

# **Informe Técnico DIATOMEAS™**

## **Acción Estimulante y manejo de problemas en condiciones de stress**

Finalidad del Informe: Se presenta informe, para apoyar la gestión de introducción del producto **DIATOMEAS™** generando una inducción y presentando una solución en los temas y sus condiciones que favorecen el manejo de diversas condiciones de estrés en las plantas.

Solicitado Por:  
**POWER OF NATURE SPA**

### **INTRODUCCIÓN**

Los macronutrientes presentes en el suelo (nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros) son importantes para el desarrollo y la producción de las plantas; no obstante, su acción es limitada cuando la disponibilidad de micronutrientes en el suelo no es adecuada. La tierra diatomea que es base de **DIATOMEAS™**, en mezcla con fertilizantes químicos u orgánicos, suple los micronutrientes que la planta requiere para su desarrollo. Además, por ser un producto natural, ayuda a conservar la 'salud' del suelo.

La gran cantidad de publicaciones relativas a cómo los compuestos activos de silicio influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sugiere que existe un mecanismo completo mediante el cual **el silicio aumenta la tolerancia al estrés en las plantas** (Cherif et al., 1994; Savant et al., 1997; Ma y Takahashi, 2002; Belanger, 2005) por lo que **la optimización de la nutrición con silicio, induce un aumento de la tolerancia de las plantas frente a factores bióticos (hongos, insectos, etc.) y abióticos (bajas o altas temperaturas, estrés salino, metales pesados, sequía, etc.)** (Bocharnikova et al., 1999; Matichenkov y Bocharnikova 2004a; 2004b; Belanger, 2005; Snyder et al., 2006).

El efecto del silicio en **DIATOMEAS™** es de aumentar el grosor de la epidermis, incrementar la estabilidad química de ADN, ARN y las moléculas de clorofila y otros pigmentos, proteger la funcionalidad de los órganos celulares y optimizar el transporte y redistribución de compuestos dentro de la planta (Voronkov et al., 1978; Aleshin, 1982; Aleshin et al., 1987; Matichenkov, 1990; Savant et al., 1997; Ma y Takahashi, 2002; Matichenkov y Kosobryukhov, 2004).

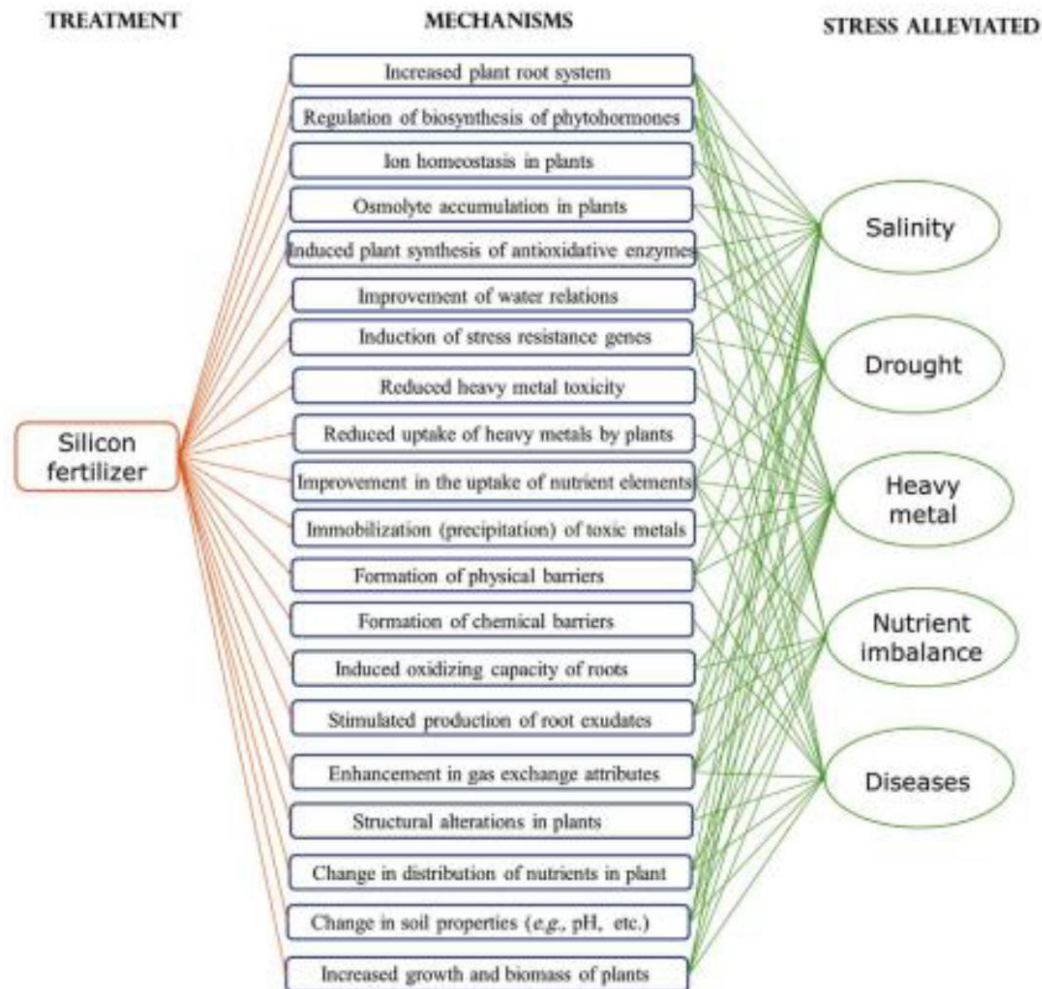


FIG 1 Los mecanismos de acción múltiple de Si (Silicio) en el alivio de todas las tensiones bióticas y abióticas en las plantas. Fuente: (Etesami & Jeong, 2018, p.883).

Otro beneficio es la estimulación para la absorción de nutrientes ( $K^+$ ,  $P$ ,  $Zn^{2+}$  y  $Fe$ ,  $Ca^{2+}$  y  $B$ ) a través de la vía apoplástica y trascelular (simplástica) mejorando de esta forma el crecimiento y productividad de las plantas. (Mehrabanjoubani, Abdolzadeh, Sadeghipour, & Aghdasi, 2015).

Un bioestimulante es un microorganismo, un compuesto o una mezcla de ambos, que, siendo distinto a un fertilizante o pesticida, al ser aplicado en cantidades pequeñas en una planta o cultivo tiene la capacidad de potenciar su desempeño al mejorar características como rendimiento, asimilación de nutrientes o su capacidad de respuesta a estrés biótico y abiótico (Kauffman et al. 2007).

Los bioestimulantes se clasifican en diferentes grupos, ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos y mezclas de péptidos, extractos de algas y de plantas, quitosanos y otros biopolímeros, compuestos inorgánicos y microorganismos

beneficiosos (hongos y/o bacterias) (Calvo et. al, 2014) y su aplicación puede darse vía foliar, en soluciones hidropónicas o en suelo

En resumen, se puede concluir que la fertilización con **DIATOMEAS™** de base de Tierras diatomeas y visado dentro de los productos señalados para producción orgánica en el ministerio de agricultura genera:

1. El aumento de los niveles de silicio dentro de la planta mejora las funciones de protección de la planta a nivel mecánico, fisiológico y bioquímico (Aleshin et al., 1987; Savant et al., 1997; Ma y Takahashi, 2002; Belanger, 2005).
2. Fertilizantes en base a silicio y suelos ricos en silicio aumentan y retienen fósforo en sus formas asimilables, lo que resulta en una mejor absorción de fósforo por parte de las plantas (Matichenkov, 1990; Matichenkov y Ammosova, 1994; Matichenkov y Bocharnikova, 2001).
3. La fertilización con silicio puede ser realizada en todo tipo de suelo, desde limosos a suelos ácidos (D'yakov et al., 1990; Savant et al., 1997; Ma y Takahashi, 2002).
4. Suelos ricos en silicio mantienen sus propiedades físicas por más tiempo (Emadian y Newton, 1989; Matichenkov y Ammosova, 1994; Matichenkov y Bocharnikova, 2001).
5. Restaura el suelo de la degradación e incrementa su nivel de fertilidad para la producción agrícola. (Baglione, 2011)
6. Incrementa la resistencia del suelo contra la erosión del viento y el agua, y a las sequías. (Baglione, 2011)
7. Neutraliza la toxicidad del aluminio (Al) en suelos ácidos. (Baglione, 2011)
8. Tiene acción sinérgica con calcio (Ca) y magnesio (Mg).
9. Mejora la absorción de fósforo e incrementa la eficiencia de la roca fosfórica.
10. Promueve una mayor tasa fotosintética (Hajiboland & Cheraghvareh, 2014).
11. La capacidad de las plantas para acumular Si (Silicio) se ha conservado a través de la evolución como una característica que contribuye a sus defensas naturales (Ma y Yamaji, 2015).
12. Compuestos con silicio solubles en agua se redistribuyen dentro de las plantas hacia los órganos expuestos a estrés.

### **ROL DEL SILICIO EN LAS PAREDES CELULARES**

En los tejidos epidermales, las moléculas de ácido monosilícico absorbidas se acumulan y forman una capa de silicio-celulosa, donde el silicio se une con pectinas y calcio (Waterkeyn et al., 1982). Como resultado, se forma una doble capa cuticular la cual protege y fortalece mecánicamente las estructuras aéreas de las plantas (Yoshida, 1975; Ma, 2003) además de disminuir la deshidratación de hojas y frutos (Emadian y Newton, 1989)

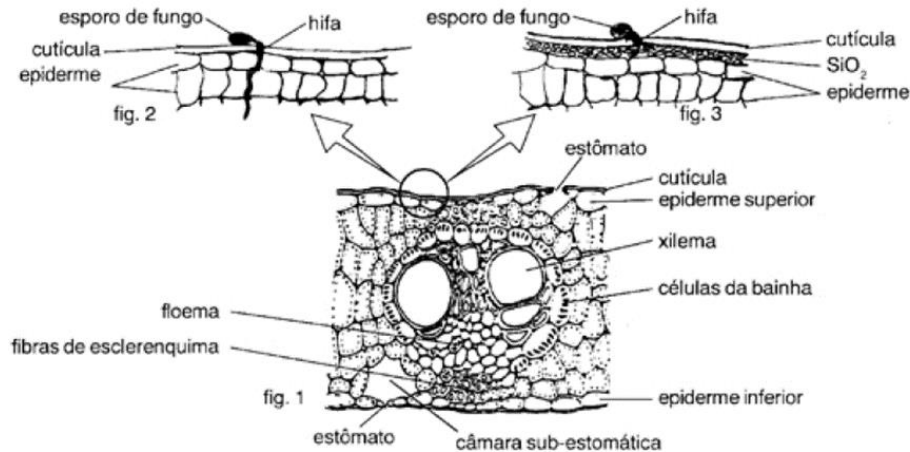


FIG 2 El Silicio en las plantas, se deposita bajo la cutícula y sobre las células epidérmicas, esta capa limita las pérdidas de agua por las hojas y dificulta la penetración y desarrollo de hifas de hongos.

El efecto del engrosamiento de las paredes celulares atribuido al silicio, lo que incrementaría la firmeza de la fruta, y dado que una importante propiedad del silicio en los tejidos celulares es su habilidad de acumular y almacenar agua dentro de los organismos, formando ácidos polisilícicos y su gel. (Un átomo de silicio es capaz de retener hasta 146 moléculas de agua, se ha estimado que alrededor del 20 a 30% del silicio en los organismos está involucrado en procesos de mantención interna de reservas de agua según Ahmad et al., 1992).

### **DIATOMEAS™ FRENTE A CONDICIONES DE ESTRÉS**

El silicio de también puede ayudar a aliviar el estrés hídrico al disminuir la pérdida de agua en las hojas y disminuir la transpiración. La transpiración ocurre principalmente a través de las estomas y parcialmente a través de la cutícula. Y debido a que el Si es depositado bajo la cutícula, se puede disminuir la transpiración de esta parte de la planta.

En adición, las plantas suplementadas con diatomeas pueden mantener una mayor conductancia estomática, mayor contenido de agua y de potencial hídrico. Estas mismas razones deberían explicar el impacto positivo de este elemento frente al estrés por calor.

Bajo situaciones de estrés por deficiencia de P, el Si potencia la disponibilidad de P interno al reducir la extracción en exceso de Mn y Fe. Y ante altas concentraciones de P, el silicio puede reducir el daño al reducir la extracción de P o al reducir la transpiración.

## **EFFECTO DE DIATOMEAS™ FRENTE A ESTRÉS BIOTICO**

Muchos cultivos suplementados con Si (Silicio) ganan en resistencia contra enfermedades foliares y del suelo, provocadas por hongos, bacterias, nematodos y virus.

El silicio afecta una serie de componentes de la resistencia de la planta que permiten retardar la incubación, reducir la expansión de las lesiones, reducir el tamaño y número de lesiones y la producción de conidias.

Por esta razón, con las aplicaciones de Si (Silicio) se reduce la severidad y el progreso de las enfermedades. Y se puede lograr que las especies susceptibles ganen resistencia, equiparando a las especies parcial o completamente resistentes.

El silicio puede suprimir enfermedades en forma tan efectiva como un fungicida. Como la concentración de Si (soluble e insoluble) aumenta en los tejidos de la planta, la supresión de enfermedades aumenta. Sin embargo, "Es importante destacar que el aporte de Si (Silicio) debe ser continuo porque, de lo contrario, el efecto protector disminuye o desaparece." La resistencia a enfermedades es mayor cuando el Si (Silicio) se aplica al suelo y es absorbido por las raíces, en oposición a la eficacia de las aplicaciones foliares.

Las aplicaciones foliares de Si (Silicio) no van a funcionar tan bien como las aplicaciones de Si (Silicio) a las raíces porque los transportadores de Si (Silicio) no se expresan en las hojas.

Consecuentemente, los efectos supresores de enfermedades en los casos de las aplicaciones foliares se deben probablemente a que el Si (Silicio) que es depositado en la superficie de la hoja tenga un efecto osmótico o de pH.

El mecanismo subyacente que gobierna la protección del Si (Silicio) a enfermedades no está del todo comprendido. Sin embargo, el efecto del Si (Silicio) en la resistencia de las plantas a enfermedades se considera que se debe a la acumulación de Si (Silicio) en el tejido de la epidermis o a la expresión respuestas de defensa metabólicas o patogénicas.

El ácido monosilícico acumulado se polimeriza en ácido polisilícico y luego se transforma en sílica amorfa, la que forma una membrana gruesa de sílice-celulosa. De esta forma una doble capa cuticular protege y fortifica mecánicamente las plantas. El Silicio también podría formar complejos con compuestos orgánicos en las paredes de las células de la epidermis, aumentando la resistencia a la degradación por las enzimas liberadas por los hongos y bacterias Fito patógenas.

También se ha demostrado que en plantas atacadas por patógenos a las que se les adicionó Si (Silicio) se generaron flavonoides y fitoalexinas momilactonas, compuestos de bajo peso molecular que tienen propiedades antifúngicas. Estos compuestos antifúngicos aparentemente juegan un rol muy activo en la supresión de las enfermedades.

También se ha demostrado que el Si (Silicio) otorga resistencia a las plantas contra ataques de insectos barrenadores y chupadores. Estos efectos pueden ser directos o indirectos. Los efectos directos pueden incluir una reducción en el crecimiento y la reproducción del insecto plaga.

Y los efectos indirectos pueden incluir efectos en la tasa de mortalidad de la plaga que resultará en una menor penetración en la planta y también el silicio puede tener un rol en la generación de volátiles de la planta que pueden atraer enemigos de la plaga que ataca a la planta.

Un claro mecanismo de acción del Si (Silicio) contra los ataques de plaga es el aumento en la dureza de los tejidos vegetales. Las plantas atacadas por insectos aumentan su liberación de enzimas de defensa como peroxidasa, polifenoloxidasas y fenilalanina amonioliasa cuando reciben suplementos de silicio.

La peroxidasa participa en la lignificación y en la síntesis de suberina que incrementa la dureza de los tejidos de la planta y al mismo tiempo genera quinones que poseen propiedades antibióticas. La actividad de la enzima PAL aumenta la producción de compuestos fenólicos. Claramente, muchos de los compuestos de defensa producidos por las plantas suplementadas con Si cuando son atacadas por insectos funcionan de forma similar a aquellos generados cuando la planta es atacada por enfermedades.

---

Cristián Rabanal Valderrama  
Ingeniero Agrícola  
I+D+I

DIATOMEAS™ es un producto que por decisiones del departamento de Agricultura Orgánica de Chile (SAG) se ha incluido en la lista de insumos autorizados para su uso en Agricultura Orgánica bajo la categoría de Fertilizante (Enmienda), está patrocinado por el Ministerio de Medio Ambiente en un proyecto de rebaja en la emisión de Gases de Invernadero en la agricultura de Chile y es parte de la fundación "1% for The planet" en un proyecto mundial por la auto sustentabilidad