INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 26 ● ENERO 1997

PAPEL DEL FOSFORO Y DEL POTASIO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS

T. Roberts*

Introducción

El establecimiento de la población inicial del cultivo es el paso más importante para obtener buenos rendimientos. Para lograr esto es fundamental utilizar semilla de alta calidad de una variedad adaptada, en un suelo con suficiente humedad que asegure un crecimiento inicial rápido y uniforme. Sin embargo, la fertilidad del suelo donde germina la semilla es también un factor importante, especialmente con respecto a los nutrientes inmóviles en el suelo como el fósforo (P) y el potasio (K). La presencia de estos nutrientes es crítica para que el cultivo se inicie bien y termine satisfactoriamente.

Función del P y el K en las plantas

El P y K son dos de los tres nutrientes primarios esenciales para el crecimiento de la planta. Son primarios porque la planta los requiere en cantidades altas y esenciales porque son indispensables para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta y no pueden ser reemplazados por otros nutrientes.

Fósforo : Las plantas absorben P en forma de iones fosfato (H_2PO_4 o HPO_4). Una vez dentro de la planta, el P inorgánico es almacenado en las raíces o se mueve rápidamente hacia otras partes de la planta donde se incorpora en los compuestos orgánicos como enzimas, ácidos nucleicos y proteínas. Algunos de los procesos químicos en la planta que requieren P son: fotosíntesis, respiración, almacenaje y transporte de energía y crecimiento de la célula. El P juega también un papel importante en la transferencia de las características hereditarias de una generación a otra.

El P ayuda a que las raíces y la plántula se desarrollen más rápidamente, mejora la eficiencia del uso del agua, mejora la resistencia a enfermedades en algunos cultivos, acelera la maduración y es vital en la formación de la semilla. Todos estos son factores importantes en el rendimiento y en la calidad del cultivo.

Debido a que el P es inmóvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las partes bajas de la planta. Los síntomas visuales no son tan claros como los de nitrógeno (N) o K porque generalmente no se afecta el color de la planta. Sin embargo, cuando ocurre una deficiencia severa es común observar la presencia de un color rojo púrpura en las hojas y en los tallos, especialmente en maíz y pastos. En algunos casos, la carencia de P hace que el cultivo presente un color

CONTENIDO

	Página
● Papel del fósforo y del potasio en el establecimiento de los cultivos	1
● Como evitar la pérdida de nitrógeno por volatilización en mezclas físicas	5
● Respuesta de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) al déficit de agua y fertilización	6
● Métodos de producción de fertilizante granular NPK	8
● Reporte de Investigación Reciente	14
● Cursos y Simposios	15
● Publicaciones de INPOFOS	16

Editado por: Dr. José Espinosa

* Artículo escrito por el Dr. Terry Roberts. Western Canada Director, Potash and Phosphate Institute of Canada.

verde más obscuro que lo normal. El primer síntoma de falta de P es el crecimiento lento de la planta, una condición a veces difícil de detectar, a menos que se tengan disponibles plantas de tamaño normal para comparación. El retraso en la maduración puede también indicar deficiencia de P.

A medida que el cultivo madura, la mayoría del P se mueve hacia el grano. Por ejemplo, a la madurez alrededor del 80% del P tomado por el trigo se encuentra en el grano y el 14% en la paja. En contraste, la mayoría del K se localiza en la paja, en el caso del trigo 17% en el grano y 56% en la paja.

Potasio: Los cultivos contienen más K que P, pero aproximadamente la misma cantidad de K que de N. En el caso de ciertos cultivos de alto rendimiento como los pastos y el maíz el contenido de K puede ser mayor que el de N. Las plantas toman el K del suelo en forma iónica (K^+). Dentro de la planta, el K se mueve de tejido viejo a tejido joven, por esta razón, las deficiencias aparecen primero en las hojas viejas. Uno de los síntomas más comunes de carencia de K es el quemado de los filos de las hojas. Las plantas deficientes en K crecen lentamente y rinden muy poco, tienen sistemas radiculares pobremente desarrollados, los tallos son débiles y es común el acame del cultivo. Las semillas y los frutos son pequeños y arrugados.

A diferencia del N, P y otros nutrientes esenciales, el K no forma parte de la estructura química de la planta. Sin embargo, este nutriente juega un importante papel regulador dentro de la planta. La mayor parte del K se encuentra en forma soluble en el jugo celular. El K activa enzimas, mantiene el turgor de la célula, mejora la fotosíntesis y el transporte de azúcares y almidones, ayuda a la absorción de N y la síntesis de proteínas. Se lo reconoce como un elemento que mejora la calidad ya que el K extiende el período de llenado e incrementa el peso del grano, fortifica los tallos, mejora la resistencia a plagas y enfermedades y ayuda a la planta a resistir mejor el estrés.

Movimiento del P y K en el suelo

El P y el K no se mueven mucho en el suelo, de hecho pueden ser considerados inmóviles. Tienden a quedarse en el sitio donde se colocan. Cuando el P se mueve lo hace por difusión, un proceso lento y de muy corto alcance que depende de la humedad y en menor proporción de la temperatura y textura del suelo. En condiciones secas la difusión se reduce apreciablemente.

Que tanto se mueve el P en el suelo? En un suelo franco, si el P está localizado a más allá de 5 mm de la raíz, este nunca se moverá lo suficiente para ser absorbido por la raíz. La raíz primero debe crecer y acercarse a este P para que lo pueda absorber. Se estima que las raíces de los cultivos entran en contacto con solamente 1 al 3% del suelo en la capa arable a 20 cm de profundidad. También el K se mueve principalmente por difusión, pero es más soluble que el P y tiende a moverse más, especialmente en suelos arenosos.

Considerando que el P y el K se mueven muy poco, y que las raíces exploran un pequeño volumen de suelo, es vital el mantener adecuados niveles de estos nutrientes en el suelo para poder soportar un óptimo crecimiento de la planta, particularmente en las fases iniciales del crecimiento del cultivo.

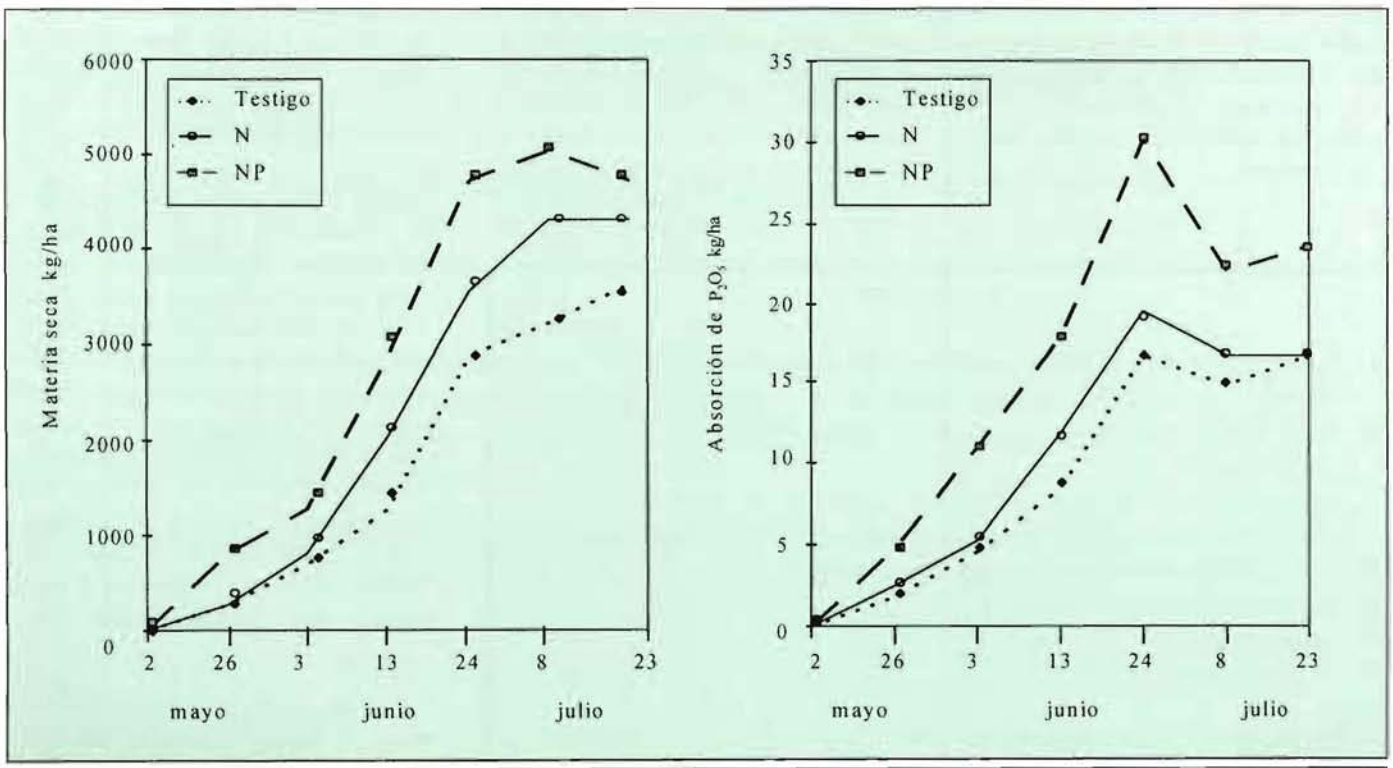

Figura 1. Efecto de la fertilización (50 kg N/ha y 48 kg P_2O_5/ha) en la acumulación de materia seca y en la absorción de P en trigo.

Establecimiento y desarrollo del cultivo

Los patrones de crecimiento son generalmente similares en todos los cultivos de grano. Después de la germinación, la planta pasa por un período vegetativo seguido de la floración, polinización y llenado del grano. La tasa de acumulación de materia seca se incrementa exponencialmente durante el período de crecimiento vegetativo y continua hasta que la planta se ha desarrollado lo suficiente para interceptar la mayor cantidad de luz solar. Después de esto, la tasa de acumulación se vuelve constante y continua de esta forma hasta la etapa de llenado del grano, donde empieza a reducirse, y finalmente se detiene a la madurez. La fertilización no altera el patrón de crecimiento, solamente incrementa la cantidad de materia seca acumulada (Figura 1). La acumulación de P en la planta sigue un patrón similar al de la materia seca. Sin embargo, se diferencia de la acumulación de materia seca en que el P acumulado en las raíces, hojas y tallos se trasloca a la semilla durante el período de llenado del grano. El K permanece en los tallos.

La absorción de P y K termina casi completamente antes de la floración. Investigación con trigo ha demostrado que este cultivo absorbe 65% de su P y 90% de su K hasta el final del período de grano pastoso. Las primeras semanas de crecimiento son las más críticas. Se ha demostrado, en trigo, que el estrés por carencia de P ocurre principalmente durante las primeras tres semanas después de la emergencia de la planta.

Los cereales consisten de tallos principales, macollos y raíces. El tallo principal es la planta que primero emerge de la semilla del cereal (arroz, trigo, cebada, avena, etc.). Generalmente es el tallo más fuerte de la planta. Los macollos aparecen algún tiempo después de la emergencia de la primera plántula como ramas del tallo principal y sirven para aumentar el número de espigas por hectárea presentes al final del cultivo. Los macollos dependen de su tallo padre para la provisión de nutrientes y agua hasta que logran un sistema radicular que los hace independientes.

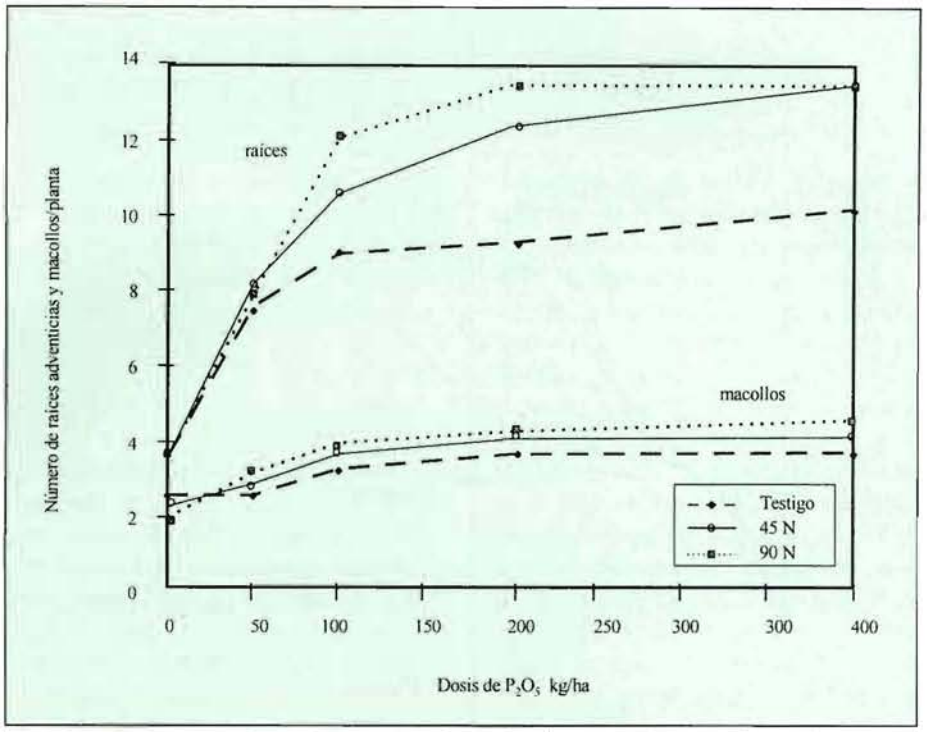

Figura 2. Efecto del N y P en las raíces adventicias y en los macollos de trigo.

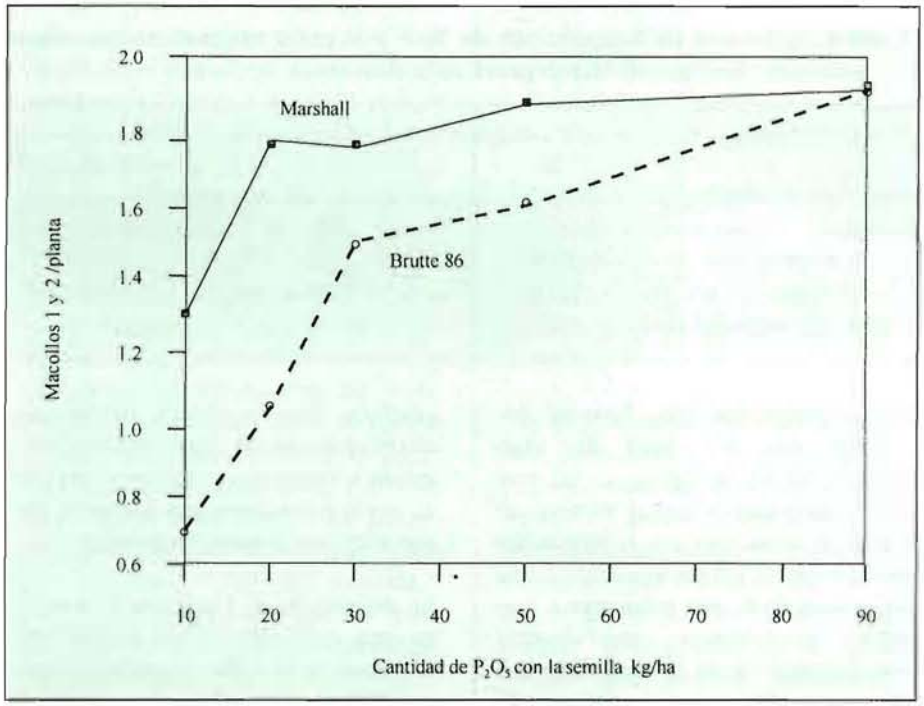

Figura 3. Efecto del P aplicado con la semilla en la producción de macollos en dos cultivares de trigo.

Existen dos tipos de sistemas radiculares en los cereales. Estos son: el sistema de raíces seminales que se desarrolla de los brotes presentes en la semilla y el sistema radicular adventicio o nodal que se produce a nivel de la corona, más tarde en el desarrollo de la planta. Las raíces adventicias complementan cada nuevo macollo añadido al tallo principal y dominan la masa radicular de un cereal maduro. Se ha observado que el conteo de raíces es un indicador más confiable, temprano en el ciclo, que el conteo de macollos para determinar el potencial número de espigas en la planta.

El P puede tener un impacto significativo en el número de raíces adventicias producidas por los cerea-

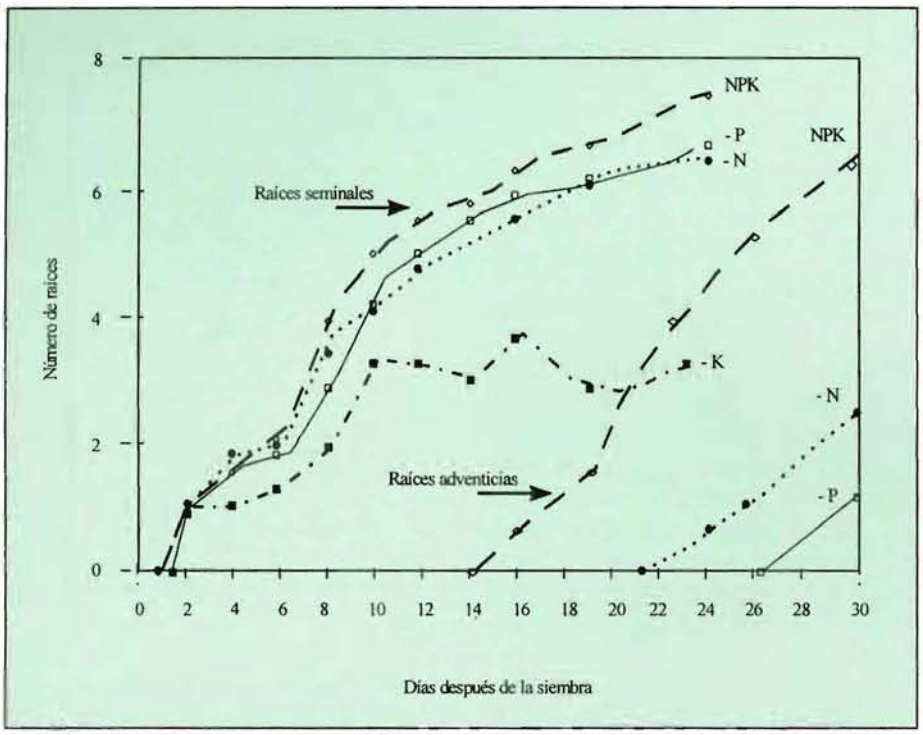

Figura 4. Efecto del N, P y K en el número de raíces seminales y adventicias a los 23 y 30 días después de la siembra.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de N, P y K en la longitud de las raíces seminales de trigo, 16 días después de la siembra.

Dosis de aplicación	---------- Longitud de las raíces seminales, cm ----------		
	N	P	K
Cero	430	306	67
1/2 de normal	412	411	395
Normal	439	439	349
Doble de normal	305	278	348

les de grano pequeño. Esto se demuestra con los datos de trigo presentados en la Figura 2. En este estudio se observa que el número de raíces se incrementa con la aplicación de P, y con la aplicación de N a una dosis dada de P. Los nutrientes a menudo interaccionan positivamente para producir un mejor resultado que cuando se usa un solo nutriente. El número de macollos y el número de espigas/ha se incrementa con el incremento en el número de raíces adventicias.

En este estudio, los rendimientos más altos de trigo se produjeron con la aplicación de 45 kg/ha de N. Si se compara el número de raíces obtenidas con las dosis de 0 y 45 kg de N/ha se observa que el P fue responsable del 75% del desarrollo de raíces adventicias (Figura 2). Un sistema de raíces adventicias bien desarrollado ayuda a explorar un volumen mayor de suelo e incrementa el potencial de uso eficiente de agua y nutrientes.

La deficiencia de P a menudo resulta en una reducción en el número de macollos en cereales de grano pequeño (Figura 3). La falta de desarrollo de los dos primeros macollos puede tener un importante impacto en el rendimiento. Estos macollos maduran con la espigas del tallo principal y tienen un potencial de rendimiento mayor que los macollos que aparecen después. Además de la reducción en macollos, la deficiencia de P se caracteriza también por la poca producción de hojas.

El K tiene un efecto aun mayor en el desarrollo de las raíces. La Figura 4 presenta los resultados de un experimento de invernadero conducido en Australia con trigo, el cual fue cultivado con y sin adecuadas cantidades de N, P y K. El crecimiento radicular se afectó severamente con la deficiencia de K y la reducción en el número de raíces fue evidente apenas a 6 días después de la siembra. Las plantas cultivadas sin K tenían la mitad de las raíces seminales al día 23 y no habían iniciado ninguna raíz adventicia hasta el día 30 después de la siembra.

Las tendencias en la longitud fueron las mismas que en el número de raíces. Existió un severa supresión del crecimiento de las raíces seminales con la deficiencia de K y se observó incrementos en la longitud de las raíces con las aplicaciones de P y K (Tabla 1). La aplicación de N tuvo poco efecto en la longitud de la raíz. La aplicación de dosis muy altas de N, P y K (doble de la dosis adecuada) suprimió el crecimiento de la raíz. Las altas concentraciones de fertilizantes en contacto con la semilla pueden retardar y en casos extremos afectar completamente la germinación.

Debido a que el P y K juegan un papel muy importante en el desarrollo radicular, y debido a que estos nutrientes son inmóviles en el suelo, a menudo es importante la aplicación de fertilizantes de arranque para optimizar el rendimiento. Se ha encontrado respuesta a la aplicación de fertilizantes de arranque aun en suelos con contenidos altos de P y K.

Cuando se considera trabajar con fertilizantes de arranque es necesario conocer cuanto material fertilizante se puede poner en contacto con la semilla sin efectos negativos. La principal preocupación es con el N, aun cuando el K puede también afectar la germinación cuando se aplica a dosis altas. En Canadá, actualmente se recomienda que la cantidad de N + K_2O a aplicarse junto a la semilla no exceda a 45 kg/ha. Todo esto depende de equipo usado para la siembra y fertilización. Existen equipos que dispersan mejor el fertilizante y que permiten usar mayores cantidades como aplicación de arranque.♣

COMO EVITAR LA PERDIDA DE NITROGENO POR VOLATILIZACION EN MEZCLAS FISICAS*

La economía en el transporte, almacenamiento y manipuleo ha sido el factor determinante para el uso de formulaciones de fertilizantes más concentradas. No es raro encontrar contenidos de N, P_2O5 y K_2O que superen los 40 puntos porcentuales. Por ejemplo, la tradicional formula 20-05-20, mùy usada en la caficultura brasileña, suma 45 puntos porcentuales. Como es natural, para obtener formulaciones más concentradas es necesario utilizar fuentes también más concentradas o más puras.

Tratándose de fuentes de nitrógeno (N), la urea es muy utilizada en las formulaciones de fertilizantes. La urea es un compuesto orgánico sintetizado que se obtiene al hacer reaccionar, a alta presión, amoniaco (NH_3) con dióxido de carbono (CO_2). La fórmula general de esta reacción es:

$$2NH_3 + CO_2 \rightarrow (NH_2)_2CO + H_2O$$

La urea contiene 45% de N y es un material muy higroscópico (absorbe fácilmente agua). Cuando la urea se manufactura en gránulos es recubierta con materiales no higroscópicos como yeso o azufre. Esto controla la higroscopicidad y posibilita su uso en formulaciones de mezclas físicas.

Cuando se aplica a suelo seco, la urea absorbe agua de la atmósfera y se inicia el proceso de hidrólisis, que es catalizado por la enzima ureasa. Como producto de la hidrólisis, la urea se transforma en carbamato de amonio y luego en carbonato de amonio, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow NH_2NH_4CO_2$$

$$NH_2NH_4CO_2 + H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

El carbonato de amonio producido por la descomposición de la urea se hidrolisa promoviendo un incremento en el pH de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2NH_4^+ + OH^- + H_2CO_3$$

La elevación del pH alrededor del gránulo de urea es apreciable llevando el pH del micrositio a valores superiores a 9.0. Esta condición promueve la transformación del amonio en amoniaco (NH_3) que es un gas que se desprende fácilmente a la atmósfera, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

El calor favorece la volatilización del amoniaco. Esta es la razón por la cual se pierde N cuando se aplica urea a suelo seco. El suelo húmedo reduce las pérdidas por volatilización porque el amonio (NH_4^+) liberado de la urea penetra y es retenido por las cargas negativas del suelo.

Una alternativa para substituir la urea como fuente de N y reducir el riesgo de volatilización en suelo seco es la utilización de fertilizantes que contengan N amoniacal, como el sulfato de amonio (20% de N y 24% de S), el fosfato monoamónico MAP (10% de N y 50% de P_2O_5) y el fosfato diamónico DAP (18% de N y 46% de P_2O_5). La hidrólisis de estas sales es ácida y no eleva el pH de modo que no existe el riesgo de perder N por volatilización. Si el suelo no es alcalino esto representa una gran ventaja frente a la urea. Sin embargo, los contenidos de N de estas fuentes son más bajos y las formulaciones hechas a base de estos materiales son menos concentradas, encareciendo el transporte, almacenamiento y manejo.

La utilización de fertilizante en suelo seco puede hacer más efectivo el uso de la mano de obra, pero no significa que la fertilización va a tener un efecto inmediato. Para que el fertilizante pueda ser aprovechado por las plantas es necesario la presencia de agua para que se disuelva el material.

Una fuente de N que puede substituir a la urea en las fórmulas concentradas, sin riesgo de volatilización, es el nitrato de amonio (NH_4NO_3) que contiene 35% de N. La mitad del N se encuentra en forma de amonio y otra mitad en forma de nitrato (NO_3). El nitrato se pierde más fácilmente por lixiviación. Sin embargo, todas las formas amoniacales presentes en suelo pasan a nitrato por medio del proceso mediado por bacterias denominado nitrificación, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+$$

Todos los fertilizantes nitrogenados son buenas fuentes de N. Su utilización depende de una determinación inteligente del las propiedades del fertilizante, de condiciones del suelo y del precio.

Los precios de las mezclas físicas no son controlados solamente por los puntos porcentuales de sus constituyentes. Existen fluctuaciones de mercado controladas por la oferta y la demanda o por el costo industrial. Por esta razón, en función de sus componentes, dos formulaciones iguales pueden tener precios diferentes. La substitución de urea por otra fuente de N puede aumentar o disminuir el costo de la formulación, dependiendo de los factores analizados anteriomente. ♣

*** Adaptado de: Riveiro, A. C. 1996. Como evitar a perda do nitrogenio de adubos por volatilizacao. Boletim Informativo, Sociedad Brasileira de la Ciencia do Solo, 21: 43-46.**

RESPUESTA DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) AL DEFICIT DE AGUA Y FERTILIZACION*

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto perenne de la familia Euphorbiacea, originario de América tropical. De gran importancia socioeconómica, ya que es un producto básico en la alimentación de personas y animales en los países tropicales de América, Asia y Africa.

Se cultiva en especial en zonas con suelos ácidos, infértiles y con períodos prolongados de sequía (Cock y Howeler, 1978 ; Howeler y Cadavid, 1983). Es una de las plantas más eficientes en cuanto a producción de almidón y su potencial es muy similar al de la caña de azúcar, maíz, sorgo y arroz, cuando las condiciones de cultivo son óptimas. Sin embargo, es bajo condiciones sub-óptimas cuando su potencial de rendimiento sobresale al ser comparada con otros cultivos. Se dice que esta planta tiene la habilidad de producir donde otros cultivos no crecen.

Esta planta se adapta bien a diferentes regímenes pluviométricos y se han obtenido altos rendimientos con precipitaciones menores a 1000 mm al año y temperaturas de aproximadamente 28° C (Cock y Rosas, 1975).

El desarrollo y crecimiento de la planta de yuca están determinados por la relación del Indice de Area Foliar (IAF) y la producción y distribución de la biomasa total a la cosecha final. A medida que el IAF aumenta, la tasa de rendimiento tiende a aumentar hasta un nivel de 4 - 5 (Cock y El-Sharkawy, 1988).

Durante un período de sequía el cultivo reduce su IAF, produciendo menos hojas y de tamaño más pequeño y aumentando la retención de las hojas ya expandidas (Rosas et al, 1976 ; Cock et al, 1979 ; Connor y Cock, 1981), lo cual se considera como un mecanismo de la planta para disminuir la pérdida de agua por transpiración (Connor et al, 1981 ; Connor y Palta, 1981 ; El-Sharkawy y Cock, 1979). Sin embargo, una reducción del IAF durante un período prolongado de sequía, también reduce la tasa de crecimiento del cultivo, siendo esa disminución más pronunciada en la parte aérea de la planta (El-Sharkawy y Cock, 1987).

De todas maneras, en condiciones de estrés lo importante no es una alta tasa de crecimiento, sino el uso más eficiente del agua disponible para lograr mantener el cultivo, ya que las plantas activas requieren un buen contenido interno de agua. Se ha encontrado que las plantas que sufren estrés alcanzan una producción ligeramente menor a la de aquellas que no pasaron por períodos de sequía (El-Sharkawy y Cock, 1987).

La yuca extrae cantidades relativamente grandes de nutrimentos del suelo, pero si se tiene en cuenta la materia seca producida, la extracción de éstos es menor que la de la mayoría de los otros cultivos, a excepción del K, debido a que las raíces de la yuca tienen un alto contenido de este elemento (Howeler y Cadavid, 1990).

El IAF óptimo para la yuca es 2.5-3.5 y una alta fertilización puede ocasionar un excesivo crecimiento de las partes aéreas produciendo un IAF mayor de 4, aun cuando esto no tiene efecto sobre la longevidad de las hojas (Cock, 1975). Las plantas cultivadas en condiciones de baja fertilidad presentan un IAF menor que las anteriores, pero sus hojas mantienen su eficiencia fotosintética (CIAT, 1979).

La yuca produce relativamente bien, bajo condiciones de baja fertilidad, gracias a la reducción en el IAF, a la conservación de un alto nivel de nutrimentos en las hojas y al aumento de la translocación de carbohidratos hacia las raíces (CIAT, 1979). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del estrés de agua y de nutrimentos sobre el rendimiento de la yuca.

Procedimiento experimental

Este ensayo se condujo en un Ultisol de Santander de Quilichao, Colombia. Se sembraron dos cultivares de la colec-ción CIAT Palmira, M Col 1964 y CM 507-37, con una densidad de 10000 plantas por hectárea.

Antes de la siembra se aplicaron al voleo y se incorporaron 500 kg/ha de cal dolomítica (55% de $CaCO_3$ y 35% de $MgCO_3$). Un mes después de la siembra se aplicaron en banda 500 kg/ha de la fórmula 10-20-20.

Para efecto de inducción del estrés de agua se empleó plástico blanco calibre 6 con el cual se cubrió la superficie del suelo para evitar la infiltración. El estrés hídrico se indujo cuatro meses después de la siembra con el fin de asegurar el establecimiento del cultivo. La cosecha final se realizó 12 meses después.

Se empleó un diseño experimental de parcelas sub-divididas con cuatro repeticiones, cuyos factores son estrés, variedad y fertilización. Se hicieron cosechas escalonadas a los 3, 5, 7 y 12 meses después de la siembra, recogiendo 6 plantas por parcela. El IAF se evaluó utilizando un analizador de follaje marca LICOR.

*** Tomado de : Mejia, S., L. Cadavid y M. El-Sharkawy. 1994. Respuesta de la yuca al déficit de agua y fertilización. Suelos Ecuatoriales, 24 :23-28**

Resultados y discusión

Rendimiento

Los resultados de la producción de raíces frescas, en los cuatro muestreos escalonados, se presentan en la Tabla 1. En los datos del primer muestreo se observa un efecto positivo al estrés de agua, sin que se presente una respuesta a la aplicación de fertilizantes, debido a que el cultivo estaba en una etapa inicial.

En el segundo muestreo se presentan diferencias significativas entre los tratamientos con estrés y sin estrés y una respuesta a la fertilización especialmente en el tratamiento con estrés. Sin embargo, los tratamientos con estrés sin fertilización son estadísticamente iguales a los tratamien-tos sin estrés sin y con fertilización, excepto para la CM 507-37 que presentó una diferencia significativa entre el tratamiento con estrés sin fer-tilización y sin estrés sin fertilización.

En el tercer muestreo se observa un efecto positivo a la fertilización. Los resultados de la cosecha final muestran también una respuesta positiva de las plantas a la fertilización en los tratamientos con y sin estrés de agua, en las dos variedades estudiadas. También se presenta una respuesta favorable de la yuca al estrés hídrico, siendo los tratamientos con estrés y con fertilización los que mayor rendimiento alcanzaron. Los tratamientos sin estrés sin fertilización son los de menor rendimiento y estadísticamente diferentes a los demás, excepto para la CM507-37 que resultó ser estadísticamente igual a los tratamientos con estrés sin fertilización.

El análisis estadístico indica que en todas las cosechas se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con estrés y sin estrés y entre las plantas con y sin fertilización, pero no se encontraron diferencias entre variedades en los diferentes tratamientos.

Indice de Area Foliar

En yuca, el IAF comienza a incrementarse durante la primera etapa del cultivo, luego se presenta una época en la que permanece constante y finalmente decrece debido a la defoliación natural cuando la planta alcanza la madurez fisiológica (Cock y El-Sharkawy, 1988).

El análisis estadístico de los datos de IAF en este ensayo muestran diferencias altamente significativas entre las variedades. La variedad CM 507-37 es la de mayor IAF con un promedio de 1.72 mientras que la M Col 1684 tiene un promedio de 1.35. La Diferencia Mínima Significativa (MSD) para esta variable es de 0.35. También se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos con estés y sin estés y entre plantas con y sin fertilización.

El tratamiento con estrés y con fertilización alcanzó un IAF promedio de 0.97 en la variedad M Col 1684, y de 1.37 en la CM 507-37. Por otro lado, los tratamientos sin estrés de agua y fertilizados presentaron un IAF de 1.36 en la M Col 1684 y de 1.65 en la CM 507-37. Los tratamientos que no fueron fertilizados alcanzaron IAF promedio de 0.77 en la M Col 1684 con estrés y de 0.70 para la misma variedad sin estrés. En la variedad CM 507-37 el IAF promedio para el tratamiento sin fertilizante fue de 0.90 en las plantas con estrés y de 1.07 en las plantas sin estrés. Estos datos indican que un excesivo desarrollo foliar limita la producción de raíces, pero que un deficiente desarrollo del follaje también es negativo. La reducción del área foliar es un mecanismo de defensa de la planta de yuca al estrés hídrico.

Coclusiones

Los resultados de este experimento permiten concluir que :

- La yuca responde bien a la fertilización en suelos con bajos contenidos de nutrimentos.

Continua en la pág. N° 9

Tabla 1. Efecto del estrés de agua y la fertilización en rendimiento raíces frescas de yuca en los cuatro muestreos (V1 = variedad M Col 1684; V2 = variedad CM507-37; CE = con estrés; SE = sin estrés; CF = con fertilizante; SF = sin fertilizante)

Primera cosecha			Segunda cosecha			Tercera cosecha			Cuarta cosecha		
Tratam.	Rend. (t/ha)		Tratam.	Rend. (t/ha)		Tratam.	Rend. (t/ha)		Tratam.	Rend. (t/ha)	
V2 CE SF	0.59	A*	V1 CE CF	6.29	A	V2 SE CF	12.46	A	V2 CE CF	23.25	A
V2 CE CF	0.59	A	V2 CE CF	4.96	B	V1 CE CF	9.59	AB	V1 CE CF	22.34	A
V1 CE CF	0.57	AS	V2 CE SF	3.51	C	V2 SE SF	8.63	BC	V1 SE CF	20.21	AB
V1 CE SF	0.35	AB	V1 CE SF	3.15	CD	V2 CE CF	8.02	BCD	V2 SE CF	20.09	AB
V1 SE CF	0.25	BC	V1 SE CF	3.11	CD	V1 SE CF	7.13	BCD	V2 CE SF	16.29	BC
V2 SE CF	0.17	BC	V2 SE CF	2.73	CD	V1 CE SF	6.08	CD	V1 CE SF	15.50	BCD
V1 SE SF	0.09	C	V1 SE SF	2.43	D	V2 CE SF	5.63	D	V2 SE SF	11.04	CD
V2 SE SF	0.07	C	V2 SE SF	2.18	D	V1 SE SF	5.08	D	V1 SE SF	7.25	D
LSD 0.05	0.25			1.13			3.01			5.98	

*** Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.**

METODOS DE PRODUCCION DE FERTILIZANTE GRANULAR NPK *

Ventajas y desventajas

La discusión en este documento se restringe a fertilizantes granulares sólidos. Esto no quiere decir que los fertilizantes líquidos no tienen importancia, simplemente una discusión sobre fertilizantes fluidos va más allá de los objetivos de este artículo.

Desde el punto de vista de uso de fertilizantes, existen una serie de aspectos importantes que son comunes en todo el mundo y que se tornarán aún más importantes, a medida que la población crezca, la tierra disponible para la producción de alimentos disminuya y el costo de la mano de obra se incremente. Algunos de estos aspectos son:

- La economía del uso de los fertilizantes esta gobernada principalmente por el valor del incremento en rendimiento del cultivo, como respuesta a cada unidad de nutrimento aplicado como fertilizante.

- Es necesario optimizar los métodos de producción, distribución y aplicación de fertilizantes.

- Los fertilizantes deben tener el más alto contenido de nutrientes posible, para minimizar el costo de distribución y aplicación.

- Es más económico aplicar fertilizantes que tengan varios nutrientes. Esto generalmente se ajusta mejor al manejo adecuado de la finca.

- La incorporación de micronutrientes en el fertilizante se volverá cada vez más importante, a medida que las prácticas de manejo de la finca se tornen más sofisticadas.

Dados los parámetros anteriores, las inquietudes que más frecuentemente se presentan son:

- "Qué métodos de producción y distribución de fertilizantes se encuentran disponibles y como éstos pueden satisfacer en mejor forma las necesidades de un determinado país o región"?

- "Cuáles son las opciones y como se pueden evaluar éstas frente a la disponibilidad de recursos y requerimientos de fertilizantes"?

No existe una sola respuesta o un solo método correcto para un determinado país o región. Existen un sinnúmero de variables que influyen en la dirección a tomarse. Estas variables pueden ser de naturaleza técnica, económica, política y en los últimos tiempos ambiental. En algunas ocasiones, la política juega un papel importante en la estrategia agrícola de un país y en algunas ocasiones tiene gran influencia en la manera como los fertilizantes son producidos y/o distribuidos en ese país.

La preocupación mundial sobre el ambiente ejerce gran presión sobre las políticas agrícolas, particularmente en la producción y uso de fertilizantes. Esto con seguridad jugará un papel cada vez más importante en las decisiones a tomarse en el futuro con respecto a la producción y distribución de fertilizantes.

Con todo lo anterior en mente, es necesario discutir las opciones disponibles. Los cuatro principales procesos para producir fertilizante granular que contenga varios nutrientes son:

- Granulación química

- Granulación al vapor

- Compactación

- Mezclas físicas

A continuación se presentan estas cuatro tecnologías básicas. Esta discusión no pretende ser técnica en naturaleza sino mas bien pretende presentar una descripción general de los métodos de producción disponibles.

Granulación química

Este proceso es el más complejo y con él se producen en la actualidad la mayoría de los fertilizantes sólidos que contienen varios nutrientes. La granulación química puede utilizarse para producir grados finales de fertilizante NPK (como a menudo se hace en Europa Occidental) o para producir compuestos intermedios, que pueden ser utilizados más adelante para producir los grados finales de fertilizante NPK (como se practica ampliamente en los Estados Unidos).

El concepto de granulación química comenzó en los años 30 y fue desarrollado como un método que permita incorporar dos o más nutrientes a una forma fácil de manejar y transportar y que la producción sea consistente en términos del contenido de nutrientes. En otras palabras, se busca producir un fertilizante con un contenido específico de nutrientes en forma consistente y confiable. El propósito original de la granulación química era evitar que el material se endurezca en los sacos durante el almacenamiento y transporte, de modo que el producto llegue al agricultor en una forma adecuada para aplicación en el campo.

*** Tomado de: Taylor, L. 1992. Métodos de producción de fertilizantes granulados NPK. Memorias del Seminario de Fertilización Balanceada. Palmaven-INPOFOS. Valencia, Venezuela. Octubre, 1992.**

Actualmente, más del 80% de los fertilizantes sólidos son transportados al granel y la tecnología de granulación química asegura que el material fluya libremente para facilitar la carga y descarga. Además se minimiza el endurecimiento durante el transporte y almacenamiento y los gránulos individuales son lo suficientemente fuertes para resistir el manejo sin que se rompan.

La granulación química se logra al juntar sólidos, líquidos y/o gases causando una reacción química que permite un relativo estado estable de aglomeración y un crecimiento controlado de las partículas. La cantidad y el tipo de sólidos, líquidos y gases, así como la magnitud de la reacción química, varían de acuerdo con los diferentes procesos, materia prima y productos fabricados. Sin embargo, el resultado final es un gránulo estable de tamaño y contenido de nutrientes consistentes.

Generalmente, los sólidos, líquidos y/o gases se juntan en un granulador giratorio y el material húmedo y plástico sale continuamente del granulador y entra a un secador giratorio. En este secador ocurre una considerable consolidación de los aglomerados y la formación final de gránulo. La evaporación del agua permite el fortalecimiento de los enlaces entre las partículas individuales de cada gránulo. Después el producto es clasificado por tamaño, enfriado y almacenado.

La mayor parte de la granulación de NPK's en las Américas se basa en contenidos altos de sólidos. La cantidad de material líquido requerido (generalmente amonio, soluciones salinas, ácidos y vapor), para lograr un nivel apropiado de fase líquida y calor, es relativamente pequeña. Como resultado, la infraestructura para el almacenamiento y manejo de la mayor parte de la materia prima es convencional y el bajo nivel de procesamiento (químico) simplifica el equipo de la planta y los requerimientos técnicos. Este nivel de tecnología generalmente funciona bien para plantas regionales con un rango de capacidad productiva entre 100 000 a 200 000 toneladas por año aproximadamente. Hubo una época en la que existían más de 200 plantas regionales de granulación operando en los Estados Unidos.

Generalmente en Europa, las plantas de granulación química se desarrollan como plantas integrales altamente sofisticadas (asociadas con la producción de amonio y ácido fosfórico) con una capacidad muy alta. Estas plantas producen mucho más de lo que se consume localmente y exportan apreciables cantidades de NPK's de alta calidad al resto del mundo.

Los procedimientos de granulación química se usan para producir la mayor parte de los fertilizantes granulados compuestos que se consumen en el mundo y también son responsables de la producción de algunos fertilizantes simples como la urea y el superfosfato granular y productos binarios como DAP y MAP.

Respuesta de la Yuca... Cont...

- La yuca tolera el estrés hídrico. Los resultados indican que esta planta requiere de cierto déficit de agua para alcanzar altos rendimientos.
- Es importante que exista un control en el crecimiento del follaje para que alcance óptimos rendimientos.

Bibliografía

CIAT, Centro Internacional de Agricultura Trópical. 1979. Cassava Program. In Annual Report 1978. Cali, Colombia. pp A1-A 100.

Cock, J. H. and C. Rosas. 1975. Ecophysiology of cassava. Paper presented to internal Symposium on ecophysiology of Tropical Crops, Manaos, Brasil. 14 p.

Cock, J. H. 1975. Fisiología de la planta y desarrollo. En Curso sobre producción de Yuca. Medellín, Instituto Colombiano Agropecuario, Regional 4 pp. 35-43.

Cock, J. H. and R. H. Howeler. 1978. The hability of cassava to grown on poor soils. In Jung., G. A., de. Crop tolerance to suboptimal land conditions. Madison, Wisconsin, American Society and Agronomy, ASA special publication, No. 32, pp. 145-154.

Cock, J. H., D. Franklin, G. Sandoval and P. Juri. 1979. The ideal Cassava plant of maximun yield. Crop Sci., 19 :271-279.

Cock, J. H. and M. A. El-Sharkawy. 1988. Physiological characteristics for cassava selection. Expl Agric, 24 :443-448.

Connor, D. J., J. H. Cock and G. E. Parra. 1981. Response of cassava to water shortage. I. Growth and Yield. Field Crops Research. 4:181-200.

Connor, D. J., and J. H. Cock. 1981. Response of cassava to water-shortage. II. Canopy Dynamics. Field Crops Research 4 :285-296.

Connor, D. J. and G. Palta. 1981. Response of cassava to water shortage. III. Stomatal control of plant water stress. Field Crops Research 4 :297-311.

El-Sharkawy, M. A. and J. H. Cock. 1987. Response of cassava to water stress. Plant and Soil 100 :345-360.

Howeler, R. H. and L. R. Cadavid. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during 12 months growth cycle of cassava field crop research 7 :325-340. ♣

Granulación al vapor

La granulación al vapor es un método que utiliza solamente sólidos. Estos materiales sólidos, que deben estar en forma de polvo o material fino, son mezclados en proporciones necesarias para obtener las concentraciones requeridas de nutrientes. Luego se introducen en el granulador con vapor y/o agua para proveer de suficiente fase líquida, calor y plasticidad que permiten que el material seco se aglomere y forme gránulos.

Los gránulos húmedos y plásticos son secados en un secador de tambor giratorio y luego clasificados por tamaños. El material de rechazo es reciclado en el granulador. Generalmente es necesario enfriar el material, antes o después de clasificarlo, dependiendo del tipo de fertilizante y condiciones locales (temperatura y humedad). El enfriamiento se hace también en tambores giratorios.

La granulación al vapor no requiere de reacciones químicas para la producción de gránulo pero tiene aplicación limitada debido a razones que se discutirán más adelante.

Compactación

Este método de producción de fertilizantes NPK utiliza fuerza mecánica para formar partículas densas (gránulos) a partir de materia prima en partículas pequeñas o en polvo. El proceso de compactación es básicamente una granulación seca, por esta razón no existe un medio líquido y/o una reacción química para "cementar" los gránulos. Las partículas finas de materia prima se someten a una presión lo suficientemente alta para juntarlas estrechamente y acercar lo suficiente las superficies para que las fuerzas intermoleculares y electrostáticas mantengan el gránulo unido. La tecnología de compactación ha sido usada por muchos años para producir potasa compacta (granular o gruesa). La mayor parte de la potasa granular es producida de esta manera.

El proceso de compactación se inicia pesando y mezclando la materia prima fina o granulada en la proporción de nutrientes requerida. La mezcla resultante se introduce en un molino de alta eficiencia para asegurar que todo el material sea de tamaño apropiado para la compactación. En este punto, la materia prima nueva y el material compactado de tamaño muy pequeño, que ha sido rechazado y que se recircula, entran en una mezcladora continua de alta intensidad. Comúnmente, la proporción de material reciclado a materia prima nueva es de 1:1 y 2:1. La mezcla homogénea se introduce luego al compactador. El compactador consiste de prensas de rodillo que utilizan el principio de aglomeración por presión. Varios criterios, tales como la configuración de la superficie, diámetro, velocidad rotacional y presión (fuerza) del rodillo, así como el tipo de productos compactados, tienen un fuerte efecto sobre la producción, la calidad y los requerimientos de operación de la planta. El producto elaborado es una lámina plana 5-20 mm de grosor.

La lámina producida en el compactador debe quebrarse y el material resultante debe clasificarse de acuerdo al tamaño deseado. La reducción del tamaño se puede lograr por medio de varios métodos de fraccionamiento, incluyendo molinos convencionales (cadena o jaula), o molinos específicamente diseñados que operan a velocidades lentas. El sistema de clasificación o tamizado es generalmente un circuito cerrado de donde el producto final va al acabado o al almacenamiento y los finos regresan al inicio del proceso para reciclado. La eficiencia del fraccionamiento y tamizado tiene un significativo efecto en la capacidad de la planta.

Se puede requerir de varios pasos para el acabado final del producto, dependiendo de la materia prima y del producto que se está manufacturando. Los gránulos irregulares de filos agudos se rotan en un tambor de abrasión para redondear las puntas filas. En el caso de partículas difíciles de compactar, se puede requerir de humedad (vapor o agua) junto con el secado. En ocasiones se puede añadir una capa de recubrimiento para limitar el endurecimiento del material.

Se enfatiza el hecho de que no existe reacción química en este proceso, aun cuando las propiedades de la materia prima (compatibilidad química, características térmicas y plasticidad) tienen gran influencia en el desarrollo normal del proceso.

El producir NPK's por medio de compactación es una idea relativamente nueva, aun cuando varias plantas han estado operando en Europa por más de 20 años. Parece que la compactación, para producir fertilizantes compuestos, exclusivamente con materia prima seca, ha tenido algún éxito en el mundo.

El uso de plantas de compactación, junto con una o más plantas de mezcla física, ofrece posibilidades interesantes en términos de materia prima, productos a elaborarse e incorporación de micronutrientes.

Mezclas físicas

Esta tecnología se refiere a la mezcla física de fertilizantes granulados sin que intencionalmente se introduzcan reacciones químicas o se agranden las partículas. Se discute al final el método de mezclas físicas debido a que este procedimiento no es posible sin la materia prima (granular o compactada) producida por uno de los métodos discutidos previamente. La materia prima usada en las mezclas físicas debe estar en forma granular, de modo que podría venderse, distribuirse o aplicarse como un fertilizante simple o como un compuesto binario, (urea, fosfato diamónico y muriato de potasio).

Aun cuando el proceso de mezclas físicas es relativamente simple, a menudo se tiende a sobre simplificarlo produciendo materiales de mala calidad, contribuyendo de esta forma a la creencia común de que las mezclas físicas son productos de inferior calidad.

Las mezclas físicas requieren materia prima apropiada que debe ser pesada adecuadamente para asegurar que los nutrientes requeridos estén presentes antes de proceder a la mezcla.

Una mezcla física, para ser aceptable, debe tener ciertas características. Las más importantes son:

- debe fluir libremente
- debe tener un contenido correcto de nutrientes
- no se debe segregar
- no debe ser higroscópica (dentro de ciertos límites)

Para poder cumplir con los criterios anteriormente expuestos, es esencial que se cumplan ciertos procedimientos técnicos durante el proceso.

Es absolutamente necesario que las partículas de la materia prima a usarse en la mezcla física tengan el mismo tamaño. Es importante que el método de pesaje sea confiable y consistente, preferiblemente un sistema que pueda ser automatizado y controlado sin recurrir a la intervención humana. La necesidad de controlar adecuadamente la entrada de la materia prima al proceso, para elaborar un producto final de calidad, no es diferente a la de las plantas de granulación química o compactación. Sin embargo, este proceso no se ejecuta con la precisión o control de otros procesos más sofisticados.

Los ingredientes, una vez pesados, deben ser combinados en una mezcladora eficiente que tenga capacidad probada de producir mezclas de calidad. Esta es una parte del procedimiento donde a menudo ocurre sobre simplificación. De hecho, en algunas áreas se hacen mezclas físicas mezclando los materiales con pala en un patio de concreto que luego se ensacan.

El proceso inicial para casi todos los métodos de producción comienza con la mezcla del material sólido y seco y la calidad del producto final depende de este procedimiento. Es evidente entonces que si la mezcla se hace correctamente (automatización, eficiencia del mezclado), se pueden producir mezclas físicas de calidad.

Después de mezclar la materia prima, es muy importante la forma de manejo del material para prevenir la segregación. Es importante enfatizar una vez más que es esencial, para evitar segregación del material, que el tamaño de las partículas o gránulos de la materia prima a mezclarse sea igual. Después de mezclado, el producto debe ser manipulado lo menos posible antes de introducirlo en las sacos. Se debe evitar que las mezclas fluyan por los surtidores y se acumulen en las tolvas o en las bodegas.

Es necesario indicar nuevamente que no existe un método de producción que sea mejor que los otros. Sin embargo, y aun cuando existen varios aspectos a considerarse, generalmente se puede llegar a una clara decisión de que método puede utilizarse en un país en particular. A continuación se discuten las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de producción.

Ventajas y desventaja de los métodos de producción

Si se asume que la meta de cualquier método de producción es la de manufacturar fertilizantes compuestos, que tengan el contenido de nutrientes deseado y que puedan satisfacer de mejor forma los requerimientos agronómicos del área donde se comercializan, estos fertilizantes deben ser manufacturados en forma más económica y al mismo tiempo deben ser sensitivos con el medio ambiente. Al aplicar demasiado, el exceso no solo será desperdicio, sino que potencialmente también puede dañar el cultivo y/o el ambiente. Al aplicar muy poco no se obtiene la respuesta deseada del cultivo.

Granulación química

Desde el punto de vista técnico, la granulación química permite obtener el mejor fertilizante compuesto sólido. Todos los ingredientes se incorporan en la fórmula antes de la formación de los gránulos de manera que cada gránulo individual contiene todos los nutrientes en la proporción predeterminada. Estos gránulos son de muy alta calidad, con las mejores características físicas posibles (tamaño, resistencia al resquebrajamiento, facilidad de fluir, etc). Estas propiedades pueden ser controladas mediante la selección cuidadosa de la materia prima y del cuidadoso control de las operaciones en el proceso. Por estas razones se requiere que las plantas de granulación química sean complejos industriales grandes altamente sofisticados y costosos de instalar. Es importante que estos complejos estén cerca de las fuentes de materia prima para poder producir en forma económica y eficiente.

En general, los complejos de granulación química que han tenido éxito tienen las siguientes características:

- Son plantas grandes e integrales que producen los ácidos necesarios y/o amonio y/o están localizadas en o cerca de las fuentes de materia prima.
- Producen un número limitado de fórmulas, las cuales pueden ser manufacturadas económicamente en grandes cantidades.
- Distribuyen sus productos en una gran área de mercadeo, generalmente internacional y no local.
- Tienen un mercado propio servido con formulaciones especiales y tienen una fuente local, barata de materia prima.

Algunas plantas pequeñas de granulación todavía operan y sirven a ciertas regiones pero el número de esas plantas está reduciéndose. Debido a la naturaleza de la granulación química, es difícil producir, en forma económica, un gran número de fórmulas (un requerimiento creciente debido a que la producción de alimentos se expande y diversifica). La situación se torna especialmente difícil si se debe importar la materia prima. La economía de administrar una planta de granulación química, que debe importar la materia prima, generalmente no funciona para una pequeña planta regional. Obviamente, existen excepciones en situaciones especiales donde existen fuentes locales de materia prima, tales como amonio y/o ácido sulfúrico, que son una fuente económica de materia prima con la cual se puede producir los grados finales.

Granulación al vapor

La granulación al vapor puede ser un proceso adecuado para plantas regionales y puede tener cierta aplicación en situaciones particulares. La ventaja con este método es que se usa todo el material sólido en polvo que se combina con vapor para producir NPK's en una forma granular que tienen características similares al producto químicamente granulado.

Las desventajas de este método son : las plantas de granulación a vapor son relativamente costosas de construir y operar y tienen limitaciones considerables en los productos que se pueden elaborar, así como en la materia prima que pueden utilizar. Las características físicas del material producido generalmente no son tan buenas como los granulados químicos. La granulación al vapor ha tenido algún éxito en India, pero no es ampliamente aceptada en otras partes del mundo.

Compactación

La compactación ofrece ventajas tanto de los métodos de granulación como del método de mezcla física. La compactación es un método por el cual materia prima seca y en forma de polvo se consolida mediante simple presión. Como la granulación, la compactación combina todos los ingredientes en un solo gránulo para producir la proporción de nutriente deseada. No hay reacción química y no se añade humedad lo que simplifica enormemente el proceso, reduce los requerimientos de energía y reduce la corrosión creada por las reacciones químicas. Cambiar la formulación es un proceso rápido y relativamente fácil. El nivel de contaminación también se reduce debido a que solo se usa materia prima seca en el proceso.

Otras ventajas adicionales son: costos relativamente bajos de inversión (comparado con la granulación), bajo requerimiento de personal y la simplicidad en la operación. La compactación puede usar varios tipos de materia prima (productos secos, en forma de polvo o granular), factor que no solamente redunda en la economía de la planta sino que también permite producir una amplia variedad de grados de fertilizantes. Las desventajas de la compactación incluyen:

- La materia prima debe tener un muy bajo contenido de humedad.
- Limitaciones en el uso de cierta materia prima como la urea, superfosfato y nitrato de amonio por compatibilidad química e higroscopicidad.
- Algunos productos compactados forman filos agudos que si no se tratan adecuadamente antes del manejo (pulido y/o endurecimiento de la superficie) tienden a romperse y crear material muy fino.
- Los gránulos producidos por medio de la compactación no son esféricos y son de forma más irregular que los obtenidos por medio de granulación. Esto puede crear cierta resistencia a nivel de finca debido a que este producto no tiene la forma de los productos que en forma tradicional se han usado.

Mezclas físicas

Las plantas de fertilizantes que producen NPK's basándose en las mezclas físicas son considerablemente más baratas de construir y son más fáciles de operar que las plantas de granulación o compactación de igual tamaño. Las plantas de mezcla física tienen más flexibilidad que las de granulación tanto en el cambio de formulaciones como en el número de grados que pueden producir. Sin embargo, el tipo de la materia prima adecuada para el proceso es limitado. Las principales ventajas de la mezcla física son:

- Económicas: menor capital de trabajo, costo del capital y costo de producción.
- Técnicas: La principal ventaja técnica es la simplicidad del proceso. La mezcla física requiere de equipo y procesos de operación relativamente simples. La producción puede detenerse y reiniciarse fácilmente de acuerdo a la demanda. Epocas bajas de producción no causan ningún problema técnico o económico.
- Flexibilidad en el uso de la materia prima y productos manufacturados: El proceso de mezcla física involucra solamente el pesaje y mezcla de los materiales secos. Es muy simple cambiar la producción de un grado de fertilizante a otro (proporción y composición de nutrientes) y este hecho es probablemente la principal ventaja de las mezclas físicas. El proceso es muy flexible con respecto al número de grados y proporciones de nutrientes que se pueden preparar a partir de un reducido número de materias primas.
- Calidad : Se pueden producir mezclas de calidad, pero esto depende en mucho de la calidad y compatibilidad de la materia prima. Por lo tanto, es esencial que la materia prima usada en el proceso sea químicamente compatible, que el tamaño de los gránulos sea igual y lo suficientemente durable para resistir la degradación durante el manejo.

Las desventajas del proceso de mezclas físicas son bastante obvias:

- Aun cuando el material de alta calidad requerido para el proceso de mezclas físicas está generalmente disponible en el mercado internacional, en ocasiones no se usa por razones económicas.
- La segregación causada por diferencias en el tamaño del material usado en la mezcla y/o por el pobre manejo del producto puede causar respuestas erráticas del cultivo.
- Puede ser difícil el incorporar micronutrientes en las mezclas. Aun teniendo excelente distribución, la cantidad de micronutrientes en la mezcla puede ser tan pequeña que algunas plantas en el cultivo no reciben la cantidad necesaria si no se tiene cuidado en la manera como los micronutrientes son incorporados.
- Debido la inversión relativamente baja y a los buenos procedimientos de control de operación existe la ten-

dencia a utilizar equipos que no son del todo apropiados lo que resulta en mezclas de pobre calidad. Por ejemplo, el pesaje puede ser hecho cargando el material con una pala mecánica y la mezcla resultante es totalmente dependiente de las acciones del operador.

En este punto es necesario enfatizar una vez más que no se debe simplificar demasiado el proceso de mezcla física. Uno de los mayores problemas del proceso en todo el mundo ha sido la tendencia de usar a los Estados Unidos como ejemplo en el proceso. Es cierto que en los Estados Unidos han estado haciendo mezclas por más de 30 años y este proceso domina el mercado americano de producción de NPK's, pero no existe similitud entre los Estados Unidos y el resto del mundo en cuanto a la distribución de NPK's a los agricultores. En los Estados Unidos el sistema tiene las siguientes características:

- Areas agrícolas dominadas por fincas grandes.
- Excelente sistema de transporte de materia prima, al granel o en pequeñas cantidades, en todo el país (camiones y tren).
- Virtualmente todas las mezclas son producidas, entregadas y aplicadas al granel por métodos altamente mecanizados.
- Existen muchas plantas de mezcla física en los Estados Unidos (5 000 o más) que sirven un mercado local pequeño (20 a 30 kilómetros) y ofrecen una variedad de servicios.

La condiciones en el resto del mundo son muy diferentes. Latinoamérica y el Caribe pueden caracterizarse de la siguiente manera:

- Las fincas son pequeñas.
- La materia prima debe ser importada al granel en grandes cantidades ya que no están disponibles localmente.
- Los sistemas internos para el transporte y manejo de material al granel son limitados.
- Virtualmente todos los fertilizantes son entregados a los agricultores en sacos.
- Los fertilizantes se aplican generalmente a mano en cantidades relativamente pequeñas por lo cual la calidad del producto es muy importante. Unos pocos sacos pueden ser la compra total de un agricultor.
- Se siembran una gran variedad de cultivos y los tipos de suelos varían enormemente.
- Los costos de la mano de obra son bajos.
- La mayor parte de la región es tropical o subtropical y los ciclos de los cultivos son largos.

Todo esto significa que la metodología de mezclas físicas usada en los Estados Unidos no es transferible al resto del mundo sin modificaciones significativas. Se deben seguir procedimientos técnicos apropiados para poder producir mezclas de calidad. Pequeñas plantas locales con poco control y carentes de procedimientos operativos apropiados siempre crean problemas. Por otro lado, es cierto que se pueden producir mezclas físicas de buena calidad, tal como se producen fertilizantes granulados y compactados de buena calidad, cuando se siguen procedimientos apropiados. Está claro que tanto los compuestos granulados y las mezclas tienen ventajas y desventajas importantes en lo que se refieren a la economía de la tecnología de producción y del uso en las fincas. A menudo, la importancia relativa de las condiciones locales. Teniendo todo esto en cuenta, estas son las posibles elecciones:

- Importar NPK's químicamente granulados y listos para aplicar, con una proporción de nutrientes predeterminada que cubra mejor los requerimientos locales.
- Importar materia prima (o usar materia prima local disponible) para producir NPK's granulado o compactado para satisfacer los requerimientos locales.
- Importar materiales que han sido granulados o compactados cerca de la fuente de materia prima (potasa de Canadá, urea de Trinidad, etc.) y mezclarlos para satisfacer los requerimientos locales.

Como tomar la decisión?

No existe una sola opción para una región o país. La conclusión lógica deberá basarse en la evaluación de los factores que ya se han discutido, principalmente factores económicos, requerimientos técnicos, preocupaciones ambientales y condiciones políticas. Las preguntas a responder son obvias:

- Existe materia prima local?. Que material se puede usar inmediatamente y cuál tiene que ser desarrollada, cuánto cuesta y cuál será el efecto de su uso a largo plazo.
- Que tan grande es el área geográfica a la que se debe servir?. Cuánto se debe producir para satisfacer las necesidades del mercado y como se transportará el producto.
- En qué forma requieren los agricultores el producto final: sacos o al granel?
- Si se tiene que importar materia prima, que formas permite manufacturar el mejor producto para satisfacer los requerimientos específicos del cultivo al costo más bajo?

Generalmente se concluye que el mejor lugar y método para producir fertilizante de granulación química (simples o compuestos), son las plantas sofisticadas ubicadas cerca o en la fuente de materia prima. Estos productos pueden ser manufacturados económicamente cerca de sus fuentes de materia prima, con buen control técnico, en plantas que son lo suficientemente grandes para encarar y probablemente resolver muchos de los problemas ambientales asociados con la producción. De estos sitios, los productos pueden ser transportados para satisfacer los requerimientos locales de compactación o mezcla física. ♣

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

ADSORCION Y MOVIMIENTO DEL SUFATO EN UN LATOSOL DEL CERRADO SOMETIDO A ENCALADO Y FERTILIZACION FOSFATADA

Dynia, J.F. y O.A. de. Camargo. 1995. Adsorcao e movimento de sulfato em latossolo de cerrado submetido a calagem e adubacao fosfatada. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas. 19(2):249-253.

Se realizó un experimento de campo en un latosol rojo-oscuro (LE) en el municipio de San Antonio de Goiás (GO) durante el periodo de noviembre/82 a julio/89. Se efectuaron 17 cultivos alternados, con arroz (5), fríjol (6), maíz (2), y trigo (4). Se probaron tratamientos sin fertilización (testigo), con fertilizante fosfatado P_2O_5 (90 kg/ha/cultivo) y con fertilización fosfatada (90 kg/ha por cultivo) + encalado (5.5 t/ha). Se aplicó cal por parcelas en 1982 (2.5 t/ha) y en 1985 (3.0 t/ha). Posteriormente se mantuvo la aplicación por casi dos años (1989-1991), se evaluó el efecto de esos tratamientos en la adsorción y el movimiento de sulfato en el suelo: tanto la fertilización fosfatada cuanto la fertilización fosfatada + el encalado redujo la capacidad de absorción del sulfato, pero prácticamente no alteran la energía de ligación sulfato-suelo. La reducción de la capacidad máxima de adsorción fue semejante para los dos tratamientos en la capa arable del suelo, 0-20 cm, y mayor en el tratamiento fertilización fosfatada + encalado en la de 20-60 cm. Ambos tratamientos favorecieron la lixiviación del sulfato de la capa arable para las adyacentes. El encalado acentuó la lixiviación del anión. ♣

CONTROL DE LAS PERDIDAS DE AMONIO DURANTE EL COMPOSTAGE DE ESTIERCOLES CON ADICION DE FOSFOYESO Y SUPERFOSFATO SIMPLE

Prochnow, L.I., J. C. Kiehl, F. S. Pismel y J. E. Corriente. 1995. Controle das perdas de amonia durante a compostagem de estercos com adicao de fosfogesso e superfosfato simples. Scientia Agricola, Piracicaba, 52(2):346-349.

Con el propósito de evaluar la eficiencia del fosfoyeso agrícola y de superfosfato simple en el control de las pérdidas de amonio por volatilización durante el proceso de compostage de estiércoles se llevó a cabo un experimento en frascos de vidrio cerrados (jarras Leonard) de 1.6 litros de capacidad, mezclando diferentes cantidades (50,100,150 y 200 kg/t) de fosfoyeso y superfosfato simple con un sustrato compuesto de mezclas en partes iguales con estiércol fresco de gallina y de bovinos. La pérdida de amonio por volatilización se determinó después de 7, 14, 21, 28 y 35 días. Se recolectó el gas en una solución de ácido sulfúrico retenida en un pequeño recipiente el cual se colocó en el interior del frasco. El ácido remanente después del período de exposición al amonio se determinó por titulación con solución de NaOH 0.025 N.

La cantidad de amonio del estiércol perdida por volatilización disminuyó con la adición de ambos materiales estudiados, sin embargo, para todas las dosis aplicadas, el yeso agrícola fue más eficiente que el superfosfato simple. La disminución de la volatilización fue tanto mayor cuanto más elevadas fueron las dosis de ambos aditivos. Se puso en evidencia que la reducción de las pérdidas de amonio se debió a la presencia del yeso en los materiales estudiados. ♣

SISTEMA RADICULAR Y NUTRICION DE MAIZ EN FUNCION DEL ENCALADO Y DE LA COMPACTACION DEL SUELO

Rosolem, C.A., L.S.R. Vale, H. Grassi Filho y M.H. de. Moraes. 1994. Sistema radicular e nutricao do milho em funcao da calagem e da compactacao do solo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas. 18(3):471-476.

En el Departamento de Agricultura y Mejoramiento Vegetal de la FCA/UNESP Botucatu en 1993, se llevó a cabo un experimento en jarras de vidrio (jarras Leonard), en un Latosol rojo-oscuro de textura media. El objetivo fue evaluar el efecto de tres niveles de encalado, suficientes para alcanzar saturaciones de base de 35%, 55% y 75% y cuatro niveles de densidad de suelo en la subsuperficie (1.03, 1.25, 1.48 y 1.72 g/cm^3) en el crecimiento radicular y en la nutrición de maíz.

El encalado tuvo efecto positivo en el crecimiento radicular, en la producción de materia seca y en la absorción de nutrientes por el maíz, independientemente de la compactación del suelo. La compactación en la subsuperficie propició el incremento de raíces en la capa superficial y una drástica disminución del crecimiento radicular en la capa más profunda. Se redujo el crecimiento en un 50% a 1.42 Mpa de resistencia a la penetración pero a 2.0 Mpa el crecimiento no fue completamente inhibido. El incremento en la densidad del suelo hasta 1.72 g/cm^3 perjudicó la absorción de nutrientes por unidad de área de la raíz. ♣

CURSOS Y SIMPOSIOS

1.- XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE PASTOS

ORGANIZA : Ministerio de Agricultura de Canadá
LUGAR : Winnipeg, Canadá
FECHA : 8 - 19 Junio, 1997
INFORMACION : XVII International Grassland Congress 97
P.O. Box 4520, Station C
Alberta, Canadá
Cuba
Fax : 403 244 2340

2.- MEDIO SIGLO DE INVETIGACIONES CAÑERAS EN CUBA

ORGANIZA : INICA
LUGAR : Estación Experimental Mayarí
FECHA : 23 - 27 Junio, 1997
INFORMACION : Dr. Raúl Cabrera Graña
INICA
Ave. Van Troi No. 17203
Cuba
Fax : 537 666 036

3.- II CONFERENCIA SOBRE SISTEMAS DE MANEJO ESPECIFICO DE SUELOS Y CULTIVOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION COMPUTARIZADA PARA AGRICULTURA

ORGANIZA : PPI y FAR
LUGAR : University of Illinois, Urbana, Il.
FECHA : 6 - 9 de Agosto, 1997
INFORMACION : Dr. Bob Darst, PPI
655 Engineering Drive,
Suite 110
Norcross, GA 30092-2843
USA
Telf : 770 448 0335
Fax : 770 448 0439

4.- CURSO INTERNACIONAL DE MANEJO DE NUTRIENTES PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE

ORGANIZA : International Agricultural Center (IAC)
LUGAR : Wageningen, Holand
FECHA : 24 Agosto - 22 Sept., 1997
INFORMACION : IAC
P.O. Box 88
6700 Ab Wageningen
Holanda
Telf : 31 317 490111
Fax : 31 317 418552

5.- XXVI CONGRESO MUNDIAL DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Montpellier, Francia
FECHA : 20 - 26 de Agosto, 1998
INFORMACION : Secretario del Congreso
Le Corum, Service Gestion
Esplanade Charles de Gaulle-
BP 2200
34027 Montpellier Cedex 01
France
Telf.: 33 467 616761
Fax : 33 467 616684

PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

* **Manual de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes. $ 20.00

* **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. $ 4.00

* **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. $ 20.00

* **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. $ 5.00

* **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. $ 5.00

* **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. $ 20.00

* **Nutrición y Fertilización del Maracuyá.** Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá. $ 5.00

* **Conozca y Resuelva los Problemas Nutricionales de los Cultivos.** Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición de cultivos, como guía para la obtención de rendimientos altos. Disponibles: Maíz y Espárrago. $ 0.50

* **Conceptos Agronómicos.** Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos. $ 0.50