

INFORMACIONES AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 8

JULIO 1992

CONTENIDO

	Página
Agricultura y fertilizantes.	1
Son compatibles los rendimientos altos y la preservación ambiental?	3
La nutrición foliar de cultivos (II parte)	4
Respuesta del algodón a la fertilización con vanadio	8
Resumen de investigación reciente	10
<ul style="list-style-type: none">Requerimientos de cloro del KiwiInfluencia de los aniones sobre el comportamiento del potasio y la productividad del KiwiPredicción de las necesidades de N en maíz midiendo el contenido de clorofila	
Cursos y Simposios	11
Publicaciones de INPOFOS	12
Editor: Dr. José Espinosa	

AGRICULTURA Y FERTILIZANTES

El Crecimiento Poblacional - Parte Medular del Problema

Entre los años 1950 y 1990 la población mundial aumentó de 2 billones a más de 5 billones. De acuerdo con las proyecciones de las Naciones Unidas, esta tasa de crecimiento se mantendrá en las próximas décadas. En el año 2000 habrán 6 billones de personas en el mundo y en el año 2025 la población será de 8 billones aproximadamente. Más de 90% del incremento corresponderá a los países en desarrollo.

A medida que la población del mundo aumenta, el área de tierras agrícolas disminuye ya sea por erosión y desertificación o porque las tierras se han dedicado a otros usos como desarrollo urbano por ejemplo. Todo esto permite tener una idea del enorme desafío que constituye la producción de alimentos, a precios moderados, para la población mundial.

El Principio de Substitución de Tierra

Existen dos posibles opciones para enfrentar el problema de producción de alimentos para una población en constante crecimiento: a) abrir nuevas áreas a la agricultura; b) elevar en primer lugar la productividad y luego mantener o sostener esta productividad, por tiempo indefinido, en las áreas que se encuentran actualmente bajo uso agrícola.

Sin embargo, la primera alternativa es cada vez más limitada ya que las posibles áreas ha utilizarse no tienen condiciones adecuadas para agricultura o ganadería intensiva si no se utilizan tecnologías que han provado ser adecuadas en estas condiciones. El mal uso de estas áreas lleva a la consecuente degradación progresiva, con una rápida disminución de la productividad.

A mediano y largo plazo, las necesidades de alimentos deberán ser satisfechas con el aumento de la productividad de las áreas ya cultivadas, principalmente en los países en desarrollo. El principio de sustitución de tierra es fundamental y práctico para la producción eficiente de alimentos. Este principio considera que cierta cantidad de fertilizantes, usados adecuadamente en las áreas ya cultivadas, resultan en una producción equivalente a la producción que sería obtenida con la incorporación al cultivo de nuevas áreas, sin uso de fertilizantes, o aún con el uso de cantidades insuficientes para obtener rendimientos máximos económicos. En términos promedios, esta relación se puede cuantificar indicando que 1 tonelada de fertilizantes substituye a 4 hectáreas de tierra nueva incorporada a la agricultura. Esta relación puede ser aún mayor si se consideran tierras de baja fertilidad como los suelos de los bosques tropicales de América Latina.

Todo esto refuerza el concepto de que los incrementos en productividad en las áreas cultivadas tradicionalmente, además de permitir costos más bajos, representan una adecuada alternativa de preservación del medio ambiente y en el caso específico de los bosques tropicales de América pueden representar una contribución notable a la reducción de la deforestación.

Fertilizantes: Base para la Producción de Alimentos

Todos nosotros dependemos de las plantas para nuestra alimentación y las plantas dependen de los nutrientes minerales para su crecimiento y desarrollo.

El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los nutrientes más necesarios. Además de esto las plantas necesitan de magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S) y pequeñas cantidades de zinc (Zn), boro (B), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo).

Los nutrientes pasan a ser disponibles a través de la desintegración de las partículas del suelo y de la descomposición de los residuos de las plantas y otros materiales orgánicos. Algunos nutrientes pueden ser también suplementados por la lluvia y algunas especies de plantas, como las leguminosas, pueden obtener el nitrógeno directamente del aire. Si existe humedad adecuada en el suelo, los nutrientes son absorbidos por las plantas para completar un ciclo biológico que termina cuando la planta muere. En un ciclo cerrado, en el cual no se obtiene cosecha, la planta se descompone, libera nutrientes e inicia un nuevo ciclo de crecimiento.

En realidad el hombre cultiva plantas para obtener una cosecha que será utilizada en la alimentación o en la producción de fibras. A través de la cosecha los

nutrientes son removidos del suelo y luego del campo. Estos nutrientes deben ser repuestos para poder continuar manteniendo producción. Esta reposición puede ser hecha con el uso de fertilizantes orgánicos como residuos de corral, compost, residuos de cosecha, etc y más efectivamente con el uso de fertilizantes minerales.

Los fertilizantes orgánicos son una buena fuente pero desafortunadamente, por su bajo contenido de nutrientes, no existe una provisión adecuada que pueda suplir eficazmente las necesidades nutricionales de los cultivos. Los materiales orgánicos, antes que como una fuente de nutrientes, deben ser utilizados para mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos. Los materiales orgánicos mejoran la aereación, la retención de agua e incrementan la capacidad de retención de nutrientes.

Fertilizantes minerales: Esenciales para la producción de rendimientos altos

Conforme a las declaraciones de la Comisión Mundial del Ambiente y Desarrollo, en 1987, uno de los desafíos de la agricultura moderna es la de identificar sistemas de cultivo que "satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades". Una agricultura sostenida debe por lo tanto considerar de alta prioridad la protección del suelo agrícola y evidenciar acciones que permitan controlar la erosión y la degradación del suelo.

Si se considera a una finca como un ecosistema limitado es evidente que los nutrientes absorbidos por los cultivos y que son retirados del campo en la cosecha utilizada, deben ser repuestos al suelo para que el sistema permanezca en equilibrio y no se deteriore. Después de la Segunda Guerra Mundial los rendimientos promedios de cereales aumentaron de cerca de 1.2 a 2.5 t/ha. Este aumento es el resultado de la fertilización, protección de los cultivos, irrigación y nuevas variedades.

El factor que ha contribuido en forma más significativa a este aumento ha sido el uso de fertilizantes minerales. Actualmente los fertilizantes mantienen cerca de la mitad de la producción mundial de granos. El uso de los fertilizantes minerales permite mantener producciones altas por períodos indefinidos de tiempo. Esto ha sido demostrado claramente con experimentos que han estado en el campo por más de 100 años. En estos experimentos los rendimientos obtenidos con el uso de fertilizantes minerales son entre el 55 y 75 % superiores a aquellos obtenidos sin fertilizantes minerales. El reporte "Situación Mundial 1990", escrito por el Instituto Worldwach indica que la producción mundial de alimentos declinaría rápidamente, en 40% o más, si el uso de fertilizantes minerales cesara subitamente. ■

SON COMPATIBLES LOS RENDIMIENTOS ALTOS Y LA PRESERVACION AMBIENTAL?

Los altos rendimientos de los cultivos son definitivamente compatibles con la preservación ambiental. Esto se debe simplemente a que los altos rendimientos reflejan buen manejo y el buen manejo es la clave para preservar el ambiente y producir también rentabilidad. Es cierto que ocasionalmente se pueden obtener rendimientos altos con manejo descuidado, pero finalmente la ineficiencia no paga, tanto desde el punto de vista de la preservación del ambiente como el de la rentabilidad agrícola.

En los últimos tiempos se escuchan conceptos que indican que se debe utilizar menos insumos. Una sugerencia propuesta por cierto sector de ambientalistas indica que la utilización de mínimas cantidades de fertilizantes sería bueno para el ambiente. Esto no es necesariamente cierto y de hecho abarca solamente parte del problema. La evidencia científica ha demostrado que éste es un concepto simplista puede tener consecuencias adversas serias al afectar en forma significativa la producción de alimentos. Esto es particularmente cierto en los países en desarrollo cuyos promedios de rendimiento son aún muy bajos. En estas condiciones es necesario primero el incrementar los rendimientos a niveles aceptables y luego mantenerlos o sostenerlos por tiempo indefinido a través de un manejo adecuado de los cultivos, que sea sensitivo con el ambiente.

De hecho lo es que realmente necesario es mantener el equilibrio o balance. Los ingresos deben estar en balance con los egresos. La meta es la de remover con la cosecha lo que se aplica como fertilizante. Si se aplican 100 kg de nutrientes al suelo y se remueven 100 kg en la cosecha la eficiencia del uso de fertilizantes es el 100%. En esta forma no se afecta el ambiente ya que los nutrientes no se percolan del perfil del suelo a capas inferiores.

Además del balance entre el ingreso y el egreso de nutrientes es también importante el mantener el balance entre los nutrientes requeridos por los cultivos. La ausencia de un elemento esencial no permitirá que los otros ingresen en la planta y aporten a la formación de rendimientos altos (ley del mínimo). Si el lote de cultivo no es fértil será necesario aplicar las cantidades requeridas de fósforo y potasio para incrementar la productividad del suelo y de esta forma mantener el balance de nutrientes, principalmente el balance de los nutrientes inmóviles con el nitrógeno. Si el lote es fértil será necesario el devolver al suelo los nutrientes que se sacan en la cosecha para mantener la alta fertilidad y el balance con el agro ecosistema.

Desde el punto de vista ambiental el nitrógeno es el que más preocupa debido a que una de sus formas en el suelo, el nitrato, se puede percolar (lixiviar) y contaminar la tabla de aguas. Es importante indicar en este punto que tanto los fertilizantes minerales como los fertilizantes orgánicos producen nitratos en el suelo y ambos tienen el potencial de contaminar la tabla de aguas. La mejor forma de minimizar este potencial de contaminación es maximizando la recuperación del nitrógeno aplicado al suelo por los cultivos. Esto permite mantener el balance en el sistema ya que el nitrógeno es absorbido por el cultivo minimizando el potencial de contaminación ambiental y al mismo tiempo permitiendo que la planta aproveche el fertilizante aplicado y produzca rendimientos altos. Esto se puede lograr utilizando prácticas adecuadas de manejo que incluyen la aplicación de dosis calibradas a las necesidades del cultivo, aplicación fraccionada, uso de inhibidores de nitrificación, uso eficiente de riego, inclusión de cultivos con raíces profundas en la rotación y el balancear el nitrógeno con otros nutrientes esenciales como el fósforo y el potasio.

El hecho de simplemente disminuir la cantidad de fertilizantes utilizados, como un procedimiento de preservación ambiental, es un concepto errado. La utilización de cantidades menores a las óptimas produce cultivos pequeños, con sistemas radiculares pequeños y débiles. Esta forma de manejo puede en realidad incrementar el potencial de pérdida de nitratos de la zona radicular. Si bien es importante conocer con precisión la cantidad de fertilizante requerido por el cultivo, es más importante la eficiencia del fertilizante, en otras palabras, cuanto es recuperado por el cultivo y cuanto puede escaparse al ambiente. Los cultivos vigorosos con sistemas radiculares extensos y profundos son esponjas que absorben mucho mejor los nutrientes.

La ciencia está continuamente demostrando que la adopción de prácticas adecuadas de manejo de los cultivos tiene un poderoso efecto positivo que ayuda a mantener la calidad del ambiente. Esto no quiere decir que la agricultura no haya cambiado o influenciado el ambiente natural sino más bien que la buena agricultura ayuda a preservar los recursos naturales. Los siguientes puntos merecen considerarse:

- La calidad del suelo puede mejorarse con el uso de sistemas de producción intensivos y continuos al incrementar la materia orgánica del suelo. Al integrar

prácticas adecuadas de manejo en los sistemas de cultivo se consiguen no solamente rendimientos más altos sino también cantidades abundantes de residuos de cultivos que al quedar en la superficie o al incorporarse acumulan más materia orgánica en el suelo. Entre las más importantes prácticas adecuadas de manejo de los cultivos se pueden citar: sistema de labranza, selección de variedad o híbrido, densidad de siembra, manejo de agua y fertilizantes, control de plagas y enfermedades, etc.

- Las adecuadas aplicaciones de fertilizantes, en cantidad y balance (de acuerdo con el análisis de suelos), minimizan significativamente o eliminan las pérdidas de nitrógeno por lixiviación (percolación) en comparación con lotes sin fertilización o con fertilización desbalanceada. Los cultivos bien fertilizados crecen vigorosamente y absorben grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. Si los

nutrientes se encuentran dentro de la planta no representan ningún riesgo al ambiente y de paso producen rendimientos altos rentables.

- La buena producción de cultivos es un efectivo sustituto de la vegetación natural. Las plantas, sean éstas mejoradas o silvestres son agentes naturales de control de contaminación. Las plantas remueven del aire el dióxido de carbono (uno de los principales responsables del efecto invernadero) y lo enriquecen con oxígeno. Así por ejemplo, un cultivo de maíz que produce 9 toneladas por hectárea de grano produce alrededor de 19 toneladas de biomasa. De igual forma el cultivo consume alrededor de 23 toneladas de dióxido de carbono, libera 17 toneladas de oxígeno y absorbe 230 kg de nitrógeno, 42 kg de fósforo, 185 kg de potasio, 56 de magnesio y 25 de azufre.■

LA NUTRICION FOLIAR DE CULTIVOS

II Parte

La segunda parte de este artículo continua analizando las condiciones en las cuales se ha comprobado que la fertilización foliar permite obtener resultados agronómicos significativos.

EFICACIA SEVERAMENTE LIMITADA EN LA FERTILIZACIÓN RADICULAR

Una vez aplicados los fertilizantes al suelo, éstos sufren reacciones de transformación y están sujetos también a procesos que determinan pérdidas importantes de nutrientes al quedar fuera del alcance absorbente del sistema radicular.

Lixiviación

Los iones nutritivos pueden ser arrastrados por las aguas de drenaje que percolan a través del suelo. El nitrógeno es el elemento que está más sujeto a este proceso denominado lixiviación, en particular el estado nítrico (NO_3^-) por ser un ion débilmente retenido en el suelo y, por tanto, altamente móvil.

El potasio, aunque en menor proporción que el nitrógeno, también puede perderse por lixiviación, no obstante su condición catiónica que le permite una relativa estabilidad en el suelo. EL fósforo, en cambio, es un elemento poco móvil y, por ello, sus pérdidas por lixiviación son mínimas.

Otros elementos sujetos a pérdidas importantes por efecto de la lixiviación son el azufre, calcio y magnesio. Sin embargo, la magnitud de las pérdidas son altamente variables, pues ellas dependen de un buen número de factores siendo los principales:

- a) Frecuencia e intensidad de lluvias
- b) Textura del suelo
- c) Contenido de materia orgánica
- d) Tipo de coloide arcilloso
- e) Uso y manejo del suelo
- f) Tipo de fertilizante utilizado.

Fijación

Por fijación se entiende los procesos de transformación físico-químicos que sufren los nutrientes una vez aplicados al suelo como fertilizantes. Como resultado de estos procesos los nutrientes solubles y disponibles para las plantas evolucionan hacia estados químicos no aprovechables.

El elemento más afectado por fijación es el fósforo. Se ha estimado que la fijación es responsable de que se pierda entre un 70 y un 95% del fósforo que se aplica como fertilizante. En menor proporción el nitrógeno y el potasio también pueden ser "atrapados" o fijados por arcillas expandibles. Aunque no hay estudios específicos, en condiciones de suelos tropicales, se prevé que mediante este proceso pueden perderse cantidades importantes de fertilizante nitrogenado o potásico.

De hecho, la magnitud de pérdida por fijación, depende de factores diversos.

En el caso del fósforo influyen los siguientes:

- a) pH del suelo
- b) Contenido de óxidos de Fe y Al
- c) Tipo de arcilla
- d) Contenido de materia orgánica
- e) Contenido de arcillas amorfas
- f) Tipo de fertilizante fosfórico
- g) Sistema y época de aplicación del fertilizante.

Por su parte, la fijación de nitrógeno y potasio está controlada por factores relacionados con:

- a) Tipo de coloide arcilloso
- b) Contenido de arcilla
- c) Incidencia de ciclos secos y lluviosos

Pérdidas en forma de gas

La fertilización con nitrógeno puede resultar afectada severamente por pérdidas del elemento en forma de gas. Los procesos involucrados son la volatilización y la denitrificación.

La volatilización es la transformación de amonio (NH_4^+) en amoníaco (NH_3). Esta reacción permite el desprendimiento de nitrógeno en forma gaseosa. Se ha encontrado que el proceso afecta severamente a la urea, debido a su reacción alcalina y, en especial, cuando se efectúan aplicaciones superficiales en zonas de clima cálido. Bajo estas circunstancias, en arrozales inundados, las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden ser tan altas como del 50% del nitrógeno aplicado. Los factores que influyen en la magnitud de la volatilización son:

- a) Tipo de fertilizante nitrogenado
- b) Sistema de aplicación
- c) Temperatura ambiente
- d) pH del suelo
- e) Capacidad de intercambio catiónico.

La denitrificación ocurre cuando el fertilizante nitrogenado, en especial el fertilizante nítrico, es aplicado en suelos encharcados, mal drenados o inundados.

En este caso el nitrato (NO_3^-) evoluciona hacia estados gaseosos (NO , N_2O , N_2) que determina la pérdida del elemento. En condiciones favorables al proceso, se ha llegado a determinar pérdidas hasta del 30% del nitrógeno aplicado como fertilizante.

Inmovilización

La propia actividad de los microorganismos del suelo genera, bajo determinadas circunstancias, pérdidas significativas de nutrientes a partir de la fertilización edáfica.

Los microorganismos del suelo utilizan nutrientes, compitiendo, así, por este factor de crecimiento con las especies vegetales. Bajo condiciones específicas, la magnitud de la utilización de nutrientes por la población microbial, puede restar cantidades importantes de nutrientes aplicados en el abonamiento al suelo. Los nutrientes más afectados son nitrógeno, fósforo y azufre.

Eficiencia de la fertilización en la agricultura tropical

Se define como eficiencia de la fertilización a la proporción de nutrientes efectivamente utilizadas por el cultivo, en relación con la cantidad aplicada.

En la agricultura tropical, los niveles de eficiencia, debido a la incidencia de los factores de pérdida previamente descritos, se han ubicado en rangos relativamente bajos.

Se estima que la eficiencia de la fertilización nitrogenada oscila entre el 20 y 70% pero el promedio no es superior al 50% lo que equivale a decir que, en la agricultura tropical, tan sólo la mitad de fertilizante nitrogenado aplicado es utilizado por los cultivos. Esto significa cuantiosas pérdidas de orden económico para el agricultor.

En el caso de la fertilización fosfórica la situación es aún más grave, puesto que se estima que en promedio, la eficiencia está en el 10% con un rango del 5 al 30%. Resulta entonces que, de cada 100 kg de fosfato aplicado al suelo, las pérdidas promedias son del orden de 90 kg.

En suelos tropicales, la eficiencia del potasio aplicado como fertilizante está entre el 20 y 60%, con un promedio del 40%. La mayor parte del potasio aplicado se pierde por lixiviación.

Bajo circunstancias de muy baja eficacia en la fertilización convencional por vía radicular, la nutrición por vía foliar puede contribuir a mantener niveles óptimos de suministro de nutrientes en los cultivos.

SUMINISTRO RAPIDO DE NUTRIENTES EN EPOCAS CRITICAS

La demanda de nutrientes por parte de las especies vegetales cultivadas no es uniforme, sino que más bien depende de los estados fisiológicos a lo largo de su ciclo productivo.

La demanda de nitrógeno es alta y constante, pero en particular se requiere durante los estados de alta tasa de crecimiento, floración y fructificación. En cereales, tal como en el caso de arroz, los niveles de mayor demanda de nitrógeno toman lugar durante el macollamiento, iniciación de la panícula y el llenado de grano.

El fósforo es requerido en estados tempranos de ciclo vegetativo como nutriente clave para el desarrollo radicular. Los estados de tuberización e iniciación de la floración son considerados como puntos críticos en cuanto al suministro de fósforo. Sin embargo, desde el punto de vista fisiológico, se considera que este elemento debe estar disponible en los primeros estados de desarrollo del cultivo, que es cuando se produce la diferenciación de las estructuras productivas.

El potasio es requerido intensamente durante los estados fisiológicos de producción, es decir durante tuberización y llenado de tubérculo, iniciación de la floración y llenado de grano, así como en cuajado y llenado de fruto. Como se sabe, el potasio es esencial para la síntesis de carbohidratos, pero además influye en la translocación y acumulación de azúcares y almidones.

Es en estas épocas críticas donde una aplicación foliar complementaria, especialmente de nitrógeno y potasio, puede influir grandemente en la obtención de granos más densos y frutos más grandes, aumentando así la productividad.

PARTICULARMENTE EFICAZ PARA APLICACION DE MICROELEMENTOS

Se puede afirmar que la aplicación de elementos menores por vía foliar no ha dejado duda sobre su eficiencia agronómica.

Como se sabe, los requerimientos de microelementos por parte de los cultivos son pequeños. Esta circunstancia hace

posible el suministro de tales nutrientes en soluciones de muy baja concentración, que son toleradas sin causar efectos fitotóxicos en los cultivos.

Por otra parte, la fertilización radicular con microelementos presenta el inconveniente de que las dosis de aplicación son muy bajas, lo cual resulta en dificultades obvias para su distribución homogénea en el lote. Por el contrario, la aplicación por vía foliar resulta práctica, sencilla y eficiente.

Alternativa viable como fertilización preventiva

Se ha planteado, como justificación básica del uso de fertilizantes foliares completos, la idea de que en un cultivo de alta productividad debe eliminarse la posibilidad de que el rendimiento final puede resultar limitado por un factor de orden nutricional.

Con lo anterior se concibe la aplicación de todos los nutrientes por vía foliar, en estados tempranos del ciclo vegetativo (15 a 45 días de la germinación), como una fertilización de tipo preventivo. Se señala, además, que esta modalidad de abonamiento permite contribuir a la alimentación de la planta, para impulsar un mayor desarrollo del sistema radicular.

En cultivos anuales o de ciclo corto, la aplicación foliar debe hacerse temprano porque entre los primeros 40 a 60 días después de la germinación, dependiendo de especie y variedad, ocurre la formación o diferenciación de las células que darán origen posteriormente a flores y frutos.

LIMITACIONES DE LA FERTILIZACION FOLIAR

Como limitantes del abonamiento foliar se pueden señalar las siguientes:

Riego de fitotoxicidad

Las especies vegetales cultivadas son más sensibles a la aspersión con soluciones nutritivas concentradas. En general toleran niveles bajos de concentración y están expuestas a daños por "quemazón" del follaje cuando la concentración de la solución utilizada para aspersión excede de ciertos valores.

Dosis limitadas en macroelementos

El riego de fitotoxicidad, sumado al hecho de que no es factible preparar soluciones nutritivas de alta

concentración, determina que las dosis de aplicación sean muy bajas en relación con los requerimientos de elementos mayores. Por esta razón, se reitera que, en el caso de los macronutrientes, la fertilización foliar nunca substituye.

Requiere de buen desarrollo de follaje

Como es obvio, la nutrición foliar resulta de la interacción entre el follaje y la solución nutritiva. En consecuencia, la efectividad de la absorción de nutrientes por esa vía será directamente proporcional al área foliar disponible.

En estados tempranos del desarrollo del cultivo, cuando es importante el suministro de ciertos nutrientes, el desarrollo foliar es aún muy limitado y, por consiguiente, se espera que el abonamiento foliar sea poco efectivo.

Lenta absorción

Ya se ilustró la lentitud con que opera la penetración de nutrientes por vía foliar. Con excepción del nitrógeno, elemento que puede ser absorbido en horas, los demás nutrientes requieren de días para conseguir una penetración significativa.

Pérdidas considerables en la aspersión

Debido a la lentitud con que penetran los nutrientes, en estos pueden ser lavados desde el follaje por acción de la lluvia, arrastre por el viento o por la simple acción de la gravedad. En aplicaciones tempranas, cuando hay poco follaje disponible se estima que tan sólo del 10 al 30% de la solución aplicada es interceptada por el follaje, el resto cae al suelo.

Para disminuir estas pérdidas es muy importante la utilización de aditivos que permitan mejorar el cubrimiento de la superficie foliar por la solución, así como conseguir una buena adherencia y mejor penetración de las sustancias nutritivas.

Productos costosos

Para aplicaciones foliares se requieren de ordinario sales puras, con el objeto de conseguir una solución clara sin impurezas o inertes que taponen las boquillas en la aspersión. Estas sales son más costosas que los fertilizantes convencionales.

La eficacia agronómica de la fertilización foliar depende de muchos factores

Como se discutirá a continuación, son numerosos los factores determinantes de eficacia agronómica en la fertilización foliar. En el caso de la fertilización radicular, puede decirse que las probabilidades de éxito son muy altas, no ocurre lo propio con el abonamiento foliar, ya que su efecto positivo sobre la productividad es altamente aleatorio, en particular para el caso de la aplicación de elementos mayores.

FACTORES DETERMINANTES DE LA EFICACIA EN LA FERTILIZACION FOLIAR

Hay un buen número de factores involucrados en la eficiencia de la fertilización foliar que deben ser conocidos y controlados para asegurar efectos agronómicos favorables.

Factores de la planta

Entre los factores inherentes a la planta destacan aquellos que influyen en la penetración de los nutrientes al follaje, tales como grosor y permabilidad de la cutícula. También influye el número y distribución de los estomas, vellosidad o pubescencia de la superficie foliar, ángulo de inserción de las hojas, edad, turgencia y humedad de las hojas. La mayoría de estos factores son controlados genéticamente y, por consiguiente, dependen de la especie, cultivo o variedad de planta.

Otros factores asociados con la planta tienen que ver con su nivel nutricional y el estado de crecimiento en el cual se efectúa la aplicación foliar. Con respecto a este último factor, en general se acepta que las aplicaciones de P, S, Fe, Cu, Mn y Zn deben efectuarse en estados tempranos. La aplicación de N, K, B, Ca y Mg se considera de mayor trascendencia durante los estados de floración y fructificación.

Factores ambientales

Este es un grupo de factores relativamente amplio que incluye los siguientes:

- a) Temperatura
- b) Luminosidad y fotoperíodo
- c) Humedad
- d) Sequía
- e) Hora del día
- f) Succión osmótica del suelo

g) Fertilidad del suelo

Los efectos de estos factores, en una u otra dirección, son altamente aleatorios. Una buena parte de ellos no son controlables.

Factores tecnológicos de aplicación

Estos factores son importantes en la medida que pueden ser controlados.

Entre los principales se destacan:

- a) Tipo de solución nutritiva
- b) Concentración de la solución
- c) Dosis de aplicación
- d) Técnica de aplicación
- e) pH de la solución
- f) Polaridad e higroscopicidad
- g) Sales utilizadas
- h) Relación nutricional
- i) Penetrantes, humectantes, adherentes.

Desde luego que estos factores deben ser manejados en concordancia con los factores inherentes a la especie cultivada previamente descritos. La combinación más apropiada en cuanto a tecnología de aplicación debe ser identificada a través de experimentación intensiva y extensiva en las condiciones específicas del medio agroecológico.

Conviene en este punto destacar la importancia que tiene, para el éxito de la fertilización foliar, el uso de aditivos o coadyuvantes, cuyas principales funciones son:

- a) Ajustar el pH de la solución (pH óptimo: 5-6)
- b) Intensificar en efecto humectante y adherente
- c) Asegurar una buena cobertura y distribución de la solución nutritiva (efecto surfactante)
- d) Incrementar la capacidad de penetración de los nutrientes
- e) Disminuir pérdidas ■

RESPUESTA DEL ALGODÓN A LA FERTILIZACIÓN CON VANADIO*

Para obtener rendimientos de algodón más altos y de mejor calidad parece que será necesario considerar un nutriente que no fue considerado en el pasado, el Vanadio (V).

Aun cuando este micronutriente que no se ha destacado, resultados de reciente investigación indican que juega un papel apreciable en la nutrición de las plantas.

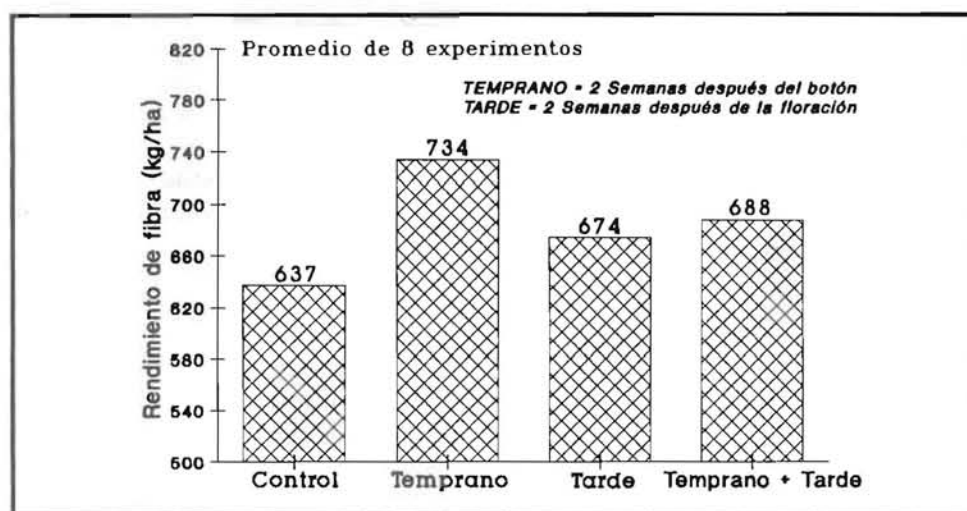


Fig. 1. Efecto de la época de aplicación de V en el rendimiento de fibra de algodón, 1988-1989.

Investigación en Texas ha demostrado que la aplicación de este nutriente al algodón ha incrementado significativamente los rendimientos sin incrementar el requerimiento de agua de la planta. El incremento promedio de fibra de algodón fue de 56 kg/ha en experimentos conducidos con y sin riego.

La época de aplicación es un importante factor a considerar. Los más altos rendimientos de algodón se obtuvieron con una sola

* Este artículo fue preparado por el Dr. Charles Wendt, Texas A&M University.

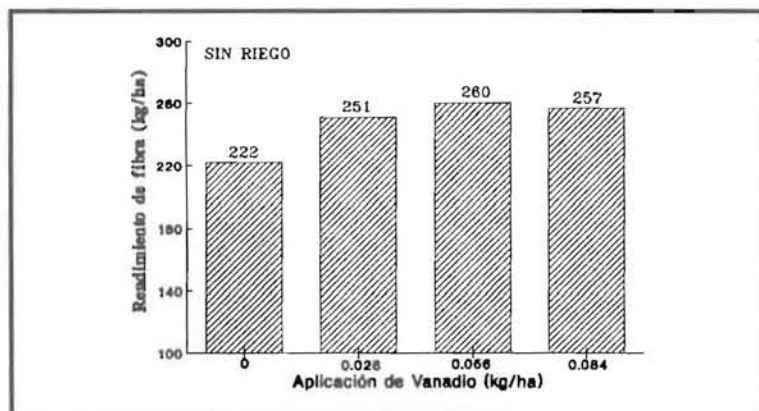


Fig. 2. Efecto de dosis de V en el rendimiento de fibra de algodón en lotes sin riego (Texas, 1990).

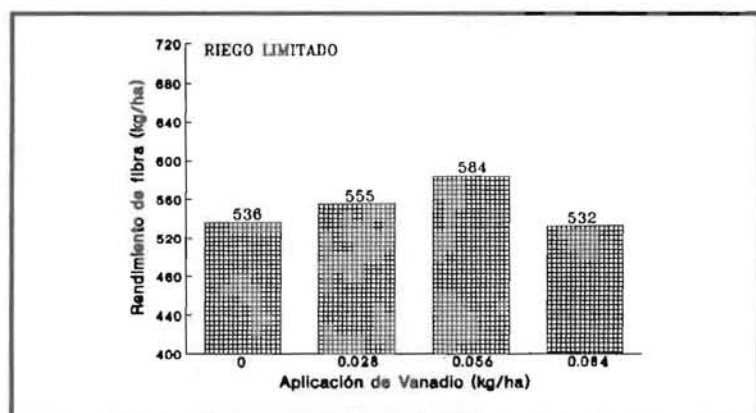


Fig. 3. Efecto de dosis de V en el rendimiento de fibra de algodón en lotes con riego limitado (Texas, 1990).

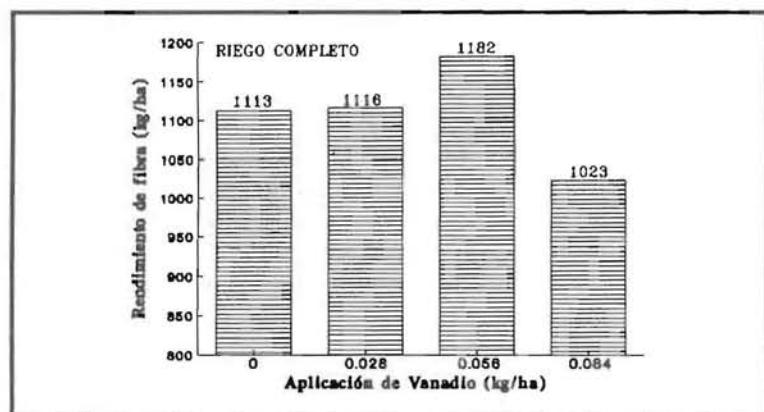


Fig. 4. Efecto de dosis de V en el rendimiento de fibra de algodón en los lotes con riego completo (Texas, 1990).

aplicación de V en el período comprendido entre dos semanas después de la iniciación del botón y a la primera floración (Figura 1). Aplicaciones múltiples no incrementaron los rendimientos. Para obtener mejores resultados las aplicaciones deben hacerse en la mañana cuando las temperaturas todavía son bajas.

Estudios conducidos bajo tres diferentes formas de riego (sin riego, riego limitado y riego completo) demostraron que los rendimientos de algodón fueron más altos cuando se aplicó una dosis de 0.056 kg/ha de V (Figuras 2, 3 y 4). Niveles superiores de V disminuyeron el rendimiento.

Las aspersiones de V en lotes grandes de producción demostraron ser también efectivas en aplicaciones hechas desde el suelo (75 a 95 litros de agua/ha) y aéreas (30 litros de agua/ha) (Tabla 1). Los rendimientos fueron mejores cuando se usó un surfactante no iónico en una concentración del 0.25 al 0.5% en la solución de aspersión. ■

Tabla 1. Efecto de los métodos de aplicación de V en el rendimiento de fibra de algodón (Texas, 1990).

Método de aplicación	Dosis kg V/ha	Fibra kg/ha	Incremento kg/ha
Desde suelo	0.000	1102	
	0.056	1250	148
Aérea	0.000	759	
	0.056	918	159



REPORTES DE INVESTIGACION RECIENTE

REQUERIMIENTOS DE CLORO DEL KIWI

Smith, G. S., C. J. Clark y P. T. Holland. 1987. Chloride requirement of Kiwifruit. *New Phytol.* 106:71-80.

Los resultados de estudios en solución nutritiva con Kiwi han demostrado que la deficiencia de cloro (Cl) restringe severamente el crecimiento de tallos y raíces. Comparado con la mayoría de otras plantas no halofíticas, el kiwi requiere de 10 veces más la concentración de Cl para un crecimiento saludable. El análisis del balance cationes-aniones en el tejido de la hoja sugiere que el efecto benéfico del Cl en el crecimiento no se debe al simple papel de ion de balance. La alta concentración de Cl necesaria en los tejidos de las plantas de kiwi parece ser una adaptación que minimiza el gasto de energía en la generación de presión osmótica en el tejido. Otros estudios han demostrado que: 1) en ausencia de Cl el crecimiento es severamente restringido y la respuesta a potasio (K) se reduce significativamente; 2) existe una mayor concentración de Cl en las hojas de plantas cultivadas a alta irradiación que en plantas en baja irradiación; 3) un incremento en la concentración de nitrato (NO_3) en la solución nutritiva dio como resultado un incremento de la concentración de NO_3 y una disminución en la concentración de Cl en las hojas. Una vez que la concentración de Cl en las hojas fue menor de 70 $\mu\text{mol/g}$ (peso seco), debido a la competencia con NO_3 , el crecimiento se redujo sustancialmente.■

INFLUENCIA DE LOS ANIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL POTASIO Y LA PRODUCTIVIDAD DE KIWI

Smith, G. S., C. J. Clark, J. G. Buwalda and I. M. Gravett. 1988. Influence of anions on the potassium status and productivity of kiwifruit vines.

Experimentos de campo han demostrado que la concentración de potasio (K) en la hoja de plantas de kiwi, muestreadas en la primavera, fue significativamente más alta en plantas que recibieron cloruro de potasio (KCl) que aquellas plantas que recibieron sulfato de potasio (K_2SO_4). Esta diferencia se mantuvo por alrededor de dos semanas y estuvo asociada con efectos pronunciados en la floración.

Los rendimientos de fruta fueron 28% más altos en las plantas que recibieron KCl que aquellas que recibieron K_2SO_4 . Se estudiaron también los efectos de los iones cloro (Cl), nitrato (NO_3), sulfato (SO_4) y fosfato (H_2PO_4) en un experimento en solución nutritiva. La sensibilidad del kiwi al anión que acompaña al K en el fertilizante puede estar relacionado con el inusual alto requerimiento de Cl reportado previamente a este cultivo.■

PREDICCIÓN DE LAS NECESIDADES DE N EN MAÍZ MIDIENDO EL CONTENIDO DE CLOROFILA

Wood, C. W. and D. W. Reeves. 1991. Predicting corn N needs with chlorophyll measurements. *Agronomy Abstracts*, October-November. American Society of Agronomy.

Se probó un pequeño medidor capaz de determinar instantáneamente el contenido de clorofila para de esta forma predecir las necesidades suplementarias de nitrógeno (N) en maíz (*Zea mays L.*). El estudio se condujo durante los ciclos de crecimiento de 1990 y 1991 en Shorter Alabama. El N (en dosis de 0, 56, 112, 168, 224, 280 y 336 kg/ha) fue aplicado al voleo a la siembra para establecer la relación entre los contenidos de clorofila, la concentración de N en el tejido y el rendimiento de grano. Las mediciones de clorofila y las concentraciones de N en el tejido fueron hechas en la posición V10 y en las hojas opuestas a la mazorca a mediados de la floración. Durante el ciclo de crecimiento de 1990 se observó una típica relación cuadrática entre la dosis de N y el rendimiento de grano. En 1990, las mediciones de clorofila y la concentración de N correlacionaron significativamente a V10 ($r^2 = 0.69$) y a mediados de la floración ($r^2 = 0.79$). Las mediciones de clorofila en el campo tuvieron una correlación aún más alta con el rendimiento de grano (V10 $r^2 = 0.79$, mediados de la floración $r^2 = 0.56$) en 1990. Basándose en un año de datos, y en los resultados preliminares de 1991, es aparente que la medición de clorofila en el campo puede ser una buena herramienta de predicción de las necesidades suplementarias de N del maíz.■

CURSOS Y SIMPOSIOS

1.- Tercera Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica

ORGANIZA : Red Latinoamericana de Roca Fosfórica
 LUGAR : Acapulco, México
 FECHA : Noviembre 9-12 de 1992
 INFORMACION : Dr. Roberto Nuñez Escobar
 Apartado Postal 45,
 CP 56230
 Chapingo, México
 Telef.: 595 457 01
 Fax.: 595 45723

2.- Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo

ORGANIZA : Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo
 LUGAR : Acapulco, México
 FECHA : Noviembre 9-12 de 1992
 INFORMACION : Dr. Roberto Nuñez Escobar
 Apartado Postal 45,
 CP 56230
 Chapingo, México
 Telef.: 595 457 01
 Fax.: 595 45723

3.- Efficient Marketing Management of Fertilizer and Other Agri Inputs

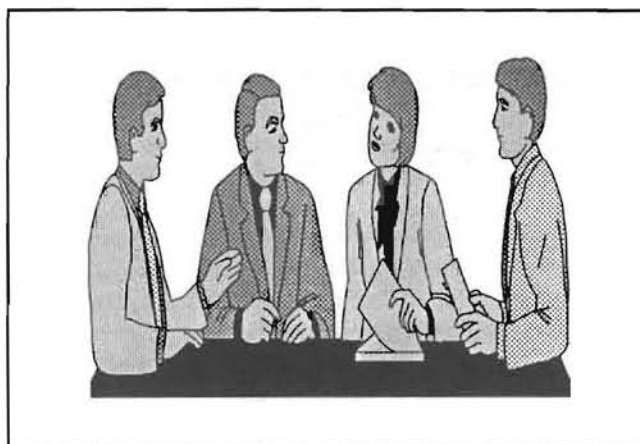
ORGANIZA : International Fertilizer Development Center, IFDC
 LUGAR : Muscle Shoals, Alabama and other locations, U.S.A.
 FECHA : Agosto 3 - Septiembre 4 de 1992
 INFORMACION : Director, Outreach Division IFDC
 P.O. Box 2040
 Muscle Shoals, Al 35662
 U.S.A.
 Telf.: 205 3816600
 Fax.: 205 3817408

4.- Plant Nutrient Management for Sustainable Agriculture

ORGANIZA : International Fertilizer Development Center, IFDC
 LUGAR : Muscle Shoals, Alabama and other locations, U.S.A.
 FECHA : Septiembre 14-25 de 1992
 INFORMACION : Director, Outreach Division IFDC
 P.O. Box 2040
 Muscle Shoals, Al 35662
 U.S.A.
 Telf.: 205 3816600
 Fax.: 205 3817408

5.- Fertilizer Marketing

ORGANIZA : International Fertilizer Development Center, IFDC
 LUGAR : Jakarta, Indonesia
 FECHA : Diciembre 7-18 de 1992
 INFORMACION : Director, Outreach Division IFDC
 P.O. Box 2040
 Muscle Shoals, Al 35662
 U.S.A.
 Telf.: 205 3816600
 Fax.: 205 3817408



PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles con un costo nominal.

	COSTO US \$
* Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	\$ 10.00
* POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna. Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	\$ 2.00
* Fertilización del Banano para Rendimientos Altos. En esta publicación se discuten en amplitud los requerimientos nutricionales, ciclaje de nutrientes, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del banano.	\$ 3.00
* Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.	\$ 3.00
* CAFETO: Cultivo y Fertilización. Esta publicación discute ampliamente el origen, distribución y prácticas culturales, cobertura del suelo, enfermedades y plagas y fertilización científica del Cafeto.	\$ 8.00



INPOFOS-INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
Av. de los Shyris 2260 y el Telégrafo
Casilla Postal 17-17-980
QUITO ECUADOR

IMPRESOS

CORREO AEREO



BY AIR MAIL