

# Fertilizar los Cultivos para Mejorar la Salud Humana: Un Estudio Científico

## Resumen

Tom W. Bruulsema, Patrick Heffer, Ross M. Welch, Ismail Cakmak y Kevin Moran

**T.W. Bruulsema** es Director del Programa para Norte y Noreste de América, Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas, Guelph, Ontario, Canadá; Tom.Bruulsema @ ipni.net

**P. Heffer** es Director del Servicio de Agricultura, Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes, París, Francia; pheffer@fertilizer.org

**R. M. Welch** es Científico Principal del Centro Robert W. Holley para Agricultura y Salud de la Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE.UU; rmw1@cornell.edu

**I. Cakmak** es Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales, Universidad de Sabanci, Estambul, Turquía; cakmak@sabanciuniv.edu

**K. Moran** es Director del Centro de Competencia de Micronutrientes y Foliare de Yara, Yara Pocklington (Reino Unido) Ltd, Manor Place, Pocklington, York, Reino Unido; Kevin.Moran @ yara.com



Gran parte de la humanidad depende para su sustento de que la producción de alimentos aumente mediante la aplicación de fertilizantes a los cultivos. Los fertilizantes contribuyen tanto a la cantidad como a la calidad de los alimentos producidos. Utilizados de la manera correcta – aplicando el producto adecuado en la dosis, momento y lugar adecuado – y en los cultivos adecuados, contribuyen en gran medida a la salud y bienestar de la humanidad.

Desde 1948, la Organización Mundial de la Salud ha definido la salud humana como “un estado de bienestar físico, mental y social completo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. Una reflexión sobre esta definición le lleva a uno a darse cuenta de que la responsabilidad sobre la salud humana se extiende mucho más allá del importante ámbito de la ciencia médica, para incluir muchas otras disciplinas. La concesión del Premio Nobel de la Paz de 1970 al Dr. Norman Borlaug indica un alto nivel de reconocimiento en la vinculación de las ciencias agrícolas con esta definición de la salud humana.

El creciente uso de los fertilizantes en los cultivos agrícolas ha aumentado la producción por unidad de superficie, incrementando la oferta total de alimentos y contribuyendo a su vez a la calidad de los alimentos y a su contenido de elementos traza esenciales. Un aumento de la producción de los cultivos que son más receptivos a los fertilizantes también ha cambiado el conjunto de los cultivos producidos y su adecuación a las necesidades nutricionales de los seres humanos.

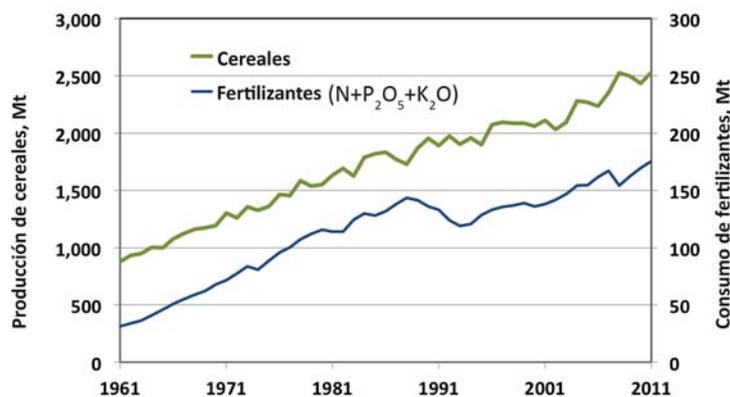
No hay salud humana sin alimentos. La misión de la agricultura es mucho más que producir alimentos básicos; es suministrar alimentos que nutran la salud humana. El uso de fertilizantes refuerza esa misión. Un desarrollo agrícola sostenible y un uso sostenible de los fertilizantes deben centrarse cada vez más en mejorar la salud humana, con el objetivo de lograr vidas sanas y productivas para todos, en el contexto de una población mundial en rápido crecimiento. Aunque el papel actual de los fertilizantes en apoyar a la salud humana es importante, las oportunidades para expandir dicho papel aún más lejos también son sustanciales.

El desarrollo sostenible requiere una visión que va más allá de las preocupaciones inmediatas e importantes sobre la productividad y la rentabilidad a nivel de explotación, abarcando también el diseño de sistemas agrícolas para proporcionar una mejor nutrición humana. Este estudio tiene como objetivo proporcionar un conocimiento preciso de los múltiples vínculos a las cualidades de los cultivos que influyen en la salud humana. La propuesta de la industria sobre el Manejo de Nutrientes 4A - aplicación del producto Adecuado en la dosis Adecuada, en el momento Adecuado y en el lugar Adecuado - necesitará incluir estos vínculos como parte de la definición de “Adecuado”.



# Seguridad Alimentaria y Nutricional

**Existe seguridad alimentaria** cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos. La seguridad nutricional implica el acceso a la adecuada utilización y absorción de los nutrientes presentes en los alimentos, con el objetivo de ser capaz de vivir una vida sana y activa (FAO, 2009).



**Figura 1.** Producción mundial de cereales y consumo total de fertilizantes 1961-2011 (FAO 2012; IFA 2012).

Entre 1961 y 2008, la población mundial creció desde 3.100 hasta 6.800 millones. En el mismo período, la producción mundial de cereales aumentó de 900 a 2.500 millones de toneladas (Figura 1), con gran parte del crecimiento debido al incremento en el uso mundial de fertilizantes, desde 30 hasta más de 150 millones de toneladas. Sin la utilización de fertilizantes la producción mundial de cereales se habría reducido a la mitad (Erisman *et al.*, 2008).

Al duplicar las cantidades de Nitrógeno y Fósforo nuevos que se incorporan a la biosfera terrestre, el uso de fertilizantes ha jugado un papel decisivo en hacer posible el acceso de los seres humanos a los alimentos. Sin embargo, no todos tienen ese acceso. El hambre crónica afectó todavía en 2009 a una sexta parte de la población mundial. En 2050, según la FAO, la población humana requerirá un aumento del 70% en la producción agrícola mundial, en comparación a la que existía entre 2005 y 2007 (FAO, 2012). Los futuros incrementos de los rendimientos que se prevén a través de la mejora genética seguirán dependiendo todavía de la reposición de los nutrientes extraídos, mediante el uso de todas las fuentes posibles, orgánicas y minerales, de la forma más eficiente posible.

**Seguridad Nutricional.** Además de a los rendimientos, la nutrición de las plantas afecta a otros aspectos importantes de las necesidades nutricionales humanas, incluyendo las cantidades y tipos de hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales. Muchos de los componentes saludables de los alimentos se potencian mediante la aplicación de nutrientes minerales. Dado que la mayoría de los agricultores ya fertilizan con el fin de obtener rendimientos óptimos, estos beneficios son fácilmente subestimados. Los elementos traza que son importantes para la nutrición humana se pueden optimizar en la dieta mediante su aporte a los cultivos alimenticios.

Existe la oportunidad de mejorar los rendimientos y la calidad nutricional de cultivos alimenticios tales como las legumbres, cuyos rendimientos y niveles de producción no han seguido el ritmo de crecimiento de la población. Asegurar que estos cultivos mantengan una competitividad económica con los cereales requiere de políticas que recompensen a los agricultores por producir aquellos componentes nutricionales que sean de mayor importancia para la salud humana.

**La malnutrición de micronutrientes** ha ido aumentando, en parte como consecuencia de una mayor producción de cereales básicos. Otros cultivos que son ricos en micronutrientes, sobre todo las legumbres, no se han beneficiado tanto de la Revolución Verde. Debido a que han llegado a ser relativamente más caros, actualmente representan una proporción más pequeña de la dieta de las personas desnutridas del mundo.

La biofortificación de los cultivos puede ser una estrategia efectiva para conseguir que grandes cantidades de personas con niveles deficientes de Hierro, vitamina A y Zinc, consigan unos niveles adecuados. La elección de

los enfoques genéticos y/o agronómicos a la biofortificación depende de los micronutrientes. Los dos enfoques pueden ser también sinérgicos y complementarios.

En los cultivos básicos, los enfoques genéticos son más eficaces para el hierro y la vitamina A, mientras que los enfoques agronómicos, incluyendo los fertilizantes, pueden aumentar los niveles de Zinc, Iodo y Selenio en los alimentos. Mientras que las deficiencias de Iodo y Selenio no limitan el crecimiento de las plantas, la corrección de la deficiencia de Zinc puede beneficiar tanto a los cultivos como a los consumidores de los cultivos. La fertilización de los cereales con Zinc y Selenio mejora tanto la concentración como la biodisponibilidad de estos elementos traza. La elección del momento oportuno para la aplicación foliar de micronutrientes parece ser una práctica agronómica crítica para maximizar la acumulación de micronutrientes en el grano, tales como el Zinc. De acuerdo con los resultados obtenidos en experimentos de campo, la pulverización foliar tardía de Zinc en la fase de crecimiento da lugar a incrementos mucho mayores de concentración de Zinc en grano, en comparación con aplicaciones foliares más tempranas, en particular en la parte del endosperma, que es la parte del grano de trigo más comúnmente consumida. Una gran proporción de los suelos de todo el mundo son deficientes en Zinc (Tabla 1), y la proporción de personas con riesgo de desnutrición de Zinc, aunque varía regionalmente, es también sustancial (Tabla 2).

**Tabla 1.** Proporción de suelos agrícolas deficientes en elementos minerales (basado en un estudio de 190 suelos de todo el mundo – Sillanpaa, 1990).

Elemento	%
N	85
P	73
K	55
B	31
Cu	14
Mn	10
Mo	15
Zn	49

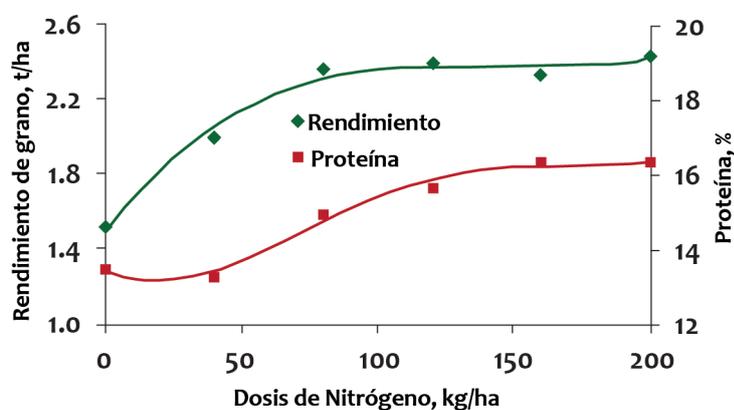
**Tabla 2.** Estimaciones global y regionales de la proporción de población en riesgo de un consumo insuficiente de Zinc (Hotz y Brown, 2004).

Región	% de población en Riesgo
N. África y E. Mediterráneo	9
África Subsahariana	28
América Latina & Caribe	25
EE.UU. y Canadá	10
Este de Europa	16
Oeste de Europa	11
Sureste de Asia	33
Sur de Asia	27
China (+ Hong Kong)	14
Oeste del Pacífico	22
Mundial	21

## Alimentos funcionales

**El Calcio, Magnesio y Potasio** son macronutrientes minerales esenciales para los seres humanos. Las funciones esenciales de estos elementos minerales en los seres humanos son similares a las que tienen en las plantas, con la notable excepción del principal papel del Calcio en los huesos y los dientes. Sus contenidos en las plantas están influenciados por sus aportes al suelo. Así, además de asegurar una producción agrícola óptima, las prácticas de fertilización pueden contribuir a satisfacer las necesidades de estos minerales en la nutrición humana. Las deficiencias de calcio se producen en países donde las dietas se basan en gran medida de los granos refinados o arroz (por ejemplo, Bangladesh y Nigeria). No es fácil definir una ingesta adecuada de Magnesio, pero los estudios indican que un número significativo de adultos, incluso en Estados Unidos, no consumen cantidades adecuadas. Del mismo modo, no se ha definido una cantidad diaria recomendada de ingesta de Potasio, pero tan sólo el 10% de los hombres y menos del 1% de las mujeres en Estados Unidos toman tanto o más de la ingesta adecuada, de 4,7 g/día.

**Hidratos de carbono, proteínas y grasas.** La aplicación de Nitrógeno a los cereales influye tanto en la producción de proteínas como en sus rendimientos. En el arroz, mientras que el Nitrógeno tiene sus mayores efectos en el rendimiento, puede además aumentar ligeramente el contenido y la calidad de las proteínas, ya que la glutelina que contiene posee concentraciones más altas del aminoácido limitante, lisina, que de las otras proteínas. En el maíz y el trigo, la proteína puede aumentar con dosis de Nitrógeno superiores a las necesarias para un rendimiento óptimo, pero la mejora en el valor nutricional puede estar limitada por las bajas concentraciones del aminoácido esencial lisina. Una excepción es el Maíz de Alta Calidad de Proteína,



**Figura 2.** Respuesta sobre el rendimiento y contenido de proteínas del trigo según fertilizante Nitrogenado aplicado.

el producto óptimo, la dosis óptima, el momento óptimo y la ubicación óptima del aporte del Nitrógeno, ayudarán a mejorar la contribución de los fertilizantes a la producción de proteínas, grasas e hidratos de carbono saludables. Las mejoras genéticas encaminadas al uso eficiente del Nitrógeno pueden requerir una atención minuciosa en relación a su impacto en la cantidad y calidad de las proteínas en los cereales. Sin embargo, las prácticas de manejo de nutrientes tales como las aplicaciones foliares tardías o las tecnologías de liberación lenta pueden aumentar la disponibilidad del Nitrógeno para la producción de proteínas al tiempo que se reducen al mínimo las pérdidas de Nitrógeno excedente.

elaborado mediante mejora genética varietal: su concentración de lisina es más elevada cuanto más Nitrógeno se aplique. En patatas, el Nitrógeno aumenta la concentración de proteína y almidón, mientras que el Fósforo, Potasio y Azufre aumentan el valor biológico de la proteína. La composición de las grasas de los cultivos cambia poco con la fertilización, aunque la producción de grasas se incrementa en los casos en los que se mitigan las deficiencias de los nutrientes que limitan los rendimientos.

Las herramientas de manejo que identifican con una mayor precisión

## Salud y calidad funcional de frutas y verduras.

La evidencia científica de numerosas fuentes ha demostrado que un manejo racional de los fertilizantes puede aumentar la productividad y el valor de mercado, así como las propiedades promotoras de la salud de las frutas y verduras. Las concentraciones de carotenoides (precursores de vitamina A) tienden a aumentar con la fertilización nitrogenada, mientras que la concentración de vitamina C disminuye. Una fertilización potásica foliar con azufre mejora la dulzura, textura, color, contenidos de vitamina C, betacaroteno y ácido fólico de los melones. En el pomelo rosa, una fertilización potásica foliar suplementaria llevó a un aumento de concentraciones de betacaroteno y vitamina C. Varios estudios sobre el plátano han determinado correlaciones positivas entre la nutrición potásica y los parámetros de calidad de la fruta, tales como azúcares y ácido ascórbico, y correlaciones negativas con la acidez de la fruta.



Además de los efectos sobre las vitaminas, los fertilizantes pueden influir en los niveles de compuestos nutraceuticos (promotores de la salud) en los cultivos. La soja que crecía en suelos con deficiencia de Potasio en Ontario, Canadá, contaba con concentraciones de isoflavonas un 13% superiores cuando se fertilizaba con Potasio. También se ha demostrado que el Potasio promueve las concentraciones de licopeno en pomelos y tomates.

El brócoli y la soja son ejemplos de plantas que pueden aportar Calcio y Magnesio a la dieta humana. Cuando cultivos como éstos crecen en suelos ácidos, en una fertilidad limitada, la aplicación de cal puede aumentar los niveles de estos importantes minerales.

La concentración de los potentes pigmentos antioxidantes luteína y betacaroteno aumentan generalmente en respuesta a la fertilización nitrogenada. Además de las vitaminas A, C y E, la fertilización nitrogenada puede ayudar a reducir el riesgo de desarrollar degeneración macular relacionada con la edad, que es una de las principales causas de ceguera.

## Reducción de Riesgos

**Enfermedad de la planta.** En los cereales deficientes en Cobre, el ergot (*Claviceps sp.*) es un ejemplo de un riesgo para la seguridad alimentaria causada por una enfermedad de las plantas que puede ser controlada por la aplicación de fertilizantes con cobre. Al inmovilizar y competir por los nutrientes minerales, los patógenos vegetales reducen el contenido mineral, la calidad nutricional y la seguridad de los productos alimenticios de origen vegetal. Mientras que en el caso de algunas enfermedades específicas se han realizado controles nutricionales de las plantas, en el caso de la nutrición óptima para controlar las enfermedades de las plantas más relevantes para la seguridad alimentaria hay todavía falta de conocimientos.



La aplicación de fertilizantes con cobre (cristales de  $\text{CuSO}_4$ ) ha sido un tratamiento efectivo en suelos propensos al ergot.

Gestionando la nutrición se influye en las enfermedades y en su control. Las estrategias para reducir las enfermedades de las plantas a través de la nutrición vegetal incluyen:

- el desarrollo de las variedades que son más eficaces en la absorción del manganeso.
- la nutrición equilibrada con niveles óptimos de cada nutriente.
- la atención a formas y fuentes adecuadas para el cultivo (por ejemplo, nitrato frente a amonio, cloruro frente a sulfato).
- la elección del momento óptimo, aplicando Nitrógeno en condiciones que favorecen la absorción de la planta y la respuesta al crecimiento.
- la integración con la labranza, rotación de cultivos y microbios del suelo.

**Los sistemas agrícolas.** Los agricultores ecológicos utilizan estrategias para la nutrición de las plantas que difieren de las de otros productores. ¿Estas diferencias influyen en la salubridad de los alimentos que producen? Debido a las fuentes limitadas de suministro de nutrientes, la agricultura ecológica no puede proporcionar alimentos suficientes para la población actual y creciente del mundo. Además, dado que los sistemas de producción ecológica se basan en gran medida en animales rumiantes y cultivos forrajeros para el ciclo de los nutrientes, las proporciones de tipos de alimentos producidos no coinciden con los requisitos de una dieta sana. Una composición dietética desequilibrada puede causar problemas de salud como resultado de un suministro insuficiente de nutrientes esenciales o por un suministro excesivo de otros componentes alimenticios.

La composición de los alimentos producidos muestra pequeños cambios que se explican por las respuestas fisiológicas de las plantas a las diferencias en el suministro de Nitrógeno. A través de la agricultura ecológica, se incrementa la vitamina C, pero las vitaminas A y B, proteínas y nitratos se reducen. Mayores niveles de nitratos en los alimentos convencionales no amenazan y pueden ser beneficiosos para la salud humana. A pesar del gran interés por la calidad de los alimentos entre los partidarios de la agricultura ecológica, lo más importante para la salud humana es centrarse en el suministro de alimentos y en la composición de la dieta.

**Evitando los radionucleidos.** Cuando los suelos se contaminan con radionucleidos, como por ejemplo después de los accidentes con los reactores nucleares de Chernóbil o Fukushima, limitar la absorción de la planta se convierte en un objetivo importante para proteger la salud humana. Diversos estudios en suelos de la región de Gomel, Bielorrusia, mostraron que los niveles de cesio radiactivo ( $^{137}\text{Cs}$ ) y estroncio radiactivo ( $^{90}\text{Sr}$ ) en los cultivos disminuyeron en respuesta al incremento del Potasio intercambiable del suelo, con Potasio aplicado bien como fertilizante o como estiércol. Estos niveles de radionucleidos también disminuyeron con la adición de caliza dolomítica y de fertilizantes con Nitrógeno y Fósforo. La implicación de la población rural en los procesos de auto-rehabilitación y auto-desarrollo es una manera de mejorar la calidad de vida de la gente en territorios contaminados por radioactividad.

## Resumen

Todo lo anterior demuestra el papel tan importante que los fertilizantes desempeñan en mejorar las propiedades de los cultivos relevantes para la salud de la humanidad.

Dado el importante papel de los fertilizantes en promover la seguridad alimentaria y nutricional, es cada vez más importante invertir en investigación que vaya dirigida a optimizar los beneficios asociados a su uso. La investigación necesita apoyar la adopción del Manejo de Nutrientes 4A para asegurarse que el producto adecuado se aplica en la cantidad adecuada, en el momento adecuado y en el lugar adecuado. Este concepto - apoyado por la industria de los fertilizantes - define “adecuado” como el más apropiado para conseguir los aspectos económicos, sociales y medioambientales de la sostenibilidad, siendo los tres esenciales para mantener la salud humana. Unido a cambios estratégicos apropiados en los sistemas agrícolas, hacia una producción con un mayor equilibrio de los alimentos para hacer frente a las verdaderas necesidades nutricionales de la humanidad, un énfasis en la investigación agronómica y en la ampliación del Manejo de Nutrientes 4A, aumentará los beneficios y minimizará los impactos negativos potenciales asociados con el uso de los fertilizantes.



iStockphoto

Aplicar el producto adecuado con nutrientes para las plantas, en la cantidad, momento y lugar adecuado permite la mejora de la calidad del cultivo.

# Referencias

Erisman, J.W., M.A. Sutton, J. Galloway, Z. Klimont, y W. Winiwarter. 2008. Cómo un siglo de síntesis de amoníaco cambió el mundo. *Nature Geoscience* 1:636-639. FAO. 2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> and [www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/en/](http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/en/).

FAO. 2009. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [www.fao.org/docrep/012/i0876e/i0876e00.HTM](http://www.fao.org/docrep/012/i0876e/i0876e00.HTM)

Hotz, C. y K.H. Brown. 2004. Grupo Consultivo Internacional de la Nutrición del Zinc (IZiNCG), documento técnico no. 1: Evaluación del riesgo de deficiencia de zinc en las poblaciones y las opciones para su control. *Food Nutr Bull* 25(1): S94-204.

IFA. 2012. Estadísticas de la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. [Online]. [www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS](http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS).

Sillanpaa, M. 1990. Evaluación de micronutrientes a nivel de países: Un estudio global. *Boletín de Suelos de la FAO* 63. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

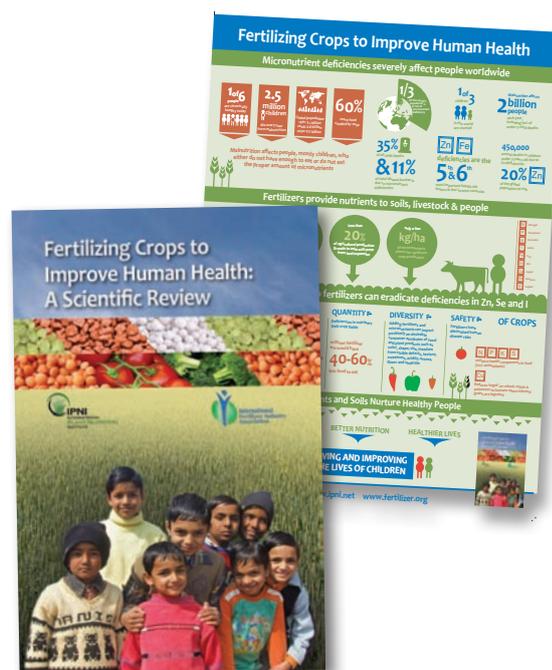
## Más Información

Fertilizing Crops to Improve Human Health: A Scientific Review. Bruulsema, T.W., Heffer, P., Welch, M. R., Cakmak, I. y K. Moran. IPNI, IFA, Octubre 2012. 290 pp. Disponible en el libro o en formato pdf

Fertilizing Crops to Improve Human Health. infografía, Mayo 2013.

Página web de IPNI. <http://info.ipni.net/FCIHH>

Página web de IFA. [www.fertilizer.org/ifa/HomePage/SUSTAINABILITY/Nutrition](http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/SUSTAINABILITY/Nutrition)



Traducción por la Asociación Nacional Fabricantes Fertilizantes (ANFFE), España, [www.anffe.com](http://www.anffe.com), Junio 2013.



3500 Parkway Lane, Suite 550  
Norcross, GA 30092 USA  
Tel: +1 770 447 0335  
Fax: +1 770 448 0439  
[circulation@ipni.net](mailto:circulation@ipni.net)  
[www.ipni.net](http://www.ipni.net)



28, rue Marbeuf  
75008 Paris, France  
Tel: +33 1 53 93 05 00  
Fax: +33 1 53 93 05 45/ 47  
[publications@fertilizer.org](mailto:publications@fertilizer.org)  
[www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)