

STILO® μ FERRALE, bacterias biofertilizantes de Sipcam Iberia

Sipcam Iberia S.L. ha desarrollado en los últimos años en España la gama de productos microbianos STILO® μ , bioestimulantes especialmente diseñados por una selección de cepas de bacterias seleccionadas y optimizadas para mejorar el estado nutricional de los cultivos con acción quelante del hierro (Fe) y mejorador de absorción del fósforo (P), mitigar los efectos del estrés hídrico y ambiental o maximizar el metabolismo de azúcares y la absorción de K por parte de los cultivos.

Pablo Granell

Responsable
Transferencia
Tecnológica de Sipcam
Iberia S.L.

Daniel Mulás

Jefe de Producto
Biocontrol y Bióticos de
Sipcam Iberia S.L.

Pedro Fernández

Jefe Departamento de
Desarrollo de Sipcam
Iberia S.L.

Teresa Borrás

Delegada de Desarrollo
de Sipcam Iberia S.L.

El suelo como un ente vivo y la rizosfera como un ecosistema

En el suelo existen interacciones entre los organismos, como en cualquier otro ecosistema. Así, existen organismos que se asocian entre ellos o con organismos de diferentes especies, géneros, etc. Estas asociaciones pueden ser simbióticas, parasitarias, patogénicas o mutualistas.

El volumen del suelo que rodea las raíces de las plantas suele tener ciertas modificaciones ambientales. Por ejemplo, la raíz de la planta libera algunos compuestos orgánicos en el suelo como señal de su presencia o es capaz de alterar ligeramente la atmósfera del suelo. Ese volumen de suelo afectado por el desarrollo de la raíz se denomina rizosfera.

En el suelo existen muchos géneros de hongos y bacterias diferentes y con mecanismos para interactuar con las plantas, provocando enfermedades o aprovechando positivamente la presencia de raíces para establecer una relación simbiótica y beneficiosa con las plantas.

Con los avances de la genética y la microbiología, se han podido estudiar muchas bacterias y hongos que tenían relaciones simbióticas con las plantas, más allá de las leguminosas. Por ello, a finales del siglo XX se acuñó el concepto PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, rizobacterias que favorecen el crecimiento vegetal).

Aunque las bacterias se clasifican en familias, géneros y especies, en el estudio de las PGPRs es más interesante ver una clasificación por el modo de interactuar con las plantas y según su capacidad para estimular el desarrollo vegetal.

STILO® μ FERRALE

STILO® μ FERRALE, producto perteneciente a la gama de

STILO® μ de Sipcam Iberia, es un bioestimulante formado por una selección de cepas de microorganismos con una gran capacidad para mejorar el estado nutricional de los cultivos, movilizar el hierro insoluble del suelo y solubilizar el fósforo del suelo, no asimilables por la planta.

Las cepas presentes en STILO® μ FERRALE son *Pseudomonas fluorescens* cepa PA112 y *Pseudomonas putida* cepa PA116, que han sido especialmente seleccionadas para ayudar a corregir los síntomas de carencias de hierro y fósforo en planta. Estas cepas son capaces de solubilizar tanto el hierro como el fósforo insoluble y promover su asimilación por parte de los cultivos. Las bacterias del STILO® μ FERRALE producen unas moléculas orgánicas, denominadas sideróforos, las cuales tienen una elevada afinidad por los átomos de hierro del suelo.

El conjunto de bacterias presentes en STILO® μ FERRALE mejoran el estado nutricional de los cultivos constituyendo un nuevo 'órgano funcional' subterráneo del que se sirve la planta para multiplicar su capacidad para absorber agua y nutrientes (fundamentalmente Fe y P).

Además del principio activo biológico, STILO® μ FERRALE contiene las bacterias en formulación sólida, a partir de su liofilización. Este proceso es el que garantiza una mayor viabilidad de las bacterias tras su rehidratación y facilita su manejo, ya que no tiene requerimientos relativos a la cadena de frío.

Todos estos componentes hacen que el STILO® μ FERRALE se presente como un producto bioestimulante de origen biológico y bioquelante para prevenir síntomas de deficiencia de hierro y mejorador de la absorción del fósforo.

Beneficios del uso de STILO® μ FERRALE

La aplicación de STILO® μ FERRALE permite estimular el crecimiento de la planta incluso en suelos con falta de



Figura 1. Imagen de microscopio de *Pseudomonas* sp.

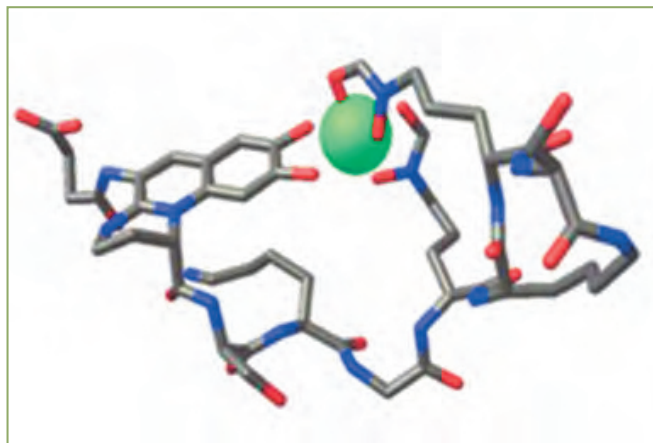


Figura 2. Pioverdina producida por *Pseudomonas* sp.

hierro o fósforo asimilable y mejorar el estado nutricional de los cultivos ya que los microorganismos que contiene están específicamente seleccionados y se adaptan a diversas condiciones ambientales.

STILO[®]μ FERRALE realiza los siguientes efectos:

- Actúa como un biofertilizante, optimizando la disponibilidad de hierro y fósforo para la planta.
- Mejora la fotosíntesis. El hierro juega un papel fundamental en la síntesis de la clorofila.
- La solubilización de fósforo no asimilable del suelo incide en un árbol mejor vestido.
- Mejora el crecimiento y desarrollo de la planta.

Traduciéndose este beneficio en mayor crecimiento vegetativo (más biomasa, más precocidad) y mayor rendimiento productivo en comparación con estándares de naturaleza diferente o testigos.

Aportación de hierro no asimilable del suelo a las plantas

Las bacterias contenidas en STILO[®]μ FERRALE tienen la capacidad de aportarle hierro (Fe²⁺) en condiciones de escasez de hierro asimilable en el suelo, mediante la producción y excreción de sideróforos a la rizosfera de la planta para convertir el hierro no asimilable del suelo en asimilable para la planta, incluso a pH altos y altas temperaturas. Los sideróforos secuestran el Fe³⁺ del suelo y los transporta hasta la pared celular bacteriana, donde se reduce a Fe²⁺. Este complejo es reconocido por receptores de membrana específicos de las células de las raíces y es absorbido por las plantas que son capaces de extraer el Fe²⁺ que hay en los sideróforos y utilizarlo como fuente de hierro para prevenir los síntomas de clorosis férrica.

Así, se ha demostrado que los sideróforos bacterianos son esenciales para el desarrollo de las plantas en suelos calcáreos, generalmente deficitarios en hierro.

Solubilización de fósforo no asimilable del suelo a las plantas

El P es uno de los nutrientes esenciales en las plantas para mejorar el crecimiento y funcionamiento de la planta e

Tratamientos	Aplicación A 18/05/2017 BBCH 73	Aplicación B 17/07/2017 BBCH 74	Aplicación C 15/09/2017 BBCH 77	Total
Testigo				
STILO [®] μ FERRALE	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	9 kg/ha
Quelato EDDHA 6% Fe	20 kg/ha	20 kg/ha	20 kg/ha	60 kg/ha

Tabla 1. Tratamientos realizados en el ensayo de naranja var. Navel Late en Sagunto (Valencia). Departamento de Desarrollo de Sipcam Iberia, 2017.

interviene en el desarrollo de las raíces, en el crecimiento y en la floración. Además, interviene de manera muy importante en el metabolismo energético de la planta.

El P está presente en el suelo de forma orgánica e inorgánica. El P orgánico proviene en su mayoría de restos de materia orgánica y es degradado, mediante hidrólisis enzimática, por microorganismos a formas asimilables para la planta.

El P inorgánico está en forma mineral y en condiciones de alto pH y presencia de Ca²⁺, no es asimilable para las plantas. No obstante, hay bacterias que son capaces de solubilizar el fósforo inorgánico mediante la síntesis de ácidos orgánicos, a formas asimilables para la planta.

Las bacterias de STILO[®]μ FERRALE solubilizan el fósforo presente en el suelo mediante dos sistemas:

- Síntesis y liberación al medio de ácidos orgánicos que acidifican el suelo y forman complejos quelando cationes de metales asociados a formas de P insoluble (Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺ y Al³⁺) y transformándolos en P asimilable para los cultivos.
- En presencia de materia orgánica y bajo contenido de P en el suelo, las bacterias sintetizan y liberan enzimas fosfatasas que hidrolizan el P orgánico presente en el suelo (enzimas fitasas, fitatos) y aumentando la disponibilidad de P inorgánico en el suelo asimilable para la planta.

Bioestimulación de las plantas mejorando su estado nutricional

Las bacterias contenidas en STILO[®]μ FERRALE tienen una gran capacidad para mejorar el estado nutricional de los cultivos y estimular su crecimiento mediante la síntesis y liberación al medio de fitohormonas y vitaminas que aumentan el número de pelos radiculares y raíces primarias, con efectos en brotación.

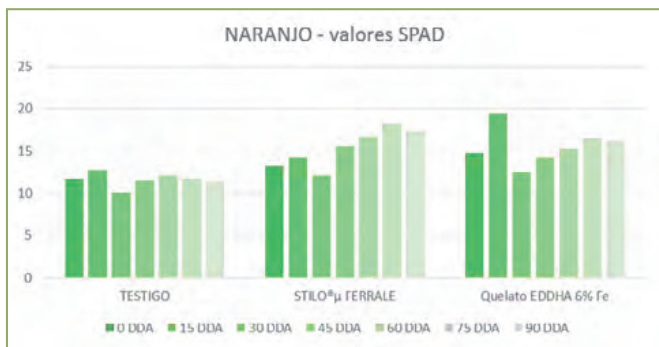


Figura 3. Evolución de los valores de SPAD registrados en naranjo var. Navel Late tras la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y un quelato estándar a base de EDDHA en comparación con el testigo en Sagunto (Valencia). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.

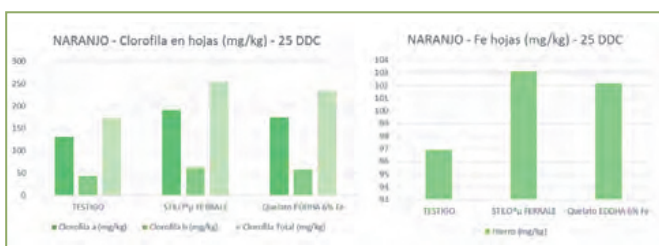


Figura 4. Concentración de clorofila (a, b y total) y de hierro en hojas jóvenes totalmente desarrolladas de naranjo var. Navel Late 25 días después de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y de un quelato estándar a base de EDDHA en comparación con el testigo en Sagunto (Valencia). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.

Desarrollo de STILO[®] μ FERRALE en cítricos

Se realizó una prueba de desarrollo en una finca de Sagunto (Valencia) con el objetivo de evaluar la mejora en el estado nutricional relativo al micronutriente Fe a través de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y sus beneficios en la mejora de la absorción del fósforo y del estado nutricional. La prueba se realizó en naranja var. Navel Late en una plantación joven y con fuertes carencias nutricionales, siendo la aplicación por fertirrigación y el pH del suelo 8,71. Se realizaron los tratamientos que se muestran en la Tabla 1.

Se analizaron los valores de SPAD (unidades adimensionales proporcionales al contenido en clorofila), el contenido en clorofila y el contenido en Fe en hojas (Figuras 3 y 4). La aplicación de ambos productos incrementó el contenido en clorofila y Fe en las hojas, y se vio reflejado en valores de SPAD más altos y con una clara tendencia ascendente a lo largo del ciclo. Estos datos indican un mejor estado nutricional respecto al microelemento Fe. Este mejor estado nutricional se observó en la coloración de la vegetación (Figura 5).

Desarrollo de STILO[®] μ FERRALE en viña

Se realizó una prueba por el Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia en una finca de Daimiel (Ciudad Real) con el objetivo de evaluar la mejora en el estado nutricional relativo al micronutriente Fe y sus beneficios en la mejora de la absorción del fósforo a través de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE en un cultivo de viña var. Airén (Patrón Ritcher 110) con una única aplicación por fertirrigación. Se realizaron los tratamientos realizados en la Tabla 2.

STILO[®] μ FERRALE, con una sola aplicación inicial, mejoró

Aplicación A 09/05/2018 BBCH 12	
1 – Testigo	
2 – STILO[®] μ FERRALE	2 g/cepa + BLACKJAK[®] 2 l/ha
3 – FERRALE[®] EVO	5 g/cepa + BLACKJAK[®] 2 l/ha
4 – Estándar	6 g/cepa + BLACKJAK[®] 2 l/ha

* Estándar: Fe-EDDHA 4.8% en forma orto-orto

Tabla 2. Tratamientos realizados en el ensayo de viña var. Airén en Daimiel (Ciudad Real). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.



Figura 5. Naranjos var. Navel Late testigo (izda.), y tras la aplicación de STILO[®] μ FERRALE (60 DDC) (centro) y Quelato EDDHA 6% Fe (60 DDC) (dcha.) en Sagunto (Valencia).

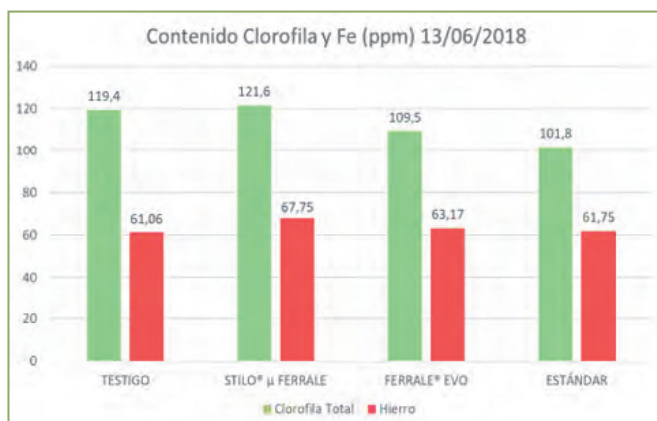


Figura 6. Concentración de clorofila total y de hierro en hojas jóvenes desarrolladas de viña var. Airén 35 días después de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y de un quelato estándar a base de EDDHA en comparación con el testigo en Daimiel (Ciudad Real). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.

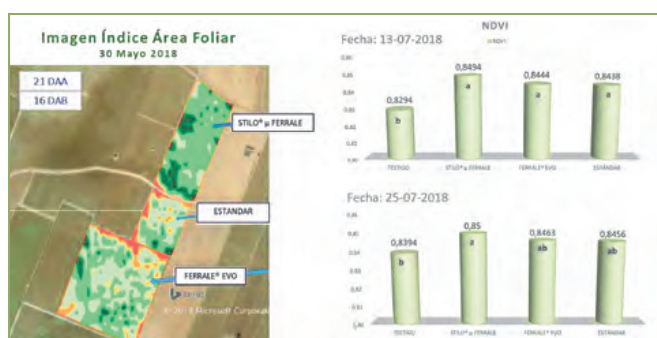


Figura 7. Foto satélite (dcha.) y valores de NDVI (izda.) a distintas fechas de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE del cultivo de viña var. Airén después de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y de un quelato estándar a base de EDDHA en comparación con el testigo en Daimiel (Ciudad Real). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.



Figura 8. Valores de calidad de la cosecha (dcha.) y producción comercial total obtenida en cultivo de viña var. Airen después de la aplicación de STILO[®] μ FERRALE y de un quelato estándar a base de EDDHA en comparación con el testigo en Daimiel (Ciudad Real). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.



Figura 9. viña var. Airen testigo (50 DDA) (izda.), y tras la aplicación de STILO[®] μ FERRALE (55 DDA) (centro) y Estándar Fe-EDDHA 4.8% en forma orto-orto (50 DDA) (dcha.) en Daimiel (Ciudad Real). Departamento de Desarrollo de Sipcarn Iberia, 2017.

la concentración de Fe y el contenido de Clorofila total en la planta (Figura 6).

En las imágenes de satélite tomadas para medir el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que es un índice empleado para valorar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación basándose en la intensidad de la radiación que emite la vegetación, muestra claramente que el tratamiento de STILO[®] μ FERRALE es la tesis que mayor índice de vegetación presenta, confirmando su capacidad, no solo de mejorar el estado nutricional las planta, sino también para estimular el crecimiento de los cultivos (Figura 7).

Respecto a los datos de producción y de calidad de la cosecha, el tratamiento de STILO[®] μ FERRALE obtiene niveles de producción mayores al resto de los tratamientos y respecto a la calidad de la cosecha mejora los *Baumé y los valores en Acidez Total (Figura 8).

Por tanto, aplicación de STILO[®] μ FERRALE antes de la aparición de los síntomas de clorosis férrica favorece de manera muy positiva la asimilación del Fe bloqueado que se encuentra en el suelo, mejorando, además, la actividad fotosintética de las plantas e influyendo en una mejora del estado vegetativo de las viñas, traduciéndose una mejora de la producción a cosecha, manteniendo o mejorando la calidad del mosto y por tanto del beneficio económico obtenido.

Desarrollo de STILO[®] μ FERRALE en melocotonero

Se realizó un ensayo por la empresa EOR Métodos Servicios Agrícolas SL en una finca de Blanca (Murcia) con el objetivo de evaluar el efecto de STILO[®] μ FERRALE en un cultivo de melocotonero var. Sagittaria con una única aplicación de STILO[®] μ FERRALE después de cosecha

Aplicación A 13/06/2017 BBCH 89	
Tratamientos	
Testigo	
STILO[®] μ FERRALE	1.5 g/árbol
Quelato EDDHA 6% Fe	10 g/árbol

Tabla 3. Tratamientos realizados en el ensayo de melocotonero var. Sagittaria en Blanca (Murcia). EOR Métodos Servicios Agrícolas SL, 2017.

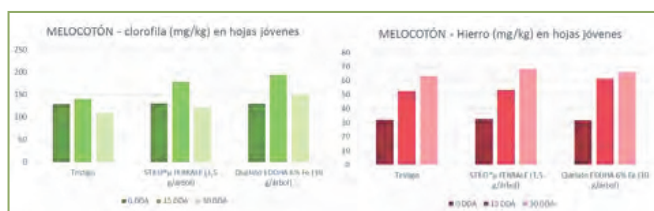


Figura 10. Valores de clorofila (mg/kg) y hierro (mg/kg) en melocotón var. Sagittaria en hojas jóvenes totalmente desarrolladas en varios momentos del ensayo de STILO[®] μ FERRALE en Abarán (Murcia).

y habiéndose practicado un lavado de la solución del suelo mediante un riego abundante. El suelo, en ambas localizaciones, presenta valores altos de pH y contenido en carbonato cálcico, lo que garantiza el bloqueo del Fe disponible para las plantas. Se realizaron los tratamientos realizados en la Tabla 3.

En este ensayo, tanto los valores los de clorofila y Fe en hojas jóvenes han mostrado que STILO[®] μ FERRALE mejora de forma sustancial el estado nutricional del cultivo en lo relativo a la absorción de hierro, lo que se traduce en unos cultivos más equilibrados, sin aparición de síntomas de clorosis férrica. Los valores de clorofila (mg/kg) de hojas jóvenes totalmente desarrolladas, así como su contenido en hierro total (mg/kg) en las mismas hojas se representan en la Figura 10.

Resumen

- STILO[®] μ FERRALE es un inóculo microbiano de aplicación radicular con acción quelante del hierro (Fe) y mejorador de absorción del fósforo (P).
- Aplicación de STILO[®] μ FERRALE por el sistema de riego o pulverizado al suelo.
- Aplicación sincronizada con los momentos de elevada absorción de estos elementos por parte de los cultivos, y dosis proporcional a la demanda.
- Acción de solubilización de nutrientes mediante mecanismos biológicos producidos por bacterias PGPR especialmente seleccionadas.
- Evita situaciones carenciales de Fe en los cultivos, que se manifiestan en forma de clorosis férrica y disminución de los rendimientos.
- Mejorador del suelo y de la absorción por parte de la planta de nutrientes como el hierro y el fósforo.
- Certificado para su uso en agricultura ecológica.