

3 C.6 - MAPAS DE INFESTACIÓN Y ESTABILIDAD ESPACIAL DE ESPECIES ARVENSES PRESENTES EN MAÍZ

L. González-Díaz¹, E. Sousa², I. M. Calha³, J. L. González-Andújar¹

¹ Dpto. Protección de cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC). Apdo 4084, 14080 Córdoba, España. g92godil@hotmail.com / andujar@cica.es; ² DPPF – Secção de Fitoecologia e Herbologia. Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. editesousa@isa.utl.pt; ³ Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, IP, Quinta do Marquês, Oeiras, 2780-155 Oeiras, Portugal. isamc@dgpc.min-agricultura.pt

Resumen: Se analizó la distribución y estabilidad espacial de *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. y *Solanum nigrum* L. en un campo de maíz en Portugal durante los años 2007 y 2008 al comienzo y al final de la campaña. Los resultados mostraron estabilidad espacial en todos los casos excepto para *C. album* y *S. nigrum* en uno de los períodos de tiempo. Posteriormente se determinó el grado de variabilidad espacial mediante un estudio geoestadístico y se obtuvieron mapas de infestación mediante kriging en base a los modelos que mejor ajuste presentaron en cada caso. Estos mapas junto con la estabilidad espacial general presente en las especies pueden hacer posible su uso en programas de aplicación de medidas de control localizadas para las especies estudiadas.

Palabras clave: geoestadística, kriging, agricultura de precisión, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Solanum nigrum*

INTRODUCCIÓN

Las malas hierbas se encuentran normalmente agregadas en rodales dentro del cultivo (WILES *et al.*, 1992). Esto es importante desde el punto de vista del manejo, ya que mediante un sistema de manejo localizado de malezas se puede reducir sustancialmente la cantidad de herbicida a aplicar (BARROSO *et al.*, 2004). Para realizar estos tratamientos localizados se depende del uso de mapas de distribución de las especies arvenses. Debido al alto coste asociado a la generación de estos mapas es importante minimizar la frecuencia del mapeo, por ello, la estabilidad espacial y temporal de los rodales es crítica. Especies con una distribución espacial estable requerirán la generación de nuevos mapas con poca frecuencia (BARROSO *et al.*, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la distribución espacial de las principales especies arvenses presentes en un campo de maíz y elaborar los mapas de distribución de las mismas mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas (GONZÁLEZ-ANDÚJAR *et al.*, 2001; JURADO-EXPÓSITO *et al.*, 2003). Así como, comprobar la estabilidad espacio-temporal de dicha distribución en campo para evidenciar la idoneidad de estas malas hierbas a tratamientos localizados.

MATERIAL Y MÉTODOS

La parcela muestreada se sitúa en Golegã (Ribatejo) (4380373N, 467433E) en Portugal con una superficie de 2,5 ha de la que se muestreó un total 1,5 ha tomando 150 puntos de muestreo (cada punto con una superficie de 10m x 10m). La parcela estaba en rotación de remolacha-maíz, estando sembrada de maíz los años 2007 y 2008 en que se realizaron los muestreos. Se realizaron dos muestreos por año, uno al comienzo y otro al final de la campaña agrícola. Los datos se tomaron georreferenciados en base a la densidad de especies de malas hierbas presentes.

El control de las especies arvenses dentro del cultivo en el año 2007 se llevó a cabo en postemergencia (antes de la realización del muestreo) con atrazina y sulfonilureas, aplicándose bromoxynil el mismo día del muestreo. En la campaña siguiente se realizó de nuevo tratamiento herbicida para el control de las malezas.

Se comprobó la estabilidad de la distribución espacial en el tiempo de los datos muestreados de las especies con mayor presencia en la parcela en la primera campaña agrícola a través de la prueba bivariable de Crámer-Von Mises (ϕ) modificada por SYRJALA (1996) que compara la diferencia entre dos funciones de distribución acumulativas cuya significación se calcula a través de un test de aleatorización. Se determinó el grado de variabilidad espacial mediante uso de técnicas geoestadísticas con el paquete estadístico GS+. Posteriormente se elaboraron mapas de infestación mediante técnicas de krigado y validación cruzada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres especies cuya presencia fue más abundante en la parcela durante la primera campaña agrícolas fueron *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Chenopodium album* L. y *Solanum nigrum* L. con más de 100 plantas/m².

Los resultados obtenidos muestran que en general las tres especies mantienen una distribución estable en el espacio a través del tiempo (Tabla 1). Sin embargo tanto *C. album* como *S. nigrum* muestran diferencias significativas en su distribución entre dos momentos de muestreos (Tabla 1), posiblemente debido al efecto de la acción herbicida. En el primer caso, *C. album* mostró cierta resistencia a atrazina en el primer año de aplicación por lo que la aplicación posterior de bromoxynil pudo hacer disminuir la población, extinguiéndose en buena parte de la parcela y resultando, por tanto, en una distribución espacial diferente a la inicial en el segundo muestreo que se realizó en septiembre del 2007. En el caso de *S. nigrum*, presentó un gran descenso de su población al final de la segunda campaña agrícola como consecuencia de la aplicación herbicida lo que pudo afectar significativamente a su distribución espacial. Las tres especies de malas hierbas disminuyeron de manera importante durante esta última campaña, especialmente *C. album* y *S. nigrum*.

Tabla 1. Comparación de la distribución espacial de las tres especies de malas hierbas principales según el estadístico ϕ en el tiempo.

	May 07-Sep 07	Sep 07-May 08	May 08-Sep 08
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.185 ^{NS}	0.158 ^{NS}	0.693 ^{NS}
<i>Chenopodium album</i>	1.505*	0.972 ^{NS}	2.063 ^{NS}
<i>Solanum nigrum</i>	0.069 ^{NS}	0.239 ^{NS}	2.124**

NS: No significativo; *: significativo a un nivel de confianza del 0.05; **: significativo a un nivel de confianza del 0.001

Cada una de estas especies se ajustó a diferentes modelos (Tabla 2) según el criterio de minimizar la suma de los cuadrados de los residuales (“Residual Sums of Squares, RSS”) (GALLARDO y MAESTRE, 2008). En general, las tres especies mostraron una distribución en agregados con mayor o menor grado de dependencia espacial. La pepita, la meseta y el rango variaron entre especies y dentro de la especie entre las fechas de los diferentes muestreos (Tabla 2).

Tabla 2. Semivariogramas ajustados a los datos para las tres especies de malas hierbas más importantes en la parcela de maíz y para las diferentes fechas de muestreo.

Especie	Fecha	Modelo ajustado	Pepita	Meseta	Rango (m)	RSS
<i>Echinochloa crus-galli</i>	May 07	Modelo Lineal	0.571	0.751	2262	0.0084
	Sep 07	Modelo Gaussiano	0.312	0.810	2193	0.0049
	May 08	Modelo Exponencial	0.746	1.493	1651	0.0237
	Sep 08	Modelo Exponencial	0.669	1.339	612	0.0409
<i>Chenopodium album</i>	May 07	Modelo Esférico	0.408	1.069	866	0.0397
	Sep 07	Modelo Esférico	0.163	0.327	827	0.0109
	May 08	Modelo Exponencial	0.087	1.020	116	0.0661
	Sep 08	Modelo Exponencial	0.008	0.059	71	0.0002
<i>Solanum nigrum</i>	May 07	Modelo Gaussiano	0.089	0.509	135	0.0141
	Sep 07	Modelo Exponencial	0.095	0.689	88	0.0200
	May 08	Modelo Esférico	0.412	0.825	520	0.0248
	Sep 08	Modelo Esférico	0.013	0.142	132	0.0007

Para el último muestreo efectuado al final de la campaña agrícola de 2008 (datos no mostrados), las poblaciones de *C. album* y *S. nigrum* llegan prácticamente a desaparecer debido a la acción herbicida.

CONCLUSIONES

Echinochloa crus-galli, *Chenopodium album* y *Solanum nigrum* son las principales malezas encontradas el primer año de estudio en la parcela de maíz, aunque las dos últimas sufren un descenso drástico casi desapareciendo en el muestreo final del segundo año. En general todas muestran estabilidad espacial a lo largo de las dos campañas agrícolas, si bien, el efecto herbicida se hace patente en la distribución de algunas de ellas en el espacio, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de planificar tratamientos localizados.

AGRADECIMIENTOS

González-Díaz, L. agradece al CSIC la concesión de una beca JAE-Predoc.

BIBLIOGRAFÍA

- BARROSO, J.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; RUIZ, D.; HERNAIZ, P.; REW, L. J. (2004). Spatial stability of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* populations under annual applications of low rates of imazamethabenz. *Weed Research*, 44, 178-186.
- BARROSO, J.; NAVARRETE, L.; SÁNCHEZ DEL ARCO, M. J.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; LUTMAN, P. J. W.; PREEY, N. H.; HULL, R. I. (2006). Dispersal of *Avena fatua* and *Avena sterilis* patches by natural dissemination, soil tillage and combine harvesters. *Weed Research*, 46, 118-128.
- GALLARDO, A.; MAESTRE, F. T. (2008). Métodos geoestadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. En: *Introducción al análisis espacial de datos en ecología y ciencias ambientales: métodos y aplicaciones*. Editores: Maestre, F. T.; Escudero, A.; Bonet, A. Dikinson, S. L. Madrid, 215-272.
- GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L.; MARTÍNEZ-COB, A.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; GARCÍA-TORRES, L. (2001). Spatial distribution and mapping of crenate broomrape infestations in continuous broad bean cropping. *Weed Science*, 49, 773-779.

- JURADO-EXPÓSITO, M.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; GARCÍA-FERRER, A.; ATENCIANO, S. (2003). Multi-species weed spatial variability and site-specific management maps in cultivated sunflower. *Weed Science*, 51, 319-328.
- SYRJALA S. E. (1996). A statistical test for a difference between the spatial distributions of two populations. *Ecology*, 77, 75-80.
- WILES, L. J.; OLIVER, G. W.; YORK, A. C.; GOLD, H. J.; WILKERSON, G. G. (1992). Spatial distribution of broadleaf weeds in North Carolina Soybean (*Glycine max*) fields. *Weed Science*, 40, 554-557.

Summary: Infestation maps and spatial stability of weed species in corn. Spatial distribution and stability were studied in *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and *Solanum nigrum* L. in a field of corn in Portugal during 2007 and 2008 in two time periods. Results show stability in all studied cases except in one time period for *C. album* and *S. nigrum*. The level of spatial variability was geostatistically analyzed to perform infestation maps using the best fitted semivariograms models and kriging. These maps together with general spatial stability are useful for site-specific herbicide application programmes.

Key words: geostatistics, kriging, precision agriculture, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Solanum nigrum*.