

ENCUENTROS EN LA BIOLOGÍA

Editor: Salvador Guirado. Comité editorial: Ramón Muñoz-Chápuli, Antonio de Vicente, José Carlos Dávila, Francisco Cánovas, Francisca Sánchez Jiménez, Luis Javier Palomo, Antonio Flores, Félix L. Figueroa, Juan A. García Galindo. Editado con la colaboración del I.C.E. de la Universidad de Málaga.

BIOLOGÍA VEGETAL

CUTÍCULA VEGETAL Y CONTAMINACIÓN MEDIOAMBIENTAL

La cutina es el biopolímero de naturaleza lipídica que constituye el almacén protector que cubre las superficies externas de las plantas superiores. Está perfectamente determinado que la cutina es el principal componente de la membrana cuticular o cutícula, la cual se presenta como una fina y continua capa extracelular en la superficie de las células epidérmicas de hojas y frutos. La cutina es un poliéster de elevado grado de entrecruzamiento constituido por ácidos grasos hidroxilados de cadena larga (principalmente C_{16} y C_{18}) y, asociado con ceras de composición variable y probablemente algunos componentes de naturaleza fenólica; constituye una auténtica barrera protectora frente a la excesiva pérdida de agua, radiación ultravioleta e invasión de la planta por patógenos.

La membrana cuticular actúa como la interfase entre la célula vegetal y el medio externo. Es, por tanto, clave el papel que representa en la potencial degradación de determinados ecosistemas debido al problema de la denominada lluvia ácida y contaminación medioambiental. La investigación sobre este complejo tema tomando a la cutícula vegetal como objetivo directo de trabajo ha sido hasta este momento escasa y, como se verá más adelante, con una metodología y fines muy variables.

Las plantas pueden acumular contaminantes de muy diversa naturaleza después de su deposición en el suelo a través de las raíces o a partir de la adsorción foliar de dichos contaminantes desde la atmósfera. Si consideramos que la superficie foliar de plantas herbáceas y leñosas es unas 20 veces mayor que la correspondiente área del suelo sobre el cual se desarrollan y que la

cantidad de material de procedencia cuticular en bosques y otras comunidades agrícolas varían entre 180 y 1500 kg/ha [Sabljic *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, 24, 1321 (1990)], la importancia de la membrana cuticular vegetal queda claramente marcada.

Según las conclusiones formuladas en el congreso sobre *Air pollutants and the leaf cuticle* [NATO ASI series, vol. 36, 1994] celebrado el año pasado en Fredericton (Canadá), es preciso definir claramente las características a nivel cuticular que han de usarse para la detección y cuantificación del impacto que la contaminación ambiental ejerce sobre la interfase planta/atmósfera. Estas son: la morfología y características de las ceras epicuticulares (erosión, parámetros cristalinidad, propiedades físicas tales como el punto de fusión), las propiedades de mojado de la superficie cuticular (ángulo de contacto de gotas) y la cuantificación del conjunto total de ceras epi e intracuticulares. Por otro lado, es preciso considerar la localización exacta de las interacciones que se producen entre los contaminantes atmosféricos, en disolución acuosa, y la superficie foliar. Así, se puede considerar que coexisten tres fases simultáneamente en la zona inmediatamente próxima a la superficie de una hoja: una fase líquida que corresponde a la capa de agua que moja la superficie externa y al agua unida a grupos polares de la cutina o formando *clusters* dentro de la ultraestructura

cuticular; una segunda fase, de naturaleza lipídica, determinada por las ceras cuticulares y por la cutina, y una tercera fase gaseosa localizada a nivel de la región próxima a la superficie cuticular (*boundary layer*). Los compuestos químicos, gases en su mayoría, que interactuarán a este nivel son variados, pudiéndose ser divididos entre los denominados compuestos antropogénicos (SO_2 , O_3 , NO_x , CFC, CO_2), biogénicos (CO_2 , H_2O , C_2H_2 , isopreno, -pineno) o compuestos originados como consecuencia de la reducción biológica de algunos contaminantes: H_2S a partir de SO_2 y NH_3 a partir de NO_x .

La fase líquida comentada anteriormente puede actuar como una especie de "fregadero" de muchos contaminantes solubles en agua, pero la formación de nuevos compuestos puede tener lugar también en esta fase. Así, se ha descrito la formación de sulfato amónico a partir de NH_3 y SO_2 , la formación de peróxido de hidrógeno a partir de ozono y agua, la formación de ácidos (sulfúrico, nítrico) y de radicales hidroxilo. Es preciso apuntar que el papel concreto en esta fase líquida de diversos iones procedentes del interior celular está aún por determinar.

La fase lipídica actúa como un sumidero de microcontaminantes de naturaleza orgánica. Estos son acumulados, principalmente, en las ceras epicuticulares. Se han descrito reacciones del ácido sulfúrico formado en la fase líquida con los grupos hidroxilo de los alcoholes primarios y secundarios de cadena larga que están presentes en las cutículas de muchas especies, especialmente gimnospermas. El resultado final conduce a la formación de compuestos sulfonados de propiedades análogas a

<i>Cutícula vegetal y contaminación medioambiental</i>	1
<i>Glutamato y muerte neuronal excitotóxica</i>	2
<i>El Mediterráneo en el Plioceno, ¿un mar tropical?</i>	3
<i>La floración: algo tan hermoso y tan complejo</i>	5
<i>Nuevas alternativas en el diseño de herbicidas</i>	5
<i>Noticias</i>	6
<i>Diversidad. El ámbito científico-tecnológico de la diversificación curricular</i>	7

detergentes iónicos. Adicionalmente, se han descrito reacciones del ozono con hidrocarburos saturados e insaturados de cadena larga de las ceras epicuticulares. Por otro lado, a nivel de la cutina, ha sido descrita la acumulación de NO_x en determinados compuestos fenólicos de la misma. Esta acumulación en la matriz cuticular es irreversible e implica una auténtica nitración de la membrana cuticular.

Por último, las interacciones y reacciones que se presentan en la denominada fase gaseosa son muy heterogéneas. En esta fase ha sido observada la formación de oxidantes fuertes a partir de reacciones entre NO_2 y O_3 , catalizadas por radiación UV, y la presencia de compuestos insaturados. Puede ocurrir, además, la formación de diversos radicales oxidantes por reacción del ozono en agua y la formación de formaldehído y peróxido

de hidrógeno a partir del ozono y del etileno producido por la planta en situaciones de estrés.

Como conclusión debe quedar claro que determinadas características de la superficie foliar son modificadas por contaminantes atmosféricos y que la presencia de determinados compuestos incrementa la posible formación de productos de distinta naturaleza y más reactivos. Es deseable, en el futuro próximo, el uso e investigación de características a nivel cuticular más sofisticadas y de nuevas técnicas de trabajo para una más sensible detección y conocimiento del modo de acción de los contaminantes antropogénicos.

A. Heredia y P. Luque (Profesor Titular de Bioquímica y Becaria de Investigación, respectivamente).

teínas G y modulan la liberación de calcio a partir de depósitos intracelulares (ver figura)

En condiciones 'normales' el glutamato liberado en las sinapsis por la actividad de las neuronas excitadoras es eliminado rápidamente del espacio extracelular, fundamentalmente por la recaptación por los propios terminales presinápticos y por las células de la glia, lo que limita la actuación de este aminoácido sobre la neurona postsináptica. Sin embargo, en determinadas condiciones patológicas del sistema nervioso se produce una acumulación tóxica de glutamato en el espacio extracelular cerebral debida, probablemente, a un fallo en la captación de glutamato por parte de las neuronas y la glia.

Las propiedades neurotóxicas del glutamato fueron apreciadas por primera vez a finales de los años 60, cuando Olney observó que la administración por vía parenteral de glutamato producía una degeneración masiva en determinados núcleos hipotalámicos y otras regiones cerebrales que no poseían barrera hemato-encefálica. Más tarde, Olney y sus colegas demostraron que la inyección directa de glutamato (o sus análogos) en el cerebro producía daños dramáticos de los cuerpos celulares y las dendritas de las neuronas, no afectando prácticamente a los axones ni a la glia circundante. Como ya se conocía el papel fisiológico excitador del glutamato,

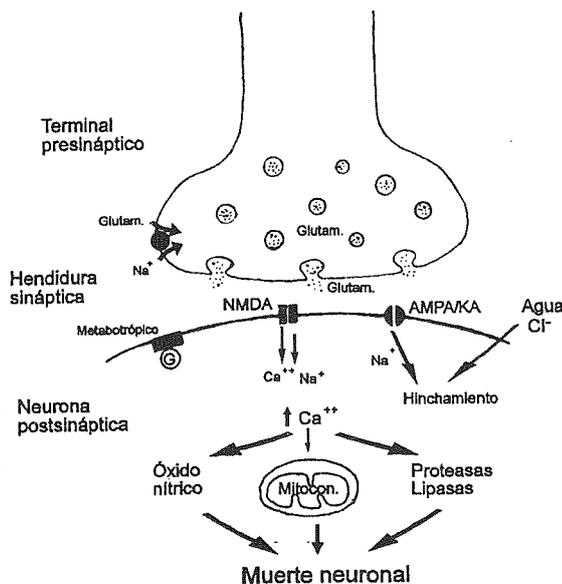
Olney llamó a este fenómeno 'excitotoxicidad'. Al principio, no se prestó demasiada atención al descubrimiento de Olney y sus colaboradores sobre la relación entre el glutamato y la neurotoxicidad. Sin embargo, la producción de neurotoxicidad en primates jóvenes tras la administración oral de grandes cantidades de glutamato, hizo resurgir los trabajos de Olney y planteó serias dudas sobre la práctica, común por aquella época en los Estados Unidos, de añadir glutamato a los alimentos infantiles como 'potenciador del sabor' (finalmente se

BIOLOGÍA CELULAR

GLUTAMATO Y MUERTE NEURONAL EXCITOTÓXICA

Hablar de glutamato en el ámbito del sistema nervioso es como hablar de excitación, ya que este aminoácido es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central de vertebrados. Su acción como transmisor está mediada por diferentes tipos de receptores, denominados comúnmente con las siglas de los análogos sintéticos que se unen selectivamente a ellos y los activan: **AMPA** (α -amino-3-hidroxi-5-metil-5-isoxazolepropionato), **KA** (ácido kaínico) y **NMDA** (N-metil-D-aspartato). La acción específica del glutamato sobre la neurona postsináptica depende del receptor al que se una. Así, la unión del glutamato a los receptores **AMPA/KA** provoca la apertura de canales para el ion sodio, el cual entra en la neurona siguiendo un gradiente electroquímico y produce una despolarización de la membrana postsináptica. Esta acción del glutamato sobre los receptores **AMPA/KA** es muy rápida y de corta duración, debido a que el tiempo que permanece el neurotransmisor en la hendidura sináptica (estrecho espacio extracelular que queda entre el botón presináptico y la membrana postsináptica) es extraordinariamente breve (del orden de milisegundos) y también debido a que el receptor se desensibiliza en cuestión de

milisegundos. El glutamato también puede unirse a los receptores **NMDA** produciendo una acción más lenta sobre la neurona postsináptica. Una propiedad especial del receptor **NMDA** es que su activación provoca la apertura de canales que son muy permeables al ion calcio (además de al sodio), con lo cual entran en la neurona postsináptica cantidades relativamente grandes de calcio a través de esta vía. Además de a estos receptores, el glutamato puede activar a receptores **metabotrópicos** (denominados así, en contraposición a los anteriores o ionotrópicos, porque tienen una acción metabólica en vez de iónica directa). Estos receptores están acoplados a pro-



Estos receptores están acoplados a pro-