

DIPLOMADO

Tecnologías para Mejorar la Producción y Productividad Agropecuaria



Temática:

- Nutrición y fertilización de hortalizas

Facilitador:

Dra. Francisca Mejía Betancourt

Universidad Nacional Agraria

Diplomado Tecnologías para mejorar la
producción y productividad agropecuaria en
tecnologías de producción agropecuarias

Nutrición y fertilización de hortalizas

Facilitador

Dra. Francisca Mejía Betancourt

Junio, 2025

Índice de contenido

SECCIÓN	PAGINA
I. INTRODUCCIÓN	4
II. NUTRICIÓN Y FERTILIDAD	4
2.1. Nutrientes esenciales para las plantas	5
2.1.1. Forma en que las plantas toman los nutrientes	5
2.2. Funciones y deficiencias de los nutrientes	6
2.3. ASPECTOS IMPORTANTES DE LA NUTRICIÓN	8
2.3.1. Manejo del pH	8
2.3.2. La conductividad eléctrica (CE)	9
2.3.3. ¿Cómo medir el pH y la CE?	9
2.3.4. La humedad en la fertilidad del suelo	10
2.3.5. La temperatura del suelo y del ambiente	11
2.3.6. Etapa fisiológica de la planta	12
III. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA NUTRICIÓN EN LOS CULTIVOS DE HORTALIZAS	12
3.1. Fuente de fertilizante	12
3.2. Tapado del fertilizante	13
3.3. Fertilización foliar: consideraciones y aplicaciones	13
3.4. Uso de bioestimulantes para mejorar la absorción de nutrientes	14
3.5. Fertilización carbónica	14
3.6. Asocio de hortalizas con gramíneas	15
3.7. Uso de abonos orgánicos	15
IV. CONSIDERACIONES PARA CORREGIR UNA DEFICIENCIA	15
V. CONSIDERACIONES FINALES	15
VI. PREGUNTAS ORIENTADORAS	16
VII. GLOSARIO	16
VIII. LITERATURA CITADA	17

I. INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos es una de las prácticas más importantes que debe realizar el productor para lograr hortalizas sanas, con buena calidad y alto rendimiento. Sin embargo, no se trata solo de aplicar fertilizantes, sino de entender cómo funciona el suelo, qué tiene el suelo, qué necesita realmente cada cultivo, y cómo asegurarse de que los nutrientes lleguen a la planta en el momento y forma adecuados.



Nutrición de la planta

Cada elemento cumple una función específica y su deficiencia puede traducirse en pérdidas de producción. Además, hay factores como la humedad del suelo, el pH, el tipo de fertilizante, la forma de aplicación, la presencia de microorganismos y hasta la forma de absorción por las hojas o raíces que influyen directamente en el éxito de la fertilización. En este material didáctico se comparten conocimientos, herramientas prácticas y recomendaciones útiles para tomar mejores decisiones sobre la nutrición de sus cultivos.

II. NUTRICIÓN Y FERTILIDAD

Muchas veces pensamos que es lo mismo la nutrición y fertilidad de los suelos, pero no es así.

Fertilidad del suelo: es la capacidad del suelo para ofrecer nutrientes a las plantas. Depende del pH, materia orgánica, textura y otros factores. Es como una refrigeradora llena de muchas cosas. En cambio, la nutrición del cultivo: es lo que la planta realmente necesita, absorbe y usa para crecer. Depende de que los nutrientes estén disponibles y de que la planta pueda tomarlos.



Nutrición y fertilidad

Es decir, fertilidad es del suelo y nutrición es de la planta.

Un suelo puede ser fértil, pero si la planta no puede absorber los nutrientes, no habrá buena nutrición. Por eso se deben manejar juntos: análisis de suelo + prácticas adecuadas = cultivo bien alimentado.

2.1. Nutrientes esenciales para las plantas

Además del nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), las plantas requieren otros elementos esenciales, iniciando primeramente con el C, O e H que se obtiene del aire y el agua, también se incluyen calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl), níquel (Ni), cobalto (Co), selenio (Se) y silicio (Si). Estos micronutrientes desempeñan importantes roles en procesos fisiológicos y estructurales de las plantas. Por ejemplo, el calcio es vital para la integridad de las paredes y la división celular, siendo su deficiencia común en hortalizas debido a su limitada movilidad dentro de la planta.



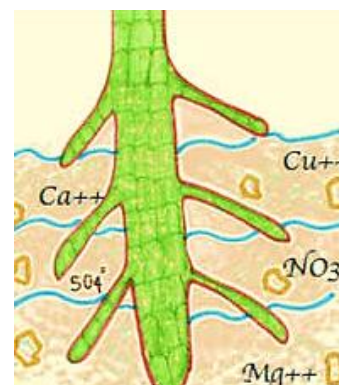
Ley de mínimo propuesto por Liebig

2.1.1. Forma en que las plantas toman los nutrientes

A veces los nutrientes están en el suelo, pero por las características del mismo están formando otros compuestos que la planta no puede absorber. Por ejemplo: En suelos muy ácidos (pH bajo), el fósforo se fija con aluminio y hierro, formando compuestos insolubles como fosfato de hierro (FePO_4) o a pH alto, el hierro se convierte en formas insolubles como hidróxido de hierro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), que la planta no puede absorber.

Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo o de la solución nutritiva a través de las raíces, en formas específicas y se mencionan a continuación:

- Nitrógeno (N): como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+)
- Fósforo (P): como fosfato (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-})



Formas de absorción de nutrientes

- Potasio (K): como ion potasio (K^+)
- Calcio (Ca): como ion calcio (Ca^{2+})
- Magnesio (Mg): como ion magnesio (Mg^{2+})
- Azufre (S): como sulfato (SO_4^{2-})
- Hierro (Fe): como Fe^{2+} o quelatos de hierro
- Manganeseo (Mn): como Mn^{2+}
- Zinc (Zn): como Zn^{2+}
- Cobre (Cu): como Cu^{2+}
- Boro (B): como ácido bórico (H_3BO_3)
- Molibdeno (Mo): como molibdato (MoO_4^{2-})
- Cloro (Cl): como ion cloruro (Cl^-)

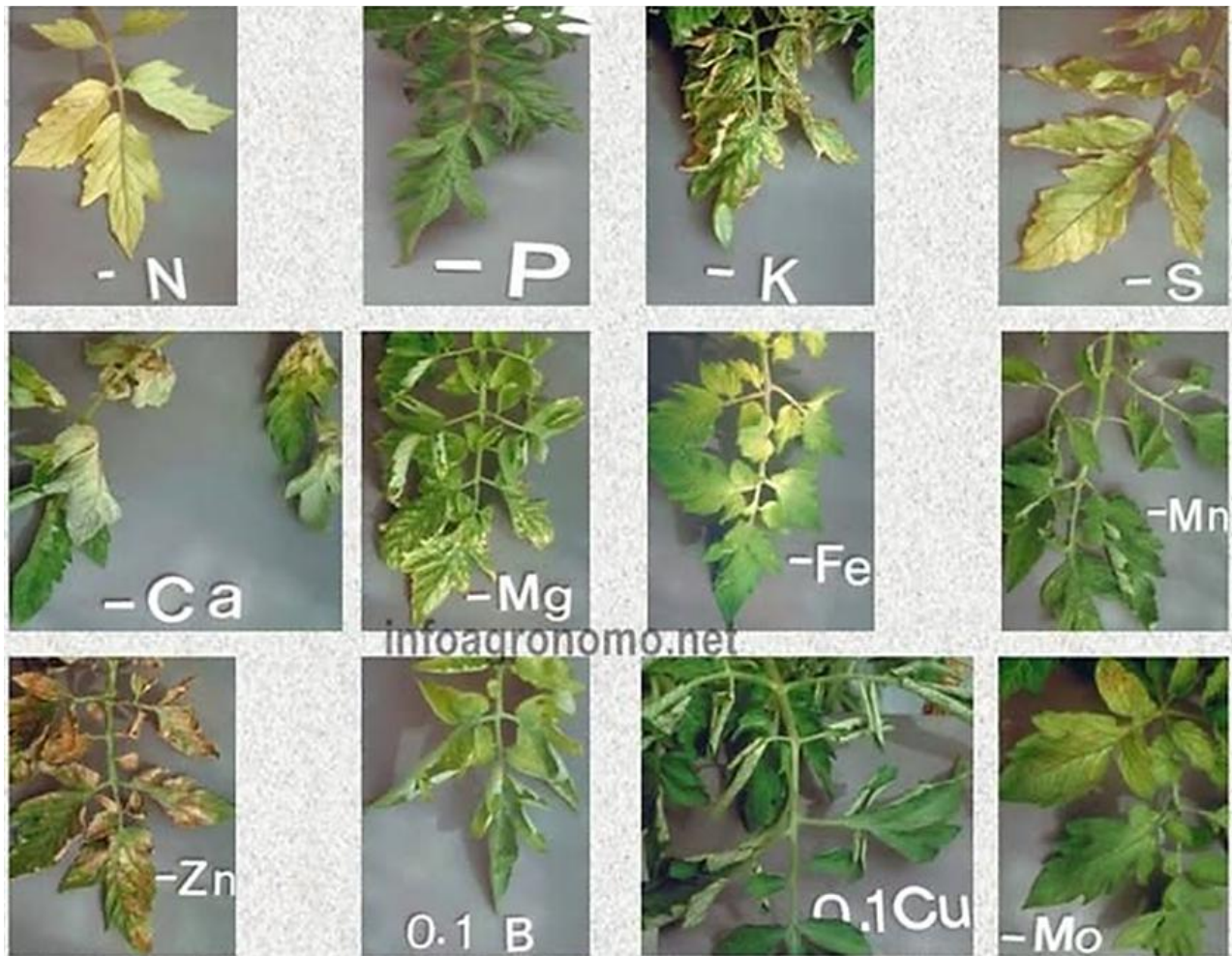
2.2. Funciones y deficiencias de los nutrientes

En el siguiente cuadro se resume la principal función y síntomas de deficiencia de cada elemento esencial.

Cuadro 1. Función de los nutrientes y principales síntomas de deficiencia.

Nutriente	Función principal	Síntomas de deficiencia
Nitrógeno (N)	Ayuda a que la planta crezca con fuerza y produzca hojas verdes porque participa en la división celular y la síntesis de clorofila.	Crecimiento atrofiado, color amarillo en hojas inferiores, tronco débil, color verde claro.
Fósforo (P)	Favorece el desarrollo de raíces fuertes, la floración y la producción de frutos; participa en la fotosíntesis y respiración.	Color púrpura en hojas y tallos inferiores, manchas muertas en hojas y frutos.
Potasio (K)	Mejora la calidad de los frutos y órganos de la planta, la resistencia a enfermedades y al estrés por falta de agua o calor.	Oscurecimiento de bordes de hojas inferiores, tallos débiles.
Calcio (Ca)	Forma parte de paredes celulares; interviene en la protección de enfermedades y plagas, en la regulación térmica, etc.	Hojas terminales deformadas o muertas, pudrición apical, frutos con menos vida de anaquel.
Magnesio (Mg)	Componente de la clorofila y enzimas; participa en la fotosíntesis y la incorporación de nutrientes.	Clorosis (amarilleo) entre nervios de hojas inferiores.
Azufre (S)	Ayuda a formar proteínas. También mejora el sabor y olor de algunos cultivos como la cebolla y el ajo.	Hojas superiores amarillas, crecimiento atrofiado.
Boro (B)	Esencial para floración, frutos y división celular.	Yemas terminales muertas, hojas superiores quebradizas o con pliegues.
Cobre (Cu)	Ayuda en la formación de enzimas y en la defensa contra enfermedades.	Yemas terminales y hojas muertas, color verde azulado.

Cloro (Cl)	Ayuda al crecimiento de raíces y brotes. Se requiere en pequeñas cantidades.	Marchitamiento, hojas cloróticas.
Hierro (Fe)	Forma parte de enzimas y la clorofila. Necesario para la fotosíntesis.	Clorosis entre los nervios de hojas superiores.
Manganeso (Mn)	Interviene en la síntesis de clorofila.	Color verde oscuro en nervios, clorosis entre nervios.
Molibdeno (Mo)	Ayuda a fijar nitrógeno y formar proteínas.	Síntomas similares a la deficiencia de nitrógeno.
Zinc (Zn)	Esencial para auxinas, crecimiento de las plantas y desarrollo de hojas.	Clorosis entre los nervios de hojas superiores.



Síntomas de deficiencia de diferentes nutrimentos en la hoja de tomate.

2.3. ASPECTOS IMPORTANTES DE LA NUTRICIÓN

2.3.1. ¿Qué elementos tiene el suelo?

Conocer qué nutrientes tiene el suelo antes de aplicar fertilizantes permite ajustar las dosis según lo que realmente necesita el cultivo, evitando excesos o deficiencias. Si se fertiliza sin analizar el suelo, se corre el riesgo de gastar más dinero de lo necesario, contaminar el ambiente y afectar el crecimiento de la planta por desequilibrios nutricionales.

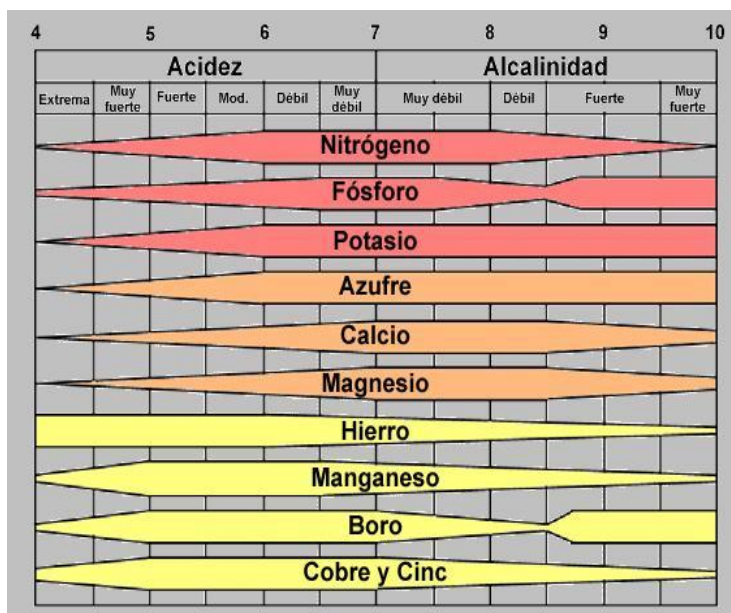


Nutrientes que tiene el suelo

2.3.2. Manejo del pH

pH del suelo

El pH del suelo es un factor determinante en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Valores de pH entre 6.5 y 7.5 son óptimos para la mayoría de las hortalizas, ya que facilitan la absorción de nutrientes esenciales. Suelos ácidos (pH menores a 5.5) pueden presentar toxicidad por aluminio, hierro y deficiencias de fósforo, potasio, calcio y magnesio. mientras que suelos alcalinos (pH mayores a 7.5) pueden limitar la disponibilidad de micronutrientes como hierro, cobre, zinc y manganeso.



Los nutrientes pueden estar más o menos disponibles según el pH

pH del agua usada para la aplicación de productos

Un pH del agua muy alto o bajo puede hacer que algunos nutrientes se bloqueen o se degraden antes de ser absorbidos por la planta. Lo ideal es ajustar el pH del agua a un rango entre 5.5 y 6.5 para asegurar una buena absorción, y para eso existen productos llamados reguladores de pH que nos ayudan a dejar el agua en el punto óptimo para que no haya problema con los productos a aplicar vía foliar.



2.3.3. La conductividad eléctrica (CE)

La CE nos indica cuántas sales hay disueltas en el agua; si es muy alta, puede provocar quemaduras en las hojas o impedir que la planta absorba bien los nutrientes. Altos niveles de carbonatos y bicarbonatos elevan la CE y el pH. Para corregirlo, se recomienda hacer un análisis de agua y, si es necesario, aplicar ácidos como fosfórico o nítrico bajo asesoría técnica, mezclar con agua de mejor calidad, o ajustar el uso de fertilizantes para no aumentar más la concentración de sales.

2.3.4. ¿Cómo medir el pH y la CE?

Para saber si el agua o el suelo están en buenas condiciones para aplicar fertilizantes, es muy importante medir el pH y la conductividad eléctrica (CE), y hay varias formas de hacerlo, desde métodos sencillos hasta herramientas más precisas. Lo más confiable es usar un medidor digital de pH y CE, que se pueden conseguir en casas agropecuarias y no son muy caros; simplemente se introduce la punta del aparato en el agua o en una mezcla de tierra con agua, y en segundos nos da una lectura exacta.



Medición del pH y CE con equipo digital.



Medición del pH con cinta indicadora

Otra opción más accesible son las cintas o tiras reactivas de pH, que cambian de color al contacto con el líquido y vienen con una guía para interpretar el valor. Aunque no son tan exactas como un medidor, dan una idea bastante cercana.

Para quienes no tienen acceso a estas caseros: por ejemplo, para estimar si el suelo es ácido, se puede echar un poco de vinagre sobre una muestra de tierra; si burbujea, es señal de que el suelo es más bien alcalino. Al contrario, si se mezcla bicarbonato con un poco de agua y tierra y burbujea, el suelo podría ser ácido. Estos métodos no dan valores precisos, pero sí nos alertan si estamos muy lejos del pH ideal.

herramientas, hay métodos

Su suelo es ácido si...



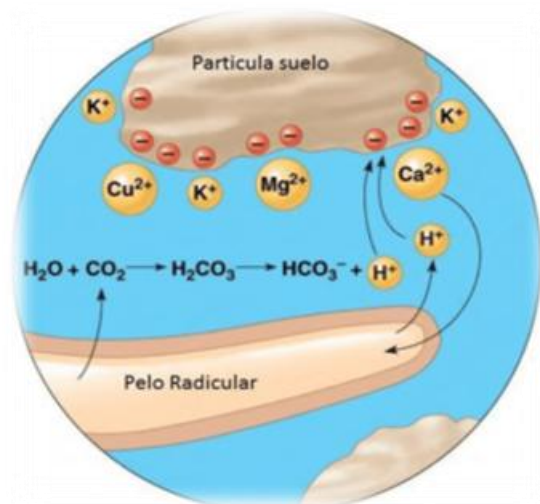
Su suelo es alcalino si...



Métodos tradicionales de medir el pH

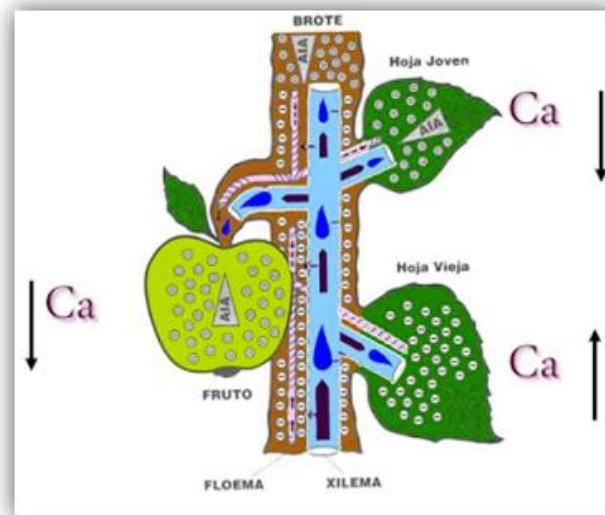
2.3.5. La humedad en la fertilidad del suelo

La humedad en el suelo es tan importante como el tipo y la calidad del fertilizante que se aplica. ¿Por qué? Porque los nutrientes no se absorben secos, la planta solo puede tomarlos cuando están disueltos en agua, es decir, en forma de solución nutritiva. Si no hay suficiente humedad en el suelo, el fertilizante no llega a la planta. Por eso, aplicar fertilizante sin asegurar humedad es como echar semilla en tierra seca, se desperdicia.



Nutrientes en la solución del suelo

Además, el agua no solo ayuda a disolver los nutrientes, también es importante para muchos procesos dentro de la planta. Regula la fotosíntesis, la transpiración y el movimiento de los nutrientes por todo el sistema. Por ejemplo, el calcio, que es esencial para la firmeza de los frutos y los demás órganos de la planta, se mueve con el flujo de agua dentro de la planta. Si falta agua, el calcio no llega donde se necesita, y por eso aparecen problemas como la pudrición apical en tomate o chiltoma, a pesar de que el suelo tenga calcio.



Movimiento del calcio por el flujo de agua

2.3.6. La temperatura del suelo y del ambiente

Cuando el ambiente está muy frío, por debajo de 15°C , las hojas de la planta reducen su actividad metabólica, lo que hace que los fertilizantes foliares no se absorban bien y a nivel de suelo también se disminuye la actividad de las raíces.

Por otro lado, si hace demasiado calor (más de 30°C), el fertilizante foliar puede evaporarse antes de que la planta lo aproveche, o puede causar quemaduras si se aplica a pleno sol.

En suelos fríos (menos de 15°C), la absorción de fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio se reduce, afectando el crecimiento y la formación de raíces y frutos. En ambientes muy calurosos (más de $30-35^{\circ}\text{C}$), el estrés por calor y la falta de agua limitan la toma de Calcio, potasio, hierro, zinc y boro, y el nitrógeno puede perderse por evaporación.



Monitoreo de la temperatura del suelo

Por eso, es recomendable aplicar los fertilizantes foliares temprano en la mañana o al final de la tarde, y hacer aplicaciones al suelo cuando esté en buenas condiciones de humedad y temperatura.

2.3.7. Etapa fisiológica de la planta

La nutrición de las plantas debe adaptarse a cada etapa de su desarrollo, ya que las necesidades de nutrientes cambian según lo que la planta esté formando: raíces, hojas, flores o frutos. En todas las etapas se deben tener todos los elementos necesarios, lo que varía es la cantidad del elemento a aplicar según la etapa.

En la etapa de desarrollo de hojas y raíces es importante aumentar las cantidades de N, P, K, Ca. El fósforo favorece el desarrollo de raíces fuertes y activas, mientras que el calcio fortalece las paredes celulares y ayuda en la división celular. El nitrógeno es esencial para formar hojas verdes y sanas, el magnesio forma parte de la clorofila, y el potasio regula la apertura de estomas y fortalece tejidos.



Durante la formación de flores: El boro ayuda a formar flores completas y fértiles, el calcio previene problemas de aborto floral, y el fósforo da energía para la formación de estructuras reproductivas.



Durante el llenado de frutos: El potasio mejora el llenado, color, tamaño y sabor del fruto, el calcio previene problemas como la pudrición apical y les da firmeza a los frutos, y el magnesio mantiene la actividad fotosintética.

III. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA NUTRICIÓN EN LOS CULTIVOS DE HORTALIZAS

3.1. Fuente de fertilizante

La elección del tipo de fertilizante y la correcta aplicación en el suelo son de gran importancia para garantizar que estos sean absorbidos por la planta

Fertilizantes como la urea, el sulfato de amonio o todos los que llevan amonio o azufre pueden acidificar el suelo, mientras que otros como el nitrato de calcio, la cal agrícola, etc., tienden a elevar el pH. Es importante las características del suelo porque según el tipo de fertilizante que se utiliza se puede mejorar o empeorar las propiedades.



3.2. Tapado del fertilizante

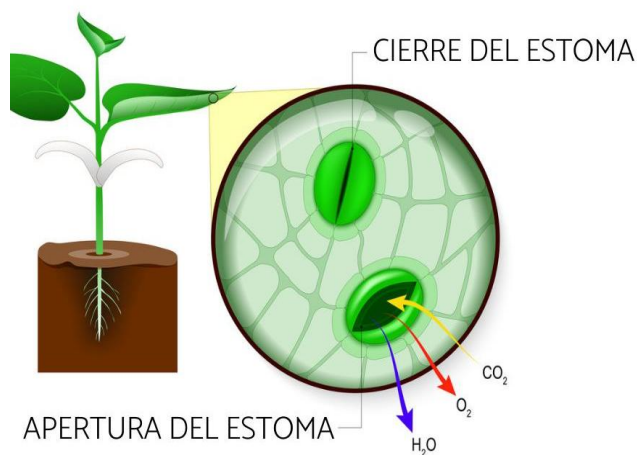
Las plantas pueden aprovechar mejor el fertilizante si se tapa y hay humedad en el suelo. Cuando el fertilizante queda expuesto a la radiación y a elevadas temperaturas se puede perder rápidamente por volatilización, elementos como el nitrógeno se volatilizan fácilmente.



Fertilizante sin tapar

3.3. Fertilización foliar: consideraciones y aplicaciones

La fertilización foliar debe ser considerada herramienta complementaria para corregir deficiencias nutricionales con rapidez, especialmente de micronutrientes. La absorción de nutrientes a través de las hojas ocurre principalmente por difusión a través de la cutícula y pequeños canales ubicados alrededor de los estomas y los tricomas (vellosidades).



Para mejorar la eficiencia de las aplicaciones foliares, es importante considerar dónde están ubicados los estomas en las hojas según el tipo de cultivo. Por ejemplo, la lechuga tiene estomas sólo por el envés de la hoja, en cambio el tomate y la chiltoma presentan estomas en ambas caras de la hoja, aunque con mayor predominancia en el envés.

Es recomendable realizar la aplicación en las primeras horas de la mañana o al atardecer para evitar la evaporación rápida y maximizar la absorción.

También hay que considerar que la hoja tiene una capa cerosa y sumado a la tensión superficial del agua producen que muchas veces se limite la penetración del fertilizante foliar a través de las hojas. Por eso, la aplicación



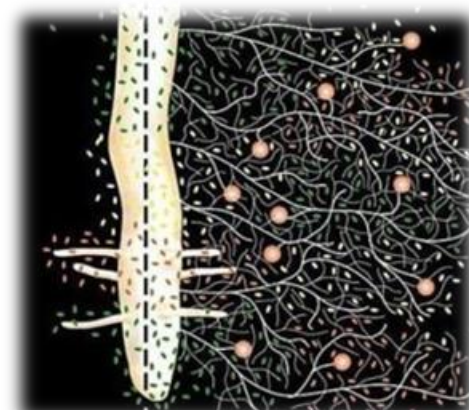
Capa cerosa y tensión superficial del agua



foliar debe de ir acompañada con el uso de reguladores de pH, uso de adherentes, surfactantes, ect. Para que sea más eficiente la aplicación y el aprovechamiento mismo por la planta.

3.4. Uso de bioestimulantes para mejorar la absorción de nutrientes

Los bioestimulantes, como extractos de algas, micorrizas y aminoácidos, pueden mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia de las plantas al estrés. Por ejemplo, las micorrizas aumentan la superficie de absorción de las raíces y facilitan la captación de nutrientes poco móviles como el fósforo. Los extractos de algas pueden estimular el crecimiento radicular y mejorar la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, siendo especialmente útiles en condiciones de estrés hídrico o nutricional.



Raíz en ayuda mutua con micorriza

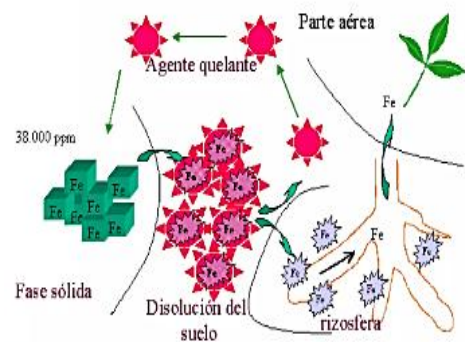
3.5. Fertilización carbónica

La adición de CO₂ en ambientes protegidos puede mejorar la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Es por ello que actualmente se habla de la fertilización carbónica mediante las aplicaciones de CO₂ ya sea usando métodos convencionales con la compra de tanques de CO₂, similar a los que se usan en las cocinas de nuestros hogares o con métodos más artesanales como encendiendo velas, la descomposición de materia orgánica, etc.



Fertilización carbónica con velas encendidas

3.6. Asocio de hortalizas con gramíneas



Efecto de los Fitosideróforos

Algunas plantas, especialmente las gramíneas, liberan compuestos llamados fitosideróforos que ayudan a solubilizar y absorber nutrientes como el hierro y el calcio en suelos con baja disponibilidad (Suelos alcalinos con mucho contenido de cal y sales). Prácticas como el asocio de las hortalizas con especies como el maíz y el sorgo que liberan estos compuestos pueden ayudar al aprovechamiento de los nutrientes que muchas veces están en el suelo, pero de una manera no disponible para la planta.

3.7. Uso de abonos orgánicos

Para lograr un máximo aprovechamiento de los recursos, se sugiere la elaboración de compostaje aprovechando todos los rastrojos y convirtiéndolo en materia orgánica y nutrientes para los cultivos, regresándole al suelo un poco de lo que nos da.



Elaboración de composta

IV. CONSIDERACIONES PARA CORREGIR UNA DEFICIENCIA

1. Conocer las características de mi suelo y del agua (Realizar análisis de suelo y agua).
2. Revisar el manejo de la fertilización (partiendo de los nutrientes que tengo en el suelo y las características de este)
3. Revisar si estoy usando las fuentes adecuadas
4. Revisar si hay humedad en el suelo
5. El desabasto o la falta del nutriente en el suelo debe ser considerada después de ver las opciones anteriores.

V. CONSIDERACIONES FINALES

Para que las plantas respondan bien a los fertilizantes, no basta con elegir el producto correcto; es importante conocer el suelo y manejar bien factores como el pH, la humedad y la temperatura, que influyen en la absorción de nutrientes. Cada suelo es diferente,

por eso hay que elegir la fuente más adecuada de fertilizante según sus características.

Hoy en día existen estrategias que mejoran la eficiencia nutricional, como bioestimulantes (algas, micorrizas, aminoácidos), fertilización con CO₂, uso de abonos orgánicos y asociaciones de cultivos. En el caso de la fertilización foliar, se deben considerar el tipo de nutriente, el momento de aplicación, el uso de adherentes y el estado de crecimiento de la planta.

VI. PREGUNTAS ORIENTADORAS

¿Cuáles son los nutrientes esenciales que necesitan las plantas para poder crecer y producir?

¿Cuáles son los aspectos que determinan la asimilación de los nutrientes por la planta?

¿Considera usted que una planta joven necesita la misma cantidad de nutrientes que una planta que está en producción de frutos?

VII. GLOSARIO

Estoma: Son pequeños poros o aberturas naturales que tienen las hojas (principalmente en el envés) y que permiten el intercambio de gases con el ambiente, como la entrada de dióxido de carbono (CO₂) y la salida de oxígeno y vapor de agua.

Fitosideróforo: Son sustancias naturales que algunas plantas (especialmente gramíneas como el maíz o sorgo) liberan por sus raíces para "capturar" nutrientes difíciles de absorber, como el hierro o el calcio, y así aprovecharlos mejor del suelo.

Cutícula de la hoja: Es la capa más externa de la hoja, como una piel protectora que evita la pérdida de agua y protege de

enfermedades. Los nutrientes aplicados por vía foliar deben atravesar esta capa para entrar a la planta.

Sustancia dispersante: Es un producto que ayuda a que los fertilizantes o plaguicidas se repartan de forma más pareja en la superficie de la hoja o del suelo, evitando que se acumulen en un solo lugar.

Sustancia adherente: Es una sustancia que hace que el fertilizante o plaguicida se “pegue” mejor a la hoja y no se lave fácilmente con el agua o el viento.

Sustancia surfactante: Es un producto que rompe la tensión superficial del agua, permitiendo que las gotas se extiendan mejor sobre la hoja y penetren más fácilmente.

Regulador de pH: Es un producto que ajusta el pH del agua donde se va a mezclar un fertilizante o agroquímico, para que funcione mejor

VIII. LITERATURA CITADA

Diagnóstico de la fertilidad del suelo y estado nutrimental de los cultivos. (2021, noviembre). *El Productor*.
<https://elproductor.com/2021/11/diagnostico-de-la-fertilidad-del-suelo-y-estado-nutrimental-de-los-cultivos/>

Mejía Betancourt, F. A. (2024). *Luz, CO₂ y temperatura en plántula de jitomate modifican el número de flores en las primeras tres inflorescencias* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo.
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/bf556103-3ad5-43b6-aed7-223a0a619b7f/content>

Quiroga, A. R., & Bono, A. A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos* (Edición 2012). Estación Experimental Agropecuaria Anguil, INTA. Disponible en repositorio INTA:
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14650>

Belavi, A. (2014). *Requerimientos de nutrientes en cultivos hortícolas* [Guía técnica]. AER Monte Vera, INTA. Disponible en PDF: <https://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA-requerimientos%20nutritivos%20de%20cultivos%20horticolas.pdf>