

Efeito alelopático da *Cyperus rotundus* L. sobre a germinação de bioindicadoras e no crescimento inicial do milho (*Zea mays*)

Allelopathic effect of *Cyperus rotundus* L. on the germination of bioindicators and in the initial growth of corn (*Zea mays*)

Efecto alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de bioindicadores y en el crecimiento inicial del maíz (*Zea mays*)

Recebido: 31/01/2024 | Revisado: 12/02/2024 | Aceitado: 14/02/2024 | Publicado: 18/02/2024

Luana de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0851-2161>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: luana.desouza98@hotmail.com

Ana Luisa Moro Taveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0917-662X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: analuisa.m.t@hotmail.com

Amanda Janaina Gonsatti Feitosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4902-0972>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: amanda00gonzatti@hotmail.com

Sabrina Jackeline Menegon

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9688-2545>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: sah_menegon@hotmail.com

Guilherme de Almeida Caputti Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3202-641X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: guilhermecaputti@hotmail.com

Shirley Martins Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7696-8865>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: shirley.silva@unioeste.br

Andréa Maria Teixeira Fortes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2836-9331>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: andrea.fortes@unioeste.br

Resumo

A planta invasora tiririca (*Cyperus rotundus* L.) é bastante agressiva e de difícil controle a nível mundial, gerando prejuízos na agricultura. O objetivo desse trabalho foi identificar possíveis efeitos alelopáticos de extratos aquosos das folhas secas da tiririca na germinação de sementes das bioindicadoras chicória e pepino. As sementes foram colocadas em placas de petri, forradas com papel filtro, sendo cinco tratamentos (0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%) com quatro repetições. Também foi testado o efeito do pó das folhas de tiririca no crescimento inicial e anatomia da raiz e rizoma do milho em casa de vegetação, sendo utilizados três tratamentos: testemunha (T1), (T2) com 5,57 g de pó de tiririca e o (T3) com 11,15 g de pó de tiririca. Os resultados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade. O extrato evidenciou potencial alelopático negativo na germinação da chicória. Para o pepino verificou-se menor comprimento da raiz nos tratamentos com extrato. No crescimento inicial do milho, o extrato estimulou a porcentagem de emergência do milho. Na anatomia das raízes do milho houve formação de aerênquima e acúmulo de aleloquímico na epiderme e córtex. No rizoma (caule) não houve alterações.

Palavras-chave: Alelopatia; Plantas invasoras; Anatomia.

Abstract

The invasive plant sedge (*Cyperus rotundus* L.) is quite aggressive, and difficult to control worldwide, causing losses in agriculture. The objective of this work was to identify possible allelopathic effects of aqueous extracts of dried nutsedge leaves on seed germination of chicory and cucumber bioindicators. The seeds were placed in petri dishes, lined with filter paper, with five treatments (0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% and 10%), with four replications. The effect of sedge powder on the initial growth and root and rhizome anatomy of corn in a greenhouse was also tested, using three

treatments: control (T1), (T2) with 5,57 g of sedge powder and (T3) with 11,15 g of sedge powder. The results were submitted to ANOVA and the means compared by Tukey at 5% probability. The extract showed negative allelopathic potential in chicory. For cucumber, there was a shorter root length in treatments with extract. In the initial growth of maize, the extract stimulated the percentage of maize emergence. In the anatomy of corn roots, there was formation of aerenchyma and accumulation of allelochemicals in the epidermis and cortex. In the rhizome (stem) there were no changes.

Keywords: Allelopathy; Invasive plants; Anatomy.

Resumen

La planta invasora coquillo (*Cyperus rotundus* L.) es muy agresiva y difícil de controlar en todo el mundo, provocando pérdidas en la agricultura. El objetivo de este trabajo fue identificar posibles efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas secas de coquillo sobre la germinación de semillas de los bioindicadores achicoria y pepino. Las semillas se colocaron en cajas de Petri, revestidas con papel de filtro, con cinco tratamientos (0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10%) con cuatro repeticiones. También se probó el efecto del polvo de hojas de coquillo sobre el crecimiento inicial y la anatomía de la raíz y el rizoma del maíz en invernadero, utilizando tres tratamientos: control (T1), (T2) con 5,57 g de coquillo en polvo y (T3) con 11,15 g. g de coquillo en polvo. Los resultados se sometieron a ANOVA y Tukey comparó las medias con una probabilidad del 5%. El extracto mostró potencial alelopático negativo en la germinación de achicoria. Para pepino hubo menor longitud de raíces en los tratamientos con extracto. En el crecimiento inicial del maíz, el extracto estimuló el porcentaje de emergencia del maíz. En la anatomía de las raíces del maíz, hubo formación de aerénquima y acumulación de aleloquímicos en la epidermis y la corteza. No hubo cambios en el rizoma (tallo).

Palabras clave: Alelopatía; Plantas invasoras; Anatomía.

1. Introdução

A *Cyperus rotundus*, conhecida popularmente como tiririca (Brasil), pertence à família *Cyperaceae*, possuindo porte herbáceo, perene, ereta e tuberosa. O caule aéreo (escapo) é triangular, liso e sem ramificações, e com folhas basais em número de 5-12 (Kissmann, 1991) é uma planta invasora de grande prejuízo à agricultura, podendo se reproduzir tanto sexuadamente (semente), quanto vegetativamente por rizomas, bulbos basais e tubérculos subterrâneos, podendo dar origem a várias outras plantas (Oliveira et al., 2010; Rossarolla et al., 2013; Silveira et al., 2019). Seu poder de propagação é elevado, pois os seus tubérculos possuem a habilidade de permanecerem dormentes por muito tempo no solo (Jakelaitis, 2003).

O controle dessa planta é considerado difícil a nível mundial, pois possui uma grande capacidade de competição com plantas vizinhas (Azania et al., 2006). Dessa forma o estudo sobre a alelopatia se destaca, pois por meio dos extratos estuda-se a interação entre as plantas e a distribuição das comunidades vegetais, que se enquadra nas diferentes técnicas (químicas, físicas e biológicas) para controle de plantas invasoras (Whittaker, 1970; Rice, 1979; Costa et al., 2018).

A Sociedade Internacional de Alelopatia no ano de 1998, definiu alelopatia como “qualquer processo envolvendo metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e vírus que podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos” frisando que essa influência pode ser benéfica ou prejudicial para o organismo receptor das substâncias secundárias (Gniazdowska & Bogatek, 2005).

A tiririca, devido sua rápida proliferação, já foi relatada como interferente de mais de 50 espécies de culturas economicamente importantes, destacando-se o arroz, o algodão, o milho, o feijão, a cana-de-açúcar e as hortaliças (Kissmann, 1991; Mello, 2003). Além de ser comprovado a presença de fenóis, saponinas, taninos, terpenos, esteroides, flavonoides, alcaloides, em extrato de tiririca (Catunda, 2002; Conci, 2004) provenientes do metabolismo secundário dessas plantas, podendo ser influenciada por fatores genético da própria espécie e outros como a radiação, disponibilidade hídrica, temperatura, intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes (Taiz & Zeiger, 2013; Trezzi et al., 2016).

Estudos realizados por Romeiro (2019) evidenciaram que extratos aquosos de tiririca exerceram um efeito alelopático negativo sobre a germinação de sementes de algumas hortaliças como o tomate, pimentão, rúcula, abóbora, cenoura e salsa. Assim como Amaral et al., (2018), evidenciaram que o extrato aquoso de tiririca também interferiu negativamente na germinação da cenoura.

A pesquisa realizada por Deomedesse et al., (2019), concluiu que extratos aquosos de tubérculos de tiririca afetam a germinação e também o vigor das sementes de alface, pepino, milho-doce e corda-de-viola. Portanto, além de exercer efeito sobre hortaliças a tiririca também pode exercer efeito sobre plantas invasoras. No trabalho de Junior et al., (2010), foi encontrado o resultado em que extratos etanólicos da folha de tiririca, em uma concentração de 0,05 mg g⁻¹, se mostrou estimulante para o desenvolvimento de plântulas de pepino, na maior concentração.

Dessa forma, se a tiririca exercer efeito positivo sobre as plântulas de interesse comercial e efeito inibitória em invasoras, o extrato pode ser utilizado como bioherbicida, em controle biológico de outras invasoras. Portanto, o objetivo desse trabalho é estudar melhor a interação da planta invasora (tiririca) com as plantas de interesse comercial (hortaliças) e o milho, possibilitando um melhor conhecimento dessas interações.

2. Metodologia

Os experimentos foram executados no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Laboratório de Anatomia e Morfologia de Plantas, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE no campus de Cascavel, no ano de 2021 a 2022.

As plantas de *Cyperus rotundus*, foram coletadas na localidade de Capanema-PR, e em seguida foram acondicionadas em estufa de circulação à 40°C, para secagem. Após quatro dias, a parte aérea das plantas foram trituradas em moinho de faca tipo Willey™, gerando um pó, que foi armazenado em um recipiente de vidro, envolto por papel alumínio, em local desprovido de luz e em temperatura ambiente, como na metodologia proposta por Mourão e Souza Filho, (2010).

Para avaliar o efeito alelopático, foi obtido o extrato aquoso, utilizando 25,50,75 e 100 gramas de pó das folhas de tiririca para 1 litro de água destilada. Após 4 horas de repouso em local desprovido de iluminação e em temperatura ambiente, o extrato foi filtrado em um filtro de pano obtendo 2,5 %, 5,0%, 7,5% e 10,0%, sendo a testemunha somente água destilada.

As sementes das hortaliças foram compradas na Agropecuária Gallina, em Cascavel-PR. Para elaboração do experimento foram colocadas 25 sementes de *Chichorium intybus* (chicória) e *Cucumis sativus* (pepino caipira) foram colocadas em placas de petri, forradas com papel filtro, sendo 5 tratamentos com 4 repetições.

Os tratamentos realizados para cada tipo de hortaliça foram a aplicação de 5 mL de água destilada (testemunha), ou 5 mL do extrato de folha seca de tiririca. As avaliações foram realizadas diariamente, assim como a contagem das plântulas germinadas.

Os tratamentos, contendo as sementes umedecidas, foram acondicionados em câmara B.O.D, em um fotoperíodo de 12 horas, à 25°C. O experimento foi mantido em um período de sete dias, sendo avaliados, durante esse período o número de sementes germinadas a cada dia. As sementes consideradas germinadas foram as que apresentaram comprimento de raiz primária igual ou superior a 2 mm (Hadas, 1976). Posteriormente, foi calculado: porcentagem de germinação (PG%), tempo médio de germinação (TGM), segundo Edmond e Drapala, (1958) e índice de velocidade de germinação (IVG), segundo Silva e Nakagawa, (1995) bem como média do comprimento aéreo e da raiz de cada hortaliça.

Nos ensaios de germinação das sementes em câmara B.O.D, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, com referência ao programa RStudio.

Crescimento inicial em casa de vegetação

Para a realização do experimento referente ao crescimento inicial do milho (*Zea mays*) foram necessários 75 vasos plásticos do tamanho 2 com capacidade de 250 mL. Para calcular a quantidade de pó necessária, foi seguido a metodologia de Rizzardini et al., (2008). Esse cálculo, permite analisar qual a quantidade de pó adicionado será proporcional a deposição de

serapilheira no ambiente natural. Os vasos utilizados nesse experimento possuíam 14 centímetros de diâmetro e área aproximada de 154 cm, sendo necessários 5,57 gramas (T2) e 11,15 gramas de pó (T3).

Os vasos foram preenchidos com o substrato contendo vermiculita, umedecidos com três vezes o peso do substrato seco. Foram utilizadas três sementes de milho, submersas em uma profundidade de 2,5 cm no substrato. Esses vasos foram divididos em 5 blocos, totalizando 3 tratamentos: T1 (sem extrato), T2 (com 5,52 g de pó) e T3 (com 11,15 g de pó), com cinco repetições, contendo cinco vasos, e em cada vaso haviam três sementes. Foram acondicionados em casa de vegetação com controle de ventilação e umidade.

Essas plântulas foram regadas diariamente, em um período de 30 dias, com 100 ml de água. Uma parte do experimento foi desmontada após 19 dias e outra parte após 30 dias, e as plantas foram avaliadas quanto ao comprimento médio e massa seca da raiz e parte aérea, bem como a anatomia de raízes e do rizoma do milho.

Anatomia das raízes e do rizoma do milho

Após 19 dias e 30 dias da montagem do experimento do crescimento inicial do milho, foram separadas três raízes de cada tratamento (T1, T2 e T3), estas foram armazenadas em um frasco de vidro, contendo FAA 50% (Johansen, 1940), durante 48 horas e posteriormente foram conservadas em álcool 70%, até o momento da realização das análises anatômicas.

Das três raízes fixadas, coletadas com 19 e 30 dias, foram separadas porções para análise anatômica, sendo essas: ápice radicular e região mediana. Dessas regiões foram realizadas secções transversais à mão livre com auxílio de lâminas de barbear, seguida de clarificação com hipoclorito de sódio 50%, lavagem com água destilada, coloração com Azul de Alciano em água a 1% e Fucsina básica à 1% (Kraus et al. 1997) e montagem em lâminas semipermanentes em glicerina 80%.

As imagens das secções transversais das lâminas foram capturadas com o auxílio do Fotomicroscópio Olympus BX60, utilizando o programa DP Controller.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental em laboratório foi inteiramente casualizado (DIC) e em casa de vegetação foi em blocos casualizados (DBC). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Havendo diferenças significativas entre os níveis, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa R versão 3 (Beiguelman, 2002).

3. Resultados e Discussão

A variável porcentagem de germinação (PG%) das sementes de chicória, evidencia o atraso e a inibição do processo germinativo, a partir das concentrações de 7,5% e 10% do extrato de *Cyperus rotundus*, indo de 94% de germinação na testemunha para 1% no extrato de maior concentração (Tabela 1). Resultado diferente do encontrado no trabalho de Romeiro, (2019) onde o extrato fresco de folhas de tiririca não exerceu efeito inibitório na germinação do almeirão, planta pertencente à mesma família que a chicória. É possível que a diferença se deva ao uso de extrato de folhas secas, utilizado por nós, tendo maior concentração de metabólitos secundários do que o extrato folhas frescas.

Tabela 1 - Porcentagem de germinação (PG%), tempo médio de germinação (TMG) índice de velocidade de germinação (IVG), média do comprimento da parte aérea (CMP) e média do comprimento da raiz (CMR), de sementes de chicória, submetidas ao extrato de folhas secas de *Cyperus rotundus* (tiririca), em diferentes concentrações (T1=0%, T2=2,5%, T3=5%, T4=7,5%, T5=10%).

	PG (%)	TMG (sementes/dia)	IVG	CMP (cm)	CMR (cm)
T1	94 a	1.57 c	16.93 a	0.69 ab	2.99 a
T2	93 a	2.42 bc	10.10 b	0.75 a	0.97 b
T3	83 a	3.54 ab	6.43 c	0.49 bc	0.40 bc
T4	45 b	4.28 a	2.91 d	0.29 c	0.20 c
T5	1 c	0.75 c	0.08 d	0 d	0.05 c
CV%	22.05	31.68	20.75	22.99	32.86

Valores acompanhados de letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

No tempo médio de germinação (TMG), os tratamentos 3 e 4, obtiveram maior tempo de germinação, sendo que no tratamento 5, que não diferiu da testemunha, isso não ficou evidenciado pelo pequeno número de sementes germinadas, mas o efeito já é visível pois quase não houve germinação das sementes. O índice de velocidade de germinação, diminuiu conforme aumentou-se a concentração do extrato, sendo as concentrações de 7,5% e 10% as que demoraram mais para germinar. Quanto ao comprimento médio da parte aérea da chicória, o tratamento 4 (7,5%) e o tratamento 5 (10%), obtiveram diferença significativa, diminuindo o comprimento da parte aérea. Na média do comprimento da raiz, a partir do tratamento 2 (2,5%), já observa-se uma diminuição na raiz conforme aumentou-se as concentrações do extrato.

O extrato obtido das folhas de tiririca, pode apresentar um efeito mais significativo no crescimento radicular, porque a folha é o órgão mais ativo no metabolismo das plantas, produzindo uma diversidade maior de aleloquímicos, que podem ser fitotóxicos para outras plantas, e também porque a raiz é o primeiro órgão da planta que entra em contato com o extrato (Ribeiro et al., 2009).

Esses resultados podem ser explicados uma vez que possivelmente essas sementes de hortaliças foram submetidas à uma situação de estresse oxidativo, com a exposição ao extrato de tiririca, havendo um aumento na produção de EROs, o que pode causar danos as células e levar até mesmo essa planta a morte (Rossi e Costa, 2012). Dessa forma, a porcentagem de germinação diminuiu, assim como o comprimento de raiz e parte aérea também. Estudos mostram que os tubérculos e folhas de tiririca, possuem grandes quantidades de compostos fenólicos, sendo os fenóis e ácidos graxos as substâncias mais abundantes nas folhas da *Cyperus rotundus* (Thebtaranonth et al., 1995)

Os extratos não interferiram na porcentagem de germinação das sementes de pepino (Tabela 2). No tempo médio de germinação (TMG), somente o tratamento 5 (10%), diferiu estatisticamente da testemunha, pois demorou mais para germinar. O índice de velocidade de germinação diminuiu conforme aumentou as concentrações do extrato, principalmente no tratamento 5 (10%), demonstrando mais uma vez o efeito prejudicial do extrato sobre estas sementes.

Quanto ao comprimento médio da parte aérea, todos os tratamentos obtiveram valores maiores comparados com a testemunha. Já na média do comprimento da raiz, a partir do tratamento 3 (5,0%), começou a diminuir o comprimento da raiz. No trabalho de Junior et al., (2010) realizado em casa de vegetação, foi encontrado que extratos etanólicos da folha de tiririca, em uma concentração de 0,05 mg g⁻¹, se mostraram estimulantes para o crescimento de sementes de pepino, e a concentração 1,6 mg g⁻¹ estimulou o crescimento das plântulas de pepino.

Tabela 2 - Porcentagem de germinação (PG%), tempo médio de germinação (TMG) índice de velocidade de germinação (IVG), média do comprimento da parte aérea (CMP) e média do comprimento da raiz (CMR), de sementes de pepino, submetidas ao extrato de folhas secas de *Cyperus rotundus* (tiririca), em diferentes concentrações (T1=0%, T2=2,5%, T3=5%, T4=7,5%, T5=10%).

	PG (%)	TMG (sementes/dia)	IVG	CMP (cm)	CMR (cm)
T1	96 a	1.06 b	23.25 a	2.57 b	8.05 a
T2	87 a	1.29 ab	18.45 b	4.39 a	6.77 ab
T3	98 a	1.81ab	14.5 bc	4.76 a	5.74 b
T4	93 a	1.36 ab	14.75 bc	4.77 a	5.69 b
T5	94 a	1.90 a	13.31 c	5.03 a	4.85 b
CV%	7.11	24.54	10.9	13.68	14.34

Valores acompanhados de letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Na Tabela 3, somente a porcentagem de emergência do tratamento 1 e 3 diferiram estatisticamente, onde o tratamento 1, teve menor incidência de emergência. O tempo médio de emergência foi menor no tratamento 1. Muitas vezes, o que se observa são efeitos dos extratos sobre o tempo médio de germinação ou de emergência das plântulas e nenhuma ou pouca diferença na germinação ou emergência, em relação ao controle (Ferreira e Áquila, 2000). A média da raiz e parte aérea, bem como o peso seco da raiz e parte aérea do milho, não diferiram estatisticamente.

Tabela 3 - Porcentagem de emergência (PE%), tempo médio de emergência (TME) índice de velocidade de emergência (IVE), média do comprimento da parte aérea (CMP), média do comprimento da raiz (CMR), massa seca da parte aérea (MSP) e massa seca da raiz (MSR), de plântulas de milho, submetidas ao extrato de folhas secas de *Cyperus rotundus* (tiririca), em diferentes concentrações (T1=0%, T2=2,5%, T3=5%).

	PE(%)	TME (sementes/dia)	IVE	CMP (cm)	CMR (cm)	MSP (g)	MSR (g)
T1	92 b	6.2733 b	0,4042	8.860	32.992	1.7880	1.8075
T2	98.6ab	6.9733 a	0,4210	8.516	35.404	1.5225	1.9170
T3	100 a	7 a	0,4285	8.694	31.702	1.7840	1.9744
CV	11.38	13.11	12,42	9.94	13.39	18.36	25.17

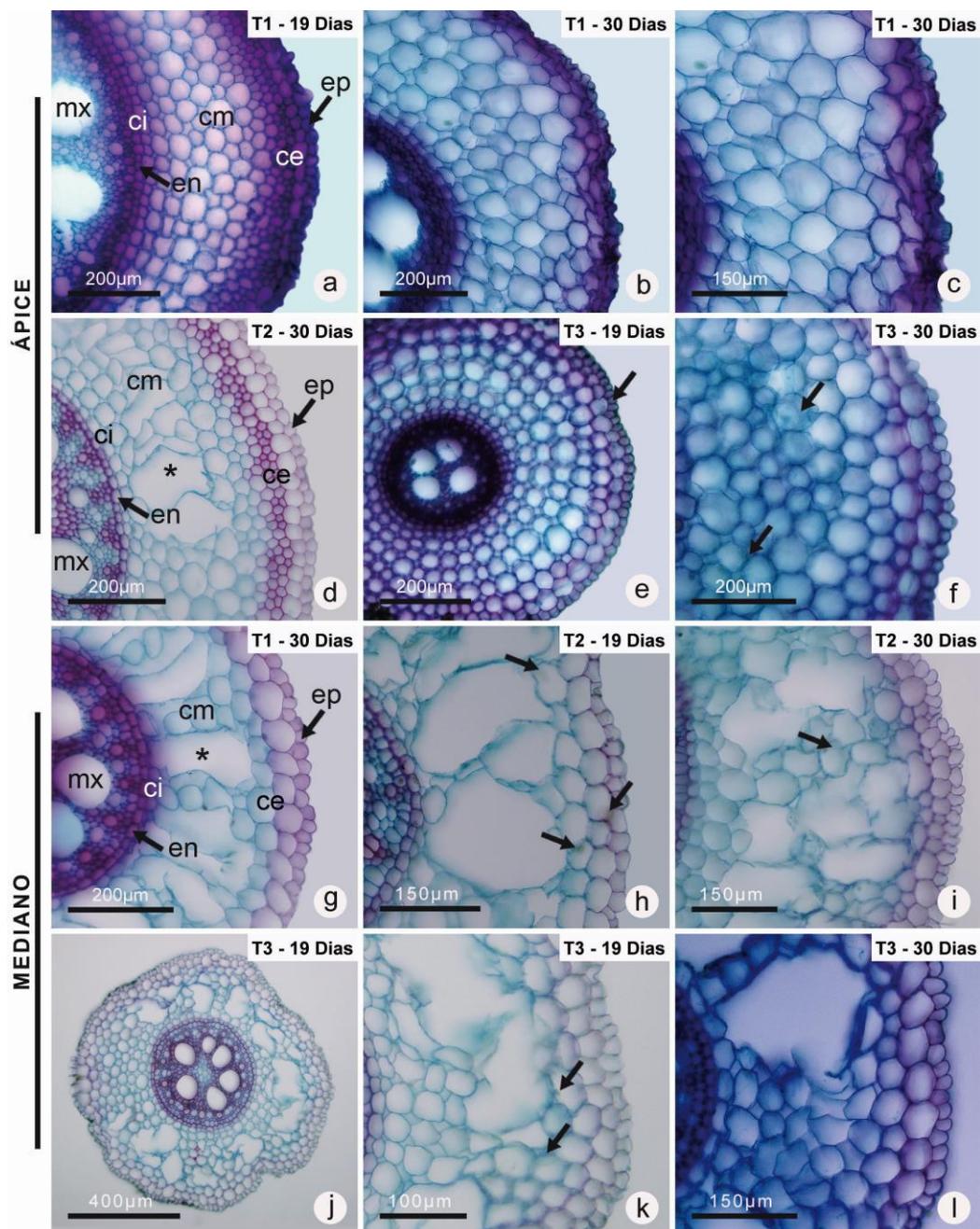
Valores acompanhados de letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

A planta *Cyperus rotundus*, possui compostos fenólicos como o isocurmenol, que pode ser o responsável pelo efeito fitotóxico na germinação de sementes de chicória (Andrade et al., 2009). Esse efeito não foi observado nas sementes de pepino em laboratório e nem no crescimento inicial do milho em casa de vegetação. O experimento do milho foi realizado em casa de vegetação, se aproximando mais do cenário real do ambiente, e isso pode ter influenciado nesses resultados. Dessa forma, é válido levar em consideração que em condições de solo, o efeito do aleloquímico pode ser diferente, pois pode ocorrer a lixiviação ou decomposição pela ação de microrganismos de alguns compostos orgânicos (Rodrigues et al., 1992).

Com relação aos dados de análise anatômica das raízes nas diferentes concentrações de extrato (T1=0%, T2=2,5%, T3=5%) e nos diferentes períodos (19 e 30 dias), foram observadas poucas variações estruturais relacionadas à ação dos aleloquímicos (Figura 1 a-l). Na região apical (Figura 1 a-c) e mediana (Figura 1 g) do tratamento controle, observa-se que a raiz do milho em seção transversal apresenta epiderme uniestratificada (ep) com células de paredes delgadas. A região cortical é heterogênea, formado pelo córtex externo (ce), mediano (cm) e interno (ci). O córtex externo é formado por quatro camadas

de células na região apical (Figura 1 a) e duas camadas na região mediana (Figura 1 g), com células de paredes levemente espessadas (Figura 1 a-c, g); o córtex mediano é formado por quatro a seis camadas de células de maior diâmetro (Figura 1 a, g) que as demais corticais, com paredes delgadas e lacunas de ar (aerênquima) na região mediana (Figura 1 g); o córtex interno é formado por três camadas de células, sendo a mais interna a endoderme com espessamento em “U” (Figura 1 a, g). O cilindro vascular é poliarco (Figura 1 a, g), com largos elementos de vaso do metaxilema na região mais interna, apresentando formato circular e paredes uniformes.

Figura 1 - Anatomia da raiz do milho, nas regiões apical (a-f) e mediana (g-l), que foram mantidas em um período de 19 e 30 dias em casa de vegetação, sendo os tratamentos: T1, sem extrato de *Cyperus rotundus*, T2, com 5,57 g de extrato e T3, com 11,15 g de extrato. Legenda: asterisco = aerênquima; en = endoderme; ep = epiderme; ce = córtex externo; ci = córtex interno; cm = córtex mediano; ex = extrato; mx = metaxilema; seta = extrato.



Fonte: Autores.

Em relação as diferentes concentrações de extrato (T2 e T3), nota-se que na região apical, apenas em T2 observa-se a formação de aerênquima no córtex mediano e lignificação das células do córtex externo (Figura 1 d). Em T3, destaca-se a presença de extrato (seta) no interior das células epidérmicas e do corticais (Figura 1 e-f). Já na região mediana radicular, nota-se em T2 que os espaços referentes ao aerênquima são mais largos (Figura 1 h) que em T1 (Figura 1 g) e ocorre desorganização das fileiras de células corticais que delimitam os espaços de ar (Figura 1 h-i). Também se observa extrato presente no interior das células. Na região mediana do T3, o que mais se destaca também é a desorganização na formação dos espaços de ar (aerênquima) e a presença de extrato no interior das células (Figura 1 j-l). Dessa forma, maior influência dos extratos foi verificada na região cortical, principalmente quanto a formação do aerênquima. O aerênquima, pode ser formado em situações de alagamento, deficiência hídrica, de excesso ou deficiência de nutrientes no solo (Lynch, 2007; Gonçalves e Lynch, 2014). A deficiência de fósforo no solo, também já foi relatada em plantas de milho e feijão, induzindo a formação do aerênquima (Fan et al., 2003). Dessa forma, o aleloquímico presente nas folhas de tiririca, podem ter influenciado na formação de aerênquima nessas células.

No trabalho de Gowda et al., 2011, o arroz passou por um estresse de deficiência hídrica e também foi observado uma maior formação de aerênquima no córtex. O córtex ocupa um grande espaço podendo apresentar lignificações, o que evidencia um maior amadurecimento desse tecido. Dessa forma, isso pode evidenciar além do amadurecimento do tecido, que ele pode ter passado por algum estresse com a presença do aleloquímico da planta tiririca.

A endoderme, que é uma camada de células que limita a casca do cilindro central, desempenha a função de barreira, evitando a passagem de metabólitos entre essas estruturas (Ferri, 1999), e é possível observar na endoderme que existe algumas células mais escuras, que podem evidenciar o acúmulo desse aleloquímico.

4. Conclusão

O extrato aquoso da espécie invasora *Cyperus rotundus* em laboratório, interfere de forma negativa na germinação da chicória, e negativa no crescimento inicial do pepino. Em casa de vegetação, no crescimento inicial do milho, o extrato teve efeito positivo. Na anatomia das raízes de milho, houve a formação de aerênquima, e acúmulo de aleloquímico nas células da epiderme e do córtex. Novas pesquisas devem ser realizadas, para se obter um resultado mais concreto, avaliando o efeito desse extrato em um período mais longo, para então observar os efeitos a longo prazo desses aleloquímicos nas células da raiz do milho.

Agradecimentos

Agradeço ao Laboratório de Fisiologia Vegetal e ao Laboratório de Anatomia e Morfologia de Plantas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, do campus de Cascavel – PR, pelo espaço e auxílio na realização dos experimentos.

Referências

- Amaral, M. C. A., Bandeira, A. S., Porto, J. S., Ávila, J., Santos, R. K. A. & Moraes, O. M. (2028) Avaliação do efeito alelopático de extrato aquoso de tiririca sobre a germinação de sementes de cenoura. *Associação Brasileira de Agroecologia*, 13(1).
- Andrade, H. M., Bittencourt, A. H. C. & Vestena, S. (2009) Allelopathic potential of *Cyperus rotundus* L. upon cultivated species. *Ciência e Agroecologia*, 33.
- Apezato-da-glória, B. & Carmello-gurrereiro, S. M. (2006). *Anatomia Vegetal*. (2a ed). Editora da Universidade Federal de Viçosa.
- Azania, C. A. M., Azania, A. A. P. M. & Pavani, M. C. M. D. (2006) Desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus*) influenciado pela presença e ausência de palha de cana-de-açúcar e herbicida. *Planta daninha*, 24(1).
- Beiguelman, B (2002). *Curso prático de bioestatística*. (5a ed.). Editora Funpec.

- Catunda, M. G. (2002). Efeitos de extrato aquoso de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. *Revista Ceres*, 49(281).
- Conci, F. R. (2004). *Utilização de extrato aquoso e alcoólico de Cyperus rotundus (tiririca) como fitorregulador de enraizamento de Lagerstroemia indica (Extremosa) e da Hydrangea macrophila (Hortênsia)*. 2004. 44p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2004.
- Costa, N. V., Rodrigues, Costa, A. C. P. & Coelho, E. M. P. (2018). Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17(1).
- Costa, V. P., Hayashi, A. H., Carvalho, M. A. M. & Silva, E. A. (2019). *Aspectos fisiológicos, anatômicos e ultra-estruturais do rizoma de Costus arabicus L. (Costaceae) sob condições de déficit hídrico*. 74p. Dissertação de mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal – SP, 2019.
- Deomedesse, C. C., Meneses, B. N., Sousa, O. G., Silva, S. T. & Cruz, A. G. (2019) Efeitos Alelopáticos de Extrato de Tiririca na Germinação de milho-doce, alface, pepino e corda-de-violão. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, 30.
- Edmond, J. B. & Drapala, W. J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*, 71.
- Fan, M., Zhu, J., Richards, C., Brow, K. M. & Lynch, J. P. (2003) Physiological roles for aerenchyma in phosphorus-stressed roots. *Functional Plant Biology*, 30, ISBN: 1- 14.
- Ferreira, A. G. & Áquila, M. E. A. (2000) Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12.
- Gonçalves, S. L. & Lynch, J. P. (2014). Raízes de plantas anuais: tolerância a estresses ambientais, eficiência na absorção de nutrientes e métodos para seleção de genótipos. *Londrina: Embrapa Soja*, 2014. 67 p. (Documentos, 357). Disponível em: Acesso em: 14 ago. 2022.
- Gowda, V. R. P., Henry, A., Yamauchi, A., Shashidhar, H. E. & Serraj, R. (2011). Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. *Field Crop Res.* 122.
- Gniazdowska, A. & Bogatek, R. (2005). Allelopathic interactions between plants. Multisite action of allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27, (3).
- Hadas, A. (1976). Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. *Experimental of Botany*, 27, ISBN: 480-489.
- Jakelaitis, A. (2003). Effects of management systems on purple nutsedge populations (*Cyperus rotundus*). *Planta Daninha*, 21(1).
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. Mcgrau-Hill Book.
- Junior, P. R. R., Menezes, J. P. C., Bicalho, T. D., Silva, V. M. & Martins, C. A. S. (2010). Verificação de efeito alelopático da folha de tiririca, sobre a germinação e crescimento de sementes de pepino. In: *XIV encontro latino americano de iniciação científica e x encontro latino americano de pós-graduação*, 2010, Universidade do Vale do Paraíba. Anais. Paraíba, 4p.
- Kissmann, K. G. (1991). *Plantas infestantes e nocivas*. BASF-Brasileira.
- Lynch, J. P. (2007). Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany*, 55.
- Mello, S. C. M., Elíria, A. T. & Carlos, R. B. N. (2003). *Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*.
- Mourão J. M. & Souza Filho, A. P. S. (2010). Diferenças no padrão da atividade alelopática em espécies da família Leguminosae. *Planta Daninha*, 28,
- Oliveira, A. R., Freitas, S. P. & Freitas, I. L. J. (2010). Eficiência de trifloxy sulfuronosodium no controle de *Cyperus rotundus* L. na cultura da cana do açúcar. *Revista Ceres*, 57(6).
- Ribeiro, J. P. N., Matsumoto, R. S. & Takao, L. K. (2009). Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L. *Revista Brasileira Botânica São Paulo*, 32(1).
- Rice, E. L. (1979). Allelopathy – an update. *The Botanical Review*, 45.
- Rizzardi, M. A., Neves, R., Lamb, T. D., Johann, L. B. (2008). Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) na supressão de picão-preto (*Bidens sp.*) e soja. *Revista Brasileira Agrocência*, 14(2).
- Rodrigues, L. R. A., Rodrigues, T. J. D. & Reis, R. A. (1992). *Alelopatia em Plantas Forrageiras*. Boletim, UNESP/FUNEP, 18p.
- Romeiro, E. R. (2019). *Efeito Alelopático do Extrato Aquoso de Tiririca (Cyperus rotundus) sobre a Germinação de Sementes de Hortaliças*. 2019. 44p. Dissertação de mestrado – Universidade Brasil, Fernandópolis – SP, 2019.
- Rossarolla M. D., Tomazetti T. C. & Radmman, E. B. (2013). Extrato de tiririca induz maior brotação em mini estacas de acerola. *Cadernos de Agroecologia*, 8, ISBN: 1-5.
- Rossi, S. V. & Costa, F. M. (2012). *Mecanismo Antioxidante em plantas*. 10º Amostra Acadêmica Unumep.
- Silva, J. B. & Nakagawa, J. (1995). Estudos de fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. *Informativo Abrates*, 5.
- Silveira, F. P. M., Leonardo, A., Igor, T. M. R., et al. (2019). Extratos de espécies florestais como alternativa no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*). *Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 14, (2).

Taiz, L. & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. Editora Artmed.

Thebtaranonth, C., Thebtaranonth, Y., Wanauppathamkul, S. & Yuthavong Y. (1995). Antimalarial sesquiterpenes from tubers of *Cyperus rotundus*: structure of 10,12-peroxycalamenene, a sesquiterpene endoperoxide. *Phytochemistry*, 40(1).

Trezzi, M. M., Vidal, R. A., Junior, A. A. B., Bittencourt, H. V. H. B. & Filho, A. P. S. S. (2016). Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. *Journal of Plant Interactions*, 11.

Whittaker, R. H. (1970). *Communities and Ecosystems*. Macmillan.