

## **FERTILIZACION EN SORGO**

Ing. Agrs. Hugo Fontanetto y Oscar Keller EEA INTA Rafaela

El sorgo granífero es un cultivo de gran importancia para las rotaciones o secuencias de los diferentes sistemas de producción, debido al aporte de rastrojos voluminosos al suelo. Además contribuye a que los niveles de materia orgánica de los suelos no disminuyan notoriamente como cuando no se lo tiene como integrante de las diferentes secuencias de cultivos.

Es también un cultivo que tolera mejor que otros las deficiencias hídricas y se adapta a una amplia gama de condiciones de suelo, presentando así mismo una buena respuesta a la fertilización.

En cuanto a la demanda de nutrientes por el sorgo granífero, la gran necesidad se da a partir de V5 (20-30 días posteriores a emergencia) y hasta 10 días previos a floración, período en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos. Por lo tanto una buena dieta desde los primeros estados de desarrollo producirá una cantidad de área foliar suficiente para interceptar la mayor cantidad de la radiación incidente y asegurar así una alta eficiencia para transformarla en biomasa.

### **Cultivo antecesor:**

Un factor que condiciona la respuesta del sorgo a la fertilización nitrogenada es el cultivo antecesor. El mismo afecta la disponibilidad de agua y el contenido de nitratos al momento de la siembra del sorgo. En experiencias realizadas en la EEA Rafaela del INTA se compararon diferentes antecesores para un cultivo de sorgo, como ser: avena, maíz de segunda, sorgo forrajero y pastura degradada. El objetivo fue evaluar la influencia del antecesor sobre el agua almacenada en el perfil hasta el metro de profundidad.

Dicho parámetro se evaluó en 3 momentos del ciclo del cultivo: siembra, floración y madurez.

Si se analizan los resultados se puede apreciar que el mejor cultivo antecesor sería la pastura degradada, seguido por el sorgo forrajero, el maíz de segunda, y por último la avena. Este comportamiento se explica principalmente por la duración del período de barbecho que cada antecesor permite. Cuanto antes desocupemos el terreno, más probabilidad de acumular agua de lluvia tenemos, sobre todo pensando que en la mayoría de los años, las precipitaciones para el cultivo de sorgo ocurren a partir del mes de septiembre. Se aclara que la pastura degradada fue tratada con glifosato a principios del otoño, lo cual permite una importante recarga del perfil.

Otro factor influenciado por el cultivo antecesor y que tiene un tremendo peso en el resultado final del sorgo es la disponibilidad de nitrógeno de nitratos (N-NO<sub>3</sub>). Los datos que se presentan corresponde a la zona central de Santa Fe, donde las deficiencias nutricionales de nitrógeno son las más importantes, no habiendo normalmente deficiencias de fósforo.

En cuanto a lo que es fertilidad nitrogenada medida a través del N-NO<sub>3</sub>, estamos más o menos con una situación similar al contenido de agua de lluvia, donde los mayores contenidos de nitrógeno lo tenemos con la pastura degradada. La mayor fertilidad nitrogenada la está dando la pastura, lo cual condiciona la estrategia de fertilización nitrogenada.

Si se realiza una gráfica similar a la anterior pero considerando en el eje de las ordenadas el rendimiento en grano, se observa que las barras siguen la misma tendencia. Es decir, que el rendimiento se correlaciona positivamente con la disponibilidad de nitrógeno a la siembra, y ello guarda una relación importante con el cultivo antecesor y la dosis de nitrógeno agregada con el fertilizante.

**Como conclusión se puede mencionar que los dos parámetros edáficos analizados (agua acumulada en el perfil y Nitrógeno disponible), se correlacionaron positivamente con los rendimientos en grano, obteniéndose también las mayores producciones con la pastura, luego con el sorgo forrajero y el maíz de segunda y los más bajos con la avena.**

Este comportamiento demuestra que el cultivo antecesor condiciona la estrategia de fertilización a encarar en sorgo. Por ende solamente con los mayores contenidos de agua útil y N-NO<sub>3</sub> del suelo se podrán esperar mayores producciones, y una mayor utilización de fertilizante para alcanzar las más altas respuestas económicas de esta práctica.

#### **Acercamiento entre hileras:**

Del análisis de las figuras 2 y 3 se desprende que con distanciamientos entre hileras de 0,35 metros se obtuvieron mayores producciones físicas que con las de 0,70 metros.

También se puede apreciar que los ciclos largos presentan mejores rendimientos que los cortos; y en cuanto a densidades, los mejores resultados se obtuvieron con un stand de plantas superior en un 25 y 50 % que los tradicionales, sin existir diferencias notorias entre los dos primeros.

**Resumiendo, en esas experiencias se comprobó que para los 3 híbridos probados (corto, medio y largo), la distancia de 0,35 m fue más efectiva que la de 0,70 m. Asimismo se comprobó un mayor rendimiento con las densidades más altas.**

#### **Requerimientos nutricionales y extracción del cultivo:**

Algo importante que debemos considerar cuando entra el sorgo en la rotación y que es importante para cualquier secuencia de cultivos, son sus requerimientos de nutrientes.

Si tomamos el caso del nitrógeno, el sorgo se está llevando del sistema más o menos la mitad del nitrógeno que absorbe y la otra mitad la está devolviendo al suelo con los rastrojos.

En el caso de la soja el balance es muchísimo más negativo, pues exporta el 75% del nitrógeno con los granos y devuelve el 25 %.

El maíz sería menos expoliativo que la soja, pero más que el sorgo, y eso se repite para la mayoría de los nutrientes.

Algo muy importante es que el sorgo solamente se está llevando del sistema entre un 10 y un 15 % de calcio, de potasio y de magnesio y el resto lo devuelve a través de hojas y tallos.

Pero cuando entra la soja como integrante de la rotación, se lleva la mitad del potasio, del calcio y del magnesio. Por ende en los suelos que en su origen no tenían pH de 6,5 o 6,2, sino que eran más ácidos sobre todo en zonas lluviosas, la inclusión de la soja incrementa los problemas de acidez de suelo.

Por lo tanto, es importante incluir en la rotación sorgo o maíz como para no llevarnos tantos cationes del sistema y tratar de mantener el equilibrio.

A continuación se presentan los requerimientos del cultivo de sorgo para distintos niveles de producción. Este cuadro es orientativo y se realizó con datos de experiencias realizadas en la EEA Rafaela y que se promediaron con otros de la bibliografía nacional y extranjera, donde se muestran distintos niveles de producción de sorgo y las distintas necesidades de los principales nutrientes que tenemos medidos para satisfacer esas producciones.

**Tabla 1: Demanda de nutrientes por el sorgo granífero para distintos niveles de rendimiento en granos.**

Rendimiento	N	P	K	Ca	Mg	S
(kg/ha)	(kg/ha)					
3.000	105	20	77	18	17	14
4.000	125	22	100	23	20	18
6.000	180	30	150	33	30	24
7.000	220	35	170	38	36	30
8.000	250	39	210	45	43	40
10.000	300	48	270	55	55	50

**Tabla 2: Porcentaje de los principales nutrientes que vuelven al suelo a través de los rastrojos de sorgo granífero.**

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Granos	52%	63%	15%	10%	15%
Rastrojos	48%	37%	85%	90%	85%

En cuanto a nitrógeno el sorgo tiene requerimientos muy parecidos, por no decir iguales, a los del maíz. Es decir, que 4000 o 5000 kilos/ha de sorgo necesitan tanto nitrógeno como 4000 o 5000 kilos/ha de maíz.

La ventaja que tiene es que devuelve un poco más con los rastrojos que el maíz.

Si nos proponemos pasar de una producción de 4000 a otra de 8000kg/ha, implica el doble de todos los nutrientes. Entonces, en algún momento vamos a ser dependientes en el uso de cierto tipo de nutrientes, y los mismos serán agregados vía fertilizante.

### **El azufre:**

Otro nutriente que está siendo considerado como limitante de la producción, es el azufre (S). El mismo tiene un ciclo similar e incluso más complejo que el del nitrógeno. Este último depende esencialmente de la materia orgánica y el azufre también. Por ende, hay una

fracción de S que está en la materia orgánica y que alimenta de S-SO<sub>4</sub> (azufre de sulfatos) a la fracción mineral y las plantas. Estas lo que necesitan tomar es S-SO<sub>4</sub>, así como N-NO<sub>3</sub> para abastecer sus requerimientos de nitrógeno.

En el ciclo del azufre intervienen mayor cantidad de microorganismos diferentes para poder desarrollarse en forma completa.

La bibliografía extranjera, de Canadá y EE.UU., propone medir niveles de S-SO<sub>4</sub> en el suelo y sobre esos datos decidir si fertilizar o no. En las condiciones de Argentina esto no funciona ya que tomando sólo ese valor, sería querer recomendar la fertilización nitrogenada solamente con la determinación de N-NO<sub>3</sub>.

En el caso de azufre también lo que menciona la bibliografía extranjera es que con niveles de S-SO<sub>4</sub> en el suelo de 7 u 8 ppm o menores, siempre va a haber respuesta a la fertilización y con más de 12 ppm es muy raro encontrarla. Esto no funciona en nuestras condiciones.

Lo cierto es que científicamente nos falta conocer mucho todavía. Es necesario contar con los datos de S total y S orgánico del suelo para nuestras condiciones de cultivo. El nivel de S total nos dará una idea de las cantidades que poseemos en el suelo y el de S orgánico, la cantidad de sustrato que poseemos para que se mineralice y pase a S-SO<sub>4</sub>.

Entonces lo que se está proponiendo ahora es tratar de elegir por área series de suelos representativos, determinar hasta el metro de profundidad los contenidos de S total, de S orgánico y de S mineral.

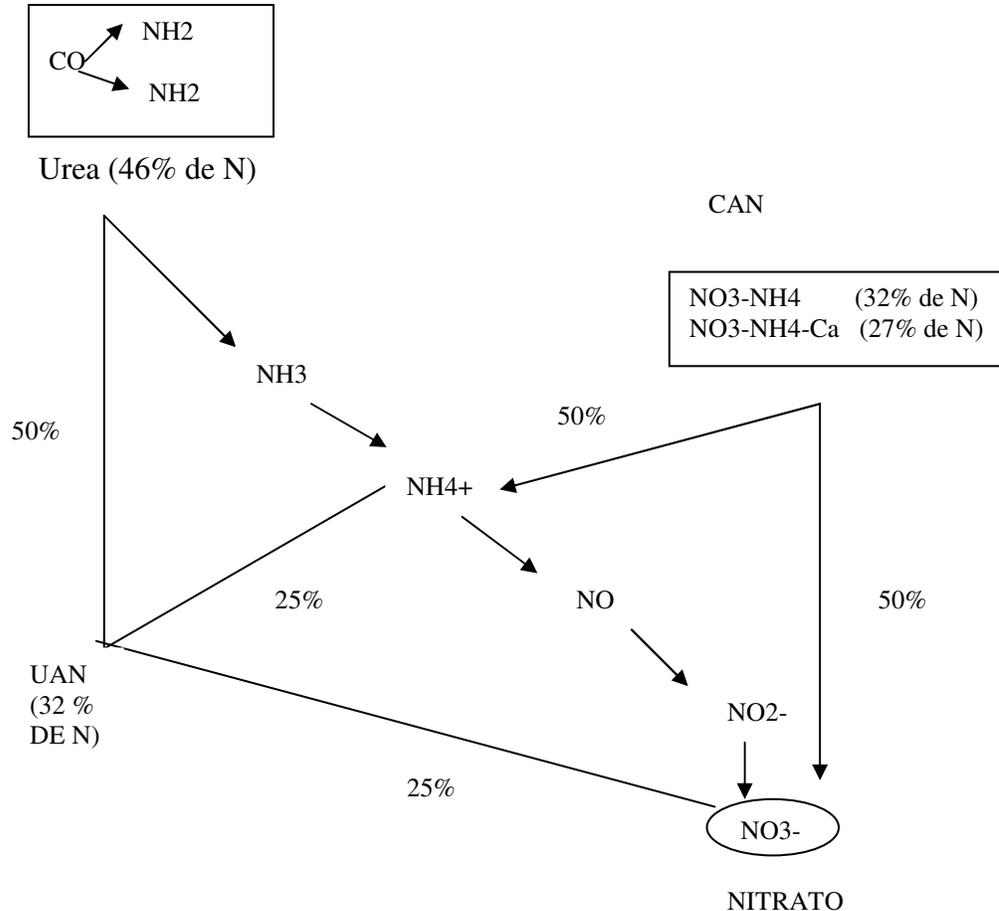
De esta manera se delimitarán las zonas con diferentes niveles de suficiencia o con distintos grados de deficiencias.

## **El nitrógeno**

Si analizamos el caso del nitrógeno habrá que considerar la fuente nitrogenada a utilizar. En el caso de la urea, la misma sufre varias transformaciones antes de estar disponible para las plantas. Este proceso, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo y de la temperatura del ambiente, para el caso del sorgo puede demorar de 7 a 10 días. Si el suelo posee baja dotación de N-NO<sub>3</sub> y baja fertilidad nitrogenada potencial (nitrógeno orgánico total:Nt) para que se originen N-NO<sub>3</sub> durante el ciclo del cultivo, no se dispondrá del elemento nitrógeno en tiempo y forma, y sufrirá “hambre de N” en forma temporal.

En invierno, el proceso de transformaciones de la urea dura 10 a 20 días, dependiendo de la condiciones de temperatura y humedad.

**Figura 5: Diferentes fuentes de Nitrógeno y sus transformaciones en el suelo.**



Otra fuente que puede ser utilizada es el gas **amoníaco anhidro (N82)**. La ventaja que tiene es la alta concentración de nitrógeno. Pero esta formulación, necesita una serie de cuidados, es decir que hay que ver el tema de la humedad presente en el suelo al momento de su aplicación. Además tiene que ser incorporado sí o sí porque es un gas licuado (se presenta en estado líquido) pero en contacto con presión atmosférica se transforma en gas y si no lo aplicamos bien se pierde como amoníaco en la atmósfera (volatilización).

Las otras fuentes que tenemos son los **nitratos de amonio**. Está el nitrato de amonio común, el nitrato de amonio calcáreo (CAN) y el cálcico magnésico (NITRO DOBLE). La diferencia que tienen respecto a la urea es la formulación, ya que poseen la mitad del nitrógeno como amonio ( $\text{NH}_4$ ) y la mitad como nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Además tienen menor concentración de nitrógeno que la urea o el amoníaco anhidro. Es decir que la ventaja sería que si yo aplico este producto hoy a un cultivo, hoy ya puede tomar nitrógeno porque tiene un 50% de su formulado como nitrato.

La otra fuente que existe es el **UAN**, que posee el nitrógeno en tres formas: 50% formulado como urea (nitrógeno amídico=  $\text{NH}_2$ ), el 25% como amonio y el 25% restante como

nitrato. Es decir que el UAN se prepara mezclando urea y nitrato de amonio y disolviéndolo en agua.

Las ventajas que tiene estos productos con respecto a la urea es que inmediatamente ya hay nitrógeno para que las plantas absorban, y que tiene menos problemas respecto a las pérdidas por volatilización, sobre todo cuando se aplican AL VOLEO.

La **urea** tiene que pasar a nitrato de amonio. Para ello deberá quitarles hidrógenos al agua del suelo, entonces hay un momento en verano con altas temperaturas, en que si aplico urea al voleo, voy a tener pérdidas muy altas. Esas pérdidas se dan porque el  $\text{NH}_2$  tiene que pasar amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) sí o sí y esto se pierde como gas.

Si el suelo está muy seco, y la urea no puede tomar ese hidrógeno para pasar a amoníaco, es como que está latente. A pesar de ello siempre puede capturar los hidrógenos y habrá pérdidas, por más que el suelo esté seco. Ahora, si inmediatamente llueve, la pérdida sería casi despreciable.

Posteriormente, cuando pasa a amonio, ya la pérdida es nula porque al tener la molécula una carga positiva queda absorbido en la partícula coloidal de suelo.

En una experiencia realizada en la EEA Rafaela en 1997, se evaluaron las pérdidas por volatilización de dos fuentes nitrogenadas en sorgo con siembra directa. Se utilizó una dosis de 60 kg/ha de N, comparando urea y nitrato de amonio cálcico magnésico en una aplicación efectuada al voleo durante los meses de noviembre y de diciembre.

La medición dura entre 9-11 días posteriores a la fertilización. En el gráfico se aprecia que la mayor pérdida está entre los días 3 y 5. Es decir en ese momento se produce el pico de pérdida de N por volatilización.

Por ejemplo, para el mes de noviembre hemos medido 35 % de pérdida por volatilización de urea, y en el caso del nitrato de amonio, es prácticamente despreciable. Es lógico, la mitad está como amonio y la mitad está como nitrato. No tiene como perderse por volatilización. Es muy poca la probabilidad de pérdida.

En el mes de diciembre, que es cuando podríamos estar sembrando un sorgo de segunda, las pérdidas llegan hasta un 44 % si la fuente elegida es urea. En tanto que con Nitro Doble las pérdidas no alcanzan al 3%.

### **Metodología para la medición de pérdidas de N por volatilización.**

Para realizar las mediciones de pérdidas por volatilización utilizamos en INTA Rafaela unas trampas que fueron creadas por Ricardo Melchiorre, del INTA Paraná.

Son unos caños de PVC usados para la instalación de las cloacas, que tiene una altura de 50 cm y que se clavan en el suelo. En su parte media y en la superior se los atraviesa con rayos de ruedas de bicicleta, conformando así dos estructuras de sostén. Sobre ellas se colocan cilindros de goma espuma de 2 cm de ancho embebidos en ácido sulfúrico 0,1 N. Así, los cilindros mencionados actúan como "Trampas" para el  $\text{NH}_3$  que se pierde por volatilización desde el fertilizante que está sobre la superficie del suelo. Se forma así sulfato de amonio que todos los días se recoge en bolsas de polietileno con agua destilada, que después se lavan, se llevan al laboratorio y se titula el sulfato de amonio. Finalmente se obtiene el nitrógeno perdido por volatilización.

### **Mezclas arrancadoras:**

Se realizó un ensayo donde se midió el efecto de una mezcla de fertilizantes (aplicado en dosis de 150 kg/ha) que contenía 30 % de nitrógeno, 10 % de fósforo, 2% de potasio y 4% de magnesio, agregados a la siembra como arrancador. Los resultados respecto al testigo fueron alentadores con diferencias significativas de rendimiento en grano.

A pesar de ello, también se realizó una parcela con el agregado de 100 kg/ha de urea, lo que equivale a 46 kg/ha de N. Esta cifra es equivalente a lo que aportan de N los 150 kg/ha de la mezcla.

Finalmente, los rendimientos de la parcela fertilizada con urea sola fueron similares a los rendimientos de la parcela fertilizada con la mezcla.

Entonces el incremento de producción respecto al testigo se debió exclusivamente al efecto del agregado de N. Por lo tanto, con 50% menos de fertilizante, se obtiene la misma producción que con 159 kg/ha de la mezcla y con un fertilizante como la urea, que es más barato.

Esto también confirma que los niveles críticos de fósforo para sorgo estarían más o menos como para soja, es decir, alrededor de 10 a 15 ppm.

### **Puntos a considerar para seleccionar una estrategia de fertilización:**

Una adecuada práctica de fertilización debe tener en cuenta los siguientes tópicos:

- 1-Cuál es la meta de rendimiento
- 2-Necesidades de nutrientes para el rendimiento esperado en 1.
- 3-Oferta de nutrientes disponibles ( a través del análisis del suelo)
- 4-Restando la oferta del nutriente, menos las necesidades del cultivo, surgen las dosis de fertilizantes a aplicar.

Con lo anterior se sabrá cuál es la cantidad de nutrientes totales a agregar al suelo.

Luego se considerarán otros factores como ser:

- Fuente/s de fertilizante/s más apropiadas
- Epoca de aplicación más oportuna
- Momento/s de aplicación
- Forma/s de incorporación

Las consideraciones recién mencionadas no son las mismas para las diferentes zonas de producción del país y deberán ajustarse a través de experiencias regionales.

Se pueden efectuar algunos comentarios generales para los diferentes nutrientes, como ser:

1-Aplicar todo el P y el K previo o al momento de la siembra y para la mayoría de las condiciones de producción, ya que así se obtienen mejores resultados. Asimismo, deberán incorporarse al costado y por debajo de la línea de siembra.

2-Para el caso del N y en planteos de siembra directa, es desde el punto de vista práctico, mejor aplicarlo en una sola dosis en el período que va desde la siembra y hasta V5.

