INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 14 • ENERO 1994

CONTENIDO

	Página
Fósforo en el suelo: propiedades y dinámica	1
Nutrición y fertilización del espárrago	6
Efectos residuales y acumulativos del potasio en caña de azúcar	12
Avances y tendencias en las técnicas de fertilización. (III parte)	13
Reporte de investigación reciente	17
Cursos y Simposios	19
Publicaciones de INPOFOS	20

Editor: Dr. José Espinosa

FOSFORO EN EL SUELO: PROPIEDADES Y DINAMICA

INTRODUCCION

El principal objetivo de analizar el contenido de fósforo (P) en el suelo es el de determinar la cantidad de P a aplicarse para prevenir una pérdida económica en el rendimiento del cultivo debido a deficiencia de este elemento. El análisis de suelo provee un índice del P disponible en el suelo para las plantas, índice que a su vez es utilizado para predecir la cantidad suplementaria de P a aplicarse. Un segundo objetivo del análisis de P es el de monitorizar la cantidad de P disponible presente en el suelo a través del tiempo. Esta última información es valiosa para la evaluación de las prácticas de fertilización en los sistemas agrícolas.

El P está presente en el suelo en una variedad de formas químicas. Cada una de estas formas contribuye de manera distinta a enriquecer el total de P disponible para el cultivo. La cantidad de P disponible no es un valor único para un suelo determinado ya que varía de acuerdo a las condiciones ambientales que influyen el comportamiento del suelo y la planta. Por esta razón, el predecir la cantidad de P disponible en el suelo no es fácil. Sin embargo existen varios procedimientos de extracción que se correlacionan bien con la absorción del P por la planta.

EL FOSFORO EN EL SUELO

Las transformaciones del P aplicado al suelo ocurren dentro del esquema general que se describe en la Figura 1. El P en la solución del suelo está presente en concentraciones muy bajas, pero ésta es la fuente de donde las plantas absorben P para su nutrición. Por esta razón es importante el conocer las interacciones entre las otras formas de P en el suelo y el P presente en la solución.

La pérdida del P soluble de la solución del suelo es un proceso continuo que comprende mecanismos como la adsorción en la superficie de los coloides y la precipitación como compuestos insolubles. A continuación se discutirán estos aspectos.

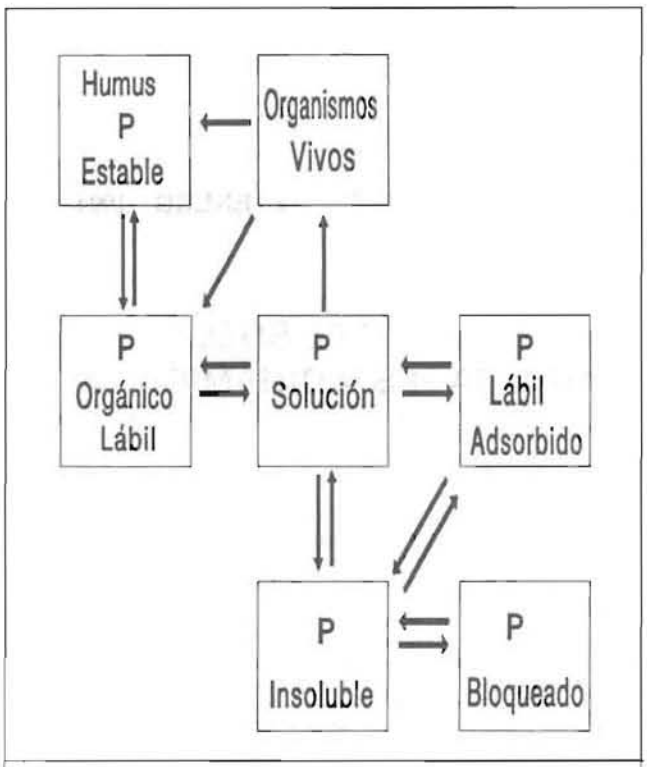


Fig. 1. Transformaciones del P en el suelo.

Formas de P adsorbido (fijado)

Existe abundante trabajo científico que ha estudiado las formas y mecanismos de adsorción o fijación de P en el suelo. El método más generalizado para determinar la fijación de P en el suelo es el de las curvas de adsorción (antes que las isotermas). Este procedimiento hace reaccionar el suelo con soluciones de P de concentración conocida y mide, después de algún tiempo para equilibrio, el P remanente en la solución. De esta forma se puede calcular por diferencia la cantidad de P fijado. Esta técnica es bastante simple y se ha utilizado en una gran variedad de suelos.

Existen diferentes mecanismos que permiten la adsorción de P (fijación de P en la superficie de los coloides en el suelo). Los principales son: 1) Superficie específica, 2) Capacidad del coloide para ocluir P, 3) Concentración o tipo de aniones que compiten con el P por los sitios de adsorción y 4) Reactividad de la superficie de los coloides.

Quizá el más importante de estos mecanismos de adsorción es la reactividad o afinidad de la superficie de los diferentes coloides (arcillas) del suelo para reaccionar con P. Las arcillas de tipo 2:1 (esmectitas) tienen una baja afinidad por P y en consecuencia fijan poco P. Por el contrario, las arcillas presentes en suelos tropicales (Ultisoles y Oxisoles) y las de los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) tienen gran afinidad por P.

Las diferencias en fijación debido a la reactividad de la superficie de los coloides se deben principalmente a las reacciones del fosfato con Al y Fe que también se encuentran fuertemente adsorbidos a la superficie de los coloides. En los suelos altamente meteorizados se considera que la adsorción esta relacionada principalmente con la presencia de óxidos e hidróxidos de Al y Fe. La fijación de P se produce fundamentalmente por un intercambio de ligandos entre el fosfato y los grupos aquo e hidroxilos presentes en la superficie de los coloides dando como resultado la formación de enlaces monodentados, bidentados o binucleares como se observa en la Figura 2.

Se considera que las reacciones de fijación de P en ciertos Andisoles son aún más fuertes y absorben apreciables cantidades de P a través del tiempo. En los Andisoles, la fijación de P ocurre en la superficie de la alófana, imogolita y complejos humus-Al. En los complejos humus-Al, el Al se encuentra quelatado en la

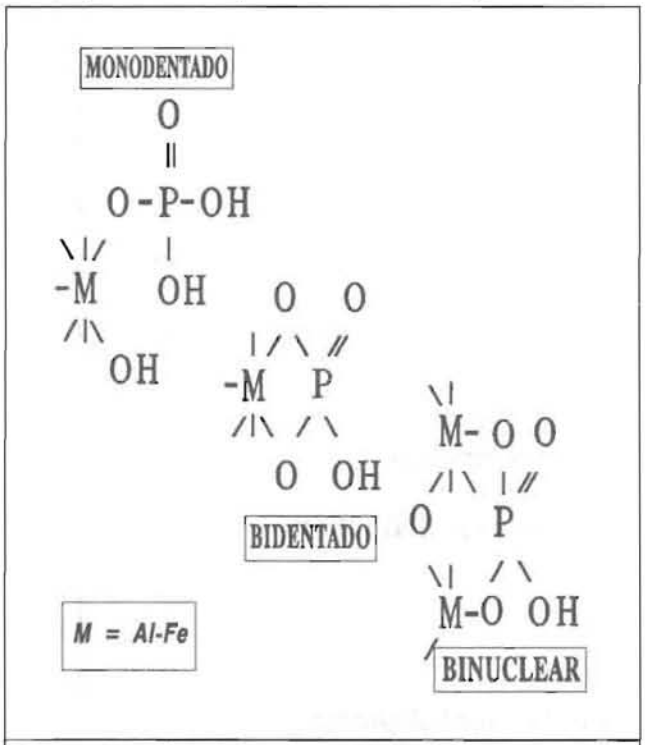


Fig. 2. Tipos de enlaces que producen adsorción de P en la superficie de óxidos e hidróxidos de Al y Fe.

Tabla 1. Efecto residual del P en el rendimiento de papa en un Andisol de Ecuador.

Primer Ciclo		Segundo Ciclo		Tercer Ciclo		P Extraído*
P_2O_5 kg/ha	Rendim t/ha	P_2O_5 kg/ha	Rendim t/ha	P_2O_5 kg/ha	Rendim t/ha	ppm
0		0	6.04	0	6.37	28
0	3.09	0	5.90	300	32.39	41
0		300	39.34	300	31.19	466
150		0	9.90	0	8.33	28
150	18.46	150	32.65	0	11.32	32
150		150	35.44	150	30.45	40
300		0	17.92	0	7.90	27
300	27.60	300	36.54	0	12.44	38
300		300	39.86	300	32.63	64
450		0	18.84	0	13.21	34
450	27.7	450	42.55	0	24.09	59
450		450	45.12	450	28.28	89

* P extraído con $NaHCO_3$

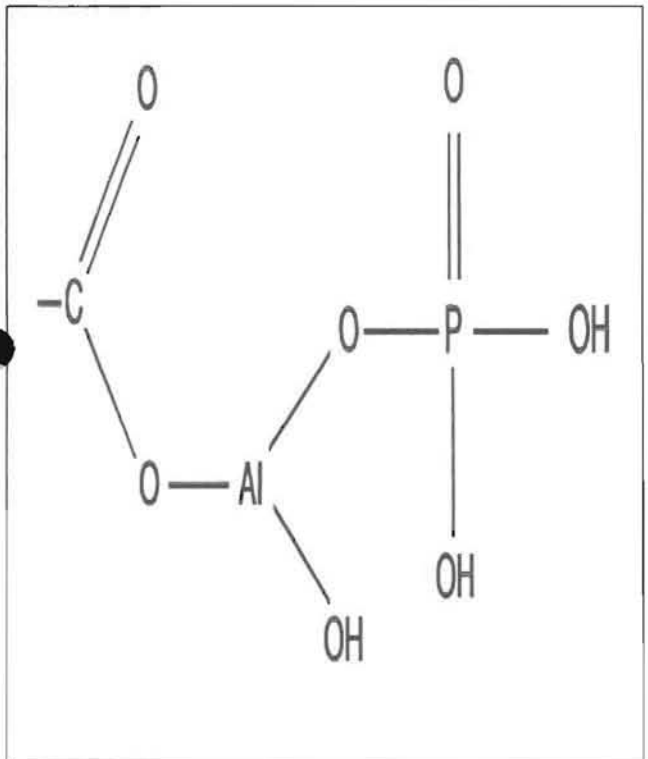


Fig. 3. Modelo de fijación de P en los complejos humus-Al de Andisoles.

superficie de las moléculas de humus pero tiene alta afinidad con el P inmovilizándolo fuertemente. Un modelo de las reacciones de fijación de P en los complejos humus-Al se presentan en la Figura 3. En la Tabla 1 se presentan datos que ilustran el efecto de la fijación de P en Andisoles de Ecuador. Los datos de la Tabla 1 sugieren que aun dosis muy altas de aplicación de P no satisfacen la capacidad de fijación del suelo y que el efecto residual es bajo. Para obtener un adecuado rendimiento es necesario aplicar P cada ciclo. La capacidad de fijación varía también con el grado de meteorización de la ceniza volcánica.

La relación entre la fijación de P y el encalado de suelos ácidos altamente meteorizados(suelos tropicales) no es tan directa como sucede en los suelos dominados por esmectitas (arcillas de tipo 2:1). En el caso de suelos tropicales la fijación de P se reduce muy poco con el incremento de pH.

En suelos calcáreos la fijación de P ocurre en los carbonatos que tienen una apreciable superficie específica. Aun cuando la adsorción es la primera reacción de fijación, la precipitación de P como fosfato de calcio es la principal causa de fijación de P en este tipo de suelos. El P adsorbido sobre la superficie de los carbonatos sirve como punto de nucleación para la precipitación de los fosfatos de Ca.

Precipitación de P

Cuando se aplican formas solubles de P al suelo las reacciones de equilibrio en la solución del suelo forman radicales fosfato ($H_2PO_4^-$ y HPO_4^{-2}). En suelos ácidos predomina la forma $H_2PO_4^-$ y a pH altos predomina la forma HPO_4^{-2} como se presenta en la Figura 4.

Los iones fosfato tienen alta afinidad con el Al, Fe y Ca con los cuales forman compuestos que se precipitan en forma insoluble. Estos procesos dependen entonces de la presencia de estos metales en la solución del suelo. En suelos dominados por esmectitas (montmorillonita, vermiculita, illita), el incremento en acidez conduce a la ruptura de la estructura de los cristales y a la liberación de Al que puede fácilmente combinarse con los iones fosfato y formar compuestos insolubles. Es por esta razón que en este tipo de suelos el incremento de pH por encalado permite la precipitación del Al y en consecuencia mejora la disponibilidad de P en la solución del suelo.

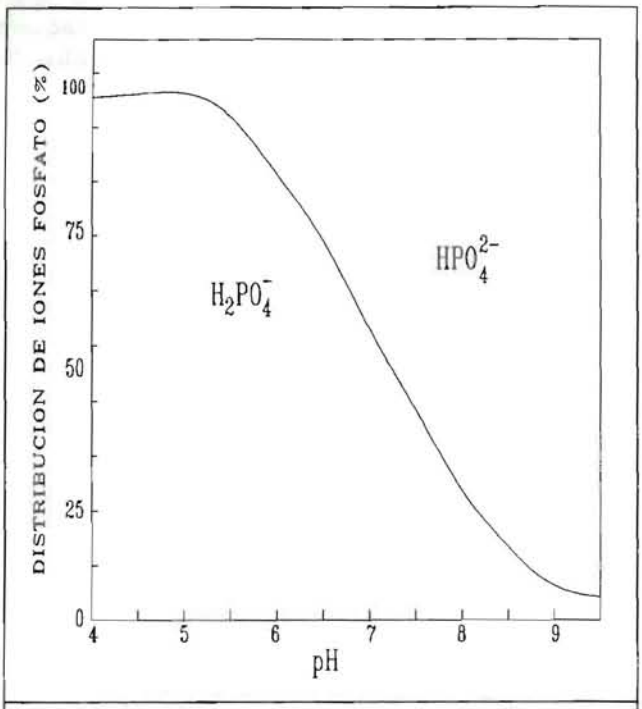


Fig. 4. Distribución de los iones $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{-2} de acuerdo al pH.

En los suelos tropicales (Ultisoles y Oxisoles) que han sufrido procesos severos de meteorización, las arcillas dominantes (óxidos e hidróxidos de Fe y Al y caolinita) son estables hasta valores de pH tan bajos como 5.0. En esta forma el Al se encuentra fijo en una partícula de arcilla y solamente a pH muy bajos ingresa a la solución del suelo y puede reaccionar con los fosfatos para formar compuestos insolubles. En estos suelos la principal forma de pérdida de P es la adsorción de los fosfatos a la superficie muy reactiva de los coloides.

FACTORES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE P EN EL SUELO

La cantidad de P disponible en el suelo está determinada por las propiedades del suelo y de la planta. Estas propiedades están a su vez influenciadas por las condiciones ambientales.

Propiedades del suelo

Los factores que definen la disponibilidad de P en el suelo son:

1.- Intensidad: representa la concentración de P en la solución del suelo.
2.- Cantidad: representada por el P que puede pasar de la fase sólida a la solución del suelo conocida también como P lábil.
3.- Capacidad o poder tampón de P en el suelo: representa la capacidad que tiene el suelo de mantener o restablecer el P a la solución en niveles adecuados a través de la disolución de este elemento de la fase sólida.
4.- Difusión: representado por las características que permiten que los iones fosfatos migren de las zonas de alta concentración a la superficie de las raíces.

Una representación esquemática de estas formas de P en el suelo se presenta en la Figura 5. La magnitud de cada una de estas formas de P en el suelo y sus interrelaciones depende de factores como el contenido de Fe y Al, contenido de carbonatos, cantidad y tipo de arcilla, etc., factores que se discutieron antes en este artículo.

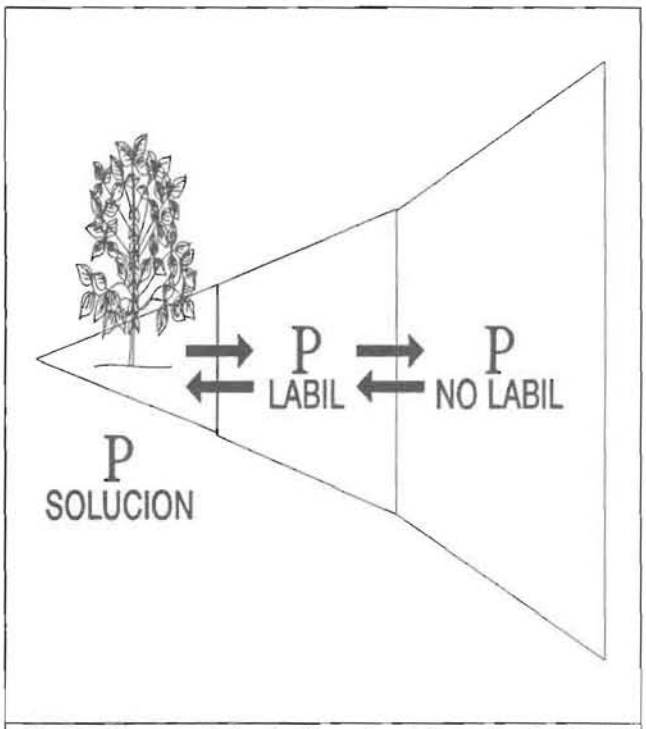


Fig. 5. Diagrama de la relación entre el P en la solución del suelo, P lábil y P no lábil.

La determinación en el laboratorio de estas formas de P en el suelo son difíciles y poco prácticas. Por otro lado el concepto de P lábil no siempre es un concepto equivalente al de P disponible. Aun cuando se han diseñado varios métodos para determinar la disponibilidad de P (intercambio isotópico, curvas capacidad-intensidad, etc.) ninguno de estos métodos ha podido introducir un procedimiento que permita un cambio radical en el análisis común de P en el suelo. La mayor parte de muestras en el mundo se analizan por medio de la extracción de P con soluciones diluidas.

Características de la planta

Generalmente menos del 1% de volumen total del suelo está ocupado por las raíces de la planta. Por esta razón cualquier factor que modifique el tamaño y la morfología del sistema radicular modifica la cantidad de P que esta disponible para la planta. Se ha demostrado en varios estudios que existe un impacto apreciable en la absorción de P por la planta debido a elongación de las raíces.

Las características individuales de las raíces como la longitud y densidad de los pelos radiculares, infección con micorrizas y cinética de absorción influencian la habilidad de la planta para remover P del suelo. Por esta razón los niveles críticos de P cambian no solamente con el tipo de suelo sino que también con el cultivo y aún con el manejo específico del cultivo.

METODOS DE ANALISIS DE SUELO PARA P

Existe una variedad muy grande de métodos de extracción de P en el suelo en uso en diferentes regiones del mundo, lo que se explica por la complejidad del comportamiento de este elemento y por la falta de concordancia para unificar criterios. El problema no está realmente en el proceso de extracción sino más bien en el hecho de que los diferentes métodos dan diferentes resultados que hacen difícil la comparación. En muchos casos la conveniencia analítica a prevalecido sobre la eficiencia de un método.

Principios químicos de los extractantes de P

Los métodos comúnmente utilizados para analizar P en el suelo extraen el elemento de cuatro formas principales. A continuación se describe brevemente el modo de acción de cada una de ellas:

1.- **Dilución ácida:** Se utilizan ácidos fuertes (HCl, HNO_3 y H_2SO_4) y ácidos débiles (acético, cítrico y láctico). Las concentraciones son generalmente bajas y tienen un pH que esta entre 2 y 3. Los extractantes ácidos disuelven en mayor o menor grado las tres formas de P inorgánico. El orden de disolución es P-Ca P-Al P-Fe.

2.- **Sustitución de aniones:** Los fosfatos adsorbidos en la superficie de las arcillas pueden ser substituidos por otros aniones como sulfato, bicarbonato, citrato, lactato o acetato. Estos aniones, cuando están presentes en soluciones ácidas, reducen la readsorción de P.

3.- **Acomplejamiento de cationes combinados con P:** El flúor (F^-) y ciertos aniones orgánicos (citrato y lactato) acomplejan Al de los compuestos Al-P, liberando el P. El bicarbonato (HCO_3) actúa precipitando el Ca soluble como $CaCO_3$, permitiendo la liberación del P de los compuestos Ca-P. El F^- también disuelve los compuestos Ca-P con la consecuente precipitación de CaF_2. Se considera que el HCO_3^- y el F^- precipitan formas similares de P pero que el F^- es más agresivo.

4.- **Hidrólisis de cationes combinados con P:** Los cationes son hidrólisados a pH altos y de esta forma una porción de los compuestos Al-P y Fe-P se disuelven por la hidrólisis de Al y Fe. Los extractantes buferizados a pH 8.5 como el $NaHCO_3$ pueden remover algunas formas de Al-P y Fe-P del suelo debido a su alta concentración de OH.

La liberación de P de los compuestos orgánicos del suelo pueden ser una fuente significativa de P disponible para la planta. Aun cuando no se conoce exactamente el mecanismo, los extractantes de mayor éxito para extraer P orgánico contienen F y ácidos diluidos. Se considera que la liberación de P ocurre por hidrólisis ácida de los ésteres orgánicos de P o por el rompimiento de los enlaces organo-metálicos (Al y Fe).

La cantidad de P removido por cualquiera de los extractantes está determinada no solamente por la composición de la solución sino también por la forma como se realiza la extracción. Factores como cambio en la concentración de las soluciones, tiempo de contacto de la solución con el suelo, velocidad de agitación, tamaño y forma del recipiente de extracción y el tamaño de la muestra pueden influenciar marcadamente en la cantidad de P que se extrae del suelo.

Tabla 2. Extractantes comúnmente utilizados para determinar P disponible.

Nombre	Composición del Extractante
Bray P1	0.03 M NH_4F + 0.025 M HCl
Bray P2	0.03 M NH_4F + 0.1 M HCl
Acido Cítrico	Acido Cítrico al 1%
Mehlich I (Doble ácido)	0.05 M HCl + 0.0125 M H_2SO_4
Mehlich II	0.015 M NH_4F + 0.2 M CH_3COOH + 0.2 M NH_4Cl + 0.012 M HCl
Mehlich III	0.15 M NH_4F + 0.2 M CH_3COOH + 0.25 M NH_4NO_3 + 0.013 M HNO_3
Olsen	0.5 M $NaHCO_3$ - pH 8.5
Olsen modificado	0.25 M $NaHCO_3$ + 0.01 M NH_4F + 0.01 M EDTA - pH 8.5
Resina de intercambio aniónico	Resina enriquecida con HCO_3

Descripción de los principales extractantes de P

Aun cuando es aceptado generalmente que los extractantes ácidos son más apropiados para los suelos ácidos y los extractantes que contienen bicarbonato son más apropiados para suelos alcalinos, existe evidencia que la extracción con $NaHCO_3$ (Olsen) trabaja bien en suelos ácidos. Cualquiera que sea el método de extracción utilizado en un laboratorio, es un requisito indispensable que este método de extracción sea correlacionado y calibrado por un programa de investigación que valide el análisis. Solamente de esta forma se podrán desarrollar criterios para interpretar los resultados analíticos y preparar las respectivas recomendaciones de fertilización. En la Tabla 2 se describen los extractantes más populares en Latino América.

NUTRICION Y FERTILIZACION DEL ESPARRAGO*

CARACTERISTICAS DE LA PLANTA

El espárrago es una planta perenne y su ciclo de producción depende de la variedad, de las condiciones ambientales y principalmente de las labores culturales aplicadas al cultivo. Se estima que el cultivo puede tener una duración de doce años en promedio.

En la Figura 1 se representan las curvas de la producción media, en cultivos bajo riego y sin riego. Estas curvas son análogas a las curvas de la evolución del crecimiento vegetativo y de necesidad de nutrientes y en éstas se pueden observar tres períodos bien diferenciados que se describen a continuación:

1) Crecimiento y formación de la esparraguera: comprende los dos primeros años después de la siembra. En este período, la relación carbono-nitrógeno (C/N) es baja por lo tanto no puede haber producción.
2) Producción creciente: período que va del tercero al séptimo año. La relación C/N se equilibra, existiendo condiciones para obtener la máxima producción.
3) Producción decreciente: comprende el período entre el octavo y décimo segundo año. En este período la absorción de N es escasa, reduciéndose el crecimiento y la producción como resultado de una elevada relación C/N.

Estos períodos deben tomarse en cuenta para la recomendación de fertilización.

Otra característica importante de la planta de espárrago es que cada año se establece una migración de sustancias orgánicas. Una vez terminada la cosecha, se deja crecer los tallos y cladodios para estimular fotosíntesis hasta que la planta alcance su máximo desarrollo. Los productos de la fotosíntesis se translocan a los rizomas y raíces donde se acumulan. Los turiones se forman exclusivamente con las reservas acumuladas por este proceso. La aplicación de fertilizantes tiene como objetivo el asegurar un adecuado crecimiento aéreo y radicular para poder almacenar la mayor cantidad de carbohidratos en los órganos especializados.

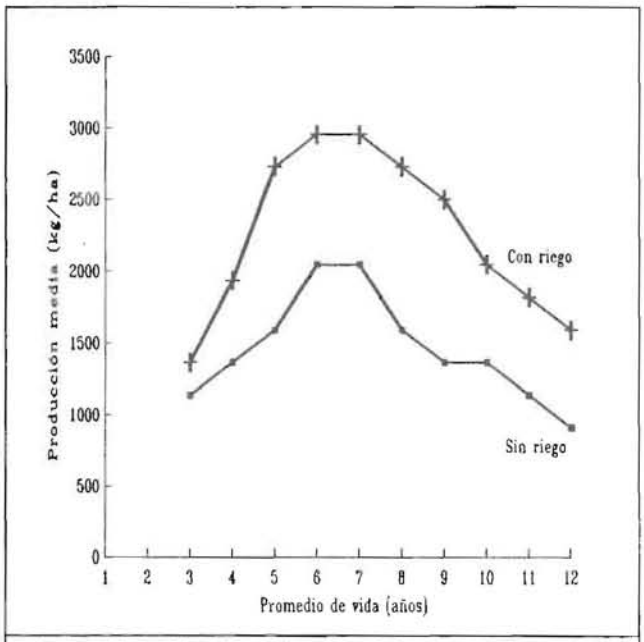


Fig. 1. Evolución de la producción y de la exigencia de nutrientes en el cultivo de espárrago con y sin riego (Rodríguez, 1969).

* Adaptado de: Moraes E. 1993. Nutricao e adubacao do aspargo. In: M. Ferreira, P. Castellane, y M. Pessoa Da Cruz (eds). Nutricao e Adubacao de Hortalicas. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, Brasil.

EXTRACCION DE NUTRIENTES

NITROGENO

Las plantas de espárrago deficientes en nitrógeno (N) presentan crecimiento reducido y bajo contenido de clorofila (Born, 1980). La aplicación anual de 50 kg/ha de N fue suficiente para obtener una producción de 5 a 6 t/ha (Lubet y Ajuste, 1975), aun cuando Takatori et al. (1970) obtuvieron aumento en el peso y en el número de turiones con dosis más altas de N. Sin embargo, se ha encontrado que la producción disminuye cuando la aplicación de N es superior a 100 kg/ha (Mullins y Swingle, 1980; Moreau y Zuang, 1977).

Moraes (1990), demostró que la utilización de dosis crecientes de N, en suelos con contenidos bajos de materia orgánica, incrementaron la producción comercial, tanto en la cantidad de turiones de primera como en el contenido de N en las hojas (Tablas 1 y 2).

El fertilizante nitrogenado más empleado es el nitrato de amonio, aun cuando se pueden utilizar otras fuentes como urea o sulfato de amonio. En estudios conducidos en solución nutritiva se encontró que el máximo desarrollo de las plantas de espárrago se obtiene cuando el 75% del N está en forma de nitrato (NO_3) y el 25% en forma de amonio (NH_4^+) (Precheur y Maynard, 1983).

Es necesario el fraccionamiento de fertilizante nitrogenado, a fin de que se mantenga un buen nivel de N durante todo el ciclo vegetativo de la planta (Conte y Cobo, 1969). El N debe aplicarse en dos épocas. Una fracción después de la cosecha (inicios del nuevo ciclo) y la otra a mediados del ciclo donde se espera una actividad intensa de crecimiento. Las dosis a aplicarse dependen de la fertilidad del suelo, la población de plantas, la aplicación de materia orgánica, etc.

FOSFORO

El fósforo (P) es un nutriente poco extraído por el espárrago (Rigau,1966; Moreau y Zuang, 1977) y su importancia no está bien definida. El P aparentemente ejerce influencia en la calidad del espárrago debido a que reduce la fibrosidad (Moreau y Zuang, 1977). Por otro lado, se considera también que el P influencia favorablemente el sabor del espárrago y en consecuencia cuando este elemento es escaso en el suelo el espárrago se vuelve insípido (Rigau, 1966).

Tabla 1. Producción de espárrago comerciable (diámetro 8 mm) en función de dosis de nitrógeno,

DOSIS DE N	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE N	AÑO 1988	AÑO 1989
(kg/ha)					
0	2005	3058	0	4470	3794
50	2210	3243	75	5014	4659
100	2335	3484	150	5326	4658

Fuente: Moraes (1990)

Tabla 2. Producción de turiones de primera (diámetro 13 mm) en función de las dosis de nitrógeno.

DOSIS DE N	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE N	AÑO 1988	AÑO 1989
(kg/ha)					
0	998	1364	0	2617	1767
50	979	1513	75	3164	2481
100	1080	1700	150	3422	2501

Fuente: Moraes (1990)

Tabla 3. Producción de espárrago comerciable (diámetro 8 mm) en función de dosis de P_2O_5.

DOSIS DE P_2O_5	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE P_2O_5	AÑO 1988	AÑO 1989
(kg/ha)					
0	2108	3198	0	4794	4266
100	2220	3285	125	4935	4363
200	2222	3299	250	5081	4484

Fuente: Moraes (1990)

Moraes (1990), encontró en cuatro cosechas consecutivas, que en apenas en uno de estos años hubo efecto significativo a la aplicación de P, incrementando la producción comercial de turiones (Tablas 3 y 4).

POTASIO

Las plantas de espárrago deficientes en potasio (K) presentan clorosis y necrosis en las partes más viejas con pérdida de los cladodios, siendo este síntoma bastante difícil de distinguir de la deficiencia de magnesio (Mg) (Born, 1980).

Moraes (1990), observó que en suelos con contenido medio de K, la producción total, la producción de turiones de primera y el contenido de nutrientes en la hoja se incrementaron al subir las dosis de K (Tablas 5 y 6).

El cloruro de potasio (KCl) es la fuente más común de K, aun cuando se pueden usar otras fuentes como sulfato de potasio, nitrato de potasio, etc.

CALCIO

Las plantas de espárrago deficientes en calcio (Ca) presentan cambios anatómicos en los cladodios y el sistema radicular tiene crecimiento reducido (Born, 1980). El Ca es un elemento muy importante en la nutrición del espárrago, pero generalmente este elemento no es deficiente en la mayoría de suelos donde se cultiva espárrago. Se determina la deficiencia de Ca en el suelo por medio de un análisis de laboratorio. La deficiencia se puede corregir con la aplicación de carbonato de calcio en suelos ácidos y con yeso en suelos con pHs superiores a 5.5.

MAGNESIO

El espárrago difícilmente exterioriza la deficiencia de magnesio (Mg) y la exigencia por este nutriente es poco definida (Moreau y Zuang, 1977). Born (1980), constató, en plantas deficientes en Mg, clorosis y necrosis en las partes más viejas de las plantas.

BORO

El boro (B) es otro elemento cuya deficiencia, en general, no se exterioriza. Ciertos autores atribuyen el secamiento de los brotes jóvenes, en epoca seca, a una deficiencia de este elemento. El B es un nutriente fácilmente bloqueado como consecuencia de un encalamiento excesivo y por condiciones de sequía (Moreau y Zuang, 1977). Algunos autores indican que el espárrago es una planta muy exigente en B, siendo necesaria una concentración mayor de 0.5 ppm en el suelo para obtener buenos rendimientos (Knott, 1956).

Tabla 4. Producción de yemas de primera (diámetro 13 mm) en función de dosis de P_2O_5.

DOSIS DE P_2O_5	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE P_2O_5	AÑO 1988	AÑO 1989
			(kg/ha)		
0	931	1544	0	3014	2264
100	966	1519	125	3039	2228
200	960	1512	250	3150	2257

Fuente: Moraes (1990)

Tabla 5. Producción de espárrago comerciable (diámetro 8 mm) en función de dosis de K_2O.

DOSIS DE K_2O	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE k_2O	AÑO 1988	AÑO 1989
			(kg/ha)		
0	2052	2959	0	4510	4001
60	2226	3253	75	5011	4422
120	2272	3571	150	5289	4689

Fuente: Moraes (1990)

Tabla 6. Producción de turiones de primera. (diámetro 13 mm) en función de dosis de K_2O.

DOSIS DE K_2O	AÑO 1986	AÑO 1987	DOSIS DE k_2O	AÑO 1988	AÑO 1989
			(kg/ha)		
0	865	1305	0	2677	1899
60	988	1486	75	3063	2318
120	1004	1784	150	3462	2531

Fuente: Moraes (1990)

Haag y Belfort (1985) verificaron que plantas de espárrago cultivadas en solución nutritiva, que incluía B, tenían contenidos de 81.6 à 108.3 ppm de este elemento en las hojas, mientras que plantas cultivadas en la misma solución nutritiva, pero sin B, presentaron contenidos de apenas 12.3 a 12.6 ppm.

Brasher (1954) constató la efectividad de la utilización del bórax en el aumento de la productividad, cuando el contenido de B en las hojas fue de 109 ppm. Cuando el contenido superó esta cantidad, no hubo incremento de la producción.

SUELO

A pesar de que la planta de espárrago, puede desarrollarse en cualquier tipo de suelo apto para otros cultivos, para obtener una plantación técnicamente correcta y económicamente rentable, es conveniente tener en cuenta algunos aspectos limitantes del suelo, que en ciertos casos impiden el desarrollo del cultivo.

En la selección del suelo se deben considerar dos aspectos distintos: La condición física, que determina el buen desarrollo de las raíces y la condición química, que controla la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento. Para el espárrago, por ser un cultivo perenne, la condición física del suelo es muy importante. Esto se debe a que una mala condición física limita el buen desarrollo del cultivo.

El espárrago exige suelo permeable, profundo y de textura liviana, por las siguientes razones: (Poveda, 1975).

1) El sistema radicular está constituido por raíces gruesas y carnosas por lo tanto su expansión no debe ser impedida.
2) Debido a esa menor resistencia del suelo, los turiones son más delicados, sin curvatura y con menor contenido de fibra.
3) Existe mayor facilidad para efectuar la cosecha y las demás prácticas culturales y disminuye el sabor amargo de los turiones.

En resumen las cualidades físicas del suelo que permiten el desarrollo del cultivo de espárrago son: (Moreau y Zuang, 1977).

1) Ausencia de nivel freático hasta una profundidad de por lo menos 70 cm.
2) Ausencia total de piedra o cascajo.
3) Perfil libre de compactación hasta una profundidad de 80 a 100 cm.

Existen estudios que han encontrado una relación directa entre el número de años de vida de un cultivo de espárragos y la profundidad del desarrollo del sistema radicular.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA FERTILIZACION DEL ESPARRAGO

El espárrago desde le punto de vista de nutrición se caracteriza por las siguientes condiciones:

1) Tener un sistema radicular profundo y extenso, que le permite explorar un gran volumen de suelo.
2) Ser una planta perenne que puede permanecer un mínimo de 10 años en el campo.
3) Producir cosecha antes de que se desarrollen sus partes aéreas y por tanto antes que se inicien las funciones clorofílicas. Es el caso típico de producción de cosecha a base de reservas.

Como norma general, se debe determinar la aptitud del suelo antes de establecer la plantación. El éxito o el fracaso del cultivo muchas veces depende de la correcta selección del suelo. Cualquier anomalía del suelo, que impida el libre crecimiento del sistema radicular, repercutirá en la rentabilidad de la plantación, tanto en la producción anual como en la duración del cultivo.

El espárrago tiene un sistema radicular profundo, por ello parte de los nutrientes se obtienen de las capas inferiores del suelo, donde el hombre tiene pocas posibilidades de intervenir. Para establecer un programa correcto de fertilización es necesario conocer la potencialidad del suelo para suplir de nutrientes no solo en las horizontes superficiales, sino en aquellos profundos hasta donde alcanzan las raíces. Si las condiciones así lo requieren, se debe realizar una fertilización de profundidad, principalmente con P que es inmóvil y K que es parcialmente móvil. La fertilización posterior con estos nutrientes solo podrá ser aprovechada por el sistema radicular superficial. Por esta razón es necesaria una fertilización profunda de presiembra que normalice las condiciones a profundidad (Conte y Cobo, 1969; Poveda, 1975).

Las necesidades de nutrientes del espárrago difieren con la edad de la planta (tabla 7). En el primer año, el consumo de N, P y K es bajo, las necesidades van aumentando gradualmente hasta que alcanzan un máximo al quinto año, disminuyendo paulatinamente hasta el final de la vida útil del cultivo. En el primer año la relación entre estos nutrientes es de 3:1:3. A partir del segundo año la relación se modifica a 4:1:4, manteniéndose invariable de allí en adelante. Interpretando estos datos se podría concluir que la fertilización del cultivo del espárrago debe ser alta en N, K y baja en P. Esto es básicamente cierto y en la ausencia de análisis de suelos se debería aplicar las cantidades de nutrientes que la planta necesita durante las diferentes etapas de crecimiento (Tabla 7). En la práctica,

Tabla 7. Necesidad de nutrientes por la planta de espárrago, en función de la edad.

EDAD	PRODUCCION	EXTRACCION ANUAL		
		N	P_2O_5	K_2O
años	(t/ha)	(kg/ha)		
1	-	50	16	45
2	-	70	18	55
3	2	85	23	75
4	4	100	23	90
5	6	120	23	105
6	7	110	29	95
7 a 10	8	95	25	80

Fuente: Hofmann, citado por Conte y Cobo (1969).

es conveniente tomar en cuenta otros factores que determinan la cantidad de nutrientes a aplicarse en las condiciones particulares de cada plantación. Entre otras cosas se debe tomar en cuenta la capacidad del suelo para suplir parte de los elementos (análisis de suelos), las aplicaciones de abono orgánico, principalmente las aplicaciones hechas antes de la siembra, la eficiencia de las aplicaciones del N y la capacidad de fijación de P en algunos suelos. En muchos lugares el cultivo del espárrago se desarrolla en suelos derivados de ceniza volcánica con alta capacidad de fijar P. En este caso es necesario aplicar una cantidad más alta de P para compensar la fijación.

FERTILIZACION DEL ESPARRAGO

FERTILIZACION DE PRESIEMBRA

La fertilización de presiembra tiene por objeto elevar los niveles de P y K disponibles en las capas más profundas del suelo. Los fertilizantes fosfatados y potásicos se deben incorporar a la mayor profundidad posible en los trabajos de preparación del suelo, al inicio de la plantación. Cuando la fertilidad natural del suelo es elevada puede no ser necesaria esta fertilización. En la fertilización de presiembra se debe incluir la aplicación de estiercol u otro material orgánico ya que esta es la única oportunidad de incorporar estos materiales profundamente. En función de la calidad y la cantidad del material orgánico usado se puede reducir o suprimir la fertilización nitrogenada. Esta fertilización sirve como base del primer año.

FERTILIZACION DE FORMACION

Esta fertilización se inicia con las aplicaciones realizadas en el año de instalación del cultivo y continua hasta que entre en producción (tercer año). Cronológicamente la fertilización de formación comprende:

1) Primer año: fertilización de cobertera, a mediados del ciclo.
2) Segundo año: al final del período de reposo anual, se suplementa todo el P_2O_5 y la mitad de N y K_2O.

Tabla 8. Recomendación de fertilización del espárrago de acuerdo al análisis de suelo.

POTASIO (meq/100g)*

FOSFORO (ppm)*	BAJO < 0.15			MEDIO 0.15–0.20			SUFICIENTE 0.20–0.30			ALTO > 0.30		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
BAJO < 9	a) 50	200	150	a) 50	200	110	a) 50	200	70	a) 50	200	40
	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	100
	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	150
MEDIO 9–14	a) 50	150	150	a) 50	150	110	a) 50	150	70	a) 50	150	40
	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	150
	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	150
SUFIC. 14–18	a) 50	100	150	a) 50	100	110	a) 50	100	70	a) 50	100	40
	b) 100	.0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	100
	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	150
ALTO > 18	a) 50	50	150	a) 50	50	110	a) 50	50	70	a) 50	50	40
	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	150	b) 100	0	100
	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	180	c) 100	120	150

*** P y K extraído con solución Mehlich 1**

Adaptado de Siqueira et al. (1987) y Agustin et al. (1990)

a = presiembra b = formación c = producción

Al final del ciclo se aplican en cobertera las cantidades restantes de N y K_2O.

FERTILIZACION DE PRODUCCION

Esta fertilización se realiza a partir del tercer año, cuando las plantas entran en producción. También en este caso se debe fraccionar la aplicación de nutrientes en dos etapas. La primera aplicación debe hacerse antes de la construcción de los camellones y se debe distribuir todo el abono orgánico y el P_2O_5 y la mitad de las dosis de N y de K_2O. La segunda aplicación de fertilizante se debe efectuar después de la cosecha. En esta ocasión se debe aplicar en cobertera el resto de N y K_2O. Las cantidades tentativas de nutrientes a aplicarse de acuerdo al análisis de suelos se presentan en la Tabla 8.

BIBLIOGRAFIA

Augustin, E., E.C. Moraes., V.A. Osorio., M.E.O., Couto., J.A., Peters., e L.A.B. Salles. A cultura do asparago. Pelotas, EMBRAPA/CNPFT, 1990. 24p. (Circular Tecnica, 15).

Born, H.U. Deficiency symptoms in asparagus. Deustscher Gartenbau, 33:2152-3, 1979 Apud Horticultural Abtracts, Willingfort, 50:522, 1980.

Borna, Z., and D. Haas. The effect of diferent levels of fertilizing with sodium chloride and pottasium salt of the quantity and quality of asparagus yield. Roczniki Wy'zszej Szkoly Rolniczej w Poznaniu, 44:37-50, 1969. Apud Horticultural Abstracts, Wallingfort, 42:177, 1972.

Brasher, E.P. Effects fertilizer practices, cover crops, and ridge culture on the field of asparagus. Newark, Delaware, 1954, 18p. (Technical Bulletin, 311).

Browmn, L.D., and R.L. Carolus. An evaluation of fertilizer practice in relation to nutrient requiments of asparagus. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, College Park, 86:332-7, 1965.

Conte, A.A., y L.H. Cobo. Consideraciones sobre la problemática del suelo y abonado en el cultivo del espárrago. In: Jornadas Regionales del Espárrago, 1., Pamplona, 1969. Anais. Pamplona, 1969. p. 125-45.

Douglas, J.A., J.M. Follet., and R.A. Litter. Boron requirement of asparagus seedlings grown in sad culture. Scientiae Horticulturae, Amsterdan, 38:33-42, 1989.

FECOTRIGO. Manual de Adubacao e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Trigo e Soja, 56:3-34, 1981.

Haag, H.P., e C.C. Belfort. Deficiencia de macronutrientes e de boro em asparago: nutricao mineral de hortalicas. LXVIII. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Qeuiroz". Piracicaba, 42:97-106, 1985.

Knott, H. Handbook for vegetable growers. New York, John Wiley and Sons, 1956. 245 p.

Lubet, E., and C. Juste. The influence of planting density and nitrogen and potassium fertilization of asparagus production on the sandy soil of Landes. Comptes Rendus des Seanses de L'Academie d'Agriculture de France, Paris, 60:325-6, 1974. Apud Horticultural Abstracts, Wallingford, 45:518, 1975.

Moraes, E.S. Nutricao de esparago. Relatorio anual de Projeto de Pesquisa. EMBRAPA, 1990.

Moraes, E.C., M. Magnani., C.J.S. Freire., E.A. Olivera., e M.L.S. Leal. Estado nutricional de lavouras de asparago no município de Pelotas. Pelotas, EMBRAPA/UEPAE, 1982. p.9 (Comunicado Técnico, 27).

Moreau, B., and H. Zuang. L'Asperge. Paris, Institut National de Vulgarisation Pour le Fruits, Legumes et Champignons Invuflec, 1977. p. 212.

Mullins, C.A., and H.D. Swingle. The effect of fertilization levels on asparagus production. Tennessee Farm and Home Science Progress Report, Crosville, 112:33-4, 1979. Aput Horticultural Abstracts, Wallingford, 50:571, 1980.

Poveda, A.B. El Espárrago. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1975. p.117.

Precheur, R.J., and D.N. Maynard. Growth of asparagus transplant has influence by nitrogen form and lime. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 108:169-72, 1983.

Rigau, A. Cultivo de espárragos. 2 ed. Barcelona, Editorial Sintes, 1966. p. 130.

Rodriguez, A.S. Aportación a la resolución de las problemáticas planteadas en la ponencia 1.4. in: Jornadas Regionales del Espárrago, 1., Pamplona, 1969. Anais Pamplona, 1969. P. 147-78.

Siqueira, O.J., E.E. Scherer., G. Tassinari., I. Anghinoni., S.F. Patella., M.J. Tedesco., P.A. Milan. e P.R. Ernani. Recomendacoes de adubacao e calegem para os Estados do Rio Grande do Sur e Santa Catarina. Passo Fundo. EMBARA/CNPFT, 1987. p. 100.

Takatori, F.H., G.W. Cannel., and C.W. Asbell. Effects of soils moisture conditions on asparagus at two nitrogens levels. California Agriculture, Berkeley, 24:10-2, 1970.

Takatori, F.H., F.D. Souther., and J.I. Stillman. Asparagus culture in California. California, University of California, 1987. p. 23. (Bulletin, 1882).

Weir, R.G., P.J. Sinclair., and L.L. Mutton. Nutrient levels in asparagus cladophyls from crops in N.S.W. Asparagus Research Newsletter, Massey, 5:1-4, 1987.

Wisconsin University. Nutrient concentration in tissue. s.l., s.d.

EFECTOS RESIDUALES Y ACUMULATIVOS DEL POTASIO EN CAÑA DE AZUCAR

Brasil, con una área cultivada de más de 4 millones de has, es el país de mayor producción de caña de azúcar en el mundo. La fertilización apropiada de la caña ha contribuido al incremento en productividad y a la obtención de rendimientos económicos máximos (REM). Es posible obtener buenas respuestas a la fertilización con potasio (K) en cultivos de iniciación y en cultivos de sucesión (ratoon). El K es aplicado una sola vez en el surco en cultivos de iniciación y entre lineas en el cultivo de sucesión.

Este artículo discute los resultados obtenidos en cinco cosechas de caña de lotes experimentales en los cuales se usó diferentes dosis y métodos de aplicación de K. Estos experimentos se condujeron de 1988 a 1992 en un suelo Quartzpsament con un contenido de K de 20 ppm. Los siguientes tratamientos fueron aplicados a la siembra y repetidos en los siguientes cultivos de sucesión:

T1: Testigo (sin K)

T2: 160 kg K_2O/ha/año (en el fondo del surco a la siembra y entre líneas en el cultivo de sucesión).

T3: 80 kg K_2O/ha/año (primera aplicación en el surco a la siembra o entre líneas en el cultivo de sucesión) + 80 kg K_2O/ha/año (segunda aplicación dos meses después de la primera aplicación).

T4: 360 kg K_2O/ha/año al voleo

Tabla 1. Efecto de la fertilización potásica en el rendimiento, contenido de azúcar y fibra y macollamiento de caña de azúcar.

Trat.	Cosecha 1	2	3	4	5
			Rendimiento, t/ha		
T1	143	101	88	77	50
T2	146	123	110	110	82
T3	151	125	118	112	87
T4	152	132	125	119	99
			Contenido de azúcar, %		
T1	15.1	15.6	13.8	9.2	11.9
T2	14.9	16.1	14.2	9.9	13.1
T3	15.0	15.9	14.3	9.8	12.3
T4	14.3	15.7	14.2	10.0	13.0
			Contenido de fibra, %		
T1	13.9	12.6	15.6	13.4	15.5
T2	13.1	12.3	14.6	11.9	12.8
T3	13.2	11.2	15.5	11.1	11.4
T4	13.0	11.7	13.8	10.4	11.4
			Tallos/m de surco		
T1	10.0	11.2	10.0	11.2	10.7
T2	10.0	11.4	9.6	11.7	10.5
T3	10.2	11.7	11.1	11.6	11.2

Todos los tratamientos recibieron las mismas dosis de cal, nitrógeno (N) y fósforo (P). La fuente de K fue cloruro de potasio (KCl).

Los resultados de la Tabla 1 demuestran que existió respuesta a las dosis crecientes de K desde la iniciación del cultivo hasta las subsecuentes cosechas, principalmente en las dos últimas cosechas (1991 y 1992), años en los cuales se incrementó la deficiencia de K. En términos de rendimiento la relación T4 > T3 > T2 > T1 > se mantuvo durante las cinco cosechas.

Se observó un efecto positivo del K en el contenido de azúcar, principalmente en las cosechas 4 y 5, a pesar de que todas las cosechas del cultivo de sucesión fueron tratadas con productos químicos para la maduración. Todos lo tratamientos con K produjeron una reducción en el contenido de fibra. Los tratamientos no influenciaron el macollamiento de la planta (número de tallos/m lineal de surco). El menor rendimiento de caña cuando no se aplicó K, hasta 50% en la quinta cosecha, se puede explicar por la reducción en largo y diámetro de los tallos.

* Artículo escrito por: Orlando Filho, J. Profesor de la Universidad Federal Sao Carlos, Araras, Sao Paulo, Brasil.

AVANCES Y TENDENCIAS EN LAS TECNICAS DE FERTILIZACION (Parte III)*

Como consecuencia de consideraciones de varios tipos existe interés sin precedentes en mejorar la eficiencia de los fertilizantes. El colocar el fertilizante en el lugar adecuado de la zona radicular, es tan importante como aplicar la cantidad correcta de nutrientes. Esta es la tercera parte de una serie de tres artículos que discuten las nuevas tendencias en técnicas de fertilización de cultivos desarrollados en los últimos años.

Al momento existen algunas técnicas nuevas de fertilización desarrolladas en los Estados Unidos y Canadá. A continuación se discuten brevemente algunas de ellas con el objeto de presentar las tendencias principales y despertar el interés en innovaciones que podrían probarse en condiciones tropicales. Algunas de estas técnicas están todavía en investigación mientras otras son ya procedimientos comerciales. En algunos casos la experimentación inicial fue hecha solamente con fertilizantes sólidos, pero puede utilizarse para aplicación de fertilizantes líquidos.

Banda profunda durante la labranza

Los subsoladores y cultivadores pueden equiparse para aplicación neumática o por gravedad de fertilizantes sólidos y para aplicación de fertilizantes líquidos.

Las sembradoras de aire, originalmente desarrolladas para colocar semilla, pueden ser usadas para colocar fertilizante ya sea antes de la siembra o conjuntamente con la semilla en la operación de siembra. Muchas de estas unidades no siempre localizan el fertilizante sólido en una banda estrecha. Sin embargo, se pueden hacer modificaciones a la línea de inyección de modo que el fertilizante pueda concentrarse en la banda de aplicación.

Fertilización y siembra en un solo paso

Aun cuando la colocación de cierta cantidad de fertilizante en el surco de siembra no es una técnica nueva, la aplicación del requerimiento total del fertilizante con el equipo de siembra si es diferente. Varias sembradoras de labranza cero tienen la capacidad de colocar simultáneamente el fertilizante con o por debajo de las semillas o en bandas profundas entre las hileras. Existe también la opción de colocar fertilizantes sólidos, líquidos o amoníaco anhidro en banda a una profundidad de aproximadamente 20 cm.

Los discos dobles de apertura, en algunos equipos de labranza cero, causan considerable movimiento del suelo y permiten el crecimiento de malezas en la abertura por donde se colocó el fertilizante. Este problema puede evitarse al sembrar dos hileras juntas, "hileras en pares", con espaciamiento más amplio en el intervalo entre cada par de hileras y la aplicación más profunda del fertilizante entre las hileras dobles del cultivo.

La principal desventaja de la inyección profunda de fertilizante y la colocación de semilla en un solo paso, con equipos que tienen discos dobles para abrir el suelo, es que el equipo debe ser pesado, con un peso de hasta 2 500 kg por cada metro de ancho de la sembradora, para penetrar adecuadamente en suelos duros. Además estas sembradores son caras y la fuerza del tractor para moverlas es alta, alrededor de 46 H.P. por metro de sembradora.

Unidades más simples cuestan menos y tienen requirimientos más bajos de fuerza de tractor.

Inyección puntual de fertilizantes líquidos

Desde 1981 se ha estudiado la inyección puntual de nutrientes, particularmente N, en la Universidad del estado de Iowa (Baker, 1986; Baker et al., 1985, 1989) y recientemente en la Estación Experimental de Lethbridge, Alberta (Janzen y Lindwall, 1987, 1988, 1989; Janzen et al., 1990, 1991).

Esta técnica de fertilización relativamente nueva, utiliza una rueda con agujas para físicamente inyectar, ya sea el amoníaco anhidro o fertilizante líquido, a profundidades que varían entre 10 y 15 cm. Una válvula rotativa en la rueda dispensa las soluciones de fertilizantes por medio de agujas que se introducen en el suelo hasta las profundidades indicadas anteriormente.

* Beaton J. Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo Canadá "PPIC". Saskatoon, Canadá.

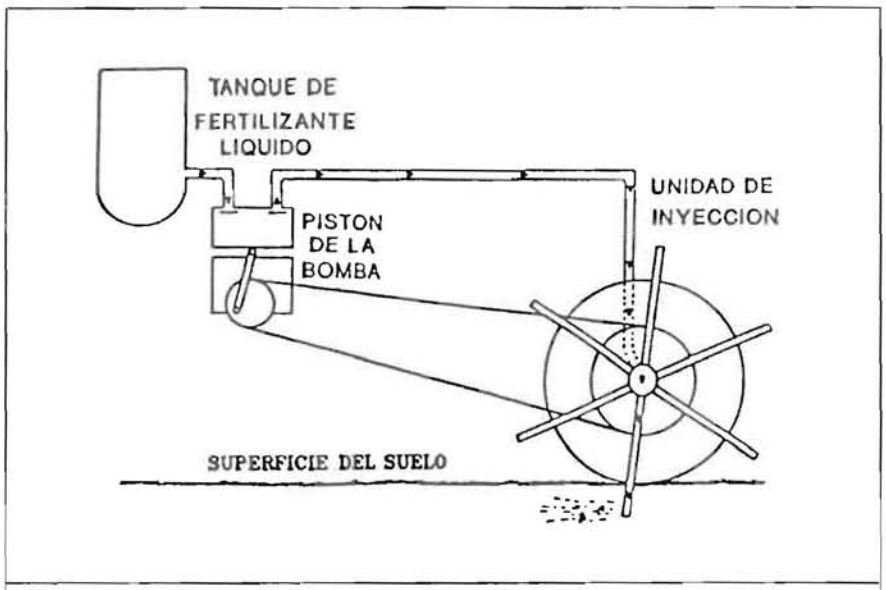


Fig. 1. Esquema de un Inyector puntual de fertilizante.

Se han probado al menos 4 generaciones de inyectores puntuales en la Universidad de Iowa. El diámetro de la rueda de inyección, en el diseño actual, es de 12 cm y las agujas tienen un diámetro exterior de 1.1 cm. El espaciamiento horizontal de punto a punto en la superficie de suelo es de alrededor de 20 cm.

A pesar de algunas dificultades en los primeros prototipos esta técnica de fertilización tiene varias ventajas significativas que incluyen las siguientes:

- El fertilizante puede inyectarse en los sistemas de labranza cero o labranza de conservación o en cultivos perennes para reducir las pérdidas de N (causadas por volatilización de amoníaco), inmovilización de N (por microorganismos y residuos de cultivos en la superficie del suelo) y la estratificación de P y K. Todo esto se logra con un movimiento mínimo de los residuos en la superficie del suelo.
- Localización de nutrientes efectiva y precisa en la zona radicular para satisfacer mejor las necesidades de la planta durante el ciclo de crecimiento.
- Poco o ningún daño a las raíces cuando se usa en cultivos en crecimiento.
- Necesidades menores de combustible y fuerza del equipo debido a que se evita el roce que ocurre con la utilización de cuchillas.

Con este método de aplicación se concentra el fertilizante líquido en pequeñas áreas (bolsas) del suelo. Si se asume una dosis de aplicación de 935 litros/ha de fertilizante líquido y una velocidad de 8 km/hora, se inyectan alrededor de 15 ml de fertilizante líquido cada vez que la aguja penetra en el suelo.

Inyección a alta presión de fertilizantes líquidos

La aplicación de fertilizantes líquidos bajo la superficie del suelo con la ayuda de chorros a alta presión a dado lugar a las técnicas conocidas como nutri-blast 2 000 y banda en impulsos. A continuación se describen brevemente estas técnicas:

Nutri-Blast 2 000

Este sistema de aplicación a alta presión inyecta fertilizantes líquidos claros en el suelo sin la ayuda de cuchillas, discos u otros implementos (Clapp, 1984). Las soluciones de fertilizante se bombean a través de un pequeño orificio a presiones altas que van de 56.2 a 140.6 kg/cm^2. Debido a la presión, las soluciones cortan y atraviezan los residuos y la superficie del suelo y se localizan a una profundidad de 5 a 8 cm. La localización del fertilizante depende de la cantidad del residuo y la densidad del suelo. Los nutrientes se localizan en una banda angosta y continua.

Banda en Impulsos

El principal aspecto de este método es la aplicación de un chorro de fertilizantes líquidos en pulsaciones a alta presión (Rogers, 1987, 1988). El modelo experimental de 3 metros de ancho, desarrollado en Saskatoon Canadá, es capaz de localizar fertilizante a 10 cm de profundidad con un espaciamiento de 15 cm entre puntos de aplicación.

El fertilizante es presurizado a 422 kg/cm^2 y la entrega en pulsaciones se logra al abrir y cerrar el flujo por medio de un control electrónico de una válvula de selenoide. Los requerimientos estimados de energía son de 2.45 kW por m de aplicador.

Muchas de las ventajas de este método de localización de fertilizante son parecidas a aquéllas mencionadas anteriormente para el método de inyección puntual. Estas son:

- No se mueve el suelo lo cual permite conservar humedad.
- El fertilizante puede ser aplicado como y cuando es necesitado por el cultivo. Los nutrientes pueden ser localizados en la zona radicular de cultivos establecidos y este procedimiento permite la aplicación fraccionada de nutrientes en condiciones secas.
- Requiere de menor cantidad de energía lo que permite un ahorro en combustible.

Localización de fertilizantes sólidos en bolsas o en gránulos grandes

Las mejoras logradas en eficiencia del fertilizante nitrogenado, en parcelas experimentales, con la localización bajo la superficie de fuentes amoniacales de N, concentradas en bolsas en un punto bajo la superficie, así como la localización de gránulos grandes, ha desarrollado el interés de producir equipo comercial que pueda localizar el fertilizante en estas formas. Investigadores de la Universidad de Alberta han intentado interrumpir el flujo de fertilizantes granulares sólidos con aplicadores neumáticos para lograr una localización del fertilizante en bolsas, a intervalos determinados (Domier et al., 1985). Se encontró, que se necesitan modificaciones y adiciones al equipo para poder lograr una distribución del fertilizante a las distancias requeridas.

Una diferente forma de concentrar fertilizante en bolsas bajo la superficie del suelo se probó en la Universidad de Alberta. Se avaluó la posibilidad de aplicar gránulos grandes urea, con un peso de 1 a 3 gramos, manufacturados por Norsk Hydro, a través de una sembradora de labranza cero Melroe 701. Esta sembradora fue una de las pocas con capacidad de colocar los gránulos a la distancia y distribución requeridas sin hacer modificaciones costosas al equipo (Mayko, 1988). Los gránulos de 1 gramo fueron los que fluyeron más fácilmente a través de la sembradora.

Fertilización en dosis variables

Es conocido el hecho de que muchos lotes agrícolas no tienen fertilidad uniforme y por esta razón unos sitios son más fértiles que otros y en consecuencia los requerimientos de fertilizantes son también diferentes. Algunas partes del lote pueden tener contenidos adecuados de uno o más nutrientes mientras que otras partes del mismo campo pueden tener varios grados de deficiencia. Se está desarrollando tecnología de aplicación de fertilizantes que haría posible el aplicar dosis variables de nutrientes a medida que el equipo de aplicación se desplaza a través del campo. A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los sistemas más conocidos de aplicaciones de dosis variables que están actualmente en uso y algunos que todavía se encuentra en la fase de desarrollo.

Sistema Chinook

Este es uno de los primeros sistemas que permite hacer ajustes en el campo de la cantidad de semilla y de la cantidad del fertilizante (Beaton, 1985a). El sistema es controlado por una microcomputadora acoplada al tractor, que activa una serie de interruptores que permiten el ajuste de las unidades de medida que controlan el flujo de fertilizante sólido de 2 tanques colocados detrás del subsolador o de los discos. Las dosis de fertilizante a aplicarse en banda profunda pueden ser alteradas de acuerdo a la interpretación que el operador del tractor haga de las diferencias importantes en las propiedades del suelo, topografía, etc.

El sistema Soilection

El sistema soilection combina el uso de computadoras con la información de los cambios de fertilidad del campo (mapa de fertilidad de suelo) y la información de las necesidades específicas del cultivo. Este sistema es capaz de ajustar hasta 8 tipos de suelo en un lote y cambiar el tipo y tasa de fertilizante aplicado al voleo ya que el equipo de aplicación y mezcla está equipado con 6 compartimentos de diferente fertilizante sólido (Anónimo, 1985; Luellen, 1985).

Para usar este sistema es necesario hacer una serie de trabajos preparatorios. Todo se inicia delineando los tipos de suelos y otras características físicas del lote ya sea en un mapa de suelos, fotografía aérea infrarroja y/o mapas cuadriculados. Las fotografías infrarrojas a color que cubren una área de 2.6 km^2 son particularmente útiles.

Se toman muestras de suelos en cada sitio donde existe un cambio significativo en tipo de suelo y se analiza el contenido de nutrientes en estas muestras. Para confirmar la topografía exacta del lote se usan los mapas de suelo y chequeos de campo. Las pendientes y el contenido de materia orgánica son dos factores que ayudan a caracterizar los niveles de nutrientes en cada una de las distintas áreas.

Las partes altas de las colinas aparecen como áreas claras en las fotografías de infrarrojo y estas áreas posiblemente tengan menor productividad debido a baja

fertilidad o suceptibilidad a sequía. Los puntos bajos, en posiciones inferiores de la pendiente, son más obscuros en las fotografías y son generalmente más productivos porque tienen condiciones favorables de humedad y nutrientes.

A continuación se mejora la fotografía infrarroja usando la computadora para producir un mapa del campo digitalizado, usando colores para definir más claramente los tipos de suelo en el lote. Luego de la digitalización se imprime el mapa de campo o se archiva la información en un chip especial de la computadora. Este mapa puede ser llamado a una terminal de computadora acoplada en la cabina del tractor de aplicación. En el futuro el chip de la computadora podrá ser reemplazado con un cassette.

Al solicitarlo, el mapa de campo aparece en el monitor de la computadora en la cabina del tractor. A medida que el tractor se mueve a través del campo su posición aparece en el monitor. La computadora necesita saber todo el tiempo con presición donde se encuentra el aplicador de fertilizante. Al momento esto se logra por medio de un localizador por triangulación que es un sistema comercial que usa radio de FM y tres antenas (una en el equipo de aplicación y dos en los límites del lote) para automáticamente localizar la posición del equipo.

En el futuro podría ser posible el utilizar sistemas de detección global para determinar el sitio donde se encuentra el equipo durante las aplicaciones de fertilizante.

La información sobre tipo de suelo, cultivo y dosis de nutrientes a aplicarse en un campo determinado es alimentada previamente a la computadora. A medida que el equipo de aplicación del fertilizante pasa sobre los diferentes tipos de suelos, el micro procesador envía una señal a cada una de los 6 contenedores del fertilizante. La señal activa el sistema de medición para cada uno de los contenedores, despacha y mezcla la cantidad necesaria de nutrientes para cada tipo de suelo. Cada vez que la computadora reconoce un cambio de tipo de suelo la mezcla de fertilizantes cambia. El área mínima para cambios en las dosis de fertilizante se encuentra limitada al momento a 0.8 ha debido a que no es práctico el ajustar cambios a áreas menores. Las dosis de fertilización no se alteran hasta que se entra en un nuevo tipo de suelo. Sin embargo, es posible programar un cambio gradual de una dosis a otra.

En el futuro será posible adaptar este sistema para incluir también la aplicación de herbicidas. Un sistema de dosis variables de fertilizantes líquidos se usó exitosamente en Illinois en marzo de 1992.

Fertilización en dosis variable utilizando sensores de las propiedades del suelo y del contenido de nutrientes

Se ha desarrollado un sistema denominado el "Doctor del suelo" que es un equipo único que permite analizar las propiedades del suelo a medida que el equipo esta en movimiento y basándose en estos datos prescribe la dosis de fertilizante a aplicarse (Anónimo, 1992; Porgelt, 1992; Murdock, 1991).

Ha sido probado en el campo desde 1987 y fue comercializado en 1990. El modelo más nuevo usa un sistema de sensores con electrodos rodantes que tienen un sistema electrónico que determina las propiedades del suelo. El sensor acoplado a un disco de apertura detecta la cantidad de NO_3 en los primeros 30 cm del suelo y electrónicamente transmite esta información a una computadora en la cabina del tractor, la cual varia automáticamente las dosis de aplicación de N con el tractor en movimiento.

Este equipo detectó adecuadamente el NO_3 en la capa arable del suelo y la fertilización aplicada, de acuerdo a la demanda detectada por el equipo, produjo rendimientos algo más altos de maíz que las aplicaciones convencionales en banda a lo largo del surco, en 2 años de evaluación en Kentucky (Murdock, 1991).

Schreier y Zheng (1986) y Zheng y Schreier (1988) reportaron que las diferencias en ciertas propiedades del suelo como C orgánico, contenido de agua y color pueden ser fácilmente detectadas por sensores que miden reflexión espectral. Estas diferencias pueden ser usadas exitosamente para desarrollar diferentes tratamientos de fertilización en áreas específicas dentro de un lote.

Borget (1992) describió un sensor que utiliza una simple longitud de onda y un sensor que usa varias longitudes de onda para determinar la materia orgánica en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

Beaton, J. D. 1985. Present and future trends in soil fertility management. p. 111-128. In Proceedings Ninth British Columbia Social Science Workshop. February 21-22, 1985. Vancouver, B. C.

Borget, S. C. 1992. Sensor technologies and control strategies for managing variability. In Proceedings Soil Specific Crop Management: A Workshop on Research and Development Issues. A Workshop on Research and Development Issues. April 14-16, 1992 Minneapolis, MN.

Clapp, J.G. Jr. 1984. Nutri-blast 2000: A new concept for clear liquid fertilizer application. p. 34-36. In

Proceedings 1984 Round-Up NFSA's Midyear Dealer Conference. July 25-27, 1984. Chicago , IL.

Domier, K.W., J.J. Mayko, and J. A. Robertson. 1985. Equipment requirements for fertilizer placement in cereals and small grains. Paper No. 85-1502. 1985 Winter Meeting ASAE, Chicago, IL.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1987. Nitrogen fertilization of winter wheat by point-injection of N solution. p. 269. In 1987 Agronomy Abstracts, 79th Annual Meeting Amer. Soc. of Agron. November 29-December 4, 1987. Atlanta, GA.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1988. Nitrogen fertilization of einter wheat. Agriculture Canada, Research Station, Lethbridge, Alta. Weekly Letter No. 2814. January 20, 1988.

Janzen, H.H., and C.W. Lindwall. 1988. Optimum application paramenters for point injection of nitrogen in winter wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1878-1883.

Janzen, H.H., T.L. Roberts., and C.W. Lindwall. 1991. Uptake of point-injected nitrogen by winter wheat as influenced by time of application. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 259-264.

Luellen,W.R. 1985 Fine-tuned fertility: Tomorrow's technology here today. Crops and Soils 38 (2): 18-22.

Mayko, J. J. 1988. Personal communication. Edmonton, Albeta.

Murdock, L.W. 1991. The Soil Doctor - A field trial p. 127-133. In Prodeedings of the Twenty First Morth Central Extension-Industry Soil Fertility Conference. November 13-14, 1991. St. Louis, MO.

Rogers, R.B. 1987. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Rogers, R.B. 1988. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Rogers, R.B. 1992. Personal communication. Saskatoon, Sk.

Schreier, H., and F. Zheng 1986. Using remote sensing techniques for field applications of variable rates of fertilizers. Report prepared for the Potash & Phosphate Institute. febraury 20, 1986. 47 pp.

Zheng, F., and H. Schreier. 1988. Quantification of soil patterns and field soil fertility using spectral reflection and digital processing of aerial photographs. Fertilizer Research 16: 15-30.

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

COMPARACION DEL EFECTO DE FERTILIZANTES SOLUBLES Y DE DISPONIBILIDAD CONTROLADA EN ARBOLES JOVENES DE NARANJA "VALENCIA"

Zekri, M. y R.C. Koo. 1991. Comparative effects of controlled-release and soluble fertilizers on young "Valencia" orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc., Winter Haven, 104:199-202.

Se compararon los efectos de tres fertilizantes de disponibilidad controlada (urea revestida con azufre, urea metileno y potasio revestido con azufre) con dos fuentes solubles (nitrato de amonio y cloruro de potasio) en naranjas jóvenes de la variedad "Valencia" cultivadas en la Florida central.

Los fertilizantes solubles se mostraron rápidamente disponibles, indicando además menor efecto residual en los contenidos de N y K en el suelo y en la hoja. En los 30 cm superficiales del suelo, los fertilizantes nitrogenados de disponibilidad controlada dejaron 23% más N, en tanto que los fertilizantes potásicos 56% más K.

Se encontró además diferencias en los niveles de N del suelo cuando la frecuencia de aplicación de los fertilizantes se redujo de 15 a 6 usando los fertilizantes de disponibilidad controlada, sin efecto desfavorable en el crecimiento, en la composición mineral de las hojas o en la fertilidad del suelo, durante los 3 primeros años.

La combinación de fertilizantes solubles con los de disponibilidad controlada en plantas jóvenes puede constituir una práctica económica y eficiente para los citricultores.

INTERACCION DE LA CAL CON EL POTASIO Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DE LA SOYA. I PRODUCTIVIDAD

Paolinelli, G. de P, y J.C. Pedroso Neto. 1993. Interacoes do calcario com o potassio e seus efeitos sobre a qualidade de sementes de soya. I. Productividade. In: Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo. Cerrados: fronteira agrícola no século XXI, 24., Goiania, 1993. Resumos. Goiania, SBCS. p.17-8.

Este ensayo se instaló en la Hacienda Experimental Getulio Vargas de la Empresa de Investigaciones Agropecuarias de Minas Gerais, en el período agrícola de 1991/1992, con el objeto de evaluar los efectos de dosis de cal y de K y sus interacciones en la productividad de la soya

[*Glycine max* (L.) Merrill], variedad Cristalina, así como las características del suelo.

Se utilizó un suelo Latosol Rojo-oscuro de textura media, con bajo contenido de Ca, Mg y K intercambiables, y de acidez elevada. Se probaron 4 dosis de cal (0, 2, 4 y 8 t/ha) que corresponden a cero, la mitad, la dosis y el doble de la dosis recomendada por la Comisión de Fertilidad del Suelo del Estado de Minas Gerais, y 4 dosis de K (0, 40, 80 y 120 kg de K_2O/ha). La cal se aplicó al voleo y se incorporó con arado, 60 días antes de la siembra. El K se aplicó en el surco en la época de siembra. Paralelamente a la fertilización potásica, se realizó la corrección fosfatada mediante 1 t/ha de superfosfato simple.

La mayor productividad (3,120 kg de soya) se obtuvo al aplicar 8 toneladas de cal y 120 kg de K_2O/ha. En este caso, se encontró una relación Ca/Mg de 1.8:1, una relación Ca/K de 15.7:1 y una relación Mg/K de 8.7:1, en la capa superficial de suelo de 0-20 cm.

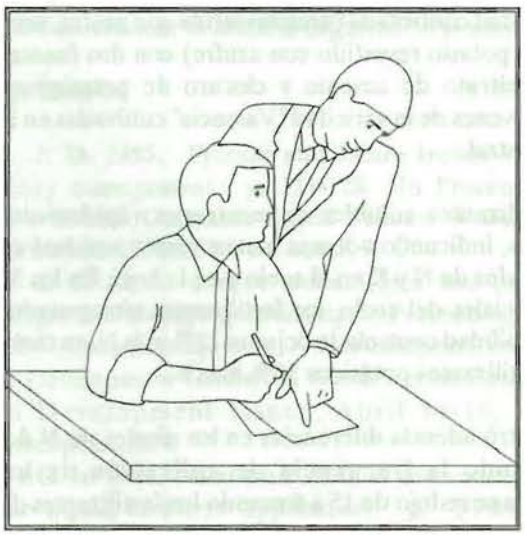
De los resultados obtenidos se puede concluir que:

a) Las dosis de cal recomendada por el método de Ca + Mg y Al intercambiables no fue suficiente para obtener una productividad satisfactoria, en condiciones del experimento, al aplicarse dosis elevadas de K al suelo.
b) Cuando el suelo no fue encalado las dosis elevadas de K causaron descenso en la producción.
c) Dosis elevadas de cal propiciaron reducción en la producción, cuando el contenido de K intercambiable en el suelo fue bajo.
d) La relación entre los contenidos Ca, Mg y K intercambiables es más importante que el nivel absoluto de cada elemento del suelo.
e) La mayor productividad se obtuvo al aplicar 8 toneladas de cal y 120 kg de K_2O/ha y la relación Ca/Mg/K fue de 15,7:8.7:1 en la capa de suelo de 0-20 cm.

DINAMICA DEL FOSFORO A CORTO Y LARGO PLAZO EN UN ULTISOL FERTILIZADO Y CULTIVADO CON CAÑA DE AZUCAR

Ball-Coelho, B., I. H. Salcedo, H. Tiessen, and J. W. Stewart. 1993. Short and long term phosphorus dynamics in a fertilized ultisol under sugarcane. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1027-1034.

En los sistemas de producción de caña de azúcar en el Brasil el fertilizante fosfatado representa un insumo de costo sustancial, sin embargo, es utilizado con baja eficiencia. Más aun, los estractantes utilizados actualmente para estimar el P disponible en suelos altamente meteorizados no son satisfactorios. El entendimiento de las transformaciones del P en el suelo es otro requisito para mejorar la estimación del P disponible y la eficiencia del P aplicado como fertilizante. Se utilizó un procedimiento de fraccionamiento secuencial del P en el suelo para examinar la dinámica a corto plazo del P aplicado como fertilizante, del P incorporado en los residuos y del P presente en el suelo y los cambios a largo plazo en las formas y cantidades de P en el suelo como resultado de la fertilización. Se dispusieron parcelas en un campo sembrado con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el noreste de Brasil. En unas se dejó el residuo sobre el campo y otras se quemó el residuo. Ambos tratamientos recibieron la misma cantidad de P en los residuos (8.7 kg/ha) pero, a pesar de la mayor disponibilidad del P de las cenizas, mayor cantidad de P fue movilizado y absorbido por las plantas en el tratamiento donde no se quemó el residuo, probablemente debido a la presencia de raíces en los residuos en descomposición y a una más intensa exploración de la capa superficial del suelo por las raíces como resultado de mejores condiciones de humedad. Este mejoramiento en humedad y suplemento de P se reflejó en un incremento de 40% del rendimiento de caña en las parcelas con residuo sin quemar. El fertilizante fosfórico aplicado en el surco, a 20 cm de profundidad, al inicio del cultivo se concentró en forma de fracciones más lábiles y tuvo un efecto residual de alrededor del 30% en el primer cultivo de sucesión. A largo plazo (10 años) hubo una acumulación (alrededor de 144 kg/ha) del P proveniente del fertilizante en los 30 cm superficiales del suelo (en fracciones lábiles y fracciones estables). Alrededor de la mitad de esta cantidad se acumuló en los 7.5 cm superficiales del suelo reflejando la limitada mezcla de las aplicaciones al voleo y la absorción de P de la capa de 7.5 a 15 cm de profundidad.



CURSOS Y SIMPOSIOS

1. MODERN TECHNIQUES IN MARKETING OF FERTILIZERS AND OTHER AGRIP-INPUTS

ORGANIZA : IFDC International Fertilizer Development Center
LUGAR : Nairobi
FECHA : Marzo 21 Abril 1 de 1994
INFORMACION : International Fertilizer Development Center
P.O.Box 2040
Muscle Shoals, Alabama 35662
EUA.
Telf:. 205 381 6600
Fax.: 205 381 7408

2. AGRI-INPUT DEALERS: ROLE IN AGRICULTURAL DEVELOPMENT

ORGANIZA : IFDC
LUGAR : Guyana
FECHA : Abril 18-22 de 1994
INFORMACION : IFDC
P.O. Box 2040
Muscle Shoals, Alabama 35662
Telf.: 205 381 6600
Fax .: 205 381 7408

3. ADVANCES IN FERTILIZER AND IRRIGATION TECHNOLOGY IN SUSTAINABLE AGRICULTURE (AFI) TRAVELING PROGRAM

ORGANIZA : IFDC
LUGAR : U.S.A. Locations
FECHA : Mayo 9-20 de 1994
INFORMACION : IFDC
P.O. Box 2040
Muscle Shoals, Alabama 35662
Telf.: 205 381 6600
Fax .: 205 381 7408

4. DISEÑO EVALUACION Y PROGRAMACION DEL RIEGO EN LA FINCA

ORGANIZA : Centro Internacional de Riegos
LUGAR : U.S.A. Colorado
FECHA : Mayo 1 Junio 11 de 1994
INFORMACION : International Irrigation Center
Utah State University
Logan, Utah 84322-4150
Telf.: 801 750 2800
Fax .: 801 750 1248

5. POLICY OPTION FOR PROMOTING SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NUTRIENT MANAGEMENT (PO)

ORGANIZA : IFDC
LUGAR : U.S.A. Washington D.C.
FECHA : Junio 20 Julio 1 de 1994
INFORMACION : IFDC
P.O. Box 2040
Muscle Shoals, Alabama 35662
Telf.: 205 381 6600
Fax .: 205 381 7408

6. 15th INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE

ORGANIZA : Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.
LUGAR : Acapulco-México
FECHA : Julio 10-16 de 1994
INFORMACION : Centro de Edafología
Colegio de Posgraduados
P.O. Box 45
56230 Chapingo, México
Telf.: 595 45 7 23
Fax .: 595 4 57 01

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
* **Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.** Publicación que cubre en forma completa, pero razonablemente simple, todos los factores que permiten diagnosticar los problemas nutricionales, para evitar que éstos sean limitantes en la producción de cultivos.	$ 3.00
* **Conozca y Resuelva los Problemas del Maíz.** Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición del maíz, como guía para la obtención de rendimientos altos.	$ 0.50

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INPOFOS-INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
Casilla Postal 17-17-980
QUITO ECUADOR

Ing. Fabricio Recalde
Buenos Aires No.166 y Salinas
Quito
Ecuador

IMPRESOS CORREO AEREO BY AIR MAIL