

MICRONUTRIENTES

FERTILIDAD - 2011

Aurora Cerveñansky

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.
- Niveles de rendimiento cada vez mayores.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.
- Niveles de rendimiento cada vez mayores.
- Tendencia al uso de fertilizantes químicos puros.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.
- Niveles de rendimiento cada vez mayores.
- Tendencia al uso de fertilizantes químicos puros.
- Extracción continua por cultivos intensivos.

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.
- Niveles de rendimiento cada vez mayores.
- Tendencia al uso de fertilizantes químicos puros.
- Extracción continua por cultivos intensivos.
- Utilización reducida de abonos orgánicos (tipo estiércol)

Factores que determinan su estudio

- Son parte de los nutrientes requeridos por los vegetales.
- Aplicación de macronutrientes como fertilizantes.
- Pérdidas por lixiviación y erosión.
- Niveles de rendimiento cada vez mayores.
- Tendencia al uso de fertilizantes químicos puros.
- Extracción continua por cultivos intensivos.
- Utilización reducida de abonos orgánicos (tipo estiércol)
- Existencia de casos concretos de deficiencia de importancia económica en el país.

Cantidades extraídas por los cultivos

(expresado como % de la materia seca)

- ❑ 95% -- C , H , O , N
 - ❑ 4% -- K , P , Ca , Mg , S , entre otros
 - ❑ <1% -- micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mo, etc.)
-

Cantidades extraídas por los cultivos

(expresado como % de la materia seca)

- ❑ 95% -- C , H , O , N
- ❑ 4% -- K , P , Ca , Mg , S , entre otros
- ❑ <1% -- micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mo, etc.)

Ejemplo: diferencias entre especies

CULTIVO	Rend (kg/ha)	Contenido (gr/ha)			
		Cu	Mn	Zn	Mo
Trigo (grano)	2.800	20	161	148	0,1
Trébol (MS 2 cortes)	6.000	114	541	366	7,0
Papa (tubérculos)	20.000	44	42	99	0,7

Concentración en planta (rangos)

Micronutriente	ppm (*)
Fe	20-400
Mn	20-500
Zn	20-100
B	20-100
Cu	5-30
Mo	1-10

(*) 1% = 10.000 ppm

Contenido total en los suelos

Micro	Rango	Promedio
Fe	0,7 - 55%	3,8%
Mn	20 - 3.000 ppm	600 ppm
Zn	10 – 300 ppm	50 ppm
B	2 – 200 ppm	7,8 ppm
Cu	1 – 40 ppm	9 ppm
Mo	0,2 – 5 ppm	2 ppm

Contenido total en los suelos

Factores que lo determinan:

1. Material madre

Contenido total en los suelos

Factores que lo determinan:

- 1. Material madre**
- 2. Meteorización**

Contenido total en los suelos

Factores que lo determinan:

- 1. Material madre**
- 2. Meteorización**
- 3. Factores de clima**

Contenido total en los suelos

Factores que lo determinan:

- 1. Material madre**
- 2. Meteorización**
- 3. Factores de clima**
- 4. Factores de suelo**
 - efecto de la textura

Contenido en los suelos

a) Contenido total

Factores que lo determinan:

1. Material madre

2. Meteorización

3. Factores de clima

4. Factores de suelo

- efecto de la textura: mayor contenido en las texturas más finas.

Contenido total en los suelos

Factores que lo determinan:

1. Material madre
2. Meteorización
3. Factores de clima
4. Factores de suelo
 - efecto de la textura: mayor contenido en las texturas más finas.
 - efecto de la materia orgánica: al aumentar su tenor crece el contenido de micro hasta valores aprox. 10% (suelos orgánicos) y se da lo contrario

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- En la solución del suelo (todos)

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- En la solución del suelo (todos)
- Intercambiables (Zn, Mn, Cu, Fe)

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- En la solución del suelo (todos)
- Intercambiables (Zn, Mn, Cu, Fe)
- Ligados a la materia orgánica
(Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo)

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- En la solución del suelo (todos)
- Intercambiables (Zn, Mn, Cu, Fe)
- Ligados a la materia orgánica
(Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo)
- Precipitados (Fe , Mn)

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- En la solución del suelo (todos)
- Intercambiables (Zn, Mn, Cu, Fe)
- Ligados a la materia orgánica
(Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo)
- Precipitados (Fe , Mn)
- Adsorbidos a la fase sólida (Zn, Cu, B, Mo)

Formas bajo las cuales se encuentran en el suelo

- **En la solución del suelo (todos)**
- **Intercambiables (Zn, Mn, Cu, Fe)**
- **Ligados a la materia orgánica (Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo)**
- **Precipitados (Fe , Mn)**
- **Adsorbidos a la fase sólida (Zn, Cu, B, Mo)**
- **Constituyentes minerales del suelo**

Contenido en los suelos bajo forma disponible

- Las cantidades extraídas por los cultivos representan en general menos del 1% de las cantidades totales en los suelos

Contenido en los suelos

bajo forma disponible

- Las cantidades extraídas por los cultivos representan en general menos del 1% de las cantidades totales en los suelos
- Las cantidades totales no son entonces un buen índice de la disponibilidad

Contenido en los suelos

bajo forma disponible

- Las cantidades extraídas por los cultivos representan en general menos del 1% de las cantidades totales en los suelos.
- Las cantidades totales no son entonces un buen índice de la disponibilidad
- La disponibilidad de los micronutrientes dependerá de los niveles en solución y del mantenimiento de los mismos a partir de otras formas en el suelo

Factores del suelo que determinan su disponibilidad

a) pH del suelo

Su efecto es en la solubilidad y absorción de los micronutrientes y dependerá de cual consideremos.

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

a) **pH del suelo**

Su efecto es en la solubilidad y absorción de los micronutrientes y dependerá de cual consideremos.

Globalmente:

- al disminuir el pH, aumenta la solubilidad y absorción de Fe, Cu, Zn, Mn, B
- al aumentar el pH, aumenta la disponibilidad del Mo

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

a) pH del suelo - ejemplos

Fe – al aumentar el pH el Fe^{+2} pasa a Fe^{+3} y precipita. Su solubilidad esta controlada por los óxidos de Fe (Fe^{+3} disminuye 1000 veces y Fe^{+2} 100 veces su solubilidad por unidad de aumento del pH)

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

a) pH del suelo - ejemplos

Fe – al aumentar el pH el Fe^{+2} pasa a Fe^{+3} y precipita. Su solubilidad esta controlada por los óxidos de Fe (Fe^{+3} disminuye 1000 veces y Fe^{+2} 100 veces su solubilidad por unidad de aumento del pH)

Zn – Zn^{+2} predomina en medio ácido. En suelos de pH 6-8 predomina como hidróxido y carbonato de Zn, ambas formas insolubles.

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

a) pH del suelo - ejemplos

Fe – al aumentar el pH el Fe^{+2} pasa a Fe^{+3} y precipita. Su solubilidad esta controlada por los óxidos de Fe (Fe^{+3} disminuye 1000 veces y Fe^{+2} 100 veces su solubilidad por unidad de aumento del pH)

Zn – Zn^{+2} predomina en medio ácido. En suelos de pH 6-8 predomina como hidróxido y carbonato de Zn, ambas formas insolubles.

B – Adsorción sobre hidróxidos de aluminio (pH >6,4)

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

b) Condiciones de óxido-reducción

Se relaciona con el pH y es especialmente importante para Fe y Mn.

Ejemplo

La solubilidad del Fe^{+2} en suelos ácidos es de 10^{-4} moles/l.

El aumento del potencial ox-red. lleva el Fe^{+2} a Fe^{+3} el cual tiene una solubilidad de 10^{-17} moles/l.

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

c) Textura

En suelos de textura fina hay mayores contenidos de micronutrientes en todas las formas. Por ello en suelos livianos es donde normalmente se dan situaciones de deficiencia.

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

c) Textura

En suelos de textura fina hay mayores contenidos de micronutrientes en todas las formas. Por ello en suelos livianos es donde normalmente se dan situaciones de deficiencia.

d) Materia orgánica

Su efecto se da sobre la retención de cationes metálicos por quelatación o complejación.

El Cu es uno de los más retenidos por este mecanismo, pero también el Mn, Fe, Zn.

Factores del suelo que determinan su disponibilidad (continuación)

e) Actividad microbiológica

Depende y se relaciona con los factores anteriormente mencionados y actúa a través de:

- mineralización de la materia orgánica
- participación en los procesos de óx.-red. y disponibilidad de las formas resultantes
- competencia directa con las plantas, a nivel de la rizósfera.

Factores de la planta que modifican su disponibilidad a nivel de la rizósfera

- Excreción de ácidos (modificando el pH circundante) y compuestos orgánicos (captoreadores de cationes metálicos)
- Elongación radicular (mayor exploración del suelo)
- Mayor concentración de oxígeno en el medio radicular.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.
- **Boro (H_3BO_3)** – Desarrollo de meristemas; participación en síntesis de proteínas; metabolismo de carbohidratos.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.
- **Boro (H_3BO_3)** – Desarrollo de meristemas; participación en síntesis de proteínas; metabolismo de carbohidratos.
- **Zinc (Zn^{+2})** – Metabolismo de auxinas; Constituyente de anhidrasa carbónica.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.
- **Boro (H_3BO_3)** – Desarrollo de meristemas; participación en síntesis de proteínas; metabolismo de carbohidratos.
- **Zinc (Zn^{+2})** – Metabolismo de auxinas; Constituyente de anhidrasa carbónica.
- **Cobre (Cu^{+2})** – Constituyente de enzimas de óx.-red.

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.
- **Boro (H_3BO_3)** – Desarrollo de meristemas; participación en síntesis de proteínas; metabolismo de carbohidratos.
- **Zinc (Zn^{+2})** – Metabolismo de auxinas; Constituyente de anhidrasa carbónica.
- **Cobre (Cu^{+2})** – Constituyente de enzimas de óx.-red.
- **Molibdeno (MoO_4^{-2})** –Participa en nodulación de leguminosas (nitrogenasa) y en la reducción del NO_3^- (nitrato reductasa)

Efectos sobre el crecimiento vegetal

- **Hierro (Fe^{+2})** – componente de sustancias de óx.-red. de respiración y fotosíntesis.
- **Manganeso (Mn^{+2})** – Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de óx.-red.
- **Boro (H_3BO_3)** – Desarrollo de meristemas; participación en síntesis de proteínas; metabolismo de carbohidratos.
- **Zinc (Zn^{+2})** – Metabolismo de auxinas; Constituyente de anhidrasa carbónica.
- **Cobre (Cu^{+2})** – Constituyente de enzimas de óx.-red.
- **Molibdeno (MoO_4^{-2})** –Participa en nodulación de leguminosas (nitrogenasa) y en la reducción del NO_3^- (nitrato reductasa)

Dentro de la planta: Fe-Mn-B-Mo son inmóviles.

Zn-Cu relativamente móviles.

Factores que determinan deficiencia de micronutrientes

1. Factores de Suelo

- pH
- textura
- suelos de turba

Factores que determinan deficiencia de micronutrientes

1. Factores de Suelo

- pH
- textura
- suelos de turba

2. Factores de Manejo

- intensidad de producción
- suelos muy cultivados, fertilizados con NPK

Situaciones en nuestro país

- **Frutales** – problemas ya detectados

- a) **Hierro** --- Clorosis férrica.

- Especies afectadas: Citrus, Arándano, Viña, hoja caduca (Duraznero y Manzano)

- Suelos: Vertisoles del Sur (F.Libertad, lodolitas calcáreas). Unidades Tala-Rodriguez y E.Paulier-Las Brujas.

- Brunosoles s/F.Bentos

Situaciones en nuestro país

- **Frutales** – problemas ya detectados

b) Zinc – se asocia al porta-injerto

Especie afectada: Citrus

Suelos: de textura liviana, con altos niveles de producción, agravan el problema.

Situaciones en nuestro país

➤ Balance de la situación en **Frutales:**

Fe y Zn relevante citrus

Fe en hoja caduca, arándano y viña

Situaciones en nuestro país

➤ Balance de la situación en **Frutales:**

Fe y Zn relevante citrus

Fe en hoja caduca, arándano y viña

- ✓ Prevención: conocer el tipo de suelos antes de instalar el monte.

Situaciones en nuestro país

➤ Balance de la situación en **Frutales:**

Fe y Zn relevante citrus y Fe en hoja caduca.

- ✓ Prevención: conocer el tipo de suelos antes de instalar el monte.
- ✓ Ya un problema, pues el monte esta instalado: corrección con fertilización.

Situaciones en nuestro país

- **Hortalizas**

- ✓ No se han observado problemas, en situaciones de producción media a baja.
- ✓ En producciones intensivas (invernáculo) sí y entonces es conveniente el uso de fertilizantes con micronutrientes.

Ello se debe a: costo y restabilidad de este tipo de cultivos; los altos rendimientos potencialmente esperables; y la duración de este tipo de cultivos (breve)

Situaciones en nuestro país

- **Otros cultivos**

- ✓ Se han observado problemas en situaciones de producción particulares: deficiencias de Zn en arroz. Quedó claramente asociado a zonas de blanqueales, comunes en zonas arroceras del E del país
- ✓ En pasturas no es un problema aún. En pruebas exploratorias con micronutrientes en suelos desaturados-lixiviados no hubo ningún tipo de efecto al agregado. Con Mo y las leguminosas ocurrió algo similar.
- ✓ En las producciones intensivas de cultivos cerealeros que estamos viviendo, se está potencializando este problema, entre otros. Ejemplo: deficiencia de Fe en soja ya se ha detectado.

FERTILIZANTES

Criterios para su utilización

- ❖ En situaciones de deficiencia, aplicar el fertilizante que contenga al nutriente en cuestión. No es necesario la utilización de fertilizantes completos.
- ❖ En sistemas muy intensivos, puede ser conveniente la utilización de fertilizantes completos.

FERTILIZANTES

Tipos de productos: Formulaciones

- Sales del nutriente

(sulfatos, óxidos, hidróxidos)

Ejemplos: B – Borato de sodio (Bórax)

Mo – Molibdato de sodio

FERTILIZANTES

Tipos de productos: Formulaciones (continuación)

- **Quelatos** ó agentes quelatantes o ligantes
Son estructuras cíclicas de un átomo de un metal con un componente orgánico unidos entre sí con diferente energía de enlace. Son solubles en agua.

Comercialmente son de Fe, Cu, Zn y Mn.

Su estabilidad depende del pH; un ejemplo típico es el de los quelatos de Fe.

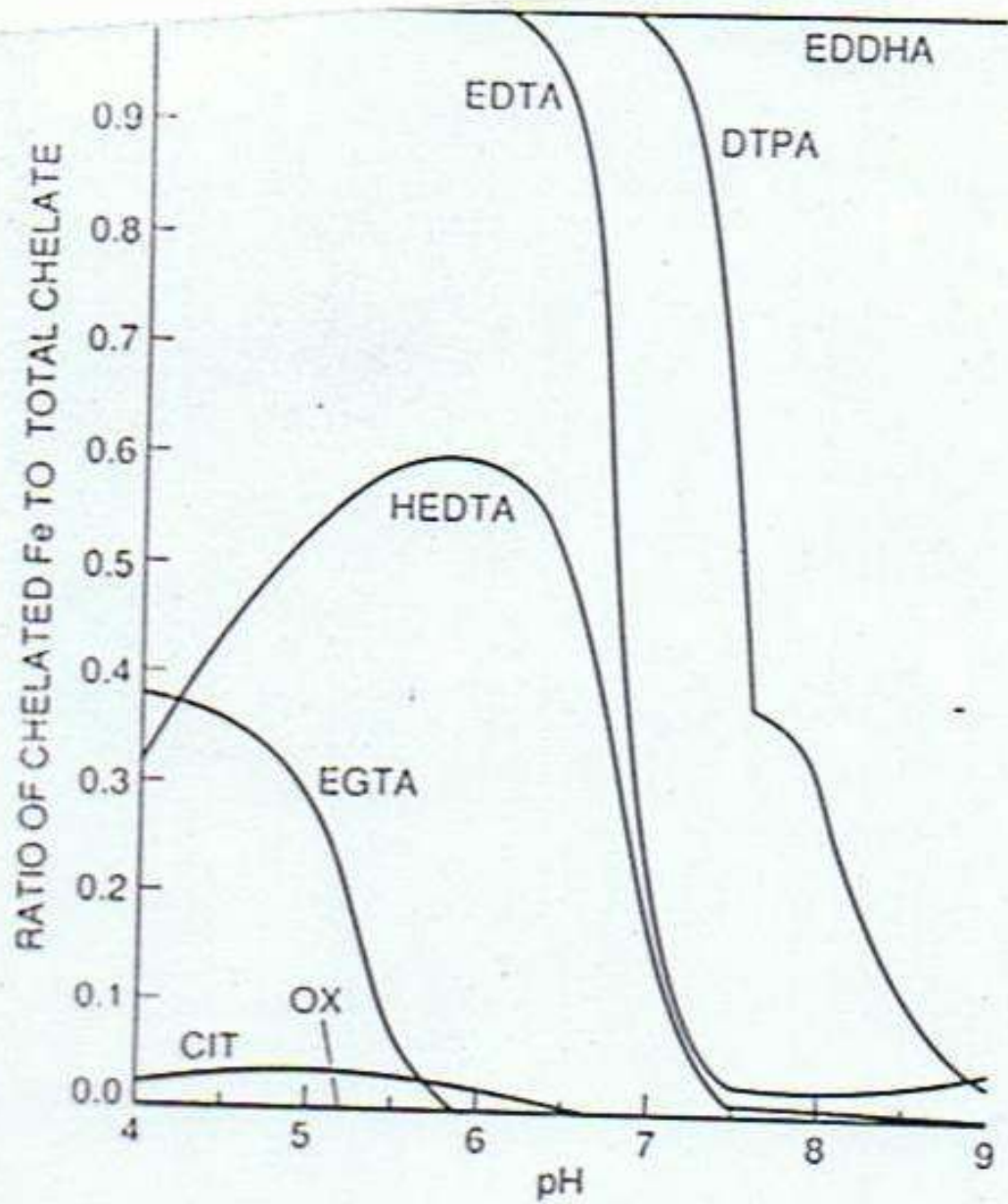


FIGURE 9.12 Stability of selected synthetic chelates with Fe in soils. Norvell, *Micronutrients in Agriculture*, p. 126, 1972.

FERTILIZANTES

Formas de Aplicación

- **Sales del nutriente**
 - Se aplican por vía foliar generalmente.
 - Algunas sales no son eficientes aplicadas al suelo:
 - a) por reducción en la disponibilidad del nutriente (Ej.: sales de Fe y Mn)
 - b) por poca solubilidad (Ej.: ZnO, MnO)
 - Generalmente se aplican sulfatos (Ej.: peleteado de semillas de leguminosas)

FERTILIZANTES

Formas de Aplicación

- Quelatos - Se aplican por vía foliar o al suelo.

Aplicación al suelo: esta formulación le da estabilidad al catión, manteniendo su disponibilidad

Aplicación foliar: en el caso de corrección de una deficiencia, sería más eficiente; se absorbe al quelato y al ión por la cutícula.

DIAGNÓSTICO

Situación de DEFICIENCIA

- Uso del ANÁLISIS FOLIAR
como herramienta cuantitativa
- SÍNTOMAS
en estado avanzado de deficiencia