

ALELOPATIA MUTUA ENTRE SORGO DE ALEPO Y MAIZ*

J. Beltrano (1) y E. R. Montaldi (2)

Recibido: 12/2/82

Aceptado: 28/10/82

RESUMEN

Plántulas de maíz y de sorgo de Alepo se cultivaron con sus raíces asociadas o separadas. Al cabo de 30 días se midió el crecimiento de cada especie. En un experimento similar se determinó la absorción de ^{32}P por las raíces de las plántulas que crecían en las dos condiciones experimentales. El crecimiento del maíz y del sorgo fue notablemente reducido por la asociación, siendo éste último el más afectado. La absorción de ^{32}P fue asimismo menor en las plántulas de ambas especies que crecieron juntas. Se concluye que el menor crecimiento de las plántulas que se cultivaron asociadas se debió a un efecto alelopático recíproco, postulándose que la concentración de los ácidos fenólicos excretados por las raíces de ambas especies podrían intervenir en el fenómeno.

RECIPROCAL ALLELOPATHY BETWEEN CORN AND JOHNSONGRASS SEEDLINGS

SUMMARY

Seedlings of corn and Johnsongrass were cultivated in Hoagland solution with their root systems associated or separated. After 30 days the plants were harvested and dry weight of the aerial and root parts were determined. In a similar experiment ^{32}P was added to the Hoagland solution during 72 h and then the seedlings were transferred to beakers where the roots were washed 1 h in distilled water and then dried separately. The radioactivity was measured by scintillation spectrometry. Growth of corn and Johnsongrass seedlings was strongly affected by the association as compared with those growing separately. Similarly, the uptake of ^{32}P was significantly reduced when the root systems grew associated.

Considering that Johnsongrass and corn roots excrete phenolic acids to the media it was concluded that an allelopathic effect was the cause of the growth and ^{32}P uptake diminution in both species.

The phenomena could be produced by the interference on the ions uptake or directly by the phenolic acids acting as growth inhibitors.

INTRODUCCION

Los fenómenos alelopáticos son conocidos desde hace largo tiempo pero el primer enfoque científico se debe a de Candolle en el año 1832 (Martín, 1957). A partir de esa fecha se fue acumulando una gran cantidad de bibliografía sobre el tema. Gilbert (1979) encontró 176 citas en el período de ocho años (1970-1978) la mayor parte de ella analizada críticamente por Rice (1979).

En campos enmalecidos con sorgo de Alepo y en los cuales se siembra maíz, este cultivo puede ser perjudicado por sustancias tóxicas producto de la descomposición de la maleza (Abdul-Wahab, 1967; Beltrano y Montaldi, 1981).

Asimismo, se ha determinado que el sorgo de Alepo ejerce una acción aleloquímica sobre algodón y mostaza (Horowitz, 1973). Por otro lado, se ha informado que los residuos de maíz inhibieron la germinación de semillas de trigo, así como el crecimiento de

* Trabajo realizado en el Instituto de Fisiología Vegetal de las Facultades de Agronomía y Ciencias Naturales de La Plata, con un subsidio de la CIC de la provincia de Buenos Aires.

(1) Profesor Adjunto. (2) Profesor Titular. Miembro de la Carrera de Investigador Científico del CONICET.

sus plántulas (Guenzi y Mc. Calla, 1966). Se pensó que podría ejercerse un efecto alelopático recíproco de las plantas de sorgo de Alepo y de maíz a través de la excreción por las raíces de compuestos de acción fisiológica. El presente estudio tuvo por finalidad probar esta hipótesis.

MATERIALES Y METODOS

Las plantas de sorgo se obtuvieron a partir de trozos de rizomas cosechados en el campo experimental del Instituto de Fisiología Vegetal. Los segmentos de 2 cm de longitud fueron colocados para su brotación sobre papel de filtro húmedo en bandejas mantenidas a 27°C e iluminadas por 32 lámparas fluorescentes "Grolux" de 40 w desde 1 m de distancia y durante 16 horas por día. Cuando las plántulas habían expandido dos hojas, 20 de ellas se trasladaron individualmente a tubos de ensayo de 3 cm de diámetro y 18 cm de longitud, de tal forma que solo las raíces se hallaban sumergidas en una solución nutritiva de Hoagland. La parte aérea, sostenida en la parte superior del tubo mediante un alambre delgado, sobresalía de dicha solución cuyo nivel se mantendrá a 1 cm del segmento del rizoma "madre". Las plántulas de maíz (cv. Record 120) se lograron de igual forma haciendo germinar las semillas sobre papel de filtro húmedo en las mismas condiciones que los trozos de rizomas. En el momento que las hojas comenzaron a emerger del coleoptilo 20 plantas se ubicaron también individualmente en tubos de ensayo de la misma manera que las de sorgo. En otros 20 tubos conteniendo la misma solución mineral se colocaron juntas una plántula de maíz y otra de sorgo de manera que los sistemas radicales de ambas especies crecerán en el mismo medio. Esta disposición permitió el crecimiento de plántulas de sorgo y maíz con sus sistemas radicales aislados y asociados.

En todos los tubos la solución nutritiva fue aereada mediante un flujo continuo de

aire filtrado y renovada cada 10 días. Para mantener condiciones de oscuridad en las raíces los tubos se dispusieron en 10 cajas herméticas de madera que solo permitían el crecimiento a la luz de la parte aérea de las plántulas. Todo el sistema de cultivo se ubicó en un invernáculo cuya temperatura varió entre 15°C de noche y 37°C de día, disponiendo al azar los tres tratamientos.

En el momento que las plántulas habían desplegado entre 4 y 6 hojas (30 días después de colocadas en los tubos) se agregó a cada tubo 15 ml de una solución de ácido ortofosfórico radiactivo de manera de obtener una actividad de 15 μ Cu en 50 ml de medio mineral. Se dejó absorber la solución durante 72 horas, luego de lo cual se extrajeron todas las plantas de los tubos y se sumergió el sistema radical de cada una en agua destilada durante 1 hora para eliminar el ^{32}P del espacio libre aparente.

Posteriormente se dividió cada plántula en raíz y parte aérea y cada porción individualmente se la llevó a una estufa a 60°C hasta peso constante. Luego de pesado el material seco se trituró y 100 mg se digirió según la técnica de Kuttner y Lichtenstein (1932) en un tubo de ensayo con 2 ml de ácido sulfúrico 10 N y un número de gotas de agua oxigenada de 10 volúmenes suficientes para que toda la solución quedase límpida. El volumen final se completó hasta 5 ml con agua destilada y a una alícuota de 0,5 ml se le agregó 10 ml de una solución de Bray.

La radiactividad se midió en un espectrómetro de centelleo líquido marca Beckman, modelo LS-100 C. Cada muestra se midió durante 5 minutos o hasta un error del 1%. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

La determinación de la presencia de fenoles en la solución mineral donde se cultivó el maíz se realizó mediante cromatografía sobre papel. Para ello se concentró el contenido de los 20 tubos en un "rotavapor" a baja temperatura (30°). Alícuotas de los extractores se sembraron sobre papel de filtro Whatman N° 1 y desarrollados en butanol-ácido acético-agua (4:1:5) o agua destilada. La identificación de manchas correspondien-

CUADRO 1: Crecimiento y absorción de ^{32}P de plántulas de maíz y sorgo de alepo cultivadas aisladas y asociadas.

Tratamientos	Sorgo		Maíz + sorgo	
	Sorgo	Maíz	Sorgo	Maíz
Parámetros Medidos (g)				
Peso seco	0,944	0,888	0,449	0,612
Parte aérea	ab	bc	a ° d	c ° d °
Peso seco	0,358	0,379	0,163	0,215
Raíz (g)	ef	fg	e ° h	g ° h °
Total planta entera	1,302	1,267	0,612	0,827
Actividad (cpm/100 mg)	13.000	11.500	9.500	10.500
Parte aérea	in	im	n ° j	mj
Actividad (cpm/100 mg)	57.000	62.000	53.000	53.000
Raíz	ko	k	ol	l

aa = no significativo, aa ° = significativo, bb = no significativo, bb ° = significativo, etc.

tes a fenoles se efectuó mediante el revelado con una solución de cloruro férrico.

RESULTADOS

Tanto el crecimiento del sorgo como el del maíz fue afectado significativamente cuando crecieron juntos en el mismo medio, aunque el primero lo fue en mayor grado. Así, en el caso del maíz, la disminución de peso seco total fue de un 35% mientras que en el sorgo fue del 53%. Los decrementos más marcados se observaron en el sistema radical del sorgo (53%) y en su parte aérea (52 por ciento). En el maíz la asociación afectó en igual grado la biomasa aérea y las raíces (31% y 32,6%, respectivamente).

En condiciones de crecimiento en las cuales cada especie creció aisladamente, el sorgo produjo en el lapso de 30 días una biomasa total igual que la del maíz. Esta biomasa total se repartió de igual manera en ambas especies: 75% correspondieron a la parte aérea y 25% a la porción radical.

El sorgo de Alepo, si bien fue el más perjudicado por la asociación, como se menciona arriba, particionó los fotoasimilados de

manera semejante a los del maíz (72% y 28%).

En lo que concierne a la absorción de ^{32}P se observó que en condiciones de crecimiento asociado el contenido de este elemento por unidad de peso seco fue similar en ambas especies (62.500 y 63.500 cpm) pero significativamente menor que las mismas plantas que crecían aisladamente (70.000 y 73.500 cpm). La partición entre la parte aérea y radical del ^{32}P incorporado estuvo relacionada directamente con la cantidad absorbida, tanto en el sorgo como en el maíz, excepto en el primero creciendo libre de interferencia, donde se observó una mayor acumulación en la parte aérea.

En los ensayos para detectar la presencia de fenoles en la solución nutritiva donde se cultivó maíz se observó en los diferentes cromatogramas una mancha en el Rf 0,50, que dio una fuerte reacción positiva con el reactivo de cloruro férrico y poseía una fluorescencia azulada bajo la luz ultravioleta. La sustancia no fue identificada.

DISCUSION

El análisis de los resultados obtenidos

condujo a descartar un efecto competitivo por los nutrientes y, en especial por el fósforo, en razón que la solución Hoagland utilizada posee una concentración de elementos superior a los requerimientos de las plántulas. Por otro lado, en un experimento con las mismas variantes y condiciones, pero con soluciones Hoagland de concentración doble o triple, los resultados fueron similares (datos no publicados). Además, la misma fue renovada periódicamente y en ninguna plántula apareció sintomatología indicadora de deficiencias. Por consiguiente fue lógico pensar que la disminución de peso seco de la parte aérea y de la raíz de ambas especies creciendo asociadas se debió a un fenómeno de interferencia mutua ejercida a nivel de los sistemas radicales. Esta interacción puede haberse producido por la excreción al medio de sustancias inhibitoras específicas del crecimiento o por compuestos de conocido efecto alelopático sobre la absorción de nutrientes. Existen evidencias que los ácidos fenólicos inhiben la absorción de fosfatos (Glass, 1973) y potasio (Glass, 1974) y además, que estas sustancias son absorbidas por las plantas. En experimentos en los cuales se usó una metodología similar al de este trabajo se demostró que los ácidos benzoicos y cinnámico agregados a la solución Hoagland disminuyeron el crecimiento de la caña de azúcar de manera notable (Wang *et al.*, 1967). Con el antecedente que las raíces de sorgo de Alepo liberan fenoles al medio (Abdul-Wahab, 1967), y que el mismo fenómeno ocurre con las plántulas de maíz, se puede explicar la menor absorción de fosfatos en ambas especies cuando crecieron asociadas. El modo de acción de los ácidos fenólicos en las raíces está todavía en la etapa de las hipótesis. Glass (1973) postula cuatro posibles mecanismos:

- 1) Alteración de los transportadores.
- 2) Desacople de la respiración de la síntesis de ATP.
- 3) Utilización del ATP celular en la glucosilación de los fenoles con el consumo de equivalentes del ATP, como por ejemplo UDPG u otros nucleótidos azúcares.

4) Modificación de las propiedades de la membrana principalmente por la acción del fenol sobre la parte lipídica de ésta.

Si bien la hipótesis que el menor crecimiento y absorción de fosfatos se debió a la acción de los fenoles sobre los procesos de incorporación de iones parece la más factible, no debe dejarse de lado el hecho que estos compuestos figuran en la literatura como fuertes inhibidores del metabolismo vegetal (Thimann, 1963; Pilet, 1961).

Los resultados presentados en este estudio no eliminan la duda si la inhibición del crecimiento fue la causa de la menor absorción de fosfatos o a la inversa si la interferencia sobre la absorción de iones provocó la reducción del tamaño de las plántulas.

Como conclusión se puede afirmar que el maíz y el sorgo de Alepo cuando crecen juntos se interfieren mutuamente, fenómeno que se manifiesta por una menor intensidad de crecimiento y un decremento en la absorción de fosfatos. El sorgo de Alepo fue más afectado que el maíz en este tipo de asociación, pero las causas de este comportamiento todavía no se conocen.

Se debe tener cautela al intentar extrapolar los resultados del presente estudio a las condiciones imperantes en los cultivos. En éstos las propiedades físico-químicas del suelo, su microflora y los procesos de lixiviación pueden alterar las sustancias alelopáticas modificando su actividad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ayudante Técnico Gabriel Brocchi por la colaboración prestada, a Cargill S.A.C.I. por la gentileza de suministrarnos la semilla de maíz y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires por su ayuda económica.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Abdul-Wahab, A. S., 1967. Plant inhibition by

- Johnsongrass and its possible significance in old-field succession. *Bull. Torrey Bot. Club.*, 94 (6): 486-497.
- 2) Beltrano, J. y E. R. Montaldi, 1979. Efecto de la competencia del sorgo de Alepo sobre el maíz en sus primeros estados de crecimiento. *Rev. Fac. Agron. La Plata* (3ra. época), 55 (1-2): 85-94.
 - 3) Beltrano, J. y E. R. Montaldi, 1980. Acción alelopática de los residuos de sorgo de Alepo sobre el crecimiento de plántulas de maíz. *COMALFI*, 7 (1/2): 29-35 (Colombia).
 - 4) Gilbert, H., 1979. Allelopathy: The harmful effects of chemicals produced by one plant upon other. Quick Bibliography Series. Reference Branch. *Technical information Systems*. U.S. Dept. of Agriculture. Beltsville, Maryland, USA.
 - 5) Glass, A. D. M., 1973. Influence of Phenolics acids on ion uptake. I. Inhibition of phosphate uptake. *Plant Physiol.*, 51 (6): 1.037-1.041.
 - 6) Glass, A. D. M., 1974. Influence of Phenolic acids upon ion uptake. III Inhibition of potassium absorption. *J. Exp. Bot.*, 25 (89): 1.104-1.113.
 - 7) Guenzi, W. D. and T. Mc Callan, 1966. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. *Agron. J.* 58, (3): 303-304.
 - 8) Horowitz, M., 1973. Competitive effects of *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense* and *Cyperus rotundus* on cotton and mustard. *Expl. Agric.*, 9 (3): 263-273.
 - 9) Kuttner, T. and L. Lichtenstein, 1932. En: Paech, K. and M. V. Tracey, 1956. *Modern Methods of Plant Analysis*. 1: 487-488. Göttingen.
 - 10) Loughman, B. C., 1976. Metabolic processes in roots related to absorption and transport of phosphates. En: *Perspectives in Experimental Biology*. Vol. II. Botany. Editado por N. Sunderland. Pergamon Press. Págs. 423-431.
 - 11) Martín H., 1957. Chemical aspects of ecology in relation to agriculture. *Research Monograph* 1. Science Service. Canadá Department of Agriculture.
 - 12) Pilet, Paul-Emile, 1961. Les phytohormones de croissance. Masson et C^e. París.
 - 13) Thimann, K. V., 1963. Plant growth substances. Past, Present and Future. *Ann. Rev. Pl. Physiology* 14: 1-18.
 - 14) Wang, T. S. C.; T. K. Yang and T. T. Chung, 1967. Soil phenolics as Growth inhibitors. *Soil Sci.*, 103: 239-246.
 - 15) Whittaker, R. H. and P. P. Feeny, 1971. Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science*, 171: 757-69.