

IMPACTO DE LOS FOSFITOS EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES

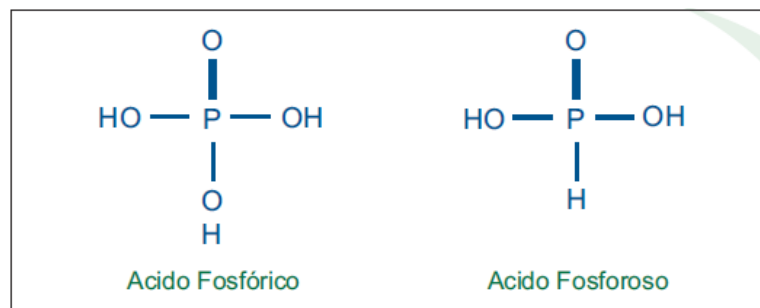
¿Qué son los fosfitos?

Los fosfitos son las sales o los ésteres del ácido fosforoso (H_3PO_3).

Diferencias Fosfito/Fosfato

FOSFITOS: son derivados del **Ácido Fosforoso (H_3PO_3)** que se combinan con diferentes elementos como Ca, K, Al, Cu, Mn, Mg, Zn, etc contienen **sólo TRES ÁTOMOS DE OXÍGENO**

FOSFATOS: compuestos derivados del **Ácido Fosfórico (H_3PO_4)** contienen **CUATRO ÁTOMOS DE OXÍGENO**



Comparación entre el ácido fosfórico (fosfato) y el ácido fosforoso (fosfito). En el ácido fosforoso el H está enlazado directamente con el P.

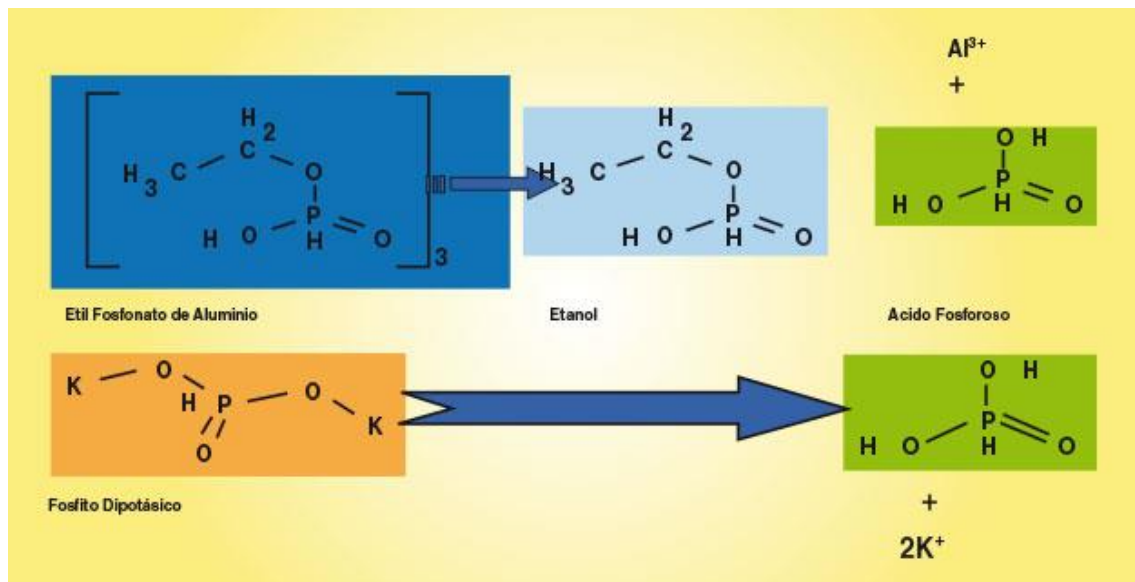
Esta diferencia es clave a nivel de fisiología vegetal, y determina los efectos de ambos tipos de compuestos en la planta:

- ✓ Los **FOSFATOS** actúan como **fuentes de fósforo de rápida asimilación**.
- ✓ Los **FOSFITOS** actúan como **bioestimulantes, inductores de resistencia, y promotores de defensas con acción fungicida (y bactericida en el caso del fosfito de Cu) e indirectamente como fuente nutritiva**.

FOSFITOS: Propiedades

- ✓ **Rápida Absorción y sistemía.** Excelente movilidad por xilema y floema (movilidad ascendente y descendente)
- ✓ **Impactan positivamente en la formación de flores, frutos y raíces**
- ✓ **Inducen al aumento de las defensas** de las plantas contra patógenos
- ✓ **Alta estabilidad metabólica** en planta
- ✓ **Compatibles con el medio ambiente** (es relativamente económico e inocuo ambientalmente para los animales y las plantas)

El fosfito cuando es asimilado por la planta se hidroliza a **ácido fosforoso** (Bompeix, G. et al. 1980), al igual que otros fosfonatos orgánicos (Fosetyl Al), siendo transportado a través del floema y el xilema a todos órganos de la planta



Fosfitos: Acción nutricional

Fosfitos con marcado efecto nutricional: Fosfitos de K, Cu y Mn

Los fosfitos combinados con diversos cationes tienen influencia sobre la nutrición de las plantas.

En este sentido se considera muy relevantes a los fosfitos de potasio, cobre y manganeso

- ✓ El **K** participa en las funciones metabólicas, es vital para la fotosíntesis y la síntesis de proteínas, activa más de 80 enzimas que participan en el crecimiento de las plantas, prolonga el período de llenado de grano y frutos, retarda la senescencia, favorece el desarrollo radicular y la resistencia al

estrés, etc. En algunos cultivos y en dosis adecuadas, el fosfito de potasio incrementa el rendimiento del cultivo.

- ✓ El **Cu** incide favorablemente en la fijación del nitrógeno atmosférico por leguminosas (soja, frijol, alfalfa, judía, guisante..), interviene en la fotosíntesis y es fundamental para la síntesis de enzimas. Además en forma de fosfito, mejora la sanidad de las plantas por sus propiedades antifúngicas y antibacterianas.
- ✓ El **Mn** participa en la fotosíntesis, en los sistemas enzimáticos y es esencial para el manejo de algunas enfermedades.

Fosfitos: Acción en la protección de cultivos

Las principales propiedades de los fosfitos en la protección de los cultivos son:

1- INDUCCIÓN DE RESISTENCIAS

2- ACCIÓN ANTIFÚNGICA Y ANTIMICROBIANA

1.- INDUCCIÓN DE RESISTENCIAS

Los fosfitos han demostrado ser **inductores de resistencia**, siendo esta su función más universalmente aceptada.

Las plantas poseen genes que codifican información para producir numerosos compuestos que actúan como "armas químicas", extremadamente eficientes, y constituyen mecanismos de defensa frente al ataque de microorganismos patógenos.

Estos mecanismos involucran la participación de un gran número de pequeñas moléculas exógenas, denominadas **inductores**, capaces de activar los mecanismos de defensa.

Los primeros trabajos sobre respuestas inductoras a las enfermedades en las plantas fueron desarrollados por Ray y Beauverie a comienzos del siglo XX, los cuales demostraban que existía la posibilidad de que las plantas puedan protegerse del ataque de microorganismos patógenos mediante la activación de sus mecanismos de defensa.

El primer experimento fue conducido por Kuc en 1959, para describir el fenómeno de la resistencia inducida contra la sarna del manzano.

Desde entonces, diversos estudios han demostrado que las plantas tienen la capacidad natural de defenderse de los agentes fitopatógenos a través de un fenómeno biológico conocido como resistencia, considerando a la susceptibilidad como una excepción a lo que naturalmente ocurre.

La RESISTENCIA INDUCIDA

El término “resistencia inducida” fue propuesto en el **Primer Simposio Internacional de Resistencia Inducida a Enfermedades de Plantas (First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases)** realizado en Corfú, Grecia, en el año 2000, para designar a todos los tipos de respuestas que incitan a las plantas a protegerse de las enfermedades y de plagas de insectos, incluyendo tanto respuestas locales como sistémicas.

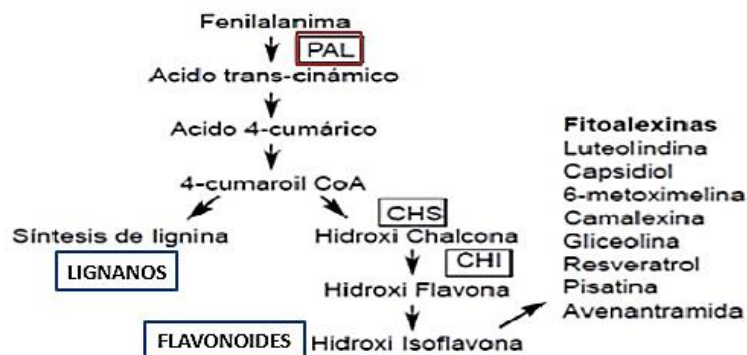
Esta expresión involucra a los fenómenos de Resistencia Sistémica Adquirida (RSA) y Resistencia Sistémica Inducida (RSI).

- ✓ **Resistencia sistémica adquirida RSA:** La RSA tiene como protagonista al ácido acetil salicílico (AS) generando un aumento de las proteínas relacionadas con la patogénesis (PR). Se la divide en RQI (inducida por fosfitos, AS, y otras sustancias) y RSA ppte. (causada por patógenos avirulentos)
- ✓ **Resistencia sistémica inducida RSI:** La RSI es generada por bacterias promotoras del crecimiento generalmente del suelo (pseudomonas), hormonas: etileno (ET) y ácido jasmónico (JA).

LOS FOSFITOS COMO INDUCTORES DE RESISTENCIA

Los fosfitos inducen o activan los sistemas de defensa (RSA) que se ponen en funcionamiento cuando las plantas sufren ataques por patógenos o insectos

Los fosfitos (o fosfonatos) al ser asimilados por la planta actúan como elicitores de la ruta de los fenilpropanoides, estimulando la acción de la enzima PAL (fenilalanina amonio liasa) y la síntesis de **Fitoalexinas**



Vía biosintética de las fitoalexinas isoflavonoides iniciándose a partir del amino ácido fenilalanina. Los sitios más importantes de regulación se indican con la enzima correspondiente: **PAL = fenilalanina amonio liasa**, CHS = Chalcona sintasa; CHI = Chalcona isomerasa. Nótese que PAL también regula la biosíntesis de lignina. Adaptado de: De Wit (1997).

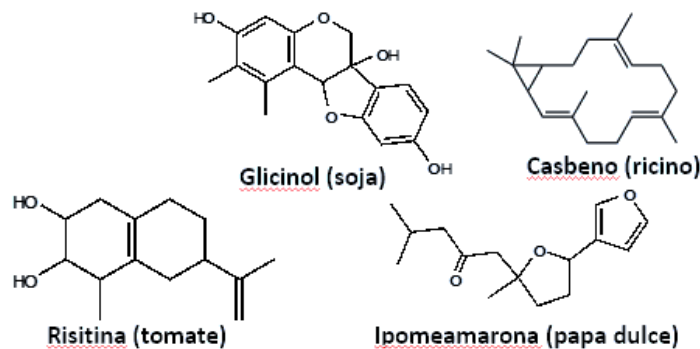
Entre las sustancias que actúan en la defensa frente a patógenos están las **FITOALEXINAS**, y las **proteínas relacionadas con la patogénesis (PRP)**

Las **FITOALEXINAS** (del griego phyton = planta y alexin = compuesto que repele) son metabolitos secundarios producidos por el ciclo shikímico de las plantas como respuesta al ataque de un patógeno.

Presentan varias características interesantes:

- ✓ Se sintetizan en un periodo de tiempo muy corto, pocas horas después del ataque microbiano.
- ✓ Su formación está restringida a una zona local alrededor del área infectada limitando su expansión.
- ✓ Son tóxicas para un amplio espectro de hongos y bacterias fitopatógenas.

Se han identificado **150 FITOALEXINAS** en 16 familias vegetales, algunos ejemplos:



El mecanismo de acción de las fitoalexinas, es muy complejo, considerando el gran número de estructuras, se cree que actúan en diferentes sitios, causando una disfunción en la **integridad de la membrana del patógeno**, según estudios referidos al glicinol detectado en soja (Ebel, 1986)

Los **enzimas PRP** (Glucanasas, Quitinasas y peroxidases etc) son sustancias producidas por las células de la planta inducidas por infecciones microbianas o fúngicas ayudando a limitar la dispersión del patógeno.

2- ACCIÓN ANTIFÚNGICA Y ANTIMICROBIANA: Efectos sobre microorganismos patógenos

La aplicación de fosfitos causa un gran número de **cambios metabólicos en el patógeno**.

El modo de acción de los fosfitos es complejo y se basa en tres efectos fundamentales:

- ✓ **Efecto fungistático:** Ralentizan el crecimiento del patógeno (inhibición del crecimiento micelial)
- ✓ **Efecto inhibidor de la esporulación y la germinación**

- ✓ **Inductor de resistencias:** Inducen la liberación de “metabolitos de estrés” de la pared del hongo, que actúan como elicitores externos, y que tienen una rápida respuesta defensiva por parte de la planta, frenando el desarrollo del patógeno.

Los fosfitos tienen eficacia contrastada para el control de Oomycetos en general, así como de muchos otros patógenos:

- ✓ *Verticillium dahliae* en cacao (*Theobroma cacao*)
- ✓ *Pythium sp* en rye grass perenne (*Lolium perenne*)
- ✓ *Phytophthora cinnamomi* en Lupino y especies de Eucalipto
- ✓ *Phytophthora nicotianae* en tabaco
- ✓ *Phytophthora palmivora* en papaya
- ✓ *Phytophthora infestans*
- ✓ *Fusarium solani f sp. eumartii*
- ✓ *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum*)
- ✓ Otras especies de *Phytophthora* en tomate, pimiento y pepino
- ✓ *Phytophthora cambivora* en almendros y cerezos
- ✓ *Pythium ultimum*, *P. aphanidermatum* y *P. irregulare* en pepino (*Cucumis sativus*)
- ✓ *Puccinia sorghi* en maíz
- ✓ *Plasmopara viticola* en uva
- ✓ *Alternaria alternata* en manzanos cv (Red Delicious)
- ✓ *Colletotrichum gloeosporioides* en manzanos Cv “Gala”
- ✓ *Penicillium sp*, *Botrytis sp* y *Rhizopus sp*. en manzanos cv “Fuji”
- ✓ *Diaphorte citri*, *Alternaria alternata* y *Elsinoe fawcetti*, causantes de enfermedades en cítricos
- ✓ *Septoria glycines*., *Fusarium sp* y *Cercospora kikuchii*, *Glomerella glycines* y *Colletotrichum truncatum*, *Phomopsis sojae*; en vainas
- ✓ *G. glycines* y *C. truncatum*, *C. kikuchii*, y *P. sojae*. en Soja (*Glicine max*)
Phytophthora cactorum en Frutilla (*Fragaria chiloensis*).

Fosfito de Cu / Fosetyl Al

La principal diferencia entre el Fosfito de Cu y el Fosetyl –Al radica en su modo de acción debido a su diferente composición: El fosfito de cobre libera 1 átomo de cobre, mientras que el etilfosfonato libera 1 átomo de aluminio, que se comporta como tóxico, ya que:

Inhibe la división celular en los meristemos apicales de las raíces y provoca daños en la permeabilidad de la membrana celular (Clarkson, 1966 – Moriruma, 1978).

Además, el cobre tiene un potente efecto fungicida, provocando:

- Alteración de la permeabilidad de la membrana celular por acción del Cu²⁺.
- Aumento del estrés oxidativo celular por la entrada del Cu²⁺.
- Inhibición de la síntesis proteica en los ribosomas.
- Degradación del ADN y muerte celular.

RESULTADOS:

EJEMPLO USO DE FOSFITOS DE Cu y K en SOJA

Impacto del uso de fosfitos de K y de Cu, solos o en mezclas con fungicidas sobre el rendimiento del cultivo de soja en ensayos de control de Enfermedades de Fin de Ciclo (EFC):

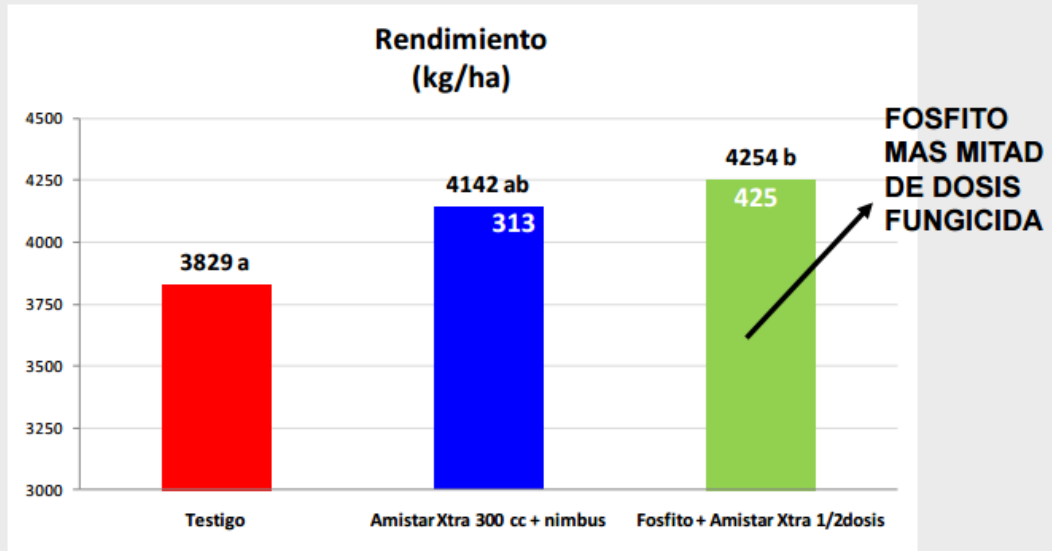
Tratamientos	Nº de Ensayos	Aumento de Rendimiento (kg/ha)
Phi K 0,5lt	5	153 (234 - 21)
Phi K 1lt	6	194 (325 - 90)
Phi Cu 1,5lt	1	132 (225 - 38)
Phi K 0,5 lts + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	1	481 (571 - 391)
Phi K 1 lt + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	3	387 (451 - 340)
PhiCu 1,5lt + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	1	297 (353 - 240)
Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	9	420 (601 - 234)

Principales EFC: tizón de la hoja y mancha púrpura (causado por *Cercospora kikuchii* (T. Matsu & Tomoyasu) Gardner), antracnosis, (*Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrews & WD Moore), mancha marrón (*Septoria glycines* Hemmi), tizón de la vaina y tallo (*Phomopsis sojae* Lehman), mildiú (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd: Gäum), mancha ojo de rana (*Cercospora sojae* Hara), mancha anillada (*Corynespora cassicola* (Berk & Curt.) Wei), mancha foliar por *Alternaria* (*Alternaria* spp.), pústula bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv *glycines* (Nakano) Dye.) y tizón bacteriano (*Pseudomonas* pv *glycinea*) (Coerper) Young, Dye & Wilkie.

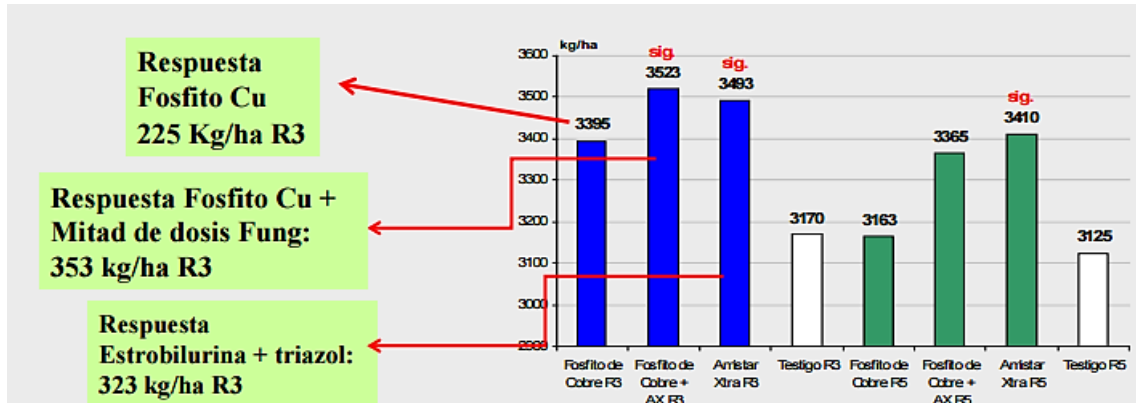
TABLAS RESUMEN

ENSAYOS PARA EL MANEJO DE EFC Y MOR 2010

Pergamino, Bs As. FAUBA-Agritest



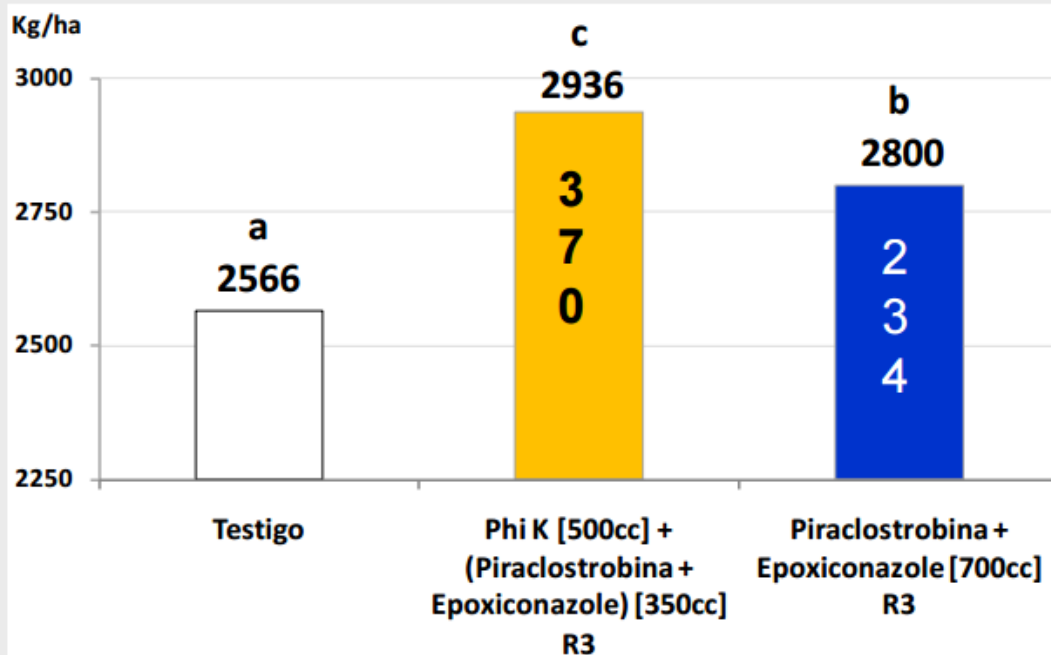
Resultados en control de EFC y Mancha Ojo de Rana en soja



Respuesta en producción final a tratamientos con Fosfite de Cu.

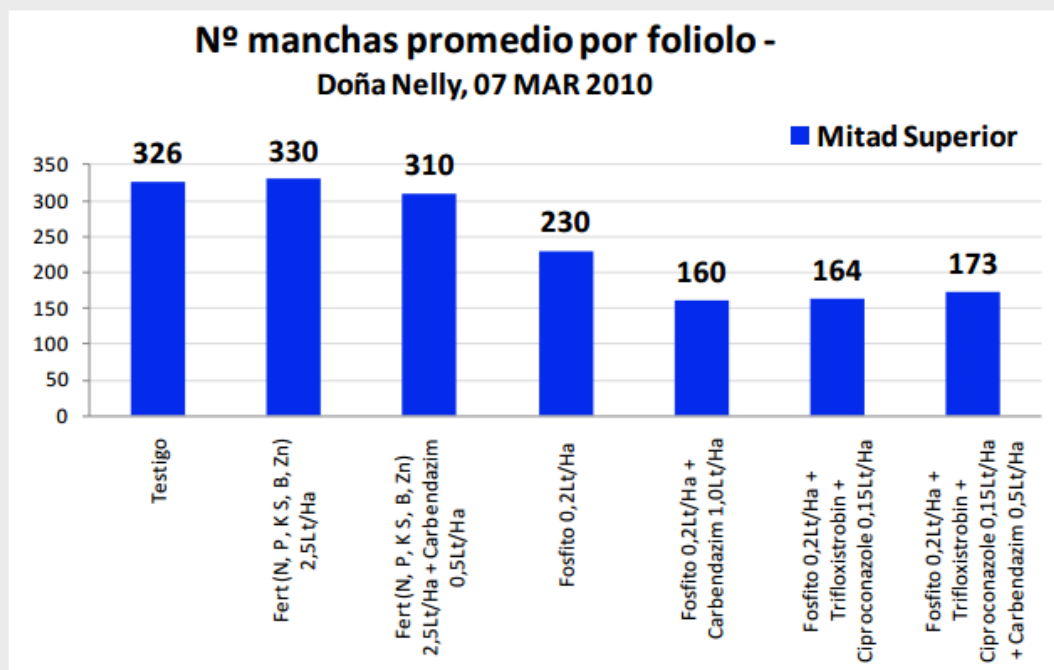
El impacto de los fosfitos más fungicida

Las Parejas, Sta Fe. 2008
N4725



MANCHA OJO DE RANA 2010

Maria Susana, Sta Fe. VMV siembras



Uso de fosfitos en soja, ejemplos de artículos publicados:

- **Los fosfitos y la nutrición mineral como una herramienta complementaria para el manejo de las EFC en el cultivo de soja Carmona M.; Sautua F. y Mendoza C. 2009 Revista Análisis de semillas Tomo 4 vol 1 Nero 13, pp 69-71, 2010. ISSN 1851-678**
- **Fertilizantes foliares para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja en el sur de Santa Fe. Carmona M., Abello A., Sautua F. & Gally M Mercosoja 2006, 3er Congreso de Soja del Mercosur, Rosario 27 al 30 de junio de 2006: pp. 326- 328.**
- **Fosfito de cobre y funguicidas Combinación de diferentes funguicidas y momentos de aplicación. Carmona, M. Revista Agromercado. pp. 168-170 Setiembre de 2006.**
- **Carmona M.; Sautua F. y Mendoza C. 2009. Los fosfitos y la nutrición mineral como una herramienta complementaria para el manejo de las EFC en el cultivo de soja. Horizonte A Nro 25, 34-36, pp.Convenio FAUBA-AAPRESID)**
- **Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja Carmona, M.; Abello, A., Sautua, F. y Gally, M. Pag. 385-386 XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas 28, 29 y 30 de junio de 2006, San Fernando del Valle de Catamarca**
- **Efecto de un inductor sintético de la resistencia sobre enfermedades foliares en soja. Romero, A.; Gally, M y Carmona, M. Libro de resúmenes, Primer Congreso Argentino de Fitopatología, mayo de 2008, Córdoba; p 239.**
- **Efecto de fosfito de potasio y fungicidas en el control de enfermedades de fin de ciclo de la soja. Carmona, M.; Sautua, F y Gally, M. Libro de resúmenes, Primer Congreso Argentino de Fitopatología, mayo de 2008, Córdoba; P 206**
- **Inductores de la Resistencia: una Alternativa para el Manejo de Enfermedades Foliares en Soja Romero, A.M.; Gally, M.E.; Carmona, M.C.; Liener, N. XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santiago del Estero, 30 de setiembre al 2 de octubre, 2009**