

ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE LAS RELACIONES MANEJO AGRONÓMICO- PRESENCIA DE *Sorghum halepense* EN CULTIVOS DE MAÍZ

D. Andújar¹, R. Carmona², A. Ribeiro³, C. Fernández-Quintanilla¹, J. Dorado¹

¹Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Serrano 115 B, 28006 Madrid;

E-mail: jose.dorado@ica.csic.es

²Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, ISCIII, 28029 Madrid;

³Centro de Automática y Robótica, CSIC-UPM, 28500 Arganda del Rey, Madrid.

Resumen: En un estudio llevado a cabo en 38 campos de maíz en las provincias de Albacete, Badajoz y Madrid, se ha analizado la distribución de *Sorghum halepense* en función de diversas variables agronómicas. Los resultados han puesto de manifiesto efectos significativos del manejo agronómico sobre la presencia de esta mala hierba. La rotación de cultivos ha producido una disminución de la infestación de *S. halepense*. El sistema de riego por gravedad ha favorecido el establecimiento de rodales grandes con alta densidad de planta, mientras que el sistema de riego por aspersión ha favorecido la presencia de plantas aisladas o rodales de pequeño tamaño. Aparentemente, el uso de vertedera ha beneficiado la implantación de rodales de gran tamaño.

Palabras clave: distribución espacial, rotación, sistema de riego, laboreo.

INTRODUCCIÓN

La cañota (*Sorghum halepense* [L.] Pers.) produce daños en aquellos cultivos que comparten su ciclo biológico, como el maíz, pudiendo reducir su rendimiento hasta en un 88% debido a la competencia (MITSKAS *et al.*, 2003). Se caracteriza por formar rodales bien definidos y estables en el tiempo, debido a su sistema de reproducción fundamentalmente vegetativa. Si se añade que los herbicidas de post-emergencia específicos para su control son de alto coste, es fácil situar la cañota como objetivo ideal del manejo localizado en el marco de la *agricultura de precisión*.

La caracterización de los modelos de distribución espacial de estos rodales, así como el conocimiento de los factores que determinan dicha distribución espacial ayudarían a mejorar la eficiencia del manejo de esta mala hierba. De hecho, la aplicación de tratamientos localizados sobre los rodales donde la densidad de mala hierba está por encima

de un umbral definido redundando en un ahorro significativo de herbicidas, con el consiguiente beneficio económico y medioambiental (ANDÚJAR *et al.*, 2011). La presencia y dispersión de estos rodales está influida fundamentalmente por el manejo agronómico. Se pueden observar rodales en forma de franjas debido a la distribución de rizomas por las labores de cultivo, o a consecuencia del carril formado por los sistemas de riego móviles, fallos de siembra, fallos en la aplicación de herbicidas, etc. La sucesión de cultivos dentro de la rotación supone igualmente un factor condicionante de la presencia de determinadas especies arvenses, ya que cada cultivo tiene unos requerimientos, un ciclo biológico y una capacidad de competencia determinadas (GARCÍA & FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, 1989).

El análisis multivariante ha sido utilizado en diferentes estudios dirigidos a evaluar el impacto de prácticas agronómicas tales como la rotación de cultivos, el sistema de laboreo y/o la utilización de herbicidas sobre la abundancia de las malas hierbas (DERKSEN *et al.*, 1993; DIELEMAN *et al.*, 2000; KENKEL *et al.*, 2002).

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) conocer los modelos de distribución espacial de *S. halepense* en campos comerciales de maíz situados en distintas zonas productoras de España con un manejo agronómico diferente; y (ii) evaluar las relaciones existentes entre la presencia de *S. halepense* en campos de maíz y diversas variables agronómicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha estudiado la presencia de *S. halepense* en parcelas de maíz mediante la elaboración de mapas de esta mala hierba obtenidos en el momento de la cosecha, siguiendo la metodología explicada por ANDÚJAR *et al.* (2011). Para ello, se han utilizado 38 campos comerciales localizados en las provincias de Badajoz, Madrid y Albacete, con tamaños de parcela que oscilaban entre 0,4 y 44,4 ha, hasta completar un total de 232 ha. En Badajoz, con tamaño medio de parcela de 11,2 ha, el manejo habitual consistía en rotación con cultivos hortícolas (e.g., tomate, melón), riego por gravedad y laboreo vertical sin utilizar vertedera en la preparación del terreno. En Madrid, con el menor tamaño medio de parcelas (3,1 ha), el manejo más frecuente consistía en monocultivo de maíz regado por gravedad y empleo de vertedera. Las parcelas de Albacete tenían un tamaño intermedio (media de 6,4 ha) y se manejaban generalmente con rotación de cultivos (cereales de invierno o cebolla), riego por aspersión y labor de vertedera.

Se ha utilizado el modelo de regresión lineal múltiple por pasos y hacia atrás para analizar las relaciones de cada variable dependiente (porcentaje de infestación de *S. halepense* con densidad baja [1 a 7 plantas m⁻²], de densidad alta [> 7 plantas m⁻²], número de plantas aisladas por hectárea, área media del rodal, número de rodales por hectárea menores de 50 m², entre 50 y 200 m² y mayores de 200 m²) con las variables independientes (rotación [si vs. no], riego (aspersión vs. gravedad), vertedera [si vs. no], tamaño de la parcela en hectáreas). Se comprobaron los supuestos de los modelos lineales de regresión: linealidad, homocedasticidad, ausencia de autocorrelación y normalidad, además de la existencia de colinealidad entre las variables independientes. Se consideró un nivel de significación del 5% para los contrastes de hipótesis del modelo de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis multivariante ha puesto de manifiesto diversos modelos que explican la relación entre el manejo agronómico y la presencia de *S. halepense*. Por ejemplo, la variable rotación resultó significativa en las infestaciones de menor densidad (1 a 7 plantas m⁻²), de tal forma que sin rotación, el nivel de infestación de baja densidad es del 11,2%, en tanto que la rotación hace que disminuya el porcentaje de infestación de baja densidad hasta el 4,9%, según la ecuación de regresión estimada:

$$\ln(\text{infestación baja}) = 2,420 - 0,829 \text{ rotación}$$

Respecto a las infestaciones de alta densidad (> 7 plantas m⁻²), si se utiliza riego por aspersión, la rotación de cultivos hace que disminuya el porcentaje de infestación desde el 2,5% (valor sin rotación) hasta el 1,2%. Si se utiliza riego por gravedad el porcentaje de infestación de alta densidad disminuye desde el 12,4% (sin rotación) hasta el 6,1% cuando se practica la rotación, según la ecuación de regresión estimada:

$$\ln(\text{infestación alta}) = 0,896 - 0,711 \text{ rotación} + 0,618 \text{ riego}$$

Por otro lado, el número de plantas aisladas por hectárea está condicionado por las variables rotación y riego, estimándose una disminución de su valor en las parcelas regadas por aspersión de 14,9 (sin rotación) a 9,9 cuando se utiliza la rotación. En parcelas con riego por gravedad, el número de plantas aisladas por hectárea disminuye de 4,8 (sin rotación) a 3,2 con rotación, según la ecuación:

$$\ln(\text{plantas aisladas}) = 2,701 + 0,403 \text{ rotación} - 1,123 \text{ riego}$$

Las variables riego y tamaño de la parcela tuvieron efectos significativos sobre el área media de los rodales, según la ecuación:

$$\ln(\text{área rodal}) = 3,662 + 1,484 \text{ riego} + 0,445 \ln(\text{tamaño parcela})$$

De acuerdo a esta ecuación de regresión, por ejemplo en una parcela de 5,5 ha, el área media del rodal se incrementa desde 83,1 m² cuando se riega por aspersión hasta 366,7 m² en riego por gravedad.

Analizando los rodales en función de su área, se han obtenido modelos significativos para los rodales de menor tamaño (< 50 m²) y los de mayor tamaño (> 200 m²), no encontrando ninguna variable relacionada significativamente con los rodales de tamaño intermedio. Por ejemplo, el riego por aspersión produce un incremento del número de rodales por hectárea de menor tamaño desde 1,7 (riego por gravedad) hasta 2,8, de acuerdo a la ecuación de regresión estimada:

$$n^{\circ} \text{ rodales} < 50 \text{ m}^2 = 2,802 - 1,062 \text{ riego}$$

Hasta tres variables afectan significativamente el número de rodales mayores a 200 m² por hectárea, según el modelo:

$$\ln(n^{\circ} \text{rodales} > 200\text{m}^2) = -0,711 + 0,566 \text{ riego} + 0,613 \text{ laboreo} + 0,239 \ln(\text{tamaño parcela})$$

Considerando una parcela de tamaño medio de 5,5 ha en la cual no se utiliza la vertedera, el número de rodales $> 200 \text{ m}^2$ por hectárea disminuye desde 1,3 (riego por gravedad) hasta 0,7 cuando se utiliza riego por aspersión. Si en una parcela del mismo tamaño se utiliza la vertedera, esta disminución del número de rodales oscila entre 2,4 (riego por gravedad) y 1,4 (riego por aspersión).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICyT (proyecto AGL 2008-04670-C03).

BIBLIOGRAFÍA

- ANDÚJAR, D.; RUIZ, D.; RIBEIRO, A.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; DORADO, J. (2011). Spatial distribution patterns of johnsongrass (*Sorghum halepense*) in commercial corn fields in Spain. *Weed Science* 59, 82-89.
- DERKSEN, D.A.; THOMAS, G.P.; LAFOND, G.P.; LOEPPKY, H.A.; SWANTON, C.J. (1993). Impact of agronomic practices on weed communities: Tillage systems. *Weed Science* 41, 409-417.
- DIELEMAN, J.A.; MORTENSEN, D.A.; BUHLER, D.D.; CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B. (2000). Identifying associations among site properties and weed species abundance. I. Multivariate analysis. *Weed Science* 48, 567-575.
- GARCÍA, L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (1989). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 348 pp.
- MITSKAS, M.B.; TSOLIS, C.E.; ELEFTHEROHORINOS, I.G.; DAMALAS, C.A. (2003). Interference between corn and johnsongrass (*Sorghum halepense*) from seed or rhizomes. *Weed Science* 51, 540-545.
- KENKEL, N.C.; DERKSEN, D.A.; THOMAS, A.G.; WATSON, P.R. (2002). Review: Multivariate analysis in weed science research. *Weed Science* 50, 281-292.

Summary: Multivariate analysis of the agricultural management-presence of *Sorghum halepense* relationships in maize crops. A study in 38 corn fields in the provinces of Albacete, Badajoz and Madrid was performed to analyze the distribution of *Sorghum halepense* as a function of various agricultural variables. The results showed significant effects of agricultural management on the presence of this weed. Crop rotation decreased the infestation of *S. halepense*. Furrow irrigation system favored the establishment of large patches with high plant density, while the sprinkler irrigation system favored the presence of isolated plants or small patches. Apparently, moldboard tillage promoted the establishment of large patches.

Key words: spatial distribution; rotation, irrigation system, tillage.