

FERTILIZANTES CON INHIBIDORES DE NITRIFICACIÓN: LA IMPORTANCIA DEL 3,4 DMPP

Departamento Técnico de COMPO

I. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA

El nitrógeno (N) está ampliamente distribuido a través de la Litósfera, Atmósfera, Hidrósfera y Biósfera. Sin embargo, sólo existe una pequeña proporción (0,05 – 0,2%) de N en la superficie de suelos minerales, del cual alrededor de un 5% está en forma disponible para las plantas principalmente como nitrato (N- NO_3^-) y amonio (N- NH_4^+). El resto del N se transforma gradualmente del N orgánico a través de la mineralización (adaptado IFA, 2004).

El N es el nutriente más importante de las plantas para la producción de cultivos, ya que es constituyente principal la mayoría de las estructuras de las plantas, como también componente esencial de clorofila, enzimas, proteínas, etc., y además, requiere grandes cantidades con respecto a otros nutrientes. Es por eso que las plantas, en general, responden rápidamente a aplicaciones de N. (adaptado IFA, 2004).

Cuando la planta descompone residuos, los componentes de N-orgánico pasan por varias conversiones microbianas, que conducen primero a la conversión de NH_4^+ , en un proceso denominado amonificación, y usualmente terminando como NO_3^- a través de la nitrificación. También el NH_4^+ se puede liberar a la atmósfera como NH_3 , en un proceso denominado volatilización.

En condiciones anaeróbicas el NO_3^- puede ser convertido a varias formas de óxidos de N, para llegar finalmente a la forma gaseosa N_2 (Denitrificación), el cual retorna a la atmósfera. y así cierra el Ciclo del N.

II. PROBLEMÁTICA DEL NITRÓGENO

Dentro de los procesos que sufre el N, la volatilización y nitrificación son los que generan más pérdidas de N y un mayor impacto en la agricultura y medio ambiente.

Por un lado, la nitrificación es uno de los procesos que genera más pérdidas de N en la agricultura y la que tiene un impacto más negativo al medio ambiente, ya que la mayoría de los fertilizantes amoniacales que son aportados su fracción amoniacal NH_4^+ es oxidada rápidamente a nitrito NO_2^- y nitrato (NO_3^-) por microorganismos nitrificantes como son las bacterias *Nitrosomonas spp.* y *Nitrobacter* (IFA, 2010). Cuando el N está en forma de NO_3^- , éste es muy soluble en el agua (IFA, 2004) y se mueve fácilmente con el agua generando pérdidas por lixiviación cuando existen precipitaciones o riego.

Estas pérdidas de NO_3^- han generado en algunas regiones un severo incremento de la contaminación de las napas freáticas, lo que ha incentivado a que la Organización Mundial de la Salud (WHO) haya puesto un límite máximo del contenido en las aguas, de 50 mg L⁻¹ as NO_3^- (Quiñones, 2009).

Dentro de los métodos para mejorar la eficiencia del N, está el uso de fertilizantes nitrogenados estabilizados, a los cuales se les ha adicionado durante su proceso de producción algunas sustancias, como inhibidores de la nitrificación, los cuales permiten mantener por más tiempo las formas de N aplicado como NH_4^+ . Existen otras moléculas, como los inhibidores de la ureasa,

pero éstas sólo mantienen el N de urea como N amida (adaptado IFA, 2004).

III. INHIBIDORES DE LA NITRIFICACIÓN (IN).

Estos compuestos químicos inhabilitan temporalmente la acción de las bacterias *Nitrosomonas spp.*, evitando que el amonio NH_4^+ se transforme en nitrito NO_2^- , y finalmente a nitrato NO_3^- (Figura 1), siendo el uso de éstos una metodología válida para reducir la acumulación de nitratos en el suelo (IFA, 2010).

Esta acción inhibitoria, representada en la figura 1, genera una mayor proporción de NH_4^+ el cual queda adsorbido en los coloides del suelo (IFA, 2010) o disponible para las plantas. Con ello la proporción de N- NH_4^+ aumenta en el suelo, con la ventaja de generar bajas tasas de pérdidas de NO_3^- por lixiviación.

Los inhibidores de nitrificación se degradan con el tiempo después de ser aplicados en el suelo, y esta degradación está influenciada por las temperaturas de suelo, contenido de humedad, pH y cantidad de materia orgánica (adaptado Watson, 2013)

1. Desarrollo de los Inhibidores de Nitrificación

El desarrollo de los Inhibidores de Nitrificación significó un costo importante en tiempo y recursos, debido a que estas sustancias debieran ser inocuas en el suelo, plantas, animales (medio ambiente), y por otro lado, con procesos de producción seguros y a un costo razonable. Una vez validadas estas sustancias, tenían que pasar por un

proceso de registro para ser usadas en la agricultura, lo cual tomaría varios años más.

A pesar de todas estas dificultades, miles de sustancias químicas han sido probadas para determinar su eficiencia inhibitoria, pero sólo muy pocas han tenido una relevancia agronómica y económica (IFA, 2010).

Según Trenkel (IFA, 2010), existe una lista de 64 componentes químicos que se han probado como inhibidores de la nitrificación en el mundo, aunque recientemente Landels (adaptado IFA, 2010) introdujo una lista adicional para Estados Unidos.

De todos los productores de Inhibidores de Nitrificación a nivel mundial, sólo BASF (Alemania) con el 3,4DMPP; Dow Agro Sciences (USA) con Nitrapirina y SKW Piesteritz (Alemania) mantienen sus patentes vigentes (IFA, 2010).

2. Características de los Principales Inhibidores de Nitrificación

Según Watson (2013), los inhibidores de nitrificación más estudiados son nitrapyrin, dicianamida (DCD) y 3,4 dimetil Pirazol Fosfato (DMPP).

La Nitripirina fue desarrollada en USA y en contraste con el 3,4DMPP, tiene cierto efecto bactericida en forma selectiva sobre las *Nitrosomonas spp.* (IFA, 2010).

A. Dicianamida (DCD).

En el suelo, DCD tiene un efecto bacteriostático sobre las *Nitrosomonas spp.*, y sólo tiene un efecto depresivo sobre ellas, sin llegar a matarlas (IFA, 2010). La desventaja es que se requiere una gran cantidad de DCD, incorporando un 5-10%), hasta un 15% del por N- NH_4^+ N aportado (Watson, 2013).

Al ser muy soluble, se lixivia fácilmente con precipitaciones fuertes, separándose de la fracción de amonio. Otra desventaja es que ésta molécula puede ser absorbida por la planta lo que en algunos casos ha generado toxicidad.

Fue usado hasta 1999 por BASF (Basamon®), pero luego fue reemplazado por 3,4 DMPP por ser mucho más eficien-

Figura 1. Diagrama de la Acción de los Inhibidores de Nitrificación (adaptado IFA, 2010)

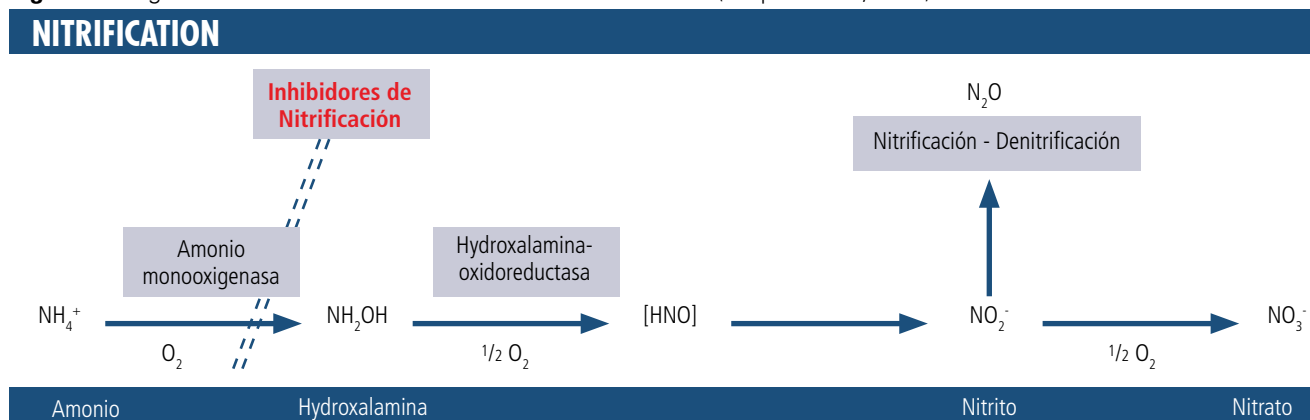
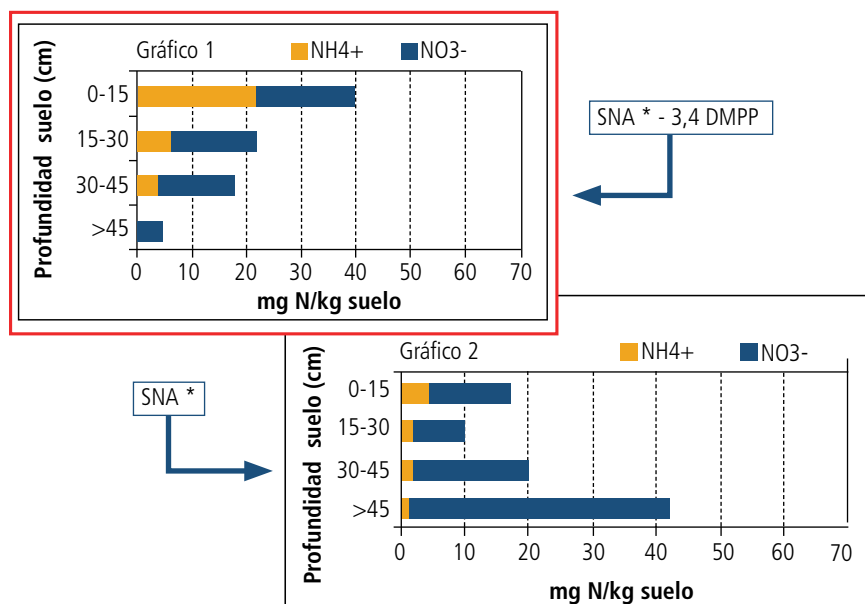


Figura 2. Inhibidores de Nitrificación más importantes y que han sido patentados (adaptado IFA, 2010).

Nombre Químico	Nombre Común	Desarrollo
2-Cloro-6-(triclorometil-piridina)	Nitrapirina	Dow Chemical
4-amino-1,2,4-6 triazol-HCl	ATC	Ishihada industries
Di-Cian-Di-Amida	DCD	Showa Denko
Tio-urea	TU	Nitto Ryuso
3,4 dimetilpirazol fosfato (3,4 DMPP)	DMPP	BASF
5-etilen óxido-3-tricloro-metil 1,2,4 tiodiazol	Terrazole	Olin Mathieson
3-metil pirazol	(3-MP)	SKW

Figura 3. Distribución del N en el perfil de suelo después de 40 días de la aplicación de N con Inhibidor (3,4 DMPP) y sin Inhibidor de Nitrificación (Serna *et al*, 2000).



Fuente de N utilizada: SNA
SNA: Sulfo Nitrate de Amonio

te. Actualmente no es usado sólo, sino en combinación con otras moléculas.

B. 3,4 Dimetil Pirazol Fosfato (3,4 DMPP)

El inhibidor 3,4 DMPP es uno de los inhibidores más estudiados en el mundo. Fue desarrollado por BASF en 1995 y comercializado por COMPO desde 1999 (IFA, 2010).

Es relativamente inmóvil en el suelo, por ende no hay pérdidas por lixiviación. Por otro lado, las tasas de aplicación son muy bajas comparados con otros inhibidores de nitrificación (+- 1% del N-NH₄⁺), siendo, por ejemplo, 16 veces menos que la tasa de aplicación del DCD (IFA, 2010).

El inhibidor de nitrificación 3,4DMPP está anclado bajo decretos de Ley en Alemania, España e Italia, y posee registros en distintos países de Europa como en Bélgica y Holanda (3,4 DMPP), Polonia, Suiza, Austria (productos con 3,4 DMPP), Latino América y Asia, como China, India, Indonesia, Japón y Taiwan en la cual se han registrado productos con 3,4 DMPP.

3. Investigación y Experiencias con 3,4 DMPP

A. Efecto del uso 3,4DMPP en ferti-

zantes comparado con otros inhibidores de nitrificación.

Se han realizado numerosas investigaciones que demuestran la eficiencia del 3,4 DMPP sobre la disminución de las pérdidas de N- NO₃⁻ por lixiviación, comparado con fuentes de fertilizantes amoniacales tradicionales (figura 3).

Como se observa en la figura 3, la utilización de 3,4DMPP no sólo genera menores pérdidas por lixiviación, sino que en el suelo existe mayor contenido de N-NH₄⁺ en el perfil del suelo (Gráfico 1, Figura 3).

Por otro lado, cuando se ha comparado con otros inhibidores de nitrificación, como DCD, la molécula 3,4 DMPP presenta una mayor capacidad inhibitoria de la nitrificación, reflejándose en menores pérdidas por lixiviación (Figura 4).

En la figura 4, se puede observar que a los 7 días de aplicado el fertilizante amoniacal, el % total de N lixiviado es mucho menor cuando se aplicó el SNA solo o con DCD, confirmando la mayor eficiencia del inhibidor 3,4 DMPP.

Otras investigaciones se han realizado para evaluar la eficiencia de otros pira-

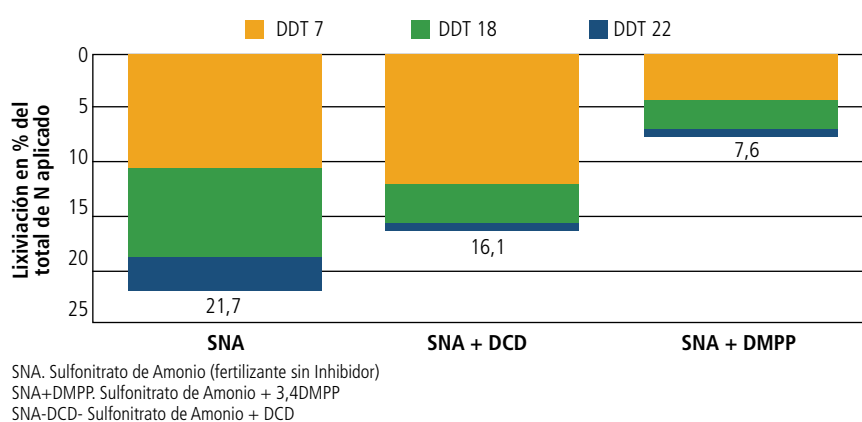
zoles con respecto a 3,4 DMPP fabricado por BASF (Figura 5).

En la figura 5 se observa que a los 15 días de haber aplicado ambas moléculas, el 3,4 DMP todavía presenta un alto contenido de N- NH₄⁺, lo que significa la eficacia en inhibir la nitrificación en comparación con la molécula 3,5 DMP. Por el contrario, la molécula 3,5 DMP presenta menor capacidad inhibitoria de la nitrificación, reflejándose en menores contenidos de NH₄⁺ a los 15, 28 y 42 días de la aplicación.

En esta misma investigación, se calculó además, el % de inhibición de la formación de nitratos, según la fórmula de Böhlend en 1973.

Tal como se observa en la figura 6, ninguna de las dosis aplicadas de 3,5 DMP (0,15%; 0,5% y 1,5% de 3,5 DMP) fueron más eficientes que la concentración estándar (0,5%) del inhibidor 3,4 DMP, fuente principal de la molécula 3,4 DMPP que se agrega a los fertilizantes amoniacales comercializados por COMPO, con su marca **Novatec**[®].

Figura 4. Efecto de distintos fertilizantes con Inhibidores de Nitrificación sobre la lixiviación de nitratos NO₃⁻ en un cultivo de espinacas realizado en el Centro de Investigación en Limburgehof- BASF en 1999. (adaptado Zerulla et al., 2001).



SNA. Sulfonitrato de Amonio (fertilizante sin Inhibidor)
SNA+DMPP. Sulfonitrato de Amonio + 3,4DMPP
SNA-DCD- Sulfonitrato de Amonio + DCD

Figura 5. Evaluación de distintas concentraciones de 3,4 DMP y 3,5 DMP en el NH₄⁺, sobre la eficiencia en evitar las pérdidas por lixiviación (BASF, Limburgerhof, 2013).

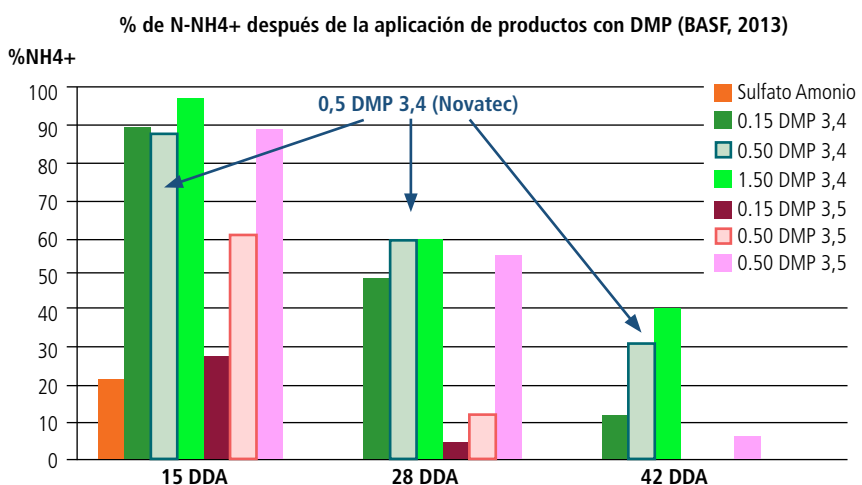


Figura 6. Evaluación del % de inhibición de la formación de NO₃⁻ en distintas concentraciones de 3,4 DMPP y 3,5 DMP calculado de acuerdo a Böhlend, 1973 (BASF, Limburgerhof, 2013).

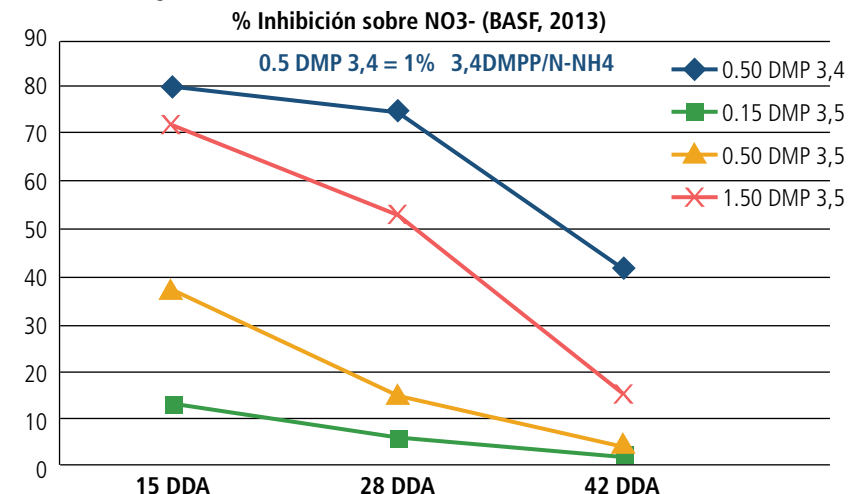


Figura 7. Efecto del uso de fertilizantes con Inhibidor de Nitrificación 3,4 DMPP sobre la disminución de emisiones de N₂O.

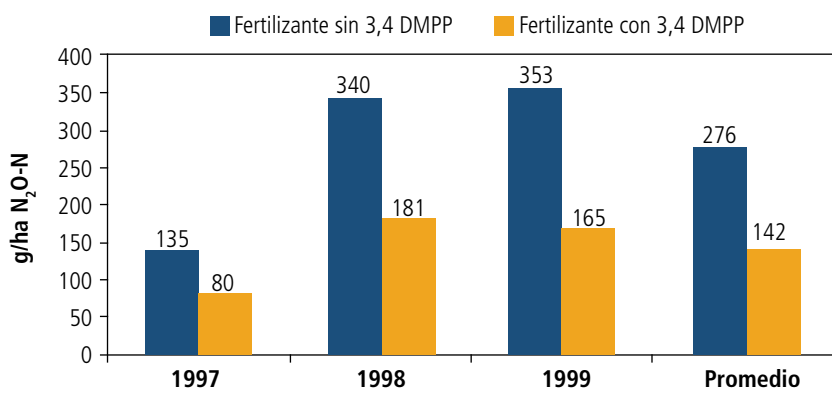
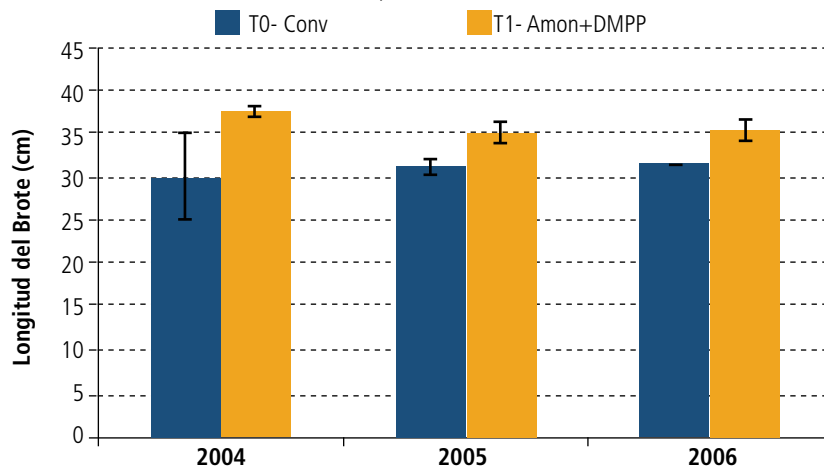


Figura 8. Efecto del uso de 3,4 DMPP durante 3 temporadas en Olivos de España sobre el crecimiento de brotes en España (Casar et al., 2009).



Así, se observa que el 3,4 DMP a una concentración de 0,5% 3,4DMP es consistentemente más eficiente que el 3,5 DMP a la misma concentración después de 15 días de aplicados los inhibidores, llegando a tener un 80% de inhibición versus el 38% del 3,5 DMP.

Estos resultados obtenidos confirman que el 3,4 DMP (BASF en 1995) es más eficiente que el 3,5 DMP y además, uno de los inhibidores más eficientes que existen en el mercado.

B. Efecto del 3,4 DMPP en los cultivos y el medio ambiente

Los efectos del uso de los inhibidores de nitrificación en la reducción de las pérdidas por lixiviación de nitratos NO₃⁻, están ampliamente reportadas en la literatura.

Sin embargo, no sólo estas ventajas se observan a nivel de evitar las pérdidas por lixiviación, sino también en disminuir las emisiones de N₂O a la atmósfera (Figura 7).

Desde el punto de vista de los cultivos, la posibilidad de tener en el suelo mayor proporción de NH₄⁺ disponible para las plantas, cuando se utilizan fertilizantes con inhibidores de nitrificación generará innumerables condiciones como mayor eficiencia de recuperación de N, mayor proporción de NH₄⁺ / NO₃⁻ en la solución suelo, mayor absorción de NH₄⁺, acidificación de la rizósfera, el aumento de P y micronutrientes solubles y disponibles, y con ello mayor absorción de estos elementos.

Figura 9. Promedios de incrementos de rendimientos de diferentes hortalizas en ensayos realizados en Europa entre los años 1998 y 2002 (Adaptado Hähndel, 2005).

Cultivo	Nº Ensayos	Rendimiento Comercial (t/ha)	
		Sin 3,4 DMPP	Con 3,4 DMPP
Brocoli	3	12,6 b	13,7 b
Apio	6	70,8 bcd	75,7 bcd
Repollo chino	6	87,9 bc	95,2 bc
Lechuga	16	6,0 c	9,0 c
Puerro	8	44,8 b	47,9 b
Cebolla	8	65,4 b	68,0 b
Rábano	3	29,9 c	32,1 c

Valores con misma letra en la hilera, no difieren significativamente (Duncan, 5%)

Tu campo bajo control donde quieras

FEDESOF. El software de buenas prácticas, gestión agrícola y remuneraciones más especializado para el campo.

- FEDESOF es un software de Gestión Productiva, Administrativa, Económica, Remuneraciones y de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
 - FEDESOF es una solución Cloud Computing, a la que se accede a través de una página o aplicación Web.
 - FEDESOF, permite la creación de claves y contraseñas para los usuarios que ingresaran datos al sistema.
 - **FEDESOF cuenta con los siguientes módulos:**
 - 1.- Labores de campo
 - 2.- Aplicación de agroquímicos
 - 3.- Inventario de insumo y materiales
 - 4.- Uso de maquinaria
 - 5.- Centros de Costo
 - 6.- Remuneraciones
 - FEDESOF emite automáticamente los registros de aplicaciones de fertilizantes, fitosanitarios, el informe de N-P-K por cuartel y de productos vencidos, los kardex de inventario por bodegas, etc.
 - FEDESOF contiene una base de productos fitosanitarios autorizados en Chile por el SAG, la que se actualiza mensualmente.
 - FEDESOF genera 16 trazabilidades de aplicaciones
- FEDESOF permite llevar los registros de BPA en forma fácil y automática, en la medida que mantiene la información productiva al día en el software. (38 registros)
 - BENEFICIOS de usar FEDESOF:**
 - Información disponible inmediatamente según sus necesidades. FEDESOF está funcionando continuamente en el tiempo y usted puede obtener la información que requiere en cualquier momento.
 - Menores costos de inversión. Usted no requiere generar planillas o desarrollar un software específico para la explotación agrícola, ya existe.
 - Mayor disponibilidad del sistema. Esto debido a que FEDESOF es atendido por especialistas todo el tiempo.
 - Recursos técnicos innecesarios. FEDESOF tiene los recursos, usted solo lo usa.
 - Liberación de espacio y optimización del recurso humano.
 - La empresa se organiza enfocándose en sus procesos críticos, y no en el soporte tecnológico.
 - Bajo costo de uso.
 - Requiere solo conocimientos básicos en computación (Excel, navegación web).

Solicita una demostración o contrátalo ahora

Dirección: San Antonio #220 Of. 301
 Email: info@fedesoft.cl
 Teléfono: (56 -2) 25 85 45 22
 Santiago - Chile

www.fedesoft.cl

Figura 10. Efecto del uso de 3,4 DMPP sobre la recuperación de un parrón de Uva de Mesa var. Red Globe (Compo Chile, 2004).



Al haber mayor absorción de nutrientes, genera un mayor crecimiento y desarrollo de los cultivos (Figura 8).

De esta manera, todas las ventajas nutricionales que se generan al utilizar el inhibidor de nitrificación 3,4DMPP producirán en los cultivos favorables respuestas en el crecimiento (figura 10) y los rendimientos finales (figura 9).

Comentarios Finales

El uso de inhibidores es una herramienta para mejorar la eficiencia del N en el suelo, y cada vez está siendo más utilizada. Sin embargo, el desarrollo es

un proceso largo y que requiere mucha investigación.

Dentro de los inhibidores existentes, el 3,4DMPP es el que posee mayores ventajas sobre el resto de los inhibidores de nitrificación existentes, debido a su efectividad en bajas concentraciones, su estabilidad y bajo movimiento en el suelo (Watson, 2013).

Las ventajas que se generan, van desde una disminución de la contaminación de N como NO₃- y N₂O, hasta un mayor desarrollo y rendimientos de los cultivos. **Ra**

Efecto de la aplicación de NPK con 3,4 DMPP en apio (Alemania, 2000)



Referencias

Casar Fernández, C., Muñoz-Guerra Revilla, L.M., Salazar, D. y Peña, J.M. (2009). XIV Simposium Científico Técnico EXPOLIVA 2009

Hähndel, R. (2005): Poster presentation. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

IFA (2010): Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA) Paris, France, 2010.

IFA (2004): Soil and Plant Nitrogen. International Fertilizer Industry Association (IFA) Paris, France, 2010.

Landels, S. (2010): Enhanced-Efficiency Fertilizers: World Market Overview. IFA International Conference on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Miami. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

Quiñones, A., Martínez-Alcántara, B., Chi-Bacab,

U. and Legaz, F. Improvement of N fertilization by using the nitrification inhibitor DMPP in drip-irrigated citrus trees. Spanish Journal of Agricultural Research 2009 7(1), 190-199.

Serna, M. D., Bañuls, J., Quiñones, A., Primo-Millo, E., & Legaz, F. (2000). Evaluation of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus-cultivated soil. Biol. Fertil. Soils, 32, 41-46.

Watson, Catherine (2013). Fertilizantes estabilizados y de liberación lenta y controlada: un mercado en Crecimiento. New Ag International, Julio/Agosto 2013.

Zerulla, W., Barth, Th., Dressel, J., Erhardt, K., Horchler von, Locquenghien, K., Pasda, G., Rädle, M. and Wissemeier, A.H. (2001a): 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biology and Fertility of Soils 34, 79-84.

Zerulla, W; Barth, T; Dressel, J; Erhardt, K; Horchler, K; Pasda, G; Rädle, M; Wissemeier, A 2001 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biol. Fertil. Soils 34, 79-84. |2

COMPO EXPERT

3,4 DMPP

Nitrógeno más eficiente

NovaTec® Solub

Amplia Línea de Fertilizantes para fertirrigación con inhibidor de la nitrificación 3,4 DMPP sintetizado y patentado en Alemania.

- Disponibilidad inmediata y prolongada de Nitrógeno absorbible por la planta.
- Mejora absorción de los micronutrientes en el suelo (acidifica la rizósfera).
- Mayor absorción de Fósforo en el suelo.
- Aumenta calibres y producción (mayor síntesis de citoquininas).
- Aumenta la floración (yemas que van a flor).
- Mayor rendimiento y calidad del cultivo.

Más de 10 años de experiencia en el mundo avalan su eficacia.

EXPERTS FOR GROWTH

www.compo.cl