



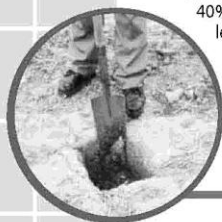
NUTRICIÓN FOLIAR, UNA ALTERNATIVA Para enfrentar los altos precios de los fertilizantes nitrogenados

Nicaragua debe enfrentar hoy en día una escasez de alimentos y de energía a causa del incremento de la demanda de dos economías, la de China e India, que suman el 40% de la población mundial. A esto le sumamos el calentamiento global, ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂, C₂H₂), cuya causa principal es el uso de combustibles derivados del petróleo. Esto ha obligado a buscar nuevas fuentes



Ing. Erick Molieri Fonseca
Especialidades Agrícolas (ESAGRI)
Tecnología con Servicio Incorporado,
Km.38.2 carretera norte, San Benito
Cel.851 8787- 680 7807
e-mail: esagri@yahoo.com

de energías alternativas, como los biocombustibles etanol y biodiesel. El primero derivado de la palma africana, y el segundo del maíz y la caña de azúcar. Todo lo anterior ha provocado una alza en los precios del petróleo sin precedentes en las últimas décadas que ha estimulado un aumento en el precio de los insumos, en especial de los fertilizantes (nitrogenados y a base de fósforo) y las maquinarias para la producción agrícola, lo que incrementa los costos de producción de las materias primas y de los alimentos en general.





AUMENTAR PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA

Ante este panorama bastante difícil, la agricultura nacional no tiene más alternativa que, por lo menos, doblar los rendimientos y mejorar la calidad de las cosechas. Actualmente, la agricultura enfrenta varios cuellos de botella como son:

NUTRICIÓN FOLIAR

El mundo cambiante en el que vivimos nos obliga a adaptarnos permanentemente y a buscar nuevas formas de hacer lo que ya suponíamos que sabíamos hacer.

La tecnología actualmente está disponible y es de fácil aplicación, con resultados rápidos; se desarrolla con el uso de fertilizantes formulados con nutrientes en su contenido químico que las plantas absorben, de modo que

puedan penetrar en la superficie de la hoja. Para que la nutrición foliar tenga resultados positivos es necesario conocer la absorción relativa de cada uno de los nutrientes y el balance que debe existir entre ellos en cada etapa de crecimiento de los cultivos. Actualmente, se conocen las curvas de absorción de nutrientes de todos los cultivos que se siembran en Nicaragua. Además, se necesita conocer el contenido de nutrientes que tienen el suelo y las propiedades físico-químicas que los vuelven disponibles, o en su defecto, hacer las enmiendas necesarias para aumentar la disponibilidad de los nutrientes.

ANÁLISIS DE SUELO

Para ello es necesario utilizar una tecnología que existe en el país desde hace mucho tiempo y que no ha recibido la atención que se merece, como son los laboratorios de suelo, planta y agua. En el laboratorio se puede ana-

lizar el suelo, el contenido de los nutrientes en las hojas en una etapa de crecimiento específica y la calidad del agua que pretendemos usar, si vamos a usar la técnica del riego. El muestreo es el primer paso y el más crítico, ya que se constituye en la fuente de errores más común. Se ha comprobado que provienen en un 85% de una inadecuada toma de muestras.

La exactitud del análisis está dada por el muestreo, ya que se pretende representar la disponibilidad de nutrientes de un volumen total de suelo de varios millones de libras que contiene una manzana, con una muestra de 2-3 libras. Para todo lo concerniente al procedimiento del muestreo (número de submuestras, método, tipo, identificación, cuándo, frecuencia) se aconseja visitar los laboratorios de la Universidad Agraria en Managua y el de LAQUISA en León.

Sólo quiero hacer hincapié en dos aspectos del muestreo, uno es la profundidad (cmt.) de la toma de la muestra, que estará en concordancia con la profundidad del sistema de raíces absorbentes (70%) del cultivo a sembrar; a mayor profundidad que establezcan sus raíces absorbentes, mayor volumen de suelo a explorar y mayor cantidad de agua y nutrientes se extrae.

El segundo aspecto, es el parámetro de la densidad aparente, es decir, el volumen total de suelo y poros donde circulan los gases (aire). Este parámetro es vital a la hora de calcular el contenido de nutrientes que contiene un suelo, según el análisis del sue-





lo. Generalmente, todos los técnicos, e incluso los laboratorios, suponen que la densidad es uno (1 gr. de suelo/cc), acarreado con esto errores de interpretación de los resultados del análisis, que conllevan a veces a gastos innecesarios en la fertilización o a aplicar menos fertilizantes de lo requerido.

De ser posible, debe incluir en la muestra algunos terrones con diámetro de 1 a 1.5 pulgada, de ser posible por separado, sin dañarlos, para determinar la densidad aparente con el método de la parafina, si se puede.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En esta sección sólo abordaremos los parámetros de materia orgánica y nitrógeno total, debido a que en la actualidad, nuestra agricultura la tenemos que practicar en suelos erosionados (pérdida de materia orgánica y micronutrientes), con una fuerte alza en los precios de los fertilizantes nitrogenados y que el N es el elemento que más demandan los cultivos y el que siempre es deficitario en los suelos.

MATERIA ORGÁNICA (M.O.)

Es la fracción de suelo que contiene el N del suelo; según esti-

maciones bastante precisas, del total de la materia orgánica de un suelo, el 5% es N orgánico y el 2%, aproximadamente, se mineraliza anualmente y está disponible para los cultivos.

Esta fracción del suelo incluye residuos de vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, incluyendo tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del mismo. Las más importantes son las que provienen de organismos vegetales, porque son los únicos que se transforman en sustancias húmicas en el suelo. La parte más estable de la materia orgánica se denomina humus; mejora las propiedades físicas, químicas y microbianas del suelo, es decir, la fertilidad.

Contribuye en el reciclaje del N en el suelo por dos mecanismos: mineralización e inmovilización. Cuando aplicamos fertilizantes minerales nitrogenados, de un 20 a un 33.5% es retenido en forma orgánica después de un año. Una parte del N retenido, será incorporado a la fracción del suelo humificada.

SE EXPRESA EN %

Es un índice que permite estimar aproximadamente las reservas de N, P y S.

En función de su contenido (Bajo, Medio, Alto), si un suelo tiene M-A, tiene buena aireación y adecuada retención de la humedad; se mejoran sus propiedades químicas, como el reciclaje del N, P, S, Mn y Zn del suelo.

NITRÓGENO TOTAL

Se expresa en %. Permite conocer la cantidad de N disponible, que varía entre 0.2 y 0.7 para la mayoría de los suelos de nuestro país. Desde un punto de vista agronómico, la determinación del N, dada su dinámica dentro del suelo, sólo informa de la cantidad disponible en el momento de realizar el análisis. Para su cálculo con más precisión se requiere conocer la relación C/N, que establece si la mineralización es lenta o es rápida. Ver cuadro 1.

CARBONO ORGÁNICO

Se expresa en % y se obtiene con base en el contenido de m.o. del suelo, resolviendo la ecuación

$$C.O.=M.O.(%) / 1.724 \ 6 [M.O.(%) \times 0,58]$$

El % de relación carbono orgánico sirve para calcular la relación carbono/nitrógeno (C/N adimensional).

CUADRO 1:

Factor de conversión de nitrógeno orgánico total a nitrógeno disponible en ppm, con base en la relación C/N

| Relación C/N | Factores de conversión de nitrógeno orgánico total a nitrógeno disponible en ppm, con base en la relación C/N. | |
|--------------|--|--|
| Mayor de >12 | 11.2 | |
| De 10 a 12 | 140.0 | |
| Menor de <10 | 225.0 | |

Ejemplo: Según los resultados del análisis de suelo, calcular la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo.

1. Densidad aparente, D= 1.12 gr/cc.
2. materia orgánica 4.3%
3. N 0.21 %
4. profundidad de raíces del cultivo = 25 cm

CÁLCULOS:

- 1.- Volumen de suelo que las raíces exploraran:
 $7026 \text{ m}^3 \times 0.25\text{m} = 1756.5 \text{ m}^3 \times D(1.12)$
 $1120 \text{ kg/m}^3 = 1.967280 \text{ kg}$
- 2.- Carbono orgánico
 $CO\% = 4.3 / 1.724 = 2.494 \ (4.3 \times 0.58 = 2.494)$
- 3.- Relación C/N:
 $2.494 / 0.21 = 11.87 \ (10 \text{ a } 12)$
- 4.- N disponible en ppm, aplicando el factor en base a relación C/N
 $f = 140.0$
 $N = 0.21 \times 140 = 29.4 \text{ppm}$
- 5.- El N en kg
 $\text{Vol} \times \text{ppm} = 1.967280 / 1000000 = 1.967 \times 29.4 = 57.83 \text{ kg} \times 2.2 = 127.2 \text{ lb}$

El cálculo del N, es la cantidad que se mineraliza en un año, por lo tanto, se tiene que dividir entre 12 meses y multiplicar por los meses que dura el ciclo del cultivo,
 $127.2 \text{ lb} / 12 = 10.6 \text{ lb} \times \text{mes.}$

Si fuera maíz (120 días), $(10.6 \times 4 = 42.4 \text{ lb})$; éste requiere 2lb x qq de grano limpio y seco, 42.4 lb N en suelo = 2 lb por qq = **21.2 qqs. sólo con el aporte del suelo.**



¿INTERESANTE VERDAD?

¿Vale la pena invertir en el análisis de suelo?

¡Claro que vale la pena, amigo agricultor!

Desde luego, se necesita de un agrónomo que domine el tema, que haga una interpretación correcta, y para ello, esperamos contar con el apoyo valioso de la Universidad Nacional Agraria, para preparar a un grupo de técnicos de todas las zonas agrícolas a la mayor brevedad.

CAMBIO CLIMÁTICO (CALENTAMIENTO GLOBAL):

¿Qué tiene que ver la agricultura con el calentamiento global?

Tiene que ver, y mucho, pues resulta que la agricultura es el cuarto emisor de gases con efecto invernadero, como el CO₂; emite el 14%, y gran parte de esa emisión es responsabilidad de los fertilizantes nitrogenados, debido a las transformaciones que sufre la urea en el suelo, que antes de llegar a las formas químicas que las plantas absorben el nitrógeno, como son amonio NH₄ y nitrato NO₃, liberan el CO₂. La materia orgánica también aporta su cuota de CO₂, porque del carbono contenido en los residuos agrícolas, 70% se convierte a CO₂ en un año.

¿Cómo afecta que se estén elevando las temperaturas en la producción agrícola?

Cambia el patrón de crecimiento de los cultivos y los ciclos de los cultivos, es decir, cambian los días que transcurren en cada etapa de crecimiento, aumenta la demanda de agua, la absorción relativa (%) de los nutrientes, la epidemiología de las enfermedades y la incidencia de las plagas. Está cambiando todo el desarrollo y crecimiento de los cultivos, y desde luego, el manejo debe cambiar también.

NUTRICIÓN FOLIAR NITROGENADA

Pero en medio de la crisis, podemos incidir en la tecnología agrícola, y así mejorar la productividad, relativamente a corto plazo. En esta oportunidad, revisaremos la nutrición nitrogenada de los cultivos, aumentando la eficiencia del metabolismo del N en la planta, por medio de la fertilización foliar.

¿Por qué el nitrógeno?

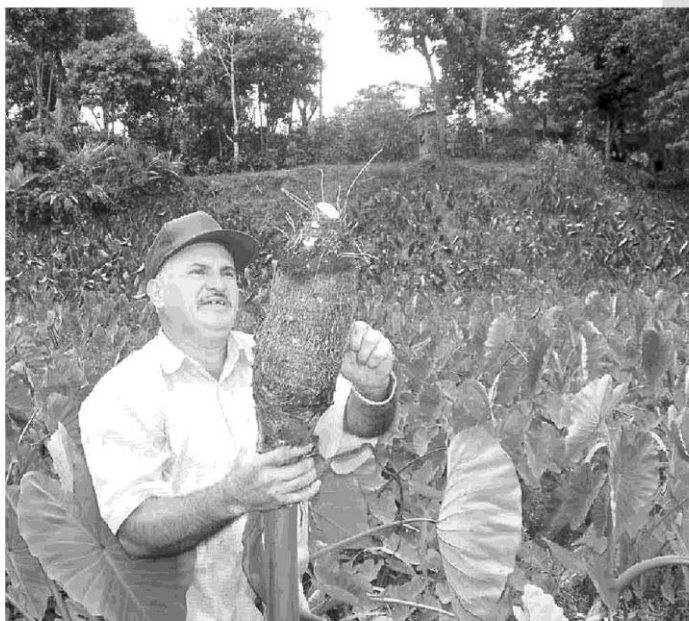
Por ser considerado el factor más limitante después de la falta de agua para la producción agrícola, por estar en el centro del debate junto a los altos precios de los fertilizantes que lo contienen, por su pérdida en los suelos por la erosión y por su participación en el calentamiento global. Es uno de los fertilizantes más importantes usados en el mundo para aumentar los rendimientos y mantener la viabilidad de la producción agrícola.

NITRÓGENO

Es el nutriente que más demandan las plantas por sus múltiples funciones fisiológicas, reflejándose en su alto contenido en la planta en base al peso seco, oscilando entre el 1 al 6%. La demanda de la planta está relacionada con la velocidad de crecimiento en las distintas etapas de desarrollo, con el volumen de las cosechas y los factores del clima, como temperatura, luz solar, agua y factores del suelo, como la textura y el contenido de materia orgánica.

La disponibilidad está en dependencia del volumen radicular, el grado de humedad, la fuente o tipo de N (forma iónica del N) en el fertilizante, la concentración del ión en la solución del suelo y la velocidad de la mineralización del N en la materia orgánica. Con el análisis del suelo se conoce la mineralización.

La eficiencia del nitrógeno en el suelo está determinada por las pérdidas que sufre el elemento, como son, la **fijación** por la materia orgánica, que oscila entre el 20 y el 33% del N aplicado como fertilizante; el **lavado**, cuando la textura del suelo es ligera, franca y cuando se aplica más de la mitad del total de N al inicio o cuando sembramos en pendientes muy fuertes; la pérdida por **volatilización**, cuando no se cubre con suelo o agua la urea. Recordemos que la urea, antes de formar amonio, pasa por una fase de amoníaco (gas), que se escapa si no se protege, y por último la pérdida por **denitrificación**, que es el proceso contrario a la mineralización, es decir, es de forma iónica que las plantas lo absorben, hay bacterias que lo descomponen en dióxido de carbono CO₂ y en nitrógeno atmosférico N₂.



LA EFICIENCIA DEL N EN EL SUELO ES POR EL ORDEN DEL 35 AL 50%, COMO MÁXIMO.

En 1999 se estimó que el promedio en el uso de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cereales es aproximadamente 33%. Tomando en cuenta que las importaciones anuales de urea por parte de Nicaragua son de 80 mil toneladas, la fracción que no se recupera (67%) es equivalente a 53,600 ton, que a valor actual del mercado es de \$700.00, equivalente a pérdidas de 37.5 millones de dólares USA.

Hay potencial para mejorar las prácticas agrícolas e incrementar el manejo y reciclado del **N**, para disminuir estas pérdidas en un 50%. La Universidad, el INTA, el Magfor, los técnicos y los agricultores debemos trabajar para mejorar las prácticas agrícolas que puedan contribuir a lograr mayores recuperaciones de los fertilizantes.

En resumen, no todo el nitrógeno que se aplica como fertilizante es aprovechado por la planta, en el mejor de los casos se aprovecha sólo la mitad; de cada quintal de urea aplicado, sólo 23 lbs de **N** son absorbidas por el cultivo, y si no se incorpora en el suelo, sólo 14 lb de **N** son aprovechadas por el cultivo.

Hay otras nuevas tecnologías que pueden contribuir a manejar y controlar las transformaciones del N en los sistemas agrícolas. Inhibidores de nitrificación, fertilizantes que se disuelven lentamente en la solución del suelo "slow release fertilizers, y fertilizantes que pueden ser liberados controladamente "control release fertilizers", pero son mucho más caros que los fertilizantes usados actualmente.

METABOLISMO DEL NITRÓGENO EN LA PLANTA

Dentro de la planta también el nitrógeno sufre pérdidas; la planta lo absorbe como nitrato NO₃ y lo tiene que reducir a amoníaco NH₃, hasta formar **proteínas**. En este proceso interviene una enzima, la **reductasa del nitrato**, que la planta para producirla requiere de varios micronutrientes, que hoy en día están casi agotados por la ero-

Cuadro 2: Absorción relativa del N

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|-----------|--|----|----|---------|
| Cultivo. Maíz | 0 - 30 | 31 - 60 | 61 - 90 | 91 - 120 | días % | | | | | | | |
| | 2,5 | 38,5 | 47 | 12 | | | | | | | | |
| Sorgo | 0 - 20 | 21 - 40 | 41 - 60 | 61 - 85 | 86 - 95 | días % | | | | | | |
| | 5 | 33 | 32 | 15 | 15 | | | | | | | |
| Frijol negro | 15 | 30 | 45 | 60 | días % | | | | | | | |
| | 7 | 12 | 26 | 55 | | | | | | | | |
| Frijol rojo | 15 | 30 | 45 | días % | | | | | | | | |
| | 1 | 29 | 70 | | | | | | | | | |
| Arroz (Fede-50) | 16 | 38 | 51 | 66 | 81 | 94 | 112 | días % | | | | |
| | 6 | 12 | 17 | 22 | 18 | 25 | | | | | | |
| Café Catuira | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | d.d.p.f. % (mg/fruto) | | | |
| | 2 | 8 | 45 | 8 | 7 | 7 | 7 | 15 | d.d.p.f. = días después de principal floración | | | |
| Tomate mesa | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | días % | | | | | |
| | 0 | 0 | 8 | 28 | 40 | 24 | | | | | | |
| Repollo | 22 | 45 | 75 | días % | | | | | | | | |
| | 3 | 31 | 66 | | | | | | | | | |
| Papa | 40 | 60 | 73 | 87 | días % | | | | | | | |
| | 6 | 51 | 6 | 37 | | | | | | | | |
| Sandía | 21 | 27 | 33 | 40 | 45 | 51 | 57 | días % | | | | |
| | 5 | 7 | 4 | 28 | 2 | 30 | 24 | | | | | |
| Caña (CP) | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | meses % | | | | | |
| | 4 | 6 | 40 | 5 | 23 | 22 | | | | | | |
| Piña dorada | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | meses % |
| | 7 | 18 | 10 | 1 | 1 | 23 | 14 | 14 | 4 | 8 | | |
| Aguacate Haas | 3 | 9 | 14 | 19 | 28 | 37 | 44 | semanas % | | | | |
| | 3 | 16 | 18 | 19 | 9 | 9 | 26 | | | | | |

sión que los suelos han sufrido. Todo este proceso se conoce como el "metabolismo del nitrógeno en la planta".

Actualmente, las plantas acumulan nitrógeno soluble en las hojas como resultado de una baja eficiencia del metabolismo del N en las hojas, resultando en un color verde oscuro con tono azulado, volviéndose más atractiva a las plagas y enfermedades.

El valor práctico de la bioquímica del metabolismo del N en las plantas es identificar los procesos que limitan el rendimiento y la producción de proteína total por manzana. Está demostrado que existe una estrecha relación

entre la cantidad de enzima producida, la concentración de proteína final y el rendimiento.

Puesto que el nivel de la enzima y la cantidad de proteína producida por la planta dependen de la cantidad de nitrato absorbido por las raíces, es de mucha importancia conocer las etapas que más demandan nitrato del suelo.

POTENCIAL PARA EL USO DE DETERMINACIONES RÁPIDAS DE N.

Es importante que aumentemos la eficiencia en el uso de N para reducir las pérdidas económicas y los impactos al ambiente. Hay muchas técnicas que



pueden ayudar a determinar el estado de N en la planta durante la temporada de crecimiento. Estas técnicas ayudan a facilitar las aplicaciones de N durante la temporada de crecimiento y a reducir el potencial de pérdidas de N, que pueden afectar al ambiente. El Cardy®meter de Horiba, un electrodo de Ion-selectivo de N-NO₃, es usado para medir concentraciones de NO₃ en la savia de las plantas, tanto en pecíolos como en hojas. También podemos utilizar un sensor de medidas de clorofila para estimar el estatus del N durante la temporada de crecimiento. El SPAD meter 500, de Minolta, toma una medida del contenido de clorofila en las plantas directamente en el campo. La hoja abierta más joven puede ser usada. Estas medidas deberán ser calibradas con la determinación en laboratorio del % de N por cultivo y por etapa de crecimiento.

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NITRÓGENO:

Se realizan en lotes con excelentes condiciones y con rendimientos potenciales altos. Se selecciona una sola variedad de cultivo. Se definen las distintas etapas fenológicas del ciclo del cultivo. Se toman muestras de las distintas partes de la planta (hoja, fruto, raíz). Se mide el peso fresco, peso seco, % de N. Se calcula el peso seco acumulado por etapa, por planta o por área. Calcular la cantidad de nutriente absorbida.

A continuación se presenta una lista de 12 cultivos con sus respectivas curvas de absorción relativa de nitrógeno. Esta curva es la guía para identificar las etapas de mayor demanda del N, para realizar la aplicación de los fertilizantes al suelo, así como también para hacer las aplicaciones foliares para *regular la reducción de los nitratos*, es decir, aumentar la eficiencia del metabolismo del N en las hojas.

La planta y su fisiología responden a los cambios ambientales y al manejo de los suelos. Hay variación aun entre variedades en cada cultivo. Esta información nos indica el momento más oportuno para estimular la planta en el momento que más demanda N, con aplicaciones foliares de bajo costo, fácil ejecución y respuestas rápidas. En este caso, se apoya a la planta para aumen-

tar la eficiencia en el uso de N que sus raíces han absorbido del suelo; la planta debe reducir los nitratos (NO₃) para poderlos utilizar en la síntesis del resto de sustancias orgánicas. Necesitamos prácticas que aumenten el reciclaje de N

En el mercado nacional ya existe un fertilizante foliar que tiene esta función específica, de reducir los nitratos y balancearlos en las hojas y en las raíces, como en el caso del tomate, que los reduce en sus raíces. A continuación, describiremos este fertilizante foliar.

MO-ENZIMA-FERTILIZANTE FOLIAR (co-factor enzimático de la reducción de los nitratos en la planta).

Es un fertilizante foliar con servicio incorporado de diagnóstico y nutrición. Aumenta la asimilación del nitrógeno en la planta, inductor de las enzimas que reducen los nitratos en las hojas y las raíces para poder utilizarlo en la síntesis de sustancias orgánicas.

La planta aprovecha más el N que se mineraliza de la materia orgánica del suelo y el que se aplica con los fertilizantes. Mo-enzima cumple con las nuevas

normas de la Agricultura Sostenible: dosis precisa y tamaño de empaque apropiado para pequeño agricultor. Es de la nueva generación de Tecnologías con Servicio Incorporado (TSI).

Al aplicar Mo-enzima, en el momento que la planta más demanda el N, ésta incrementa la producción de la enzima, aumenta la concentración de proteínas, que son los dos factores que están ligados directamente con el aumento del rendimiento.

Para poder aumentar la eficiencia de N en el suelo, se deben usar otras nuevas tecnologías que son mucho más costosas que los fertilizantes actuales, mientras que Mo-enzima aumenta la eficiencia del N en la planta a un costo muy bajo. Desde luego que el agricultor debe adoptar de inmediato buenas prácticas agrícolas, como parte de un plan de manejo de nutrientes (proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica, para detener la erosión; y para recuperar el contenido de la materia orgánica, es decir el N natural del suelo, tiene que incorporar los rastrojos de los cultivos y abonos orgánicos), que aumenten el reciclaje de N y la eficiencia en la utilización de los fertilizantes.

RECOMENDACIONES DE USO

- Envase plástico de alta densidad con etiqueta impresa de 50 gramos.
- Dosis para una manzana.
- Aplicarlo de preferencia por la tarde, dado que la reducción de los nitratos es más intensa por la noche, y el rocío vuelve a disolver las sustancias activas ya depositadas sobre la superficie de la hoja, aumentando la penetración.
- Para que la penetración sea mayor, usar de seis a ocho copas de 25cc llenas de urea por bomba de 20 litros de agua. La urea le da propiedades a la cutícula para una mejor penetración de sustancias externas en la hoja.
- Mo-enzima es compatible con todos los agroquímicos de uso actual, siempre y cuando, el momento sea el indicado.
- Mo-enzima no sustituye a los fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo, sólo aumenta el aprovechamiento de los mismos dentro de la planta.
- Para que los resultados sean positivos, el manejo del cultivo debe incluir una densidad óptima, proteger las raíces, limpiar las malezas, controlar oportunamente las plagas y enfermedades y una fertilización acorde al rendimiento esperado.
- Con la aplicación de Mo-enzima la planta regula sus nitratos en la hoja y la incidencia de plagas masticadoras y chupadoras así como de hongos, disminuye significativamente.
- La urea rinde más con Mo-enzima.

