

Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.)

HORACIO A ACCIARES^{1,2} ✉ & CARLOS A ASENJO¹

¹ Departamento de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. ARGENTINA

⁽²⁾ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA

RESUMEN. Se evaluaron los efectos alelopáticos de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de cuatro localidades (Rufino, Rojas, Paraná y 9 de Julio) sobre el crecimiento inicial y la biomasa aérea y radical de trigo (*Triticum aestivum*). Los rizomas de las cuatro localidades se descompusieron en el suelo durante 50 y 90 días para luego evaluar el efecto del extracto acuoso sobre la radícula y el coleóptilo de cuatro variedades de trigo de ciclo largo y cuatro de ciclo corto. Sobre dichos residuos se llevó a cabo un estudio en contenedores, determinándose la biomasa aérea y subterránea en plantas con el primer nudo aéreo visible. Los extractos acuosos de los rizomas descompuestos de las cuatro localidades afectaron la longitud de la radícula y del coleóptilo de ambos grupos de variedades, siendo los rizomas provenientes de la localidad de Rufino los que presentaron el mayor efecto inhibitorio. Los residuos subterráneos de *Sorghum halepense* de las cuatro localidades afectaron la producción aérea y radical de las variedades de ciclo largo. Para las variedades de ciclo corto, solo los rizomas provenientes de Rufino ejercieron un efecto inhibitorio. Esta mayor acción alelopática de los rizomas provenientes de Rufino pudo deberse a una menor precipitación durante el ciclo de la maleza, factor que pudo aumentar la cantidad de aleloquímicos presentes. Fue posible detectar efectos alelopáticos de *Sorghum halepense* en plántula y sobre la biomasa aérea y radical de trigo, pero es necesario determinar en estudios de campo cómo se presentará el efecto inhibitorio debido a la asociación encontrada entre los residuos de las malezas de diferente procedencia y las variedades evaluadas. [Palabras clave: alelopatía-sorgo de Alepo-residuos rizoma- variedades trigo.]

ABSTRACT. Allelopathic effects of *Sorghum halepense* (L.) Pers. on *Triticum aestivum* (L.) seedlings growth and above-ground and below-ground biomass. Allelopathic effects of four *Sorghum halepense* populations on both seedling growth and above-ground and below-ground biomass of wheat (*Triticum aestivum*) varieties after 50 and 90 days of soil decomposition were studied. Weed rhizomes from four Argentinean sites (Rufino, Rojas, Paraná, and 9 de Julio) were collected. Aqueous extracts of the rhizome residues were tested for phytotoxicity to radicle growth and coleoptile growth of four early wheat varieties and four late wheat varieties. Two container experiments were conducted simultaneously to determine the allelopathic potential of weed soil rhizome residues on above-ground and below-ground biomass of wheat varieties. Early and late wheat cultivars were affected by the aqueous extract from the four *Sorghum halepense* sites, showing Rufino the greatest inhibitory effect. The radicle growth was more depressed than coleoptile growth. The above-ground and below-ground biomass of early wheat varieties were diminished by the soil residues of the four weed origins, while only Rufino residues exerted inhibitory effects on wheat late varieties. For late cultivars significant origin x variety interactions were obtained, showing that late

cultivars response varied depending on the sites studied. The lowest rainfall during weed growing cycle could explain the highest inhibitory effect of Rufino residues. This less optimal growth condition could have maximized allelochemical concentrations in these residues. This study demonstrates that under restricted conditions the potential exists for inhibiting wheat seedling growth and above-ground and below-ground crop biomass, but also indicates that weed origins and crop varieties need to be factored in modifying allelopathic responses in field conditions. [Keywords: allelopathy-johnsongrass-rhizome residues- wheat varieties.]

INTRODUCCIÓN

La alelopatía es un mecanismo de interferencia vegetal, mediado por la adición de fitotoxinas al ambiente (Weston 1996). Distintos compuestos químicos con potencial alelopático están presentes en numerosas especies de plantas distribuidos en diferentes tejidos (Einhellig 1996). En condiciones adecuadas, pueden ser liberados, generalmente en la rizósfera, en cantidades suficientes como para afectar a las plantas vecinas (Weidenhamer 1996). El uso de la alelopatía ha sido mencionado como una interesante alternativa para el desarrollo de un manejo integrado de malezas (Putnam & Duke 1978; Rice 1984; Radosevich et al. 1997). Dentro de esta alternativa, una de las modalidades propuesta es el uso de cultivos de cobertura con potencial alelopático, los cuales proveerían un efectivo método de control cultural de malezas, minimizando la aplicación de herbicidas (Bhowmick & Doll 1982). De acuerdo a ello, se han venido estudiando diferentes cultivos tales como centeno (*Secale cereale* L.), avena (*Avena sativa* L.), sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), entre otros, por su acción supresora sobre las malezas (Weston 1996).

El efecto alelopático también es ejercido por las malezas hacia los cultivos. Se ha establecido que *Sorghum halepense* (L.) Pers., además de competir por recursos con los cultivos de verano como maíz (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* Merr), sorgo granífero y algodón (*Gossypium hirsutum*

L.), entre otros (Rosales Robles et al. 1999), ejerce una importante acción alelopática sobre los mismos (Lolas & Coble 1982). Se han llevado a cabo distintos trabajos con *Sorghum halepense*, tratando de determinar los efectos inhibitorios y su persistencia a lo largo del tiempo, así como los aleloquímicos involucrados y su modo de acción (Einhellig & Souza 1992; Nimbale et al. 1996). Así, Czarnota et al. (2001) encontraron una inhibición del crecimiento aéreo de *Portulaca oleracea* L. y *Amaranthus retroflexus* L. sembradas sobre un suelo impregnado con una solución de 10-80 ppm de la p-hidroquinona sorgoleona extraída de *Sorghum halepense*. Sin embargo, no se observó efecto inhibitorio sobre la producción radical de malezas transcurridas tres semanas desde la aplicación. La aplicación foliar de 0.6 kg/ha de sorgoleona inhibió el crecimiento aéreo de plántulas de *Portulaca oleracea* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Solanum* spp., *Chenopodium album* L., *Cassia obtusifolia* L. y *Setaria faberi* Herrm. Por otra parte, Guenzi et al. (1967) registraron una persistencia de efectos tóxicos debido a residuos de *Sorghum* spp. durante 22 semanas, en tanto Bhowmick & Doll (1982) obtuvieron efectos alelopáticos sobre la biomasa aérea de cultivos de maíz y soja al año siguiente de la aplicación de los residuos.

En las subregiones agrícolas argentinas, el trigo (*Triticum aestivum* L) forma parte de una secuencia de cultivos en la cual éste es precedido por maíz, soja o girasol (*Helianthus annuus* L.) (Satorre & Slafer 1999). En Argentina, la época de siembra de trigo se extiende desde junio hasta principios de agosto. Ghera & Satorre

(1981) determinaron que es posible encontrar en el cultivo de maíz valores de materia seca de rizomas de *Sorghum halepense* que oscilan entre 100-4000 kg/ha según el método de control de maleza utilizado. Teniendo en cuenta el efecto inhibitorio de *Sorghum halepense* sobre distintas especies de malezas y cultivos, es importante establecer su efecto alelopático sobre el cultivo de trigo, pudiendo afectar su comportamiento en la secuencia de cultivos. Friedman & Horowitz (1970) evaluaron en ensayos de laboratorio el efecto de residuos de *Sorghum halepense* sobre el crecimiento de la raíz de una variedad de trigo. Estos autores encontraron una reducción del 30% en el crecimiento de la raíz de trigo producida por el extracto obtenido a partir de residuos enterrados durante dos meses en el suelo.

Einhellig (1996) establece que, dada la complejidad de los procesos ecológicos, en el estudio de la alelopatía no deben ignorarse las interacciones entre el efecto inhibitorio del aleloquímico, las condiciones edafoclimáticas, la variabilidad poblacional de la maleza y las distintas alternativas de manejo del cultivo. Por lo tanto, la alelopatía podría condicionar la elección de cultivos afectando la productividad de los sistemas agrícolas.

Los objetivos del presente trabajo fueron: (1) determinar la posible influencia de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* sobre el crecimiento aéreo y radical inicial del trigo, (2) evaluar el efecto de los rizomas de *Sorghum halepense* sobre la producción aérea y la producción radical de trigo de distinto ciclo en dos fechas de siembra diferentes, y (3) establecer si la posible acción alelopática se modifica de acuerdo a la procedencia de *Sorghum halepense* y a las variedades del cultivo consideradas.

MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de la Cátedra de Cerealicultura y en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

Recolección y preparación de los residuos

Se recolectaron rizomas de plantas maduras de *Sorghum halepense* en lotes de maíz, entre el 20 y el 29 de abril de 2000. Dichos cultivos habían recibido una aplicación de herbicidas para el control de malezas previa a la emergencia del cultivo. La recolección se realizó en cuatro localidades de Argentina: Rufino (Santa Fe, 34°S; 63°O), Paraná (Entre Ríos, 32°S; 60°O), Rojas (Buenos Aires, 34°S; 60°O) y 9 de Julio (Buenos Aires, 35°S; 61°O). Estas localidades se incluyeron tratando de abarcar diferentes áreas agrícolas en donde es factible establecer al menos uno de los cultivos de verano (maíz o soja) seguido de trigo en la secuencia. Los rizomas se denominaron de acuerdo a su procedencia: origen Rufino, origen Paraná, origen Rojas y origen 9 de Julio. Durante el ciclo del cultivo (octubre-abril) las precipitaciones registradas fueron: 1100 mm en Paraná, 675 mm en Rufino, 898 mm en 9 de julio y 925 mm en Rojas (registros pluviométricos obtenidos en campo). Inmediatamente después de la recolección, los rizomas con porciones de raíces adheridas fueron lavados con agua destilada. Posteriormente se cortaron en trozos de 2 cm de longitud y fueron mezclados con el suelo a utilizar en los distintos ensayos. Debido a que la mayor actividad microbiana que puede obtenerse cerca de la rizósfera puede modificar la degradación de los residuos y, con ello, la cantidad de aleloquímicos a obtener (Foy 1999), el suelo empleado en los ensayos se extrajo de sectores en donde no había crecido *Sorghum halepense*

en la estación experimental. El suelo utilizado era de textura arcillo-limosa con 3.35% de materia orgánica, 2.20% de carbono orgánico, 0.36% de nitrógeno total, 34.5 ppm de nitratos, 12.6 ppm de fósforo disponible (Bray Kurtz II) y pH de 6.7. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las muestras tomadas de cada uno de los contenedores de los distintos tratamientos.

Durante el ensayo en contenedores se registró la temperatura del aire (°C) por medio de una estación automatizada instalada en la estación experimental. La temperatura del suelo (°C) de los contenedores se obtuvo por medio de sensores térmicos (Thermolink, Decagon Devices, WA, EEUU) instalados a 7 cm de profundidad. Los tratamientos considerados fueron los residuos de *Sorghum halepense* provenientes de las cuatro localidades y las variedades de diferente ciclo de trigo. Los cultivares de ciclo largo utilizados fueron Klein Estrella (K. Estrella), Buck Charrúa (B. Charrúa), Pro Inta Alazán (P. I. Alazán) y Pro Inta Puntal (P. I. Puntal). Los de ciclo corto fueron Klein Dragón (K. Dragón), Klein Delfín (K. Delfín), Buck Pronto (B. Pronto) y Pro Inta Federal (P. I. Federal). La semilla utilizada fue suministrada por los criaderos Klein, Buck y Producers.

Estudio de laboratorio

La preparación del extracto de rizomas se realizó en contenedores cilíndricos de 12 dm³ de capacidad (0.12 m de diámetro), agregándose 9.5 g de rizomas en cada contenedor, entremezclados con el suelo. Esta cantidad equivalió al 50% de saturación estival de rizomas, que se alcanza en un cultivo de maíz luego de realizado un control químico durante el ciclo de verano y precedido por un cultivo de trigo (Ghersa & Satorre 1981). Los contenedores se dejaron al aire libre durante 50 días, hasta el 20 de junio de 2000 (fecha de siembra de los ciclos largos de trigo) y 90 días hasta el 1 de agosto de 2000 (fecha

de siembra de los ciclos cortos de trigo). Los contenedores recibieron solo agua de lluvia. Dos días antes de los ensayos se agregó agua destilada en exceso (10 dm³/contenedor) sobre el suelo de cada contenedor. Un día después se extrajo el líquido sobrenadante, filtrándose con papel de filtro Whatman N°2. El filtrado se utilizó para evaluar el posible efecto alelopático sobre la radícula y el coleóptilo de las variedades de ciclo largo y de ciclo corto de trigo. Se utilizaron cajas de Petri con papel de filtro en donde se agregó 5 cm³ de extracto acuoso de rizomas de materiales provenientes de las localidades estudiadas. En el tratamiento control se agregaron 5 cm³ de agua destilada.

Se determinó el potencial osmótico del extracto acuoso de rizomas de las cuatro localidades y del tratamiento control por medio de termocuplas psicrométricas (C-52, Wescor, UT, EEUU) conectadas a un microvoltímetro (HR-33T, Wescor, UT, EEUU). Las semillas de trigo fueron desinfectadas con una solución al 1% de hipoclorito de sodio durante 3 min. Se enjuagaron con agua destilada, colocándose 20 semillas en cada caja de Petri. Las mismas fueron puestas a germinar en estufa en oscuridad a 25°C y 80% de humedad relativa. Transcurridos 7 días se registraron la longitud de la radícula y del coleóptilo de cada variedad, en mm. Para ello se empleó un analizador de imágenes (Optimas 4.1) con una rutina para determinar longitud (filtro Stop Motion para el tratado de la imagen). La captación de la misma se realizó por medio de una cámara Sony (CCD-Iris) con el empleo de un transiluminador (Sigma T1203) con fuente de luz constante. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con ocho repeticiones por tratamiento (diferentes orígenes de *Sorghum halepense* y variedades). La unidad experimental fue cada caja de Petri y en el análisis estadístico fue utilizado el promedio de las 20 semillas por unidad experimental. El ensayo se realizó dos veces.

Estudio en contenedores plásticos

Se utilizaron contenedores plásticos de 84 dm³ de capacidad (0.6 m de longitud x 0.4 m de ancho x 0.35 m de profundidad, aproximadamente). Se usó el mismo tipo de suelo que el empleado en los contenedores del estudio anterior, pero en este caso se agregaron aproximadamente 50 g de rizomas de las cuatro localidades para simular el 50% de saturación estival de rizomas establecido por Ghera & Satorre (1981). Los tratamientos evaluados fueron los rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de las cuatro localidades y las ocho variedades de trigo. En el tratamiento control no se agregaron residuos de rizomas; el suelo fue tamizado para evitar la presencia de yemas de rizomas de la maleza. Al igual que en el estudio anterior, los contenedores solo recibieron agua de lluvia. Los procedimientos de procesado de los rizomas, lavado y siembra fueron similares a los descritos para el estudio anterior. El 20 y el 23 de junio de 2000 se sembraron las variedades de ciclo largo, en tanto que los cultivares de ciclo corto se sembraron el 30 de julio y el 1 de agosto de 2000. Se utilizaron las mismas variedades que para el estudio de laboratorio. Las variedades de ciclo largo se sembraron a una densidad equivalente de 270 plantas/m², mientras que para las de ciclo corto se empleó una densidad de 300 plantas/m². Estos valores se eligieron a fin de simular densidades utilizadas en los cultivos comerciales. Se utilizó un diseño en bloques aleatorizados con seis repeticiones por tratamiento, siendo cada contenedor la unidad experimental. Se realizaron dos ensayos simultáneos para cada fecha de siembra. Cuando el cultivo alcanzó la etapa de primer nudo aéreo visible (Z31; Zadoks et al. 1974), se determinaron la biomasa aérea y radical de los distintos tratamientos. Estas determinaciones se llevaron a cabo entre el 10 y el 12 de septiembre de 2000 para las variedades de ciclo largo (ambos ensayos) y entre el

20 y el 23 de septiembre de 2000 para las de ciclo corto (ambos ensayos). Para ello, el material de cada contenedor se cortó a nivel del suelo, se secó en estufa a 48°C hasta peso constante, determinándose la biomasa aérea de las variedades por unidad de área (g/m²). Para la determinación de biomasa radical se modificó la técnica propuesta por Siddique et al. (1990). Se extrajeron tres muestras de cada contenedor con un calador de suelos de 6 cm de diámetro dentro de los primeros 20 cm de profundidad. Los cilindros de suelo se extrajeron sobre los tallos de las plantas cortadas en la determinación de biomasa aérea (tres submuestras) y entre las hileras de plantas (tres submuestras). Las seis submuestras se agruparon para formar una muestra compleja de cada contenedor. Las muestras se almacenaron a 5°C hasta que se comenzó con su procesado. Se lavaron para eliminar los restos de tierra utilizando un tamiz de malla de 2 mm. Se utilizó una solución de hexametáfosfato de sodio para dispersar las partículas de arcilla de las muestras de suelo (Malone 1967). Las muestras de raíces fueron secadas en estufa a 60°C y pesadas, obteniéndose la biomasa radical por unidad de área (g/m²).

Análisis estadísticos

Dado que los resultados se presentaron en proporción respecto al control (%), se llevó a cabo una transformación (arcoseno de la raíz cuadrada) a fin de homogeneizar la varianza del error. Luego del análisis, los datos fueron transformados nuevamente para su presentación. Se realizó un Análisis de Varianza, empleándose la Prueba de Tukey para establecer las diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los promedios de los tratamientos (*Sorghum halepense* de diferente origen y variedades de trigo). Para la realización de los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS 6.03 (SAS Institute 1988).

RESULTADOS

Condiciones térmicas durante la incubación y ciclo del cultivo

Las temperaturas promedio mensuales del aire y del suelo registradas durante el período de incubación de los rizomas (abril-junio para los ciclos largos y abril-julio para los ciclos cortos) no difirieron significativamente respecto del promedio histórico (1970-2000) de la estación experimental (Figura 1). Tampoco se observaron diferencias respecto del promedio histórico para las temperaturas (del aire y del suelo) registradas durante el ciclo de las variedades de ciclo largo (junio-diciembre) y de las de ciclo corto (julio-diciembre) (Figura 1).

Estudio de laboratorio

Si bien no hubo diferencias mínimas significativas entre los dos ensayos de laboratorio realizados, se presentan los

resultados de ambos a fin de visualizar el comportamiento de las variedades y los rizomas de las diferentes localidades. No se observaron diferencias en los valores de potencial osmótico entre el tratamiento control (-0.01 MPa) y el extracto acuoso de rizoma de cada localidad (Rufino: -0.01 MPa; Rojas: -0.02 MPa; Paraná: -0.01 MPa; 9 de Julio: -0.01 MPa).

Los extractos obtenidos de las cuatro localidades afectaron significativamente la longitud de la radícula tanto de las variedades de ciclo largo como de las de ciclo corto (Tabla 1). Para las variedades de ciclo largo, la interacción variedad x localidad no fue significativa, siendo K. Estrella y B. Charrúa las variedades más afectadas. En cuanto a las localidades, el ordenamiento de severidad decreciente obtenido respecto al control fue: Rufino > Rojas = 9 de Julio > Paraná. La interacción variedad x localidad para los cultivos de ciclo corto fue significativa. Así,

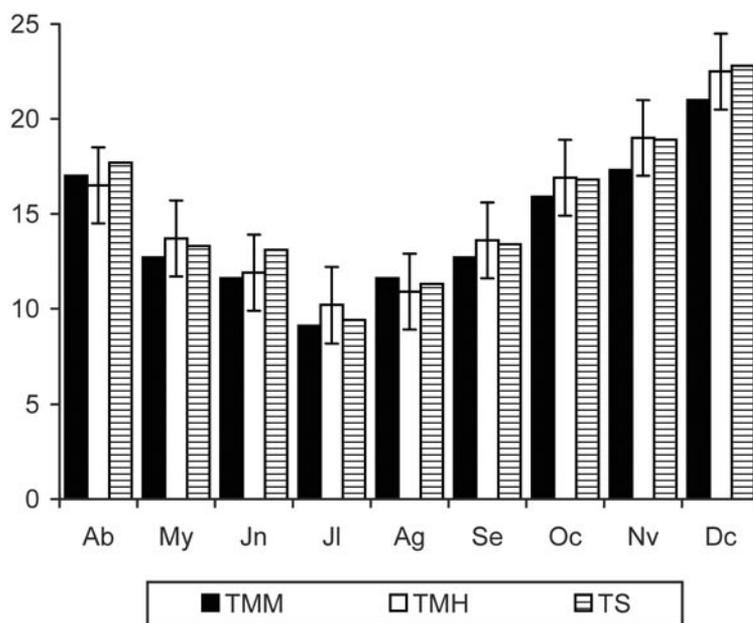


Figura 1. Temperatura promedio mensual (barras negras), temperatura promedio histórica (barras blancas) y temperatura promedio mensual del suelo (barras rayadas). El período del ensayo corresponde a abril-diciembre de 2000. Las líneas verticales indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$; Prueba de Tukey).

Figure 1. Mean monthly temperature (black bars), mean historical temperature (white bars), and mean monthly soil temperature (striped bars). The experiments were carried out during April-December 2000. Vertical lines indicate significant differences ($P \leq 0.05$; Tukey Test).

mientras K. Dragón y K. Delfín fueron significativamente más afectadas por los rizomas de la localidad de Rufino, B. Pronto y P. I. Federal fueron más afectadas por los rizomas de 9 de Julio y Rojas. El ordenamiento de severidad debido a los diferentes orígenes en los cultivares de ciclo corto fue similar al encontrado para las variedades de ciclo largo.

Respecto al crecimiento del coleóptilo de ambos grupos de variedades, se obtuvo una disminución significativa por acción de los extractos de los rizomas de las cuatro localidades evaluadas (Tabla 2). Se registró una interacción variedad x localidad no significativa para las variedades de ciclo largo. P. I. Alazán y P. I. Puntal registraron la merma más importante en la longitud del coleóptilo, manifestando un efecto inverso al observado cuando se evaluó la longitud de la radícula. Los

rizomas provenientes de la localidad de Rufino ejercieron mayor efecto inhibitorio, mientras que no hubo diferencias entre los otros tres orígenes. Cuando se evaluaron las variedades de ciclo corto, se obtuvo una interacción variedad x localidad significativa. K. Dragón y K. Delfín fueron más afectadas por los rizomas de Rufino, Rojas y 9 de Julio, mientras que los rizomas de Paraná ejercieron un efecto inhibitorio mayor sobre B. Pronto y P. I. Federal. El ordenamiento decreciente de severidad fue Rufino > Rojas = 9 de Julio > Paraná.

Estudio de Contenedores

Al igual que para el estudio anterior, se presentan los dos ensayos a pesar de no encontrarse diferencias significativas entre ellos. Los residuos subterráneos de *Sorghum halepense* de las cuatro pro-

Tabla 1. Longitud relativa (%) de la radícula de las variedades de trigo de ciclo largo y de ciclo corto respecto al control frente al agregado de extracto acuoso de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de cuatro localidades. DMS Indiv.: diferencia mínima significativa para valores individuales; DMS prom.: diferencia mínima significativa para valores promedio; Int. V x L: interacción variedad x localidad. Dentro de cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$; Prueba de Tukey). *: $P \leq 0.05$; ns: no significativo.

Table 1. Relative radicle length (%) of early and late cycle wheat varieties with respect to control treated with aqueous extracts of *Sorghum halepense* rhizomes residues from four localities. DMS Indiv.: minimum significant difference for individual values; DMS prom.: minimum significant difference for mean values; Int. V x L: variety x locality interaction. Different letters indicate significant differences within columns ($P \leq 0.05$; Tukey Test). *: $P \leq 0.05$; ns: not significant.

Localidades	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio
Variedades de ciclo largo								
K. Estrella	45.9 c	51.0 c	58.1 c	51.0 c	47.9 c	53.0 c	61.1 b	54.1 c
B. Charrúa	41.8 c	56.1 b	64.2bc	47.9 c	43.9 c	52.0 c	62.2 b	50.0 c
P. I. Alazán	55.0 b	57.1 b	65.2 b	59.6 b	56.1 b	63.2 b	63.2 b	61.2 b
P. I. Puntal	54.1 b	59.1 b	66.2 b	60.1 b	53.0 b	61.2 b	63.4 b	63.2 b
Promedio	49.2	55.9	63.4	54.7	50.2	57.3	62.2	57.1
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	5	4	6	6	4	6	5	5
DMS prom. (%)			5				4	
Int. V x L			ns				ns	
Variedades de ciclo corto								
K. Dragón	53.0 c	71.1 b	74.3 b	71.0 b	55.1 c	70.3 b	76.4 b	71.4 b
K. Delfín	54.1 c	71.0 b	75.1 b	72.2 b	56.1 c	72.3 b	74.4 bc	72.4 b
B. Pronto	61.2 b	63.2 b	69.3 c	62.2 c	63.2 b	62.2 b	71.4 bc	64.2 c
P. I. Federal	60.2 b	63.2 b	68.3 c	63.2 c	61.2 b	61.2 b	70.3 c	63.2 c
Promedio	57.1	67.1	71.7	67.1	58.9	66.5	73.1	67.8
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	5	6	5	4	4	6	5	3
DMS prom. (%)			5				5	
Int. V x L			*				*	

Tabla 2. Longitud relativa (%) del coleóptilo de las variedades de trigo de ciclo largo y de ciclo corto respecto al control frente al agregado de extracto acuoso de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de cuatro localidades. DMS Indiv.: diferencia mínima significativa para valores individuales; DMS prom.: diferencia mínima significativa para valores promedio; Int. V x L: interacción variedad x localidad. Dentro de cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$; Prueba de Tukey). *: $P \leq 0.05$; ns: no significativo.

Table 2. Relative coleoptile length (%) of early and late cycle wheat varieties with respect to control treated with aqueous extracts of *Sorghum halepense* rhizomes residues from four localities. DMS Indiv.: minimum significant difference for individual values; DMS prom.: minimum significant difference for mean values; Int. V x L: variety x locality interaction. Different letters indicate significant differences within columns ($P \leq 0.05$; Tukey Test). *: $P \leq 0.05$; ns: not significant.

Localidades	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio
Variedades de ciclo largo								
K. Estrella	79.1 b	88.3 b	90.0 b	84.4 b	84.2 b	94.0 ab	93.9 b	90.3 b
B. Charrúa	76.1 b	89.2 b	89.4 b	83.2 b	81.2 b	95.0 ab	97.0 b	89.3 b
P. I. Alazán	71.1 c	83.2 c	83.2 c	81.2 b	75.1 b	89.3 b	84.2 c	88.3 b
P. I. Puntal	72.1 c	83.2 c	83.3 c	82.1 b	75.2 b	90.3 b	85.2 c	88.2 b
Promedio	74.6	86.0	86.5	82.7	79.0	92.1	90.1	89.0
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	4	3	6	8	10	7	6	4
DMS prom. (%)	6				7			
Int. V x L	ns				ns			
Variedades de ciclo corto								
K. Dragón	77.1 c	86.2 c	96.0 a	88.3 c	75.1 c	85.2 c	99.0 a	86.3 c
K. Delfín	78.2 c	88.3 c	97.8 a	87.3 c	77.1 c	87.3 c	96.5 ab	84.2 c
B. Pronto	88.3 b	95.0 b	95.4 b	95.2 b	85.2 b	94.0 b	95.4 ab	93.4 b
P. I. Federal	89.3 b	93.0 b	93.1 b	92.8 b	86.3 b	92.5 b	91.0 b	92.0 b
Promedio	83.2	91.0	95.7	91.0	80.9	89.9	95.5	88.9
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	7	4	5	5	6	5	7	6
DMS prom. (%)	6				7			
Int. V x L	*				*			

cedencias evaluadas afectaron significativamente la producción de raíces hacia el fin del macollaje de las variedades de ciclo largo (Tabla 3). La interacción variedad x localidad no fue significativa en ambos ensayos. Nuevamente K. Estrella y B. Charrúa fueron las variedades más afectadas en la producción relativa de raíces. El ordenamiento de severidad decreciente registrado de acuerdo a las procedencias fue Rufino > Rojas = 9 de Julio > Paraná. Este ordenamiento fue similar al obtenido en el ensayo de extractos vegetales cuando se evaluó el efecto sobre la longitud de la radícula. Respecto a las variedades de ciclo corto, se registró un efecto significativo de los rizomas de *Sorghum halepense*, aunque de menor severidad que el obtenido para las variedades de ciclo largo (Tabla 3). La interacción variedad x localidad fue sig-

nificativa. K. Dragón y K. Delfín fueron afectadas por los rizomas provenientes de Rufino, mientras que B. Pronto y P. I. Federal fueron afectadas por los rizomas de Rojas y de 9 de julio. En el segundo ensayo, los rizomas provenientes de Rufino también ejercieron efecto inhibitorio sobre B. Pronto. Los rizomas de Paraná no ejercieron efecto inhibitorio sobre las variedades de ciclo corto ensayadas. El ordenamiento de sensibilidad decreciente para las variedades de ciclo corto fue Rufino > Rojas = 9 de Julio > Paraná para el primer ensayo, y Rufino > Rojas = 9 de Julio = Paraná para el segundo.

El efecto de los residuos subterráneos de *Sorghum halepense* de las distintas localidades sobre la producción de biomasa aérea de las variedades de ciclo largo fue significativo (Tabla 4). Considerando ambos ensayos, el efecto inhibitorio de

Tabla 3. Biomasa radical relativa (%) en Z31 de las variedades de trigo de ciclo largo y de ciclo corto respecto al control frente al agregado de extracto acuoso de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de cuatro localidades. DMS Indiv.: diferencia mínima significativa para valores individuales; DMS prom.: diferencia mínima significativa para valores promedio; Int. V x L: interacción variedad x localidad. Dentro de cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$; Prueba de Tukey). *: $P \leq 0.05$; ns: no significativo.

Table 3. Relative root biomass (%) of early and late cycle wheat varieties with respect to control treated with aqueous extracts of *Sorghum halepense* rhizomes residues from four localities. DMS Indiv.: minimum significant difference for individual values; DMS prom.: minimum significant difference for mean values; Int. V x L: variety x locality interaction. Different letters indicate significant differences within columns ($P \leq 0.05$; Tukey Test). *: $P \leq 0.05$; ns: not significant.

Localidades	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio
Variedades de ciclo largo								
K. Estrella	78.3 b	85.4 c	90.5 c	86.4 c	80.3 b	78.3 c	91.5 c	86.4 b
B. Charrúa	80.3 b	85.4 b	93.5 bc	85.3 c	78.3 b	83.4 c	95.0 bc	85.3 b
P. I. Alazán	84.3 b	89.5 b	96.6 ab	93.1 b	83.3 b	90.5 b	97.0 ab	95.5 a
P. I. Puntal	83.4 b	90.5 b	97.0 ab	93.2 b	80.4 b	91.5 b	98.0 ab	95.2 a
Promedio	81.6	87.7	94.4	89.5	80.6	85.9	95.3	90.4
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	7	4	6	6	6	6	5	8
DMS prom. (%)			4				6	
Int. V x L			ns				ns	
Variedades de ciclo corto								
K. Dragón	81.3 b	94.5 ab	96.0 a	97.1 a	82.4 c	96.5 ab	101 a	99.8 a
K. Delfín	81.4 b	95.5 ab	96.5 a	98.3 a	85.4 bc	99.9 ab	101 a	99.5 a
B. Pronto	96.3 a	91.5 b	101 a	91.6 b	89.8 b	93.5 b	102 a	93.6 b
P. I. Federal	96.3 a	91.5 b	100 a	91.5 b	97.8 a	94.3 b	98.8 a	92.5 b
Promedio	88.8	93.2	98	94.7	88.8	96.1	100.7	96.3
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	10	9	7	5	9	6	5	6
DMS prom. (%)			4				6	
Int. V x L			*				*	

los rizomas de la maleza fue mayor que el ejercido sobre la producción radical del cultivo. La interacción variedad x localidad no fue significativa, siendo K. Estrella y B. Charrúa los cultivares más afectados por la presencia de residuos subterráneos. El ordenamiento de severidad de los rizomas de las diferentes procedencias fue similar al registrado para la biomasa radical relativa. Respecto a los cultivares de ciclo corto, se registró un menor efecto inhibitorio que para las variedades de ciclo largo (Tabla 4). La interacción variedad x localidad fue significativa, siendo K. Dragón y K. Delfín las variedades más afectadas por los rizomas de Rufino y B. Pronto y P. I. Federal por los rizomas de la maleza provenientes de Rojas y de 9 de julio. Con respecto a las localidades, sólo Rufino ejerció un efecto inhibitorio significativo sobre la biomasa aérea de las variedades de ciclo corto.

DISCUSIÓN

El tratamiento con extracto acuoso de rizomas de distintas procedencias afectó el crecimiento de las plántulas de trigo. Este efecto inhibitorio no estuvo asociado a una disminución del potencial osmótico de los extractos, dado que no registraron diferencias en los valores de potencial medidos en los extractos y en el control.

Los ensayos de crecimiento de plántulas mostraron que existió una mayor sensibilidad de la radícula que del coleóptilo de las distintas variedades de trigo a la aplicación del extracto de *Sorghum halepense*. El efecto ejercido sobre las variedades de ciclo largo luego de 65 días de incubación del extracto fue superior al registrado para las variedades de ciclo corto (90 días de incubación). Los valores obtenidos para los rizomas de

Tabla 4. Biomasa aérea relativa (%) en Z31 de las variedades de trigo de ciclo largo y de ciclo corto respecto al control frente al agregado de extracto acuoso de residuos de rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de cuatro localidades. DMS Indiv.: diferencia mínima significativa para valores individuales; DMS prom.: diferencia mínima significativa para valores promedio; Int. V x L: interacción variedad x localidad. Dentro de cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$; Prueba de Tukey). *: $P \leq 0.05$; ns: no significativo.

Table 4. Relative above-ground biomass (%) of early and late cycle wheat varieties with respect to control treated with aqueous extracts of *Sorghum halepense* rhizomes residues from four localities. DMS Indiv.: minimum significant difference for individual values; DMS prom.: minimum significant difference for mean values; Int. V x L: variety x locality interaction. Different letters indicate significant differences within columns ($P \leq 0.05$; Tukey Test). *: $P \leq 0.05$; ns: not significant.

Localidades	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio	Rufino	Rojas	Paraná	9 de Julio
Variedades de ciclo largo								
K. Estrella	77.3 b	80.3 c	87.5 c	81.3 c	79.3 b	73.2 c	85.5 c	81.4 c
B. Charrúa	73.2 b	78.3 c	89.5 bc	82.3 c	71.3 b	78.5 c	85.5 c	79.5 c
P. I. Alazán	81.3 b	88.0 b	94.6 b	91.5 b	80.4 b	89.5 b	92.8 b	93.0 b
P. I. Puntal	80.4 b	89.7 b	92.5 bc	92.0 b	77.4 b	87.4 b	93.0 b	91.5 b
Promedio	78.1	84.1	90.8	87	77.1	82.1	89.2	86.4
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	10	7	6	8	6	8	7	7
DMS prom. (%)			5				4	
Int. V x L			ns				ns	
Variedades de ciclo corto								
K. Dragón	90.0 b	100 a	101 a	100 a	88.2 b	99.6 a	99.8 a	99.5 a
K. Delfín	89.1 b	101 a	100 a	99.9 a	90.2 b	100 a	98.1 a	99.8 a
B. Pronto	97.1 a	92.1 b	99.8 a	94.2 b	100 a	91.2 b	99.2 a	90.9 b
P. I. Federal	98.2 a	92.1 b	101 a	94.2 b	99.2 a	93.3 b	100 a	90.2 b
Promedio	93.5	96.3	100.5	97.0	94.4	96.0	99.3	95.1
Control	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
DMS Indiv. (%)	6	7	8	6	8	5	7	7
DMS prom. (%)			7				6	
Int. V x L			*				*	

las cuatro localidades estudiadas fueron superiores a los hallados por Friedman & Horowitz (1970) cuando evaluaron el efecto del extracto en trigo después de 60 días de incubación. Este comportamiento diferente pudo deberse a que dichos autores trabajaron con riego a capacidad de campo, mientras que en este estudio no se realizó riego complementario, recibiendo los contenedores la lluvia caída durante el período de crecimiento. Además, estos autores evaluaron una única variedad de trigo y procedencia de maleza, por lo cual no se pudo establecer la presencia de interacciones como las aquí obtenidas. Foy (1999) sostiene que el tipo y cantidad de riego en el suelo del ensayo puede conducir a cambios cuali-cuantitativos en las moléculas orgánicas de los aleloquímicos que llevarán a la modificación de los efectos inhibitorios

del residuo.

Es importante destacar que las variedades de ciclo largo con la radícula de mayor sensibilidad tuvieron el coleóptilo menos sensible, excepto para los rizomas provenientes de 9 de Julio, en los cuales los coleóptilos de todas las variedades fueron afectados con igual intensidad. Este comportamiento coincide con lo observado por Bhowmick & Doll (1982) y por Ben-Hammouda et al. (2001), quienes encontraron una relación inversa entre el crecimiento de la radícula y el coleóptilo para un híbrido de maíz y una variedad de trigo, respectivamente. No obstante, en el presente estudio, para las variedades de ciclo corto, esta asociación se relacionó con el origen de *Sorghum halepense* considerado. Así, K. Dragón y K. Delfín fueron las variedades que presentaron la mayor sensibilidad

tanto de radícula como de coleóptilo cuando el extracto de la maleza provino de la localidad de Rufino.

De acuerdo a los resultados encontrados, es posible esperar efectos alelopáticos de *Sorghum halepense* sobre el crecimiento inicial de la radícula de trigo, existiendo diferencias en los efectos inhibitorios según la procedencia de la maleza que se considere. Con respecto al coleóptilo, la combinación de variedad-localidad brindó un mayor rango de efectos, que abarcaron desde la inhibición del crecimiento hasta la ausencia de efectos. A pesar de que la importancia de los bioensayos para dilucidar efectos alelopáticos ha sido establecida (Anaya 1999; Foy 1999; Ben-Hammouda et al. 2001), en este trabajo las respuestas inhibitorias estuvieron relacionadas al ciclo de las variedades estudiadas y al origen de maleza.

Los efectos inhibitorios iniciales obtenidos en los bioensayos fueron corroborados en la merma registrada tanto en la producción radical como aérea. La sensibilidad presentada por las diferentes variedades siguió la misma tendencia que la encontrada cuando se evaluó el crecimiento inicial del cultivo. El efecto ejercido sobre la biomasa aérea y radical de los ciclos largos fue similar. Teniendo en cuenta que las fechas de determinación hacia fines del macollaje fueron muy cercanas (aproximadamente 10 días de diferencia) y que las variedades de ciclo largo fueron sembradas con 45 días de antelación, es posible que durante la etapa siembra-emergencia-inicio del macollaje de los ciclos largos se hayan ejercido los mayores efectos inhibitorios visualizados luego hacia fines del macollaje.

Respecto a las procedencias analizadas, los residuos de maleza provenientes de Rufino ejercieron el mayor efecto inhibitorio sobre todas las variedades, diferenciándose de las otras tres. Esta

mayor acción alelopática pudo deberse a las características ambientales de la región de donde se obtuvo el material. En Rufino se registró una menor precipitación durante el ciclo de la maleza respecto a las otras tres localidades en donde se recolectó material. Si se analizan los valores de precipitaciones se observa que los mismos se ordenaron en forma inversa al ordenamiento de severidad obtenido para las cuatro procedencias analizadas. Einhellig (1996) observó que la aparición de deficiencias hídricas estimula la producción de diferentes aleloquímicos en especies con actividad alelopática. De este modo, la variabilidad encontrada tanto en la toxicidad ejercida por los rizomas de cada localidad como en la respuesta de las distintas variedades de trigo, permiten visualizar la asociación existente entre los efectos aleloquímicos y las condiciones de crecimiento del cultivo y la maleza.

El marcado efecto inhibitorio que ejercieron los rizomas de malezas de las localidades de Rufino, Rojas y 9 de Julio sobre la producción radical de las variedades de ciclo largo es muy importante, debido a que el mismo se obtuvo aproximadamente a los 85 días después de la siembra (135 días desde la incubación de los residuos). Estos resultados concuerdan con los de Guenzi et al. (1967), quienes encontraron un efecto inhibitorio de residuos de *Sorghum* spp. a las 22 semanas desde la incubación. Contrariamente, los resultados aquí observados no coinciden con los de Czarnota et al. (2001), quienes no encontraron efecto inhibitorio sobre las raíces de *Portulaca oleracea* L. y *Amaranthus retroflexus* L. a las tres semanas de la aplicación de sorgoleona extraída de *Sorghum halepense*. Los autores atribuyen este resultado a los bajos valores (< 20%) de sorgoleona obtenidos del suelo previamente tratado con el aleloquímico. Para explicar las distintas tendencias halladas, es importante tener en cuenta

que el género *Sorghum* ejerce el control de malezas por medio de la acción de p-benzoquinonas (sorgoleona), glucósidos cianogenéticos, taninos y ácidos fenólicos (p-cumárico, ferúlico, vanílico) (Einhellig 1996). De este modo, pueden existir efectos inhibitorios sinérgicos entre dichos compuestos (Anaya 1999). Dado que en el presente trabajo no se aisló un aleloquímico en particular y que no se evaluó el posible efecto inhibitorio a corto plazo (posiblemente debido a la sorgoleona), es posible que el efecto inhibitorio de los residuos de rizomas más agresivos pudo haber sido ocasionado por la lixiviación y descomposición de los glucósidos cianogenéticos, taninos y ácidos fenólicos, lo que permitió obtener una disminución de la producción aérea y radical de las variedades de trigo. No obstante, el diseño de ambos estudios no permite establecer la presencia de efectos individuales o sinérgicos de los rizomas de *Sorghum halepense* de diferente procedencia.

En ambos ensayos de contenedores la inhibición encontrada para los ciclos largos fue mayor que la registrada para los ciclos cortos, indicando que hubo una menor cantidad de aleloquímicos en el medio para ejercer efectos inhibitorios sobre estos últimos. Considerando que las características físico-químicas del suelo utilizado en los contenedores de las variedades de ciclo largo y corto eran similares y que se agregó una cantidad similar de residuos, es factible esperar en ambos grupos de variedades un proceso de liberación de aleloquímicos (lixiviación y/o descomposición de residuos) similares. Blum (1998) mostró que, una vez producidos, la mayoría de los aleloquímicos son susceptibles a la degradación microbiana; es posible que para las condiciones de los ensayos en contenedores este proceso ya se hubiese iniciado a los 90 días desde la incubación, determinando el menor efecto obtenido en los cultivares del grupo de ciclo corto.

Weidenhamer (1996) observó que el efecto inhibitorio de una determinada cantidad de aleloquímicos es menor a medida que aumenta la densidad de las plantas a evaluar. En este trabajo, dado que se registró efecto inhibitorio sobre las plántulas de las variedades de ciclo corto, el aumento de la densidad de las variedades precoces respecto a las de ciclo largo no estaría relacionado con la menor acción alelopática obtenida posteriormente en el ensayo de residuos en contenedores.

De acuerdo a los resultados alcanzados y para las condiciones evaluadas, fue posible determinar efectos alelopáticos de *Sorghum halepense* sobre el crecimiento inicial del cultivo y sobre la producción aérea y radical de variedades de ciclo largo de trigo, estando estos efectos asociados a la procedencia de la maleza. No obstante, dadas las características de los ensayos y las interacciones existentes entre las condiciones del medio y la expresión de la alelopatía, será necesario llevar a cabo estudios en situaciones de campo a fin de establecer si los efectos alelopáticos aquí observados se confirman. De este modo se podrá valorar el análisis de la alelopatía y su influencia en las distintas subregiones ecológicas del cultivo de trigo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAYA, AL. 1999. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Crit. Rev. Plant Sci.* **18**:697-739.
- BEN-HAMMOUDA, M; H GORBAL; R KREMER & O OUESLATI. 2001. Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedlings growth of bread and durum wheats. *Agronomie* **21**:65-71.
- BHOWMICK, PC & JD DOLL. 1982. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. *Agron. J.* **74**:601-606.
- BLUM, U. 1998. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acids breakdown products on allelopathic

- interactions. *J. Chem. Ecol.* **24**:685-708.
- CZARNOTA, M; RN PAUL; FC DAYAN; CI NIMBAL & LA WESTON. 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent psII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. *Weed Technol.* **15**:813-825.
- EINHELLIG, FA & IF SOUZA. 1992. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *J. Chem. Ecol.* **18**:1-11.
- EINHELLIG, FA. 1996. Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agron. J.* **88**:886-893.
- FOY, CL. 1999. How to make bioassays for allelopathy more relevant to field conditions with particular reference to cropland weeds. Pp. 25-33 en: Inderjit; KMM Dakshini & CL Foy (eds). *Principles and practices in plant ecology: allelochemical interactions*. CRC Press. Boca Ratón.
- FRIEDMAN, T & MHOROWITZ. 1970. Phytotoxicity of subterranean residues of three perennial weeds. *Weed Res.* **10**:382-385.
- GHERSA, CM & EH SATORRE. 1981. La dinámica de la población de rizomas de sorgo de Alepo en relación con los sistemas de control más frecuentes. *Revista de la Facultad de Agronomía* **2**:133-138.
- GUENZI, WD; TM Mc CALLA & FA NORSTAD. 1967. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn and sorghum residues. *Agron. J.* **59**:163-165.
- LOLAS, PC & HD COBLE. 1982. Noncompetitive effects of johnsongrass (*Sorghum halepense*) on soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* **30**:589-593.
- MALONE, CR. 1967. A rapid method for enumeration of viable seeds in the soil. *Weed Sci.* **15**:381-382.
- NIMBAL, CH; JF PEDERSEN; CN YERKES; LA WESTON & SC WELLER. 1996. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. *J. Agr. Food Chem.* **44**:1343-1347.
- PUTNAM, AR & WO DUKE. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.* **16**:431-451.
- RADOSEVICH, S; J HOLT & CM GHERSA. 1997. Other types of interference. Pp. 302-311 en: S Radosevich; J Holt & Ghera (eds). *Weed ecology. Implications for management*. John Wiley & Sons. New York.
- RICE, EL. 1984. *Allelopathy*. 2da edn. Academic Press. New York.
- ROSALES ROBLES, E; JM CHANDLER; SA SENSEMAN & EP PROSTKO. 1999. Integrated johnsongrass (*Sorghum halepense*) management in field corn (*Zea mays*) reduces rates of nicosulfuron and cultivation. *Weed Technol.* **13**:367-373.
- SAS INSTITUTE. 1988. *SAS/STAT user's guide, release 6.03 edition*. SAS Institute Inc. Cary.
- SATORRE, EH & GA SLAFER. 1999. Wheat production systems of the Pampas. Pp. 333-343 en: EH Satorre & GA Slafer (eds). *Wheat ecology and physiology of yield determination*. Food Products Press. Binghamton.
- SIDDIQUE, KHM; RK BELFORD & D TENNANT. 1990. Root:shoot ratios of old and modern, tall and semiwarf wheats in Mediterranean environment. *Plant Soil* **121**:89-98.
- WEIDENHAMER, JD. 1996. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. *Agron. J.* **88**:866-875.
- WESTON, LA. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agron. J.* **88**:860-866.
- ZADOKS, JC; TT CHANG & CF KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* **14**:415-421