

# Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana

**Carmona Marcelo y Sautua Francisco**

Cátedra de Fitopatología. FAUBA. Av. San Martín 4453. Capital Federal. Tel. 4524-8063  
carmonam@agro.uba.ar

Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana Carmona Marcelo y Sautua Francisco Actas Simposio Fertilizar 2011. Ed IPNI (International Plant Nutrition Institute) y Fertilizar 73- 82 pp 18 y 19 de Mayo, Rosario, Argentina

Los nutrientes y los fosfitos pueden impactar significativamente en el desarrollo de las enfermedades de los cultivos. Si bien existen muchos reportes que muestran la disminución de las enfermedades por el agregado de ciertos nutrientes o fosfitos, el potencial de uso estas prácticas como herramientas complementarias para el manejo de las mismas, aún no ha sido del todo explotado, probablemente porque el estudio de la relación nutrición-hospedante-patógeno resulta muy complejo de entender y abordar. Por ello y para una mejor comprensión de esta relación, es necesario detallar primeramente, algunos principios básicos de fitopatología relacionados con la ocurrencia de las enfermedades.

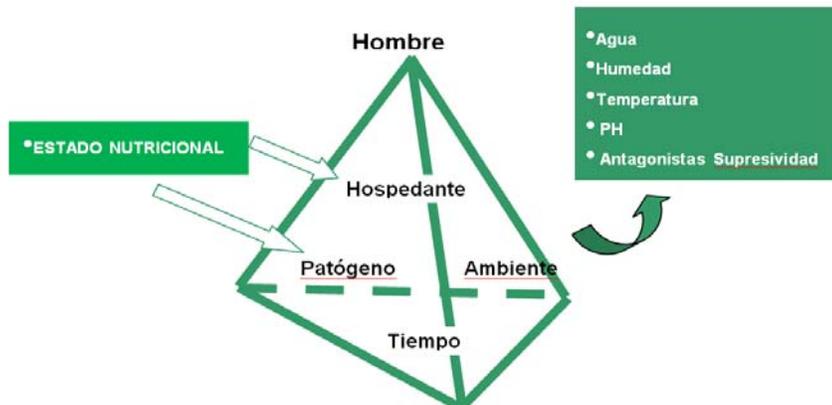
## Factores determinantes de enfermedades de las plantas

Los tres factores determinantes de enfermedades bióticas o parasitarias de las plantas son el hospedante (h), el patógeno (p) y el ambiente (a). La combinación en el tiempo y en el espacio de estos tres elementos determina la ocurrencia o ausencia de una enfermedad, su intensidad y las pérdidas económicas en la producción.

El hospedante (h) (planta cultivada) es la principal fuente nutricional de los patógenos (p). Los parásitos son nutricionalmente dependientes del hospedante y sus poblaciones se desarrollan en función de la disponibilidad de alimento y del ambiente que actúa como un catalizador de los procesos biológicos de reproducción.

Los patógenos (p) están representados por el agente causal de enfermedades, pudiendo ser hongos, bacterias, nematodos, virus y otros.

El ambiente (a) está representado por el agua líquida en el estado de vapor, por la temperatura del ambiente, humedad y pH del suelo, contenido de materia orgánica y fertilidad. En realidad el factor "a" representa un conjunto de factores edafo-climáticos que involucra al patógeno y al hospedante.



## **El estado nutricional.**

El estado nutricional es un factor del ambiente que influye en el hospedante y que también puede incidir significativamente en el proceso infectivo de los patógenos. De manera general los nutrientes pueden afectar el desarrollo de la enfermedad a través de su impacto en la fisiología vegetal y / o mediante su efecto sobre los patógenos. Es necesario destacar, que la interacción nutriente-planta-enfermedad es compleja para analizar y no siempre presenta el mismo comportamiento. De esta manera una determinada situación nutricional o un nutriente en particular, puede influir en la disminución de la severidad de una determinado patógeno, pero puede sin embargo, incrementar la intensidad de la enfermedad causada por otro patógeno o no generar ningún cambio. A modo de ejemplo, los parásitos necrotróficos como los causantes de manchas, colonizan de mejor manera los tejidos poco vigorosos, débiles o deficitarios de nutrientes. En estos casos la fertilización principalmente con nitrógeno puede cambiar el estado de la planta, y la intensidad de la enfermedad puede detenerse o disminuir su severidad. Este efecto es común observarlo en campos “nutricionalmente pobres” y afectados por la mancha amarilla del trigo (*Drechslera tritici-repentis*), donde luego de la fertilización nitrogenada se observa una recuperación del estado del lote y una disminución de la intensidad de la enfermedad. Para los parásitos biotróficos (royas, oídios), la tendencia resulta ser inversa. Los mecanismos por los cuales los nutrientes pueden influir en el proceso de infección son de variada naturaleza e involucran aspectos relacionados con la promoción del crecimiento, cambios en el microclima a consecuencia del crecimiento vegetal, escape o evasión de patógenos por un aumento de la tasa de crecimiento vegetal, impacto en la microflora antagonista del suelo, modificaciones de los microorganismos que utilizan N del suelo, cambios en el PH del suelo, generación de barreras físicas para la infección o inducción a la acumulación de compuestos antifúngicos, cambios estructurales, morfológicos y bioquímicos de las paredes y células de las plantas, y aumento de defensa de las plantas.

En relación a los fosfitos usados en la agricultura, su acción está referida como fertilizante, bio-estimulante, y en algunos casos, como fungistáticos y fungicida tanto en cultivos extensivos como intensivos produciendo cambios anatómicos y bioquímicos dentro de la planta. Los fosfitos son derivados del ácido fosforoso que se combinan con diferentes elementos como Ca, K, Al, Mn, Mg, Zn y S. Numerosos ensayos demuestran que estimulan los mecanismos de defensa de las plantas y por ello se los incluye en los llamados inductores de la resistencia de las plantas.

La información disponible de la nutrición y fosfitos para el manejo de enfermedades no es abundante y hasta veces controversial. Si bien estas prácticas no pueden sustituir a los fungicidas ante epidemias severas, podrían constituir una estrategia complementaria y formar parte de un programa que fortalezca la sustentabilidad, protegiendo al ambiente, y reduciendo la tasa de uso de fungicidas.

En este trabajo se analiza y discute la influencia de la nutrición y los fosfitos en el manejo de las enfermedades de los cultivos extensivos con especial referencia a trigo, cebada, maíz, y soja.

## El impacto del Nitrógeno ( N )

Uno de los principales impactos que deben ser analizados en relación al nitrógeno, resulta de las diferencias entre el tipo de nutrición existentes entre los patógenos. Los patógenos biotróficos se estimulan con la mayor actividad metabólica y el retraso de la senescencia asociada a la fertilidad nitrogenada, mientras que los necrotrofos que prefieren tejidos pobres, o que deben atacar con enzimas y toxinas a las células del hospedante, se encuentran menos favorecidos ante la presencia de altos niveles de nitrógeno (Agrios, 2005). Es sabido asimismo que la mayor concentración de aminoácidos cercana a la superficie de la hoja puede estimular la germinación de la esporas en especial sobre los tejidos jóvenes. Para la región pampeana la roya del maíz (*Puccinia sorghi*) y la roya naranja del trigo (*Puccinia triticina*) ambos causados por biotróficos, son importantes enfermedades que podrían verse favorecidas cuando la fertilización nitrogenada es elevada, especialmente en genotipos susceptibles. Un ejemplo de patógeno necrotrofo es el que estudiaron Annone y col. (2005) en trigo. Los autores encontraron una interacción significativa entre fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas para la mancha amarilla (*D. tritici-repentis*) donde el aumento de N disminuyó la eficiencia de los fungicidas.).

Para el cultivo de soja es importante destacar que mientras que en Brasil, Paraguay y Bolivia, predominan los biotróficos fúngicos como *Phakopsora pachyrhizi* (roya asiática) y *Microspora diffusa* (oidio), en Argentina los más frecuentes son los necrotrofos como *Septoria glycines* (mancha marrón), *Cercospora kikuchii* (tizón morado) y, *C. sojina* (mancha ojo de rana) (Carmona et al., 2004, Carmona, et al 2010). Esta diferencia nutricional puede vincularse con los efectos del nitrógeno y las observaciones que se realizan a campo. De esta manera observaciones personales en lotes de soja de la región pampeana, han mostrado frecuentemente que las plantas bien nutridas y con inoculaciones realizadas a la siembra, presentaban mejor estado sanitario que aquellos sin inocular, probablemente por la disponibilidad y cantidad de N temprano que pudo disminuir o retrasar la invasión de los necrotrofos. Resultados semejantes se observaron en un ensayo desarrollado en el sur de la provincia de Santa Fe (tabla N°1), donde el agregado foliar de Nitrógeno 6,8% y Fósforo asimilable 9,3% (3 l/ha), generó una disminución de la severidad de las EFC y un aumento del rendimiento de 3 qq/ha en relación al testigo (Carmona et al., 2006a)

Tabla N°1 - Rendimiento (kg/ha) y componentes (NG y PG) obtenidos con aplicación de un fungicida (mezcla estrobilurina + triazol) y un fertilizante incluyendo N y P, durante la campaña 2004/2005 en Armstrong, Sta. Fe.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Respuesta (kg/ha)	Peso1000 granos (gr)	Número de granos/.m <sup>2</sup>
Azoxistrobina + Cyproconazole 0,3 l/ha en R5	3486 b	481	145,3 b	2400 b
Nitrógeno 6,8% y Fósforo asimilable 9,3%, 3 l/ha en R5	3305 ab	300	142,5 ab	2294 ab
Testigo	3005 a	--	139,8 a	2150 a

Carmona et al., 2006<sup>a</sup> UBACyT G020

Para el cultivo de maíz y en especial para las pudriciones de raíz y tallo parecería que el agregado de N tiene una importante influencia en el desarrollo de estas enfermedades. Sin embargo, existen contradicciones entre algunos autores (White et al., 1978). Probablemente la forma, dosis y momento en que se aplica nitrógeno y principalmente su relación con el K serían los factores que mejor explicarían el impacto sobre este complejo de enfermedades. De esta manera cuando existe una relación alta y deficiencia de K, existe un incremento de estas pudriciones generando mayor vuelco de las plantas (Carmona, et al 2008). Probablemente, en un contexto de alta fertilización nitrogenada, la falta o déficit de K puede limitar la producción y movilización de azúcares, por lo que la planta para satisfacer la demanda de la espiga, removiliza los azúcares de la base del tallo generando un desbalance energético favoreciendo al complejo fúngico.

Otro de los aspectos a estudiar es la forma con que el N es suministrado o aplicado ya que puede interferir con la microflora existente en el suelo. Como ejemplo se menciona en el pietín del trigo (*Gaeumannomyces graminis* var *tritici*) donde el aumento a la resistencia a Pietín, es más pronunciada cuando las plantas tienen un suministro de nutrientes balanceados que contenga formas amoniacales de nitrógeno. Estas formas amoniacales están correlacionadas con el aumento de la actividad metabólica de las raíces, la modificación de la actividad microbiana en la rizósfera, el aumento en la absorción de micronutrientes específicos y con un aumento en la defensa de tipo estructural y metabólica en la planta.

## **El impacto del Potasio ( K ) y del cloruro de K (Cl K)**

Perrenoud (1990) realizó una revisión bibliográfica completa acerca de las publicaciones relacionadas con el K y las enfermedades. De ese estudio, que abarcó 2450 referencias, concluyó que el uso de K disminuyó la incidencia de las enfermedades fúngicas en el 70% de los casos informados. Para las bacterias también se redujo la intensidad en el 69% de los casos y para las enfermedades virósicas fue del 41% de los casos informados (Tabla 2). También recientemente se han informado disminuciones de ataque de nematodos atribuibles al agregado de K en los lotes.

De acuerdo con los ensayos informados por Joshi (2008); el potasio tuvo un efecto beneficioso en el 87% de los casos en suelos con bajo K, mientras que en suelos de suficiente o alto contenido de K el beneficio fue de alrededor de un 66% de los casos. Para los lotes con insuficiente K, la reducción en la intensidad de las enfermedades c puede ser altamente significativa con su agregado, y ser de hasta 4 veces más que en lotes con suministro adecuado de K (Joshi, 2008).

Tabla N°2 – Efecto de la fertilización potásica sobre la intensidad de distintos tipos de enfermedades.

Categoría de Patógeno	Nº de observaciones de incidencia de enfermedad (a)			
	Total	Decreció	Sin cambio	Incrementó
Bacterias	144	99 (69)	14 (10)	31 (21)
Hongos	1549	1080 (70)	112 (7)	357 (23)
Virus	186	76 (41)	14 (7)	96 (52)
Nemátodos	111	37 (33)	4 (4)	70 (63)

**(a) Porcentajes del total entre paréntesis**

**Fuente: Perrenoud (1990)**

El K está directamente involucrado en procesos y funciones tales como: fotosíntesis, activación de enzimas, síntesis de proteínas, regulador estomático (Marschner, 1995). Probablemente el K sea considerado como uno de los elementos que más influya en la relación hospedante-patógeno. La mayoría de los autores coinciden en que la fertilización con este elemento es la que mas invariablemente hace disminuir la intensidad de las enfermedades en numerosos cultivos. El efecto del K hace referencia a la estimulación de sustancias antifúngicas dentro de la planta, al engrosamiento y fortalecimiento de la cutícula a modo de generar una mejor barrera física a la penetración de patógenos o vectores, y a la promoción del crecimiento vegetal entre otros. Asimismo en soja mejora la nodulación y el crecimiento de las raíces y la calidad de los granos. En Argentina existen muy pocas experiencias del uso de CLK en el manejo de enfermedades del cultivo de soja. Una de las primeras experiencias mostró una tendencia positiva a disminuir la incidencia de la mancha marrón (Couretot y Ferraris, 2007).

Muchas plantas con déficit de K muestran tallos débiles, paredes y cutículas delgadas, acumulación de azúcares o nitrógeno en hojas que las hacen más predisponentes al ataque de enfermedades (Magen & Imas 2004) e incluso a insectos. Insuficiente K causa un color pálido de las hojas, que es particularmente atractivo para los áfidos (Joshi, 2008).

Asimismo deficiencias de K está correlacionadas con una disminución de fenoles y fitoalexinas que poseen propiedades antifúngicas (Kiraly, 1976).

Muchas son las enfermedades de los cultivos extensivos que han disminuido su intensidad ante la fertilización con K como por ejemplo con el agregado de Cl K. A modo de ejemplo se mencionan en la bibliografía entre otras: manchas foliares por *Septoria tritici*, *D. tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana* en trigo (Fixen, et al 1986; Timm et al., 1986; Cook et al 1993; Mann, et al 2004; Sharma et al 2005 y Mercado Vergnes et al 2007), mancha foliar por *Myrothecium* sp. en soja (Magen, and Imas 2004), pudriciones de raíz y tallo en maíz (Xiaoyan et al 2007) y las enfermedades de fin de ciclo causadas por *Phomopsis spp* y *Cercospora kikuchii* en soja (Mascarenhas et al. 1976, Jeffers, et al 1982. Ito et al 1993 y 1994). También la aplicación de K puede reducir la intensidad de ataque de hongos de suelo como *Rhizoctonia* en soja (Basseto, et al 2007) y *Sclerotium rolfsi* ( Imas & Magen,

2008) así como también bacterias como *Pseudomonas savastanoi pv. glycinea*, agente causal del tizón bacteriano de la soja (Gupta & Singh, 2008). Asimismo y para el nematode del quiste de la soja, se ha observado una disminución significativa de los daños y de su intensidad con una adecuada fertilización potásica (Symantec analitic, 2011).

De acuerdo con Snyder and Ashlock (1996), la fertilización con K puede aumentar los rendimientos en soja y si no hay disponibilidad del mismo, se puede generar semillas de baja calidad, por el aumento de la intensidad de ataque de *Phomopsis spp.* y *C. kikuchii*. Por ello cuando existe déficit de K o cuando el mismo no es rápida y fácilmente absorbido por la planta, la fertilización potásica reduce la severidad de estas enfermedades (Camper and Lutz, 1977). Para el cono sur, Diaz Zorita (2006) menciona que las evidencias experimentales sugieren que mejoras en la oferta de K para el cultivo de soja podrían conducir a una menor incidencia de enfermedades. Estudios realizados por Fixen y col. (2008) mostraron cómo el agregado de ClK y ClCa disminuyó la severidad de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), atribuyendo el efecto de la tal supresión, al Cl. En las localidades de Missouri y Iowa estos autores también informaron de una disminución de la intensidad de la mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*) y mancha marrón (*Septoria glycines*), por la aplicación de Cl K. Estos autores enfatizan en la necesidad de profundizar los estudios para dilucidar claramente si el efecto es debido al Cl, al K o ambos.

En maíz, Arnold y col. (1974) demostraron en ensayos de campo con cuatro niveles de N, P y K que el N y P tenía poco o ningún efecto sobre las características de calidad del tallo, mientras que el K redujo la proporción de tallos senescentes, el vuelco, el aumento de la resistencia a la compresión y el espesor de las paredes del tallo. Asimismo y para el hongo biotrófico que causa el carbón común (*Ustilago maydis*), mayores dosis de N incrementa a su intensidad de ataque mientras que aplicando K, se logra una disminución significativa de su incidencia (Kostandi & Soliman, 1997). Trabajos recientes (Xiaoyan et al., 2007), han mostrado como el ClK puede incrementar la microflora fúngica y de actinomicetos en el suelo y generar una disminución de las Pudriciones de raíz y tallo (Prt).

Para el cultivo de trigo, y para la roya naranja, se evaluaron las aplicaciones de Cl K con el objetivo de poder incluir esta práctica dentro del manejo de esta enfermedad. Persisten en este cultivo dudas acerca de los efectos del ClK en el manejo de enfermedades., donde se genera una discusión interesante acerca de si el efecto es por el Cl o por K y su interacción con la susceptibilidad de los genotipos evaluados. Los resultados de aumentos de rendimiento obtenidos por Salvagiusti y col (2005), que fueron similares a los obtenidos por Díaz Zorita et al. (2004) y a los obtenidos por Ferraris y Couretot (2004), mostraron que existe respuesta a la fertilización con Cl y que la misma generalmente ocurre en variedades susceptibles a enfermedades foliares. Sin embargo, en los trabajos de Salvagiusti y col. (2005) y de Díaz Zorita et al. (2004), la respuesta obtenida en rendimiento no se relacionó con el porcentaje de severidad de las enfermedades foliares observada en el cultivo. Melgar y col. (2001) atribuye fundamentalmente al Cl y no al K los aumentos y la posibilidad de la supresión de enfermedades en sus ensayos.

Asimismo, Sweeney et al. (2000) sugirieron que la respuesta al control de la roya naranja por el aporte de Cl K al cultivo de trigo puede ser atribuida parcialmente al Cl. Sin embargo en una revisión realizada por Garcia (2008) del 2001 al 2006 en el cultivo de trigo, el autor menciona que de 26 sitios evaluados, 10 sitios presentaron respuesta a la aplicación de Cl y

que no puede atribuírsele al Cl el efecto de la supresión de enfermedades ya que solo el 15 % de los 26- ensayos mostró ese posible efecto.

Como los contenidos de K en los suelos de la región pampeana son considerados altos (Morras & Cruzate, 2001), en general se atribuye la respuesta a la fertilización con KCl al efecto del Cl sobre la supresión en la presencia de enfermedades. En este sentido Melgar y col. (2001), manifiestan que está claramente establecido que el principal factor que aumenta los rendimientos es el cloruro, y no el potasio. Sin embargo, Ventimiglia y col. (2003) han mostrado respuesta al agregado de K en suelos más arenosos como los que se presentan en 9 de julio.

Otros autores (Christensen et al., 1981; Engel et al., 1997), informan incrementos en el rendimiento a consecuencia del agregado del Cl aportado como ClK, Cl<sub>2</sub>Ca y ClNa, que fueron asociados con la disminución de enfermedades foliares o de raíz en trigo.

Para la Argentina, la mayoría de los trabajos coinciden en resaltar al Cl como el elemento más relacionado con la respuesta de rendimiento del cultivo cuando los suelos no presentan déficit de K, pero no muestran suficientes resultados y conclusiones significativas del impacto sobre las enfermedades que puedan claramente establecer recomendaciones de índole sanitario. Sin embargo, para el cultivo de maíz Figueroa y Benitez (2010) encontraron respuestas en el rendimiento (principalmente peso de 1000 granos) a las aplicaciones crecientes de K como Cl K en suelos de Mercedes, Corrientes donde el K está en cantidades intercambiables insuficientes.

## **El impacto del P (Fósforo)**

Su rol en el control de enfermedades es variable e inconsistente. Aunque generalmente muestra ser muy beneficioso en el control de enfermedades que afectan a las semillas, durante la germinación y estado de plántula, donde un desarrollo vigoroso de la raíz permite el escape a las enfermedades (Huber & Graham, 1999). El P forma parte de moléculas orgánicas: ADN, ARN, ATP y fosfolípidos, estando involucrado en procesos metabólicos tanto en la planta como en el patógeno. Cuando los suelos presentan déficit de P, la aplicación de P puede disminuir la pudrición de raíces y el carbón común del maíz (Huber and Graham, 1999; Dordas 2008). Según varios investigadores, el P estaría también involucrado en el aumento de las defensas de las plantas (resistencia sistémica adquirida), cuando es agregado como fertilizante (fosfato). Tal es el caso informado por Reuveni y col (1994 a y b) donde una simple aplicación foliar de fosfato redujo la severidad de la roya común (*Puccinia sorghi*) y tizón común (*Exserohilum turcicum*) del maíz. Para el caso de la roya común, la fertilización realizada antes de la infección redujo hasta el 98% de las pústulas comparado con el testigo. En Brasil, Balardin y col (2006) utilizando P, K y diferentes combinaciones de los mismos informaron de una reducción de la severidad de la roya asiática de la soja (*P. pachyrhizi*).

## **El impacto de los Microelementos**

Los microelementos también pueden influir sobre la manifestación de las enfermedades. Los mecanismos por los cuales están directamente involucrados con la relación

hospedante–patógeno no son del todo claros. Al describir los efectos del K, también se han incluido interesantes discusiones respecto al Cl y sus efectos en el manejo sanitario. Respecto a otros microelementos y en el cultivo de trigo, la aplicación de boro (B), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) redujo significativamente la severidad de la mancha amarilla del trigo cuando fueron aplicados en encañazón (Kostas & Dordas, 2006). El Zn aplicado al suelo, también ha mostrado tener efecto sobre algunas pudriciones de raíz tales como las causadas por *F. graminearum* y *G. graminis* en trigo (Graham and Webb, 1991; Grewal et al., 1996). De acuerdo con Graham y Webb, (1991) el Mn es el microelemento mas estudiado en relación a sus efectos sobre las enfermedades. El Mn posee una importante función en la lignificación y la formación de compuestos fenólicos que ayudarían a la defensa de la planta. Para el pietín del trigo el Mn es fundamental, por eso todas las practicas que aumenten el Mn disponible en el suelo (antecesor avena, fertilizaron con Mn, etc.) disminuyen la intensidad de esta enfermedad (Huber & Mccay-Buis, 1996). Reis y col tambien encontraron que el pietin disminuyo su intensidad de ataque con agregados de Mn Fe y Cu (Reis et al., 1982). En experiencias con otros microelementos, el silicato de calcio redujo la incidencia de la mancha ojo de rana a los 47 y 66 días después de la siembra, posiblemente por estar involucrados el silicio (Si) y compuestos fenólicos en los mecanismos de defensa de las plantas (Nolla et al., 2006). El Si también puede disminuir la intensidad del cancro (*Diaporthe phaseolorum f. sp. meridionalis*) y la muerte súbita de la soja (*Fusarium tucumaniae*) (Juliatti et al., 1996).

## **El impacto de los fosfitos**

El uso de los fosfitos constituye actualmente una técnica muy promocionada en los cultivos extensivos especialmente en soja. Existen varias discusiones a nivel nacional e internacional acerca de sus efectos en las plantas y en los patógenos. Muchos pregonan su aporte como fertilizante, mientras que otros como inductor de la resistencia de las plantas y finalmente otros como fungicidas.

### **Los fosfitos como fertilizantes**

Es importante destacar que el fosfito también llamado “fosfonato”, es una sal del ácido fosforoso o fosfónico. No debe confundirse con los conocidos fertilizantes a base de fosfatos que provienen del ácido fosfórico. A diferencia del ácido fosfórico que contiene cuatro átomos de oxígeno ( $H_3PO_4$ ), el ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) y los compuestos relacionados contienen solo tres átomos de oxígeno. Tanto a los fosfatos como a los fosfitos se le pueden adicionar otros elementos (K, Cu, etc). Los fosfitos son más solubles y estables en las plantas que los fosfatos. Las discusiones en relación a si los fosfitos se comportan como fertilizantes y en especial como fuente de fósforo han sido muchas desde hace tiempo, e incluso se mantienen en la actualidad. Lo cierto es que las plantas no pueden utilizar los fosfitos en forma directa como fuente de P tal como lo hacen con los fosfatos y por eso numerosos autores (Abel *et al.*, 2002; Brunings *et al.*, 2005; Landschoot & Cook, 2005; Mc Donald, 2001; Schroetter *et al.*, 2006; Ratjen & Gerendás, 2009; Thao *et al.*, 2009a; Thao *et al.*, 2009b) declaran que los fosfitos no deberían ser utilizados o difundidos

como fertilizantes. Las discusiones comenzaron hace muchos años en época de guerra en EEUU y Alemania (1930 al 1940) en busca de sustitutos de fertilizantes fosforados (MacIntire *et al.*, 1950; Landschoot & Cook, 2005), donde se valoró a los fosfitos como posible fuente de fósforo. Esas investigaciones demostraron que los fosfitos son una fuente nutricional pobre del P, debido a que el pasaje de fosfito a fosfato no ocurre o es muy lento siendo llevado a cabo por bacterias principalmente (Bezuidenhout *et al.*, 1987; McDonald *et al.*, 2001a; McDonald *et al.*, 2001b). Luego, la polémica se incrementó con los trabajos de Lovatt (1990), Lovat y Mikkelsen (2006), donde informaron que las aplicaciones foliares de fosfitos en citrus y palta pueden reemplazar a los fosfatos cuando existe déficit de fósforo. Probablemente en estos cultivos perennes haya tiempo para que los fosfitos puedan pasar a fosfatos y así ser aprovechados como fuente de P. También los trabajos de Rickard (2000), que indicaban que los fosfitos generan consistentes aumentos de rendimiento y calidad en varios cultivos, generaron discusión. Otros autores remarcaron que los fosfitos aplicados para sustituir a los fosfatos como fuente de fósforo han generado incluso efectos dañinos en función del nivel de fosfatos en la planta, y que estos efectos son mayores a bajos niveles de fosfato, concluyendo que el efecto de los fosfitos sobre las plantas es inconsistente, pero fuertemente dependiente del status de concentración de fosfatos en plantas (Thao *et al.*, 2009a; Thao *et al.*, 2009b; Ratjen & Gerendás, 2009). Estos autores mencionan que si bien hubieron publicaciones informando acerca de los impactos positivos de las aplicaciones de fosfitos en los rindes y calidad de varios cultivos, estos efectos son probablemente más debido a la supresión de enfermedades que a su efecto como fertilizantes, demostrando que el efecto deletéreo del fosfito es evidente en plantas con bajos niveles de fosfatos pero no en plantas con niveles suficientes de fosfatos. Lo cierto es que la mayoría de las publicaciones ponen en consideración la acción del fosfito como fungicida contra Oomycetes y como inductor de las defensas de la planta más que como fertilizante en sí.

### **Los fosfitos como antifúngicos**

Una sustancia es considerada fungicida cuando presenta toxicidad al patógeno objeto de control. Generalmente se asocia la palabra fungicida con la muerte del hongo (fungus: hongo; cida: muerte). Sin embargo, algunas sustancias que también se las conoce como fungicidas, controlan enfermedades inhibiendo el crecimiento miceliano o su esporulación. Estas son llamadas sustancias fungistáticas y antiesporulantes. Las propiedades antifúngicas de los fosfitos fueron descubiertas en Francia en la década de 1970, precisamente en estudios sobre el tizón de la papa (*Fosetyl-Al-Phytophthora infestans*).

La comprobación como acción antifúngica de estas sustancias fue realizada en los Oomycota: *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Plasmopara*, *Pythium*, *Albulgo*, *Bremia*. Los efectos sobre este grupo de microorganismos consisten en la inhibición del crecimiento micelial (fungistático), cambios metabólicos que influyen directamente en el pseudofungi, y supresión de germinación y esporulación (Cohen & Coffey, 1986; Garbelotto *et al.*, 2009).

Los fosfitos son más efectivos contra los Oomycetes “*in vivo*” que “*in vitro*” y además de tener efectos antifúngicos directos sobre los patógenos, activan los mecanismos de defensa de las plantas (Guest and Grant, 1991).

Los fosfitos son utilizados como parte del manejo integrado de enfermedades en cultivos como papa, tomate, vid, hortalizas, césped, etc. Por ejemplo, para el cultivo de papa en

Argentina, Lobato y col (2008) demostraron que los fosfitos disminuyeron el ataque de *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani* (Lobato *et al.*, 2008). Estos mismos autores corroboraron la hipótesis acerca de que los fosfitos son más fungistáticos que fungicida (Lobato *et al.*, 2010) y que los efectos de los fosfitos son más importantes sobre *P. infestans*.

Las experiencias en otros cultivos y otros patógenos resultan asimismo muy interesantes. Por ejemplo, para el cultivo de soja en Argentina, Carmona y col (Carmona *et al.*, 2009; Carmona *et al.*, 2008; Carmona *et al.*, 2006a; Carmona *et al.*, 2009b; Carmona, 2009) realizaron 9 ensayos con fosfitos (Phi) entre los años 2005 a 2008 (campañas agrícolas 2004/2005, 2005/2006 y 2007/2008), 8 con fosfito de potasio (PhiK) y uno con fosfito de cobre (PhiCu), demostrando en un ensayo en el sur de Santa Fe que el uso de fosfitos de K redujo la severidad de las EFC aumentando el rendimiento entre 2,1 a 2,7 qq/ha ( Gráfico 1 y Tabla 1; Carmona *et al.*, 2006a).

Los resultados que se muestran en la tabla 3 muestran que las aplicaciones de Phi generaron aumentos en los rendimientos que dependieron del año, dosis y características de los ensayos. Así a modo de ejemplo, las 6 aplicaciones de PhiK a la dosis de 1 litro por ha dieron respuestas promedio de 194 kg/ha (máx. 325 kg/ha - min. 90 kg/ha). El % de control de severidad de EFC promedio fue de hasta 18%. Las 6 aplicaciones de PhiK a la dosis de 0.5 litros por ha dieron respuestas promedio de 153 kg/ha (máx. 234 kg/ha - min. 21 kg/ha). Asimismo resultó muy interesante la mezcla complementaria de un fungicida mezcla (estrobilurina más triazol) más 0,5 lts de Phi de K, que aumentó el rendimiento un 14 % más en relación al promedio obtenido por utilizar la mezcla de fungicidas en forma individual en 9 ensayos (481 vs 420 kg/ha). En este aspecto, un ensayo realizado en Las Parejas (Carmona y Sautua sin publicar) arrojó resultados que fortalecen la posibilidad de las mezclas de fungicidas más Phi incluso con la mitad de dosis de fungicida. En la tabla 4 se muestra como la mezcla de la mitad de dosis recomendada de piraclostrobina + epoxiconazole más Phi K, generó un rendimiento mayor (mayor número de granos) que la aplicación a dosis llena de la mezcla de fungicidas. En ambos tratamientos los % de control fueron similares (44 y 45%). Para el caso particular de la mancha ojo de rana (Carmona *et al.*, 2010) durante la campaña 2009/2010 se evaluó el efecto de la mezcla de fungicidas (estrobilurina más triazol y carbendazim) con un compuesto que contenía aminoácidos y fosfitos para el control de MOR. Se registró una disminución del 52% del número de lesiones de MOR por folíolo (331 vs 160 lesiones/folíolo). Cuando se evaluó el compuesto de fosfitos en aplicaciones individuales el control fue del 33%.

Si bien no fue posible determinar a campo cual fue la función principal de los Phi aplicados a los cultivos de soja (antifúngico o inductor de defensas o ambas), todos estos datos resultan promisorios para considerar a los Phi como herramienta complementaria al uso de fungicidas en un programa de manejo integrado. Sin embargo, son necesarios aún más ensayos e investigaciones.

Tabla 3. 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 EFC

Tratamientos	Nº de Ensayos	Nº de Aplicaciones	Aumento de Rendimiento (kg/ha)
Phi K 0,5lt	5	6	153 (234 - 21)
Phi K 1lt	6	6	194 (325 - 90)
Phi Cu 1,5lt	1	2	132 (225 - 38)
Phi K 0,5 lts + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	1	2	481 (571 - 391)
Phi K 1 lt + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	3	3	387 (451 - 340)
PhiCu 1,5lt + Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	1	2	297 (353 - 240)
Azoxistrobina + Cyproconazole (300)	9	11	420 (601 - 234)

Tabla 4. Rendimiento, componente de rendimiento, severidad de las EFC y su control. Ensayo realizado en Las Parejas, Santa Fe, campaña 2007/2008.

tratamiento	Rinde (kg/ha)	Resp (kg/ha)	P 1000 (gr)	NG	% Sev 30 DDA	% Control
Testigo	2566 a	0	155 a	1661 a	46 b	0
Phi K [500cc] + (Piraclostrobina + Epoxiconazole) [350cc] - R3	2936 c	370	158 b	1855 c	25 a	45
Piraclostrobina + Epoxiconazole [700cc] - R3	2800 b	234	158 b	1778 b	26 a	44

Fuente: Carmona y Sautua sin publicar. UBACyT G020 y UBACyTG043

### Los fosfitos como inductores de resistencia

La inducción a la resistencia es un fenómeno que ocurre cuando por un stress o una pre-infección de algún patógeno, las plantas se vuelven resistentes a la infección posterior de otros patógenos. Este mecanismo puede ocurrir por dos alternativas: 1) resistencia sistémica adquirida RSA o 2) resistencia sistémica inducida RSI (Vallad and. Goodman, 2004).

La RSA tiene como protagonista al ácido acetil salicílico (AS) generando un aumento de las proteínas relacionadas con la patogénesis (PR). La activación de la RSA va acompañada de un incremento endógeno, local y sistémico de ácido salicílico (AS) que promueve principalmente las PR.

La RSI es generado por bacterias promotoras del crecimiento generalmente del suelo. De igual manera que la RSA, la RSI es una resistencia sistémica, de amplio espectro (virus, bacterias, hongos) y duradera, pero la activación de la RSI no depende de un incremento endógeno local y sistémico de AS. Por el contrario dicha resistencia depende de las rutas reguladas por las hormonas etileno (ET) y ácido jasmónico (JA).

En general, el aumento de la resistencia puede deberse a las proteínas relacionadas con la patogénesis (PR) y por las fitoalexinas (FX).

Las PR son proteínas sintetizadas por la planta cuando es atacada o estimulada con algunas sustancias. Algunos ejemplo son  $\beta$ -glucanasas o quitinasas que en forma sinérgica degradan la pared celular de los hongos. Estos aumentos de defensa también pueden ocurrir sin ninguna infección previa, sino a través de la utilización de sustancias que activan las PR y las fitoalexinas. Dentro de estas sustancias se pueden citar al acibenzolar-S-metilo (Romero et al 2008 y 2009), fosfitos etc. Además, y tal como se discutió previamente en el caso del P, según varias publicaciones, el P estaría también involucrado en el aumento de las defensas de las plantas cuando es agregado como fertilizante (fosfato) (Reuveni y col 1994 a y b). De esta manera, aplicaciones foliares de fosfatos en maíz indujeron una protección sistémica contra *P. sorghi* y *E. turcicum* (Graham, 1983)

Las fitoalexinas son sustancias antimicrobianas que se sintetizan rápidamente en la planta luego de un ataque microbiano. Los fosfitos han mostrado ser inductores de la resistencia, siendo esta la función más universalmente aceptada para los fosfitos.

Un propuesta interesante de denominación y concepto fue realizada por Wiese et al (2003), ya que debido a que la RSA puede ser inducida por patógenos avirulentos pero también por compuestos químicos, Wiese et al. (2003) introdujeron el término resistencia químicamente inducida (RQI), para describir la resistencia sistémica adquirida luego de la aplicación de un compuesto sintético. Entre los elicitores de la RSA se encuentra el fosfito de potasio, benzothiazabenzodazole, ácido salicílico y propanazole. Los fosfitos por lo tanto, inducen o activan sistemas de defensa que se ponen en funcionamiento cuando las plantas sufren ataques por patógenos o insectos (Dordas, 2008; Percival, 2010).

Por otro lado, aplicaciones de bajas concentraciones de fosfito (0.63 mg de  $HPO_3^{2-}$  por planta) inhibieron el desarrollo de nematodos *Heterodera avenae* y *Meloidogyne marylandi* en trigo y cebada, pero la aplicación de fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) como fosfatos de potasio a las mismas concentraciones no redujo el número de nematodos en trigo (Oka et al., 2007).

## Conclusiones

El manejo de enfermedades por la nutrición mineral de plantas debería recibir mayor atención por la investigación. Su potencialidad de uso debería ser priorizada en manejo de enfermedades al considerar sus aspectos prácticos, económicos y los relacionados con la protección ambiental.

De manera general, los nutrientes pueden reducir las enfermedades o disminuirlas a niveles de intensidad que junto con otras prácticas como por ejemplo culturales, genéticas, logran una mejor sanidad de los cultivos. La mejora en la defensa contra las enfermedades estaría

fundamentada no sólo por las mejoras en las condiciones de crecimiento del cultivo, sino también por la propia interacción con la biología y nutrición de los patógenos.

Los fosfitos constituyen aún un desafío adicional. Si bien su uso como fertilizante es controversial, está consolidada la hipótesis de ser un inductor de las defensas de las plantas y con actividades antifúngicas. Los resultados del uso de fosfitos en el manejo sanitario de soja en Argentina fueron promisorios y sugieren la necesidad de continuar estudiando el comportamiento de los fosfitos para evaluar su utilidad como herramienta complementaria no sólo en el manejo de las EFC y la MOR en el cultivo de soja, sino también en otras enfermedades y en otros cultivos. Por lo expuesto, más investigaciones resultan necesarias para evaluar interdisciplinariamente y con mayor profundidad fitopatológica y epidemiológica los impactos de la nutrición y uso de fosfitos sobre los cultivos, estudiando además de la relación nutrición - rendimiento, la interacción con la susceptibilidad de los genotipos, la evaluación de las enfermedades y el ambiente.

## **Bibliografía**

Abel S., Ticconi C.A., Delatorre C.A. 2002. Phosphate sensing in higher plants. *Physiol. Plant.* 115, 1–8.

Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology* (5th edition). Elsevier-Academic Press, San Diego, CA. 922 pp.

Arnold, J.M., Josephson, L.M., Parks, W.L. and Kincer, H.C. 1974. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium applications on stalk quality characteristics and yield of corn. *Agron. J.* 66, 605-608.

Balardin R.S., Dallagnol L.J., Didoné H.T., Navarini L. 2006. Influência do Fósforo e do Potássio na Severidade da Ferrugem da Soja *Phakopsora pachyrhizi*. *Fitopatologia Brasileira* 31:462-467.

Basseto, M.A, Ceresini, P.C. and Valério Filho, W.V. 2007. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. *Summa Phytopathologica* 33: 56-62.

Bezuidenhout, J.J., J.M. Darvas and J.M Kotze. 1987. The dynamics and distribution of phosphite in avocado trees treated with phosetyl-Al. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10:101-103 Katz, M. 1996. Spoon- feeding phosphorus. *Citrograph* 81:4-6.

Brunings A.M., Datnoff L.E., Simonne E.H. 2005. Phosphorous Acid and Phosphoric Acid: When all P Sources are not Equal. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Available at: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs254>.

Camper, H.M. and Lutz, J.A. 1977. Plowsole placement of fertilizer soybeans and response to tillage of plowsole. *Agron. J.* 69: 701-704.

Carmona A. M., Formento A.N., Scandiani M.M. 2010. Manual Mancha Ojo de Rana. ed. Horizonte A. Buenos Aires, Argentina. 48 p.

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.

Carmona, M.; Sautua, F y Gally, M. 2008. Efecto de fosfito de potasio y fungicidas en el control de enfermedades de fin de ciclo de la soja. Libro de resúmenes, Primer Congreso Argentino de Fitopatología, mayo de 2008, Córdoba; P 206.

Carmona M., Abello A., Sautua F., Gally M. 2006a. Fertilizantes foliares para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja en el sur de Santa Fe. Mercosoja 2006, 3er Congreso de Soja del Mercosur, Rosario 27 al 30 de junio de 2006: pp. 326-328

Carmona, M.; Abello, A., Sautua, F. y Gally, M. 2006b. Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja. Pag. 385-386 XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas 28, 29 y 30 de junio de 2006, San Fernando del Valle de Catamarca.

Carmona, M. 2006. Fosfito de cobre y fungicidas Combinación de diferentes fungicidas y momentos de aplicación. Revista Agromercado. pp. 168-170 Setiembre de 2006.

Christensen, N.W., Taylor, R.G., Jackson, T.L. and Mitchell, B.L. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with take-all root rot. Agron. J. 73, 1053-1058.

Christensen, N.W., Roseberg, R.J., Brett, M. and Jackson, T.L. 1986. Chloride inhibition of nitrification as related to take-all disease of wheat. In: "Special Bulletin on Chloride and Crop Production" (T.L. Jackson, ed.), No. 2, pp. 22-39. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, Georgia.

Cohen, Y. and M.D. Coffey. 1986. Systemic Fungicides and the Control of Oomycetes. Annu. Rev. Phytopathol. 24:311-338.

Cook JW, Kettlewell PS, Parry DW. 1993. Control of Erysiphe graminis and Septoria tritici on wheat with foliar-applied potassium chloride. Journal of the Science of Food and Agriculture 63, 126.

Couretot L., Ferraris G. 2007. Nuevas estrategias de producción para alcanzar los rendimientos potenciales en Soja Uso de cloruro de potasio en combinación con fungicidas. SOJA CAMPAÑA 2006-07. Available at [http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/KCL\\_Soja07.pdf](http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/KCL_Soja07.pdf)

Diaz Zorita M. 2006. Impacto de la fertilidad del suelo sobre las enfermedades en el cultivo de soja. Mercosoja 2006, 3er Congreso de Soja del Mercosur, Rosario 27 al 30 de junio de 2006. Available at [http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/Contenidos/presentaciones/insumos\\_03\\_p.pdf](http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/Contenidos/presentaciones/insumos_03_p.pdf)

Diaz Zorita M, Duarte GA y Barraco M. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy pampas region, Argentina. *Agronomy Journal*, 96:839-844.

Dordas C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28 (2008): 33-46.

Engel, R.E., Bruckner, P.L., Mathre, D.E. and Brumfield, S.K.Z. 1997. A chloride deficient leaf spot syndrome of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 176-184.

Fenn, M.E., Coffey M.D. 1984. Antifungal activity of Fosetyl-Al and phosphorous acid, *Phytopathology* 74:606-611.

Figuroa E., Benítez C. 2010. Fertilización Potásica. *Revista maiz en SD*, 105-107 AAPRESID.

Fixen PE, Buchenau GW, Gelderman RH, Schumacher TE, Gerwing JR, Cholik FA, Farber BG. 1986. Influence of soils and applied chloride on several wheat parameters. *Agron J* 78:736-740.

Fixen, P.E., R.W. Schneider, D.L. Wright, A.P. Mallarino, K.A. Nelson, S.A. Ebelhar, and N.A. Slaton. 2008. Implications of Asian soybean rust in nutrient management - Research update. *Better Crops*. 92:26-29.

Garbelotto M., Harnik T.Y., Schmidt D.J. 2009. Efficacy of phosphonic acid, metalaxyl-M and copper hydroxide against *Phytophthora ramorum* in vitro and in planta. *Plant Pathol.* 58: 111-119.

García F.O. 2008. Cloro en trigo: Resultados de las experiencias en la región pampeana argentina: Años 2001 a 2006. *Informaciones Agronómicas* No. 38: 17-21. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.

Graham D.R. 1983. Effects of nutrients stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements, *Adv. Bot. Res.* 10, 221-276.

Guest D.I., Grant B.R. 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biol. Rev.* 66: 159-187.

Gupta P.K. & Singh Pratap. Management of Potassium Nutrition in Soybean Based Cropping Systems in the State of Rajasthan. pp. 72-80, 2008. In 2008. Proceedings of the Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean Based Cropping Systems. September 28-29, 2007

Huber, D.M & Mccay-Buis, T.S. 1993. A Multiple Component Analysis of the Take-all disease of cereals. *Plant Disease* 77(5):437-447.

Huber D.M., Graham R.D. 1999. The role of nutrition in crop resistance and tolerance to disease, in: Rengel Z. (Ed.), *Mineral nutrition of crops fundamental mechanisms and implications*, Food Product Press, New York, pp. 205–226.

Imas P. & H. Magen. 2008. Role of Potassium Nutrition in Balanced Fertilization for Soybean Yield and Quality - Global Perspective, pp 1-20, 2008 in: *Proceedings of the Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean Based Cropping Systems*. September 28-29, 2007.

Ito M.F., Tanaka M.A.S., Mascarenhas H.A.A. 1993. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. *Summa Phytopathologica*, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 21-2.

Ito M.F., Mascarenhas H.A.A., Tanaka M.A.S., Dudienas C., Tanaka R.T., Gallo P.B., Miranda M.A.C. 1994. Efeito residual da adubação potássica e da calagem sobre a incidência de *Phomopsis* spp. em sementes de soja. *Fitopatologia Brasileira*, v.19, n.1, p.44-49.

Jeffers D.L., Schmitthenner A.F., Kroetz M.E. 1982. Potassium fertilization effects on *Phomopsis* seed infection, seed quality and yield of soybeans. *Agron. J.* 74: 886-890

Joshi O.P. 2008. Management of Potassium Nutrition in Soybean Based Cropping Systems in the State of Madhya Pradesh. National Research Centre for Soybean, pp- 54-71, 2008. in: *Proceedings of the Regional Seminar on Recent Advances in Potassium Nutrition Management for Soybean Based Cropping Systems*. September 28-29, 2007.

Juliatti F.C., Rodrigues F.A., Korndorfer G.H., Silva O.A., Peixoto J.R. 1996. Effect of silicon in resistance induction against *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis* in soybean cultivars with different resistance levels (Efeito do silício na indução de resistência a *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis* em cultivares de soja com diferentes níveis de resistência). *Fitopatologia Brasileira* 21(supplement): 26.

Kiraly, Z. 1976. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers pp. 33-46. In: "Fertilizer use and plant health". International Potash Institute, Basel, Switzerland.

Kostandi, S.F. and Soliman, M.F. 1997. Smut disease incidence and mineral composition of corn as affected by N fertilizer sources and K application rates. *J. Agric. Crop Sci.* 178: 197-204.

Kostas B. 2006. Simoglou and Christos Dordas Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat *Crop Protection* Volume 25, Issue 7, July 2006, Pages 657-663.

Krauss, A. 2001. Potassium and biotic stress. Ist FAUBA – Fertilizer –IPI Workshop Potassium in Argentina Agricultural Systems Nov. 20 – 21, 2001 Buenos Aires Argentina.

Landschoot P, Cook J. 2005. Sorting out the phosphonate products. Science For The Golf Course, November 2005: 73-77.

Lobato M.C., Olivieri F.P., Daleo G.R., Andreu A.B. 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. Journal of Plant Diseases and Protection, 117 (3): 102–109.

Lobato, M.C., Olivieri F.P., González Altamiranda E.A., Wolski E.A., Daleo G.R., Caldiz D.O., Andreu A.B. 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. Eur. J. Plant Pathol. 122: 349-358.

Lovatt, C.J. 1990. A definitive test to determine whether phosphate fertilization can replace phosphate fertilization to supply P in the metabolism of Hass on Duke 7. California Avocado Society Yearbook. 74:61- 64.

MacIntire W.H., Winterberg S.H., Hardin L.J., Sterges A.J., Clements L.B. 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric materials by means of pot cultures. Agron. J. 42:543-549.

McDonald A.E., Grant B.R., Plaxton W.C. 2001a. Phosphite (phosphorous acid): Its Relevance in the Environment and Agriculture, and Influence on the Plant Phosphate Starvation Response. J Plant Nutrition, Vol. 24: pp. 1505-1519.

McDonald A.E., Niere J.O., Plaxton W.C.. 2001b. Phosphite disrupts the acclimation of *Saccharomyces cerevisiae* to phosphate starvation. Can. J. Microbiol. 47(11): 969–978.

Magen H., Imas P. 2004. Potassium chloride and suppression of disease. Poster presented at the XVTH International Plant Protection Congress, Beijing. Available at: <http://www.ipipotash.org/publications/detail.php?i=189>

Mann R.L., Kettlewell P.S., Jenkinson P. 2004. Effect of foliar-applied potassium chloride on septoria leaf blotch of winter wheat Plant Pathology 53: 653 –659

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press, pp. 436-460.

Marschner H., Kirkby E.A., Cakmak I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo assimilates and cycling of mineral nutrients. Journal Exp. Botany 47: 1255-1263.

Marschner H. 1996. Relations hip between mineral nutrition and plant disease and pests. In: Marschner, H. (Ed.) Mineral nutrition of higher plants. London. Academic Press. 1996:369-390.

Mascarenhas H.A.A., Miranda M.A.C., Bataglia O.C., Tisselli Filho O., Braga N.R., Soave, J. 1976. Efeito da adubação potássica sobre o ataque da soja pelo *Diaporthe phaseolorum* (Cke. & Ell.) Sacc. Var. *sojae* (Lehman)Wehm. *Summa Phytopathologica* 2:230-234.

Melgar R., Magen H., Torres Duggan M., Lavandera J. 2001b. Respuesta a la aplicación de cloro en trigo en la región pampeana. *Actas V Congreso Nacional de Trigo*. Carlos Paz, Córdoba.

Mercado D., Vergnes M., Renard E., Duveiller E., Maraite H. 2007. Effect of potash deficiency on host susceptibility to *Cochliobolus sativus* causing spot blotch on wheat. In: h.t. buck et al. (eds.), *wheat production in stressed environments*, 273–279.

Morras H.J.M., Cruzate G. 2001. Origen y distribución del potasio en suelos de la región chaco-pampeana. *Actas I Simposio El potasio en los sistemas agrícolas argentinos - FAUBA-IPI-Fertilizar INTA*.

Nolla A., Korndorfer G.H., Coelho L. 2006. Efficiency of Calcium Silicate and Carbonate in Soybean Disease Control *Journal of Plant Nutrition*, 29: 2049–2061.

Oka Y., Tkachi N., Mor M. 2007. Phosphite inhibits development of the nematodes *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in cereals. *Phytopathology* 97:396-404.

Percival G.C. 2010. Effect of Systemic Inducing Resistance and Biostimulant Materials on Apple Scab Using a Detached Leaf Bioassay. *Arboriculture & Urban Forestry* 36(1): 41-46.

Ratjen A.M., Gerendás J. 2009. A critical assessment of the suitability of phosphite as a source of Phosphorus. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172, 821–828.

Reis E.M., Cook R.J., Mc Neal B.L. 1982. Effect of mineral nutrition on take-all of wheat. *Phytopathology* 72: 224-229.

Reuveni R., Agapov V., Reuveni M. 1994a. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systemic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. *Plant Pathol.* 43: 240- 250.

Reuveni R., Reuveni M., Agapov V. 1994b. Induction of growth increase and systemic resistance to *Exserohilum turcicum* in maize by foliar spray of phosphates. *J. Phytopathol.* 141: 337-346.

Rickard D.A. 2000. Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. *J. Plant Nutr.* 23:161-180.

Romero A.M., Gally M.E., Carmona M.C., Liener N. 2009. Inductores de la Resistencia: una Alternativa para el Manejo de Enfermedades Foliares en Soja XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santiago del Estero, 30 de setiembre al 2 de octubre, 2009.

Romero A., Gally M., Carmona M. 2008. Efecto de un inductor sintético de la resistencia sobre enfermedades foliares en soja. Libro de resúmenes, Primer Congreso Argentino de Fitopatología, mayo de 2008, Córdoba; p 239.

Salvagiotti F., Castellarín J., Pedrol H., González M., Incremona M. 2005. Efecto de la fertilización con potasio y cloro sobre el rendimiento y severidad de las enfermedades foliares en trigo. *Informaciones Agronómicas* 26, 2005 16-19.

Schroetter S., Angeles-Wedler D., Kreuzig R., Schnug E. 2006. Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). *Landbauforschung Völkenrode* 56: 87-99.

Sharma S, Duveiller E, Basnet R, Karki CB, Sharma RC. 2005. Effect of potash fertilization on *Helminthosporium* leaf blight severity in wheat, and associated increases in grain yield and kernel weight. *Field Crop Res* 93:142–150.

Spectrum analytic 2011 The Relationship Between Nutrients and Other Elements to Plant Diseases. Capturado en internet 10/01/11  
[http://www.spectrumanalytic.com/support/library/rf/The\\_Relationship\\_Between\\_Nutrients\\_and\\_Other\\_Elements\\_to\\_Plant\\_Diseases.htm](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/rf/The_Relationship_Between_Nutrients_and_Other_Elements_to_Plant_Diseases.htm)

Snyder C.S., Ashlock L.O. 1996. Late-season potassium deficiency symptoms in southern soybeans. *Better Crops* 80: 10-11.

Sweeney E., Granade G.D., Eversmeyer M.G., Whitney D.A. 2000. Phosphorus, potassium, chloride, and fungicide effects on wheat yield and leaf rust severity. *J. Pl. Nutr.* 23, 1267-1281.

Thao H.T.B., Yamakawa T. 2009a. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator? *Soil Science & Plant Nutrition* V 55 (2): 228–234.

Thao H.T.B., Yamakawa T., Shibata K. 2009b. Effect of phosphite-phosphate interaction on growth and quality of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*). *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172: 378-384.

Timm C.A., Goos R.J., Johnson B.E., Sobolik F.J., Stack R.W. 1986. Effect of potassium fertilizers on malting barley infected with common root rot. *Agron J* 78:197–200

Vallad G.E., Goodman R.M. 2004. Systemic Acquired Resistance and Induced Systemic Resistance in Conventional Agriculture. *Crop Sci.* 44:1920–1934.

Ventimiglia L., Rillo S., Carta H.G., Richmond P. 2003. Evaluación de la fertilización con cloro y potasio sobre el rendimiento de trigo en 9 de Julio. In L. Ventimiglia et al. (ed.). Experimentación en campo de productores. Campaña 2002/03. P. 53-58. UEEA INTA 9 de Julio. 9 de Julio, Buenos Aires.

White, D. G., R. G. Hoelt, And J. T. Touchton. 1978. Effect of nitrogen and nitrapyrin on stalk rot, stalk diameter, and yield of corn. *Phytopathology* 68: 811-814.

Wiese J., Bagy M.M.K., Shubert S. 2003. Soil properties, but not plant nutrients (N, P, K) interact with chemically induced resistance against powdery mildew in barley, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 379– 384.

Xiaoyan Liu, Jiyun Jin, Ping He, Hailong Liu and Wenjuan Li. 2007. Relationship between potassium chloride suppression of corn stalk rot and soil microorganism characteristics *Frontiers of Agriculture in China* V 1(2): 136-141.