

Partenina, achilina y eugarzasadina tres nuevos inhibidores lactónicos del desarrollo vegetal*

M ROJAS GARCIDUEÑAS, X. A DOMINGUEZ**

ABSTRACT

Experimental results of the inhibitory activity of three new lactones on plant growth are presented. The lactones are partenine, achylline (sesquiterpenlactones), and eugarzasadine (a diterpenlactone). This activity includes inhibition of radicle development in germinating seeds and embryos of several plants cultured in vitro. Growth was also inhibited in Hoagland solution and the respiration rate was depressed. Their action seems to be on cellular division, not on their elongation — The authors.

Introducción

LOS inhibidores del desarrollo se han convertido en uno de los tópicos de mayor interés en la fisiología vegetal. La revisión del tema por Kefeli y Kadyrov (5) cita 128 trabajos; en los cuatro años siguientes han aparecido muchos más

La partenina es una sesquiterpenlactona aislada, entre otras especies, de la "amargosa", *Parthenium hysterophorus* (2), y de la cual se ha informado su actividad inhibitoria en una breve nota (8) y en un congreso (9); el presente trabajo comunica experimentos posteriores. La achilina es también una sesquiterpenlactona presente en varias especies, aislada en el caso presente de *Artemisia indoviciana* (1); su actividad inhibitoria ha sido someramente informada en un congreso (9). La eugarzasadina es una diterpenlactona aislada e identificada por Domínguez *et al.* (3) en la "verbena", *Teucrium cubense*, el presente es el primer informe de su actividad fisiológica

Metodología general

En las tres lactonas estudiadas se siguió una metodología general que incluyó todos o varios de los siguientes estudios:

Germinación y principios del desarrollo

En las pruebas preliminares se colocaban semillas en cajas de Petri con papel filtro humedecido con las soluciones de prueba. En las siguientes pruebas se colocaban las semillas en agar según la técnica de Jones *et al.* (4).

Desarrollo de embriones in vitro

Para evitar la posible interferencia de sustancias presentes en los cotiledones, se efectuaron pruebas cultivando embriones siguiendo las técnicas usuales (12).

Absorción radical y transporte

Se germinaron semillas en caja de Petri y cuando la radícula tenía 3 cm se llevaron a frascos con solución Hoagland al medio adicionada con las sustancias de prueba. Allí se dejaban desarrollar el tiempo suficiente para observar los posibles efectos.

* Recibido para la publicación el 18 de agosto de 1975

** Departamento de Biología y Departamento de Química, respectivamente, Instituto Tecnológico de Monterrey, Sucursal de Correos "J", Monterrey, N. L., México

Absorción foliar y transporte

Las plántulas con raíz de 3 cm eran transferidas a frascos con solución Hoagland al medio dejándose desarrollar hasta el inicio de la segunda hoja verdadera; entonces se aplicaban las sustancias de prueba a las hojas cotiledonares observándose los efectos posteriores.

Observaciones histológicas

Se germinaron semillas en presencia de las soluciones de prueba, se cortaron las radículas y se seccionaron longitudinalmente con micrótopo previa inclusión en parafina

Efectos en la respiración

Se colocaron semillas en papel filtro impregnado con las soluciones de prueba y se dejaron 12 hrs para que las sustancias se absorbieran y el metabolismo se activara. Luego se hicieron respirar en presencia de Na OH 0,1N y se cuantificó la respiración por titulación con HCl, 0,2N.

Resultados experimentales

Partenina

Desarrollo embrionario Las pruebas con semilla se efectuaron según la técnica de Jones *et al.* (4). Se observó que la partenina inhibió el crecimiento del frijol en 50 por ciento pero en maíz solamente 10 por ciento; el 2,4-D usado para comparación tuvo un efecto mucho más enérgico y afectó también la germinación, lo que no hizo la partenina. En las pruebas con embriones el crecimiento de la radícula y del hipocotilo fueron muy deprimidos. Los resultados se encuentran en el Cuadro 1.

Análisis histológico Se hicieron secciones longitudinales de radículas de 5 días de germinadas. Las células tratadas con partenina fueron un poco más largas que las

Cuadro 1.—Desarrollo de la radícula en semillas de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) y en embriones in vitro de frijol (Promedios de 12 repeticiones).

Especie	Tratamiento ppm	Semillas peso raíz mg	Embriones	
			Raíz mg	H. hypocotilo mg
Frijol	Agua	206	138	258
	Partenina 100	113	78	65
	2,4-D 100	47	—	—
Maíz	Agua	107	—	—
	Partenina 100	91	—	—

Cuadro 2.—Tamaño y número de células en raíces de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) desarrolladas en contacto con soluciones de partenina y medidas a los 5 días de la germinación

Sección de la raíz	Partenina ppm	Longitud y número de células			
		Maíz		Frijol	
		Longitud μm	Núm*	Longitud μm	Núm*
Apical	0	7,8	73	8,2	72
	50	12,1	65	9,5	65
	100	15,9	58	11,0	65
Media	0	8,1	70	15,0	45
	50	11,1	45	20,3	35
	100	17,7	45	24,6	29
Basal	0	18,0	40	27,5	28
	50	17,1	43	32,4	20
	100	25,2	32	48,3	18

* Indica el número de células en una hilera en el campo microscópico

tratadas con agua; puesto que la longitud de las raicillas crecidas en partenina era menor que las crecidas en agua, es obvio que el número de células en una hilera de la base al ápice debe ser menor en las raicillas tratadas con partenina. Esto se demostró contando las células en una hilera. Los resultados se dan en el Cuadro 2

Efecto en la respiración Se usaron 5 g de semilla que se dejaron respirar durante 13 horas en presencia de 50 cc de NaOH 0,1N. Los resultados se encuentran en la Fig 1 donde se ve que las semillas tratadas con partenina mostraron una tasa de respiración, medida por el CO₂ exhalado, menor que las semillas no tratadas, siendo el efecto más notable en frijol.

Achilina

Desarrollo embrionario Se efectuaron dos experimentos independientes por el método de semillas en agar. Como se ve en la Fig 2 la achilina deprimió el crecimiento en todos los casos pero el efecto fue más notable en trigo.

Absorción radical y transporte Los resultados se concentran en el Cuadro 3. La concentración crítica parece ser de 100 ppm y los efectos en trigo son más enérgicos que en tomatillo. Es interesante notar que hubo inhibición del desarrollo del tallo aunque este órgano no estaba en contacto con la achilina, lo que puede interpretarse como signo de transporte apical de la sustancia

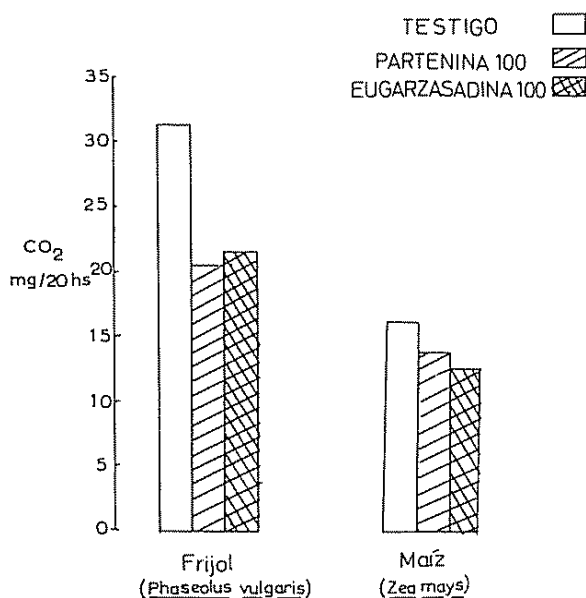


Fig. 1—CO₂ (mg) expelido en 13 hs por 10 g de semilla tratada con diversas dosis de partenina.

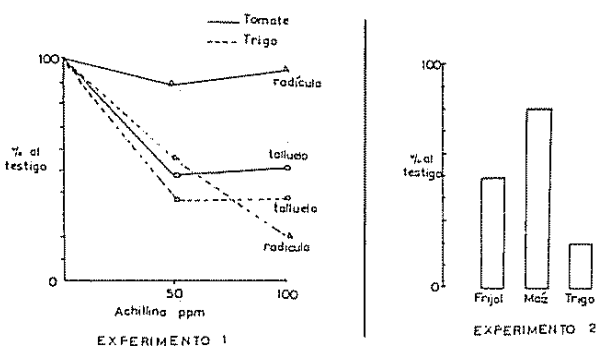


Fig. 2—Efecto de la achilina en el desarrollo de la radícula en semillas de diversas especies. Datos en por ciento al testigo

Absorción foliar. Se efectuaron pruebas con soluciones de 0, 50 y 100 ppm de achilina. No se obtuvieron diferencias entre plantas tratadas y no tratadas.

Análisis histológico. Se hicieron secciones longitudinales en radículas de 7 días de germinadas. Los resultados fueron similares a los encontrados en partenina, pero con achilina la reducción en el número de células en una hilera fue de 15 por ciento en promedio con respecto a las radículas crecidas en agua.

Efecto en la respiración. Se usaron 5 g de semilla que se dejaron respirar 20 hr en presencia de 50 cc NaOH 0,1N. Se observó que la solución de 100 ppm

Cuadro 3.—Efecto de la achilina en el desarrollo de plántulas de tomateo (*Lycopersicon esculentum*) y trigo (*Triticum vulgare*) en solución Hoagland adicionada de achilina. (Promedios de 10 repeticiones)

Especie	Achilina	Incremento en longitud en 10 días:	
		Radícula mm	Tallo mm
Tomatero	0	13,0	12,4
	50	11,7	11,3
	100	9,1	10,4
Trigo	0	58,6	96,0
	50	55,4	75,6
	100	2,8	33,7

de achilina determinó un descenso en la tasa de respiración, medida por el CO₂ exhalado, de 22 por ciento en frijol.

Eugarzasadina

Desarrollo embrionario. Se efectuaron pruebas con semillas en agar y con embriones in vitro. La eugarzasadina a 100 ppm determinó inhibición del desarrollo como se vé en los resultados expresados en el Cuadro 4

Cuadro 4.—Desarrollo embrionario en frijol (*Phaseolus vulgaris*), trigo (*Triticum vulgare*) y lenteja (*Lens esculenta*) en semillas germinadas en agar y embriones in vitro. Promedios de 12 repeticiones.

Especie	Eugarzasadina ppm	Desarrollo raíz mg	Notas
Frijol (semilla)	0	3.495	Normal; tallos verdes
	50	1.160	Clorosis; pocas o ninguna raíz secundaria
	100	646	
Trigo (semilla)	0	2.430	Normal
	50	430	No desarrolla hojas
	100	82	No desarrolla hojas
Frijol (embrión)	0	1.297	Raíces adventicias y secundarias.
	50	630	
	100	524	Raíz muy corta y gruesa y no ramificada (recuerda síntomas de 2,4-D). Clorosis

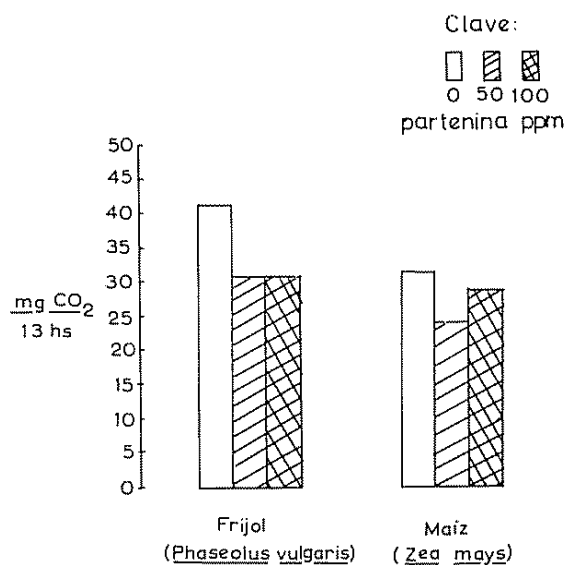


Fig 3.—CO₂ expelido en 20 hs por 10 g de semilla tratada con dos compuestos lactónicos

Efecto en la respiración Se efectuaron pruebas con 10 g de semilla que se dejó respirar en presencia de NaOH 0,1N después de haber absorbido eugarzasadina y partenina, para fines de comparación, a 100 ppm durante 12 horas. Ambas lactonas deprimieron la tasa de respiración, medida por el CO₂ exhalado, pero la eugarzasadina actuó más enérgicamente que la partenina. En ambos casos parece haber un efecto diferencial según las especies. Los resultados se encuentran en la Fig 3.

Discusión y conclusiones

La eugarzasadina es una norditerpenlactona aislada e identificada muy recientemente (3); los experimentos efectuados presentan evidencia de que posee actividad inhibitoria del desarrollo radicular y de la respiración en varias especies. Dentro del grupo de las norditerpenlactonas se han encontrado otros inhibidores de similar actividad, como las podolactonas (10), las momilactonas (6) y la vernolepina (11).

La partenina y la achilina son sesquiterpenlactonas de cuya actividad inhibitoria se habían dado informes preliminares (8, 9). Los experimentos efectuados confirman la actividad inhibitoria en el desarrollo de la raíz en semillas, embriones y plántulas; presentan evidencia de inhibición de la respiración, y parecen indicar que su efecto es sobre la división celular y no sobre el alargamiento.

Es muy sugestivo el hecho de que la partenina tenga una gran similitud estructural con la crisartemina, ya que aquella es un inhibidor y la crisartemina un cofactor

estimulante en el proceso de enraizamiento (7). Es también interesante el que estas lactonas, sobre todo la partenina, presenten una acción diferencial según las especies, consistente en las diversas pruebas efectuadas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración prestada por las siguientes personas: Lydia Lozano (investigación sobre partenina); Aracelia Rodríguez y E. Canseco (investigación sobre achilina); Hortensia Cantú (investigación sobre eugarzasadina). Todas ellas de la Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Nuevo León (México).

Literatura citada

- DOMINGUEZ, X. A y CARDENAS, E. Achilline and the acetyl matricarin from the *Artemisia* species. Phytochemistry (en prensa)
- y SIERRA, A. Isolation of a new diterpene alcohol, parthenin from *Parthenium hysterophorus*. *Planta Medica* 18:275-277 1970
- et al. Estructura de la eugarzasadina, una nueva diterpenlactona aislada del *Tencrium cubense*. *Revista Latinoamericana de Química* 5:225-229 1974
- JONES, R. L.; METCALF, T. P y SEXTON, W. A. Crecimiento de las raíces. Método de superficie de agar. In *Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento*. J. W. Mitchell y G. A. Livingstone, eds. México, Trillas, 1973. pp 91-92
- KEFELI, V. I y KADYROV, S. C. Natural growth inhibitors. Their chemical and physiological properties. *Annual Review of Plant Physiology* 22:185-193 1971.
- KATO, T. et al. Momilactones, growth inhibitors from rice (*Oryza sativa*). *Tetrahedron Letters* 39:3861-3864 1973
- OZAWA, T., SUZUKI, A y TAMURA, S. Isolation of chrysartemin A and B as rooting cofactors in *Chrysanthemum morifolium*. *Agricultural and Biological Chemistry* 35:273-278 1971.
- ROJAS GARCIDUEÑAS, M. et al. New growth inhibitors from *Parthenium hysterophorus*. *Revista Latinoamericana de Química* 3:52-53 1972
- et al. Nuevos inhibidores del desarrollo vegetal. Compendios V Simposio Latinoamericano de Fisiología Vegetal (Maracay, Venezuela). 1974.
- SASSE, J. M. et al. Chemistry and biological action of podolactones and other inhibitors of plant growth. In "Plant growth substances 1970". Berlín, Springer, 1972. pp 302-305.
- SEQUEIRA, L. et al. Vernolepin: A new reversible plant growth inhibitor. *Science* 161:789-798 1968.
- WHITE, P. R. The cultivation of animal and plant cells. Nueva York, Ronald Press, 1954