

STILO® HYDRO: osmoprotectores y antioxidantes que previenen y protegen a los cultivos hortícolas del estrés ambiental

Sipcam Iberia S.L. ha experimentado y desarrollado en los últimos años en España STILO® HYDRO, bioestimulante especialmente diseñado para ayudar a los cultivos a superar los efectos adversos producidos por el estrés hídrico, salino y térmico.

STILO® HYDRO en su formulación combina osmoprotectores y antioxidantes, que sinérgicamente ayudan a mantener el metabolismo óptimo de la célula y a neutralizar el daño que ejercen las especies reactivas de oxígeno (ROS, *reactive oxygen species*) sobre los tejidos. Además, esta protección tiene un efecto de larga duración y sus beneficios perduran, incluso, después de que se restablezcan las condiciones normales de crecimiento, mejorando el desarrollo de los cultivos y sus rendimientos. STILO® HYDRO es un producto de gran versatilidad debido a que se puede aplicar en todos los cultivos (la acción de los osmoprotectores y los antioxidantes es común en todas las células vegetales) y en diferentes momentos de aplicación según las exigencias de cada cultivo.

Pablo Granell, Daniel Mulas y Marta Ruiz

Sipcam Iberia, S.L.

Miguel Ángel Domene Corpus Pérez

Estación Experimental Cajamar

Pedro Palazón

Raquel Valdés

Ideagro, S.L.

El estrés ambiental puede influir de manera negativa en los cultivos, afectando al crecimiento y desarrollo de las plantas y, en consecuencia, limitando la producción agrícola. Entre los diferentes estreses ambientales destacan los provocados por la escasez de agua, la alta concentración de sales en la misma y/o las temperaturas extremas.

Una planta sometida a estrés hídrico presenta importantes cambios en su fisiología y metabolismo, con una disminución de la absorción de nutrientes (Clarkson y Lütge, 1991) y cambios en el metabolismo del nitrógeno y el oxidativo (Reynaldo y col., 1999; Guan y col., 2000). Como consecuencia de estos desórdenes, las plantas sometidas a este tipo de estrés presentan una disminución del crecimiento (Augé, 2001) y de la productividad.

Por otro lado, un estrés salino en el suelo provoca en la planta una disminución del desarrollo debido a una pérdida del equilibrio osmótico. Esto induce graves daños moleculares debidos a una acumulación de iones salinos en los tejidos de la planta hasta niveles que pueden llegar a ser fitotóxicos y provocar graves desequilibrios nutricionales esenciales para la planta (Yeo, 1998).

Sin embargo, también hay que tener presente que un déficit hídrico, además de por la no disponibilidad de agua por parte de los cultivos, también puede ser debido, precisamente, a las bajas temperaturas o a una elevada salinidad del suelo. Estas condiciones, capaces de provocar

la disminución del agua disponible en el citoplasma de las células, también son conocidas como estrés osmótico (Levitt, 1980). Los osmolitos u osmoprotectores, como la prolina o la glicina betaína (Tamura y col., 2003) son compuestos que presentan una función esencial en el ajuste osmótico para proteger a las células de las ROS (Pinhero y col., 2001) que se producen en muchas plantas durante condiciones de estrés ambiental. Esto provoca importantes limitaciones en el crecimiento y desarrollo de los cultivos con la consecuente pérdida de productividad.

STILO® HYDRO, solución eficaz contra el estrés abiótico

STILO® HYDRO es un bioestimulante de origen vegetal que en su composición contiene un 80% de Glicina Betaína (GB), un 10% de aminoácido L-Prolina (L-Pro) y 0,5% de antioxidantes. Es una combinación especialmente diseñada a base de potentes osmoprotectores y antioxidantes como flavonoides y ácido elágico. Estos osmoprotectores son compuestos de origen natural, que permiten que las plantas completen sus procesos fisiológicos sometidos a una menor tensión hídrica y, por tanto, ayudan al cultivo a mantener la tasa fotosintética, el equilibrio de su potencial osmótico y la promoción de la actividad enzimática para prevenir la oxidación.

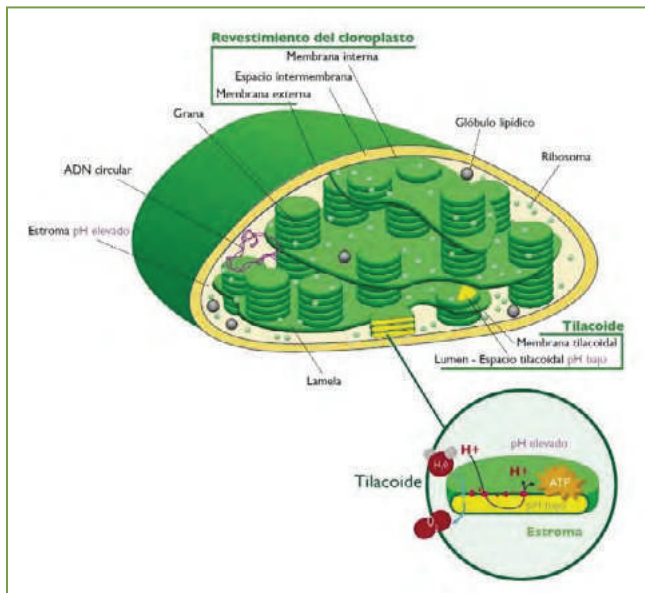


Figura 1. Estructura del cloroplasto y las membranas de los tilacoides de una célula vegetal, donde se lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis y donde STILO® HYDRO tiene gran influencia por los osmoprotectores y antioxidantes de los que está compuesto.

La combinación de GB + L-Pro en la protección de cultivos frente al estrés ambiental es mucho más eficaz que aplicar únicamente Glicina Betaína, y tiene los siguientes efectos fisiológicos principales:

Equilibrio del potencial osmótico. STILO® HYDRO protege frente a la sequía y salinidad por acumulación de GB dentro de las células. Esto compensa la pérdida o el exceso de agua, manteniendo el metabolismo celular dentro de la normalidad, mediante la regulación del equilibrio osmótico porque equilibra el contenido de agua dentro y fuera de las células. En este sentido, el *cracking* puede reducirse de manera importante mediante la aplicación de STILO® HYDRO regulando la absorción excesiva de agua mediante el control del equilibrio osmótico (Figura 1).

Mantenimiento del fotosistema II (PSII): La fotosíntesis tiene lugar en los cloroplastos, y la energía de la luz es recogida por los tilacoides. Uno de los complejos de proteínas que intervienen en la fotosíntesis es el PSII, que contiene clorofila. El PSII puede resultar dañado como consecuencia de las ROS que se forman con una alta intensidad lumínica, produciéndose la fotoinhibición (reducción de la tasa fotosintética). Dentro del PSII, es particularmente importante la proteína D1, ya que esta proteína está soportando continuamente un estrés oxidativo, por lo que su tasa de renovación debe ser muy elevada. La aplicación de STILO® HYDRO, con su contenido en GB, protege la síntesis de la proteína D1 que necesita ser reparada rápidamente para evitar la fotoinhibición desencadenada por el estrés.

La activación de la actividad RuBisCO, aumentando la tolerancia a las altas temperaturas, que podrían reducir o incluso inhibir la fijación de CO₂ esencial para el metabolismo de las plantas.

Protección de los órganos reproductores. La GB se absorbe principalmente en las hojas maduras, aunque

sus efectos se producen en los tejidos que son más sensibles al estrés, tales como hojas jóvenes, flores y frutos. De hecho, varios estudios confirman que la GB se acumula específicamente en estos órganos después de la aplicación foliar.

STILO® HYDRO contiene también antioxidantes naturales para aumentar la capacidad de los cultivos a hacer frente a la oxidación durante los períodos de estrés. Entre ellos, cabe destacar el ácido ascórbico, flavonoides (quercetina, hesperidina y rutina) y ácido elálgico. Los flavonoides que contiene STILO® HYDRO ayudan a sobrellevar condiciones extremas de luz y su rápida absorción ayuda a proteger las células donde los flavonoides son transportados y acumulados, protegiendo la tasa fotosintética mediante el filtrado de la cantidad y calidad de luz que llega al PSII. Además, los antioxidantes neutralizan las ROS y su capacidad de degeneración de los tejidos.

Desarrollo de STILO® HYDRO en pimiento

Materiales y Métodos

Se realizó un ensayo en la Estación Experimental Cajamar “Las Palmerillas”, situada en El Ejido (Almería), cuyo objetivo era evaluar el efecto de STILO® HYDRO sobre la respuesta productiva y calidad organoléptica en un cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), var. Canzion (Rijk Zwaan). El trasplante se realizó el 29 de julio de 2016 y el cultivo finalizó el 7 de marzo de 2017, 221 días después de trasplante (DDT). La densidad de plantación fue de 2,5 plantas/m² y se utilizó el enarenado como sistema de cultivo. Para la protección del cultivo, se siguieron las indicaciones del protocolo de control integrado para pimiento.

Se realizó un diseño experimental con cuatro repeticiones en bloques al azar y un tamaño de muestra de seis

| | |
|--------------|--|
| Testigo | Sin aporte de osmorregulador |
| STILO® HYDRO | Dosis 2,0 kg/ha |
| Estándar | Glicina-betaína 90% p/p WP (2,5 kg/ha) |

Tabla 1. Tratamientos realizados en el ensayo de pimiento var. Canzion en El Ejido (Almería). Cajamar, 2016-2017

plantas por repetición con los tratamientos detallados en la Tabla 1.

Se realizaron seis aplicaciones foliares a lo largo del ciclo de cultivo, tanto en el tratamiento con STILO® HYDRO como en la tesis estándar. Las aplicaciones de ambos tratamientos fueron en los mismos estados fenológicos (Figura 2).

Resultados

Este ensayo incluyó el análisis de un gran número de parámetros de cosecha, desde la producción comercial y la aparición de fisiopatías hasta la composición elemental del

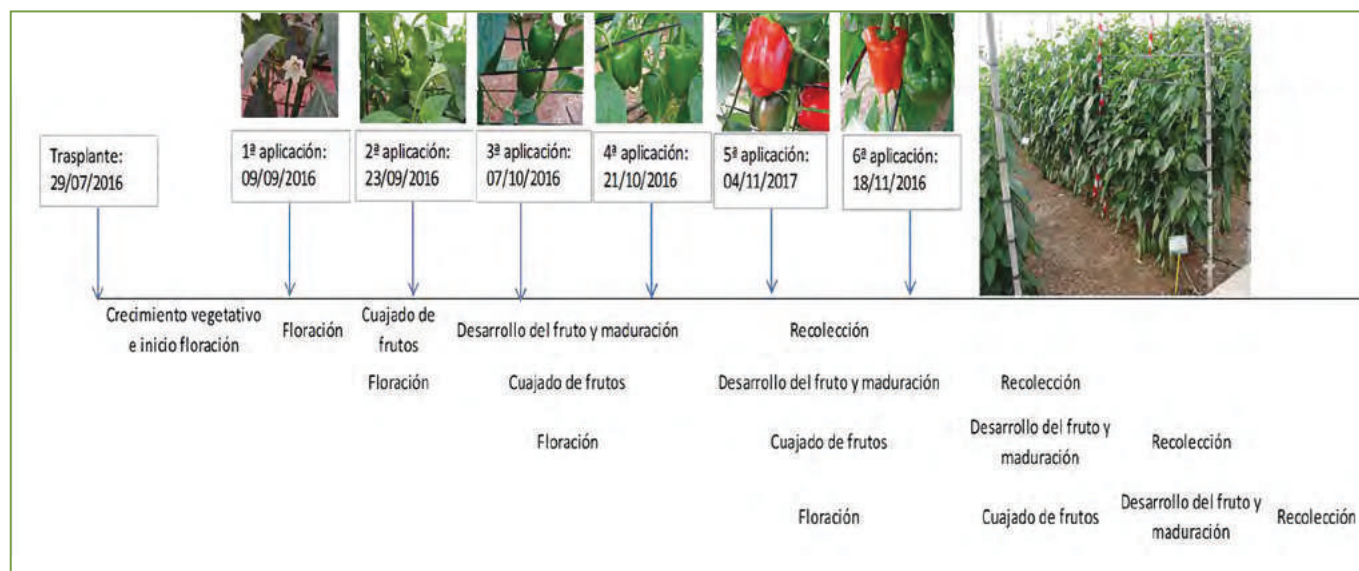


Figura 2. Programa de aplicaciones realizadas en el ensayo de pimiento var. Canzion en El Ejido (Almería).Cajamar, 2016-2017.

| Tratamiento | Prod. No Comercial (kg/m ²) | Cracking (kg/m ²) | Pico (kg/m ²) | Longitud del fruto (mm) | Diámetro (mm) |
|--------------|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| Testigo | 1,4 | 0,1 | 0,3 | 89,7 | 85,2 |
| STILO® HYDRO | 1,0 | 0,0 | 0,1 | 93,5 | 88,7 |
| Estándar | 1,4 | 0,1 | 0,3 | 95,7 | 86,8 |

Tabla 2. Parámetros de cosecha y aparición de fisiopatías analizados en el ensayo de pimiento var. Canzion en El Ejido (Almería) a cosecha. Cajamar, 2016-2017.

| Tratamiento | Parámetro color L | Parámetro color a | Parámetro color b | Parámetro color ΔE | Hidratos de Carbono* | Polifenoles totales** |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Testigo | 42,7 | 30,6 | 21,3 | Ref | 2,94 | 33,7 |
| STILO® HYDRO | 40,8 | 30,6 | 19,4 | 2,7 | 3,24 | 37,4 |
| Estándar | 41,9 | 31,2 | 20,9 | 1,1 | 3,29 | 33,2 |

* g de glucosa/100 g de fruto fresco
** mg de ácido gálico/100 g de fruto fresco

Tabla 3. Composición elemental del fruto y parámetros saludables en el ensayo de pimiento var. Canzion en El Ejido (Almería). Cajamar, 2016-2017.

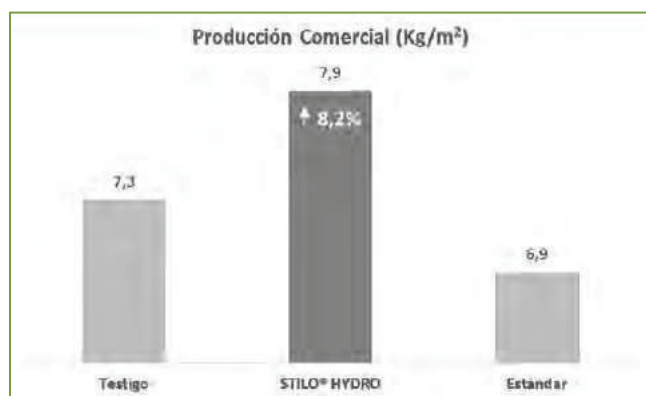


Figura 3. Producción comercial (kg/m²) en el ensayo de pimiento var. Canzion en El Ejido (Almería). Cajamar, 2016-2017.

fruto y parámetros saludables (sustancias antioxidantes). La producción comercial acumulada a lo largo del ciclo del cultivo se incrementó en el tratamiento de STILO® HYDRO en un 8,2% con respecto al testigo (Figura 3).

Paralelamente, se produjo un menor destrío, pasando de 1,4 a 1 kg/m² en el tratamiento de STILO® HYDRO respecto al testigo (Tabla 2).

Además, se observó una reducción en la aparición de algunas fisiopatías clásicas en el cultivo del pimiento, como son el 'cracking' y el 'pico'. De hecho, STILO® HYDRO eliminó por completo el 'cracking' y redujo significativamente el 'pico' del pimiento (Figura 4).

El color del fruto se midió mediante las coordenadas L (luminosidad), a (rojo-verde) y b (amarillo-azul). Para establecer cuantitativamente las diferencias de color entre tratamientos se calculó el parámetro ΔE, que fija como valores cromáticos de referencia los del tratamiento testigo, de manera que dicha variable será más próxima a 0 cuando el color del fruto sea más parecido al testigo. Cuanto mayor sea el valor de ΔE, más rojos son los frutos. El tratamiento STILO® HYDRO presentó frutos con una coloración más intensa que el tratamiento estándar y que el testigo.

El contenido en hidratos de carbono y de polifenoles totales en el fruto también se vio incrementado con el tratamiento de STILO® HYDRO, en este caso con diferencias estadísticamente significativas (Tabla 3).

Por último, el contenido en magnesio y potasio en el fruto se vio incrementado de forma significativa con la aplicación de STILO® HYDRO con respecto al tratamiento estándar y al testigo.



Figura 4. Ejemplos de pimientos con síntomas de 'pico', fisiopatía asociada a desequilibrios nutricionales, y que STILO® HYDRO redujo significativamente. Ensayo pimiento, F. Cajamar, 2016-2017.

| TRATAMIENTOS | Aplicación A 06/11/2017 (17 DDT) | Aplicación B 13/11/2017 (24 DDT) | Aplicación C 21/11/2017 (32 DDT) |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Testigo SIN estrés salino | | | |
| 2 Testigo (estrés salino) | | | |
| 3 STILO® HYDRO 1 | 1,5 kg/ha | 1,5 kg/ha | 1,5 kg/ha |
| 4 STILO® HYDRO 2 | 2,5 kg/ha | 2,5 kg/ha | 2,5 kg/ha |
| 5 Estándar 3 kg/ha | 3 kg/ha | 3 kg/ha | 3 kg/ha |

Tabla 4. Tratamientos realizados en el ensayo de lechuga var. Iceberg Alcalá en Miranda (Murcia). Ideagro, 2017

Conclusiones

STILO® HYDRO mostró su efecto bioestimulante, manteniendo la planta activa tanto a nivel vegetativo como productivo, reduciendo las mermas por destrío (producción no comercial) sobre todo en las últimas fases del cultivo (menos cracking y menos pico).

STILO® HYDRO mejoró la coloración de los frutos, y se observó una mayor homogeneidad en cuanto a tamaño, longitud y diámetro. La conclusión en cuanto a forma, tamaño y espesor de pared es que el testigo presentó los promedios más bajos frente a los tratamientos STILO® HYDRO y estándar.

Desarrollo de STILO® HYDRO en lechuga bajo estrés salino

Materiales y Métodos

El ensayo fue realizado en 2017 por la EOR IDEAGRO, S.L. en su finca experimental de Miranda (Murcia) en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), var. Iceberg Alcalá (Enza Zaden). El trasplante se efectuó el 20 de octubre de 2017 y el cultivo finalizó el 17 de enero de 2017, 89 días después del trasplante (DDT). La densidad de plantación fue de 80.000 plantas/ha con riego por goteo con agua con un elevado contenido en sales. Se realizó un diseño experimental de cuatro repeticiones en bloques al azar

| Tratamiento | Peso Fresco Parte Aérea (g) | Peso Seco Parte Aérea (g) | Peso Fresco Raíz (g) | Peso Seco Raíz (g) |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Testigo SIN estrés salino | 555,20 | 33,70 | 12,70 | 1,14 |
| Testigo (estrés salino) | 517,15 | 29,99 | 11,76 | 1,04 |
| STILO® HYDRO1 | 522,20 | 29,96 | 12,89 | 1,10 |
| STILO® HYDRO 2 | 559,90 | 32,94 | 13,06 | 1,27 |
| Estándar | 475,00 | 31,85 | 11,88 | 1,03 |

| Tratamiento | Peso Fresco Total (g) | Peso Seco Total (g) | Lechugas comerciales (%) | Inc. Podredumbre Cuello (%) |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Testigo SIN estrés salino | 567,9 | 34,85 | 74 | 2,0 |
| Testigo (estrés salino) | 528,9 | 31,03 | 75 | 3,0 |
| STILO® HYDRO 1 | 535,1 | 31,06 | 82 | 2,0 |
| STILO® HYDRO 2 | 573,0 | 34,21 | 80 | 0,5 |
| Estándar | 486,9 | 32,88 | 72 | 0,5 |

Tabla 5. Variables analizadas en el ensayo de lechuga var. Iceberg Alcalá en Miranda (Murcia). Ideagro, 2017.

con un tamaño de muestra de seis filas de lechugas al tres bolillo (caballón de 12,5 m x 1,8 m).

Debido a la elevada salinidad del agua de riego (>3,5 dS/m), todos los tratamientos estuvieron expuestos a estrés salino. Para poder reducir el estrés salino en el testigo sin estrés se adicionó un desplazador de sales y se incrementó el tiempo de riego en 30 minutos los días de aplicación del desplazador con el objetivo de realizar un riego de lavado.

Resultados y conclusiones

En cuanto a desarrollo vegetativo, la aplicación de STILO® HYDRO 2 incrementó el peso fresco total en un 1% y 8% en comparación con los controles no salino y salino respectivamente (Figura 5). También el peso seco total fue superior con el tratamiento de STILO® HYDRO 2. Adi-

cionalmente, otros parámetros en los cuales se observó una influencia positiva de STILO® HYDRO fueron el porcentaje de lechugas comerciales y una menor incidencia de la podredumbre de cuello, vinculada a un mejor estado nutricional y a una mayor resistencia al estrés del cultivo.

A la luz de estos resultados, se puede confirmar que STILO® HYDRO no sólo ayuda a superar los efectos del estrés salino, sino que tiene un efecto bioestimulante que se refleja en el rendimiento a cosecha de los cultivos.

Resumen

- ✓ STILO® HYDRO está diseñado para proteger los cultivos frente a fenómenos de estrés abiótico (térmico, salino e hídrico).
- ✓ La aplicación de STILO® HYDRO es flexible en cuanto al momento de aplicación y en cuanto a compatibilidad con otros productos.
- ✓ STILO® HYDRO protege las plantas durante las etapas más sensibles del desarrollo, lo que se traduce en una mejora de la calidad (organoléptica y nutricional) y un aumento del rendimiento de la cosecha.



Figura 5. Estado general del ensayo de STILO® HYDRO en lechuga en condiciones de estrés salino. Testigo con estrés salino (izda.) y tratamiento con STILO® HYDRO 2,5 kg/ha (dcha.). Miranda (Murcia). 14/12/2017.

- ✓ STILO® HYDRO disminuye las alteraciones provocadas por la absorción masiva de agua (cracking).
- ✓ Es un producto de origen 100% natural. Certificado para su uso en Agricultura Ecológica.

Bibliografía



- Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Clarkson, D. T. y Lüttge, U. 1991. Mineral nutrition: inducible and repressible nutrient transport systems. *Progress in Botany*, vol. 52, p. 61-83.
- Guan, L.M.; Zhao, J. y Sandalios, J. G. 2000. Cis-elements and trans factors that regulate expression of the maize Cat 1 antioxidant gene response to ABA and osmotic stress:H2O2 is the likely intermediary signaling molecule for the response. *The Plant Journal*, vol. 22, no. 2, p. 87-95.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York, NY.
- Pinhero, R.G., M.V. Rao, G. Palyath, D.P. Murr y R.A. Fletcher. 2001. Changes in the activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. *Plant Physiol.* 114, 695-704.
- Tamura, T., K. Hara, Y. Yamaguchi, N. Koizumi y H. Sano. 2003. Osmotic stress tolerance of transgenic tobacco expressing a gene encoding a membrane-located receptor-like protein from tobacco plants. *Plant Physiol.* 131, 454-462.
- Reynaldo, I.M. y col. 1999. Impacto de la sequía en el metabolismo del nitrógeno de plantas de tomate. *Cátedra de Medio Ambiente Volumen 0, V Taller* p. 110-113.
- Yeo, A. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.*, vol. 49, p. 915-929.