

PRETRATAMIENTOS HORMONALES COMO HERRAMIENTA

para mejorar la tolerancia a la salinidad en planta joven de olivo

La intensificación del cultivo del olivo y la creciente dependencia del riego han incrementado la exposición del sistema productivo a problemas derivados de la salinidad. Este trabajo evalúa el efecto de distintos reguladores del crecimiento aplicados en plantas jóvenes de olivo ‘Picual’ sometidas a 0, 100 y 200 mM NaCl. Los resultados muestran que los tratamientos hormonales modulan la respuesta al estrés salino de manera dependiente del órgano y la intensidad del estrés, atenuando la reducción del crecimiento y contribuyendo al mantenimiento de los contenidos de nitrógeno y carbono bajo condiciones de salinidad.

CAROLINA APARICIO AYORA¹, LUCÍA GRANADOS GUERRERO¹, MARÍA DEL PILAR CORDOVILLA PALOMARES^{1,2*}

¹Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén

²Centro de Estudios Avanzados en Olivicultura y Aceites de Oliva, Universidad de Jaén

El olivo (*Olea europaea* L.) constituye uno de los cultivos leñosos más antiguos y emblemáticos del ámbito mediterráneo y un pilar estratégico de la agricultura en países como España. Domesticado a partir de poblaciones silvestres (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*), su expansión ha estado estrechamente ligada a la historia, la economía y el paisaje de esta región (Schäfer-Schuchardt, 1996; Besnard et al. 2018; COI, 2018; Vilar y Pereira, 2021). En la actualidad, el cultivo del olivo se extiende a numerosos países de los cinco continentes y su producción se destina mayoritariamente a la obtención de aceite de oliva, producto reconocido por su valor nutricional y funcional, así como por su relevancia en los mercados internacionales (COI, 2022).

Tradicionalmente, el olivo se ha culti-

vado en condiciones de secano y baja densidad, adaptado a ambientes semiáridos característicos del clima mediterráneo. Sin embargo, el aumento de la demanda de aceituna y aceite ha impulsado una intensificación progresiva del cultivo, con mayores densidades de plantación y una creciente dependencia del riego. Este cambio en el modelo productivo ha permitido incrementar los rendimientos, pero también ha expuesto al cultivo a nuevas limitaciones, entre las que destaca la salinidad del suelo y del agua de riego (El Yamani y Cordovilla, 2024).

La salinidad afecta actualmente a una proporción significativa de las tierras agrícolas, especialmente en regiones áridas y semiáridas. La acumulación de sales solubles en el suelo incrementa la conductividad eléctrica, reduce la disponibilidad de agua para las plantas y favorece procesos de degradación y desertificación. En la cuenca medite-

rránea, este problema se ve agravado por la escasez de agua dulce, el uso intensivo de aguas subterráneas de calidad limitada, la reutilización de aguas residuales y las previsiones de disminución de las precipitaciones asociadas al cambio climático.

Desde el punto de vista fisiológico, el estrés salino limita el crecimiento y desarrollo de las plantas mediante un doble efecto. El componente osmótico reduce el potencial hídrico del suelo y dificulta la absorción de agua por las raíces, generando una situación funcional similar a la sequía. El componente iónico implica la acumulación de iones como N^+ y Cl^- , que inducen toxicidad celular y alteran la absorción de nutrientes esenciales, especialmente potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Las consecuencias metabólicas incluyen reducción del crecimiento, alteraciones en la fotosíntesis, estado hídrico, integridad de las membranas,

PAC 2026

Te ACOMPAÑAMOS

Domicilia tu **PAC**
y solicita tu *anticipo*



CAJA RURAL
JAÉN

metabolismo antioxidante y modificaciones en el metabolismo del carbono y del nitrógeno, con un impacto directo sobre el vigor y la productividad del cultivo.

Aunque el olivo es considerado moderadamente tolerante a la salinidad, esta tolerancia depende del cultivar y del estado fenológico. La tolerancia al estrés salino es un rasgo complejo que implica diversos mecanismos, como la exclusión de iones en las raíces, la limitación del transporte de sodio hacia las partes aéreas, el mantenimiento de una relación adecuada K^+/Na^+ , el ajuste osmótico mediante la acumulación de solutos compatibles y la activación de sistemas antioxidantes (El Yamani y Cordovilla, 2024).

En los últimos años se han desarrollado diversas estrategias para mitigar los efectos del estrés salino en los cultivos, incluyendo prácticas de manejo del agua, el uso de microorganismos beneficiosos y la aplicación de enmiendas orgánicas. Entre estas estrategias, la utilización de reguladores del crecimiento vegetal ha despertado un interés creciente por su capacidad para modular procesos fisiológicos clave relacionados con la tolerancia al estrés. La aplicación exógena de compuestos como auxinas, giberelinas, ácido salicílico o citoquininas puede influir en la homeostasis iónica, el ajuste osmótico, la actividad fotosintética y la regulación hormonal endógena de las plantas.

A pesar de los avances en este campo, la información disponible sobre la eficacia de estos tratamientos en especies leñosas sigue siendo limitada. El cultivar 'Picual', ampliamente cultivado en la Península Ibérica y otras zonas mediterráneas, representa un material de especial interés debido a su importancia agronómica y a su frecuente cultivo en condiciones afectadas por salinidad.

El presente estudio evaluó el efecto de la aplicación de distintos reguladores del crecimiento vegetal en plantas jóvenes de olivo cv. 'Picual' sometidas a diferentes niveles de salinidad, con el objetivo de analizar su potencial para modular la tolerancia al estrés salino. Se examinó su impacto sobre la



FOTO 1

Hoja de control (A) y hoja con acumulación de iones bajo condiciones de salinidad (B) en *Olea europaea*. En la hoja sometida a estrés salino se observa necrosis que se inicia en el ápice y progresa hacia la base, asociada a la acumulación de iones salinos en el tejido foliar.

acumulación de biomasa y sobre los contenidos de nitrógeno y carbono como indicadores integrados del estado metabólico y de la capacidad de respuesta fisiológica frente a la salinidad.

Diseño experimental y análisis

Se emplearon 120 esquejes uniformes de *Olea europaea* L. cv. Picual, de tres meses de edad y procedentes de vivero. Las plantas fueron trasplantadas a macetas con una mezcla de arena y perlita (1:3, v/v) y mantenidas en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas: fotoperiodo 16/8 h, temperaturas de 25/20°C (día/noche), humedad relativa entre 55 y 75% y una intensidad lumínica de 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Las plantas fueron regadas periódicamente con solución nutritiva diluida tipo Hoagland y se aclimataron durante cuatro semanas. Posteriormente, las plantas se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos experimentales. Cuatro grupos se trataron durante tres semanas con los siguientes reguladores del crecimiento: ácido giberélico (GA_3) 1 μM , ácido indolacético (IAA) 1 μM , ácido salicílico (AS) 0,5mM y quinina (Quin) 1 μM ,

aplicados mediante pulverización foliar a razón de 25 mL/planta, 2 veces/semana. El quinto grupo adicional se mantuvo como referencia sin tratamiento hormonal (NP). Tras finalizar la aplicación de los reguladores, las plantas fueron sometidas a tres condiciones de salinidad: 0 mM NaCl, 100 mM NaCl y 200 mM NaCl. La sal se incorporó progresivamente a la solución nutritiva para evitar un choque osmótico abrupto. El tratamiento salino se mantuvo durante seis semanas. Al término del ensayo se determinó la biomasa seca de raíz, tallo y hoja, así como el crecimiento total de la planta. Además, se cuantificó el contenido de nitrógeno y carbono.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) factorial, considerando como factores el tratamiento hormonal y el nivel de salinidad (0, 100 y 200 mM NaCl), así como su interacción. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de comparación múltiple LSD con un nivel de significación del 5%. Los resultados se expresan como media \pm error estándar.

INNOVABIO
by Timac AGRO

HERTMES



POTENCIA LA **ASIMILACIÓN,**
TRANSPORTE Y TRANSFORMACIÓN
DE NUTRIENTES.

NUEVO
HERTMES
LQ II Mg



CORRECTOR DE CARENCIAS DE MAGNESIO.

- MEJORA LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA
- ACTIVA EL METABOLISMO
- IMPULSA EL DESARROLLO RADICULAR Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO

Resultados y discusión

La **Foto 1** muestra el contraste entre una hoja control (A) y una hoja afectada por acumulación de iones bajo condiciones de salinidad (B) en *Olea europaea*. En la hoja control se observa una lámina foliar íntegra, con coloración verde uniforme y ausencia de lesiones visibles, lo que refleja un adecuado estado fisiológico y funcional del tejido fotosintético. En cambio, la hoja sometida a salinidad presenta síntomas característicos de toxicidad iónica, evidenciados por necrosis que se inicia en el ápice y progresa gradualmente hacia la base. Este patrón de necrosis apical es consistente con la dinámica de transporte de iones en condiciones salinas. El Na⁺ y el Cl⁻ son movilizados hacia las hojas mediante la corriente transpiratoria y tienden a acumularse en las zonas distales. El ápice foliar, al representar el extremo del flujo de agua hacia la hoja, se convierte en el sitio de mayor concentración iónica, superando el umbral de tolerancia celular y provocando desorganización de membranas, pérdida de integridad estructural y muerte celular.

La necrosis se observó tanto a 100 como a 200 mM de NaCl. Además, la caída de hojas fue especialmente frecuente a 200 mM NaCl y, en algunos casos, no estuvo precedida por necrosis visible, lo que sugiere la activación de procesos de abscisión asociados al estrés salino. En conjunto, la salinidad indujo necrosis foliar, abscisión y una reducción general del crecimiento.

Crecimiento de la planta

El efecto de los reguladores del crecimiento sobre la respuesta al estrés salino mostró una modulación dependiente tanto del órgano como de la intensidad del tratamiento salino. Bajo 100 mM NaCl, en la raíz los reguladores redujeron la inhibición del peso seco en comparación con las no tratadas con reguladores. Entre ellos, Quin presentó el menor porcentaje de inhibición bajo 100 mM NaCl (**Gráfico 1A**; $p < 0,05$), evidenciando una mayor eficacia. Cuando la concentración aumentó a 200 mM NaCl, la capacidad de mitigación disminuyó y la respuesta

positiva se restringió principalmente a Quin y SA, lo que indica una reducción del margen de mejora bajo estrés severo. En el tallo se observó un patrón de-

pendiente tanto del tratamiento hormonal como del nivel de salinidad. Tanto a 100 como a 200 mM NaCl, IAA mostró el menor porcentaje de inhibición del crecimiento. No obs-

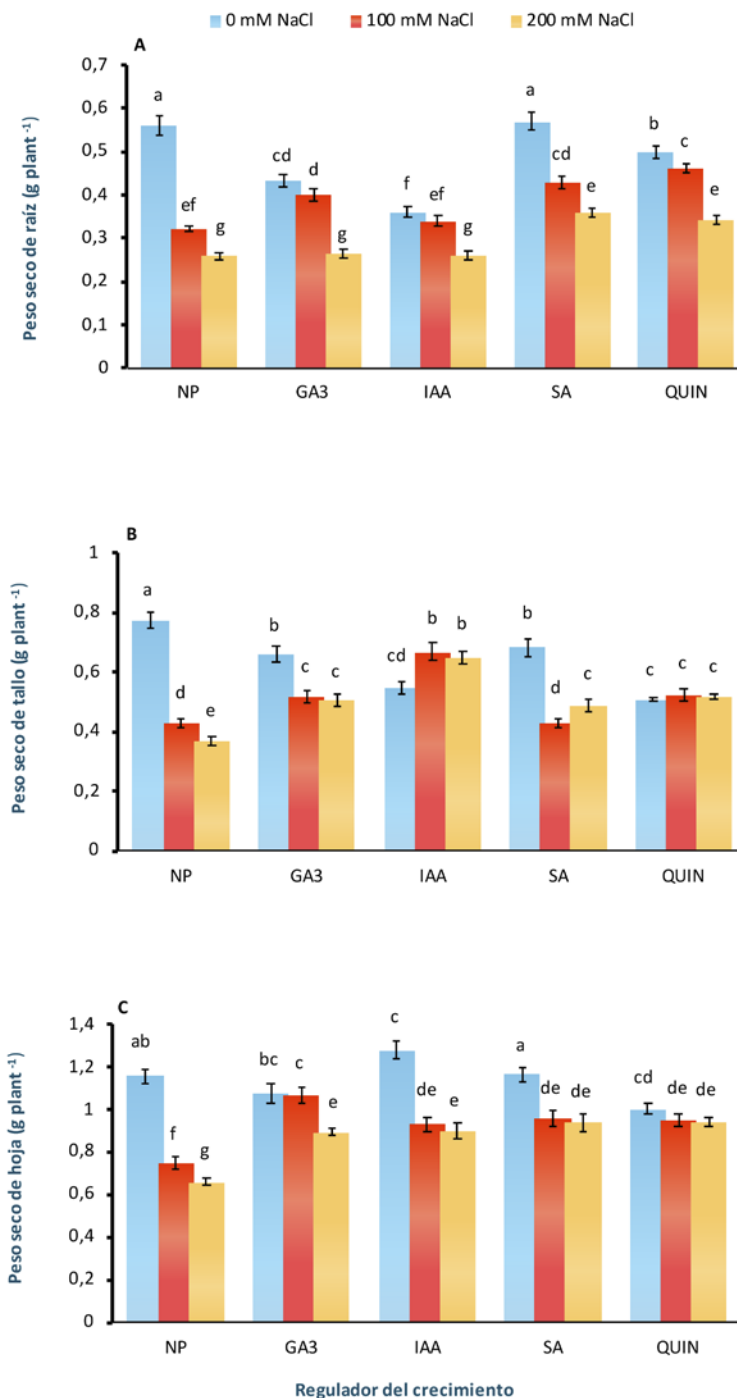


GRÁFICO 1

Efecto del estrés salino sobre el peso seco de raíz (A), tallo (B) y hoja (C) de plantas de *Olea europaea* pretratadas con reguladores del crecimiento vegetal. Los datos se expresan como media \pm SE (n = 6). Las medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba LSD ($p < 0,05$).

tante, bajo 100 mM NaCl también se registraron mejoras significativas con GA₃ y Quin frente a plantas no tratadas (**Gráfico 1B**; $p < 0,05$). Al aumentar la salinidad a 200 mM, GA₃, SA y Quin promovieron mejoras comparables, sin diferencias claras entre ellos, lo que refleja una convergencia en la respuesta bajo mayor intensidad de estrés.

En la hoja, la respuesta también dependió de la concentración salina. Con 100 mM NaCl, GA₃ presentó el menor porcentaje de inhibición del crecimiento (**Gráfico 1C**; $p < 0,05$), mostrando mayor eficiencia relativa frente a los otros reguladores. Sin embargo, a 200 mM, desaparecieron las diferencias entre tratamientos; todos los reguladores mostraron un comportamiento similar en términos de inhibición y mantenimiento del crecimiento foliar, aunque con valores superiores a los de las plantas sin aplicación hormonal.

En conjunto, los resultados indican que la eficacia de los reguladores dependió del órgano y del nivel de salinidad. Sin embargo, bajo estrés severo (200 mM NaCl) en algunos órganos, las diferencias entre reguladores se reducen, lo que sugiere una limitación en la capacidad de respuesta diferencial inducida por la aplicación hormonal.

El contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno también mostró una respuesta modulada por la interacción entre salinidad y aplicación hormonal. Con 100 mM de NaCl, los mayores valores se registraron en plantas tratadas con IAA, seguidas por GA₃, Quin y SA (**Figura 2A**; $p < 0,05$). Sin embargo, los tratamientos con Quin y SA no superaron claramente a plantas con 100 mM sin regulador, lo que evidencia un efecto más limitado bajo estrés intermedio.

Cuando la salinidad aumentó a 200 mM, todos los reguladores (IAA, Quin, SA y GA₃) presentaron valores superiores a las plantas sometidas a 200 mM NaCl sin aplicación hormonal, sin diferencias significativas entre ellos. Esto indica que, bajo estrés severo, todos los reguladores favorecieron el mantenimiento del contenido de nitrógeno.

Contenido de carbono

La tendencia observada para el contenido de carbono mostró una tendencia similar, con algunas diferencias específicas según la combinación tratamiento-salinidad. Bajo 100 mM NaCl, los mayores valores se observaron en plantas tratadas con SA, seguidas por IAA, GA₃ y Quin. No obstante, el tratamiento con Quin no superó claramente los valores de las plantas expuestas a 100 mM NaCl sin regulador.

Bioiberica
We are all one

enzyneer[®]



● Salud Vegetal

Cultivando nuestra experiencia en el olivo

A 200 mM de NaCl, los tratamientos con Quin, SA y GA₃ presentaron los mayores contenidos de carbono y no difirieron significativamente entre sí (Gráfico 2B; $p < 0,05$). La mayoría de los reguladores mejoraron los valores respecto a las plantas sometidas a 200 mM NaCl sin tratamiento hormonal; sin embargo, Quin no mostró diferencias significativas, lo que sugiere que su efecto fue menos consistente en la acumulación de carbono bajo estrés severo.

Conclusiones

Los resultados evidencian que los reguladores del crecimiento modulan la respuesta al estrés salino en plantas jóvenes de olivo de manera dependiente del órgano y de la intensidad del estrés, con efectos concomitantes sobre crecimiento y los contenidos de nitrógeno y carbono.

Bajo salinidad moderada (100 mM NaCl), la aplicación hormonal atenuó la reducción del crecimiento inducida por la salinidad en los distintos órganos evaluados. A esta concentración, IAA destacó en tallo, GA₃ en hoja y Quin en raíz como los tratamientos con menor porcentaje de inhibición del crecimiento. En paralelo, el contenido de nitrógeno y carbono fue mayor en plantas tratadas principalmente con IAA y GA₃, mientras que Quin y SA mostraron efectos más limitados en algunas condiciones. Estos resultados indican que, bajo estrés moderado, la aplicación hormonal puede contribuir al mantenimiento simultáneo de la biomasa y del estado nutricional.

Bajo estrés severo (200 mM NaCl), las diferencias entre tratamientos en términos de crecimiento tendieron a reducirse en algunos órganos, lo que sugiere una menor capacidad de respuesta diferencial a medida que aumenta la intensidad del estrés. No obstante, determinados reguladores mantuvieron efectos positivos específicos: IAA mostró consistentemente menor inhibición en tallo, mientras que Quin y SA conservaron efectos en raíz. Además, todos los reguladores incrementaron el contenido de nitrógeno respecto al control salino, y la mayoría

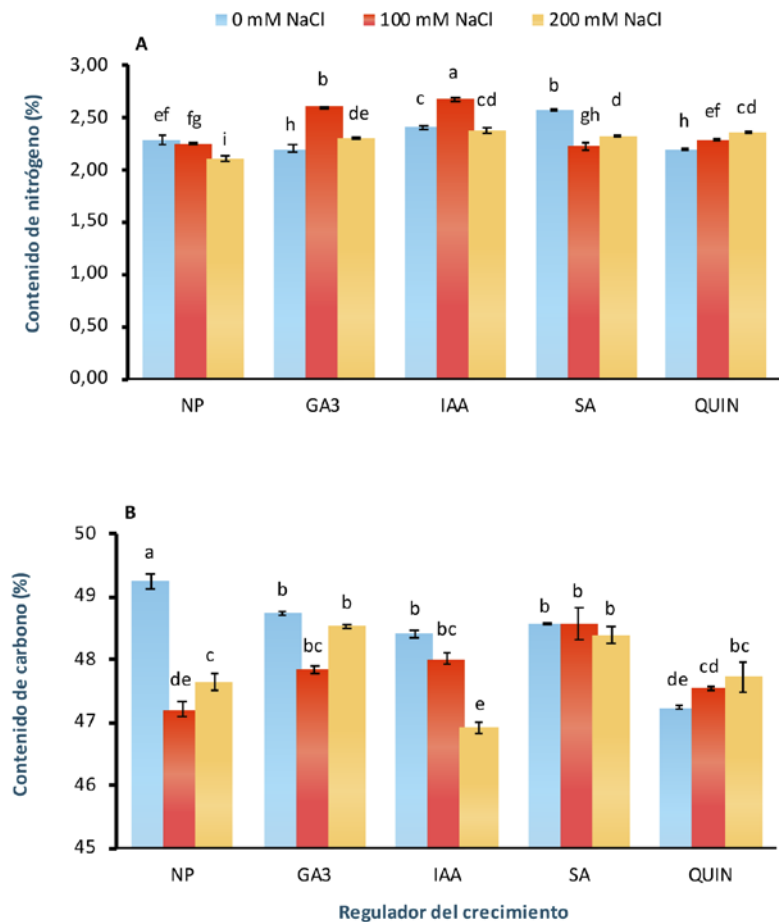


GRÁFICO 2

Efecto del estrés salino sobre los contenidos de nitrógeno (A) y carbono (B) en hojas de *Olea europaea* pretratadas con reguladores del crecimiento vegetal. Los valores se expresan como media \pm error estándar (SE; $n = 3$). Las medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí según la prueba LSD ($p < 0,05$).

mejoraron el contenido de carbono, aunque con menor consistencia en el caso de Quin. En conjunto, incluso bajo 200 mM NaCl, la aplicación hormonal favoreció el mantenimiento parcial del crecimiento y del estado nutricional en comparación con plantas no tratadas. El mantenimiento de mayores contenidos de nitrógeno y carbono en presencia de reguladores sugiere una posible relación funcional entre el estado nutricional foliar y la capacidad de sostener el crecimiento bajo salinidad, aunque los mecanismos fisiológicos subyacentes no fueron evaluados directamente.

En síntesis, los reguladores del crecimiento atenúan en distinta medida la reducción de biomasa inducida por la salinidad y contribuyen a preservar los contenidos de nitrógeno y carbono, con efectos que dependen del órgano y del nivel de estrés. Estos resultados respaldan su potencial como herramienta para mejorar la respuesta inicial del olivo joven frente a condiciones salinas, considerando la especificidad del tratamiento según la intensidad del estrés.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico de la autora: mpilar@ujaen.es