

Respuesta de poblaciones de *Digitaria sanguinalis* y *Setaria* spp. al herbicida inhibidor de ALS nicosulfurón

Response of *Digitaria sanguinalis* and *Setaria* spp. populations to the ALS inhibitor herbicide nicosulfurón

María Concepción Escorial Bonet, Zeus Hornos-del Monte,
María Arias-Martín & Iñigo Loureiro Beldarrain*

Dpto. Protección Vegetal, Centro Nacional Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, CSIC), Madrid, España

(*E-mail: loureiro@inia.csic.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.35025>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

Digitaria sanguinalis y las especies del género *Setaria* (*S. adhaerens*, *S. verticillata* y *S. viridis*) se encuentran entre las principales malas hierbas gramíneas que afectan al cultivo de maíz en España. En este estudio se analizó la respuesta al herbicida inhibidor de la acetolactato sintasa (ALS) nicosulfurón de 23 poblaciones de *D. sanguinalis* y 20 poblaciones de *Setaria* spp. procedentes de un muestro aleatorio llevado a cabo en 2017 en campos de maíz de León, Salamanca, Zamora y Valladolid, principales zonas de cultivo de Castilla y León. Las plantas se pregerminaron, trasplantaron y trataron con nicosulfurón a una dosis de 45 g. m.a. ha⁻¹ en el estado de 2-3 hojas. Cuatro semanas después del tratamiento las plantas se evaluaron visualmente y se diferenciaron en función de su fenotipo en relación con un control no tratado en: muertas y/o gravemente dañadas (susceptibles), moderadamente dañadas (resistencia intermedia) y ligeramente dañadas (resistentes). Se utilizó el porcentaje de plantas resistentes para clasificar las poblaciones como susceptibles, desarrollando resistencia o resistentes. En el caso de las especies de *Setaria* spp. la mortalidad de las plantas fue del 100% en todas las poblaciones. En *D. sanguinalis*, se encontraron plantas supervivientes en todas las poblaciones con una frecuencia media del 8,6 ± 6,9% (1,8-30,4%), con el 96% de las poblaciones desarrollando resistencia y una población (4%) de la provincia de León clasificada como resistente. Estos datos serán útiles para realizar el seguimiento del desarrollo de la resistencia a este herbicida a lo largo del tiempo en las zonas geográficas muestreadas.

Palabras clave: resistencia a herbicidas, sulfonilureas, gramíneas, maíz, Castilla-León.

ABSTRACT

Digitaria sanguinalis and the species of the genus *Setaria* (*S. adhaerens*, *S. verticillata* and *S. viridis*) are among the most important grass weeds affecting maize cultivation in Spain. This study analyzed the response to the acetolactate synthase (ALS) inhibitor herbicide nicosulfurón of 23 *D. sanguinalis* populations and 20 *Setaria* spp. populations collected in a random survey conducted in maize fields in León, Salamanca, Zamora and Valladolid, the main growing areas of Castilla y León, in the year 2017. The plants were pre-germinated, transplanted and treated with nicosulfurón at a dose of 45 g. m.a. ha⁻¹ at the 2-3 leaf stage. Four weeks after treatment the plants were evaluated and differentiated according to their phenotype in relation to an untreated control in: dead and/or severely damaged (susceptible), moderately damaged (intermediate resistance) and slightly damaged (resistant). Percentage of resistant plants was used to classify populations as susceptible, developing resistance or resistant. For *Setaria* spp. the plant mortality was 100% in all the populations. For *D. sanguinalis*, surviving plants were found in all populations with a mean frequency of 8.6 ± 6.9% (1.8-30.4%), with 96% of the populations developing resistance and one population (4%) from the province of León being classified as resistant. Data obtained will be useful to monitor the evolution of the resistance over time in the surveyed geographical regions.

Keywords: herbicide resistance, sulfonylureas, grasses, maize, Castile-Leon

INTRODUCCIÓN

Las especies *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. y varias especies del género *Setaria*, entre las que se encuentran *S. adhaerens* (Forssk.) Chiov., *S. verticillata* (Mill.) Hassl. y *S. viridis* (L.) Beauv., se encuentran entre las principales malas hierbas gramíneas que afectan al cultivo de maíz. En el control de éstas y otras especies gramíneas, se han utilizado durante años herbicidas inhibidores de ALS (acetolactato sintetasa), enzima clave en la biosíntesis de aminoácidos ramificados y cuya inhibición tiene efecto sobre la división celular y el crecimiento de las plantas. Estos herbicidas tienen baja toxicidad, alta eficacia a dosis bajas y un amplio espectro de control de malas hierbas, lo que ha contribuido a su amplia y reiterada utilización. La dependencia de herbicidas inhibidores de ALS en el control de malas hierbas en post-emergencia en el cultivo de maíz, principalmente del nicosulfurón, herbicida de la familia de las sulfonilureas que es una de las pocas sustancias activas eficaces para el control de la mala hierba problemática *Sorghum halepense* (L.) Pers., junto con el uso limitado de la rotación en este sistema de cultivo, ha supuesto una gran presión de selección sobre las malas hierbas y, como resultado, la aparición de resistencia a inhibidores de ALS en las especies de malas hierbas gramíneas en los campos de maíz en España. Recientemente se han notificado casos de resistencia a ALS en *S. adhaerens* (Escorial *et al.*, 2017), *E. crus-galli* y *S. halepense* (Montull & Torra, 2023). Estas resistencias se han detectado también en otros países europeos: *E. crus-galli* en Italia, Francia, Alemania y Austria, *S. viridis* en Francia, *S. halepense* en Italia o Hungría y *D. sanguinalis* en Francia (Heap, 2023).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el nivel de resistencia a nicosulfurón presente en poblaciones de *D. sanguinalis* y de tres especies de *Setaria*, *S. adhaerens*, *S. verticillata* y *S. viridis* recogidas en las principales zonas de cultivo de maíz de Castilla y León. El seguimiento de la resistencia proporcionará información crítica sobre el estado actual de los niveles de resistencia a herbicidas y sobre la propagación geográfica de la resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal empleado en el estudio fue semilla madura de 23 poblaciones de *D. sanguinalis*

(DIGSA) y de 20 poblaciones de tres especies del género *Setaria* spp. recogidas en muestreos realizados al azar en campos de maíz de diferentes provincias de Castilla-León en el año 2017. Las poblaciones de *D. sanguinalis* fueron: 145, 150, 176, 179, 184, 190, 192, 199 y 211, recogidas en León (LE); 114, 126, 136, 203 y 206, recogidas en Salamanca (SA); 101, 107, 112, 122 y 212, recogidas en Valladolid (VA) y 42, 156, 159 y 162, recogidas en Zamora (ZA). Las poblaciones de *Setaria* fueron: 8 poblaciones de *S. adhaerens* (SETAD): 175 y 195 (LE), 205 y 209 (SA), 110 (VA) y 63, 97 y 120 (ZA); 5 poblaciones de *S. verticillata* (SETVE): 29, 100, 102 y 103 (VA) y 40 (ZA); 7 poblaciones de *S. viridis* (SETVI): 182, 186, 189 y 198 (LE), 200 (SA), 96 (VA) y 108 (ZA). Los números de las poblaciones corresponden a la colección de malas hierbas de verano del laboratorio de Malherbología del INIA-CSIC. Se utilizaron además dos poblaciones de SETAD, 18 y 110, previamente caracterizados como biotipos resistente y sensible a nicosulfurón, respectivamente.

La semilla de cada población se sembró en macetas de plástico de 1 L con una mezcla de al 50% de mantillo:tierra:arena (1:1:1) y vermiculita, con 20 semillas por maceta y 3 macetas por tratamiento. El ensayo se repitió tres veces en el tiempo. La dosis de nicosulfurón (Elite Plus® 6 OD, Syngenta) fue 45 g. m.a. ha⁻¹, que corresponde a la dosis recomendada en campo. Se incluyeron los biotipos sensible y resistente como controles de la eficacia de los tratamientos. Los tratamientos herbicidas se aplicaron cuando las plantas estaban en 2-3 hojas con un pulverizador automático (Devries Manufacturing, Hollandale, EEUU) equipado con una boquilla plana Teejet 8002-E, calibrado para pulverizar 176 l ha⁻¹ a 130 kPa. Los ensayos se llevaron a cabo en una cámara de condiciones controladas con 16 h de luz (250-300 μE m⁻² s⁻¹) a 25 ± 2° C y 8 h de oscuridad a 16 ± 1° C.

La evaluación de la supervivencia de las plantas se realizó 4 semanas después del tratamiento herbicida. Se sumó el número total de plantas supervivientes en las tres réplicas de cada ensayo y se calculó el porcentaje de supervivencia de cada población. Las plantas supervivientes se evaluaron visualmente para detectar daños causados por el herbicida y se diferenciaron, en función de su fenotipo en relación con un control no tratado, en: similares al testigo o no dañadas (ND),

moderadamente dañadas (D) y severamente dañadas (D⁺). Las plantas ND y D se clasificaron como resistentes. El parámetro del porcentaje de plantas resistentes se utilizó para clasificar las poblaciones como sensibles (S) cuando no tuvieron ninguna planta resistente, desarrollando resistencia (DR) si el porcentaje de plantas resistentes era menor del 20% y resistentes (R) cuando era superior al 20%.

Se analizaron los datos de plantas supervivientes mediante un ANOVA de un factor (localización) para detectar posibles diferencias en la respuesta de las poblaciones en función de su origen. Se utilizó el test de comparaciones múltiples de Student-Newman-Keuls (SNK, P=0,05) para detectar diferencias entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las poblaciones de las diferentes especies del género *Setaria* fueron clasificadas en su totalidad como sensibles a nicosulfurón, independientemente de la especie estudiada. El 100% de las 3.600 plántulas totales tratadas para las 20 poblaciones de *Setaria* spp. murieron después del tratamiento con el herbicida. Con ese número de individuos estaríamos detectando, con un nivel de confianza del 95%, si hay al menos un individuo resistente, asumiendo una prevalencia mínima del 1%.

En la Figura 1 se presentan los resultados de la respuesta obtenida para cada población de *D. sanguinalis*. En DIGSA se encontraron plantas resistentes

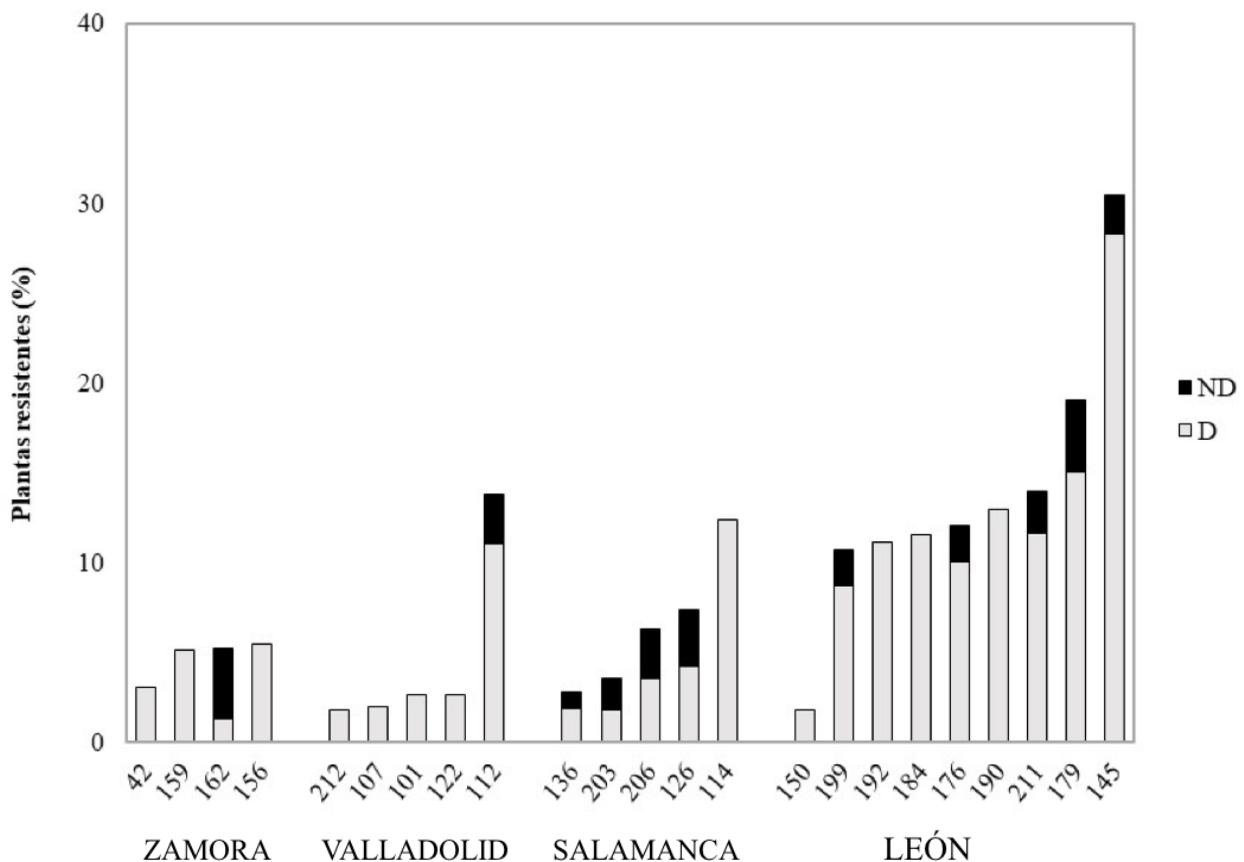


Figura 1 - Plantas resistentes al herbicida nicosulfurón aplicado a la dosis recomendada en campo (45 g. m.a ha⁻¹) detectadas en cada una de las 23 poblaciones de *D. sanguinalis* procedentes de muestreos realizados en campos de maíz de Castilla y León. ND = plantas no dañadas, D = plantas dañadas.

en todas las poblaciones estudiadas, con una frecuencia media del $8,6 \pm 6,9\%$ (1,8-30,4%). En el caso de las poblaciones recogidas en León, este valor fue de $13,7 \pm 7,7\%$, significativamente mayor ($F_{3,22} = 3,96$, $P = 0,0238$) que el de las poblaciones recogidas en otras provincias, que no difirieron entre sí ($6,5 \pm 3,8\%$ en poblaciones de SA, $4,6 \pm 5,2\%$ en las de VA y $4,7 \pm 1,1\%$ en las de ZA). Estos porcentajes de plantas resistentes en poblaciones de DIG-SA son superiores a los detectados en el caso de poblaciones de *E. crus-galli* procedentes de la misma región ($1,9 \pm 1,8\%$, Arias-Martin *et al.*, 2022).

Del total de poblaciones analizadas, el 96% de las poblaciones se clasificaron como desarrollando resistencia (DR) y sólo una población (4%) fue resistente. Esta población, la número 112, fue detectada en la provincia de León, estableciendo para esta provincia un porcentaje de poblaciones R del 11,1%.

CONCLUSIONES

No se encontraron plantas resistentes a herbicidas inhibidores de ALS en las poblaciones de las tres especies del género *Setaria* estudiadas. Si bien los herbicidas inhibidores de ALS siguen siendo eficaces para el control de estas especies, en el caso de *D. sanguinalis* será necesario monitorear la evolución de la resistencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación en el marco del proyecto PID2022-136920OR-C41/ AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Martín, M.; Escorial, C.; Hornos, Z. & Loureiro, I. (2022) - Response of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. populations to the ALS-inhibiting herbicide nicosulfurón. In: *8th International Weed Science Congress. Weed Science in a Climate of Change*. Bangkok, Tailandia.
- Escorial, M.C.; Chueca, M.C. & Loureiro, I. (2017) - Caracterización de la resistencia al herbicida nicosulfurón en una población de *Setaria adhaerens* en el cultivo de maíz. In: *XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*. Pamplona-Iruña. pp. 361-365.
- Heap, I. (2024) - *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. [cit. 2024.01.12]. www.weedscience.org
- Montull, J.M. & Torra, J. (2023) - Herbicide resistance is increasing in Spain: concomitant management and prevention. *Plants*, vol. 12, n. 3, art. 469. <https://doi.org/10.3390/plants12030469>