

CAPITULO IV

NUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

José Orlando Blanco Sandoval

1. CRITERIO DE ESENCIABILIDAD

Las plantas absorben del suelo los elementos minerales o nutrimentos en forma indiscriminada. Sin embargo, la presencia en ellas de un nutrimento en particular no necesariamente constituye una prueba de que ese nutrimento sea esencial para su desarrollo.

Para que un nutrimento sea esencial se deben cumplir los siguientes principios

- a) La deficiencia del nutrimento hace imposible que la planta complete su período vegetativo y/o reproductivo.
- b) Los síntomas de deficiencia del nutrimento solamente se pueden corregir o prevenir mediante la aplicación de dicho nutrimento.
- c) El nutrimento participa directamente en la nutrición de las plantas, independientemente de su posible efecto en corregir alguna deficiencia química o microbiológica en el suelo o en el medio de crecimiento.

2. NUTRIMENTOS ESENCIALES

2.1. NUTRIMENTOS PRIMARIOS O MACRONUTRIENTES

Son aquellos requeridos en cantidades relativamente grandes para el normal desarrollo y producción de los cultivos y, generalmente, se encuentran en pequeñas cantidades en el suelo. Ellos son: el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).

2.2. NUTRIMENTOS SECUNDARIOS

Llamados así porque, aunque indispensables, son utilizados en cantidades moderadas por las plantas y no son tan deficientes en el suelo como los primarios. Ellos son: El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S). Generalmente se aportados al suelo enmiendas de suelos ácidos (cales) y alcalinos (sulfatos).

2.3. NUTRIMENTOS MENORES O MICRONUTRIMENTOS, O ELEMENTOS TRAZAS U OLIGOELEMENTOS.

Llamados así porque, aunque son requeridos para el normal desarrollo de las plantas, se utilizan en cantidades muy pequeñas, en comparación con los nutrientes mayores y, rara vez, son deficientes en el suelo. Ellos son: el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el hierro (Fe), el boro (B), el molibdeno (Mo) y el cloro (Cl)

No debe menospreciarse la importancia de los elementos menores por el hecho de que sean utilizados en pequeñas cantidades por las plantas; basta decir que la deficiencia de un elemento menor, así su utilización sea mínima, puede impedir la correcta asimilación de otros nutrientes y afectar negativamente el desarrollo de los cultivos.

3. FUNCIONES Y SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE LOS NUTRIENTOS ESENCIALES

3.1. EL NITROGENO (N)

3.1.1. Funciones Generales del Nitrógeno

- a) El N es un constituyente de todas las proteínas, de todas las enzimas y de muchos productos metabólicos intermedios.
- b) Promueve el rápido crecimiento y la formación de hojas, con la cual se incrementa el área foliar para la producción de alimentos en la planta.
- c) Da el color verde oscuro a las hojas.
- d) Aumenta el contenido de proteínas en los productos de las cosechas alimenticias.
- e) Es un nutriente esencial para los microorganismos del suelo que actúan en la descomposición de la materia orgánica.

3.1.2. Síntomas Visuales de Deficiencia del Nitrógeno

- a) Amarillamiento del follaje y caída de las hojas más viejas.
- b) El crecimiento de la parte aérea y de las raíces se reduce.
- c) Los tallos de las plantas son cortos y delgados.
- d) Pobre macollamiento en los cereales (arroz, avena, trigo y cebada).

e) La deficiencia de N reduce el contenido de agua en la planta y de ahí que los síntomas sean similares al stress de sequía.

3.1.3. Formas de Nitrógeno aprovechables por las plantas

El N en el suelo está principalmente unido a la materia orgánica. En general, el N mineral del suelo aprovechable por las plantas es muy bajo (solo unos pocos Kg/Ha)

El N aprovechable es la forma o formas químicas en el suelo que son fácilmente absorbidas por las raíces de las plantas, es decir, el NH_4^+ (nitrógeno amoniacal), el NO_3^- (nitrógeno nítrico) y ciertos compuestos orgánicos simples. Los nitritos (NO_2^-) se constituyen en una fuente menor de N aprovechable por las plantas.

3.1.4. Mineralización y Nitrificación del N en el Suelo

a) Aminización: consiste en la descomposición hidrolítica de las proteínas y liberación de aminas y aminoácidos.



b) Amonificación: proceso por el cual las aminas y los aminoácidos liberan compuestos amoniacales.



Este proceso es afectado por microorganismos heterótrofos (bacterias y hongos y actinomicetos)

c) Nitrificación: ocurre cuando parte del N_h liberado en el proceso de amonificación es convertido a NO_3^- . Es una oxidación biológica del amonio a nitrato.



(*)1- Esta reacción es influenciada por un género de bacterias llamadas nitrosomonas

(*)2- En este proceso intervienen otro género de bacterias conocidas como nitrobacter

El ión NH_4^+ se encuentra en la solución del suelo formando parte de un complejo de intercambio y en sitios que restringen su intercambiabilidad (no intercambiable o fijado)

El ión NO_3^- en la mayoría de los suelos agrícolas, la mayoría del nitrógeno inorgánico del suelo es utilizado bajo la forma de NO_3^- , independiente de las prácticas de fertilización. En consecuencia, el NO_3^- es la fuente más importante de N aprovechable para las plantas.

El ión NO_2^- Las plantas pueden utilizarlo en muy pequeñas cantidades, pues muy bajas concentraciones son tóxicas para la mayoría de los cultivos. En suelos alcalinos puede acumularse y persistir en cantidades apreciables.

3.2. EL FOSFORO (P)

3.2.1. Funciones Generales del Fósforo

- a) Es indispensable para la formación de las células que componen los tejidos y, por tanto, para el crecimiento de las plantas.
- b) El responsable de varias características del crecimiento, tales como la utilización de azúcares y el almidón; la formación del núcleo en la división celular; la formación de grasas y albúminas y en la transmisión de los factores hereditarios
- c) Forma parte de las proteínas.
- d) Estimula el desarrollo de las raíces.
- e) Interviene en la floración y acelera la maduración del fruto
- f) Es indispensable en la formación de las semillas
- g) Interviene en la asimilación del N.
- h) Es componente de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía y se encuentra en los azúcares fosforados, nucleótidos, ácidos nucleicos, nucleoproteínas, fosfolípidos y en el ácido fítico.
- i) Participa en la fosforilación, la fotosíntesis, la respiración y la síntesis y descomposición de los carbohidratos, las proteínas y las grasas.

3.2.2. Síntomas Visuales de deficiencia del fósforo

- a) Retarda el crecimiento y maduración de la planta.

b) Se manifiesta por una coloración rojiza o púrpura de las hojas más viejas debido a la acumulación de gran cantidad de azúcares en los tejidos, lo cual ocasiona la formación de pigmentos morados llamados antocianomas.

c) Las raíces detienen su crecimiento y poseen poca ramificación.

3.2.3. Formas de Fósforo Aprovechable por las Plantas

El P se encuentra en el suelo formando compuestos orgánicos e inorgánicos. La fracción orgánica se encuentra en el humus y otros materiales orgánicos. La fracción inorgánica se presenta en numerosas combinaciones con el Fe, Al, Ca, F y otros elementos. Los fosfatos también pueden reaccionar con las arcillas para formar complejos arcillofosfatados, los cuales son generalmente insolubles.

Las formas del P solubles o aprovechables por las plantas, el ión monofosfato (H_2PO_4^-) y ión difosfato (HPO_4^{2-}), se encuentran en la solución del suelo y también forman parte de la fracción inorgánica del suelo. (2,3,5)

3.3. EL POTASIO (K)

3.3.1. Funciones Generales del Potasio

El K aparentemente no hace parte integral de los componentes de la planta, como el protoplasma, las grasas y la celulosa. Su función parece ser más bien catalítica. Las principales funciones del K en las plantas son las siguientes.

a) Les imparte vigor y resistencia a las enfermedades.

b) Fomenta la resistencia de la planta a condiciones adversas de clima disminuyendo la pérdida de agua en épocas de sequía y reduciendo los daños a bajas temperaturas.

c) Interviene en la formación de las proteínas, azúcares, almidones y celulosa actuando, probablemente, como un condensador de la luz.

d) Mejora la calidad de las cosechas.

e) Neutraliza fisiológicamente los ácidos orgánicos.

f) Controla y regula la actividad de varios elementos minerales.

g) Es esencial para que puedan actuar las enzimas que catalizan ciertas reacciones, tanto en el metabolismo de los carbohidratos como en el del Nitrógeno

3.3.2. Síntomas Visuales de Deficiencia del Potasio

Varían de acuerdo al grado de escasez del nutrimento. En general se presenta

a) Amarillamiento moteado en los bordes de las hojas más viejas, luego en bandas continuas incluyendo las puntas. Posteriormente quemazón marginal, entorchamiento y muerte de los tejidos en los estados más avanzados

b) Produce, además, caída prematura de hojas y frutos o malformación de éstos, según el cultivo.

La quemazón de los márgenes de las hojas en los cultivos de las hojas anchas es un indicio de deficiencia de K, pero debe tenerse en cuenta que este síntoma puede resultar de otras causas, tales como deficiencia de calcio y fósforo, toxicidad de boro y cloro, daños por aspersión, vientos, quemazón ocasionada por fertilizantes, bajas temperaturas y heladas.

En el maíz, los cereales y los pastos, generalmente se presenta secamiento y quemazón de las puntas y bordes de las hojas más viejas progresando hacia las hojas más nuevas a medida que la deficiencia se hace más aguda. Generalmente la vena central de la hoja permanece verde.

3.3.3. Formas de Potasio Aprovechables por las Plantas

El Potasio total del suelo existe en distintas formas de combinación: el K estructural en minerales primarios; el K en minerales secundarios como la Illita, el K adsorbido, quelatado o en el complejo de intercambio, que puede intercambiarse solamente con otro catión altamente afin; el K intercambiable con un intercambiador débil, con o por ejemplo el ión NH_4^+ ; y el K soluble en agua o K en la solución del suelo. Todas estas formas están en equilibrio, pero solamente el K intercambiable sobre la superficie de los minerales de arcilla es considerado como la principal fuente aprovechable para las plantas.

El K disponible para las plantas es la forma iónica (K^+), que se encuentra en la solución del suelo. Sin embargo el contenido de K en la solución del suelo es, por lo general, muy bajo con respecto al K intercambiable y el K que es absorbido por las plantas, por lo cual resulta, cuantitativamente, de escasa importancia. Por esta razón, en la mayoría de los trabajos experimentales no se mide separadamente el K de la solución del suelo, sino que se lo incluye dentro del K intercambiable, puesto que las dos fracciones se extraen simultáneamente por medio de las soluciones

salinas que se usan para remover el K intercambiable.

De acuerdo con lo anterior, el K intercambiable nunca corresponde con el K aprovechable por las plantas, por las razones siguientes:

- a) La incapacidad de la planta para remover todo el K intercambiable.
- b) La inclusión del K soluble en la extracción del K intercambiable
- c) La liberación de K no intercambiable de minerales primarios y de los minerales de arcilla.
- d) La fijación a formas difícilmente intercambiables durante el período vegetativo de los cultivos
- e) Las diferencias específicas entre las plantas para utilizar el K intercambiable el K no intercambiable, o ambos.

Por tales razones el contenido de K intercambiable en el suelo no siempre es una buena medida para pronosticar las deficiencias de K en el suelo para un cultivo determinado (2,3,5)

3.4. EL CALCIO (Ca^{++})

3.4.1. Funciones Generales del Calcio

Todas las plantas contienen calcio. Es un nutrimento muy importante cuyas funciones principales son:

- a) Forma parte de compuestos que constituyen las paredes celulares.
- b) Aumenta el vigor general de las plantas y el endurecimiento de los tallos.
- c) Se le ha relacionado con la síntesis de las proteínas porque aumenta la absorción del N en la forma de nitrato (NO_3^-).
- d) Neutraliza las toxinas producidas en las plantas.
- e) Influye en la absorción y utilización del magnesio, potasio y boro.
- f) Estimula la producción de granos y semillas.
- g) Aumenta el contenido de calcio en los cultivos alimenticios lo cual es especialmente

importante para los animales y el hombre que necesitan el calcio para la salud y el crecimiento.

h) Es necesario para el crecimiento de los meristemos apicales

3.4.2. Síntomas Visuales de Deficiencia de Ca

El Calcio es un elemento móvil en la planta y, en el evento de una deficiencia, es traslocado fácilmente de las partes viejas a las más jóvenes de las plantas

Por esta razón, generalmente los síntomas aparecen primero en las hojas más bajas, cerca de los puntos de crecimiento de los tallos y raíces. Los síntomas de deficiencia más característicos son

- a) Las hojas jóvenes pueden deformarse, las puntas enroscarse hacia abajo y las márgenes hacia abajo o hacia arriba
- b) El crecimiento se detiene
- c) Muchas plantas de hojas anchas pueden mostrar quemazón parda y manchas o bandas marginales cloróticas delgadas.
- d) El sistema radicular se desarrolla deficientemente y las raíces pueden aparecer gelatinosas

3.4.3. Formas de Calcio Aprovechables por las Plantas

El calcio puede existir en el suelo en muchas formas, pero para fines de nutrición vegetal las principales son: el calcio en la solución del suelo, el calcio intercambiable y el calcio activo. El calcio activo lo conforman las partículas finas de carbonatos solubles en aguas cargadas de CO_2 .

Los suelos varían ampliamente en el contenido de Calcio. En suelos calcáreos oscila desde menos del 1% al 25%; en suelos no calcáreos (libres de CaCO_2) varía desde 0.09% hasta un poco más del 2%.

3.5. EL MAGNESIO (Mg^{++})

3.5.1. Funciones Generales del Magnesio

- a) Es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila, el pigmento verde

que recoge la energía del sol para formar sustancias nutritivas en la planta.

- b) Está relacionado con el metabolismo del P y se considera que es específico en la activación de numerosos sistemas enzimáticos.
- c) Es necesario para la formación de los azúcares.
- d) Regula la absorción de otros elementos nutritivos
- e) Actúa como transportador del fósforo en las plantas.
- f) Propicia la formación de aceites y grasas.
- g) Interviene en la translocación del almidón.

3.5.2. Síntomas Visuales de Deficiencia del Magnesio

El magnesio es también un elemento móvil y es translocado fácilmente de las partes más viejas a la más jóvenes de las plantas en el evento de una deficiencia. Por esta razón los síntomas aparecen a menudo primero en las hojas más bajas

- a) El síntoma general es un amarillamiento del tejido comprendido entre las venas permaneciendo éstas con un color verde más oscuro.
- b) En muchas especies como el maíz, la deficiencia resulta en una clorosis intervenal de las hojas. En los estados más avanzados el tejido foliar toma un color amarillo pálido uniforme, luego un color pardo y finalmente muere.
- c) En otras especies como el algodón, las hojas toman un color púrpura rojizo que gradualmente se torna pardo y finalmente necrótico.

3.5.3. Formas de Magnesio Aprovechables por los Plantas

Igual que el calcio, el magnesio se encuentra en el suelo en varias formas intercambiable en el complejo coloidal, en la solución del suelo y formando parte de nitratos, bicarbonatos, cloruros o sulfatos.

El Mg constituye aproximadamente el 1.93% de la corteza terrestre. Los límites son demasiado amplios. En suelos no calcáreos el contenido de Mg total varía entre 0.1 y 1%; en suelos calcáreos hasta 2 y 3%.

Es importante tener en cuenta que la cantidad absoluta de Ca y Mg intercambiable en los suelos no es tan importante para la nutrición de las plantas como su proporción relativa con las cantidades y clases de los otros cationes retenidos en el complejo de intercambio, es decir, el grado de saturación de bases.

3.6. EL AZUFRE (S)

3.6.1. Funciones Generales del Azufre

El azufre es utilizado por las plantas en cantidades apreciables y está generalmente presente en el material vegetal aproximadamente en la misma proporción que el P. A continuación se relacionan algunas de sus funciones más importantes

- a) Es indispensable para la formación de los aminoácidos que contienen azufre (cisteína y metionina) y hace parte de la estructura molecular de las proteínas
- b) Hace parte de ciertas vitaminas y enzimas, tales como la glutamina, el compuesto que se cree está involucrado en los procesos respiratorios
- c) Ayuda a mantener el color verde de las hojas
- d) Propicia la formación de nódulos en las leguminosas
- e) Estimula la producción de semillas
- f) Fomenta el crecimiento de las raíces y el vigor de las plantas

3.6.2. Síntomas Visuales de Deficiencia del Azufre

La sintomatología de deficiencia del azufre a veces se confunde con la del nitrógeno.

- a) La hojas son de color verde pálido o amarillo especialmente entre las venas. Esta clorosis es más severa en las hojas más viejas, pero en algunas plantas, especialmente cítricos, tabaco y algodón, se acentúa más en los tejidos de crecimiento
- b) En general, el crecimiento de las plantas se detiene, las hojas se toman amarillas y las puntas se doblan hacia abajo. Los tallos se tornan leñosos y el desarrollo de la raíz se restringe. El amarillamiento es más notorio en las hojas nuevas.

3.6.3. Formas de Azufre Aprovechables por las Plantas

Las plantas lo absorben en la forma del ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). En el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica. La fracción orgánica constituye la mayor proporción de azufre total. La fracción inorgánica proviene principalmente de sulfatos solubles en solución, SO_2 atmosférico, fertilizantes y pesticidas.

Las deficiencias de azufre en el suelos son debidas a ausencia de formas disponibles, uso de fertilizantes sin azufre, pérdidas por lixiviación extracción por cultivos con altos requerimientos

El azufre en el suelo registra un ciclo similar al del nitrógeno, en el cual intervienen procesos de mineralización, oxidación y reducción. Para que la planta pueda utilizar la fracción orgánica de azufre es indispensable que ocurra el proceso de mineralización por acción microbial.

4. BIBLIOGRAFIA

- 1 Donahue L R ; Miller W R.; Shickluna C. J. 1983d. Soils an introduction ssto soils and plant growth. Fifth Edition. Prentice-hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 667 P.
- 2 Fass Bender W, H 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Torrealba Costa Rica 398 P.
- 3 Marin M G , CDhristensen, J. 1972. Suelos y fertilizantes. Boletín didáctico Ica No 1 Tibaitatá, Bogotá. 92 P.
- 4 Tisdale L. S , Nelson L. W 1970. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Montoner y Simón S A, Barcelona 760 P.
- 5 Tisdale L. S.; Nelson L , W; Beaton D J 1 984. Soil Fertility and Fertilizers. Fourth Edition. Mocomillan Dublishing Company New York, 754 P.
- 6 Thompson M L ; Troeh, M. L. 1978. Soils and Soil Fertility. Fourth Edition. Mc Graw- Hill Book Company. New York 516 P.