



Bisulfito de sodio de menadiona encapsulado en nanopartículas de quitosano para mejorar las propiedades bioestimulantes contra la sequía



Los estreses ambientales (abióticos), temperaturas extremas (calor frío), salinidad, déficit de nutrientes, inundación o sequía representan la mayoría de las pérdidas agrícolas en todo el mundo, considerándose actualmente como el mayor riesgo para la producción de cultivos, alcanzando una pérdida de 124 mil millones de dólares entre 1998 y 2017.

En las Islas Canarias la sequía está afectando seriamente a los cultivos, debido a las restricciones y al aumento del precio del agua, la situación se ha agravado mucho en el último año, pues las precipitaciones han sido un 37% inferiores al valor medio anual, convirtiéndolo en un año hidrológicamente muy seco, sumado a que desde el año 2009, no se registra un año hidrológicamente húmedo en las Islas.

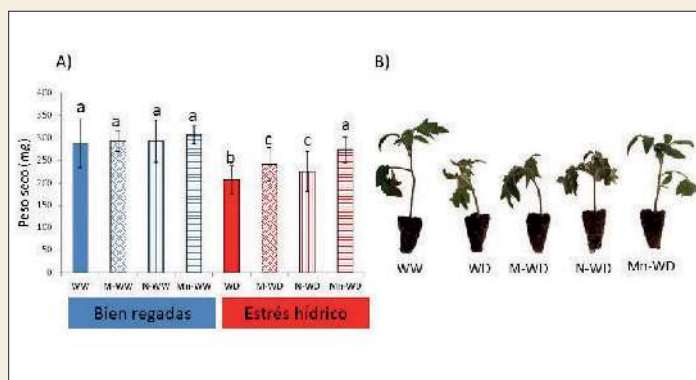
Debido a su naturaleza sésil, las plantas han evolucionado para hacer frente a todo tipo de estreses, generando diferentes estrategias con las que poder adaptarse en condiciones de déficit de agua. Estas, pueden ser activadas mediante estímulos externos con el fin de acelerar la adaptación al estrés, entre los productos existentes en el mercado, los más prometedores para cultivos en producción, son los bioestimulantes, sustancias capaces de estimular procesos de nutrición vegetal independientemente de su composición, contenido de nutrientes y aumento de la tolerancia frente al estrés abiótico.

Un interesante compuesto capaz de activar las defensas de las plantas es el bisulfito sódico de la menadiona (MSB), capaz de aumentar la tolerancia tanto a estreses de tipo abióticos y bióticos. Cabe destacar que, bajo un déficit de agua, si se trata con MSB, las plantas muestran una buena recuperación al estrés tras la primera semana posterior a la aplicación del producto. Sin embargo, este efecto desaparece tras la segunda semana de crecimiento. Este comportamiento, en nuestra opinión, se debe a la sensibilidad de MSB a la exposición a la luz y a los cambios de pH. Además, el uso de compuestos puros está muy limitado debido a su rápida liberación, baja solubilidad y pobre biodisponibilidad. En general, más del 90% de los agroquímicos se degradan durante la aplicación, generando pérdidas económicas y daños ambientales graves.

Una solución interesante es el nano-encapsulamiento (NE). Si bien el NE en la agricultura es relativamente nuevo y aún se encuentra en las primeras etapas de desarrollo, hay ejemplos de aplicaciones NE para fertilizantes y plaguicidas con fines agrícolas. Sin embargo, los estudios que utilizan bioestimulantes son muy escasos. Entre la amplia variedad de polímeros encapsulantes existentes en el mercado, el quitosano (CHI) es conocido por su biocompatibilidad y biodegradabilidad. Cabe destacar, que es fácilmente absorbible por las superficies de las plantas (hojas, raíces y tallos), aumentando el tiempo de contacto entre las sustancias encapsuladas y el tejido vegetal. También se ha demostrado la eficacia en el control de la liberación de las sustancias activas un período de siete días. Todo ello, convierten a este polisacárido en un promotor agente para ser utilizado en la agricultura.

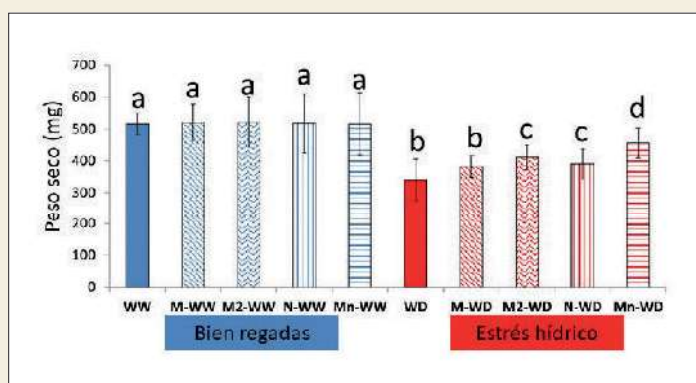
La resistencia de las plantas al estrés hídrico implica una variedad de respuestas fisiológicas, bioquímicas y moleculares que afectan a la supervivencia de las mismas. Las plantas bien regadas (WW) no mostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Figura 1A). Sin embargo, estas si son evidentes en aquellas sometidas a un riego deficitario de un 50% menos de agua, mostrando en aquellas sin recibir ningún tratamiento una reducción del 30% después de siete días de estrés (WD). Bajo condiciones de estrés, el tratamiento con bisulfito de sodio de menadiona (M-WD) o el de nanopartículas vacías (N-WD) fueron capaces de reducir la diferencia con las plantas bien regadas en un 11 y 5%, respectivamente. Es interesante destacar, como el compuesto encapsulado redujo más esta diferencia, mostrando un significativo aumento del 18% del peso en comparación con las plantas no tratadas (WD), además, no ofreció diferencia con las bien regadas, con un efecto protector claramente visible (Figura 1B).

La recuperación de la planta después de la rehidratación es un rasgo esencial para su supervivencia y refleja el equilibrio entre la reconstrucción de las estructuras dañadas y la restauración adecuada del metabolismo. Por ello, tras los primeros siete días todos los grupos fueron bien regados. Nuevamente, la totalidad de tratamientos ensayados no mostraron diferencias entre los grupos bien regados (WW). El período de sequía afectó claramente el crecimiento de las plantas como se demuestra en las WD, además podemos observar como el efecto protector del MSB (M-WD) se pierde tras la segunda semana ya que no existen diferencias relevantes con las plantas WD. Sin embargo, un segundo tratamiento de MSB es capaz de aumentar ligera, pero significativamente, el peso en comparación con plantas WD y aquellas sometidas a estrés y tratadas con MSB (M-WD).



(A) Peso seco de la planta. (B) aspecto visual de plantas sometidas a déficit hídrico comparadas con otras bien regadas. Las barras con la misma letra no muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

El efecto de las nanopartículas vacías (N-WD) sigue persistiendo; sin embargo, nuevamente, los mejores resultados se alcanzan con el MSB encapsulado (Mn-WD), aunque en este caso, las plantas si tenían pesos significativamente más bajos en comparación con las bien regadas (WW). Eso demuestra una vez más el efecto sinérgico del encapsulamiento del fármaco, que otorga propiedades interesantes para una mayor exploración en condiciones de campo.



Peso seco de la planta. Las barras con la misma letra no muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

En conclusión, las nanopartículas de CHI han mostrado ser un buen vehículo para tratamientos de plantas, capaces de aumentar los efectos beneficiosos de los compuestos que contienen en la agricultura, pues es absorbido fácilmente por los tejidos vegetales. Al respecto, nuestros resultados muestran claramente cómo las plantas tratadas con MSB encapsulado logran una mayor tolerancia en comparación a las tratadas con MSB libre. En el campo de los bioestimulantes esto es importante ya que, o bien estos a veces son caros o requieren tratamientos continuos para lograr buenos resultados. Aquí, demostramos claramente cómo el uso de estas nanopartículas nos permite retrasar el segundo tratamiento con MSB al menos una semana. En nuestra opinión, esto abre las posibilidades del NE no sólo con el fin de aumentar el comportamiento protector de los bioestimulantes, sino también, la durabilidad del compuesto al ser capaz de extender el tiempo entre tratamientos, lo cual es una vía interesante que explorar en futuras investigaciones en condiciones de campo.

Agradecimientos:

Este trabajo ha sido financiado mediante fondos europeos por la acción Marie Sklodowska Curie bajo el acuerdo de subvención 101025125 (NANOESTIMULANTS), también me gustaría agradecer a la Comisión Europea por mi contrato Marie Sklodowska Curie (101025125).

Dr. David Jiménez Arias

Marie Curie en el centro ISOPlexis
Centro de Agricultura Sostenible y Tecnología Alimentaria
Universidad de Madeira