

OLIGOELEMENTOS DEL SUELO

Ing. Agr. MSc. Agustín Sanzano

INTRODUCCIÓN

Basándose en las cantidades que necesitan las plantas y en sus funciones, los elementos esenciales o nutrientes se han clasificado en tres categorías:

- **Nutrientes primarios:** N,P,K, son necesarios en cantidades relativamente grandes, expresadas en % de materia seca. Se aplican regularmente al suelo en los fertilizantes minerales.
- **Nutrientes secundarios:** Si, Ca, Mg, S, son relativamente abundantes en suelos y plantas. Se encuentran frecuentemente como productos accesorios en los fertilizantes o se aplican al suelo separadamente en las enmiendas con productos como cal y yeso.
- **Oligoelementos:** existen sólo en pequeñas cantidades en el suelo y en las plantas, sus proporciones se dan normalmente en ppm. De los 18 elementos conocidos como esenciales 9 son considerados micronutrientes: hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro, níquel, cobalto, y cloro. Todos ellos son esenciales en el desarrollo de las plantas. No son menos importantes que los macronutrientes. Los efectos de las deficiencias de micronutrientes pueden ser muy severos, tales como achaparramiento, bajos rendimientos, marchitamiento, e incluso muerte de la planta. Algunos se absorben como cationes, y otros como aniones.

Otros oligoelementos no son aparentemente esenciales en sí mismos en la nutrición vegetal o animal, pero la pueden afectar indirectamente: por Ej. el vanadio afecta ciertas funciones microbiológicas; el aluminio afecta la disponibilidad de P, etc.

En general, todos los oligoelementos son tóxicos para las plantas y animales si se encuentran en el suelo en concentraciones sensiblemente superiores a las medias, en algunos casos con concentraciones relativamente reducidas.

Estos factores, junto con el gran número de oligoelementos, sus complicadas funciones en los procesos biológicos y las dificultades para descubrir los síntomas de deficiencia y toxicidad si no son graves, hacen que la corrección del problema sea laboriosa.

Los elementos menores son importantes como activadores de enzimas. Ningún micronutriente puede aumentar los rendimientos si faltan los nutrientes. De ahí que la aplicación de oligoelementos sólo tiene valor cuando el suelo está bien provisto de macronutrientes.

FUENTE

Los suelos normalmente reciben sus oligoelementos principalmente de las rocas mediante los procesos de meteorización de sus minerales constituyentes. Los productos de la descomposición de plantas y animales, así como las aguas naturales, los materiales de la atmósfera,

fertilizantes, agroquímicos, son recursos secundarios.

CONTENIDO TOTAL

Las variaciones relativas del contenido total de micronutrientes en los suelos son mucho mayores que las de los principales elementos nutritivos.

El contenido de los mismos en el suelo depende de varios factores:

- **Composición mineralógica del material original:** la resistencia a la meteorización está relacionada con la textura y el contenido de oligoelementos de los suelos. Los suelos de texturas finas, principal fuente de estos elementos, derivan, generalmente de minerales de fácil alteración. Fracciones gruesas, con bajo contenido de micronutrientes, proceden de minerales como el cuarzo, que son resistentes a la meteorización.
- **Materia orgánica:** es reservorio de nutrientes, dado su papel concentrador. Existe la posibilidad de que estos elementos se inmovilicen, formando combinaciones orgánicas complejas no aprovechables, pero también se da la situación inversa, a través de la formación de complejos o quelatos solubles que son aprovechables por el vegetal, siendo una de las vías más adecuadas para corregir deficiencias.

En otro orden, cuando se comparan resultados analíticos en base a la expresión ppm o similar, se pueden cometer graves errores en la práctica cuando se comparan situaciones extremas como por ejemplo suelos arenosos con suelos de turba, debido a la influencia de la materia orgánica en el PEA. Dos valores iguales en la expresión ppm, pueden diferir sustancialmente cuando se los expresa en volumen.

La distribución de los elementos menores depende, fundamentalmente, de los procesos formadores del suelo. En los suelos poco evolucionados, la distribución en el perfil es pareja. A medida que avanza la evolución, tienden a enriquecerse los horizontes ricos en materia orgánica o material fino.

FORMAS EN EL SUELO

Los micronutrientes se encuentran constituidos por especies químicas conocidas y otras desconocidas, de allí que prefiera hablarse de formas funcionales de los mismos. Un elemento dado puede estar:

- **Soluble:** se encuentran combinaciones inorgánicas y principalmente orgánicas, en concentraciones ínfimas.
- **Adsorbido:** las cantidades dependen de varios factores, como tipo de coloide, característica del elemento, pH, etc.
- **Complejado:** con fracciones orgánicas solubles e insolubles.

- **Precipitado:** como óxidos, fosfatos complejos, etc.
- **Estructural:** es el que compone la red cristalina de los minerales.

La forma aprovechable por los vegetales es la soluble, tanto orgánica como inorgánica, cuyo nivel se recupera por el aporte de las otras formas, según el equilibrio de cada suelo.

DISPONIBILIDAD

La cantidad de oligoelementos extraída anualmente por los cultivos, no supera generalmente el 1% de las cantidades totales de los mismos existentes en el suelo. Pero su disponibilidad depende principalmente de su solubilidad, la cual está determinada por varios factores:

- **Textura:** se registran en general, menos contenidos solubles cuanto más gruesa es la textura.
- **pH:** en general cuando la acidez aumenta, lo hace también la disponibilidad de micronutrientes, a excepción del molibdeno, cuya solubilidad aumenta con el incremento de pH. En suelos ácidos, los oligoelementos, al estar muy solubles pueden lavarse fácilmente.
- **Materia orgánica:** debe considerarse su influencia sobre la disminución del pH, aumentando la solubilidad. Otro efecto importante es la formación de quelatos, especialmente con cobre y cobalto.
- **Ambiente reductor:** el exceso de humedad puede aumentar la disponibilidad hasta valores de toxicidad.
- También influyen la actividad microbiana y las variaciones estacionales con efectos variables.

Los micronutrientes no deben ser usados anualmente como los macronutrientes, ya que se gastan menos, pudiendo permanecer varios años en el suelo. Una fertilización anual puede provocar toxicidad. Las cantidades en las plantas manifiestan deficiencias distan muy poco de las cantidades que son tóxicas. Por ej, en los casos de boro y molibdeno, la aplicación de pequeñas cantidades (3 a 4 Kg/ ha) de nutriente disponible a un suelo inicialmente deficiente en esos elementos, puede resultar en una severa toxicidad.

HIERRO

Este elemento está situado en tercer lugar en abundancia en la superficie terrestre. Sin embargo, en la nutrición mineral actúa como oligoelemento. Se presenta en los suelos en forma de óxidos, hidróxidos, fosfatos, y formando parte de la estructura de silicatos primarios y minerales arcillosos.

La cantidad de Fe disponible para las plantas depende del potencial redox del suelo. La reducción del Fe se realiza especialmente en condiciones de drenaje pobre, produciéndose coloraciones verde-grisáceo-azuladas. Con buenas condiciones de aireación pasa rápidamente al estado férrico.

Los problemas de deficiencia de Fe corresponden con

mucha frecuencia a suelos derivados de materiales calcáreos, en parte por un pH elevado, pero además porque hay falta de actividad del Fe en la planta debido a la abundancia de calcio o de calcio y fósforo.

El Fe es indispensable en la síntesis de clorofila y es componente de enzimas de la cadena respiratoria. La deficiencia se manifiesta como clorosis. En animales provoca anemia ya que forma parte de la molécula de hemoglobina.

MANGANESO

Se considera que existe en el suelo en tres estados de oxidación: Mn^{2+} ; Mn^{3+} y Mn^{4+} . Las dos últimas formas son muy insolubles, siendo el Mn^{2+} el aprovechable. Este se encuentra disponible en medio reductor. La reversibilidad entre los distintos estados de oxidación es menos probable que en el caso del Fe. En suelos ácidos y mal aireados su concentración puede llegar a ser tóxica para los animales. En extrema acidez también es tóxico para los cultivos.

Las deficiencias se dan en suelos alcalinos o neutros y también en aquellos con altos contenidos de materia orgánica con la que formarían complejos insolubles. Interactúa negativamente con el Fe y el Co.

Es esencial en la fotosíntesis y constituyente de enzimas. Es más importante en la nutrición de aves que de mamíferos.

ZINC

Forma parte de los minerales ferro-magnesianos y de sales. Generalmente está más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos. Su disponibilidad será tanto menor cuanto menos meteorizado esté el material, característica de los climas áridos, con pH en el rango de neutro a alcalino. Con valores más altos de pH se forman Zincatos de calcio insolubles, y en suelos alcalinos aumenta un poco la disponibilidad por la existencia de Zincatos de sodio relativamente solubles. Las deficiencias de Zn se dan con más frecuencia en suelos arenosos y en suelos calcáreos. Altos niveles de P provocan deficiencias de Zn.

Actúa en las plantas como activador de enzimas. El maíz y los frutales, especialmente los cítricos son altamente susceptibles a las deficiencias de Zn, produciéndose cambios en la morfología de las hojas. En animales hay pérdida de pelo.

BORO

Está presente en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica. La mayor parte se encuentra presente en forma de turmalina (borosilicato muy insoluble de meteorización lenta).

Los compuestos de B son solubles y en suelos podzólicos puede haber deficiencia. En regiones áridas y semiáridas los niveles son altos. También poseen altos contenidos de B los suelos afectados por agua de mar.

La toxicidad de B está asociada a suelos de regiones áridas y semiáridas, donde puede ser particularmente importante en las aguas de riego.

El B está relacionado con la actividad meristemática, las auxinas, las paredes celulares, el metabolismo de proteínas, el mantenimiento correcto de las relaciones del agua dentro de la planta, la translocación de azúcares y los procesos de fructificación.

COBALTO

La acidez del suelo puede influir en la solubilidad del Co y su absorción por la planta. Es esencial en la fijación del N por *Rhizobium*. Se han registrado deficiencias en suelos de texturas gruesas. En rumiantes la deficiencia se traduce en falta de apetito, crecimiento reducido, atrofia muscular, y anemia.

COBRE

Se presenta en los suelos principalmente como ion Cu^{2+} , adsorbido por los minerales arcillosos y ligado por la materia orgánica que tiene una gran capacidad para combinarse fuertemente con el metal. El 98% del Cu en solución está en combinaciones orgánicas. Los suelos orgánicos son deficientes en Cu, debido a su elevada capacidad de fijación. Dentro de límites razonables de pH, se cree que es un factor que no influye en la disponibilidad. Se han señalado interacciones antagonicas con el Fe, P, Mo y Zn.

Es importante en el crecimiento de las plantas como activador enzimático, en el metabolismo de proteínas, y tal vez en la formación de clorofila.

Su deficiencia en animales provoca despigmentación de pelo y lana, anemia, crecimiento reducido, enfermedades óseas, y crecimiento anormal de la lana.

MOLIBDENO

Se encuentra en el suelo como anión molibdato. El pH es el principal regulador de la disponibilidad de Mo. Se hace cada vez más disponible al aumentar el pH.

Su exceso puede causar toxicidad en animales de pastoreo. La deficiencia es corriente en suelos arenosos de reacción ácida.

Es componente esencial de algunas enzimas. Es muy importante en la producción de cultivos forrajeros, debido a la incidencia en el ciclo del N y por sus efectos tóxicos en animales.

NÍQUEL

Ha sido recientemente adicionado a la lista de elementos esenciales para las plantas superiores. Es esencial para el funcionamiento de varias enzimas, incluyendo la ureasa, que descompone la urea en amonio y CO_2 . Las leguminosas deficientes en níquel acumulan niveles tóxicos de urea en sus hojas, las semillas de los cereales no son viables y fallan en la germinación.

CLORO

Su rol es todavía poco claro, sin embargo, se conoce que interviene en la fotosíntesis y en el desarrollo de las raíces. Es absorbido por las plantas en mayores cantidades que cualquier otro micronutriente, a excepción del hierro. La mayor parte del cloro en el suelo está como ion Cl^- , que se lava fácilmente en los suelos de las regiones húmedas. Excepto en los suelos salinos que tienen cantidades tóxicas de cloro, en los suelos normales no hay condiciones que reduzcan su disponibilidad. El incremento de cloro de la atmósfera más el proveniente de las sales fertilizantes (como el cloruro de potasio), son suficientes para las necesidades de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- **BRADY, N. and R. WEIL.** 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- **MORTVEDT, J.J, COX, F.R., SHUMAN, L.M., WELCH, R.M.** 1991. Micronutrients in Agriculture. 2 Edition. Soil Science Society of America, Inc.
- **NELSON, D.W., ELRICK, D.E, TANJI, K.K.** 1992. Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems. SSSA Special Publication Number 11. American Society of America, Inc.
- **STEVENSON, F.J. and M.A. COLE.** 1999. Cycles of Soils. John Wiley & Sons, Inc.