

INFORMACIONES Agronomicas



INVESTIGACION
INPOFOS
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

NUTRIENTES INORGANICOS Y ORGANICOS: CUAL ES LA DIFERENCIA?

D.W. Dibb*

La palabra nutriente es una derivación de la palabra nutrición, lo que implica alimento. El término nutrientes esenciales es entonces redundante en el sentido de que la esencialidad se define como necesario para sostener la vida, y los alimentos sostienen la vida. En el mundo vegetal, un elemento es considerado esencial si es necesario para que la planta complete su ciclo de vida, incluyendo las fases vegetativa y reproductiva, y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente.

La Tabla Periódica de los elementos fue construida para organizar todas las estructuras atómicas conocidas que forman parte de la tierra, los océanos, la atmósfera y los organismos vivos, incluyendo los humanos (Figura 1).

La Tabla Periódica de los elementos presentada en la Figura 1 se ha modificado para identificar aquellos elementos que son esenciales para plantas y animales. Los elementos esenciales para las plantas se destacan con el color verde en los triángulos de abajo y los esenciales para los animales en color amarillo en los triángulos superiores. Se nota que varios elementos son esenciales tanto para plantas como para animales. Los elementos esenciales son solo una pequeña parte del total de elementos conocidos. Entre estos se incluyen gases, metales y no metales. Los elementos esenciales existen naturalmente, tanto en forma orgánica como inorgánica.

Los científicos han estimado las cantidades (pesos) de cada uno de los elementos presentes en la corteza terrestre. En la Tabla 1 se presenta una lista de los 10 más abundantes por peso. En la Tabla 2 presenta las cantidades relativas de materia orgánica y nutrientes esenciales presentes en los suelos de las zonas templadas del mundo. Nótese que tres nutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) están presentes tanto en forma orgánica como inorgánica. Si se toma en cuenta que las plantas crecen en una fina capa de la corteza terrestre, es importante que se mantengan los niveles de nutrientes con la adición de portadores de nutrientes, tanto orgánicos (residuos de plantas y desperdicios de corral) como inorgánicos (fertilizantes minerales manufacturados).

Las plantas absorben carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) del dióxido de carbono (CO₂) del aire y del agua (H₂O) del suelo. Los otros nutrientes deben solubilizarse y formar parte de la mezcla de compuestos presentes en el agua del

OCTUBRE 2002

No. 48

Contenido

Pág.

Nutrientes inorgánicos y orgánicos: Cuál es la diferencia?	1
Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano	4
Aplicación Foliar de nutrientes: Retos y límites en la producción agrícola	10
Reporte de investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editor: Dr. José Espinosa

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

* El Dr. Dibb es el Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo ddibb@ppi-far.org

Tabla 1. Elementos más abundantes en la corteza terrestre (Weast y Astle, 1982).

Elemento	Símbolo químico	Abundancia por peso % ppm ¹	
Oxígeno	O	46.10	461 000
Sílice	Si	28.20	282 000
Aluminio	Al	8.23	82 300
Hierro	Fe	5.63	56 300
Calcio	Ca	4.15	41 500
Sodio	Na	2.36	23 600
Magnesio	Mg	2.33	23 300
Potasio	K	2.09	20 900
Titanio	Ti	0.56	5 600
Hidrógeno	H	0.14	1 400

¹ ppm = partes por millón**Tabla 2. Cantidad total de materia orgánica y nutrientes presentes en suelos de las regiones templadas (Brady, 1978).**

Componente	Rango esperado, %
Materia orgánica	0.40 – 10.00
Nitrógeno ¹	0.02 – 0.50
Fósforo ¹	0.01 – 0.20
Potasio	0.17 – 3.30
Calcio	0.07 – 3.60
Magnesio	0.12 – 1.50
Azufre ¹	0.01 – 0.20
Hierro	0.50 – 5.00
Manganeso	0.02 – 1.00
Cobre	0.005 – 0.015
Zinc	0.001 – 0.025
Molibdeno	0.00002 – 0.0005
Boro	0.0005 – 0.015
Cloro	0.001 – 0.1

¹ Presentes tanto en forma orgánica como inorgánica.**Tabla 3. Forma como los 13 elementos esenciales son tomados por las plantas de la solución del suelo (Havlin et al., 1999).**

Elemento	Forma química tomada por la planta de la solución del suelo
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
P	HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻
K	K ⁺
Ca	Ca ²⁺
Mg	Mg ²⁺
S	SO ₄ ²⁻
B	H ₃ BO ₃ , B ₄ O ₇ ²⁻ , H ₂ BO ₃ , HBO ₃ ²⁻ , BO ₃ ³⁻
Cl	Cl ⁻
Cu	Cu ²⁺
Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Mn	Mn ²⁺
Mo	MoO ₄ ²⁻
Zn	Zn ²⁺

suelo (solución del suelo). Las formas químicas como los nutrientes son utilizados por las plantas se presentan en la Tabla 3. Casi todos los compuestos que están en la solución del suelo están presentes como especies iónicas. La trayectoria que toman los nutrientes para llegar a formas disponibles para la planta pueden ser complejas y variadas. Los procesos por los cuales estos nutrientes se transforman dentro del ambiente se denominan ciclos. Sin importar la forma en la cual estos elementos entran primero en sus respectivos ciclos, éstos tienen que convertirse en las formas inorgánicas que se presentan en la Tabla 3 para que puedan ser utilizados por las plantas. De esta forma, todos los alimentos consumidos por los humanos, ya sean plantas o animales que se alimentan de ellas, fueron producidos por nutrientes inorgánicos, aun cuando un nutriente cualquiera haya sido entregado al suelo en forma orgánica.

El término orgánico se ha hecho popular en los últimos años, especialmente en relación con los alimentos. Algunas veces se usa para implicar que los alimentos producidos con fuentes orgánicas de nutrientes tienen ciertas características especiales, beneficios especiales para la salud y quizá mayor valor nutricional. Esta designación de orgánico, en relación al uso de nutrientes, se refiere a la práctica de suplementar a la planta nutrientes solamente con adiciones de residuos de cultivos o desechos animales en lugar de las fuentes químicas de nutrientes, implicando que unos son naturales y que los otros son sintéticos. En realidad, cualquier esfuerzo para identificar los alimentos desde el punto de vista del tipo de nutriente utilizado es prácticamente imposible, debido a que, sin importar si la fuente es orgánica o inorgánica, todos los nutrientes son químicos..... sin embargo, todos son naturales y existen en la naturaleza. Todos los nutrientes suplementados en forma orgánica solamente son absorbidos por la planta después de que han sido convertidos a formas inorgánicas. Es importante destacar que las diferentes fuentes de nutrientes requieren diferente manejo para su uso eficiente.

Todos los alimentos, sin importar como han sido producidos, contienen compuestos de C y por lo tanto son orgánicos. El C proviene del CO₂ de la atmósfera que rodea a la planta, no de ningún C orgánico que haya sido colocado o que exista en el suelo, excepto cuando es liberado por descomposición de la materia orgánica en forma de CO₂ que regresa a la atmósfera.

Los procesos de la naturaleza están reciclando continuamente los nutrientes, de una forma u otra. Por ejemplo, la principal fuente de N es el N atmosférico. Esto es cierto ya sea que el N sea transferido por procesos de fijación biológica, por fijación industrial, o depositado por los animales que se alimentaron de los pastos y granos cultivados en el suelo.

hidrógeno 1 H	Animal																helio 2 He																			
litio 3 Li	berilio 4 Be	Planta																boro 5 B	carbono 6 C	nitrogeno 7 N	oxígeno 8 O	flúor 9 F	neón 10 Ne													
sodio 11 Na	magnesio 12 Mg	aluminio 13 Al	silicio 14 Si	fósforo 15 P	azufre 16 S	cloro 17 Cl	argón 18 Ar	potasio 19 K	calcio 20 Ca	scandio 21 Sc	titanio 22 Ti	vanadio 23 V	cromo 24 Cr	manganeso 25 Mn	hierro 26 Fe	cobalto 27 Co	níquel 28 Ni	cobre 29 Cu	zinc 30 Zn	galio 31 Ga	germanio 32 Ge	arsénico 33 As	selenio 34 Se	bromo 35 Br	kriptón 36 Kr											
rubidio 37 Rb	estrónzio 38 Sr	yturio 39 Y	zirconio 40 Zr	niobio 41 Nb	molibdeno 42 Mo	tecnecio 43 Tc	rutenio 44 Ru	rodio 45 Rh	paladio 46 Pd	plata 47 Ag	cadmio 48 Cd	indio 49 In	estaño 50 Sn	antimonio 51 Sb	telurio 52 Te	iodo 53 I	xenón 54 Xe	cesio 55 Cs	bario 56 Ba	lutecio 71 Lu	hafnio 72 Hf	tantalio 73 Ta	tungsteno 74 W	renio 75 Re	osmio 76 Os	iridio 77 Ir	platino 78 Pt	oro 79 Au	mercurio 80 Hg	talio 81 Tl	plomo 82 Pb	bismuto 83 Bi	polonio 84 Po	astato 85 At	radón 86 Rn	
francio 87 Fr	radio 88 Ra	lawrencio 103 Lr	rutherfordio 104 Rf	dubnio 105 Db	seaborgio 106 Sg	borio 107 Bh	hasio 108 Hs	meitnerio 109 Mt	lantano 57 La	cerio 58 Ce	praseodimio 59 Pr	neodimio 60 Nd	promecio 61 Pm	samario 62 Sm	europio 63 Eu	gadolinio 64 Gd	terbio 65 Tb	disprosio 66 Dy	holmio 67 Ho	erbio 68 Er	tulio 69 Tm	ytterbio 70 Yb	actinio 89 Ac	torio 90 Th	protactinio 91 Pa	uranio 92 U	neptunio 93 Np	plutonio 94 Pu	americio 95 Am	curio 96 Cm	berkelio 97 Bk	californio 98 Cf	einsteinio 99 Es	fermio 100 Fm	mendelevio 101 Md	nobelio 102 No

Figura 1. Tabla Periódica de los elementos químicos mostrando aquellos que son esenciales para los animales y las plantas.

Existen aproximadamente 84 millones de kilogramos de N por cada hectárea de atmósfera sobre la tierra. Sin embargo, este N debe transformarse en NH_4^+ y/o NO_3^- antes de que pueda ser absorbido por la planta para su beneficio. Todas estas formas de N son naturales ya sea que provengan de fuentes orgánicas o inorgánicas.

Los nutrientes esenciales (coloreados en la Tabla Periódica de la Figura 1) se encuentran abrumadoramente en forma inorgánica en su estado natural. Solamente una pequeña porción se encuentra en forma orgánica en un momento dado. Colocándose en la perspectiva de tiempo geológico, los elementos existen solo momentáneamente en estado orgánico y pronto regresan a su más abundante estado inorgánico, sin embargo, ambos estados son naturales.

Como el N, todos los otros nutrientes pasan a través de ciclos naturales, siguiendo varias trayectorias hacia su destino final de ser absorbidos y utilizados por las plantas que producen todos los alimentos para humanos y animales. En el proceso, ciertos nutrientes como N, P y S se mueven alternadamente entre las fases orgánica e inorgánica.

Años de estudios han demostrado que el crecimiento de plantas, animales y humanos puede a menudo afectarse debido a inadecuadas cantidades (deficiencias) de los elementos esenciales. En humanos y animales, las deficiencias se controlan cambiando la dieta a una que incluya alimentos ricos en los nutrientes requeridos (orgánico) o por medio de suplementos minerales (inorgánico). En las plantas, las deficiencias se controlan

entregando estos nutrientes con fertilizantes, los cuales pueden provenir de la abundante fuente inorgánica o de la pequeña fuente orgánica, dependiendo de la disponibilidad, costo y conveniencia. A menudo, el uso de las fuentes en forma conjunta es la solución más eficiente y económica.

Es importante recordar que cuando se suplementan los nutrientes en forma orgánica, estos nutrientes todavía deben pasar los ciclos de conversión para llegar a la fase inorgánica antes de que estén disponibles para las plantas. Por otro lado, los fertilizantes inorgánicos se suplementan en forma soluble o lentamente soluble, de modo que la planta puede tomar los nutrientes cuando los necesita.

Esta revisión de los conceptos científicos en relación a los nutrientes espera aclarar esta compleja situación y desea disipar muchos de los mitos y misterios que existen en relación a los nutrientes orgánicos e inorgánicos. Las dos fuentes de nutrientes tienen un papel común y complementario en la producción de alimentos, fibras y combustibles para una población en constante crecimiento.

Bibliografía

- Brady, N.C. 19878. The Nature and Property of Soils. 8th edition. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers, An Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Weast, R.C., y M.J. Astle (eds). 1982. CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press Inc., Boca Ratón, Florida. [h](#)

ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA NUTRICION Y FERTILIZACION DEL BANANO

José Espinosa¹ y Francisco Mite²

Introducción

Los conceptos modernos de nutrición y manejo de la fertilización en banano, particularmente los procedimientos de diagnóstico, han sido factores que han permitido obtener rendimientos altos y rentables. Estos conceptos se han desarrollado con el trabajo y apoyo de todos los que de una u otra forma han estado involucrados en la producción bananera a través del tiempo. La utilización de estos conceptos en el manejo de la plantación es cada vez más importante, particularmente en la actualidad cuando la rentabilidad de las operaciones bananeras ha tenido una reducción significativa. Muchos productores no utilizan completamente estos conceptos, pero se verán obligados a hacerlo si desean mantenerse competitivos. Sin embargo, han surgido nuevas expectativas en la búsqueda de altos rendimientos y completa eficiencia en el uso de los insumos. Estas nuevas inquietudes utilizan los conceptos establecidos, pero proponen un control más estrecho de toda la operación.

Condiciones actuales

La investigación en nutrición mineral y fertilización de banano ha sido amplia y efectiva. Esto ha permitido conocer las condiciones generales de respuesta del cultivo al manejo nutricional. Los trabajos de investigación en nutrición de muchos científicos han sido resumidos en varias publicaciones, pero la más popular en América Latina ha sido la revisión publicada por Lahav y Turner (1992).

De la información resumida en estas publicaciones se puede observar que hasta inicios de 1970 la investigación en nutrición en banano era dedicada principalmente a evidenciar los síntomas de deficiencia de nutrientes y los problemas de desbalance. También se condujeron experimentos para documentar la respuesta a dosis de nutrientes en diferentes condiciones de suelos.

Los esfuerzos por estandarizar la interpretación de los análisis foliares se iniciaron a fines de los años 60 y principios de los 70. Este esfuerzo era necesario para poder comparar los resultados de los análisis foliares y para poder manejar la nutrición del cultivo con criterios universales. Bajo la coordinación de Martín-Prével (1974, 1977) se logró desarrollar el método interna-

cional de referencia para muestreo de experimentos de fertilizantes en banano. Este esfuerzo coordinado produjo el método de muestreo foliar y la tabla de contenidos foliares estándares que han sido ampliamente utilizados en el mundo bananero (Figura 1 y Tabla 1). Estos estándares pueden cambiar ligeramente

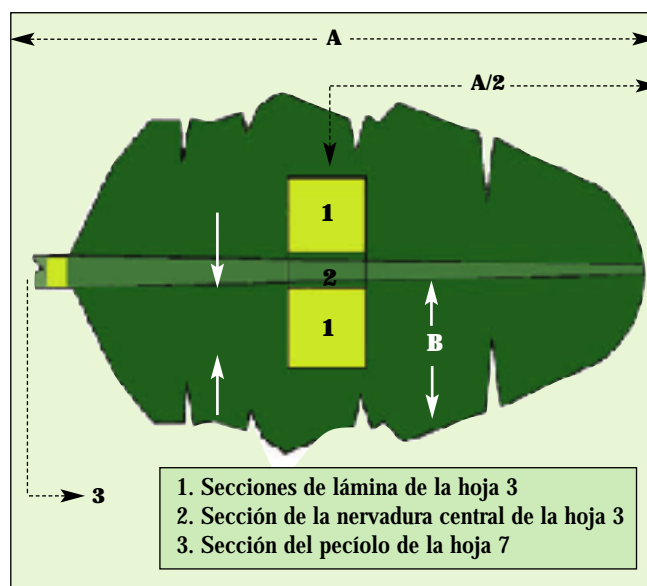


Figura 1. Procedimiento de muestreo foliar en banano para determinar el contenido de nutrientes.

Tabla 1. Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de banano completamente desarrolladas (Lahav y Turner, 1992).

Nutriente	Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Peciolo (Hoja 7)
N (%)	2.6	0.65	0.4
P (%)	0.2	0.08	0.07
K (%)	3.0	3.0	2.1
Ca (%)	0.5	0.5	0.5
Mg (%)	0.3	0.3	0.3
Na (%)	0.005	0.005	0.005
Cl (%)	0.6	0.65	0.7
S (%)	0.23	-	0.36
Mn (mg/kg)	25	80	70
Fe (mg/kg)	80	50	30
Zn (mg/kg)	18	12	8
B (mg/kg)	11	10	8
Cu (mg/kg)	9	7	5
Mo (mg/kg)	1.5-3.2	-	-

Datos basados principalmente en investigación con la variedad Cavendish Enano. Algunos valores difieren en otros cultivares.

1 Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Casilla 17-17-980, Quito-Ecuador, e-mail: jespinos@ppi-ppic.org

2 Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Exp. Tropical Pichilingue. Quevedo-Ecuador, e-mail: fmittev@gve.satnet.net

Tabla 2. Dosis de fertilización de banano de acuerdo con los resultados del análisis de suelos (López y Espinosa, 1995).

Nutriente	----- Nivel en el suelo -----		
	Bajo	Medio	Alto
Fósforo (mg/kg)	<10	10-20	>20
kg P ₂ O ₅ /ha/año	100	50	0
Potasio [cmol(+)/kg]	<0.2	0.2-0.5	>0.5
kg K ₂ O/ha/año	700	600	500
Calcio [cmol(+)/kg]	<3	3-6	>6
kg CaO/ha/año	1160	560	0
Magnesio [cmol(+)/kg]	<1	1-3	>3
kg MgO/ha/año	200	100	0
Nitrógeno	Indiferente		
kg N/ha/año	350-400		

Nutrientes extraídos con solución Olsen modificada.

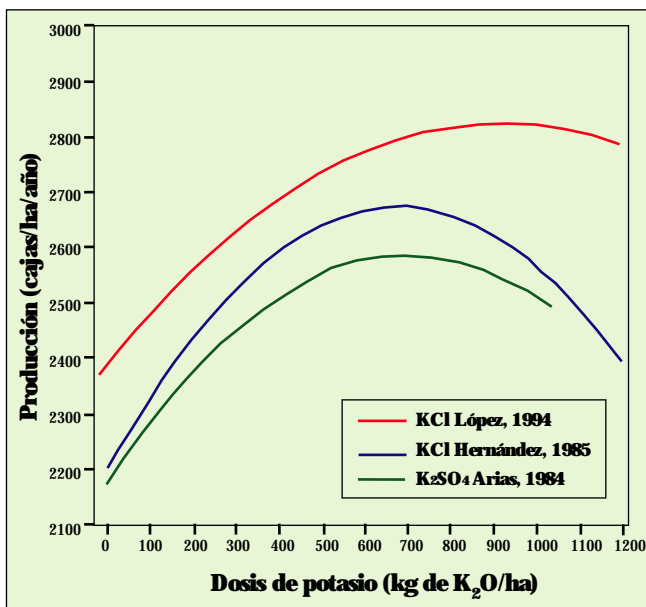


Figura 2. Efecto de dosis de potasio en el rendimiento de banano medido por diferentes experimentos.

dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, han demostrado ser una buena herramienta de diagnóstico que ayuda en el manejo de la nutrición, particularmente si se toman en cuenta los síntomas visuales de deficiencias, las condiciones de suelo y la historia de fertilización del lote. Por otro lado, se han conducido múltiples esfuerzos locales para ajustar los rangos de concentraciones estándares en diferentes condiciones ambientales, buscando llegar a una recomendación específica, para los diversos lugares donde se produce banano. En la mayoría de los casos estos esfuerzos han sido exitosos.

En América Latina, la investigación en nutrición continuó principalmente con el trabajo conducido por la Corporación Bananera Nacional de Costa Rica

(CORBANA) que logró confirmar y aclarar los síntomas de deficiencia de nutrientes en banano y plátano en las condiciones en las cuales se cultiva la mayoría de estas frutas en la región. Los estudios conducidos hasta fines de los años 70 hacían énfasis en la nutrición de la planta y no tenían mucha relación con el suelo, a pesar de que se habían conducido muchos experimentos buscando la respuesta a dosis de nutrientes en diferentes suelos. Al inicio de los años 80 se empiezan trabajos de investigación que relacionan el contenido de nutrientes en el suelo con la respuesta en rendimiento del cultivo.

Calibración del análisis de suelos en el cultivo de banano

El aporte al manejo de la nutrición hecho por la estandarización de los análisis foliares en banano fue excelente y continúa siendo una buena herramienta de diagnóstico hasta la fecha. Sin embargo, la relación entre el contenido de nutrientes en el suelo y la respuesta en rendimiento de fruta no había sido completamente evaluada. La diversidad de suelos en los cuales se produce banano, particularmente en América Latina, hacía pensar en la posibilidad de que exista más de un nivel crítico para los diferentes nutrientes. Diversos estudios se desarrollaron en diferentes sitios, pero los estudios más conocidos, que finalmente permitieron determinar el nivel crítico de los diferentes nutrientes lo desarrolló CORBANA durante los años 80 y principios de los 90. Estas investigaciones determinaron los niveles críticos y permitieron obtener las dosis de los diferentes nutrientes requeridos para diferentes niveles de fertilidad del suelo (Tabla 2) en todos los países productores de banano en América Latina, se ha conducido abundante investigación para ajustar los niveles críticos en cada zona en particular, usando como base los niveles críticos publicados por CORBANA.

La Figura 2 muestra una comparación de los resultados de los estudios de dosis de potasio (K) utilizadas para determinar el nivel crítico y las dosis a aplicarse de acuerdo con el análisis de suelos. Es interesante notar como las mismas dosis de K permiten mayores rendimientos a medida que pasa el tiempo. La parte más alta de las curvas se encuentra entre los niveles de 600 a 700 kg/ha de K₂O en todos los casos.

Esta es la dosis usual de K₂O aplicada a suelos con contenido bajo de K y que fue determinada a partir de estos y otros experimentos conducidos en América Latina. El incremento en rendimiento a través del tiempo con los mismos niveles de K se debe simplemente al mejor manejo y mejor tecnología. En 1984 se aplicaba el fertilizante en cuatro fracciones al año, lo que hacía ineficiente el uso de nutrientes por la planta, particularmente en las condiciones de las zonas

Tabla 3. Dosis de fertilización de plátano en altas densidades de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.

Nutriente	----- Nivel en el suelo -----		
	Bajo	Medio	Alto
Fósforo* (mg/kg)	<8	9-15	>15
kg P ₂ O ₅ /ha/año	40	20	0
Potasio** [cmol(+)/kg]	<0.2	0.2-0.3	>0.3
kg K ₂ O/ha/año	280	210	140
Calcio [cmol(+)/kg]	<3	3-6	>6
kg CaO/ha/año	300	150	0
Magnesio [cmol(+)/kg]	<1	1-3	>3
kg MgO/ha/año	80	40	0
Nitrógeno	Variable		
kg N/ha/año	200-250		

* P extraído con Bray II.

** Bases extraídas con acetato de amonio.

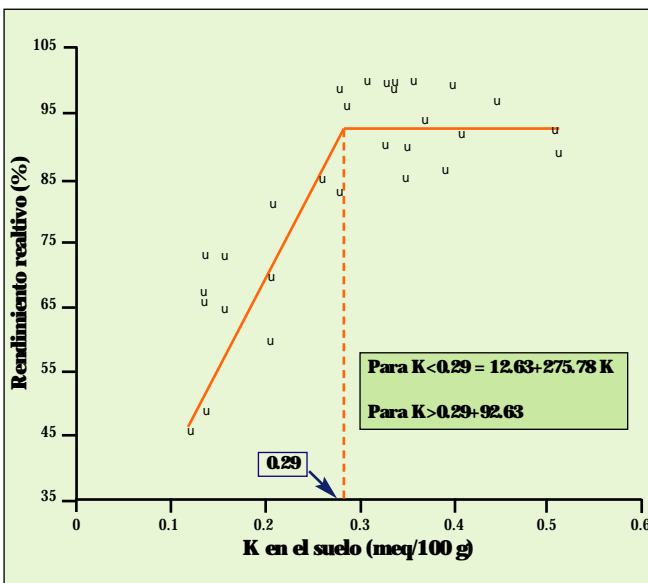


Figura 3. Determinación del nivel crítico para potasio en plátano.

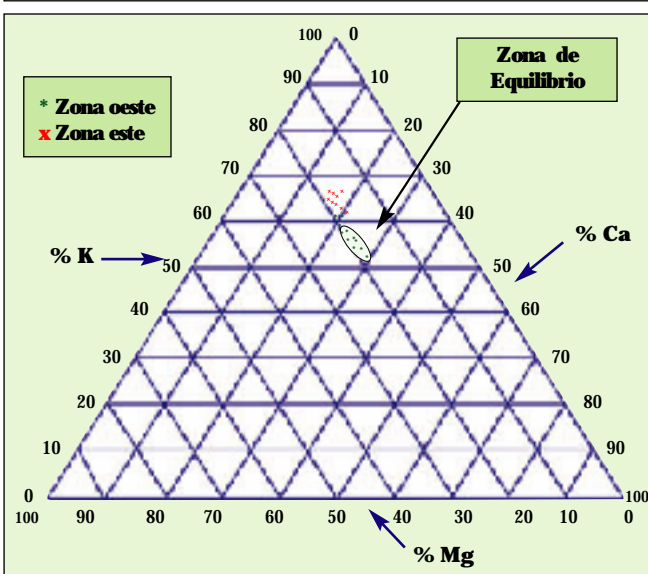


Figura 4. Triángulo de las relaciones K-Ca-Mg en el tejido foliar de las plantas de banano.

bananeras de Costa Rica donde llueve más de tres metros al año. En 1994 se usaron plantas meristemáticas de mayor potencial de producción y se recomendó fraccionar la aplicación de fertilizantes hasta en 26 ciclos al año. Esto obviamente permitió obtener mayores rendimientos con las mismas dosis de K debido a la mejor eficiencia de utilización de los nutrientes por el cultivo.

Las recomendaciones diseñadas en base a estos experimentos se han podido usar en forma bastante amplia en todas las zonas bananeras de América Latina. Si se toma en cuenta que el requerimiento de fósforo (P) de las musáceas es bajo, los problemas por amplia utilización de un solo nivel crítico podrían presentarse con K. Sin embargo, en casi todos los suelos donde se cultiva banano en la región no existen arcillas que fijen K y que podrían dificultar el uso de un solo nivel crítico. Las condiciones con calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son también más o menos constantes y en el caso del banano dependen más del cultivo. Las diferencias en suelos están marcadas por los cambios impuestos por el ambiente, es decir los suelos de alto pH de zonas secas o semi-secas y los suelos de pH bajo de las zonas de mayor precipitación. Las condiciones de alto pH también han sido estudiadas y con esta información se han mejorado las recomendaciones de fertilización.

Investigación conducida en Colombia permitió determinar los niveles críticos para plátano y las recomendaciones de nutrientes basándose en el análisis de suelos. Las mismas consideraciones se hacen en este cultivo con respecto al comportamiento de los nutrientes en el suelo, lo que posibilita una recomendación básica que puede ser utilizada en todos los suelos donde se cultiva plátano en América Latina. La Figura 3 ilustra la determinación del nivel crítico para K y la Tabla 3 presenta las recomendaciones de fertilización de acuerdo al análisis de suelos.

Análisis foliares, relaciones entre nutrientes y análisis de suelos

Los análisis de suelos y los análisis foliares han demostrado ser buenas herramientas de diagnóstico a través de los años, particularmente con el afinamiento logrado en los diversos sitios donde se los utiliza. Sin embargo, era necesario tratar de relacionarlos para poder utilizar las dos herramientas en forma coordinada. Esto cobra importancia al observarse las obvias relaciones entre nutrientes en el suelo y en la planta de banano. La experiencia ha demostrado que en la interpretación de los análisis foliares no debe tenerse en cuenta solamente un nutriente, sino más bien se deben tener en cuenta las relaciones entre nutrientes. Además, es necesario tener en cuenta que en ciertas ocasiones se presentan factores que pueden afectar la normal absorción de nutrientes.

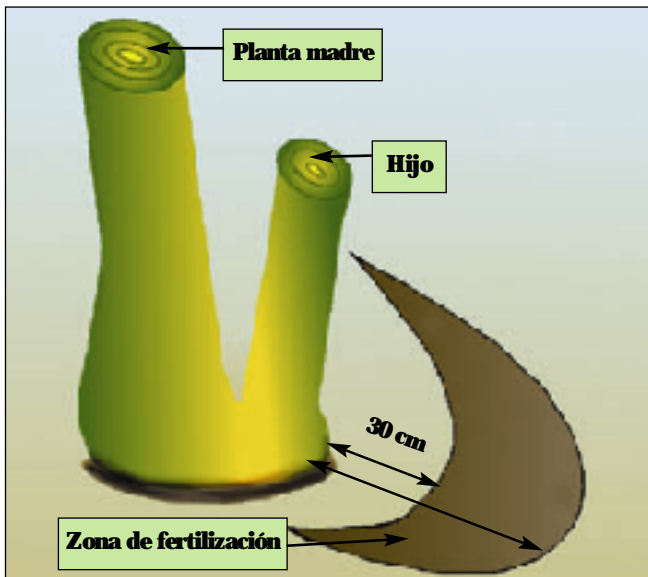


Figura 5. Zona de aplicación de fertilizantes en banano.

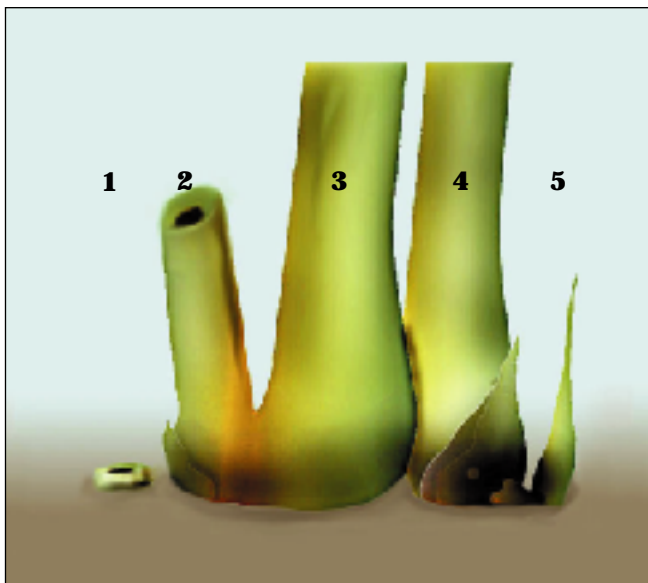


Figura 6. Manejo unidireccional de las plantas en una plantación de banano (Adaptado de Pérez, 2000).

Condiciones como salinidad, drenaje o compactación pueden confundir el diagnóstico.

En cultivos perennes como el banano se presentan comúnmente antagonismos y sinergismos entre nutrientes que a menudo tienen efectos sobre el rendimiento. La relación antagonista más estudiada es la existente entre K, Ca y Mg. Cuando el contenido de alguno de estos nutrientes es muy alto se reducen los contenidos de los otros y esta condición provoca problemas en el crecimiento y rendimiento de la planta.

La Figura 4 presenta la relación de equilibrio de K, Ca y Mg dentro de la planta de banano. Se considera que existe un adecuado equilibrio cuando los valores de la relación caen dentro de una zona de equilibrio que se obtiene uniendo los rangos de variación del contenido

foliar de cada nutriente considerados adecuados. El procedimiento de cálculo se describe en López y Espinosa (1995) y se conduce utilizando los datos del análisis foliar correspondiente. La información obtenida por este medio puede ser comparada con la información del análisis de suelos correspondiente para determinar las razones por las cuales se produce el desbalance.

Manejo del cultivo en relación a la fertilidad

Se ha demostrado que la planta de banano aprovecha los nutrientes presentes en el suelo desde poco después del trasplante hasta el inicio de la floración. Después de la diferenciación floral la planta sostiene su crecimiento y llena el racimo con los nutrientes almacenados en la planta. Por esta razón, en el manejo de fertilizantes se recomienda aplicar nutrientes a la planta hasta un poco antes de la floración, para luego concentrar los esfuerzos en el hijo de sucesión. Se ha estudiado también la forma de aplicar los nutrientes y se ha demostrado que la mejor opción, dentro de varios tratamientos, ha sido la de colocar el fertilizante frente al hijo de sucesión en un área concentrada como se ilustra en la Figura 5.

Esta forma de colocación del fertilizante funciona razonablemente bien con respecto a la nutrición de la planta, pero tiene inconvenientes cuando concentra mucho fertilizante en un área muy pequeña frente al hijo de sucesión. Esto causa problemas de acidificación y alta concentración de sales que potencialmente pueden afectar la calidad del suelo.

Frente a esta condición se han discutido formas de manejo que podrían eliminar el problema. Una de las posibilidades es la aplicación al voleo o semi-voleo entre las hileras de plantas. Esta es una buena posibilidad que ha sido empleada con éxito en cultivos perennes como palma aceitera.

El cambio de la zona de aplicación de los fertilizantes tiene problemas operativos que tienen también solución si se cambia el manejo general del cultivo. La aplicación al voleo implica la aplicación de material sobre los residuos de cosecha que se encuentran sobre el suelo y esto promueve la pérdida por volatilización de los portadores de nitrógeno (N), particularmente la urea. Esto se podría evitar acomodando los residuos en el centro del espacio entre hileras o al costado de una de las hileras. Esta forma de manejo de los residuos no sería difícil para los trabajadores de campo, pero queda por evaluarse el posible incremento en tiempo de trabajo y sus implicaciones en el costo total de mano de obra. Se podría también planificar el riego de modo que esta operación se ejecute inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, para incorporar el N y así evitar la volatilización.

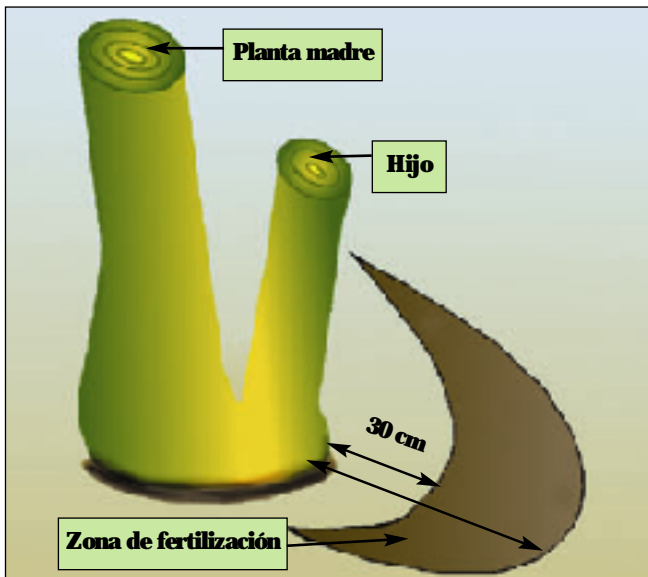


Figura 5. Zona de aplicación de fertilizantes en banano.

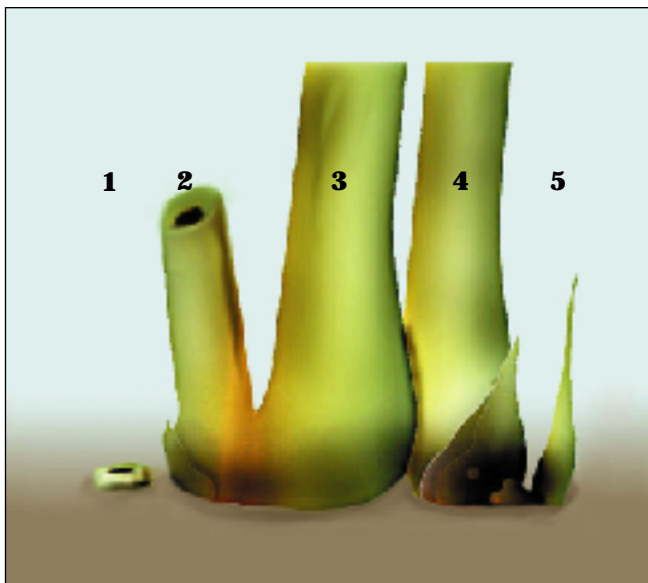


Figura 6. Manejo unidireccional de las plantas en una plantación de banano (Adaptado de Pérez, 2000).

Condiciones como salinidad, drenaje o compactación pueden confundir el diagnóstico.

En cultivos perennes como el banano se presentan comúnmente antagonismos y sinergismos entre nutrientes que a menudo tienen efectos sobre el rendimiento. La relación antagonista más estudiada es la existente entre K, Ca y Mg. Cuando el contenido de alguno de estos nutrientes es muy alto se reducen los contenidos de los otros y esta condición provoca problemas en el crecimiento y rendimiento de la planta.

La Figura 4 presenta la relación de equilibrio de K, Ca y Mg dentro de la planta de banano. Se considera que existe un adecuado equilibrio cuando los valores de la relación caen dentro de una zona de equilibrio que se obtiene uniendo los rangos de variación del contenido

foliar de cada nutriente considerados adecuados. El procedimiento de cálculo se describe en López y Espinosa (1995) y se conduce utilizando los datos del análisis foliar correspondiente. La información obtenida por este medio puede ser comparada con la información del análisis de suelos correspondiente para determinar las razones por las cuales se produce el desbalance.

Manejo del cultivo en relación a la fertilidad

Se ha demostrado que la planta de banano aprovecha los nutrientes presentes en el suelo desde poco después del trasplante hasta el inicio de la floración. Después de la diferenciación floral la planta sostiene su crecimiento y llena el racimo con los nutrientes almacenados en la planta. Por esta razón, en el manejo de fertilizantes se recomienda aplicar nutrientes a la planta hasta un poco antes de la floración, para luego concentrar los esfuerzos en el hijo de sucesión. Se ha estudiado también la forma de aplicar los nutrientes y se ha demostrado que la mejor opción, dentro de varios tratamientos, ha sido la de colocar el fertilizante frente al hijo de sucesión en un área concentrada como se ilustra en la Figura 5.

Esta forma de colocación del fertilizante funciona razonablemente bien con respecto a la nutrición de la planta, pero tiene inconvenientes cuando concentra mucho fertilizante en un área muy pequeña frente al hijo de sucesión. Esto causa problemas de acidificación y alta concentración de sales que potencialmente pueden afectar la calidad del suelo.

Frente a esta condición se han discutido formas de manejo que podrían eliminar el problema. Una de las posibilidades es la aplicación al voleo o semi-voleo entre las hileras de plantas. Esta es una buena posibilidad que ha sido empleada con éxito en cultivos perennes como palma aceitera.

El cambio de la zona de aplicación de los fertilizantes tiene problemas operativos que tienen también solución si se cambia el manejo general del cultivo. La aplicación al voleo implica la aplicación de material sobre los residuos de cosecha que se encuentran sobre el suelo y esto promueve la pérdida por volatilización de los portadores de nitrógeno (N), particularmente la urea. Esto se podría evitar acomodando los residuos en el centro del espacio entre hileras o al costado de una de las hileras. Esta forma de manejo de los residuos no sería difícil para los trabajadores de campo, pero queda por evaluarse el posible incremento en tiempo de trabajo y sus implicaciones en el costo total de mano de obra. Se podría también planificar el riego de modo que esta operación se ejecute inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, para incorporar el N y así evitar la volatilización.

en lo que se refiere al cultivo. Para iniciar manejo por sitio específico la finca debe tener infraestructura y administración organizada.

Mapa de suelos

Es necesario partir de un mapa general de suelos que debe utilizar un sistema de cuadrícula y GPS para localizar permanentemente el sitio de muestreo en el campo. El mapa general de suelos puede hacerse por medio de cualquiera de los GIS existentes en el mercado. En banano es importante más bien hacer un mapa de aptitud de suelo para el cultivo del banano. Este mapa delimita claramente las unidades de suelo dependiendo de las limitantes presentes para el desarrollo óptimo del cultivo (Figura 7). Este es un sistema de aptitud que tiene la ventaja de determinar los particulares factores limitantes para el cultivo del banano (drenaje, textura, profundidad del perfil, acidez), pero al mismo tiempo acumula los datos necesarios para un mapa específico como el de dinámica de nutrientes. El mapeo utiliza el sistema de cuadrículas y puede utilizar fácilmente GPS para precisión del muestreo.

La información del análisis foliar complementa efectivamente la información del análisis de suelos y son de mucha ayuda para determinar los factores limitantes antes de sembrar el cultivo y para luego monitorizar, en el tiempo, los cambios que podrían afectar el rendimiento.

Mapa de rendimientos

Debe existir una forma de registro del rendimiento de la fruta para poder diseñar un sistema de manejo por sitio específico. La fruta se cosecha y es transportada al galpón de procesamiento donde se pesa cada racimo en una balanza computarizada, registrándose el peso y cable de donde procede. En este caso se debe desarrollar un sistema particular de acumulación de datos porque toda la cosecha es manual y no existe la posibilidad de usar medidores de rendimiento enlazados con GPS. El sistema de cables para transporte de fruta también delimita las áreas y el rendimiento por área puede ser de esta forma monitorizado (Figura 8). Este tipo de medición del rendimiento puede en principio ser difícil e inexacto hasta que todo el personal envuelto en la tarea se halle completamente entrenado. Sin embargo, es la única forma de conseguir información que determine la variabilidad de rendimientos en el campo. En esta forma se pueden hacer mapas detallados de rendimiento semanal, quincenal o mensual.

Desarrollo del sistema de manejo por sitio específico

Al comparar los mapas de rendimiento se puede observar los bloques que rinden por debajo o por arriba de los rendimientos promedios esperados.



Figura 8. Mapa de rendimiento de una plantación de banano usando los cables de transporte como guías para el SIG (Maning y BanMAN 1999).

Manejo por sitio específico en banano

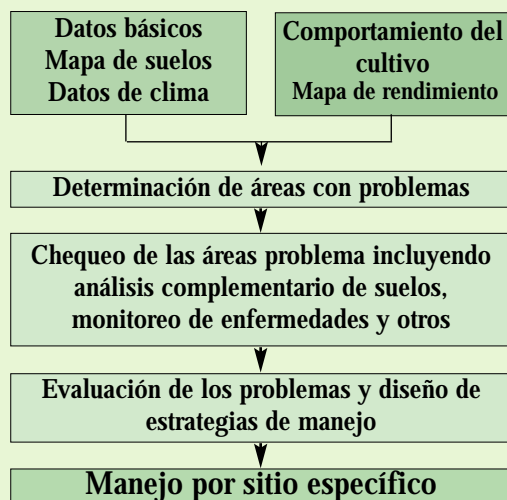


Figura 9. Esquema del manejo por sitio específico en cultivos de plantaciones.

Estos mapas de rendimiento pueden entonces superponerse con los mapas de suelos y se puede determinar la razón de la variabilidad en rendimiento. El análisis de esa variabilidad permite determinar cuales serían los factores de suelo que estarían limitando el rendimiento y se puede diseñar una estrategia de manejo que permita eliminar estos factores limitantes para elevar los rendimientos a todo su potencial. El propósito es lograr más rendimiento por unidad de área y de insumo.

Continúa en la página No. 14

APLICACION FOLIAR DE NUTRIENTES: RETOS Y LIMITES EN LA PRODUCCION AGRICOLA

V. Romheld y M. El-Fouly*

Introducción

Por décadas, la fertilización foliar ha sido un método establecido de aplicación de nutrientes desde que se demostró, alrededor del año 1850, que las plantas pueden absorber nutrientes por las raíces y por las hojas.

Durante el primer Taller Internacional de Fertilización Foliar que se llevó a cabo en Berlín, Alemania, en marzo de 1985, se generó una intensa discusión sobre diversos aspectos de la fertilización foliar. Sin embargo, al examinar varias de las conclusiones de este taller queda la impresión de que son necesarias varias correcciones y aclaraciones si se considera en más detalle los aspectos fisiológicos de la fertilización foliar. Durante este evento se sostuvo que la fertilización foliar, comparada con la fertilización al suelo, era la mejor técnica de fertilización, debido a la mayor utilización de los nutrientes y menor contaminación ambiental. Fácilmente se puede demostrar que éste no es el caso, debido a que la absorción y utilización de los nutrientes aplicados al follaje también tienen limitaciones, por ejemplo, en el caso de los nutrientes requeridos en dosis altas como potasio (K) y nitrógeno (N) o en el caso de nutrientes de baja movilidad en el floema como calcio (Ca), boro (B) y manganeso (Mn). La fertilización foliar debe ser considerada únicamente como una aplicación suplementaria durante las etapas críticas de crecimiento de la planta y durante etapas con malas condiciones ambientales. A continuación se discuten varios de los aspectos más relevantes en la nutrición foliar de los cultivos.

Principios de la absorción de nutrientes por las hojas

Para lograr rendimientos de calidad y rentables, se deben considerar los siguientes aspectos con relación a la aplicación foliar de fertilizantes:

- n Para un cultivo específico, cuál es la mejor época de aplicación durante el ciclo de crecimiento. Cuántas aplicaciones se requieren para el rendimiento y calidad esperados.
- n Qué tipo de fertilizante o fórmula se debe aplicar.
- n Qué aditivos o condicionadores se deben utilizar.

Para responder estas preguntas de interés en la fertilización foliar de cultivos se necesita entender los procesos envueltos en la absorción de nutrientes por las hojas y en la distribución de estos nutrientes dentro de la planta. Para que un nutriente cumpla una función en

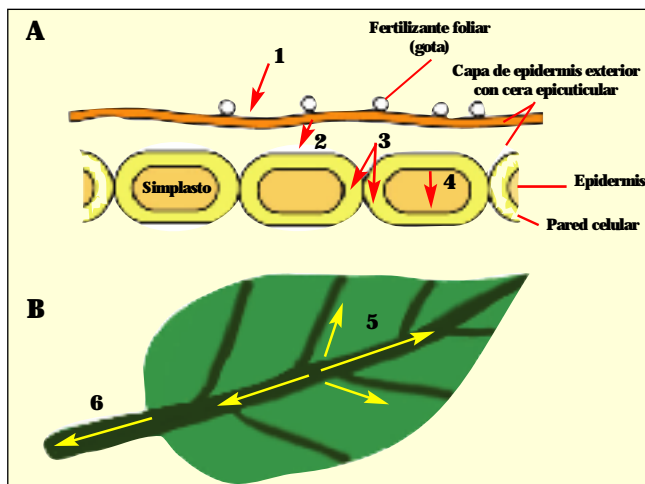


Figura 1. Pasos en la absorción de nutrientes por las hojas. 1- Mojado de la superficie de las hojas con la solución del fertilizante; 2- Penetración a través de la pared celular epidérmica exterior; 3- Entrada en el apoplasto de la hoja; 4- Absorción en el simplasto de la hoja; 5- Distribución dentro de la hoja; 6- Transporte fuera de la hoja.

las hojas o para que sea translocado de la hoja hacia otros órganos, se requiere un proceso de absorción vía membrana del plasma del apoplasto hacia el simplasto. Se deben considerar los siguientes pasos (Figura 1):

Mojado de la superficie de la hoja con la solución de fertilizantes

La superficie exterior de las células de las hojas está cubierta por la cutícula y una capa epicuticular de cera con fuertes características hidrofóbicas. Para facilitar la necesaria absorción de nutrientes se requiere utilizar aditivos (detergentes) para reducir la tensión superficial.

Penetración a través de la pared celular epidérmica exterior

La pared celular epidérmica exterior de las hojas está cubierta por una cutícula y una capa epicuticular de cera para proteger las hojas de una pérdida excesiva de agua por transpiración así como pérdidas de nutrientes y otros solutos por lixiviación con la lluvia.

Esta protección se logra por las propiedades hidrofóbicas de la cutícula y la cera, las cuales están constituidas de largas cadenas de alcoholes, ketonas y ésteres de largas cadenas de ácidos grasos. Se han discutido varios caminos de penetración de los nutrientes a través de la pared celular. Un concepto generalmente aceptado es la penetración a través de poros hidrofílicos en la cutícula. Estos poros son ricos

* Tomado de: Romheld, V. and M. El-Fouly. 1999. Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. Proceedings of the 2nd International Workshop on Foliar Fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand.

en pectina hidrofílica. La cantidad de estos poros cuticulares es mayor en las paredes celulares, entre las células guardianes, y las células subsidiarias de los estomas. Esto explica la correlación positiva que a menudo se observa entre el número de estomas y la intensidad de absorción de nutrientes.

Además de los poros cuticulares, se ha sugerido que otro mecanismo sería la presencia de microcanales hidrofílicos, denominados ectodesmata, sin embargo, no existe suficiente evidencia experimental de la existencia de estas estructuras.

La absorción de solutos directamente a través de los estomas abiertos hacia los tejidos de la hoja (apoplasto de la hoja) es poco probable, debido a que las células guardianes están cubiertas de una capa cuticular. Sin embargo, existen reportes recientes de penetración de solutos por los estomas que consideran posible el proceso debido a que la capa cuticular del estoma tiene un contenido menor de ceras hidrofóbicas. Sin embargo, para considerar relevante la penetración de solutos por los estomas debe encontrarse una razón válida que explique porqué no existen diferencias en absorción de nutrientes durante el día y durante la noche (estomas abiertos y cerrados).

Entrada de nutrientes en el apoplasto de la hoja

El apoplasto de la hoja es un importante espacio ocupado por los nutrientes antes de la absorción a través de una membrana plasmática al simplasto de un célula individual. Los nutrientes entran en el espacio apoplástico después de la penetración de las paredes de las células epidermales exteriores, pero también llegan desde las raíces vía xilema. Las condiciones químicas del apoplasto (como pH) son decisivas para la posterior absorción en el simplasto y podrían ser manipuladas con adecuados aditivos.

Se ha demostrado también que los diferentes genotipos exhiben diferente penetración de nutrientes a través de las paredes celulares exteriores, lo que influye en la posterior absorción en las células interiores de la hoja.

Absorción de nutrientes dentro del simplasto de la hoja

Los principios generales de la absorción de nutrientes del apoplasto hacia el simplasto de la hoja son los mismos de la absorción de nutrientes en las células de las raíces. Se ha demostrado que la absorción es mayor:

- n Cuando las moléculas son más pequeñas en comparación con moléculas más grandes (urea > quelato de Fe).
- n Si las moléculas no tienen carga en comparación con iones [H_3BO_3 > $\text{B}(\text{OH})_4^-$, ... ácido bórico > borato].
- n Cuando los iones tienen una carga en comparación con iones de dos o más cargas ($\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$; $\text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{HPO}_4^{2-}$).

- n Cuando los aniones están en un apoplasto de menor pH.
- n Cuando los cationes están en un apoplasto de mayor pH.

En contraste con la absorción de nutrientes por las raíces, la absorción por las células de las hojas es más dependiente de factores externos como humedad y temperatura y es directamente afectada por la luz.

La absorción de nutrientes en el simplasto a través de la membrana plasmática es dependiente de energía y está mediada por proteínas de transporte con H^{\pm}ATP (adenosina trifosfato). Esto incrementa la fuerza de absorción al establecer gradientes electromagnéticos en la superficie de la membrana.

Otro asunto de interés es el determinar si la absorción de nutrientes por las células de la hoja está regulada por el estado nutricional de la planta, como es el caso de la absorción por las raíces. La absorción de fósforo (P) es regulada por el estado nutricional de la planta, es decir, la planta absorbe más nutriente si éste se encuentra en deficiencia, sin embargo, la absorción de hierro (Fe) no está regulada por el estado nutricional de la planta y como sucede con la absorción de Fe por las raíces, la absorción de Fe en las células de las hojas requiere de un paso intermedio de reducción. Substancias reductoras en el apoplasto de la hoja y presumiblemente la luz directa juegan un papel más importante en la reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} en las hojas como un paso previo para la absorción.

Se ha estudiado también la dependencia de la absorción de nutrientes del pH de los fluidos del apoplasto de toda la hoja y se ha encontrado solamente una dependencia menor en el rango de pH fisiológicamente relevante. Por esta razón, se excluye la hipótesis de la inactivación del Fe por condiciones de pH (precipitación) como la primera causa de los síntomas de deficiencia de Fe. Sin embargo, se ha determinado que la acumulación preferencial de Fe a lo largo de las venas de las hojas está relacionada con el incremento de pH del xilema y de los fluidos apoplásticos. Este incremento de pH es producido por estrés (sequía, salinidad, alto CO_2 en el

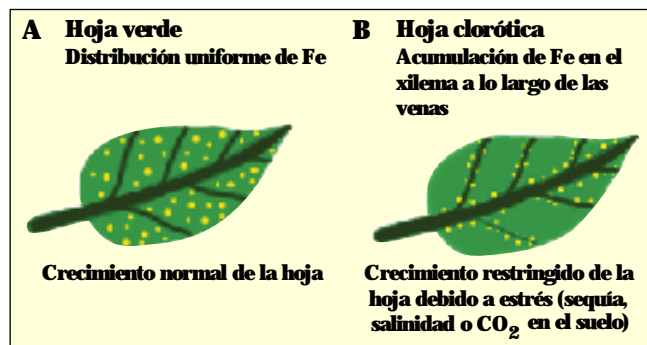


Figura 2. Acumulación preferencial de hierro a lo largo de las venas de las hojas cloróticas como consecuencia de un incremento del pH en el xilema y fluido apoplástico debido a estrés por sequía, salinidad y alto contenido de CO_2 en el suelo.

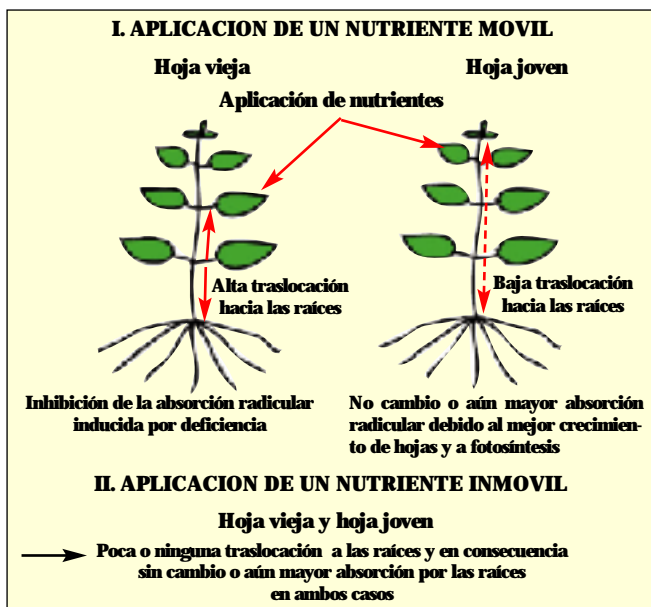


Figura 3. Posibles efectos de la aplicación foliar de nutrientes en la absorción de nutrientes por las raíces dependiendo de la movilidad del nutriente y del sitio de aplicación.

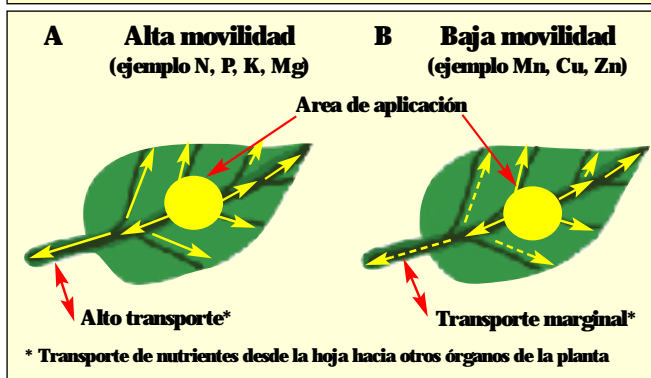


Figura 4. Movimiento de los nutrientes aplicados dentro y hacia afuera de la hoja.

suelo) y puede incrementar el pH hasta en 2 unidades. Este incremento de pH de los fluidos apoplásticos inducido por estrés inhibe la expansión de la hoja y la absorción de Fe en el simplasto con la consecuente acumulación de Fe en el apoplasto localizado a lo largo de las venas (Figura 2).

Se ha afirmado que la aplicación foliar de fertilizantes promueve la absorción de nutrientes por las raíces. No se puede hacer una afirmación tan general porque esto depende de la movilidad de los nutrientes aplicados dentro de la planta y el sitio de la aplicación de los nutrientes (hojas viejas u hojas jóvenes) como se ilustra en la Figura 3.

En el caso de los nutrientes móviles como el N, P o K y con una aplicación dirigida a las hojas viejas, la retranslocación del nutriente aplicado en las hojas hacia las raíces puede inhibir la absorción radicular inducida por la deficiencia del nutriente. Por otro lado, si este nutriente móvil es aplicado principalmente a las hojas jóvenes que todavía no se han expandido totalmente, la

mayoría del nutriente se incorpora en los tejidos de las hojas todavía en crecimiento, sin una marcada translocación y sin una subsecuente inhibición sino más bien un incremento de la absorción del nutriente del suelo por las raíces. La aplicación de nutrientes inmóviles [calcio (Ca), azufre (S), Fe, zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu), manganeso (Mn)] no inhibe y aun puede incrementar la absorción del nutriente por las raíces.

Distribución de los nutrientes dentro de la hoja y su translocación hacia otras partes de la planta

La distribución de un nutriente dentro de la hoja y su translocación hacia fuera de la hoja depende de la movilidad del nutriente en el floema y xilema como se indica en la Figura 4. Los nutrientes móviles en el floema, como el K, P, N y magnesio (Mg), se distribuyen dentro de la hoja en forma acropetalica (por el xilema) así como en forma basipetalica (por el floema) y gran parte del nutriente absorbido puede ser transportado fuera de la hoja a otras partes de la planta donde existe alta demanda (sumideros). Por otro lado, los nutrientes con una restringida movilidad en el floema como el Ca, S, Cu, Fe, Mn y Zn se distribuyen en la hoja principalmente en forma acropetalica, sin que exista una considerable translocación del nutriente fuera de la hoja. La movilidad del B dentro de la planta depende mucho del genotipo y esto tiene particular importancia en el manejo de la aplicación foliar de este nutriente.

Fertilización foliar como suplemento de la aplicación de fertilizantes al suelo

La absorción de nutrientes por las raíces puede ser un factor limitante para lograr adecuado desarrollo y rendimientos rentables. Esto puede suceder durante períodos críticos de desarrollo de la planta (ontogénesis) o durante ciertas condiciones ambientales como sequía o temperaturas extremas del suelo. Bajo estas condiciones la fertilización foliar es ventajosa como se discute a continuación:

Eficacia rápida

La fertilización foliar es mejor que la fertilización al suelo cuando se presentan condiciones de severas deficiencias nutricionales con la presencia de agudos síntomas de deficiencia en los tejidos. Esto se debe a que se suplementa el nutriente requerido directamente a la zona de demanda en las hojas y a que la absorción es relativamente rápida. En la Tabla 1 se presenta la velocidad de absorción de varios nutrientes por los tejidos.

Independencia de la actividad radicular

Durante la etapa de llenado del grano o fruto de los cultivos anuales y perennes de alto rendimiento se produce una alta competencia para obtener asimilados

(producto de la fotosíntesis) por parte de diversos sumideros (zonas de necesidad) en la planta. En esta etapa las raíces no están adecuadamente suplidas con energía en forma de carbohidratos y por esta razón, la adquisición de nutrientes por las raíces (en esta etapa de alto requerimiento) no es suficiente para satisfacer la demanda y la aplicación foliar suplementa esta necesidad. La adquisición de nutrientes por las raíces puede inhibirse también por la presencia de factores externos que reducen la actividad radicular. Estos factores físicos y químicos pueden ser baja temperatura, compactación, falta de oxígeno, sequía, alta salinidad o pHs extremos.

Alta capacidad de fijación de nutrientes por el suelo

En el caso de suelos con extrema capacidad de fijar o precipitar nutrientes la aplicación foliar puede ser una buena alternativa. En general, la fertilización foliar con micronutrientes en cultivos creciendo en zonas áridas o semiáridas produce una excelente respuesta en crecimiento y rendimiento.

Posibilidad de aplicación precisa de nutrientes en el tiempo

Durante etapas específicas del crecimiento de la planta existen requerimientos más altos de nutrientes o de nutrientes específicos. La aplicación a las hojas es una mejor técnica para entregar estos nutrientes en la etapa requerida. Estas etapas de alta demanda se presentan generalmente durante el desarrollo floral y la polinización. Por ejemplo, en mango la inducción foliar es promovida por la aplicación de nitrato (NO_3) y la iniciación de brotes en manzana por amonio (NH_4). En las condiciones mencionadas, la fertilización foliar como suplemento de aplicación de fertilizantes tiene efectos muy positivos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, sin embargo, no se debe descuidar el adecuado suplemento a las raíces.

Fertilización foliar y la resistencia a enfermedades y plagas

En muchos casos la calidad de los productos cosechados está determinada por el contenido de nutrientes. Además, la estabilidad de poscosecha depende del contenido de ciertos nutrientes en particular como el Ca. Por esta razón se requiere de alta disponibilidad de nutrientes durante la formación del fruto. La fertilización foliar es particularmente eficiente para lograr este propósito. Un buen ejemplo es la aplicación de Ca durante el crecimiento del fruto de manzana y tomate para evitar los problemas de calidad de fruto comunes en estos cultivos. Varios reportes demuestran que la aplicación de nutrientes a las hojas mejora la calidad del fruto.

La demanda de alimentos con alto contenido de

Tabla 1. Tiempo de absorción de nutrientes en los tejidos.

Nutriente	Tiempo para que se absorba 50%
Nitrógeno (como urea)	1/2 - 2 horas
Fósforo	5 - 10 días
Potasio	10 - 24 horas
Calcio	1 - 2 días
Magnesio	2 - 5 horas
Zinc	1 - 2 días
Manganeso	1 - 2 días

micronutrientes, en particular en los países en desarrollo, apoya todos los esfuerzos del productor para incrementar el contenido de micronutrientes en los cultivos.

Si se piensa en la presión para reducir el uso de pesticidas, es necesario considerar todas las medidas que incrementen la resistencia de la planta a las plagas y enfermedades. Además del conocido efecto del K, micronutrientes como Mn, Cu y Zn pueden incrementar esta resistencia. Esta mejoría en rendimiento está gobernada principalmente por la participación de los micronutrientes en las enzimas responsables del mecanismo de resistencia sistemática.

Técnicas de aplicación, consideraciones prácticas y aspectos económicos

Además de los aspectos fisiológicos de la fertilización foliar se deben también considerar los aspectos técnicos de esta práctica. Debido a la baja movilidad de varios nutrientes dentro de la planta y la poca posibilidad de aplicar dosis altas (particularmente macronutrientes) se requieren repetidas aspersiones durante el ciclo de crecimiento de los cultivos. Además, la fertilización foliar tiene solamente una eficacia de corto plazo, particularmente en los cultivos perennes. Por estas razones, la frecuencia de las aplicaciones foliares es decisiva para determinar la eficacia económica de la práctica. Aun cuando las dosis foliares son mucho más bajas que las aplicaciones al suelo, los altos costos en mano de obra de las repetidas aplicaciones foliares pueden hacer prohibitiva la práctica. Por ejemplo, en el caso de aliviar la clorosis causada por deficiencia de Fe usando quelatos, la utilización de quelatos menos estables para la aplicación foliar puede compensar por el costo de repetidas aplicaciones si se compara con el costo de aplicación de quelatos de Fe al suelo.

Una de las consideraciones más importantes es el escoger el apropiado compuesto foliar ha utilizarse. El número de productos en el mercado es grande y es difícil para el agricultor el poder escoger el más

Continúa en la página No. 14

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

INFLUENCIA DE LA APLICACION DE Mo EN LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ (*Oriza sativa*).

Sundin, M.F.C.A., J.M. Alves, H. N. F. de Brito, V. L. D. Bal-Dani, J. J. Neto. 2000 In: FERTBIO 2000 – Biodinámica do solo, Santa Maria. Resumos... Santa Maria: UFSM. p.137.

El arroz constituye la principal fuente de calorías en la alimentación de 2/3 de la población mundial y el N es uno de los factores limitantes de su producción. El Mo desempeña un papel relevante en el metabolismo del N siendo esencial tanto para el proceso de reducción del nitrato como para la fijación biológica del N atmosférico. En este trabajo se estudió la influencia de la aplicación de Mo combinada con diferentes fuentes de N en el rendimiento de variedades de arroz. El

diseño experimental fue factorial en bloques al azar con 3 variedades de arroz (Caiapó, Maravilha y Primavera), con 4 fuentes de N (Urea-80 kg.ha⁻¹, Nitrato de Calcio-80 kg.ha⁻¹, N₂ semillas peletizadas con *Herbaspirillum seropedicae* ZAE/94 y testigo sin N) y 4 dosis de Mo en forma de Molibdato de amonio (75, 150 y 300 g.ha⁻¹ y testigo sin Mo).

Se observaron diferencias estadísticas entre diferentes fuentes de Mo aplicadas en los tratamientos. Sin embargo no se observaron diferencias estadísticas en el tratamiento inoculado con *Herbaspirillum*. Incrementos crecientes del rendimiento se observaron con el incremento de las dosis de Mo aplicadas en las tres variedades, destacándose la variedad Caiapó.[h](#)

Estado actual y futuro de la ...

En ocasiones será necesario aumentar el uso de insumos o mejorar la infraestructura para lograr alcanzar el potencial de rendimiento del sitio mientras que en otros será necesario reducir el uso de insumos porque el potencial de rendimiento del suelo de ese bloque es bajo. Incluso se pueden eliminar ciertas áreas donde la producción no es rentable por condiciones de suelo.

La variabilidad en rendimiento puede ser también causada por errores en el manejo. Debido a que todas las actividades se hacen manualmente es posible que ciertos trabajos no se realicen con la precisión requerida (aplicación de fertilizantes, nematicidas, drenaje, etc). Al comparar los mapas de rendimiento se puede determinar zonas de conflicto respecto al manejo actual y hacer los correctivos correspondientes. En la Figura 9 se presenta el diagrama de flujo donde se ilustran los pasos para iniciar un sistema de manejo por sitio específico en banano.

Aplicación foliar de nutrientes ...

apropiado para cubrir las necesidades del cultivo en una etapa específica de crecimiento. Los rangos de concentraciones de nutrientes en estos productos pueden variar considerablemente lo que hace aun más difícil la decisión final.

Conclusiones finales

La fertilización foliar tiene limitaciones específicas de tipo fisiológico debido a la limitada movilidad de los nutrientes en el floema y a la alta dependencia en la época de aplicación. Existe un gran cantidad de ejemplos que demuestran que no existe superioridad de la fertilización foliar sobre la aplicación al suelo en términos de eficiencia total cuando la provisión de nutrientes es adecuada (cantidad, época y balance).

Una versión completa de este artículo se puede encontrar en el siguiente sitio de internet: www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf

Bibliografía

- Lahav, E., y D. Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7. INPOFOS. Quito, Ecuador. p 71.
- López, A. y J. Espinosa. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. INPOFOS. Quito - Ecuador.
- Maning, L., and A. BanMAN, A. 1999. Decision support system from inventory to management recommendations. MSc. Thesis. Agriculture University of Wageningen.
- Martin-Prével, P. 1974. Les methods d'échantillonnage pour l'analyse foliarire du bananier: résultats d'une enquête internationale et propositions en vue d'une référence commune. Fruits 29 :583-588.
- Martin-Prével, P. 1977. Echantillonnage du banannier pour l'analyse foliaire: conséquences des différences techniques. Fruits 32:151-166.[h](#)

En general, es aconsejable mantener una estrategia integrada de fertilización que utiliza la fertilización foliar como un suplemento de la fertilización al suelo. Existen etapas particulares en el crecimiento del cultivo durante las cuales la fertilización foliar tiene una ventaja clara. Es necesario conocer bien la fenología y la marcha de absorción de nutrientes de los cultivos para que la utilización de fertilizantes foliares sea realmente efectiva. Se debe tener en cuenta que la fertilización foliar es específica en términos de cultivo, época de aplicación durante el ciclo de crecimiento y sitio de la aplicación en la planta. En muy pocos caso se puede generalizar, y aun en estas condiciones las técnicas de aplicación pueden variar.[h](#)

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. NITROGEN 2003 INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION

Organiza : The British Sulphur
Lugar y Fecha : Warsaw, Poland
 23 - 26 febrero, 2003
Información : Matilde Diaz
 E-mail: conferences@crugroup.com
 www. britishsulphur.com
 Telf.: +44 20 7903 2444

3. SIMPOSIO SOBRE ROTACION SOJA/MAIZ EN PLANTIO DIRECTO

Organiza : POTAFOS
Lugar y Fecha : Ribeirao Preto, San Pablo, Brasil
 10 - 11 julio, 2003
Información : POTAFOS
 E-mail: potafos.office@merconet.com.br
 www.potafos.org

2. SIMPOSIO SOBRE FOSFORO EN AGRICULTURA BRASILEÑA

Organiza : POTAFOS, ANDA, IBRAFOS
Lugar y Fecha : Piracicaba, SP - Brasil
 15 - 16 mayo, 2003
Información : POTAFOS
 E-mail: potafos.office@merconet.com.br
 www.potafos.org

4. XXIX CONGRESO BRASILEIRO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Organiza : Sociedad Brasileña de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Ribeirao Preto, San Pablo, Brasil
 13 - 18 julio, 2003
Información : SBCS
 www.fca.unesp.br/cbcs

NUESTRO SITIO WEB:

<http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamm.nsf>

El sitio de Internet del Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) y el Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá (PPIC) está en constante cambio.

El sitio de las oficinas de América Latina - www.inpofos.org/ppiweb/ltamm.nsf - presenta informa-

ción actualizada en Español sobre el manejo de nutrientes en diferentes cultivos de la región, las actividades de investigación y educación del Instituto, así como también estadísticas de producción de cultivos, uso de fertilizantes, publicaciones disponibles y otros aspectos relevantes en agricultura.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

Northern Latin America (INPOFOS)

Regional Home Profile Informaciones Agronómicas Publicaciones de INPOFOS Nutrición de Cultivos Herramientas

Search
Register
Store

Novedades

- 1 Manejo de K en Arroz
- 2 Manejo de P en Arroz
- 3 Toxicidad de Fe en Arroz
- 4 Deficiencias y fertilización del cacao
- 5 Fertilización del cacao
- 6 Deficiencias en café
- 7 Fertilización del café
- 8 cloro - mitos y realidades

Investigación

- 1 Fósforo y potasio en soya
- 2 Fertilización y riego en palma aceitera

Banano

- 1 Porque comemos banano
- 2 Respuesta del banano en suelos altos en K
- 3 Deficiencia de K en banano
- 4 Requerimientos de K en banano

What's New

Suelos Derivados de Ceniza Volcánica
 Manual on the Nutrition of Banana
 Potasa: Su Necesidad y uso....
 Manual de Suelos y Nutrición de Pejibaye

Regional Update

Cocoa Sector Improving In the midst of stagnated tropical crop prices, the cocoa sector remains positive due to steady improvements in prices during the last several months. >more

Dr. José Espinosa

Publicaciones








INPOFOS ha publicado diversos materiales que cubren en forma simple y concreta conceptos generales de la dinámica de nutrientes en suelos y plantas y materiales orientados hacia el manejo específico de cultivos para obtener rendimientos altos. Para mayor información presione el cursor en la foto. > more

Manejo del Potasio en Arroz

El manejo del potasio (K) en arroz debe ser considerado como parte de un sistema de manejo de la fertilidad a largo plazo, debido a que el K no cambia de forma o se pierde fácilmente de la zona radicular por los procesos químicos y biológicos de corto plazo que gobiernan en el suplemento de nitrógeno (N) en este cultivo. El manejo del K debe asegurar que la eficiencia de uso del N no este limitada por deficiencia de K. Este artículo discute las causas de las deficiencias y presenta las recomendaciones generales de manejo para prevenir la deficiencia y mejorar la eficiencia de uso del K en arroz. > more

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo

- | | | | | |
|---|---|----|-------|---|
| U | <p>NUEVA PUBLICACION Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano. Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencia nutricional, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación.</p> | \$ | 8.00 | |
| U | <p>NUEVA IMPRESION Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera. Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse.</p> | \$ | 8.00 |  |
| U | <p>Acidez y Encalado de los Suelos. Boletín que discute los fundamentos de la acidez del suelo y permite planificar adecuadamente las estrategias de encalado en suelos tropicales.</p> | \$ | 8.00 |  |
| U | <p>Estadística en la Investigación del Uso de Fertilizantes. Publicación que presenta conceptos actuales de diseño experimental e interpretación estadística de los datos de investigación de campo en el uso de fertilizantes.</p> | \$ | 4.00 |  |
| U | <p>Nutrición de la Caña de Azúcar. Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña.</p> | \$ | 8.00 |  |
| U | <p>Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.</p> | \$ | 20.00 |  |
| U | <p>Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo.</p> | \$ | 15.00 |  |
| U | <p>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.</p> | \$ | 4.00 |  |
| U | <p>Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una visión práctica de la fertilización. Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano.</p> | \$ | 20.00 |  |
| U | <p>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.</p> | \$ | 5.00 | |
| U | <p>Conceptos Agronómicos. Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos.</p> | \$ | 0.50 | |

PEDIDOS DE PUBLICACIONES: Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

COLOMBIA: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Carrera 11 No. 66-34, Oficina 204. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cablenet.co. Bogotá, Colombia.

COSTA RICA: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax: 224-9367 E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

PERU: Corporación MISTI S.A. Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax: 442-9881 E-mail: framirez@corpmist.com.pe. Lima, Perú.

EN OTROS PAISES: Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (4.00 US \$ dólares por publicación).