factores fue significativa para las variables porcentaje de emergencia en el campo (ECP) e índice de velocidad de emergencia (IVE). El mayor valor para RCP fue obtenido con el tratamiento de 1 g de *T. erecta* kg⁻¹ de semillas con un periodo de almacenamiento de 60 días (Tabla 2).

Aunque se observó una disminución en el IVE con el tiempo de almacenamiento en algunos tratamientos, se comprobó que las variables relacionadas con la longitud (CPR y CPA) y masa (MSR y MSP) de las plántulas no presentaron diferencias

significativas entre las combinaciones de polvo de hojas y dosis con períodos de almacenamiento. Este resultado indicó que no hubo efecto fitotóxico para las semillas de cártamo y se reflejó en el número de plántulas anormales (PAN) y de semillas muertas (SEM) sin diferencias entre los tratamientos (Tabla 2). En este sentido, José *et al.* (2010) apuntaron que el mantenimiento de la integridad y de la viabilidad de las semillas en los períodos de almacenamiento es esencial para la expresión de su potencial fisiológico.

Relacionado con lo anterior, Marcos-Filho (2015) refirió que la velocidad de germinación o emergencia depende del grado de deterioro de las semillas y en las condiciones que fueran expuestas para el inicio del proceso germinativo. De igual forma, Medeiros *et al.* (2015) puntualizaron la importancia del tratamiento de semillas previo, sobre todo, con plantas con actividad antifúngica, para auxiliar en la promoción del pleno desarrollo de las plántulas, favorecer la interacción entre las plantas, el suelo y el ambiente de cultivo en una agricultura de bajo impacto ambiental.

Tabla 2. Emergencia en el campo de semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) tratadas con polvo de hojas de tres especies de plantas y almacenadas durante tres periodos de tiempo.

Dosis de macerados secos kg ⁻¹ de semillas	ECP (%)			IVE		
	Almacenamiento (días)			Almacenamiento (días)		
	0	30	60	0	30	60
Control	65 Bd	65 Bd	69 Ad	24.9 Ab	17.2 Bb	16.6 Bf
1 g de <i>D. grandiflora</i>	68 Ac	66 Be	70 Ad	14.9 Ad	15.8 Ac	15.0 Af
2 g de <i>D. grandiflora</i>	66 Cd	75 Bb	78 Ab	24.3 Ab	19.3 Ba	19.7 Be
3 g de <i>D. grandiflora</i>	65 Cd	72 Bc	75 Ac	20.2 Bc	17.6 Cb	29.1 Ab
1 g de <i>M. azedarach</i>	73 Bb	76 Ab	70 Cd	33.6 Aa	19.0 Ba	19.0 Be
2 g de <i>M. azedarach</i>	76 Aa	66 Cd	70 Bd	20.1 Ac	15.0 Bc	16.0 Bf
3 g de <i>M. azedarach</i>	66 Cd	71 Bc	74 Ac	20.5 Ac	17.2 Bb	18.3 Be
1 g de <i>T. erecta</i>	70 Cc	79 Ba	83 Aa	20.3 Bc	20.9 Ba	33.7 Aa
2 g de <i>T. erecta</i>	65 Bd	66 Bd	74 Ac	13.1 Bd	14.3 Bc	18.9 Ae
3 g de <i>T. erecta</i>	68 Bc	66 Bd	74 Ac	15.3 Bd	14.4 Bc	23.2 Ad

ECP: porcentaje de emergencia en campo, IVE: índice de velocidad de emergencia. Medias con letras diferentes en una fila (mayúsculas) y en una columna (minúsculas) indican diferencias significativas según la prueba de Scott-Knot para $p < 0.05$. CV: coeficiente de variación

Las semillas de cártamo presentaron alta incidencia de hongos filamentosos con presencia de especies de los géneros *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotinia* con un promedio del 53% de las semillas totales infestadas (SIT) en la prueba de sanidad en el tratamiento control. Coronado (2010) y Hussain *et al.* (2015) informaron que en regiones de alta pluviosidad la posibilidad de incidencia de enfermedades es mayor que en regiones de media y baja pluviosidad, resultando en la alta infestación de microorganismos patógenos asociados a las semillas. En el municipio de Santa María, RS, donde fue realizado el experimento, región de alta pluviosidad, se favoreció la incidencia de hongos filamentosos y se afectó negativamente la calidad sanitaria de las semillas de cártamo.

Sin embargo, excepto en el tratamiento con 1 g de *M. azedarach* kg⁻¹ de semillas a los 60 días de almacenamiento, se observó una reducción significativa de la infestación por microorganismos en las semillas tratadas con los extractos vegetales macerados secos en relación con el tratamiento control (Tabla 1).

Esta reducción es beneficiosa para la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas de cártamo. Flávio *et al.* (2014) informaron que la diseminación de patógenos vía semilla afecta negativamente el establecimiento de plantas en el campo, sobre todo su productividad. De igual forma, Medeiros *et al.* (2015) apuntaron que el control fúngico de las semillas promueve una reducción de la micoflora, resultando en la mejor expresión porcentual de su calidad fisiológica.

En correspondencia con lo anterior, en la prueba de sanidad se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la incidencia de los géneros *Aspergillus*, *Botrytis* y *Fusarium* para los periodos de almacenamiento evaluados sin una distribución homogénea en los periodos de almacenamiento (Tabla 3). Estos géneros de hongos se han informado como agentes patógenos de semillas. En este sentido, Souza *et al.* (2007) observaron que *Fusarium* spp., además de producir micotoxinas sobre las semillas de *Zea mays* L., provocaron manchas y pudriciones anticipando su deterioro. Reverberi *et al.* (2010) informaron que especies del género *Aspergillus*, son

agentes fitopatógenos característicos del almacenamiento y también se han referido por producir micotoxinas y también causan intoxicaciones a los seres humanos, animales y plantas. Otros autores como Flávio *et al.* (2014) trabajando con semillas de *Sorghum bicolor* L. Moench tratadas con extractos vegetales, verificaron alta incidencia de *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp. sobre las semillas y afectaron negativamente la expresión de su potencial fisiológico.

En el caso del cultivo de cártamo, Garcia (1999) mencionó que *Botrytis* spp. está entre los principales causantes de daños pues, la presencia de estos microorganismos en la fase de floración atacan las lígulas, se hospedan dentro del capítulo, hacen despreciable el valor ornamental de los vástagos florales e inviabilizan la germinación de las semillas.

Los índices de incremento de germinación, de emergencia en campo y de control de semillas infestadas totales promovidos por el uso de polvo de hojas mostraron porcentajes variables para cada tratamiento y entre tratamientos superiores al 1% excepto para el tiempo cero de almacenamiento cuando se emplearon 2 g (II.GER) o 3 g de *T. erecta* (II.ECP) kg⁻¹ de semillas (Tabla 4).

En general, los polvos de hojas de *M. azedarach* y de *D. grandiflora* incidieron en una mejor respuesta en el potencial fisiológico de las semillas de cártamo que el obtenido de *T. erecta*. En este contexto, este trabajo corrobora los resultados de Khan *et al.* (2001) que refieren la eficiencia de extractos de *M. azedarach* como fungicida, bactericida y protozoaricida.

No obstante, tanto a los 30 como a los 60 días de almacenamiento con 1 g de polvo de hojas de *T. erecta* kg⁻¹ de semillas se obtuvieron los máximos valores de incremento de la emergencia de plántulas en el campo. Restello *et al.* (2009) han comprobado el efecto de *T. erecta* como fungicida, repelente e insecticida ideal para el almacenamiento de granos y semillas.

Por otra parte, los índices de control de microorganismos patógenos promovido por los tratamientos de semillas con polvo de hojas fueron beneficiosos para la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas de cártamo comparado con el tratamiento control. Flávio *et al.* (2014) y Medeiros *et al.* (2015) verificaron que plantas con propiedades antifúngicas son alternativas eficientes y económicas de tratamiento de semillas para el control de microorganismos patógenos asociados a estas, sin ocasionar otros daños y mantener su calidad fisiológica.

Tabla 3. Incidencia de hongos filamentosos sobre semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) tratadas con polvo de hojas de tres especies de plantas y almacenadas durante tres periodos de tiempo.

Dosis de macerados secos kg ⁻¹ de semillas	<i>Aspergillus</i> spp. (%)			<i>Botrytis</i> spp. (%)			<i>Fusarium</i> spp. (%)		
	Almacén (días)			Almacén (días)			Almacén (días)		
	0	30	60	0	30	60	0	30	60
Control	32 Bc	28 Cb	47 Ab	19 Ab	17 Ab	15 Ab	12 Bc	26 Ab	24 Aa
1 g de <i>D. grandiflora</i>	7 Cb	6 Bc	59 Aa	30 Aa	31 Aa	3 Bc	27 Ab	25 Ab	12 Bb
2 g de <i>D. grandiflora</i>	0 Ce	40 Ba	46 Aa	35 Aa	11 Bb	25 Aa	37 Ab	17 Bb	23 Ba
3 g de <i>D. grandiflora</i>	46 Aa	8 Bc	54 Aa	11 Bc	29 Aa	15 Bb	16 Bc	45 Aa	15 Bb
1 g de <i>M. azedarach</i>	0 Ce	35 Ba	45 Aa	21 Bb	11 Cb	31 Aa	53 Aa	28 Bb	12 Cb
2 g de <i>M. azedarach</i>	38 Ab	8 Cc	29 Bc	19 Bb	29 Aa	22 Ba	17 Cc	45 Aa	28 Ba
3 g de <i>M. azedarach</i>	0 Ce	19 Bb	65 Aa	19 Ab	11 Bb	14 Bb	44 Aa	37 Aa	11 Bb
1 g de <i>T. erecta</i>	7 Bd	13 Bb	40 Ab	33 Aa	31 Aa	11 Bb	18 Bc	44 Aa	25 Ba
2 g de <i>T. erecta</i>	11 B	46 Aa	50 Ab	24 Ab	11 Bb	16 Bb	25 Ab	19 Ab	18 Ab
3 g de <i>T. erecta</i>	28 Bc	8 Cc	69 Aa	39 Aa	29 Ba	8 C	11 Bc	45 Aa	13 Bb

Medias con letras diferentes en una fila (mayúsculas) y en una columna (minúsculas) indican diferencias significativas según la prueba de Scott-Knot para $p < 0.05$

Tabla 4. Índice de incremento de germinación (II.GER), de emergencia a campo (II.ECP) e índice de control de semillas infestadas totales (IC.SIT) de semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) tratadas con polvo de hojas de tres especies de plantas y almacenadas durante tres periodos de tiempo.

Dosis de macerados secos kg ⁻¹ de semillas	II.GER (%)			II.ECP (%)			IC.SIT (%)		
	Almacén (días)			Almacén (días)			Almacén (días)		
	0	30	60	0	30	60	0	30	60
1 g de <i>D. grandiflora</i>	29 Aa	25 Aa	3 Bb	5 Ad	2 Be	1 Bd	38 Ac	20 Bd	18 Bc
2 g de <i>D. grandiflora</i>	16 Ad	17 Ac	7 Ba	2 Ce	15 Ab	13 Bb	6 Ce	45 Bb	45 Aa
3 g de <i>D. grandiflora</i>	5 Ae	8 Ad	2 Bb	2 Ce	11 Ac	9 Bc	36 Bc	13 Ce	44 Aa
1 g de <i>M. azedarach</i>	20 Ac	17 Bc	6 Ca	12 Bb	17 Ab	1 Cd	26 Bd	64 Aa	4 Ce
2 g de <i>M. azedarach</i>	26 Ab	26 Aa	5 Ba	16 Aa	2 Be	1 Bd	62 Aa	31 Bc	27 Bb
3 g de <i>M. azedarach</i>	26 Ab	22 Ab	2 Bb	1 Ce	9 Ad	7 Bc	28 Bd	45 Ab	16 Cc
1 g de <i>T. erecta</i>	4 Ae	7 Ad	1 Bb	8 Cc	22 Aa	20 Ba	56 Ab	44 Bb	18 Cc
2 g de <i>T. erecta</i>	0 Bf	3 Ae	2 Ab	1 Be	2 Be	7 Ac	28 Ad	29 Ac	11 Bd
3 g de <i>T. erecta</i>	1 Af	3 Ae	1 Ab	0 Be	1 Be	7 Ac	18 Be	45 Ab	13 Bd

Medias con letras diferentes en una fila (mayúsculas) y en una columna (minúsculas) indican diferencias significativas según la prueba de Scott-Knot para $p < 0.05$

CONCLUSIONES

Polvo de hojas a partir de *Melia azedarach* L., de *Dendranthema grandiflora* Tzvelev y de *Tagetes erecta* L. tienen potencial para el tratamiento de semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) almacenadas por diferentes periodos de tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CAPES (Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior) y el Programa de Postgrado en Agronomía de la Universidad Federal de Santa Maria por el incentivo y financiamiento de este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Abud HF, Gonçalves NG, Reis RGES, Gallão MI, Innecco R (2010) Morfología de semillas e plântulas de cártamos. Revista Ciência Agronômica 41(2): 259-265; doi: 10.1590/S1806-66902010000200013

Ahmad I, Akhtar MJ, Zahir ZA, Jamil A (2012) Effect of cadmium on seed germination and seedling growth of four wheat (*Triticum aestivum*

L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany 44(5): 1569-1574; doi: 10.39923/thr.2012

Brasil (2009a) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. MAPA, Brasília

Brasil (2009b) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Análise Sanitária de Sementes. MAPA, Brasília

Brasil (2013) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 45. MAPA, Brasília

Coronado LM (2010) El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México. Obregon SGI, Ciudad de México

Emongor V, Oagile O (2017) Safflower production. Botswana: The Regional Universities Forum for Capacity Building in Agriculture – RUFORUM

FAOSTAT (2017) Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, Crops: Safflower. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Consultado 20/03/2018

Ferreira DF (2014) Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons.

- Ciência e Agrotecnologia 38(2): 109-112; doi: 10.1590/S1413-70542014000200001
- Flávio NSDS, Sales NLP, Aquino CF, Soares EPS, Aquino LFS, Catão HCRM (2014) Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de sorgo tratadas com extratos aquosos e óleos essenciais. *Semina: Ciências Agrárias* 35(1): 7-20; doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p7
- Galant NB, Santos RF, Silva MA (2015) Melhoramento de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). *Acta Iguazu* 4(1): 14-25
- Garcia AG (1999) Cultivos herbáceos extensivos. Ed Mundi-Prensa, Barcelona; ISBN: 97-884-711-479-74
- Hussain MI, Lyra DA, Farooq M, Nikoloudakis N, Khalid N (2015) Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34(4): 1-32; doi: 10.1007/s13593-015-0344-8
- José SCBR, Salomão NA, Costa TSA, Silva JTTT, Curi CCS (2010) Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Revista Brasileira de Sementes* 32(4): 029-038; doi: 10.1590/S0101-31222010000400004
- Khan MR, Kihara M, Omoloso AD (2001) Antimicrobial activity of *Horsfieldia helwigii* and *Melia azedarach*. *Fitoterapia* 72(4): 423-427
- Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(2): 176-177; doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x
- Marcos-Filho J (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. ABRATES, Londrina; ISBN: 978-85-64895-03-4
- Medeiros JGF, Neto ACA, Silva EC, Huang MN, Nascimento LC (2015) Qualidade sanitária de sementes de *Caesalpinia ferrea*: incidência de fungos, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. *Floresta* 45(1): 163-174; doi: 10.5380/ufv.v45i1.34074
- Menegaes JF, Nunes UR, Bellé R A, Ludwig EJ, Sangoi PR, Sperotto L (2017) Germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* em diferentes substratos. *Acta Iguazu* 6(3): 22-30
- Mündel HH, Blackshaw RE, Byers JR, Huang HC, Johnson DL, Keon R, Kubik J, McKenzie R, Otto B, Roth B, Stanford K (2004) Safflower production on the Canadian prairies: revisited in 2004. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge; ISBN: 0-662-38209-9
- Nakagawa J (1999) Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. En: Krzyzanoswki FC, Vieira RD, França Neto JB (eds). Vigor de sementes: conceitos e testes, pp. 1-24, ABRATES, Londrina
- Rai SK, Charak D, Bharat R (2016) Scenario of oilseed crops across the globe. *Plant Archives* 16(1): 125-132
- Restello RM, Menegatt C, Mossi AJ (2009) Efeito do óleo essencial de *T. erecta patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53(2): 304-307; doi: 10.1590/S0085-56262009000200015
- Reverberi M, Ricelli A, Zlalic S, Fabbri AA, Fanelli C (2010) Natural functions of mycotoxins and control of their biosynthesis in fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology* 87(3): 899-911; doi: 10.1007/s00253-010-2657-5
- Sampaio MC, Santos RF, Bassegio D, Vasconcelos ES, Silveira L, Lenz NBG, Lewandoski CF, Tokuro L K (2017) Effect of plant density on oil yield of safflower. *African Journal of Agricultural Research* 12(25): 2147-2152; doi: 10.5897/AJAR2016.11370
- Santos RF, Silva MA (2015) *Carthamus tinctorius* L.: Uma alternativa de cultivo para o Brasil. *Acta Iguazu* 4(1): 26-35
- Souza AEF, Araújo E, Nascimento LC (2007) Atividade antifúngica de extratos de alho e capim-santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* isolado de grãos de milho. *Fitopatologia Brasileira* 32(6): 465-471
- Recibido: 23-10-2018
Aceptado: 14-02-2019
- Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y autores.