

Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales



Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales

Manoj Kumar Sharma y Prakash Kumar

SOBRE LOS AUTORES:

El doctor Manoj Kumar Sharma M. Sc. (Ag), Ph. D. (Ciencias del Suelo) fue el responsable del Laboratorio de Análisis de Suelo del distrito Sirohi (Rajastán), India. Actualmente trabaja como director asistente del departamento de Suelos en el IMTI, Kota, India.

El doctor Prakash Kumar M. Sc. (Ag), Ph. D (Agronomía) es el responsable de Investigación Agrícola (Agronomía) en Sirohi (Rajastán), India.

EDITORES (VERSIÓN ORIGINAL EN INGLÉS)

La publicación original en inglés fue editada y producida en cooperación por:

Dr. Kaushik Majumdar, director del International Plant Nutrition Institute, Programa Asia del Sur.

Dr. T. Satyanarayana, subdirector del International Plant Nutrition Institute, Programa Asia del Sur.

Dr. Raj Gupta, coordinador de Asia del Sur, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

Dr. M. L. Jat, agrónomo de Sistema de Cultivo, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, oficina en la India.

Gavin D. Sulewsky, gerente de Apoyo Agronómico y Técnico, IPNI.

Asistencia editorial: Katherine P. Griffin y Donald L. Armstrong, sede IPNI.

Formato: Rob LeMaster, Servicios Gráficos LeMaster.

EDITORES (VERSIÓN EN ESPAÑOL)

La publicación en español fue editada y producida en cooperación por:

Dr. Armando Tasistro, Instituto Internacional de Nutrición Vegetal, director para México y Centro América.

Dr. Iván Ortiz-Monasterio, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, científico principal.

Asistencia editorial: Q. Iliana Iyáñez Guzmán, Iliana C. Juárez-Perete.

Traducción: Hortensia Altamirano Márquez, Petr Kosina e Iván Ortiz-Monasterio.

Diseño: Yolanda Díaz Martínez.

PUBLICACIÓN ORIGINAL:

Sharma, M. K. y P. Kumar. 2011. *A guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops*.

(K. Majumdar, T. Satyanarayana, R. Gupta, M. L. Jat, G.D. Sulewsky, D. L. Armstrong Eds.) Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI), Norcross, GA, EUA. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, El Batán, México. 50 p.

ISBN: 978-0-9629598-9-9

© Copyright 2011, Instituto Internacional de Nutrición Vegetal.



El International Plant Nutrition Institute (IPNI), es una organización de investigación científica, sin fines de lucro, dedicada al manejo responsable de la nutrición vegetal para el beneficio de las familias humanas.

La sede principal del Instituto está en Peachtree Corners, Georgia, EUA. **www.ipni.net**



El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es un centro de investigación y entrenamiento técnico, sin fines de lucro, con sede principal en México. La misión del CIMMYT es “aumentar de manera sustentable, la productividad de los sistemas de maíz y trigo para asegurar la seguridad alimentaria global y reducir la pobreza”.

La sede principal del Centro está localizada en México.
www.cimmyt.org

**Los comentarios relativos a esta publicación
deberán dirigirse a:**

Dr. Iván Ortiz-Monasterio, científico principal, CIMMYT.

Km. 45, Carretera México-Veracruz,
El Batán, Texcoco. C. P. 56237 Edo. de México, México
Correo electrónico: i.ortiz-monasterio@cgiar.org

Dr. Armando Tasistro, director - México y América Central, IPNI.

3500 Parkway Lane, Suite 550. Peachtree Corners, Georgia,
30092-2844 USA.

Correo electrónico: atasistro@ipni.net

ÍNDICE

ÍNDICE	3
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	4
INTRODUCCIÓN	5
PREFACIO	6

MAÍZ (*Zea mays* Linn.)

Nitrógeno	7
Fósforo	8
Potasio	9
Calcio	10
Magnesio	11
Azufre	12
Hierro	13
Manganeso	14
Zinc	15

ARROZ (*Oryza sativa* Linn.)

Nitrógeno	16
Fósforo	17
Potasio	18
Azufre	19
Hierro	20
Zinc	22

TRIGO (*Triticum aestivum* Linn.)

Nitrógeno	23
Fósforo	24
Potasio	25
Azufre	26
Hierro	27
Zinc	29
Cobre	30

SORGO (*Sorghum vulgare* Pers.)

Nitrógeno	31
Fósforo	32
Potasio	33
Azufre	34
Hierro	35
Zinc	37

CEBADA (*Hordeum vulgare* L emend. Bowden)

Nitrógeno	38
Fósforo	40
Potasio	41
Azufre	43
Hierro	45
Zinc	47

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

utilizados con frecuencia en esta publicación

Al	Aluminio
B	Boro
C	Carbono
Ca	Calcio
Ca(NO₃)₂	Nitrato de calcio
CaCl₂	Cloruro de calcio
CaCO₃	Carbonato de calcio
CaSO₄	Sulfato de calcio
CaSO₄•H₂O	Sulfato de calcio dihidratado
Cl⁻	Cloruro
Co	Cobalto
Cu	Cobre
CuSO₄	Sulfato de cobre
Fe	Hierro
Fe²⁺	Hierro ferroso soluble
FeSO₄	Sulfato de hierro
H	Hidrógeno
H₂S	Ácido sulfhídrico
HCO₃⁻	Bicarbonato
K	Potasio
K₂SO₄	Sulfato de potasio
KCl	Cloruro de potasio
KNO₃	Nitrato de potasio
Mg	Magnesio
MgCl	Cloruro de magnesio
MgSO₄	Sulfato de magnesio
Mn	Manganeso
MnSO₄	Sulfato de manganeso
Mo	Molibdeno
N	Nitrógeno
Na	Sodio
(NH₄)₂SO₄	Sulfato de amonio
Ni	Níquel
NO₃⁻	Nitrato
O	Oxígeno
P	Fósforo
S	Azufre
Se	Selenio
Si	Silicio
V	Vanadio
Zn	Zinc
Zn(SO₄)	Sulfato de zinc

INTRODUCCIÓN

Un elemento es considerado esencial para las plantas cuando participa en las funciones metabólicas de éstas y su deficiencia o ausencia impide que completen su ciclo de vida (crecimiento y reproducción) sanamente.

Comúnmente se identifican diecisiete elementos como esenciales: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), azufre (S), cloruro (Cl⁻), hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y níquel (Ni) en orden de concentración relativa. Otros elementos como: cobalto (Co), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), vanadio (V) y aluminio (Al) se han identificado como benéficos, aunque no necesariamente esenciales.

De éstos, N, P y K son considerados los macronutrientes primarios; Ca, Mg y S, macronutrientes secundarios; y el resto se consideran micronutrientes, lo cual no significa que sean menos importantes.

Las plantas requieren de todos los nutrientes esenciales en proporciones equilibradas para un óptimo crecimiento. La deficiencia de nutrientes ocurre cuando la concentración y disponibilidad es insuficiente para satisfacer los requerimientos de una planta en crecimiento y se manifiestan, a menudo, como síntomas visuales. Por ejemplo: retraso en el crecimiento, clorosis, decoloración o necrosis, que pueden observarse en las partes viejas, medias o jóvenes de la planta, dependiendo de la movilidad de cada nutriente en ella.

Con frecuencia es difícil reconocer la deficiencia de nutrientes en las plantas de cultivo, incluso para los ojos más experimentados, ya que pueden presentarse simultáneamente múltiples deficiencias. Además, algunos síntomas son similares para los diferentes elementos, lo cual vuelve aún más confusa su identificación. La deficiencia de nutrientes también suele confundirse con síntomas de enfermedades, sequía, exceso de agua, anomalías genéticas, daños por herbicidas y pesticidas, y el ataque de insectos. Sin embargo, cada síntoma de deficiencia está relacionado con alguna función del nutriente en la planta (por ejemplo, el retraso en el crecimiento ocurre cuando un nutriente implicado en las funciones de alargamiento del tallo, la fotosíntesis y la producción de proteínas es deficiente).

Por lo tanto, el conocimiento de los fundamentos de la deficiencia de los nutrientes y la experiencia de campo puede facilitar la tarea de identificación de deficiencia de nutrientes.

La deficiencia de múltiples nutrientes en los suelos de la India es una de las principales preocupaciones. Además de la evidente implicación de la pérdida de rendimiento en los cultivos, si las deficiencias no son corregidas con insumos externos adecuados, podrían causar serios daños a la calidad del suelo.

Junto con la dependencia del suelo y el análisis de las plantas se debe dar énfasis a recorrer los campos, con el fin de desarrollar un ojo entrenado en la detección e interpretación de los síntomas de deficiencia de nutrientes.

La detección temprana de las deficiencias nutricionales mediante el reconocimiento de los síntomas visuales permite una rápida corrección de las estrategias del manejo de nutrientes adoptadas y evitar la pérdida de rendimiento.

Este libro, desarrollado por el International Plant Nutrition Institute (IPNI) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), está diseñado para servir como una guía de campo para identificar los síntomas de las deficiencias de nutrientes en los principales cereales, comprender las causas subyacentes de tales deficiencias y reconocer la manera en la que podrían ser prevenidas o remediadas.

Las excelentes fotografías proporcionadas por los doctores Majoj Kumar Sharma (Depto. de Agricultura, Gobierno de Rajastán) y Prakash Kumar (IPNI) permitirán al usuario de esta guía de campo entender el desarrollo de los síntomas de la deficiencia de nutrientes en las diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

Esperamos que este libro sea una referencia útil tanto para los investigadores como para el personal de extensión involucrado en la producción de cereales y en la divulgación del conocimiento. Asimismo, sirva para minimizar las pérdidas de rendimiento de los cereales, por deficiencia de nutrientes.

Dr. Kaushik Majumdar

PREFACIO

México es un país con una gran diversidad de ecosistemas naturales y sistemas de producción agrícola con una gran variedad de problemas nutricionales en sus cultivos.

La sección de Fertilidad del programa MasAgro tiene como objetivo la identificación y solución de los problemas nutricionales de trigo, maíz y cultivos asociados, con el fin de incrementar la productividad del campo mexicano. Para esto, el programa ha realizado trabajos de investigación, validación y transferencia en el área de fertilidad de suelos en campos de productores, y ha generado folletos con información sobre este tema, que ayude a los productores a incrementar sus rendimientos.

Derivado de esta actividad, se decidió llevar a cabo la traducción al español de la publicación *A guide to identifying and managing nutrient deficiencies in cereal crops*, generada originalmente en inglés por el IPNI y el CIMMYT. Esta guía se compone de una muy valiosa colección de fotografías a color que muestran la apariencia característica de diferentes deficiencias nutricionales en cereales (maíz, cebada, sorgo, trigo y arroz). Asimismo, se describen los métodos que pueden utilizarse para corregir estas deficiencias de la manera más efectiva.

Existe una gran demanda por parte de técnicos agrícolas y agricultores de este tipo de herramientas, que les permiten llevar a cabo diagnósticos acertados de las necesidades nutricionales de los cultivos y su corrección. Consideramos que ésta será una excelente herramienta para ayudarlos a encontrar y resolver los problemas nutricionales de cereales en el campo mexicano y de esta forma incrementar su productividad.

Iván Ortiz-Monasterio

MAÍZ (*Zea mays* Linn.)

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

SÍNTOMAS

- El maíz es muy sensible a la deficiencia de nitrógeno. Cuando ésta se presenta, las plantas se retrasan en el crecimiento y forman mazorcas pequeñas. A su vez, las mazorcas afectadas tienen granos pequeños y en bajas cantidades. Se ha observado que el crecimiento de las plantas jóvenes se reduce drásticamente, aun con deficiencias leves de este nutriente.
- El N es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia son muy graves en las hojas viejas, donde aparecen primero (figura 1).
- En las plantas adultas, los síntomas pueden aparecer simultáneamente en las hojas jóvenes, que presentan color verde claro; en las hojas medias (mitad de planta), que van de amarillo claro a café claro; y en las hojas más viejas, que se secan (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de que la deficiencia sea leve, toda la planta será color verde claro uniforme.
- **Etapa II.** Si la deficiencia es severa, las hojas más viejas presentarán una clorosis color amarillo claro en la punta. La clorosis avanzará hacia la base de las hojas a lo largo de la nervadura central con un patrón en forma de "V" (figura 3).
- **Etapa III.** En condiciones de deficiencia grave, la hoja se volverá primero café claro y después morirá (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE N SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera, que han sido lixiviados por agua de lluvia o riego excesivo.
- cuya fertilidad se agotó por la siembra intensiva.
- con condiciones de anegamiento.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de N disponible para la planta.
- Aplique al inicio del cultivo el N recomendado con base en los resultados del análisis de suelo. Puede emplear abonos orgánicos, fertilizantes nitrogenados y biofertilizantes.
- Aplique fertilizantes solubles (como urea) en dos dosis separadas.
- En caso de que las plantas se encuentren en la etapa III, aplique urea (solución al 2%) como aplicación foliar para una recuperación rápida. La aplicación debe repetirse cada 10 o 15 días.
- Incorpore cultivos de leguminosas en el sistema de rotación.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de N. Se observa clorosis amarilla claro en las hojas jóvenes y necrosis café en la punta de las hojas viejas.



Figura 2. Planta de maíz con deficiencia de N. Se observan hojas viejas muertas, hojas medias de color amarillo claro a café necrótico y hojas jóvenes verdes.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de N. Se observa clorosis amarillo claro en la punta, avanzando a lo largo del nervio central con un patrón en forma de "V".



Figura 4. Hoja de maíz con deficiencia de N grave. Se observa necrosis café claro que se oscurece en la punta.

DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en fósforo presentan achaparramiento, tallos largos y delgados, madurez tardía y bajo rendimiento de grano.
- El P es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia son más graves en las hojas viejas, donde aparecen primero. Las hojas jóvenes, por lo general, no se ven afectadas.
- Las hojas más viejas tienen un color característico que va de verde oscuro a verde azulado.
- Cuando la deficiencia es severa, las hojas verde azuladas se vuelven color café rojizo o morado.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En la etapa temprana de la deficiencia, la planta tendrá un color morado oscuro en los márgenes de las hojas más viejas. Los síntomas generalmente comienzan en la punta y avanzan hacia la base de las hojas (figura 1).
- **Etapa II.** Si la deficiencia es severa, la hoja entera se volverá de café rojizo a morado (figura 2).
- **Etapa III.** En caso de deficiencia grave, se desarrollará en la punta de la hoja una necrosis café que avanzará a lo largo de los márgenes hacia la base (figura 3).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE P SE PRODUZCA EN...

- suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- suelos alcalinos y calcáreos.
- suelos agotados por actividades agrícolas intensas.
- suelos ácidos y altamente erosionados.
- áreas donde la capa superior del suelo haya sido removida por la erosión.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de P disponible para la planta.
- Aplique al inicio del cultivo el P recomendado con base en los resultados del análisis de suelo. Puede emplear abonos orgánicos, fertilizantes fosfatados o inoculantes microbianos para solubilizar el fósforo.
- En cultivos en pie, aplique en el agua de riego fertilizantes con P soluble, como el fosfato de amonio.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de P. Se observa una coloración morada que avanza a lo largo de los márgenes de las hojas.



Figura 2. Planta de maíz con deficiencia de P muy severa. Se observa coloración de café rojiza a morada en toda la hoja.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de P. Se observa coloración morada y necrosis café a lo largo de los márgenes.

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de potasio provoca acortamiento de los entrenudos del tallo, achaparramiento de la planta y una pérdida generalizada del color verde oscuro saludable del follaje.
- Las hojas jóvenes toman el K de las partes más viejas de la planta, donde los síntomas aparecen primero. Las hojas jóvenes, por lo general, se mantienen verdes y aparentemente saludables.
- Los síntomas comienzan con una clorosis amarillo claro en las hojas viejas, seguida de una necrosis café claro. Ambos síntomas se desarrollan primero en la punta de las hojas y avanzan a lo largo de los márgenes, hacia la base (figura 1).
- Las plantas afectadas producen mazorcas pequeñas, comúnmente puntiagudas y subdesarrolladas en la punta.
- En condiciones de deficiencia muy severa, se desarrollan franjas rojas prominentes en la parte baja del tallo y la vaina de la hoja.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En condiciones de deficiencia leve, la planta presentará retraso en su crecimiento, tallos delgados y hojas verde claro.
- **Etapas II.** Si la deficiencia es severa, se desarrollará una clorosis marginal en la punta de las hojas más viejas (figuras 1 y 2).
- **Etapas III.** A medida que la deficiencia se agrave, se desarrollará una necrosis café claro. Tanto clorosis como necrosis avanzan a lo largo de los márgenes hacia la base de las hojas, dejando la vena central y el tejido circundante color verde claro (figura 3).
- **Etapas IV.** En condiciones de deficiencia muy grave, se desarrollarán líneas rojas en la parte baja del tallo y las vainas de las hojas bajas.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE K SE PRODUZCA EN SUELOS...

- formados a partir de material parental bajo en K.
- de textura ligera en la que el K ha sido lixiviado por agua de lluvia o riego excesivo.
- con bajo contenido de materia orgánica.
- con altas relaciones de: Na:K, Mg:K, o Ca:K.
- con condiciones agudas de salinidad o sodicidad.
- que reciben aguas de riego con alta concentración de HCO_3^- .
- ácidos con pH menor a 6.0.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de K disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de acidez, alcalinidad o salinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos antes de la siembra.

- Aplique KCl , K_2SO_4 , o KNO_3 al suelo durante o antes de la siembra, de acuerdo con la dosis recomendada con base en el análisis de suelo.
- En cultivos en pie, aplique en el agua de riego K soluble. No se recomiendan aplicaciones foliares ya que es necesario llevar a cabo varias aplicaciones para cumplir con los requerimientos del cultivo.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de K. Se observa clorosis marginal en las hojas viejas.



Figura 2. Hoja de maíz con deficiencia de K. Se observa clorosis marginal y necrosis en la punta de la hoja.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de K. Se observan clorosis y necrosis avanzando a lo largo de los márgenes hacia la base de la hoja. La vena central y el tejido circundante no cambian de color.

DEFICIENCIA DE CALCIO (Ca)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes de calcio presentan retraso en su crecimiento; tallos cortos y robustos; y rendimiento de grano muy bajo.
- El Ca es inmóvil en las plantas y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de la deficiencia son más graves en las hojas jóvenes, donde aparecen primero, mientras que las hojas más viejas, por lo general, no se ven afectadas y mantienen su color oscuro.
- Las hojas nuevas crecen mal formadas y desgarradas, lo que le da a la planta una apariencia “harapienta”.
- En condiciones de deficiencia muy severa, las puntas de las hojas más jóvenes permanecen unidas entre sí y no se separan de la espiral. Esto le da a la planta una apariencia de escalera (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En la primera etapa de la deficiencia, las hojas jóvenes tendrán un color verde claro y desarrollarán lesiones amarillo blanquecinas en el tejido intervenal.
- **Etapas II.** En condiciones de deficiencia severa, las hojas jóvenes se mantendrán enrolladas y con las puntas pegadas (figura 2).
- **Etapas III.** Si la deficiencia es grave, las lesiones amarillo blanquecinas aumentarán su tamaño y la lámina de la hoja se desgarrará en la zona lesionada (figura 3).
- **Etapas IV.** En caso de deficiencia muy grave, las hojas nuevas morirán en cuanto aparezcan.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Ca SE PRODUZCA EN SUELOS...

- ácidos y arenosos que han sido lixiviados o arrastrados por las fuertes lluvias.
- sódicos, es decir, con alta concentración de Na intercambiable.
- con niveles altos de Al soluble y bajos de Ca intercambiable.
- orgánicos o turbosos fuertemente ácidos y bajos niveles de Ca intercambiable.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Ca disponible para las plantas.
- Aplique el fertilizante con Ca con bastante anticipación antes de la siembra, de acuerdo con la dosis recomendada con base en el análisis de suelo. Utilice suplementos nutricionales y fertilizantes solubles como yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ o CaCl_2 .
- En suelos con pH bajo (ácidos), aplique cal o CaCO_3 para corregir el problema.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de Ca severa. Se observan las puntas de las hojas pegadas entre sí. La planta tiene apariencia de escalera.



Figura 2. Planta de maíz con deficiencia de Ca. Se observa que las hojas jóvenes están enrolladas y con las puntas unidas.



Figura 3. Hoja joven de maíz con deficiencia de Ca. Se observan lesiones amarillo blanquecinas en los tejidos intervenales. La lámina de la hoja se desgarrará fácilmente en las zonas lesionadas.

DEFICIENCIA DE MAGNESIO (Mg)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes de magnesio presentan retraso en el crecimiento, tallos delgados y largos, y mazorcas pequeñas con granos también pequeños.
- El Mg es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia son más graves en las hojas viejas, donde aparecen primero (figura 1).
- Se desarrolla una clorosis intervenal amarillo claro en la zona media de las hojas viejas. La clorosis avanza hacia la punta y la base de las hojas.
- Las hojas más jóvenes, por lo general, no se ven afectadas.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En las primeras etapas de la deficiencia, las hojas viejas se volverán color verde claro y desarrollarán una clorosis intervenal amarillo claro (figura 2).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se agrava, la clorosis intervenal evolucionará a una necrosis café.
- **Etapas III.** En condiciones de deficiencia severa, se desarrollarán franjas color café como el óxido en las hojas viejas. Luego las puntas de las hojas y los márgenes se volverán café oscuro (figura 3) y finalmente morirán.
- **Etapas IV.** En caso de deficiencia muy grave, las hojas más viejas morirán y se verán colgadas hacia abajo.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Mg SE PRODUZCA EN SUELOS...

- ácidos arenosos que han sido lixiviados por lluvias intensas.
- de turba y orgánicos con bajo contenido de Mg.
- con alta concentración de Ca o K.
- derivados de materiales parentales bajos en Mg.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Mg disponible para las plantas.
- Aplique fertilizantes solubles (como $MgSO_4$ o $MgCl_2$) antes de la siembra, de acuerdo con la dosis recomendada con base en el análisis de suelo.
- En cultivos en pie, aplique en el agua de riego fertilizantes con Mg soluble.



Figura 1. Planta de maíz con síntomas severos de deficiencia de Mg en las hojas viejas (inferiores).



Figura 2. Planta de maíz con deficiencia de Mg. Se observa clorosis intervenal amarillo blanquecina cerca a la nervadura central.



Figura 3. En condiciones de deficiencia severa, los márgenes de las hojas viejas se vuelven café oscuro.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes de azufre son largas, delgadas y achaparradas. Presentan madurez tardía y bajo rendimiento de grano.
- El S es inmóvil en las plantas y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de la deficiencia son más graves en las hojas jóvenes, donde aparecen primero.
- En general, toda la planta se ve verde claro o amarillo claro. Sin embargo, las hojas más jóvenes parecen ser las más pálidas (figura 1).
- El tono amarillento es uniforme en toda la hoja, y afecta por igual tanto a las venas como a los tejidos intervenales (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, todo el follaje se verá verde claro, aunque las hojas viejas tendrán un tono más oscuro (figura 1).
- **Etapas II.** Si la deficiencia es severa, las hojas jóvenes se volverán amarillo claro, mientras que las hojas viejas mantendrán el color verde claro (figuras 3 y 4).
- **Etapas III.** A medida que la deficiencia se agrave, las hojas jóvenes se aclararán aún más, pero no presentarán necrosis.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE S SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por agua de lluvia o riego excesivo.
- agotados por los cultivos intensivos.
- derivados de material parental bajo en S.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de S disponible para las plantas.
- Incorpore en el suelo la recomendación de S derivada del análisis, usando S elemental o yeso (CaSO_4), con suficiente anticipación antes de la siembra.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes solubles como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 o K_2SO_4 en el agua de riego.



Figura 1. Planta con deficiencia de S. Se observa que las hojas viejas tienen un tono más oscuro.



Figura 2. Hoja de maíz con deficiencia de S. Se observa una palidez uniforme en toda la hoja, incluyendo venas y tejidos intervenales.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de S. Se observa un color amarillo uniforme en toda la hoja, incluyendo las venas y los tejidos intervenales.



Figura 4. Planta de maíz con deficiencia de S. Se observan hojas jóvenes amarillentas y hojas viejas color verde claro.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

SÍNTOMAS

- Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más jóvenes, mientras que las hojas viejas se mantienen aparentemente saludables (figura 1).
- Se desarrolla una clorosis amarillo claro en los tejidos entre las venas. Las venas conservan su color verde y son prominentes. (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, las hojas de la parte superior de la planta desarrollarán una decoloración temporal a lo largo de los tejidos intervenales, mientras que las venas conservarán su color y serán prominentes. Con el tiempo, las plantas pueden recuperarse y regresar a su apariencia natural.
- **Etapas II.** Si la deficiencia es severa, los tejidos intervenales de las hojas afectadas desarrollarán una clorosis amarillo claro con venas verdes prominentes (figuras 1 y 3). La clorosis se extiende de manera uniforme en toda la hoja. Éste es un síntoma específico de la deficiencia de Fe en maíz.
- **Etapas III.** A medida que la deficiencia se agrave, las venas también se decolorarán, volviéndose color verde o amarillo claro (figura 2).
- **Etapas IV.** En condiciones de deficiencia muy grave, la hoja entera se decolorará hasta verse totalmente blanca, como una hoja de papel (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Fe SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos con baja concentración de Fe.
- calcáreos donde la solubilidad del Fe es muy baja.
- orgánicos o turbosos, donde la materia orgánica fija el Fe y reduce su disponibilidad en la disolución del suelo.
- ácidos con niveles excesivamente altos de Zn, Mn, Cu, o Ni solubles, los cuales dificultan la absorción de Fe, incluso si éste está disponible en la disolución del suelo.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Fe disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Añada los abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique al inicio fertilizantes con Fe soluble, por ejemplo: FeSO_4 (comúnmente se aplican 25 kg/ha) o quelatos de Fe (10 kg/ha). El uso de quelatos orgánicos parece más adecuado porque otras formas de Fe pueden volverse insolubles después de su aplicación en los suelos afectados. Las cantidades pueden modificarse de acuerdo con la recomendación del análisis de suelo.
- En cultivos en pie, aplique FeSO_4 o quelatos de Fe (solución al 0.5%) como aplicaciones foliares. Las aplicaciones deben repetirse cada 10 a 15 días.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de Fe. Se observa que los síntomas de la deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes, mientras que las hojas viejas permanecen normales.



Figura 2. Hoja de maíz con deficiencia de Fe. Se observa que a medida que la deficiencia de Fe persiste, las nervaduras verdes prominentes se destiñen y se vuelven verde claro a amarillo claro.



Figura 3. Planta de maíz con deficiencia de Fe. Se observa clorosis entre las nervaduras en las hojas superiores (jóvenes). Éste es un síntoma específico de la deficiencia de Fe en maíz.



Figura 4. Hoja de maíz con deficiencia de Fe severa. Se observa que en estados avanzados de la deficiencia de Fe, las hojas lucen blanqueadas o como papel blanquecino.

DEFICIENCIA DE MANGANESO (Mn)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de manganeso presentan retraso en su crecimiento, tallos cortos y delgados, y hojas color verde claro o amarillo.
- Las mazorcas y los granos son pequeños, lo que resulta en un bajo rendimiento de grano.
- El Mn es inmóvil en las plantas, y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia son más graves en las hojas jóvenes, donde aparecen primero.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de deficiencia leve, las hojas se volverán color verde claro y desarrollarán una clorosis intervenal color amarillo claro (figuras 1 y 2).
- **Etapa II.** Si la deficiencia es grave, las hojas se verán amarillo claro y se desarrollará una clorosis intervenal blanca (figura 3).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Mn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por agua de lluvia o riego excesivo.
- calcáreos y alcalinos, donde la solubilidad del Mn es muy baja.
- de turba anegados, donde la materia orgánica fija el Mn, lo que reduce su disponibilidad en la disolución del suelo.
- derivados de material parental bajo en Mn.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Mn disponible para la planta.
- Los suelos con problemas graves de alcalinidad deben regenerarse.
- Aplique los abonos orgánicos con tiempo suficiente antes de la siembra.
- Antes de la siembra, aplique la dosis recomendada de Mn usando fuentes solubles como $MnSO_4$.
- En cultivos en pie, aplique $MnSO_4$ (en disolución de 0.2 a 0.3%) como aplicación foliar. Si los síntomas reaparecen, es necesario volver a aplicar.



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de Mn. Se observan hojas nuevas color verde claro y con clorosis intervenal amarillo claro.



Figura 2. Hoja de maíz con deficiencia de Mn. Se observan hojas con nervaduras verdes y prominentes fácilmente identificables.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de Mn grave. Se observa moteado intervenal blanco.

DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

SÍNTOMAS

- Los síntomas de deficiencia de zinc aparecen generalmente dentro de las dos semanas después de la emergencia de las plántulas.
- El Zn es inmóvil en la planta, y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes, donde los síntomas aparecen primero y son más graves. Las hojas viejas se mantienen verdes y aparentemente sanas.
- Se desarrollan bandas anchas de color blanco a amarillo en la base de las hojas y alrededor de la nervadura central. La nervadura central y los márgenes permanecen verdes (figura 1).
- La deficiencia de Zn puede provocar retraso en la emergencia de estigmas, espigas irregulares y distorsionadas que carecen de anteras.
- La planta presenta acortamiento de los entrenudos, lo que ocasiona una aglomeración de las hojas en la parte superior, dando a la planta una apariencia de abanico.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, se desarrollarán bandas intervenales en las hojas jóvenes, un tanto similares a los síntomas de deficiencia de Fe o Mn, en los cuales las bandas aparecen a lo largo de toda la hoja. En el caso de deficiencia de Zn, las bandas se desarrollarán en la base de la hoja (figura 2).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se vuelve severa, las hojas jóvenes cambiarán a verde claro y se desarrollarán bandas anchas amarillo blanquecinas entre la nervadura central y el margen de la parte baja de la hoja. Éste es un síntoma específico de la deficiencia de Zn en el maíz (figura 3).
- **Etapas III.** Eventualmente, el tejido afectado morirá y se volverá gris claro.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Zn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos lixiviados, donde la concentración de Zn total es baja.
- alcalinos con pH mayor a 7.5.
- recientemente nivelados, donde el subsuelo está expuesto para la siembra. La concentración del Zn en el suelo superficial puede ser del doble de la concentración en el subsuelo.
- de clima frío y húmedo.
- con excesiva aplicación de P, lo cual dificulta la absorción de Zn.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Zn disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos antes de la siembra.

- Aplique ZnSO_4 (25-30 kg/ha) o un quelato de zinc (10 kg/ha) una vez cada dos años a los suelos deficientes de Zn. No mezcle fertilizantes de Zn con fertilizantes de P. Las dosis pueden modificarse de acuerdo con la recomendación del análisis de suelo.
- En cultivos en pie, aplique una solución de 3.0 kg de ZnSO_4 con 1.5 kg de cal viva disueltos en 500 L de agua como aplicación foliar dos a tres semanas después de la emergencia de las plántulas.



Figura 1. Plántula de maíz con deficiencia de Zn. Se observa que los síntomas aparecen en las hojas más jóvenes.



Figura 2. Planta de maíz con deficiencia de Zn. Se observan bandas amarillo blanquecinas en la base de la hoja. La nervadura central y los márgenes permanecen verdes.



Figura 3. Hoja de maíz con deficiencia de Zn. Se observa una banda blanca junto a la nervadura central.

ARROZ (*Oryza sativa* Linn.)

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en nitrógeno presentan achaparramiento y se observan largas, delgadas y raquíticas. El amacollamiento es bajo, lo que afecta de manera severa al rendimiento del grano.
- El N es móvil en la planta y en suelos con baja concentración se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de la deficiencia son más graves en las hojas viejas, donde aparecen primero.
- Las hojas afectadas primero se vuelven pequeñas y desarrollan una clorosis de verde claro a amarillo claro.
- Si la deficiencia avanza, las hojas cloróticas amarillas se tornan café claro y eventualmente mueren.
- En las plantas maduras pueden aparecer simultáneamente hojas jóvenes color verde claro, hojas de edad media amarillas y hojas viejas café claro (figura 1).



Figura 1. Cultivo de arroz con deficiencia de N. Se observan hojas jóvenes color verde claro, hojas intermedias amarillas y hojas viejas café claro.



Figura 2. Comparación de cultivo de arroz sano color verde oscuro (arriba) contra cultivo de arroz deficiente en N color verde claro (abajo).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, toda la planta presentará un color verde claro uniforme (figura 2).
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste, se desarrollará una clorosis amarillo claro en la punta de las hojas más viejas. La clorosis avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base (figura 3).
- **Etapas III.** A medida que la deficiencia se agrave, toda la hoja se volverá café claro, se marchitará y finalmente morirá (figura 4).
- **Etapas IV.** En condiciones de deficiencia severa, las hojas muertas colgarán hacia abajo formando una mata de hojas secas cerca de la base de la planta.



Figura 3. Hoja de arroz con deficiencia de N. Se observa que la clorosis amarillo claro comienza en la punta y avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE N SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que hayan sido lixiviados por lluvias intensas o riego excesivo.
- agotados por siembra intensiva.
- inundados.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de N disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis recomendada de N de acuerdo con los resultados del análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes nitrogenados o biofertilizantes.
- Aplique fertilizantes solubles (como urea) en dos dosis separadas.
- En cultivos en pie, aplique urea (solución al 2%) como aplicación foliar. Las aplicaciones deben repetirse cada 10 a 15 días.
- Incorpore cultivos de leguminosas en el sistema de rotación.



Figura 4. Hoja de arroz con deficiencia severa de N. Se observa que toda la hoja se vuelve café claro. Posteriormente se marchita y muere.

DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)*

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en fósforo presentan achaparramiento, color verde oscuro y hojas estrechas y erectas (figura 1). El amacollamiento es reducido, así como el número de panojas y la cantidad de granos por panoja, lo cual provoca un rendimiento bajo de grano.
- Incluso en condiciones de deficiencia moderada, los tallos son largos y delgados, lo cual provoca atraso en el crecimiento y madurez tardía de la planta (figura 2).
- El P es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las jóvenes.
- Los síntomas son más severos en las hojas viejas, donde aparecen primero, mientras que las hojas jóvenes, por lo general, permanecen aparentemente saludables.
- En las etapas avanzadas, las hojas más viejas se vuelven cafés y finalmente mueren.
- En algunas variedades, las hojas viejas pueden desarrollar una coloración roja o morada.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En las primeras etapas, las plantas se verán raquílicas, pequeñas y erectas. Las hojas pueden presentar una coloración morada en la punta de las hojas, que puede avanzar abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base (figura 3).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se vuelve severa, toda la hoja se volverá café oscuro y morirá.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE P SE PRODUZCA EN SUELOS...

- de textura gruesa, con poca materia orgánica y pequeñas reservas de P.
- salinos, sódicos y calcáreos.
- agotados por la siembra intensiva.
- ácidos y altamente erosionados.
- erosionados donde la capa superior haya sido removida.
- degradados de zonas bajas.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de P disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis recomendada de P con base en los resultados del análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos o fertilizantes fosfatados.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes de P solubles (p. ej. fosfato de amonio) en el agua de riego.



Figura 1. Efectos de la aplicación de P (de izquierda a derecha) sobre el crecimiento del arroz. Se observa que la planta deficiente en P es raquílica, con una reducción significativa en el número de macollos.



Figura 2. Plántulas con deficiencia de P. Se observan tallos delgados y largos que retrasan la madurez del cultivo.



Figura 3. Hoja de arroz con deficiencia de P. Se observa una coloración morada en la punta. La coloración avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base.

*Fuente de las imágenes: IPNI

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

SÍNTOMAS

- Con frecuencia, el arroz tiene fuertes síntomas de “hambuna oculta” por deficiencia de potasio. Los síntomas visuales a menudo aparecen sólo en condiciones de deficiencia severa y la mayoría de las veces en estadios de desarrollo tardío.
- Las variedades de arroz híbrido son más sensibles a la deficiencia de K que las variedades modernas o endocriadas mejoradas.
- El K se mueve fácilmente de las hojas viejas a las nuevas, por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas viejas.
- Se desarrolla una necrosis marginal café amarillenta en la punta de las hojas. Ésta avanza hacia la base de la hoja, a lo largo de los márgenes (figura 1).
- La deficiencia de K en arroz también puede provocar manchas color café óxido y un “bronceado” en las hojas viejas.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve de K, las plantas presentarán achaparramiento, hojas pequeñas, tallos delgados, amacollamiento reducido y follaje caído color verde oscuro.
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste y se hace más severa, se desarrollará una clorosis marginal café amarillenta a naranja amarillenta, seguida de necrosis en la punta de las hojas viejas (figura 1).
- **Etapas III.** La necrosis avanza a lo largo de los márgenes hacia la base de la hoja, dejando la vena central y el tejido circundante verdes (figura 2).
- **Etapas IV.** Finalmente, las hojas afectadas morirán.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE K SE PRODUZCA...

- en suelos formados a partir de material parental bajo en K.
- en suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- en suelos con relaciones de Na:K, Mg:K o Ca:K altas.
- por aplicación excesiva de fertilizantes de N + P con insuficiente aplicación de fertilizantes K.
- durante las primeras etapas de crecimiento de arroz bajo siembra directa.
- en suelos ácidos altamente meteorizados.
- en suelos con mal drenaje, donde la absorción de K se ve obstaculizada por el sulfuro de hidrógeno (H_2S), ácidos orgánicos y una alta concentración de hierro ferroso (Fe^{2+}).
- en cultivares de arroz híbrido susceptibles.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de K disponible para las plantas.
- Agregue abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique KCl, K_2SO_4 , KNO_3 o fertilizante compuesto durante la siembra, de acuerdo con la dosis recomendada con base en el análisis de suelo.

- Puede aplicar en dos o tres aplicaciones separadas, por ejemplo: aplique la primera dosis al momento de la siembra, la segunda cuando aparecen las panojas (40-50 días después del trasplante) y la tercera en la primera floración (60 a 70 días después del trasplante).
- En cultivos en pie, aplique en el agua de riego K soluble. No se recomiendan aplicaciones foliares, ya que es necesario realizar varias aplicaciones para cumplir con los requerimientos.



Figura 1. Planta de arroz con deficiencia de K.



Figura 2. Hojas de arroz con deficiencia de K. Se observa clorosis marginal naranja amarillenta.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en azufre presentan achaparramiento; hojas delgadas, largas y raquílicas; panojas pequeñas y madurez tardía.
- Las plántulas presentan una coloración amarillenta en toda la planta. Los síntomas generalmente se confunden con deficiencia de N.
- El S es inmóvil en la planta y en suelos con baja concentración es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia son más severos en las hojas jóvenes, donde aparecen primero. Éstas presentan un color amarillo mate o brillante, mientras que las hojas viejas, por lo general, permanecen verdes.
- La clorosis amarilla se presenta de manera uniforme en toda la hoja, afectando por igual tanto a venas como a tejidos intervenales (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, todas las hojas de la planta se volverán color verde claro, aunque las hojas más viejas mantendrán un tono más oscuro (figura 2).
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste, las hojas jóvenes continuarán decolorándose hasta tener un color amarillo claro.
- **Etapas III.** En las etapas avanzadas, las hojas jóvenes amarillo claro se aclararán hasta llegar a ser blancas (figura 3).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE S SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera, que han sido lixiviados por lluvias abundantes o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- derivados de material parental bajo en S.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de S disponible para las plantas.
- Incorpore al suelo la dosis recomendada de S elemental o yeso de acuerdo con los resultados del análisis de suelo, con suficiente tiempo antes de la siembra.
- En los cultivos en pie, aplique en el agua de riego fertilizantes con S soluble como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 o K_2SO_4 .



Figura 1. Comparación de hojas de arroz sana (arriba) y deficiente en S (abajo). Se observa que la planta con deficiencia de S es color verde claro amarillento.



Figura 2. Cultivo de arroz con deficiencia de S. Se observa que las hojas jóvenes tienen una coloración verde claro, mientras que las viejas son color verde oscuro.



Figura 3. Planta de arroz con deficiencia de S. Se observa clorosis amarilla clara en la hoja más joven.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de hierro es principalmente un problema con el arroz cultivado bajo temporal. La disponibilidad de Fe aumenta después de la inundación.
- El Fe es inmóvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes, donde los síntomas aparecen primero y son más severos.
- Se desarrolla una clorosis intervenal en las hojas emergentes (figura 1).
- En condiciones de deficiencia severa, todas las hojas emergentes desarrollan clorosis (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En condiciones de deficiencia leve, las hojas presentarán una clorosis temporal en los tejidos intervenales, manteniendo las venas verdes y prominentes. Las plantas pueden recuperarse y recobrar una apariencia normal con el tiempo (figura 3).
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste, los tejidos intervenales de las hojas afectadas se aclararán hasta tener un color amarillo claro con venas verdes y prominentes (figura 1).
- **Etapas III.** En condiciones de deficiencia severa, las hojas más jóvenes tendrán un color de amarillo muy claro a blanco (figuras 4 y 5).
- **Etapas IV.** En los casos agudos, todas las hojas se blanquearán, tomando una apariencia parecida al papel (figura 6 y 7).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Fe SE PRODUZCA EN SUELOS...

- de temporal con bajas concentraciones de hierro ferroso soluble (Fe^{2+}).
- con bajo contenido de materia orgánica.
- alcalinos o calcáreos con pH alto, donde las altas concentraciones de HCO_3^- disminuyen la solubilidad y la absorción del Fe.
- con altas relaciones de P:Fe, lo que provoca la formación de minerales de Fe-fosfato. Esto también puede ser el resultado de una excesiva aplicación de fertilizantes fosfatados.
- ácidos, donde a pesar de la alta disponibilidad de Fe, los niveles excesivamente altos de Zn, Mn, Cu, o Ni solubles dificultan la absorción de Fe por la planta.
- donde se han empleado cantidades excesivas de fertilizantes a base de $\text{NO}_3\text{-N}$, lo que aumenta el pH de la rizósfera y reduce la disponibilidad de Fe.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Fe disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Siembre cultivares de arroz eficientes en absorción de Fe.

- En suelos con pH alto utilice fertilizantes de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en lugar de urea como fuente primaria de N. El sulfato de amonio es un fertilizante acidificante que puede aumentar la disponibilidad de Fe en la planta.
- Aplique FeSO_4 al voleo (30 kg por hectárea).
- En los cultivos en pie, aplique una solución de 0.25% FeSO_4 + 2% de urea como aplicaciones foliares. Las aplicaciones deben repetirse cada 10 días y se requieren de dos a tres para corregir cualquier deficiencia.



Figura 1. Hoja joven de arroz con deficiencia de Fe. Se observa clorosis intervenal con venas verdes y prominentes.



Figura 2. Hojas de arroz con deficiencia severa de Fe. Las plantas frecuentemente dejan de crecer.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)



Figura 3. Plantas de arroz con deficiencia leve de Fe. Se observa una decoloración temporal en los tejidos intervenales de las hojas.



Figura 4. Hojas de arroz con deficiencia severa de Fe. Se observa que la hoja emergente carece de clorofila, presentando un color de amarillo muy claro a blanco.



Figura 5. Hoja de arroz con espiga, con deficiencia de Fe. Se observa que la hoja bandera tiene apariencia blanquecina.



Figura 6. Hoja de arroz con deficiencia aguda de Fe. Se observa que la hoja ha perdido su color y tiene una apariencia de papel blanco.



Figura 7. Comparación de hojas de arroz con diferentes grados de deficiencia de Fe. Izquierda: hoja sana. Centro: hoja con deficiencia leve, con clorosis intervenal y venas verdes prominentes. Derecha: hoja con deficiencia aguda, con clorosis color amarillo muy claro a blanco.

DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de zinc provoca achaparramiento, baja producción de macollos, crecimiento de raíces restringido y esterilidad de las espigas, lo que ocasiona un bajo rendimiento en la cosecha.
- Los síntomas ocurren comúnmente entre dos y cuatro semanas después del trasplante.
- Se desarrollan manchas polvorientas café o bronce en la superficie de la hoja. Si la deficiencia persiste, las manchas forman parches más grandes que eventualmente se extienden en toda la hoja.
- En las etapas más avanzadas, toda la hoja se vuelve bronce y muere.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve se desarrollarán manchas en las hojas inferiores de la planta, de color café polvoriento a bronce (figura 1).
- **Etapas II.** A medida que la deficiencia persista y se agrave, las manchas pequeñas se agrandarán y unirán hasta cubrir toda la hoja (figura 2).
- **Etapas III.** Eventualmente la hoja afectada se volverá bronce y morirá (figura 3).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Zn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos lixiviados donde la concentración total de Zn en el suelo es baja.
- alcalinos con pH mayor a 7.5.
- recientemente nivelados, donde el subsuelo está expuesto para la siembra. La concentración del Zn en el suelo superficial puede ser del doble de la concentración en el subsuelo.
- con una aplicación excesiva de fertilizantes a base de P, lo que dificulta la disponibilidad de Zn debido a la formación de minerales Zn-fosfato.
- con una alta concentración de HCO_3^- .
- inundados, con baja absorción de Zn debido a una alta disponibilidad de Fe, Ca, Mg, Cu, Mn y P.
- que reciben una aplicación excesiva y pesada de cal.
- que reciben una aplicación excesiva de Mg.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Zn disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Utilice 2 kg de ZnSO_4 por hectárea en los almácigos de los cultivos.
- Aplique ZnSO_4 (25 a 30 kg/ha) en suelos con deficiencia de Zn. No mezcle fertilizantes de Zn con fertilizantes de P.
- En cultivos en pie aplique foliarmente una solución de 5 kg de ZnSO_4 con 2.5 kg de cal viva disueltos en 800 L de agua, a los 20, 30, y 40 días después de la siembra.



Figura 1. Planta de arroz con deficiencia de Zn. Se observan hojas color bronce, síntoma de la deficiencia.



Figura 2. Hoja de arroz con deficiencia de zinc. Se observa que las manchas café polvorientas crecen hasta cubrir toda la hoja.



Figura 3. Hoja de arroz con deficiencia severa de Zn. Se observa que toda la hoja se vuelve café o bronce. Posteriormente, la hoja muere.

TRIGO (*Triticum aestivum* Linn.)

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de nitrógeno se presentan achaparradas, largas y delgadas. El amacollamiento es reducido severamente y el rendimiento de grano es frecuentemente bajo.
- El N es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas son más graves en las hojas más viejas, donde aparecen primero (figura 1).
- Las hojas que presentan clorosis amarillo claro se vuelven color café y mueren.
- Los cultivos afectados pueden presentar simultáneamente hojas jóvenes verde claro, hojas de edad media amarillas y hojas viejas de amarillo limón a café claro (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de deficiencia leve, toda la planta tendrá color verde claro uniforme.
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste, se desarrollará una clorosis amarillo claro en la punta de las hojas más viejas. La deficiencia avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base.
- **Etapa III.** A medida que la deficiencia se agrave, la hoja entera se volverá color café claro, se marchitará y finalmente morirá (figura 3).
- **Etapa IV.** En la etapa avanzada, las hojas muertas colgarán hacia abajo formando una mata de hojas secas cerca de la base de la planta.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE N SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por lluvias abundantes o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- con condiciones de anegamiento.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de N disponible para las plantas.
- Aplique antes de la siembra la dosis recomendada de N con base en los resultados del análisis de suelo. Puede emplear abonos orgánicos, fertilizantes de nitrógeno o biofertilizantes.
- Aplique fertilizantes solubles (como urea) en dos dosis separadas.
- En cultivos en pie, aplique urea (solución al 2%) como aplicación foliar para una recuperación rápida. Las aplicaciones deben repetirse cada 10 a 15 días.
- Incorpore cultivos de leguminosas en el sistema de la rotación.



Figura 1. Planta de trigo con deficiencia de N. Se observan hojas jóvenes color verde claro y hojas viejas color amarillo.



Figura 2. Planta de trigo con deficiencia de N. Se observan hojas jóvenes color verde claro, hojas de edad media amarillas y hojas viejas color café.



Figura 3. Planta de trigo con deficiencia severa de N. Se observa que la hoja más vieja se tornó café claro y se marchitó.

DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de fósforo son de color verde oscuro, achaparradas, delgadas y alargadas.
- Las plantas afectadas tienen un número reducido de macollos y espigas pequeñas, lo que contribuye a un bajo rendimiento de grano.
- El P es móvil en la planta y en suelos con baja concentración se mueve fácilmente de las hojas viejas a las hojas más jóvenes.
- Los síntomas son más graves en las hojas viejas, donde aparecen primero. Las hojas jóvenes, por lo general, no se ven afectadas.
- Las hojas más viejas desarrollan un color morado oscuro en las puntas, el cual avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base (figura 1).
- El tallo y vainas de las hojas viejas se vuelven color morado rojizo.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de deficiencias leves, las plantas presentarán achaparramiento y hojas moradas. Esta coloración se desarrolla en las puntas y avanza abarcando todo el ancho de la hoja hacia la base (figura 2).
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste, las hojas afectadas se volverán color amarillo naranja a morado (figura 3).
- **Etapa III.** En condiciones de deficiencia severa, toda la hoja se volverá color café oscuro y morirá.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE P SE PRODUZCA EN...

- suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- suelos alcalinos y calcáreos.
- suelos agotados por la siembra intensiva.
- suelos ácidos o altamente meteorizados.
- áreas donde la capa superior del suelo se haya perdido por erosión.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de P disponible para las plantas.
- Aplique la dosis de P recomendada con base en análisis de suelo, antes de la siembra. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes fosfatados o inoculantes microbianos que solubilicen el P.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes de P solubles (p. ej. fosfato de amonio) en el agua de riego.



Figura 1. Planta de trigo con deficiencia de P. Se observa crecimiento raquí-tico y una coloración morada en las hojas viejas.



Figura 2. Hoja de trigo con deficiencia de P. Se observa coloración morado oscuro en la punta, que avanza abarcando todo el ancho de la hoja, hacia la base.



Figura 3. Hoja de trigo con deficiencia severa de P. Se observa que los tejidos foliares afectados se vuelven color amarillo naranja a morado naranja.

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

SÍNTOMAS

- Con frecuencia, los síntomas por deficiencia de potasio en el trigo permanecen ocultos hasta que la deficiencia está en una etapa avanzada. Los síntomas visuales apenas aparecen en condiciones de deficiencia leve.
- El K es móvil en la planta y en suelos con baja concentración se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas.
- Las hojas jóvenes en crecimiento toman el K de las partes más viejas de la planta; por lo tanto, se mantienen verdes y parecen saludables.
- Las hojas viejas desarrollan una clorosis amarillo claro, seguida por necrosis. Ambos síntomas comienzan en la punta de la hoja y avanzan a lo largo de los márgenes hacia la base, dejando la vena central viva y verde.
- En condiciones de deficiencia muy severa, muchos macollos de plantas jóvenes mueren antes de producir espigas, mientras que las plantas maduras las producen pequeñas y con pocos granos.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de deficiencia leve, las hojas del trigo aparecerán flácidas, delgadas y marchitas. La deficiencia sólo se hace reconocible a medida que avanza.
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste, se desarrollará una clorosis marginal en las hojas viejas, comenzando en las puntas de las hojas (figuras 1 y 2).
- **Etapa III.** En condiciones de deficiencia grave, toda la hoja se volverá café oscuro y morirá (figura 3).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE K SE PRODUZCA EN...

- suelos formados a partir de material parental bajo en K.
- suelos de textura ligera donde el K ha sido lixiviado por lluvias intensas o riego excesivo.
- suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- suelos con relaciones de Na:K, Mg:K o Ca:K altas.
- regiones con alta concentración de HCO_3^- en el agua de riego.
- suelos ácidos con pH menor a 6.0.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de K disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de acidez, alcalinidad o salinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique KCl, K_2SO_4 o KNO_3 al suelo durante o antes de la siembra, de acuerdo con la dosis recomendada a partir del análisis de suelo.

- En cultivos en pie, aplique en el agua de riego K soluble. No se recomiendan aplicaciones foliares, ya que es necesario realizar varias aplicaciones para cumplir con los requerimientos del cultivo.



Figuras 1 (arriba) y 2 (abajo). Plantas de trigo con deficiencia de K. Se observan clorosis y necrosis marginales en las hojas más viejas.



Figura 3. Hoja de trigo con deficiencia severa de K. Se observa que la necrosis afecta toda la hoja y ésta finalmente muere.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de azufre presentan achaparramiento y su pobre crecimiento produce espigas pequeñas y madurez tardía.
- En las plántulas se desarrolla una coloración amarillenta en toda la planta. Los síntomas pueden confundirse con deficiencia de N.
- El S es inmóvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas son más graves en las hojas jóvenes, donde aparecen primero. Éstas se tornan color amarillo claro, mientras que las hojas viejas, por lo general, conservan su color verde.
- La coloración amarilla es uniforme en toda la hoja, afectando tanto a las venas como a los tejidos intervenales (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En caso de deficiencia leve, todas las hojas de la planta presentarán color verde claro, aunque las hojas viejas conservarán un tono más oscuro (figura 3).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se hace más severa, las hojas jóvenes se volverán color amarillo claro (figura 4).
- **Etapas III.** En las etapas avanzadas, las hojas más jóvenes color amarillo claro se volverán blancas, sin necrosis.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE S SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por la lluvia o riego excesivo.
- agotados por cultivos intensivos.
- derivados de material parental bajo en S.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de S disponible para las plantas.
- Con suficiente tiempo antes de la siembra, incorpore al suelo la dosis recomendada de S elemental o yeso, de acuerdo con los resultados del análisis de suelo.
- En cultivos deficientes, aplique en el agua de riego fertilizantes con S soluble, como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 o K_2SO_4 .



Figura 1. Plantas de trigo sanas con S adecuado.

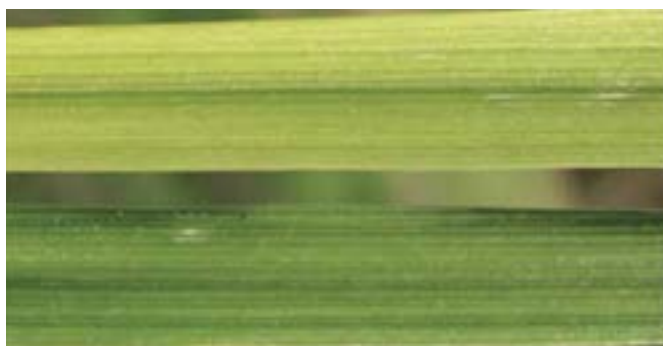


Figura 2. Hoja de trigo amarilla clorótica con deficiencia de S (arriba) y hoja de trigo color verde, normal (abajo).

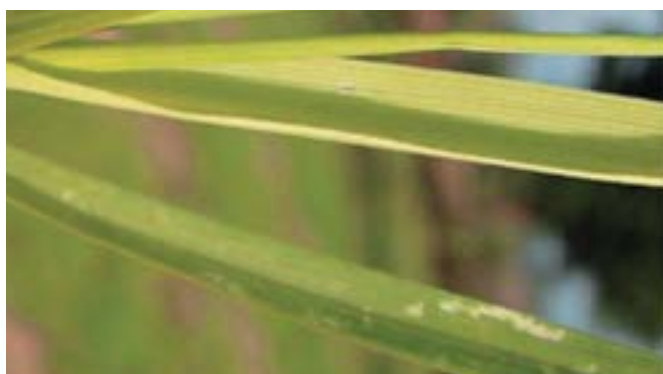


Figura 3. Hojas jóvenes de trigo color verde claro y una hoja más vieja comparativamente más oscura.



Figura 4. Plántulas de trigo con deficiencia de S, con clorosis amarillo claro más evidente en las hojas jóvenes.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de hierro reduce drásticamente el amacollamiento. Muchos casos resultan en plantas con sólo un tallo principal sin macollos. En casos de deficiencia aguda, muchos macollos mueren sin producir espigas.
- El Fe es inmóvil en la planta y en suelos con baja concentración es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes, donde los síntomas aparecen primero y son más severos, mientras que las hojas viejas conservan su color verde oscuro (figura 1).
- Se desarrolla una clorosis amarilla clara en los tejidos entre las nervaduras, dejando las venas verdes y prominentes.
- En casos de deficiencia severa, las hojas nuevas pueden aparecer totalmente sin clorofila y se vuelven amarillo claro u oscuro. En esta fase aguda de deficiencia es muy difícil diferenciar entre la deficiencia de Fe y de S, aunque las plantas con deficiencia de Fe tienen una apariencia general más verde que las plantas deficientes en S.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En plantas con deficiencia leve, las hojas más jóvenes desarrollarán una decoloración temporal de los tejidos entre las nervaduras con venas verdes prominentes. Con el tiempo, las plantas pueden recuperarse y recobrar una apariencia normal (figura 2).
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste y se hace más severa, los tejidos entre las nervaduras de las hojas afectadas tomarán un distintivo color amarillo claro (figura 3). Esta clorosis intervenal se extiende de manera uniforme a lo largo de toda la hoja.
- **Etapa III.** A medida que la deficiencia se agrave, las nervaduras verdes prominentes también se desvanecerán, adquiriendo un color de verde claro a amarillo claro (figura 4).
- **Etapa IV.** En condiciones de deficiencia aguda, la hoja entera se decolorará de amarillo brillante a blanco (figura 5).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Fe SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos con contenido total de Fe bajo.
- calcáreos donde la solubilidad del Fe es muy baja.
- de turba y suelos con mucho estiércol, donde la materia orgánica inmoviliza al Fe y reduce su disponibilidad en la disolución del suelo.
- ácidos, donde a pesar de la alta disponibilidad de Fe en el suelo, los niveles excesivamente altos de Zn, Mn, Cu, o Ni solubles dificultan que la planta absorba Fe.
- inundados.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Añada abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.

- Antes de la siembra, aplique fertilizantes de Fe soluble; por ejemplo, FeSO_4 (25 kg/ha) o quelatos de Fe (10 kg/ha). El uso de quelatos orgánicos parece más adecuado porque las otras formas de Fe pueden volverse insolubles después de su aplicación en los suelos afectados.
- En cultivos en pie, aplique FeSO_4 o quelatos de Fe (solución al 0.5%) como aplicaciones foliares. Las aplicaciones deben repetirse cada 10 a 15 días y con frecuencia se requieren de dos a tres para corregir la deficiencia.



Figura 1. Plantas de trigo con deficiencia de Fe. Se observa que los síntomas aparecen primero en las hojas más jóvenes, mientras que las hojas viejas tienen una apariencia normal.



Figura 2. Planta de trigo con deficiencia leve de Fe. Se observa una decoloración temporal en los tejidos entre las nervaduras con venas verdes y prominentes.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)



Figura 3. Hoja de trigo con deficiencia de Fe. Se observa una clorosis amarilla clara en el tejido entre las nervaduras, dejándolas verdes y prominentes.



Figura 5. Hoja de trigo con deficiencia severa de Fe. Se observa que las hojas adquieren una coloración de amarillo a blanco.



Figura 4. Hoja de trigo con deficiencia moderada de Fe. Se observa que a medida que la deficiencia persiste, las nervaduras verdes y prominentes se vuelven de color verde claro a amarillo claro.

DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

SÍNTOMAS

- La mayoría de los tipos de trigo muestran marcados síntomas de deficiencia de Zn como “hambre oculta”, que aparecen sólo en condiciones de deficiencia aguda. Las variedades de trigo duro son conocidas por mostrar más fácilmente los síntomas de la deficiencia de Zn.
- El Zn se mueve con dificultad de las hojas viejas a las jóvenes, por lo que los síntomas aparecen primero en hojas intermedias que se desarrollan a la mitad del tallo (figura 1). Al principio las hojas más jóvenes y más viejas no se ven afectadas.
- Los síntomas iniciales se desarrollan en la mitad inferior de la hoja, dejando verdes los extremos de la hoja. Aparecen manchas verde grisáceas de apariencia lodosa en la parte media de la hoja, las cuales evolucionan a necrosis café claro. A medida que la deficiencia se hace más severa, las manchas necróticas crecen y se extienden hacia la base y la punta de la hoja. Las hojas deficientes tienden a doblarse en su región media.
- La deficiencia severa de Zn provoca amacollamiento reducido, detención en el crecimiento, una apariencia similar al pasto (mechudo o copetudo) y pocas espigas con poco o ningún grano.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Los síntomas se desarrollan primero en las hojas de edad media. Al inicio aparecerá una mancha verde grisácea, similar al lodo, en la parte media de la hoja (figura 2). Posteriormente la mancha se tornará necrótica color café claro (figura 3).
- **Etapas II.** A medida que la deficiencia se agrave, las manchas necróticas se extenderán hacia afuera, haciéndose cada vez más grandes (figura 4).
- **Etapas III.** Eventualmente, las hojas afectadas colapsarán en la región media de la hoja.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Zn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos lixiviados donde el contenido total de Zn es bajo.
- alcalinos con pH mayor a 7.5, donde la disponibilidad de Zn es reducida.
- recientemente nivelados, donde el subsuelo está expuesto para la siembra. La concentración de Zn en el suelo superficial puede ser del doble de la concentración en el subsuelo.
- con alto contenido natural de P o por una aplicación excesiva de fertilizantes fosfatados, lo cual puede dificultar la absorción de Zn por los cultivos.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Zn disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Aplique abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.

- Aplique ZnSO_4 (25-30 kg/ha) o un quelato de zinc (10 kg/ha) una vez cada dos años en suelos deficientes. No mezcle fertilizantes de Zn con fertilizantes de P.
- En cultivos en pie, aplique una solución de 5 kg de ZnSO_4 con 2.5 kg de cal viva disuelto en 500 L de agua, como aplicación foliar cada dos a tres semanas después de la emergencia.



Figura 1. Planta de trigo con deficiencia de Zn. Se observa que los síntomas aparecen en la hoja que se encuentra a la mitad del tallo.



Figura 2. Hoja de trigo con deficiencia de Zn. Se observa mancha verde grisácea de apariencia lodosa en la parte central de la hoja.



Figura 3. Hoja de trigo con deficiencia de Zn. Se observa que la mancha grisácea se torna necrótica color café claro en el centro de la hoja.

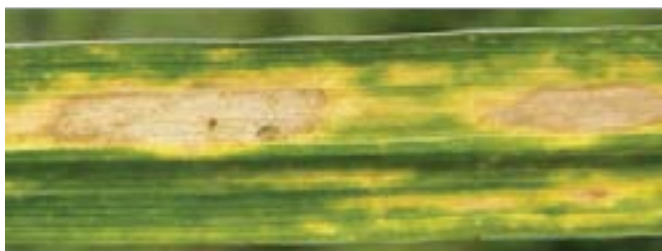


Figura 4. Hoja de trigo con deficiencia severa de Zn. Las manchas necróticas amarillas y cafés se extienden gradualmente hacia la punta y la base de la hoja.

DEFICIENCIA DE COBRE (Cu)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes se ven flácidas y marchitas, incluso en condiciones adecuadas de humedad del suelo.
- El Cu es inmóvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia aparecen primero y son más severos en las hojas jóvenes, mientras que las hojas viejas, por lo general, conservan su color verde oscuro y parecen saludables.
- Las plantas con deficiencia severa pueden tener una especie de corona de hojas nuevas muertas (figura 1).
- En los cultivos maduros, las plantas producen espigas blanquecinas con pocos granos.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En las etapas tempranas de la deficiencia, las hojas jóvenes se volverán verde claro, posteriormente amarillas y lucirán flácidas o marchitas (figura 2).
- **Etapas II.** A medida que los síntomas avancen, las puntas de las hojas más jóvenes se marchitarán y morirán (figura 3).
- **Etapas III.** En condiciones de deficiencia severa, las puntas de las hojas jóvenes se volverán color café claro y morirán formando tubos estrechos, síntoma específico de la deficiencia de Cu en trigo (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Cu SE PRODUZCA EN SUELOS...

- alcalinos y calcáreos con bajo contenido de Cu.
- de turba y con mucho estiércol, donde la materia orgánica fija el Cu y reduce su disponibilidad en solución.
- derivados de material parental bajo en Cu.
- ácidos fuertemente lixiviados.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Cu disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Aplique abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique antes de la siembra fertilizantes inorgánicos con Cu soluble como CuSO_4 o quelatos de Cu orgánico.
- En cultivos en pie, aplique CuSO_4 (solución de 0.2 a 0.5%) como aplicación foliar. Puede ser necesario repetir las aplicaciones si los síntomas reaparecen.



Figura 1. Plantas de trigo con deficiencia de Cu. Se observa una corona de hojas jóvenes muertas.



Figura 2. Planta de trigo con deficiencia de Cu. Las hojas jóvenes se observan de color verde claro a amarillo, arrugadas y rotas, con apariencia flácida o marchita.



Figura 3. Hoja de trigo con deficiencia de Cu. La punta de hoja se observa marchita, enrollada y flácida.



Figura 4. Hoja de trigo con deficiencia severa de Cu. La punta de la hoja muere, se torna café claro y se enrolla en un tubo estrecho.

SORGO (*Sorghum vulgare Pers.*)

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en nitrógeno son raquíticas, delgadas, alargadas, y sus panojas son pequeñas con muy pocos granos por panoja.
- El N es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia aparecen primero y son más severos en las hojas viejas.
- En caso de los cultivos maduros, las hojas jóvenes son color verde claro, mientras las hojas más viejas se observan de amarillo a café claro (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En caso de deficiencia leve, toda la planta tendrá color verde claro uniforme.
- **Etapa II.** A medida que la deficiencia se agrave, se desarrollará una clorosis amarillo claro en la punta de las hojas más viejas, la cual avanzará hacia la base a lo largo de la nervadura central con un patrón en forma de "V", síntoma específico de deficiencia de N en sorgo (figura 2).
- **Etapa III.** En condiciones de deficiencia severa, la clorosis amarillo claro evolucionará a necrosis café claro y la hoja morirá (figura 3).
- **Etapa IV.** En las etapas más avanzadas, las hojas muertas colgarán hacia abajo formando una mata de hojas secas cerca de la base de la planta.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE N SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por agua de lluvia o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- en condiciones de anegamiento.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de N disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis de N recomendada con base en el análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes nitrogenados o biofertilizantes.
- Aplique fertilizantes solubles (como urea) en dos dosis separadas durante el desarrollo del cultivo.
- En cultivos en pie, aplique urea (solución al 2%) como aplicaciones foliares cada 10 a 15 días para una recuperación rápida.
- Incorpore cultivos de leguminosas en el sistema de rotación.



Figura 1. Planta de sorgo con deficiencia de nitrógeno. Se observan clorosis amarillo claro y necrosis café en las hojas más viejas.



Figura 2. Hoja de sorgo con deficiencia de N. La clorosis amarillo claro comienza en la punta de la hoja y avanza hacia la base de la hoja a lo largo de la nervadura central con un patrón en forma de "V".



Figura 3. Con deficiencia severa de N, la clorosis amarillo claro se vuelve café claro y la hoja muere.

DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de fósforo presentan una coloración verde oscuro, achaparramiento, desarrollo tardío y se ven largas y delgadas.
- Las panojas y los granos son pequeños, por lo que el rendimiento suele ser bajo.
- El P es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia aparecen primero y son más severos en las hojas viejas, mientras que las hojas jóvenes no parecen afectadas.
- Las hojas viejas color verde oscuro toman una coloración de rojiza a morada rojiza (figura 1).
- El tallo y las vainas de las hojas inferiores se vuelven de color morado rojizo.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** En la etapa temprana, los márgenes de las hojas más viejas desarrollarán una coloración morada oscura, que comienza en la punta de la hoja y avanza hacia la base a lo largo de los márgenes (figuras 2 y 3).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se hace más severa, toda la hoja se volverá café rojiza o morada (figura 4).
- **Etapas III.** A medida que la condición avance, se desarrollará una necrosis café en la punta, la cual avanzará a lo largo de los márgenes hacia la base de la hoja.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE P SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- alcalinos y calcáreos.
- agotados por la siembra intensiva.
- ácidos y altamente lixiviados.
- cuya capa superior del suelo haya sido removida por erosión.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de P disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis de P recomendada con base en el análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes fosfatados o cultivos microbianos que solubilizan fósforo.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes con P soluble (p. ej. fosfato de amonio) con el agua de riego.



Figura 1. Planta de sorgo con deficiencia de P, con una coloración morada oscura en las hojas viejas.



Figura 2. Hoja de sorgo deficiente en P, con coloración morada en la punta y a lo largo de sus bordes.



Figura 3. Hoja de sorgo con deficiencia de P. La coloración morada avanza hacia el interior de la hoja.



Figura 4. Con deficiencia severa, toda la hoja se torna morada.

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de potasio provoca acortamiento de los entrenudos, achaparramiento y pérdida generalizada de crecimiento saludable verde oscuro.
- Las plantas afectadas producen panojas pequeñas con pocos granos por panoja. La planta de sorgo es un buen indicador de la deficiencia de K.
- Las plantas deficientes producen follaje color verde claro a amarillo bronce.
- El K se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes, por lo que los síntomas aparecen primero y son más severos en las hojas viejas, mientras que las hojas jóvenes mantienen una apariencia sana.
- Los síntomas comienzan como clorosis y necrosis marginales en las hojas viejas. La necrosis café claro se desarrolla en la punta de la hoja y avanza por los márgenes, dejando la nervadura central y los tejidos circundantes verdes.
- En casos severos, la hoja entera muere y los síntomas progresan hacia las hojas jóvenes (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve, la planta presentará achaparramiento, tallos delgados y follaje color verde claro a amarillo bronce.
- **Etapas II.** Si los síntomas avanzan y se hacen más severos, se desarrollará una clorosis marginal en la punta de las hojas más viejas (figura 2).
- **Etapas III.** A la clorosis seguirá necrosis café claro. Tanto la clorosis como la necrosis avanzan a lo largo de los márgenes hacia la base de la hoja, dejando la nervadura central y el tejido circundante color verde claro. Este es el síntoma específico de la deficiencia de K en sorgo (figura 3).
- **Etapas IV.** En condiciones de deficiencia severa, toda la hoja lucirá quemada (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE K SE PRODUZCA EN...

- suelos formados a partir de material parental bajo en K.
- suelos de textura ligera que han sido lixiviados por lluvias o riego excesivo.
- suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- suelos con relaciones de Na:K, Mg:K o Ca:K altas.
- suelos con condiciones agudas de sodicidad, salinidad o acidez.
- regiones con altas concentraciones de HCO_3^- en el agua de riego.
- suelos ácidos con pH menor a 6.0.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de K disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de salinidad, acidez o alcalinidad deben regenerarse.

- Agregue abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique KCl, K_2SO_4 o KNO_3 al suelo durante o antes de la siembra, de acuerdo con la recomendación del análisis del suelo.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes con K soluble. No se recomiendan aplicaciones foliares, ya que es necesario realizar varias aplicaciones para cumplir con los requerimientos del cultivo.



Figura 1. Cultivo de sorgo con deficiencia de K.



Figura 2. Hoja de sorgo con clorosis y necrosis marginales.



Figura 3. Los síntomas comienzan en la punta de la hoja y avanzan a lo largo de los márgenes hacia la base, dejando de color verde claro la nervadura y el tejido circundante.



Figura 4. Eventualmente, toda la hoja muere.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

SÍNTOMAS

- Las plantas deficientes en azufre son color verde claro, achaparradas, alargadas y delgadas. Las panojas son pequeñas y con pocos granos, lo que provoca un bajo rendimiento.
- El S es inmóvil en la planta, y en suelos con baja concentración es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de la deficiencia aparecen primero y son más graves en las hojas jóvenes, las cuales se tornan color verde claro, amarillo claro y, finalmente, amarillo brillante (figura 1).
- El patrón de amarillamiento es uniforme en toda la hoja, es decir, afecta tanto a las nervaduras como a los tejidos intervenales.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve, todas las hojas de la planta serán verde claro, aunque las más viejas pueden mantener un tono más oscuro (figura 2).
- **Etapas II.** Si la deficiencia se agrava, las hojas más jóvenes se volverán amarillentas (figura 3).
- **Etapas III.** En casos avanzados, las hojas más jóvenes de color amarillo claro se verán más brillantes (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE S SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por lluvias o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- derivados de material parental bajo en S.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de S disponible para las plantas.
- Aplique la dosis recomendada de acuerdo con los resultados del análisis de suelo, mezclando S elemental o yeso en la capa superior del suelo, con suficiente tiempo antes de la siembra.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes con S soluble, como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 o K_2SO_4 en el agua de riego.



Figura 1. Planta de sorgo con deficiencia de S. La hoja más joven tiene una coloración amarillenta, mientras que las restantes son verde claro.



Figura 2. Hoja joven verde claro con deficiencia leve de S.



Figura 3. Planta de sorgo con hojas jóvenes amarillentas y hojas viejas verde claro, por deficiencia de moderada a severa de S.



Figura 4. Hoja joven amarillenta con deficiencia moderada de S.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de hierro prolongada y severa produce achaparramiento, follaje amarillo claro y panojas pequeñas con pocos granos. El sorgo es el mejor indicador de deficiencia de Fe.
- El Fe es inmóvil en la planta, y en suelos con baja disponibilidad no se mueve de las hojas viejas a las más jóvenes, las cuales presentan los síntomas de la deficiencia primero, mientras que las hojas viejas mantienen su color verde oscuro.
- Se desarrolla una clorosis amarillo claro en los tejidos entre las nervaduras, dejándolas verdes y prominentes (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve, las hojas superiores desarrollarán una decoloración temporal en los tejidos entre las nervaduras, sin afectar las venas, las cuales serán verdes y prominentes. Con el tiempo, las plantas pueden reestablecerse y recuperar su apariencia normal.
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste y se agrava, los tejidos entre las nervaduras de las hojas afectadas tomarán un color amarillo claro distintivo, con venas verdes prominentes (figuras 1 y 2). Esta clorosis se extiende de manera uniforme por toda la longitud de la hoja y es un síntoma específico de la deficiencia de Fe en el sorgo.
- **Etapas III.** En etapas avanzadas, las nervaduras también se decolorarán, tornándose de color verde claro a amarillo claro (figura 3).
- **Etapas IV.** En casos agudos, todo el follaje presentará una coloración como de papel blanco y morirá (figuras 4 y 5).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Fe SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos con bajo contenido total de Fe.
- calcáreos, donde la solubilidad de Fe es muy baja.
- de turba y suelos con muy alto contenido de humus, donde la materia orgánica fija el Fe y reduce su disponibilidad en la disolución del suelo.
- ácidos, donde a pesar de una alta disponibilidad de Fe en la solución del suelo, los niveles excesivamente altos de Zn, Mn, Cu, o Ni solubles dificultan la absorción de Fe.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Añada abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Antes de la siembra, aplique fertilizantes con Fe soluble; por ejemplo, FeSO_4 (25 kg/ha) o quelatos de Fe (10 kg/ha). El uso de quelatos orgánicos parece más adecuado porque otras formas de Fe pueden volverse insolubles después de su aplicación.
- En cultivos en pie, aplique FeSO_4 o quelatos de Fe (solución al 0.5%) como aplicaciones foliares.

- Las aplicaciones foliares deben repetirse cada 10 a 15 días y se requieren de dos a tres aplicaciones para corregir cualquier deficiencia.



Figura 1. Hoja joven de sorgo con tejidos intervenales amarillos claros y nervaduras verdes prominentes, por deficiencia de Fe.



Figura 2. La clorosis amarilla clara se desarrolla en el tejido intervenal, dejando las nervaduras verdes y prominentes.



Figura 3. Cuando la deficiencia persiste, las nervaduras verdes prominentes se decoloran hasta verse color verde o amarillo claro.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)



Figura 4. En etapas avanzadas, las hojas se decoloran hasta tener una apariencia blanquecina, como el papel.



Figura 5. El follaje de cultivos de sorgo con deficiencia prolongada de Fe se vuelve blanco y muere.

DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de zinc provoca un acortamiento de los entrenudos, dando a la planta apariencia de abanico, debido a que las hojas superiores se amontonan. Las plantas afectadas carecen de vigor y tienen bajo rendimiento de grano.
- El Zn es inmóvil en la planta, por lo que no se mueve de las hojas viejas a las más jóvenes, donde los síntomas aparecen primero y de forma más severa. Las hojas más viejas mantienen su color verde y se ven aparentemente sanas (figura 1).
- Se desarrollan bandas anchas de color blanco a amarillo a los lados de la nervadura central, comenzando en la base de la hoja, aunque la nervadura y los márgenes se mantienen verdes (figura 2).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** Con deficiencia leve, las hojas jóvenes se tornarán verde claro.
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste y se agrava, se desarrollarán bandas anchas de color amarillo claro a blanco, entre la nervadura central y el margen en la mitad basal de la hoja. Éste es un síntoma específico de la deficiencia de Zn en sorgo (figura 3).
- **Etapa III.** Si se les permite avanzar, los síntomas se desarrollarán también en las hojas viejas.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Zn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- alcalinos, donde la disponibilidad de Zn es baja.
- arenosos lixiviados, donde el contenido total de Zn es bajo.
- recientemente nivelados, donde el subsuelo está expuesto para la siembra. La concentración del Zn en el suelo superficial puede ser el doble de la concentración en el subsuelo.
- con una aplicación excesiva de fertilizantes fosfatados, que pueden dificultar la absorción del Zn.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para estimar la cantidad de Zn disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos con tiempo suficiente antes de la siembra.
- Aplique ZnSO_4 (25-30 kg/ha) o quelatos de zinc (10 kg/ha), una vez cada dos años en suelos deficientes de Zn. No mezcle fertilizantes de Zn con fertilizantes de P.
- En cultivos en pie, aplique una solución de 3 kg de ZnSO_4 con 1.5 kg de cal viva disueltos en 500 L de agua, como aplicación foliar, dos a tres semanas después de la emergencia de las plántulas.



Figura 1. Planta de sorgo deficiente en Zn. Los síntomas aparecen en las hojas superiores (jóvenes).



Figura 2. Las bandas blancas a amarillas comienzan en la base de las hojas. La nervadura central y márgenes foliares se mantienen verdes.



Figura 3. Acercamiento de una hoja de sorgo con banda blanca característica de la deficiencia de Zn en sorgo.

CEBADA (*Hordeum vulgare* L. emend. Bowden.)

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de nitrógeno presentan achaparramiento, tallos delgados y hojas verde claro. Las plantas afectadas carecen de vigor y producen espigas pequeñas con pocos granos. Con deficiencia aguda, muchos macollos jóvenes no desarrollan espigas y mueren antes de madurar.
- El N es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas de deficiencia aparecen primero y son más graves en las hojas viejas, mientras que las hojas jóvenes se mantienen verdes y aparentemente sanas (figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Las plantas con deficiencia leve lucirán color verde claro uniforme.
- **Etapas II.** Si la deficiencia se vuelve severa, se desarrollará una clorosis amarillo claro en la punta de las hojas más viejas, la cual avanzará hacia la base de la hoja, abarcando todo el ancho de la hoja.
- **Etapas III.** A medida que la deficiencia se agrave, la hoja se volverá blanquecina a café claro (figura 2) y eventualmente se marchitará y morirá (figura 3).
- **Etapas IV.** En etapas avanzadas, las hojas viejas mueren y forman una mata de hojas secas alrededor de la base de la planta (figuras 4 y 5).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE N SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por lluvias o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- con condiciones de anegamiento.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de N disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis de N recomendada según el análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes nitrogenados o biofertilizantes.
- Aplique fertilizantes nitrogenados solubles (como urea) en dos dosis separadas después de la siembra.
- Para una recuperación rápida de cultivos en pie, aplique urea (solución al 2%) como aplicación foliar. Las aplicaciones foliares deben repetirse cada 10 a 15 días.
- Incorpore cultivos leguminosos en la rotación.



Figura 1. Planta de cebada con deficiencia de N: hojas jóvenes sanas y hojas viejas color amarillo blanquecinas.



Figura 2. Acercamiento de hoja deficiente en N de color amarillo blanquecino.



Figura 3. Las hojas más viejas con deficiencia severa, eventualmente se tornan café blanquecino.

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)



Figura 4. Acercamiento de la base de una planta que muestra hojas secas por deficiencia de N.



Figura 5. Planta de cebada madura con deficiencia grave de N: las hojas viejas mueren y forman una mata de hojas secas en la base de la planta.

DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de fósforo presentan achaparramiento, tallos cortos y gruesos, y follaje verde oscuro. Con frecuencia en casos severos, las plantas no producen espigas.
- El P es móvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas aparecen primero y son más graves en las hojas viejas, mientras que las hojas jóvenes, por lo general, no se ven afectadas.
- Las hojas viejas desarrollan un color morado oscuro en las puntas, el cual avanza hacia la base de la hoja, abarcando todo el ancho de la hoja (figura 1).
- El tallo y las vainas de las hojas inferiores también pueden desarrollar una coloración morada rojiza.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve, las plantas presentarán follaje verde oscuro y achaparramiento.
- **Etapas II.** Si la deficiencia persiste, las hojas más viejas presentarán márgenes color morado oscuro, el cual eventualmente cubrirá toda la hoja (figura 2).
- **Etapas III.** Si la deficiencia se agrava, las hojas moradas afectadas se volverán color amarillo oscuro a rojo anaranjado (figura 3).
- **Etapas IV.** A medida que los síntomas avancen, toda la hoja se volverá café oscuro y finalmente morirá.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE P SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- alcalinos y calcáreos.
- agotados por la siembra intensiva.
- ácidos y altamente degradados.
- en los cuales la capa superior del suelo se haya perdido por erosión.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de P disponible para las plantas.
- Antes de la siembra, aplique la dosis recomendada según los resultados del análisis de suelo. Utilice abonos orgánicos, fertilizantes fosfatados o inoculantes microbianos que solubilizan el fósforo.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes de P solubles (p. ej. fosfato de amonio) en el agua de riego.



Figura 1. Planta de cebada con deficiencia de P que presenta achaparramiento y una coloración morada en las hojas más viejas.



Figura 2. Coloración morada oscura en márgenes y puntas de la hoja, que avanza hacia abajo cubriendo toda la hoja.



Figura 3. Las hojas afectadas se vuelven color amarillo oscuro a rojo anaranjado.

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de potasio causa tallos cortos y plantas achaparradas. En condiciones de deficiencia severa, muchos macollos jóvenes mueren antes de producir espigas, mientras que los macollos maduros producen espigas pequeñas con pocos granos.
- El K se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes, por lo que los síntomas aparecen primero en las hojas viejas (figura 1).
- Las hojas jóvenes en crecimiento activo toman K de las partes más viejas de la planta; por lo tanto, pueden permanecer verdes y aparentemente sanas.
- Las hojas viejas desarrollan una clorosis por color amarillo claro, comúnmente seguida por una necrosis. Ambas comienzan en la punta de la hoja y pueden avanzar a lo largo de los márgenes, hacia la base. Por lo general, la región de la nervadura central permanece verde.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** En casos de deficiencia leve, las hojas lucirán flácidas, delgadas y marchitas.
- **Etapa II.** Si la deficiencia persiste y se hace más severa, se desarrollará una clorosis marginal en las hojas más viejas a partir de sus puntas (figuras 2 y 3).
- **Etapa III.** En casos agudos, todas las hojas afectadas se volverán café oscuro y morirán (figura 4).

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE K SE PRODUZCA EN SUELOS...

- formados a partir de material parental bajo en K.
- de textura ligera que han sido lixiviados por agua de lluvias o riego excesivo.
- con bajo contenido de materia orgánica.
- con relaciones de Na:K, Mg:K o Ca:K altas.
- que reciben agua de riego con alta concentración de HCO_3^- .
- ácidos con pH menor a 6.0.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de K disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de acidez, alcalinidad o salinidad deben regenerarse.
- Agregue abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique KCl, K_2SO_4 o KNO_3 al suelo antes o durante la siembra, con base en el análisis de suelo.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes con K soluble en el agua de riego. No se recomiendan aplicaciones foliares, ya que es necesario llevar a cabo varias para cumplir con los requerimientos del cultivo.



Figura 1. Planta de cebada con deficiencia de potasio.



Figura 2. Clorosis y necrosis marginales en las hojas viejas de cebada.

DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

Figura 3. Hoja de cebada con síntomas tempranos de deficiencia de K.



Figura 4. En etapas avanzadas, las hojas presentan necrosis.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

SÍNTOMAS

- Las plantas con deficiencia de azufre presentan achaparramiento, falta de vigor y madurez tardía. El amacollamiento está deprimido y, a menudo, sólo pocos macollos producen espigas con grano.
- En cultivos jóvenes se desarrolla un amarillamiento general en toda la planta (figura 1), síntomas que pueden confundirse con la deficiencia de N.
- El S es inmóvil en la planta y en suelos con baja disponibilidad es difícil que se mueva de las hojas viejas a las más jóvenes.
- Los síntomas aparecen primero y son más graves en las hojas jóvenes, que se tornan amarillo claro, mientras que las hojas más viejas, por lo general, permanecen verdes (figuras 2 y 3).
- El patrón de amarillamiento aparece de manera uniforme en toda la hoja, afectando tanto a las nervaduras como a los tejidos intervenales (figura 4).

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapas I.** Con deficiencia leve, todas las hojas de la planta tomarán un color verde claro, aunque las hojas más viejas mantendrán un tono más oscuro.
- **Etapas II.** Si la deficiencia se vuelve severa, las hojas jóvenes se volverán color amarillo claro, dando a toda la planta una clara apariencia amarillenta (figura 5).
- **Etapas III.** En etapas avanzadas, las hojas jóvenes amarillo claro se volverán blancas y sin necrosis.
- **Etapas IV.** En casos agudos, algunas variedades de cebada también desarrollarán una coloración rojiza o morada rojiza en los márgenes y en las vainas de las hojas más viejas.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE S SE PRODUZCA EN SUELOS...

- con bajo contenido de materia orgánica.
- arenosos de textura ligera que han sido lixiviados por lluvias o riego excesivo.
- agotados por la siembra intensiva.
- derivados de material parental bajo en S.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de S disponible para la planta.
- Aplique la dosis de S recomendada en el análisis de suelo, mezclando S elemental o CaSO_4 a la capa superficial del suelo.
- En cultivos en pie, aplique fertilizantes con S soluble como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 o K_2SO_4 en el agua de riego.



Figura 1. Hoja de cebada amarillo claro con deficiencia de S (izquierda) y hoja de cebada sana (derecha).



Figura 2. Con deficiencia severa, toda la planta adquiere una apariencia amarillenta, aunque las hojas jóvenes son las más afectadas.

DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)



Figura 3. Los síntomas de la deficiencia son más severos en las hojas jóvenes.



Figura 5. Las hojas jóvenes se tornan amarillentas, mientras que las hojas viejas se mantienen verdes.



Figura 4. El amarillamiento afecta tanto a las nervaduras como a los tejidos intervenales.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de hierro en la cebada causa achaparramiento, tallos delgados, follaje de color verde claro a amarillo, y reduce drásticamente la producción de macollos. Con deficiencia severa, muchos macollos mueren sin producir espigas con granos. Cuando la deficiencia es muy grave, las plantas suelen tener un solo tallo principal.
- El Fe es inmóvil en la planta, por lo que en suelos con baja disponibilidad no se mueve de las hojas viejas a las más jóvenes, las cuales presentan los síntomas primero y con mayor gravedad, mientras que las hojas más viejas, por lo general, se ven sanas y mantienen su color verde oscuro.
- Se desarrolla una clorosis amarillo claro en los tejidos entre las nervaduras, dejándolas verdes y prominentes.
- Con deficiencia de Fe severa, las hojas nuevas pueden aparecer completamente sin clorofila y volverse oscuras o color amarillo claro, en general. En esta fase avanzada es muy difícil diferenciar entre la deficiencia de Fe y S, aunque las plantas deficientes en Fe tienen una apariencia general más oscura que las plantas deficientes de S.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapa I.** Con deficiencia leve, las hojas más jóvenes desarrollarán decoloración temporal de los tejidos entre nervaduras, con venas verdes y prominentes. Las plantas pueden recuperarse y recobrar una apariencia normal con el tiempo (figuras 1 y 2).
- **Etapa II.** Si la deficiencia de Fe persiste y se hace más severa, los tejidos entre las nervaduras de las hojas afectadas tomarán un distintivo color amarillo claro con venas verdes prominentes. La clorosis se extiende de manera uniforme a lo largo de la hoja (figuras 3 y 4).
- **Etapa III.** A medida que la deficiencia se agrave, las nervaduras verdes prominentes también se desvanecerán, cambiando de verde a amarillo claro.
- **Etapa IV.** En casos agudos, toda la hoja se volverá amarillo brillante o blanca.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Fe SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos con bajo contenido total de Fe.
- calcáreos donde la solubilidad de Fe es muy baja.
- de turba y suelos con un alto contenido de humus, donde la materia orgánica fija el Fe y reduce su disponibilidad en la solución del suelo.
- ácidos, donde a pesar de la disponibilidad alta de Fe en la solución de suelo, los niveles excesivamente altos de Zn, Mn, Cu o Ni solubles dificultan la absorción de Fe.
- inundados.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Analice el suelo antes de sembrar.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.

- Añada abonos orgánicos con suficiente tiempo antes de la siembra.
- Aplique antes de la siembra fertilizantes con Fe soluble, por ejemplo: FeSO_4 (25 kg/ha) o quelatos de Fe (10 kg/ha). El uso de quelatos orgánicos parece más adecuado porque otras formas de Fe pueden volverse insolubles después de su aplicación en los suelos afectados.
- En cultivos en pie aplique FeSO_4 o quelatos de Fe (solución al 5%) como aplicaciones foliares. Ya que el Fe es inmóvil en las plantas, las cuales deben repetirse cada 10 a 15 días. Para corregir la deficiencia, normalmente se requieren de dos a tres aspersiones.



Figura 1. Los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes, mientras que las más viejas permanecen normales.

DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)



Figura 2. Cultivo de cebada con deficiencia de Fe. En condiciones de deficiencia leve, los tejidos entre las nervaduras se decoloran temporalmente.



Figura 3. Se desarrolla una clorosis amarillo claro en los tejidos entre las nervaduras, dejándolas verdes y prominentes.



Figura 4. Hoja de cebada con deficiencia de Fe (izquierda) y hoja de cebada sana (derecha).

DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

SÍNTOMAS

- La deficiencia de zinc provoca acortamiento de los entrenudos, dando a la planta una apariencia de pasto enano y coquetudo. El rendimiento del grano se reduce drásticamente, incluso en caso de deficiencia leve.
- El Zn es parcialmente móvil en la planta, por lo que los síntomas aparecen primero en las hojas que se desarrollan a la mitad del tallo, mientras que las hojas más jóvenes y más viejas se mantienen aparentemente sanas.

ETAPAS DE DESARROLLO

- **Etapla I.** Los síntomas de deficiencia se presentarán primero en las hojas de edad media. Los síntomas iniciales de deficiencia comienzan a la mitad de la hoja, dejando la base y la punta verdes (figura 1).
- **Etapla II.** A medida que la deficiencia se agrave, se desarrollarán áreas cloróticas lineales color amarillo claro en la sección media de la hoja. Éstas se convierten rápidamente en lesiones necróticas color café grisáceas (figura 2).
- **Etapla III.** Con deficiencia muy severa, la planta morirá.

ES PROBABLE QUE LA DEFICIENCIA DE Zn SE PRODUZCA EN SUELOS...

- arenosos lixiviados, donde el contenido total de Zn es bajo.
- alcalinos con pH mayor a 7.5, donde la disponibilidad de Zn es reducida.
- recientemente nivelados, donde el subsuelo está expuesto para la siembra. La concentración del Zn en el suelo superficial puede ser del doble de la concentración en el subsuelo.
- con alto contenido de P, ya sea de manera natural o por una aplicación excesiva de fertilizantes fosfatados, lo cual dificulta la absorción y uso del Zn en los cultivos.

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

- Antes de sembrar, analice el suelo para medir la cantidad de Zn disponible para las plantas.
- Los suelos con problemas de alcalinidad deben regenerarse.
- Aplique abonos orgánicos con suficiente anticipación antes de la siembra.
- Aplique ZnSO_4 (25-30 kg/ha) o un quelato de Zn (10 kg/ha) una vez cada dos años a los suelos deficientes de Zn. No mezcle fertilizantes de Zn con fertilizantes de fosforados.
- En cultivos en pie, aplique una solución de 5 kg del ZnSO_4 con 2.5 kg de cal viva disueltos en 500 L de agua, como aplicación foliar dos a tres semanas después de la emergencia de las plántulas.



Figura 1. Hoja de cebada con áreas cloróticas lineales color amarillo claro, síntoma temprano de deficiencia de Zn.



Figura 2. Hoja de cebada con lesiones necróticas color café grisáceo, síntoma severo de la deficiencia de Zn.

Comentarios relativos a esta publicación deberán dirigirse a:

Dr. Iván Ortiz-Monasterio, científico principal, CIMMYT.

Km. 45, Carretera México-Veracruz,
El Batán, Texcoco. C. P. 56237 Edo. de México, México
Correo electrónico: i.ortiz-monasterio@cgiar.org

Dr. Kaushik Majumdar, Director, IPNI South Asia Programme

354, Sector-21, Huda Gurgaon 122016, India
Phone: 91-124-246-1694 Fax: 91-124-246-1709
E-mail: kmajumdar@ipni.net

La Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales es una versión en español desarrollada en el CIMMYT, con base en el texto original *A guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops* del Plant Nutrition Institute (IPNI), previa autorización del IPNI. Para su reproducción, se contó con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Querétaro, en el marco del Proyecto Modernización Sustentable de la Agricultura en Querétaro. Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido su uso para fines distintos a los establecidos en el programa.