

Efecto de productos naturales sobre el desarrollo *in vitro* de yemas de **Rubus** sp.*

GUILLERMO CARRILLO C**, JOSE LUIS MENDOZA**

ABSTRACT

Axillary buds from blackberries shoots were aseptically cultured in vitro on a basal medium of Cresswell and Nitsch. This medium was supplemented either with coconut milk, aguamiel and honeybee. The temperature of incubation was 26-27° C and the cultures were kept under light (60 foot candle). Callus tissue were developed on the basal medium supplemented either with coconut milk or aguamiel and plantlets on the basal medium itself and on this medium supplemented with honeybee, in 70 days of incubation.

Introducción

EL estudio del proceso de la diferenciación y de los factores que lo regulan se ha facilitado en cierto grado al utilizarse sistemas *in vitro*, que permiten de manera aislada, seguir este fenómeno en células somáticas, fragmentos de tejido o bien órganos. Como material biológico de estudio se están empleando diversos tipos de vegetales y en muchos casos estas investigaciones persiguen fines prácticos en las áreas de horticultura, fruticultura y agricultura fundamentalmente. Se pueden citar casos concretos en donde se han utilizado estos sistemas con resultados satisfactorios, como el trabajo de Nickell y Heinz (18) en Hawaii, quienes mencionan haber obtenido varios cientos de plantas de caña de azúcar y éstas han sido evaluadas desde el punto de vista agronómico y de fábrica. Liu y Chen (10) en Taiwan, trabajando con 8 variedades de caña de azúcar, seleccionaron 417 plantas de 4600 que fueron obtenidas *in vitro* en dicho estudio. Algunos de los clones de plantas seleccionadas tuvieron mayor contenido de sacarosa. La micropropagación de orquídeas mediante el cultivo de embriones es una práctica muy familiar. Substantial progreso se ha logrado en la propagación de estas plantas, mediante el cultivo y diferenciación de células somáticas (16, 24, 29). Existe información sobre la propagación clonal del cafeto (8, 21)

realizada a partir de células indiferenciadas. Mediante el cultivo *in vitro* de meristemas se obtienen plantas libres de virus de papa (2, 9, 13, 19, 28) y de fresa (1, 3, 27). Broome y Zimmerman (4) publicaron resultados sobre la propagación de plantas de zarzamora mediante el cultivo *in vitro* de las puntas de tallo de 1 a 2 cm de longitud.

Para inducir el crecimiento y la diferenciación de células *in vitro*, éstas tienen en ocasiones requerimientos específicos difíciles de satisfacer con un medio sintético, por lo que se han usado desde hace mucho tiempo, productos naturales como el endospermo líquido del coco (20, 26), extractos de maíz tierno (22) y más recientemente se ha estudiado el aguamiel* (5, 11, 12). No todos los extractos probados contienen sustancias que promueven el desarrollo celular *in vitro*. Hanning (7), supuestamente el primero que utilizó extractos de plantas de los géneros *Raphanus* y *Cochlearia*, encontró que éstos fueron tóxicos al provocar la muerte de embriones jóvenes de la mismas especies. Con el objeto de establecer la naturaleza de las sustancias promotoras del crecimiento celular *in vitro*, presentes en dichos productos naturales, se han efectuado análisis químicos y bioanálisis en varios laboratorios (15, 22, 25).

Con la finalidad de conocer nuevas fuentes de productos naturales con actividad reguladora del desarrollo celular *in vitro*, se realizó el presente estudio en el que se determinaron los efectos de tres productos naturales sobre el desarrollo *in vitro* de yemas axilares del tallo de zarzamora.

* Recibido para la publicación el 20 de marzo de 1979.

** Profesor Investigador y Ayudante de Investigación, respectivamente Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, Secretaría, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Chapingo, México.

* Jugo de maguey.

Materiales y métodos

Fragmentos de tallo de plantas de zarzamora (*Rubus* sp) variedad 'Himalaya', donados por la sección de fruticultura de la Rama de Genética, fueron colectados en San Martín, área aledaña al Colegio de Postgraduados, durante los meses de agosto y septiembre de los años 1977 y 1978.

Una serie de medios de cultivo (medios normales) fueron preparados utilizando el medio de Cresswell y Nitsch (6) como medio basal (CyN) el cual se suplementó con 10 por ciento v/v de agua de coco (CyN ac), 10 por ciento v/v de aguamiel (CyN am), o con 5 por ciento v/v de miel de abeja (c y Nma). A los medios que contenían aguamiel o miel de abeja no se les agregó sacarosa. Otra serie de medios (medios diluidos) fue preparada reduciendo a la mitad la concentración de todos los componentes de los medios normales a excepción del agar que en todos los casos fue de 5,5 g/l de agar de la casa Merck (CyN 0,5, CyN am 0,5, CyN ac 0,5 y CyN ma 0,5). El pH inicial de los medios fue ajustado a 5,8 en un potenciómetro Sargen Welch modelo LS. En frascos de vidrio con tapón de rosca de 40 ml de capacidad se sirvieron 10 ml de medio licuado y se esterilizaron en una autoclave eléctrica de vapor durante 15 minutos a una presión de 1,02 kg/cm².

Para establecer los cultivos *in vitro*, se cortaron segmentos de tallo de aproximadamente 5 cm de longitud, de plantas de zarzamora, se sellaron los extremos con parafina fundida y se sometieron a un proceso de esterilización que consistió en lavar con agua de la llave los segmentos, posteriormente se mantuvieron en etanol de 70 por ciento v/v durante 30 segundos, se retiró el etanol y se agregó una solución acuosa de hipoclorito de calcio al 2 por ciento p/v y Tween 20 al 0,5 por ciento. Después de un lapso de 30 minutos se descartó la solución de hipoclorito de calcio y los fragmentos de tallo se lavaron seis veces con agua destilada esterilizada. A continuación se desecaron las yemas de 3-4 mm bajo condiciones de asepsia y se colocó una yema por frasco sobre el medio de cultivo sólido con el ápice de ésta hacia arriba.

Las yemas fueron inicialmente incubadas en la oscuridad por un lapso de 15 días y posteriormente en un medio ambiente iluminado con luz blanca fluorescente (luz incidente de 60 velas-pie). Los cultivos se mantuvieron a una temperatura de 26-28°C.

Resultados y discusión

Los resultados que se presentan a continuación (Fig. 1 y 2) provienen de tres series de experimentos independientes realizados uno en 1977 y dos en 1978. El número de yemas sembradas por medio de cultivo y por experimento fue de 21, 18 y 25. La primera observación se realizó después de un primer período de incubación en la oscuridad de 15 días, encontrándose en los medios normales un 53,46 por ciento de

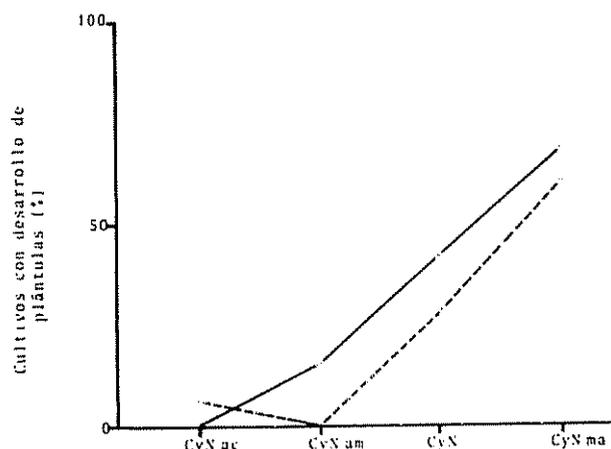


Fig. 1.—Efecto de los productos naturales indicados en la gráfica, sobre el proceso de la diferenciación. Los medios normales se ordenaron de menor a mayor, de acuerdo al número (en por ciento) de plántulas desarrolladas en un período de incubación de 70 días. En línea continua se expresan los resultados de los medios normales y en línea punteada los de los medios diluidos.

contaminación, mientras que en los medios diluidos un 46,54 por ciento. Estos cultivos se desecharon de inmediato. Esta diferencia poco significativa puede deberse a la mayor accesibilidad de nutrimentos para los microorganismos en los medios normales, efecto que se observa también en la velocidad de desarrollo de las yemas. El tipo de desarrollo del material dependió del medio de cultivo en que se encontraba. En los medios que contenían agua de coco, las yemas desarrollaron preferentemente tejido indiferenciado y de una a varias raíces de 2 a 15 mm de longitud. Cuando los medios contenían miel de abeja, las yemas desarrollaron de una a varias raíces vigorosas de aproxi-

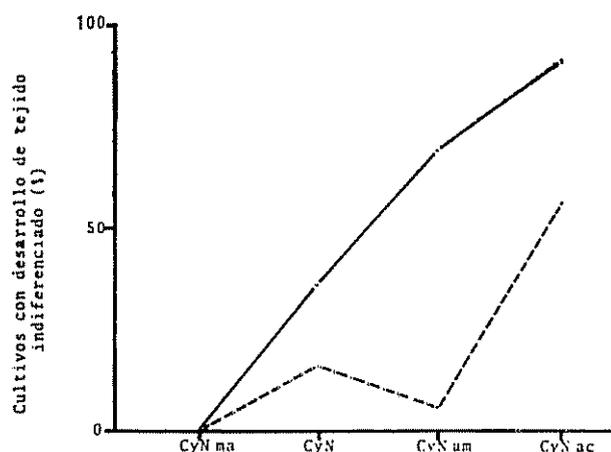


Fig. 2.—Efecto de los productos naturales en estudio, sobre el proceso de desdiferenciación celular. Los medios normales se ordenaron en la gráfica de menor a mayor, de acuerdo al número de yemas (en por ciento) que desarrollaron únicamente tejido indiferenciado acompañado de pequeñas raíces en un período de incubación de 70 días. En línea continua se expresan los resultados de los medios normales y en línea punteada los de los medios diluidos.

Cuadro 1.—Tipo de desarrollo observado en el material biológico, cultivado en los medios que se indica e incubado durante 70 días bajo las condiciones descritas en Materiales y Métodos. Los resultados de cada medio de cultivo están expresados en por ciento.

Tipo de desarrollo	Medio de cultivo							
	CyN	CyN 0.5	CyN ac	CyN ac 0.5	CyN am	CyN am 0.5	CyN ma	CyN ma 0.5
Yemas degeneradas	15,78	4,0	9,1	6,25	7,69	35,29	31,25	13,13
Yemas sin desarrollo aparente		8,0		6,25		23,52		6,66
Yemas con desarrollo de tejido indiferenciado y raíces	36,81	16,0	90,9	56,25	69,22	5,88		
Yemas con desarrollo de raíces	5,26	44,0		25,00				20,00
Yemas que desarrollaron el sistema foliar					7,69	35,29		
Yemas que desarrollaron plántulas completas	42,10	28,0		6,25	15,38		68,75	60,00

madamente 15 mm de longitud pero no tejido indiferenciado. En los medios basales y en los suplementados con agua miel las yemas desarrollaron preferentemente raíces de aproximadamente 20 y 2 mm respectivamente, y muy poco tejido indiferenciado. (Fig. 1 y 2).

El grado de desarrollo de las yemas después de un período de incubación de 55 días en la luz se presenta en el Cuadro 1. En los medios suplementados con

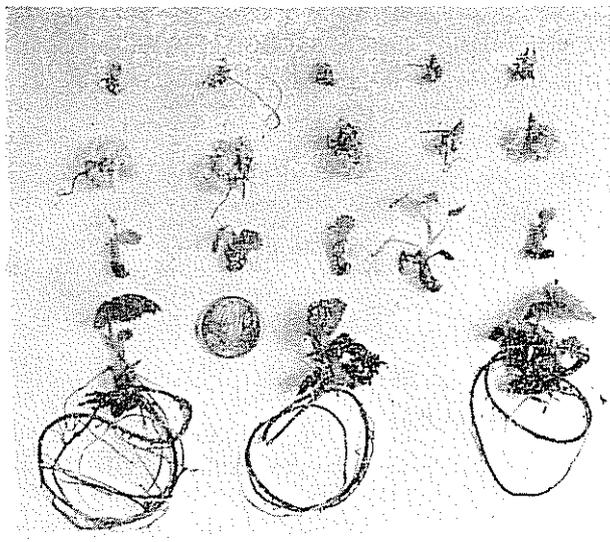


Fig. 3.—Aspecto del desarrollo de las yemas de zarzamora incubadas por un lapso de 70 días según se describe en Materiales y Métodos. De la fila superior a la inferior se muestran yemas que desarrollaron: pequeñas raíces en ausencia de tejido indiferenciado y raíces, sistema foliar sin el radical, plántulas completas. Las plántulas que se muestran en la última fila se obtuvieron en el medio de cultivo suplementado con miel de abeja. Las plántulas desarrolladas en otros medios presentaron un sistema radical poco desarrollado.

miel de abeja se desarrollaron plantas completas sin producción aparente de tejido indiferenciado. La parte aérea de la planta alcanzó longitudes de 10 a 30 mm mientras que las raíces de 5 a 210 mm de longitud y en número variable por planta, lo cual se ilustra en la última fila de plántulas en la Figura 3.

En los medios CyN las yemas desarrollaron plántulas de 10 a 40 mm de longitud y en lo que era la base de la yema en algunos casos se desarrolló tejido indiferenciado con áreas de pigmentación verde, crema y rosa. En otros casos las yemas desarrollaron tejido indiferenciado con o sin pequeñas raíces cuya apariencia se muestra en la segunda fila de muestras en la Figura 3. Cuando el medio fue suplementado con aguamiel, las yemas desarrollaron preferentemente tejido indiferenciado de pigmentación verde o crema con o sin raíces pequeñas o bien plántulas sin raíces en el caso del medio CyN am 0,5.

El agua de coco promovió el desarrollo de tejido indiferenciado de pigmentación verde o crema y pequeñas raíces. (Fig. 2).

En general, en los medios normales, el grado de desarrollo alcanzado fue siempre mayor.

El medio CyN seleccionado para este estudio, que contiene la auxina ácido indol-3-butírico, induce la diferenciación de las yemas de zarzamora hasta el límite máximo o sea el desarrollo de yema a planta. Los productos naturales utilizados deben interaccionar de manera diferente con esta fitohormona (23) o en general, con el mecanismo que regula los procesos de la diferenciación celular. La miel de abeja es de los productos naturales probados en este estudio, el único que promueve el desarrollo de la yema en planta sin aparente producción de tejido indiferenciado, mientras que el aguamiel y el agua de coco en mayor grado interfieren con este proceso induciendo la producción

de tejido indiferenciado, lo cual se puede apreciar en la Figura 2.

En trabajos anteriores se ha demostrado que el efecto del aguamiel es específico y reproducible en otros tejidos vegetales probados (5, 11, 12). El mismo tipo de reproductibilidad se ha obtenido con la miel de abeja colectada en las localidades de Jalapa, Ver., Tepoztlán, Mor. y Uruapan, Mich. al efectuar bioanálisis utilizando tejido de hoja de *Phaseolus vulgaris* y *Lycopersicon esculentum* (trabajo en preparación). Con el objeto de estudiar estas propiedades del aguamiel y de la miel de abeja se está experimentando con tejidos y órganos de un mayor número de plantas.

Resumen

Yemas axilares del tallo de zarzamora (*Rubus* sp) variedad 'Himalaya' se cultivaron *in vitro* en el medio basal sólido de Cresswell y Nitsch, el cual fue suplementado con agua de coco, aguamiel o con miel de abeja. Las yemas se incubaron a una temperatura de 26-28°C y en un medio ambiente iluminado. Mientras que los medios suplementados con agua de coco y aguamiel inducen preferentemente la producción de tejido indiferenciado, el medio basal y el suplementado con miel de abeja promueven el desarrollo de plántulas sin producción de tejido indiferenciado en un período de incubación de 70 días.

Literatura citada

- ADAMS, A. N. An improved medium for strawberry meristem culture. *Journal of Horticultural Science* 47:263-264. 1972.
- ALCONERO, R., SANTIAGO, A. G., MORALES, F. y RODRIGUEZ, F. Meristem tip culture and virus indexing in sweet potatoes. *Phytopathology* 65: 769-773. 1975.
- BOXUS, P. The production of strawberry plants by *in vitro* micro-propagation. *Journal of Horticultural Science* 49: 209-210. 1974.
- BROOME, O. C. y ZIMMERMAN, R. H. *In vitro* propagation of blackberry. *HortScience* 13: 151-153. 1978.
- CARRILLO-CASTAÑEDA G. y LOPEZ, M. C. Efecto del aguamiel y del agua de coco en citocultivos de plantas herbáceas y leñosas. *Agrociencia* 28: 111-113. 1977.
- CRESSWELL, R. y NITSCH, C. Organ culture of *Eucalyptus grandis* L. *Planta* 125: 87-90. 1975.
- HANNING, E. Zur physiologie pflanzlicher Embryonen. I. Über die cultur von Cruciferen-Embryonen ausserhalb des Embryosacks. *Bot Zeit* 62 (1904): 45-80.
- HERMAN, E. B. y HAAS, G. J. Clonal propagation of *Coffea arabica* L. from callus culture. *HortScience* 10: 588-589. 1975.
- KASSANIS, B. The use of tissue cultures to produce virus-free clones from infected potato varieties. *Annals of Applied Biology* 45:422-427. 1957.
- LIU, M. C. y CHEN, W. H. Tissue and cell culture as aids to sugarcane breeding. I. Creation of genetic variation through callus culture. *Euphytica* 25: 393-403. 1976.
- LOPEZ PERALTA M. C., CARRILLO-CASTAÑEDA, G. y SALCEDA, V. M. Estudio sobre el desarrollo de citocultivos de *Phaseolus vulgaris* L. y *Lycopersicon esculentum* en medios suplementados con aguamiel y agua de coco. I. Fisiología de los cultivos estáticos y en suspensión. *Agrociencia* 31: 65-73. 1978.
- LOPEZ PERALTA M. C., CARRILLO-CASTAÑEDA, G. y SALCEDA, V. M. Estudio sobre el desarrollo de citocultivos de *Phaseolus vulgaris* L. y *Lycopersicon esculentum* en medios suplementados con aguamiel y agua de coco. II. Cultivo y diferenciación de los meristemos apicales del tallo. *Agrociencia* 31: 75-81. 1978.
- MACDONALD, D. M. Heat treatment and meristem culture as a means of freeing potato varieties from viruses X and S. *Potato Research* 16:263-269. 1973.
- MANIE, S., BOLL, W. G. Comparison of growth and extracellular polysaccharide of cotyledon cell suspension cultures of bush bean (*Phaseolus vulgaris* cv. 'Contender') grown in coconut milk medium and synthetic medium. *Canadian Journal of Botany* 53: 1542-1548. 1975.
- MAUNEY, J. R., HILLMAN, W. S., MILLER, C. O., SKOOG, F., CLAYTON, R. A. y STRONG, F. M. Bioassay, purification, and properties of a growth factor from coconut. *Physiologia Plantarum* 5: 485-497. 1952.
- MOREL, G. M. Producing virus-free Cymbidiums. *American Orchid Society Bulletin* 29. 1960. pp. 495-497.
- MURASHIGUE, T. y SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497. 1962.
- NICKELL, L. G. y HEINZ, D. J. Potential of cell and tissue culture techniques as aids in economic plant improvement. In *Genes, Enzymes and Populations*. A.M. Srb (ed), New York, Plenum, 1975. pp. 109-128.
- ROEST, S. y BOKELMANN, G. S. Vegetative propagation of *Solanum tuberosum* L. *in vitro*. *Potato Research* 19: 173-178. 1976.
- SHANIZ, E. M. y STEWARD, F. C. Coconut milk factor: the growth promoting substances in coconut milk. *Journal of the American Chemical Society* 74: 6133-6135. 1952.
- STARITSKY, G. Embroid formation in callus tissues of coffee. *Acta Botanica Neerlandesa* 19:509-514. 1970.
- STEWART, F. C., AMMIRATO, P. V. y MAPES, M. O. Growth and development of totipotent cells. Some problems, procedures and perspectives. *Annals of Botany* 34: 761-787. 1970.
- STEWART, F. C. y CAPLIN, S. M. A tissue culture from potato tuber: The synergistic action of 2,4-D and of coconut milk. *Science* 113: 518-520. 1951.

24. STEWARD, F. C y MAPES, M. O. Morphogenesis in aseptic cell cultures of *Cymbidium*. Botanical Gazette 132: 65-70. 1971
25. TULECKE, W., WEINSTEIN, I. H., RUTNER, A. y LAURENCOT, H. J. The biochemical composition of coconut water (coconut milk) as related to its use in plant tissue culture. Contributions of the Boyce Thompson Institute 21: 115-128. 1961.
26. VAN OVERBEEK, J., CONKLIN, M. E. y BLAKESLEE, A. F. Factors in coconut milk essential for growth and development of very young *Datura* embryos. Science 94: 350-351. 1941.
27. VINE, S. J. Improved culture of apical tissues for production of virus-free strawberries. Journal of Horticultural Science 43: 293-297. 1968
28. WANG, P. J. y HUANG, L. C. Callus cultures from potato tissues and the exclusion of potato virus X from plants regenerated from shoot tips. Canadian Journal of Botany 53: 2565-2567. 1975.
29. WIMBER, D. E. Clonal multiplication of *Cymbidiums* through tissue culture of the shoot meristem. American Orchid Society Bulletin 32. 1963. pp 105-107

Notas y Comentarios

Identificación microscópica de cultivares

Algún día las micrografías del microscopio electrónico de barradura pueden llegar a ser parte de las solicitudes de patentes de plantas cultivadas, suplementando las tradicionales descripciones de la morfología y estructura de la planta. Esto afirma el Dr. Charles R. Krause, fitopatólogo de la Administración de Ciencia y Educación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*Agricultural Research* vol 27, Nº 9).

El Dr. Krause encontró que el microscopio electrónico de barradura, que produce una imagen tridimensional de un espécimen sobre una pantalla de televisión, aumentada hasta 200.000 veces, muestra características foliares suficientemente claras como para identificar hasta un clon específico. Un clon es un cultivar reproducido vegetativamente a partir de una sola planta.

Krause pudo identificar cultivares de olmo americano (*Ulmus americana*), originados de estacas, con árboles de los que se originaron, usando este método de "huellas digitales".

Olmos de tres años, iniciados de estacas de dos árboles de diferentes procedencias, se plantaron en el invernadero y en campo abierto. Se colectaron muestras de hojas mensualmente y se compararon con hojas tomadas de los árboles originales. Las imágenes resultantes del microscopio electrónico de barradura mostraron diferencias consistentes en la apariencia de los estomas y en los tricomas (pelos foliares) entre los dos grupos, aun en aumentos de sólo 100 veces.

La forma y números de los tricomas así como la forma y tamaños de los estomas suministraron las diferencias más importantes en la apariencia. La identificación de clones de olmo puede hacerse claramente mediante estas diferencias. Así, los tricomas de uno de los clones, tenían unas células basales de una configuración esteliforme; en cambio, los tricomas del otro clon no presentaban esas células basales.

El laboratorio que dirige el Dr. Krause en Delaware, Ohio, está ahora estableciendo características diferenciales en clones de arce, rosales y cultivares de otras plantas.

Publicaciones

Boletín Rural. El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica ha iniciado la publicación de *Boletín Rural*, destinado a dar a conocer la labor de sus reparticiones en beneficio del sector agropecuario del país. En forma de periódico tabloide, de ocho páginas, está editado por la Unidad de Información Técnica. No se indica la periodicidad ni tiene

fecha el primer número. Tiene notas cortas de temas de interés como la moniliasis del cacao (por Gustavo Enriquez), la caña de azúcar (de Franklin Aguilar), el trigo en Costa Rica (de Antonio Zumbado), la historia del banano en Costa Rica (de Alfonso Jiménez) y otros más. Nos enteramos, entre otros casos, que durante la Colonia se exportó trigo en Costa Rica a países vecinos.

Protección de los lechones contra males intestinales

Un enfoque nuevo radicalmente diferente en la prevención de una de las más importantes infecciones intestinales ha emergido de investigaciones realizadas en el Unilever Research Institute en Bedfordshire, Inglaterra. El nuevo método, que ya está en servicio activo en las fincas, se basa no en la medicación masiva de los cerdos con antibióticos (muy criticado en los últimos meses) sino en estimular los propios sistemas de defensa de los cerdos (*Veterinary Record*, Vol. 104, p. 494).

La enfermedad en cuestión es una forma severa y a menudo letal de diarrea de los lechoncitos, causada por algunas cepas de la familiar bacteria, *Escherichia coli*. La bacteria se encuentra en las heces de casi todos los mamíferos, incluso el hombre, en grandes números. En el colon, donde está su sitio, no hace ningún daño. En un lechón joven, sin embargo, que no ha desarrollado todavía un estómago ácido, que actúa como barrera contra la infección, *E. coli*, puede penetrar en las partes superiores del intestino, si el lechón husmea por donde está el estiércol de su madre. Los resultados pueden ser catastróficos, y el problema se hace todavía peor por el hecho de que la excreción de *E. coli* de la madre se eleva grandemente con la tensión de dar a luz justamente cuando el lechón recién nacido está más desamparado.

En el pasado, los intentos de ayudar a los lechones durante este período se han concentrado en la vacunación de la marrana, inyectándole con partículas de *E. coli* muertas, en la esperanza de que elabore anticuerpo a esas partículas. Como todos los animales domésticos, el lechón recién nacido recibe todos sus anticuerpos de su madre en el calostro. El problema está en que el anticuerpo que se encuentra en la leche después de la inyección, aunque es abundante, no es el tipo más útil para el cerdo recién nacido. Una manera de obtener la clase correcta del anticuerpo era dar a la marrana el *E. coli* en su alimento, para estimular su sistema inmunológico vía el intestino, pero esto aumenta el nivel de excreción de las bacterias en el suelo, una de las cosas que el agricultor quiere reducir.

El nuevo esquema, que presentan J. Chidlow y P. Porter, de la Unilever, es un ataque de dos pinzas contra la bacteria y está probando ser muy eficaz. La cerda misma es alimentada con los extractos de *E. coli* muerto antes de que dé a luz

su lechigada. Esto es seguido por una inyección de la misma "vacuna". El resultado es que el nivel de anticuerpos en el calostro es el tipo correcto (IgM) y a un nivel del doble del de los cerdos que han recibido la inyección convencional.

Los ensayos de campo del nuevo sistema son impresionantes. Los cerdos tratados mostraron sólo una marginal enfermedad: un lechoncito murió de un grupo de 43. En el grupo testigo, sin vacunación, el 75 por ciento de los lechones murieron a consecuencia del *E. coli*.

Este nuevo sistema es único en que permite todavía la presencia de *E. coli* en el intestino, lo que provoca que se desarrolle la inmunidad en los animales, pero previene que las bacterias produzcan la enfermedad. Los antibióticos pueden ciertamente matar al *E. coli*, pero entonces dejan al cerdo indefenso contra un futuro ataque. Con la preocupación actual sobre el abuso de drogas en la agricultura y los temores sobre el desarrollo de resistencia a antibióticos en las bacterias, este nuevo sistema está destinado a ser adoptado por los criadores progresistas de cerdos.

El ácido fórmico como almacenador de energía

El ácido fórmico, la sustancia responsable por la punzada de una ortiga, podría almacenar el exceso de energía eléctrica de fuentes intermitentes, tales como células fotovoltaicas y generadores de viento.

Richard Crandall, Richard Williams y Allen Bloom, de los Laboratorios de la RCA, en Princeton, New Jersey, han mostrado como el ácido fórmico puede ser fácilmente descompuesto en hidrógeno y dióxido de carbono, siendo el hidrógeno un combustible útil. El ácido puede hacerse por electrólisis (la reducción electroquímica del dióxido de carbono) y usado después como una fuente de hidrógeno cuando sea necesario (*Applied Physics Letters*, Vol. 33, p. 381).

Los investigadores encontraron que la electrólisis ocurre en un electrolito de bicarbonato de sodio acuoso y cloruro de tetrametilamonio con un electrodo de níquel amalgamado. El dióxido de carbono se deja escapar sobre el electrodo o el gas podría disolverse en el electrolito. Los investigadores manifiestan que la concentración del ácido fórmico producido por electrólisis, equivale a almacenar hidrógeno a una presión de 100 atmósferas.

El ácido fórmico no necesita equipo criogénico (como lo necesita el hidrógeno) para mantenerlo en estado líquido. La solución acuosa del ácido producido por electrólisis puede ser almacenada por años, y cuando se necesita el hidrógeno, la solución se descompone al agregarle un catalítico de paladio sostenido en partículas finas de carbón.

En los experimentos, la descomposición dio hidrógeno, a la presión atmosférica, para usarse como fuente de energía no contaminadora. Alternativamente, el ácido fórmico mismo puede ser usado como un combustible (aunque esto probablemente cause problemas de polución).

La eficiencia total de este nuevo método de almacenar energía es 60 por ciento. El efecto combinado de elaborar ácido fórmico de dióxido de carbono, usando energía eléctrica y después descomponer el ácido para obtener hidrógeno y dióxido de carbono, es el mismo que electrolizar el agua por una ruta directa.

Acción de las células asesinas de la sangre

Las células T citotóxicas, los linfocitos "asesinos" del sistema inmunológico, pueden no matar por una acción directa sobre la membrana celular, a las células que ellas están diseñadas para destruir. Este hallazgo, que va algo en contra de algunas hipótesis previas sobre las tácticas mortales de los linfocitos, viene del departamento de investigación de la firma farmacéutica Hoffman la Roche, en Basilea, Suiza (*Immunology*, Vol. 36, p. 178).

Los invasores extraños al cuerpo estimulan la acción de los linfocitos del sistema inmunizador, los que se ocupan entonces de una variedad de actividades dirigidas a destruir al invasor. Las células de una población, (las células B) secretan anticuerpos proteínicos hechos para adherirse al invasor específico. Las células de otro grupo (células T) cumplen un número mayor de papeles. Algunas ayudan a las células B a producir anticuerpos, otras suprimen la misma función; pero un grupo, las células T citotóxicas, son los "matones" del sistema inmunológico.

Cuando están propiamente programadas, estas células vagan por el sistema circulatorio con el tipo de célula objetivo firmemente impreso en sus receptores de superficie. Cuando la encuentran, la matan. Aunque hay muchos ejemplos bien documentados de esta inmunidad mediante células, todavía no se sabe precisamente cómo estos pequeños y eficientes asesinos despachan sus objetivos.

A Matter decidió filmar esta interacción entre estos linfocitos matadores y sus víctimas usando microcinematografía, y combinó su estudio con un análisis con microscopio electrónico de cada fragmento de la acción.

Primero crió una población de las células T fitotóxicas, preparadas para matar células de tumores malignos que fueron entonces usadas como blancos. Las células se mezclaron y las cámaras empezaron a funcionar. La película mostró que la interacción siempre seguía un patrón similar. Primero vino la fase de reconocimiento, en la cual las células T reptan al azar sobre el objetivo; entonces las membranas de los dos combatientes entran en un contacto muy estrecho. Repentinamente, la membrana de la célula objetivo comienza a hincharse irregularmente, y en esta etapa está efectivamente muerta.

Debido al contacto muy estrecho entre las membranas, muchos investigadores anteriores han sugerido que la rotura de la membrana es la causa directa de la muerte de las células objetivos. Sin embargo, las figuras del microscopio electrónico hechas en este estudio parecen mostrar que las ampollas en la membrana superficial coinciden con roturas catastróficas dentro de la célula, que comprenden al núcleo, mitocondrios y otros orgánulos de la célula víctima. Esto sugiere que el mensaje de "autodestrucción" puede bien venir de adentro de la célula víctima, provocado por una secreción o acción física de la célula T que está sentada en su superficie.

Todavía no se sabe, con certeza, qué cosa es este agente que provoca la acción, y no se puede todavía eliminar la posibilidad de que es la rotura de la superficie del objetivo lo que provoca el suicidio de la célula, aun cuando no sea la causa final de la muerte.

Insectos que destoxifican a las plantas venenosas

Una nueva escaramuza en la guerra química entre las plantas y sus predadores ha sido observada por investigadores de la Universidad de Cornell. Una contradefensa usada por insectos para combatir el arsenal químico, poderoso y proactivo, de ciertas plantas, ha sido descrita recientemente por Lena B. Brattsten, F. Wilkinson y T. Eisner (*New York's Food and Life Sciences Quarterly* 11 (3): 23, 1978).

Encontraron que plantas venenosas comidas por el gusano trozador del sur (*Prodenia eridania*) activan las enzimas defensivas del insecto hacia una actividad incrementada. Este sistema enzimático, que se ha encontrado en el intestino de *Prodenia* (y de otros insectos, Cf. *Turrialba* Vol. 29, p. 1979), actúa como un desagüe bioquímico y descompone sustancias potencialmente peligrosas, ya sea provenientes de plantas, drogas, plaguicidas u otros productos sintéticos.

Los investigadores de Cornell buscan una explicación de la manera cómo funciona este complejo sistema porque el hombre también tiene su sistema que descompone sustancias nocivas. En futuras investigaciones, los científicos esperan definir el ámbito de la capacidad de este sistema enzimático para proteger a los animales, y también para determinar las diferencias bioquímicas entre los sistemas de diferentes especies. Esta información los ayudará a diseñar insecticidas con toxicidad selectiva.