

Capacidad de diferentes cultivares de trigo sarraceno común (*Fagopyrum esculentum* Moench) y tártaro (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) para controlar de forma sostenible las malas hierbas asociadas

Potential of different common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) buckwheat accessions to sustainably manage surrounding weeds

Yedra Vieites-Álvarez^{1,2,*}, M. Iftikhar Hussain¹, Manuel J. Reigosa^{1,2}, Ales Kolmanič³, Vladimir Meglič³, Petra Hlásná Čepková⁴, Dagmar Janovská⁴, Meiliang Zhou⁵ & Adela M. Sánchez-Moreiras^{1,2}

¹ Universidade de Vigo, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencias do Solo, Facultade de Bioloxía, Campus Lagoas-Marcosende s/n, 36310, Vigo, Spain

² Instituto de Agroecoloxía e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, Campus Auga, 32004 Ourense, Spain

³ Crop Science Department, Agricultural Institute of Slovenia, Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

⁴ Gene bank, Crop Research Institute, Drnovská 507/73, Praha 6-Ruzyně, 16106, Czech Republic

⁵ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

(*E-mail: yedra.vieites.alvarez@uvigo.gal)

<https://doi.org/10.19084/rca.34929>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

El uso excesivo de herbicidas sintéticos puede generar problemas ambientales y de salud pública, además del desarrollo de malas hierbas resistentes, por lo que es imprescindible encontrar un método más sostenible de gestión de las malas hierbas. En este estudio se evaluó la capacidad de veintinueve cultivares pertenecientes a dos especies de trigo sarraceno *Fagopyrum esculentum* Moench (trigo sarraceno común) y *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. (trigo sarraceno tártaro) para controlar dos malas hierbas resistentes a herbicidas sintéticos, la monocotiledónea *Lolium rigidum* Gaud. y la dicotiledónea *Portulaca oleracea* L. Los resultados obtenidos sugieren que los cultivares de trigo sarraceno tiene un efecto sobre el crecimiento de ambas especies de malas hierbas a través de interferencias vegetales como la competencia y/o la alelopatía. En este estudio se encontró que los cultivares de *F. esculentum* fueron más efectivos frente a *L. rigidum* y los cultivares de *F. tataricum* frente a ambas malas hierbas. El estudio también incluyó el análisis del perfil químico de los cultivares de trigo sarraceno (contenido de polifenoles en la planta) para poder relacionarlo con su capacidad para manejar las malas hierbas de forma sostenible. Los cultivares de trigo sarraceno común mostraron más orientina, vitexina e hiperósido, mientras que los de trigo sarraceno tártaro presentaron mayores cantidades de rutina, quercetina y kaempferol, pudiendo ser responsables de los diferentes efectos observados sobre el crecimiento de las malas hierbas. Se propone así, a raíz de este estudio, el cribado y selección de cultivares con alto contenido en polifenoles y buen crecimiento para contribuir a un manejo sostenible de las malas hierbas en los sistemas agroecológicos

Palabras clave: agroecología, alelopatía, gestión de malas hierbas, polifenoles, trigo sarraceno.

ABSTRACT

Excessive use of synthetic herbicides can cause environmental and public health problems, as well as herbicide-resistant weeds, so it is imperative to find a more sustainable method of weed management. In this study, twenty-nine accessions of two buckwheat species (*Fagopyrum esculentum* Moench (common buckwheat) and *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. (tartar buckwheat)) were evaluated against two synthetic herbicide resistant weeds, the monocotyledonous *Lolium rigidum* Gaud. and the dicot *Portulaca oleracea* L. The results suggest that buckwheat accessions can sustainably manage both weed species through plant interference such as competition or allelopathy. We found that *F. esculentum* accessions were more effective against *L. rigidum* and *F. tataricum* accessions against both weeds. The study also included analysis

of the chemical profile of the buckwheat accessions (plant polyphenol content) in order to relate it to the ability to sustainably manage weeds. Common buckwheat accessions showed more orietin, vitexin and hyperoside, while tartar buckwheat accessions showed higher amounts of rutin, quercetin and kaempferol which may be responsible for the different effects observed on weed growth. We propose that screening and selection of accessions with high polyphenol content and good growth may be a step towards organic farming due to their positive relationship with sustainable weed management.

Keywords: agroecology, allelopathy, buckwheat, polyphenols, weed management.

INTRODUCCIÓN

El creciente número de malas hierbas resistentes a herbicidas supone una importante amenaza para la producción de cultivos, causando más del 34% de las pérdidas económicas en los agroecosistemas (Jabran *et al.*, 2015). El 47,5% del total de insumos químicos utilizados en los campos a nivel mundial son herbicidas debido a su eficacia para combatir las malas hierbas (Sharma *et al.*, 2019), sin embargo, el uso masivo y continuado ha reportado daños en los ecosistemas y salud humana (Ustuner *et al.*, 2020). Actualmente, es imperativo actuar en la transformación de los sistemas agrícolas con el fin de lograr la resiliencia ecológica y la sostenibilidad, reduciendo el uso masivo de herbicidas sintéticos. La agroecología se basa en el aprovechamiento de las características intrínsecas de los cultivos, como la alelopatía o el rápido desarrollo para manejar de forma sostenible de malas hierbas sin necesidad de químicos.

pseudocereal se cultiva principalmente para producir alimentos y productos farmacéuticos debido a su equilibrada composición de aminoácidos, compuestos fenólicos, flavonoides y propiedades antioxidantes. Se considera un cultivo idóneo para la agricultura ecológica ya que su rápido crecimiento foliar lo convierten en un cultivo de cobertura que puede privar de luz y espacio a las malas hierbas inhibiendo su desarrollo. A su vez, su alto contenido en compuestos fenólicos, reportados con gran potencial alelopático, podría relacionarse con la inhibición del crecimiento de las malas hierbas circundantes. El cribado, selección y desarrollo de cultivares de TS con una fuerte competitividad inherente frente a malas hierbas y con gran potencial alelopático es una estrategia de gestión de especial interés para los sistemas agroecológicos. Este conocimiento será de gran beneficio para los agricultores orgánicos, ya que pueden utilizar accesiones alelopáticas y competitivas de TS para reducir la presión de las malas hierbas en sus cultivos.

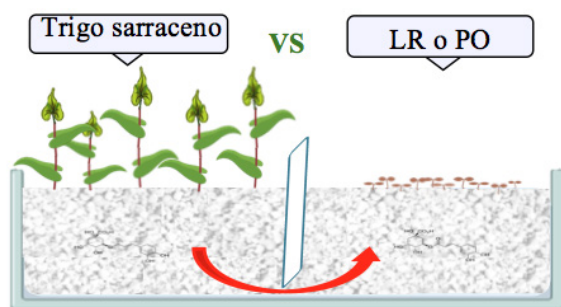


Figura 1 - Método de co-cultivo.

El trigo sarraceno (TS) es un pseudocereal dicotiledóneo de la familia Polygonaceae conocido por su alto valor nutritivo y sus componentes bioactivos. Las dos especies de trigo sarraceno más cultivadas mundialmente son el trigo sarraceno común (*Fagopyrum esculentum* Moench.) y el trigo sarraceno tártaro (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) Este

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron diecinueve cultivares de trigo sarraceno común (*Fagopyrum esculentum* Gaertn) y diez cultivares de trigo sarraceno tártaro (*Fagopyrum tataricum* Moench.) para determinar su potencial alelopático frente a la verdolaga común (*Portulaca oleracea* L., PO) y el raigrás anual (*Lolium rigidum* Gaud., LR) utilizando 500 g de perlita como sustrato inerte (Figura 1). Se sembraron diez plántulas pre-germinadas de trigo sarraceno (0,5 cm de radícula) en la mitad de una bandeja de plástico con perlita y se dejaron crecer solas durante 10 días. Pasado este periodo, se sembraron diez semillas de las malas hierbas (*P. oleracea* o *L. rigidum*) en la otra mitad de la bandeja y se co-cultivaron durante una semana. Para los controles, se sembraron las semillas de cada mala hierba sola y se dejaron crecer durante el mismo tiempo que el tratamiento. Durante el crecimiento,

el trigo sarraceno puede liberar sustancias químicas que difunden a través del medio inerte por lo que el co-cultivo se utilizó para evaluar los efectos inducidos por los cultivares de trigo sarraceno en el crecimiento y desarrollo de las malas hierbas. Como se observa en la Figura 1, se colocó una pieza de plástico en la mitad de la bandeja para permitir la difusión de los aleloquímicos pero evitar cualquier posible contacto entre especies. Los experimentos se llevaron a cabo en una cámara de crecimiento con condiciones controladas con un fotoperiodo de 12 h luz / 12 h oscuridad y una temperatura constante de 20 °C. Tras este periodo, se midieron la tasa de germinación, el peso total, la longitud de brotes y raíces y la altura de las plantas de las dos malas hierbas diana para calcular los índices de capacidad invasora de la parte aérea (CIPA) y de capacidad invasora de raíces (CIR) (que dan una medida de la capacidad de las especies de malas hierbas para colonizar y ocupar el espacio mediante la germinación y la capacidad de desarrollo), el índice de vigor de las plántulas (IVP) y la longitud específica de la planta (LEP), que dan información sobre la viabilidad de las semillas para la siguiente temporada y la capacidad de la planta para responder al estrés ambiental, respectivamente.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo de estos dos índices fueron:

$CIR = \frac{\sum \text{longitud de raíces de todas las semillas tratadas}}{\text{número total de semillas tratadas}}$ (la longitud de las raíces de las semillas no germinadas después de 7 días de tratamiento se asumió como cero y se incluyó en el cálculo).

$SIPA = \frac{\sum \text{longitud de brotes de todas las semillas tratadas}}{\text{número total de semillas tratadas}}$ (la longitud del brote de las semillas no germinadas después de 7 días de tratamiento se asumió como cero y se incluyó en el cálculo).

$IVP = \% \text{ de germinación} \times (\text{Longitud media de brote} + \text{Longitud media de raíz})$ (cm) (Abdul-Baki y Anderson, 1973)

$LEP = \text{longitud de la planta (cm)} \times \text{peso seco (mg}^{-1}\text{)}$. (Abideen *et al.*, 2018).

También se midió la longitud y el peso de la parte aérea y las raíces de cada cultivar de TS. Los

aleloquímicos de la parte aérea, raíces y medio de cultivo se extrajeron y cuantificaron mediante LC-MS.

Se utilizó el software IBM SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, versión 25.0) para analizar los datos. Se realizó un análisis exploratorio de datos para detectar valores atípicos. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar la desviación de la normalidad, y la prueba de Levene se utilizó para verificar la homogeneidad. Dependiendo de la homocedasticidad de las muestras, se realizaron pruebas de ANOVA de una vía o de Kruskal-Wallis para establecer el efecto significativo ($p \leq 0.05$) de los tratamientos (diferentes cultivares).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los cultivares de trigo sarraceno pueden manejar de forma sostenible las malezas a través de la interferencia entre plantas, ya sea a través de la competencia o de la alelopatía y que los cultivares difieren en su potencial para el manejo sostenible de ambas malas hierbas. Generalmente, el trigo sarraceno común afectó más al desarrollo de *L. rigidum* ya que 10 de los 19 cultivares testados (Figura 2), indujeron una disminución significativa de todos los índices medidos, siendo el más efectivo Iwate zairai seguido de Luba, Monori, La Harpe, Čebelica y Pulawska II. Tres cultivares (Aelita, CD7272 y Sweden-1) indujeron valores de CIPA, IVP y LEP significativamente menores. Solo Ballada y Česká krajová no tuvieron ningún efecto significativo sobre el raigrás anual. Respecto al efecto sobre *P. oleracea*, 7 de los 19 cultivares indujeron la reducción significativa de los 4 índices, siendo más efectivos CD7272, Arihira zairai, Luba, Chernigovskaya 17, y Prego. Sin embargo, 8 cultivares no produjeron ningún efecto significativo sobre el desarrollo de la verdolaga común.

Los cultivares de trigo sarraceno tártaro (Figura 3) indujeron generalmente una reducción más débil que la inducida por los cultivares de TS común, e incluso dos cultivares tártaros (KIS Doris y Sarasin a Ployes) produjeron un aumento significativo en algunos de los índices registrados para *P. oleracea*. Respecto al efecto sobre *L. rigidum* se observaron cultivares que afectaron a todos

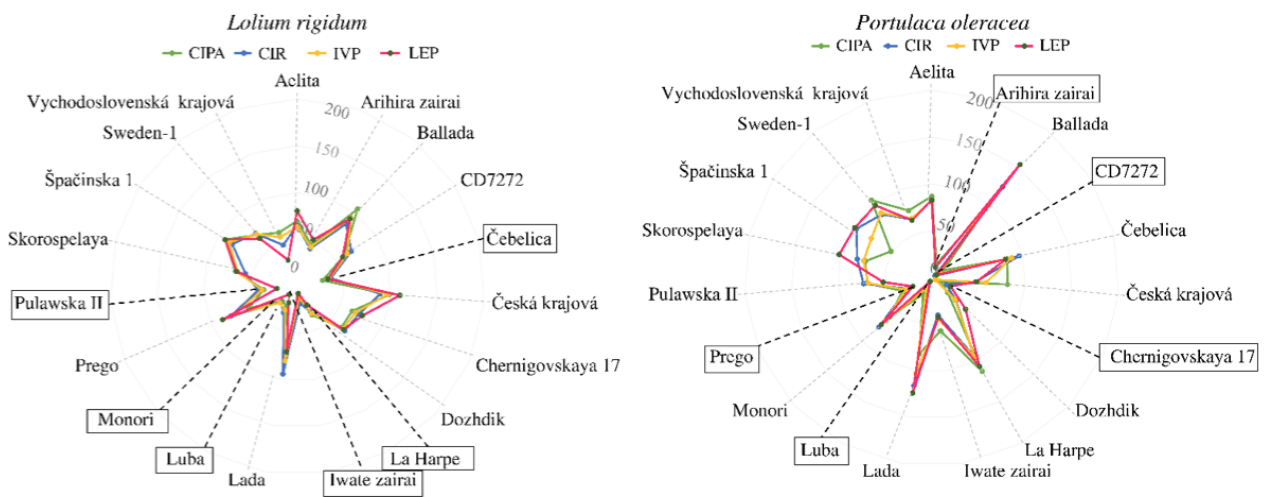


Figura 2 - CIPA, CIR, IVP y LEP de *L. rigidum* y *P. oleracea* tras el co-cultivo con diferentes variedades de trigo sarraceno común. Los datos están representados como % respecto al control (mala hierba creciendo sola). Señaladas en caja las accesiones más inhibitorias.

los índices calculados (290, Jianzui, Osrednje Goričko, PI451723, Sevnica y Sveti Miklavž nad Litijo) y otros que no indujeron ningún efecto significativo (01Z55100012, KIS Doris, Sarasin a Ployes y Slovenj Gradec). Los más eficaces fueron Sveti Miklavž nad Litijo, PI451723 y Osrednje Goričko. En el caso de *P. oleracea* los resultados obtenidos señalan a 01Z5100012, PI451723, Slovenj Gradec y Sveti Miklavž nad Litijo como los únicos cultivares de TS tártaro capaces de inhibir los cuatro índices.

Se evaluó el perfil químico de los cultivares de trigo sarraceno para conocer el contenido de polifenoles en los cultivares de TS común y tártaro resultando también en grandes diferencias entre especies. La figura 4 muestra el perfil químico de tres cultivares de *F. esculentum* (Pulawska II, CD7272 y Luba) y tres de *F. tataricum* (Osrednje Goričko, Slovenj Gradec y Sveti Miklavž nad Litijo) con capacidad para inhibir los cuatro índices medidos de *L. rigidum* (Pulawska II y Osrednje Goričko), *P. oleracea*

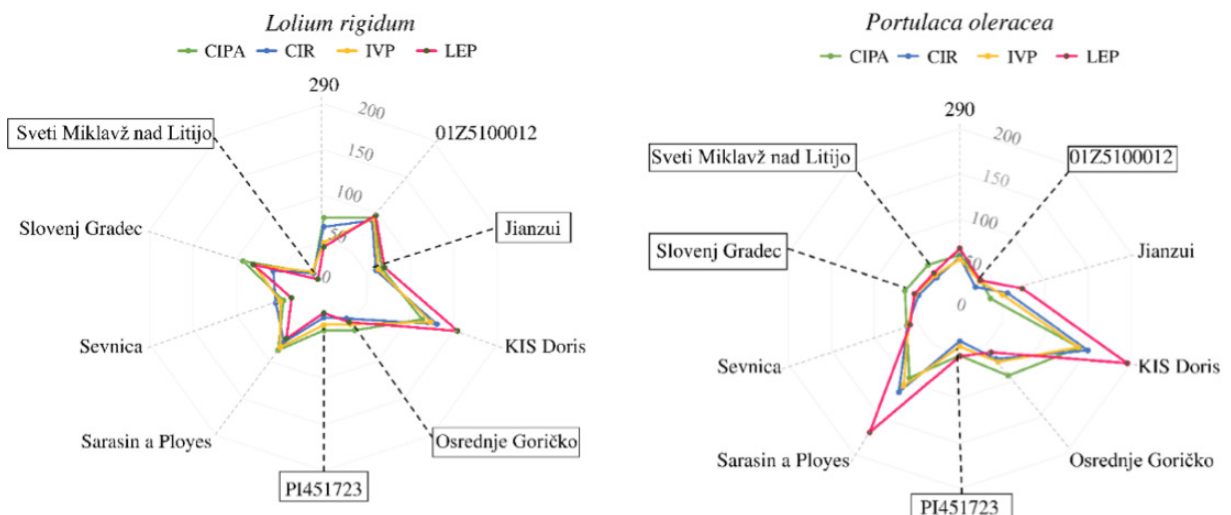


Figura 3 - CIPA, CIR, IVP y LEP de *L. rigidum* y *P. oleracea* tras el co-cultivo con diferentes variedades de trigo sarraceno tártaro. Los datos están representados como % respecto al control (mala hierba creciendo sola). Señaladas en caja las accesiones más inhibitorias.

(CD7272 y Slovenj Gradec), o ambas malas hierbas (Luba y Sveti Miklavž nad Litijo), mientras que los cultivares de TS común mostraron más orientina, vitexina e hiperósido, los cultivares de TS tártaro presentaron mayores cantidades de rutina, quercetina y kaempferol.

El estudio del efecto de 29 cultivares de trigo sarraceno sobre las malas hierbas resistentes a herbicidas sintéticos y el perfil químico de las mismas sugiere que en algunos cultivares existe una correlación entre estos compuestos y la reducción del crecimiento de las malas hierbas asociadas. Los efectos causados por el TS común podrían estar relacionados con el potencial fitotóxico de los compuestos más predominantes como la orientina (Ghmire *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2022) y la vitexina (Kato-Nogutchi & Kurniadie, 2021; Dhaou *et al.*, 2022). En nuestro estudio, la mayor concentración de estos compuestos se encontró en La Harpe y Pulawska II, cultivares que inhibieron fuertemente todos los índices de *L. rigidum*. Sin embargo, tras el co-cultivo de estos cultivares con *P. oleracea*, no se observó ningún efecto, lo que sugiere que *L. rigidum* es más sensible a estos compuestos.

El hiperósido se encontró en altas concentraciones en todos los cultivares, tanto los que afectaron sólo a *L. rigidum*, los que afectaron sólo a *P. oleracea* y los que afectaron a ambas malas hierbas, lo que podría sugerir su papel en el potencial inhibitorio de estos cultivares, lo cual concuerda con lo encontrado en el estudio de Puig *et al.* (2018).

Por otro lado, los compuestos más abundantes del TS tártaro también son conocidos por su alto potencial alelopático cuando están en el medio, con capacidad para inhibir el desarrollo radicular, el crecimiento del hipocótilo, la germinación, y la elongación de las raíces, entre otras (Golisz *et al.*, 2007; Ghimire *et al.*, 2019), lo que podría explicar los efectos observados sobre las malas hierbas diana. De hecho, Slovenj Gradec, el cultivar con más cantidad de quercetina y kaempferol, indujo la reducción significativa de los cuatro índices de *P. oleracea*, mientras que Osrednje Goričko, el cultivar con mayor cantidad de rutina, indujo la reducción significativa de todos los índices de *L. rigidum*, volviendo a confirmar que ambas malas hierbas son sensibles a diferentes compuestos.

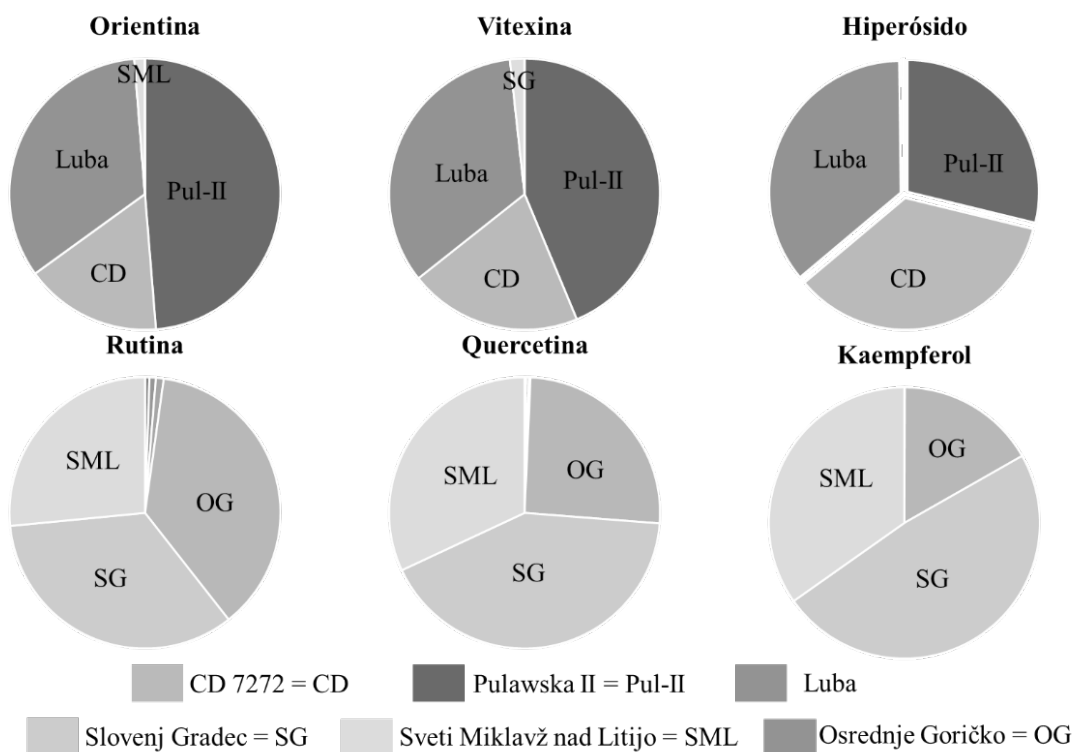


Figura 4 - Perfil químico de tres accesiones de TS común (Pulawska II, CD7272 y Luba) y tres accesiones de TS tártaro (Osrednje Goričko, Slovenj Gradec y Sveti Miklavž nad Litijo) comparando los compuestos fenólicos (A) orientina, (B) vitexina, (C) hiperósido, (D) rutina, (E) quercetina y (F) kaempferol.

Sin embargo, algunos cultivares optan por un crecimiento estimulado como estrategia para de gestión de las malas hierbas circundantes. Cuatro de los cinco cultivares que más afectaron a *L. rigidum* (Monori, Čebelica, Iwate zairai y La Harpe) y los cinco cultivares que más afectaron al desarrollo de *P. oleracea* (Arihira zairai, Chernigovskaya 17, Dozhdik, CD7272 y Prego) fueron *F. esculentum*. Los datos de crecimiento de estos cultivares revelaron que las raíces y la parte aérea de las plantas de TS común eran significativamente más largas en presencia de *L. rigidum* y *P. oleracea* después del periodo experimental, que cuando crecían en solitario. Esto sugiere que la selección de cultivares de rápido crecimiento y establecimiento en el medio podría ser una estrategia útil para hacer frente a las malas hierbas, como ha sido previamente descrito por Kunstler *et al.* (2016) y Khalaf (2019).

CONCLUSIONES

La selección de cultivares de trigo sarraceno para la agricultura ecológica depende de su capacidad para controlar las malas hierbas sin herbicidas sintéticos, de su buen crecimiento y de su alto contenido en flavonoides. Los cultivares de TS La Harpe y Pulawska II tienen un efecto inhibitor sobre el crecimiento de la población estudiada de la mala hierba monocotiledónea *L. rigidum*, mientras que estos cultivares fueron CD7272 y Prego en el caso de la población de la mala hierba dicotiledónea *P. oleracea*. Sveti Miklavž nad Litijo, Luba y Chernigovskaya 17 fueron los cultivares con mayor efecto sobre ambas malas hierbas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul-Baki, A.A. & Anderson, J.D. (1973) - Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, vol. 13, n. 6, p. 630–633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Abideen, Z.; Qasim, M.; Hussain, T.; Rasheed, A.; Gul, B.; Koyro, H.W.; Ansari, R. & Khan, M.A. (2018) - Salinity improves growth, photosynthesis and bioenergy characteristics of *Phragmites karka*. *Crop Pasture Science*. vol. 69, n. 9, p. 944–953. <https://doi.org/10.1071/CP18154>
- Dhaou, D.; Baldy, V.; Van Tan, D.; Malachin, J.R.; Pouchard, N.; Roux, A. & Bousquet-Mélou, A. (2022). - Allelopathic potential of mangroves from the red river estuary against the rice weed *Echinochloa crus-galli* and variation in their leaf metabolome. *Plants*. vol. 11 n. 19, art. 2464. <https://doi.org/10.3390/plants11192464>
- Ghimire, B.K.; Ghimire, B., Yu, C.Y. & Chung, I.M. (2019). - Allelopathic and autotoxic effects of *Medicago sativa*—Derived allelochemicals. *Plants*, vol. 8 n. 7, art. 233. <https://doi.org/10.3390/plants8070233>
- Ghimire, B.K.; Hwang, M.H.; Sacks, E.J.; Yu, C.Y., Kim, S.H. & Chung, I.M. (2020) - Screening of allelochemicals in *Miscanthus sacchariflorus* extracts and assessment of their effects on germination and seedling growth of common weeds. *Plants*, vol. 9, n. 10, p. 1313. <https://doi.org/10.3390/plants9101313>
- Golisz, A.; Gawronska, H. & Gawronski, S.W. (2007) - Influence of buckwheat allelochemicals on crops and weeds. *Allelopathy Journal*, vol. 19, p. 337–349.
- Jabran, K.; Mahajan, G.; Sardana, V. & Chauhan, B.S. (2015) - Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*. vol. 72, p. 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>
- Kato-Noguchi, H. & Kurniadie, D. (2021) - Allelopathy of *Lantana camara* as an invasive plant. *Plants*, vol. 10, n. 5, art. 1028. <https://doi.org/10.3390/plants10051028>
- Khalaf, H.S.M. (2019) - *Factors affecting the competitive ability of triticale (× Triticosecale Wittm. ex A. Camus.) against annual ryegrass (Lolium rigidum Gaudin)*. Doctoral dissertation, University of New England, Armidale NSW.p.175.
- Kunstler, G.; Falster, D.; Coomes, D.A.; Hui, F.; Kooyman, R.M.; Laughlin, D.C.; Poorter, L.; Vanderwel, M.; Vieilledent, G.; Wright, S.J.; Aiba, M.; Baraloto, C.; Caspersen, J.; Cornelissen, J.H.C.; Gourlet-Fleury, S.; Hanewinkel, M.; Herault, B.; Kattge, J.; Kurokawa, H.; Onoda, Y.; Peñuelas, J.; Poorter, H.; Uriarte, M.; Richardson, S.; Ruiz-Benito, P.; Sun, I.-F.; Ståhl, G.; Swenson, N.G.; Thompson, J.; Westerlund, B.; Wirth, C.; Zavala, M.A.; Zeng, H.; Zimmerman, J.K.; Zimmermann, N.E. & Westoby, M. (2016) - Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature*, vol. 529, n. 7585, p. 204–207. <https://doi.org/10.1038/nature16476>
- Puig, C.G.; Reigosa, M.J.; Valentão, P.; Andrade, P.B. & Pedrol, N. (2018) - Unravelling the bioherbicide potential of *Eucalyptus globulus* Labill: Biochemistry and effects of its aqueous extract. *PloS One*, vol. 13, n. 2, art. e0192872. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192872>
- Sharma, A.; Kumar, V.; Shahzad, B.; Tanveer, M.; Sidhu, G.P.S.; Handa, N.; Kohli, S.K.; Yadav, P.; Bali, A.S.; Parihar, R.D.; Dar, O.I.; Singh, K.; Jasrotia, S.; Bakshi, P.; Ramakrishnan, M.; Kumar, S.; Bhardwaj, R. & Thukral, A. K. (2019) - Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, vol. 1, art. 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Ustuner, T.; Sakran, A. & Almhemed, K. (2020) - Effect of herbicides on living organisms in the ecosystem and available alternative control methods. *International Journal of Science and Research*, vol. 10, p. 633–641.
- Zhang, S.; Li, P.; Wei, Z.; Cheng, Y.; Liu, J.; Yang, Y. & Mu, Z. (2022) - Cyperus (*Cyperus esculentus* L.): a review of its compositions, medical efficacy, antibacterial activity and allelopathic potentials. *Plants*, vol. 11 n. 9, art. 1127. <https://doi.org/10.3390/plants11091127>