

E L N I T R Ó G E N O

WASHINGTON BEJARANO 1/

De acuerdo con la teoría geoquímica de Stevenson, el N que se encuentra actualmente en la atmósfera se hallaba originalmente como amonio y como nitrato en la capa terrestre. Con el desarrollo de la tierra, el nitrógeno se ha evaporado hacia la atmósfera, en donde existe actualmente como amoníaco.

Alrededor del 80% del gas atmosférico es nitrógeno, pero este representa solamente el 2% del nitrógeno total de la tierra. La concentración de N original en las rocas, es sin embargo, extremadamente bajo.

El nitrógeno del suelo procedente de la fijación atmosférica y de los residuos orgánicos es alto en comparación con el de las rocas, a pesar de esto es una parte insignificante del total.

En agricultura la parte más importante de N usado por las plantas es a veces el que se provee en forma de fertilizante. Sin exagerar, el crecimiento de las plantas está más a menudo afectado por la deficiencia de N que de otro nutrimento. Una razón para esto es que las plantas requieren grandes cantidades de nitrógeno.

Viets en 1965, calculó que las plantas contienen más átomos de N que de ningún otro elemento derivado del suelo, a excepción del hidrógeno. Es así como el agua es el elemento más importante en el crecimiento de los vegetales.

1/ Jefe del Departamento de Suelos de la Estación Experimental "Santa Catalina".

.../

CONTENIDO DE LOS SUELOS

La capa arable de la mayoría de los suelos contiene entre 0.02% y 0.4% de nitrógeno. Para casos particulares esto evidentemente está influenciado por el clima, tipo y cantidad de vegetación, topografía, material parental, actividad del hombre, fotoperíodo y otros factores.

FORMAS DEL NITROGENO DEL SUELO.

NITROGENO INORGANICO.- Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen: nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), Oxido nitroso (N_2O), oxido nitrico (NO), amonio (NH_4^+), amoniaco (NH_3).

Desde el punto de vista de fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- son las de mayor importancia, porque así es como absorben las plantas este elemento. El NH_4^+ se encuentra generalmente en forma intercambiable adsorbido a los coloides del suelo. El NO_2^- y el NO_3^- se encuentran en solución en el agua del suelo. Los tres reunidos representan un 2% del nitrógeno total.

Las formas NH_3 , N_2O y NO son gases y se encuentran en muy pequeñas cantidades, generalmente no son posibles de detectar. De estas el N_2O y el NO tienen importancia negativa porque es así como se pierde el nitrógeno del suelo por desnitrificación.

NITROGENO ORGANICO.- Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros compuestos no identificados.

TRANSFORMACIONES DEL NITROGENO EN LOS SUELOS

Las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de NH_4^+ y NO_3^- . Las cantidades de estos dos iones que pueden utilizar...

zarse por las raíces de los cultivos, dependen:

- a) De la cantidad suministrada como fertilizante que ha sido liberada luego de haberse establecido un equilibrio entre la mineralización y la inmovilización del nitrógeno del suelo, y,
- b) De las pérdidas en el terreno:

1.- Equilibrio del nitrógeno orgánico - mineral en el suelo:

La mineralización del nitrógeno es simplemente la conversión del N orgánico a la forma mineral y la inmovilización es la conversión del nitrógeno inorgánico o mineral a la orgánica.

La materia orgánica del suelo se puede dividir en dos categorías:

- a) El humus, relativamente estable y de muy lenta descomposición, y,
- b) Los materiales orgánicos sujetos a una descomposición francamente rápida.

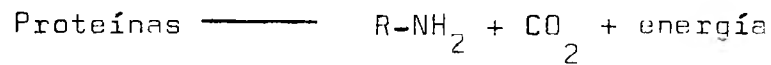
Si estos materiales tienen una cantidad pequeña de nitrógeno en relación con el carbono, los microorganismos necesarios para descomponer este material tomarán nitrógeno del suelo y empobrecerán su contenido. Si la relación C:N es menor de 10, no usarán el N del suelo, pero si es mayor de 30, no solamente agotarán el N del suelo sino que tomarán parte del N aplicado como fertilizante químico:

2.- Mineralización de los compuestos nitrogenados:

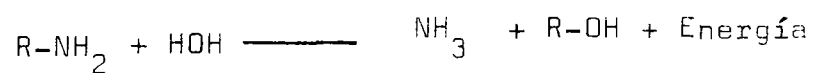
Se produce a través de las tres reacciones siguientes:

- a) Aminización, - Se realiza por organismos heterotrofos (bacterias y hongos), es la descomposición hidrolítica de las proteínas y la liberación de aminas y aminoácidos.

.../



- b) Amonificación: Las aminas y aminoácidos así liberados son utilizados por otro grupo de organismos heterótrofos y se produce la liberación de compuestos amoniacales.

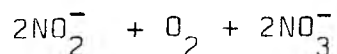


El amonio así liberado puede tener los siguientes destinos:

- 1) Ser convertido a nitritos y nitratos.
 - 2) Ser absorbido por las plantas.
 - 3) Ser utilizado por microorganismos.
 - 4) Ser fijado en ciertos tipos de arcilla.
- c) Nitrificación: Es la oxidación biológica de amonio a nitrato. Tiene dos etapas, la primera de amonio a nitritos, por medio de las bacterias obligadas nitrosomonas.



y la segunda de nitritos a nitratos, la que se efectúa por un segundo grupo de bacterias obligadas nitrobacter.



De las tres reacciones anteriores se puede concluir tres aspectos importantes:

- 1) Las reacciones requieren oxígeno, luego serán más rápidas en suelos bien aireados.
- 2) Las reacciones liberan hidrógeno, esto da como resultado la acidificación del suelo cuando se usa constantemente fertilizantes amoniacales u orgánicos nitrogenados (Urea).

.../

- 3) Que es necesaria la presencia de una buena población microbiana, cuya actividad esté relacionada con la humedad y temperatura del suelo.

Fuentes de aprovisionamiento de nitrógeno al suelo:

- 1) Fijación simbiótica: Se produce por medio de bacterias del género, Rhizobium que viven en Simbiosis con ciertas plantas leguminosas huéspedes. Se describen cantidades de nitrógeno fijado de 300 - 800 kg/ha en cultivos de alfalfa y trébol.

Asociaciones Rhizobium - Leguminosa

Especie de Rizobium	Leguminosa a la que puede inocularse
R. meliloti	Alfalfa Trébol dulce
R. trifolii	Trébol
R. Leguminosarum	Alverja Lenteja Algarrobo
R. phaseoli	Frejol
R. lupini	Lupinos
R. Japonicum	Soya Lespedeza Crotalaria Kudzu maní

Las condiciones para que se produzca una buena simbiosis son: bajo contenido de N en el suelo, pH alrededor de 6, buen aprovisionamiento de Ca, P y Mo, buena población microbiana,

.../

temperatura y humedad adecuadas, compatibilidad leguminosa - bacteria.

2) Fijación no simbiótica.- La fijación de N en el suelo se realiza también por ciertos organismos que viven libremente, se estima en 10 a 50 kg/ha/año la cantidad fijada por este proceso. Los organismos responsables son:

bacterias : aeróbicas - Azotobacter
anaeróbicas - Clostridium, aerobacter, otras.
Algas azul-verdes : Nostoc y Calothrix

La fijación se efectúa por heterotropismo o por fotosíntesis dependiendo del tipo de organismo.

3) Fijación atmosférica a través de descargas eléctricas:

Existen varias formas gaseosas de nitrógeno en la atmósfera, las que por las descargas eléctricas se convierten en NO_3 , el que cae a la tierra por medio de las lluvias. Se considera que esta forma de aprovisionamiento es mayor en zonas industriales; dependiendo del lugar la cantidad fijada y caída puede variar de 1 a 30 Kg/ha por año.

4) Fijación industrial del nitrógeno.- Desde el punto de vista de la agricultura comercial, la fijación del industrial del nitrógeno es la fuente más importante de este elemento como nutrimento de las plantas. Hay tres reacciones básicas por las que se realiza la fijación del nitrógeno elemental:

a) Oxidación directa del nitrógeno,

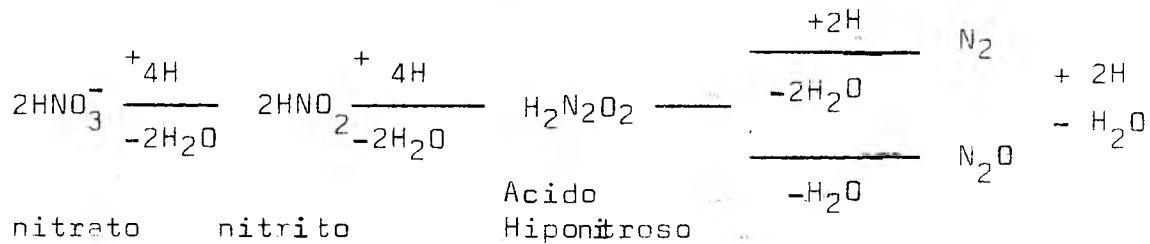
- b) Proceso de la cianamida en que el N reacciona con carburo cálcico, y,
- c) Proceso de Clunde - Haber en que el N y el H forman gas amoniaco.

5) Materiales Orgánicos.- Los residuos vegetales y animales que son incorporados al suelo a través - de su manejo son también fuente de aprovisionamiento de este elemento al suelo.

PERDIDAS DE NITROGENO DEL SUELO.

1. Removido por los cultivos.- Las pérdidas de nitrógeno del suelo ocasionadas por la absorción de los cultivos, se estima en una cantidad que fluctúa entre el 0.9 % y 1.4 % del nitrógeno total, lo que significa en promedio de - 28 a 45 kg/ha/año.
- 2) Lavado del nitrógeno.- Se estima que las pérdidas de N de las - tierras cultivables, debido al lavado asciende a un promedio de 28 kg/ha/año. El 99% de esta pérdida a capas profundas es de la forma de nitratos y el 1% de amonio. Lógicamente este proceso tiene mayor intensidad en suelos arenosos.
- 3) Pérdida de nitrógeno gaseoso.- Se han sugerido tres mecanismos como causas de estas pérdidas:
 - a) Desnitrificación.- Cuando los suelos se encharcan el oxígeno es excluido, entonces se implanta la descomposición anaeróbica. Algunos de los organismos que intervienen tienen la capacidad de obtener su oxígeno de los - nitratos, liberándose así óxido nitroso y nitrógeno elemental (gases). Reacciones:

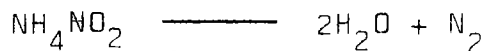
.../



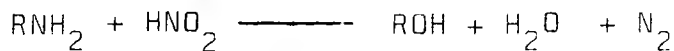
Los organismos responsables de estas reacciones son del género Pseudomonas, Micrococcus y otros.

b) Reacciones químicas: Estas pérdidas probablemente sean elevadas en suelos altos, bien drenados y con pH menor de 5.5. Hay 3 procesos de descomposición del NO₂ en estos lugares:

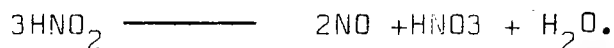
1. Descomposición del nitrato amónico



2. Reacción de Van Slyke



3. Descomposición espontánea de ácido nitroso



Desde el punto de vista práctico se puede evitar estas pérdidas controlando el drenaje excesivo del terreno.

c) Volatilización del amoníaco. - Si se aplican fertilizantes amoniacales en la superficie de suelos alcalinos, puede perderse amoníaco libre a causa de esta reacción:



Normalmente las pérdidas de amoníaco resultantes de la volatilización superficial pueden prevenirse mediante la colocación de materiales nitrogenados varios centímetros más abajo de la superficie del terreno.

.../

FUNCIONES DEL NITROGENO EN LAS PLANTAS.

El nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de las plantas y su suministro puede ser controlado por el hombre. Las principales formas de asimilación por la planta son los iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). La mayor proporción es absorbido en forma de nitrato. Sin embargo, hay otras formas orgánicas que son utilizadas por la planta pero su escala muy pequeña (ácidos nucleicos, aminoácidos).

En las plantas el contenido promedio de N es de 1.6%, lo que representa el 10% del peso total. Independientemente de la forma como es absorbido siempre se transforma a amina (NH_2), luego a aminoácidos y proteínas. Las proteínas tienen antes que importancia estructural, son esenciales en el metabolismo, no son estables sino que se están transformando continuamente.

Además el N, tiene funciones en otros procesos, es parte componente de la clorofila y por ende de la fotosíntesis. Interviene en las hormonas, consecuentemente en el crecimiento. También es componente de la energía respiratoria al formar parte del trifosfato de adenosina.

Deficiencias de nitrógeno.

Bajo condiciones de deficiencia de nitrógeno las hojas son pequeñas, al igual que los tallos, el crecimiento se reduce considerablemente. Las hojas tienen un color verde amarillento en los primeros estados de crecimiento, debido a la limitación en la síntesis de clorofila, luego se vuelve amarillas rojizas o púrpuras por la presencia de pigmentos de antocianina. Los síntomas son más pronunciadas en las hojas viejas, porque es un elemento muy móvil en la planta. .../

Los síntomas pueden diferir de acuerdo al tipo de la planta. Además causa serios disturbios en el metabolismo principalmente en el balance proteínas - carbohidratos, esto produce fuertes disminuciones en el rendimiento.

Excesos de nitrógeno

El excesivo suplemento de nitrógeno ocasiona bastante desarrollo, por la tendencia de que los carbohidratos participan más en la formación del protoplasma antes que en la pared celular. Bajo estas condiciones las células son grandes y con paredes débiles. La incidencia del rompimiento interno de las células durante el almacenamiento hace que se pudran mas fácilmente los productos, porque el protoplasma contiene altas cantidades de agua y muy poca materia seca.

Crecimiento de raíces.-

Adecuados suministros de nitrógeno producen un crecimiento notorio de las raíces, principalmente de las secundarias, lo que le da mayor acentamiento a la planta y favorece la absorción de nutrimentos. El maíz se ha observado que las raíces llegan hasta 1 m. de profundidad en presencia de dosis óptimas de fertilización nitrogenada.

Fructificación.

Existe un punto de equilibrio del N con el fósforo principalmente en donde la fructificación es alta. Generalmente la falta o exceso de nitrógeno perjudica mucho a la fructificación. En granos pequeños la relación grano-paja es menor en condiciones de deficiencia de N, esta va aumentando a medida que la dosis se acerca al óptimo. Un mejor efecto se obtiene haciendo aplicaciones en cobertura de este elemento. En maíz la máxima relación grano - material -

.../

vegetal ocurre a altos niveles de nitrógeno, esto es debido al notorio incremento en el área foliar.

Encamado.

Es el desplazamiento inelástico de la planta desde su posición vertical. Usualmente es un desplazamiento lateral provocado por el viento, la altura y peso de la planta, más el peso del agua que cae sobre ella. El aumento del encamado con la aplicación de dosis altas de nitrógeno, se debe justamente a que da lugar a plantas muy altas, pesadas y con tallos débiles en su punto de inercia lo que provoca su rompimiento.

En maíz este fenómeno está relacionado con la población de plantas por hectárea, generalmente el rompimiento se produce a la altura del tercer entrenudo (punto de inercia).

Para evitar el encamado en cereales, cuando son necesarias aplicaciones altas de nitrógeno, hay tres diferentes métodos:

- 1) Mejoramiento de variedades para obtener aquellas con paja resistente;
- 2) Aplicación de hormonas que controlen el crecimiento, y,
- 3) Aplicaciones de nitrógeno en cobertura.

Incidencia de enfermedades.-

El desarrollo de las enfermedades de las plantas varía con las aplicaciones de nitrógeno. La respuesta no es uniforme, varía de acuerdo a la naturaleza de las plantas, de las enfermedades y de las condiciones ambientales. En algunos casos la incidencia de enfermedad se incrementa con la aplicación de nitrógeno, en otros no.

Según observaciones realizadas parece que la influencia del nitrógeno en la presencia de enfermedades es indirecta, pues al dar lugar a un gran crecimiento, aumenta la humedad ambiental lo que fa

.../

vorece la proliferación de hongos. También vuelve susceptibles a las plantas al dar lugar a la formación de muchas proteínas y nucleoproteínas en las células muy ricas en agua y débiles de cubierta.

Se ha encontrado en trigo que plantas con alto contenido de nitrógeno producen una sustancia tóxica al Puccinia Glumarum, pero al contrario altas fertilizaciones nitrogenadas incrementan la susceptibilidad del trigo al ataque de Puccinia graminis, asociando esto a la falta de sustancias fenólicas en las hojas al tiempo de la emergencia de las flores. En definitiva el nitrógeno ayuda a algunas plantas a escapar de ciertas enfermedades y en otros casos aumenta la susceptibilidad.

WB/rto..

13-IX-73