



Espectroscopia 2D ultrarrapida investiga la separación de cargas en el fotosistema de las plantas

Un equipo de investigadores liderado por IBEC e ICFO ha desarrollado y validado una nueva técnica de espectroscopia de electrones fotoelectroquímica para investigar la dinámica de separación de cargas, un paso crucial de la fotosíntesis, en complejos fotosintéticos.

September 12, 2024

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual algunos organismos (por ejemplo, plantas, algas y algunas bacterias) transforman la energía lumínica en energía química. Este proceso comienza con la absorción de luz (fotones) por parte de ciertos pigmentos (principalmente clorofila) y termina con un flujo de electrones que desencadena la síntesis de portadores de energía.

Un paso intermedio que aun no se ha explorado directamente, principalmente porque ocurre en escalas de tiempo ultrarrápidas, es la llamada **separación de cargas**. Una vez que el

pigmento absorbe un foton, un electron es excitado a un nivel de energia superior. Esta energia adicional se transfiere a ubicaciones especificas, llamadas centros de reaccion, provocando que, de nuevo, un electron de la clorofila en esos centros se excite y se transfiera a otro complejo (la molecula aceptora). Como resultado, la clorofila se carga positivamente, lo que significa que ha ocurrido la separacion de cargas. Esta diferencia de carga es crucial porque establece un flujo de electrones de alta energia que impulsara el resto del proceso fotosintetico.

Para descifrar los complejos fotosinteticos e idear nuevas estrategias fotosinteticas, es clave investigar las rutas que conducen hasta la separacion de cargas. Este fenomeno ha sido abordado recientemente en un trabajo conjunto entre los investigadores del ICFO, el **Dr. Luca Bolzonello** y el **Profesor ICREA Niek F. van Hulst**, y el IBEC, tambien en colaboracion con la Universidad de Padua y la Vrije Universiteit Amsterdam. El equipo ha desarrollado y validado una nueva tecnica de Espectroscopia Electronica Bidimensional Foelectroquimica (PEC2DES, por las siglas en ingles), que permite investigar directamente la dinamica de la separacion de cargas en complejos fotosinteticos. Su metodo fue presentado en ACS Applied Materials and Interfaces.

¿Creo que nuestros resultados son muy significativos porque **hemos proporcionado una nueva forma de acceder directamente a los procesos de separacion de cargas, que son cruciales para entender la fotosintesis**¿, destaca el Dr. Luca Bolzonello, primer coautor del articulo

. A diferencia de los metodos opticos tradicionales, PEC2DES combina de manera unica a deteccion foelectroquimica (PEC) con la espectroscopia no lineal (2DES), permitiendo investigar el evento de la separacion de cargas de manera selectiva y revelando pistas importantes sobre las dinamicas de excitacion y transferencia de cargas dentro de sistemas fotosinteticos complejos. Mas importante aun, esta tecnica puede estudiar la dinamica ultrarrapida de los excitones dentro del sistema con solo medir directamente el producto de la fotosintesis, es decir, las cargas electricas que se mueven a lo largo de la cadena de transporte de electrones

Combinando PEC y 2DES para obtener PEC2DES

Para validar su metodo, los investigadores utilizaron el Complejo Fotosistema I-Complejo de Captacion de Luz I (PSI-LHCI, por las siglas en ingles) como sistema modelo, donde la absorcion de luz por 'clorofilas de antena' se utiliza para impulsar la separacion de cargas en el centro de reaccion.

Primero, desarrollaron el sistema foelectroquimico (PEC) para medir la corriente generada por los complejos PSI-LHCI. Luego, integraron este sistema con un sistema de espectroscopia electronica bidimensional (2DES). **Esta combinacion sin precedentes de PEC y 2DES dio lugar a la tecnica PEC2DES presentada en su estudio, que por primera vez identifico las cargas generadas durante la separacion de cargas.**

Los principales obstáculos que encontramos fueron la necesidad de mantener a estabilidad de la muestra durante largos periodos de tiempo, algo que las mediciones de PEC2DES siempre requieren, y la dificultad de interpretar la señal PEC2DES, recuerda Bolzonello. Aunque descubrimos que la técnica es ciega ante algunas características ultrarrápidas, hemos allanado el camino para resolver dichos problemas.

Perspectivas futuras: hacia sistemas fotosintéticos artificiales

El equipo acaba de abrir la puerta para rastrear la dinámica ultrarrápida de los procesos de separación de cargas con la técnica PEC2DES. En un futuro cercano, les gustaría perfeccionar su herramienta identificando y minimizando los efectos de la mezcla incoherente, un fenómeno no deseado que contamina el objeto de estudio, en este caso, la dinámica de separación de cargas. También consideran explorar la aplicación de esta técnica a otros complejos fotosintéticos o dirigirla a sistemas artificiales donde el efecto de la mezcla incoherente, la principal limitación de esta nueva técnica, se minimice.

Según los investigadores, el descubrimiento podría utilizarse en dispositivos biohíbridos y sensores que dependen del control preciso y la comprensión de los procesos de transferencia de electrones dentro de ensamblajes de proteínas complejas. Bolzonello también sugiere que una de las aplicaciones prometedoras de PEC2DES podría ser el diseño y la optimización de sistemas fotosintéticos artificiales, lo que a su vez podría mejorar la eficiencia de la conversión de energía solar.

Referencia:

Manuel Lopez-Ortiz, Luca Bolzonello, Matteo Bruschi, Elisa Fresch, Elisabetta Collini, Chen Hu, Roberta Croce, Niek F. van Hulst, y Pau Gorostiza. ACS Applied Materials & Interfaces 2024 16 (33), 43451-43461. DOI: 10.1021/acsami.4c03652