



NUTRICIÓN Y LA RESPUESTA DE LA PLANTA ANTE PATOGENOS

ING. MSc. RODOLFO A. RUBIO CHÁVEZ

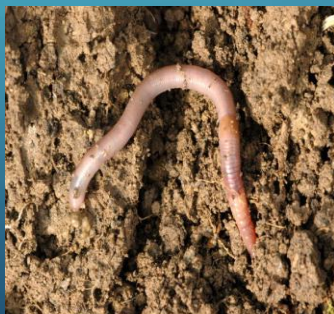
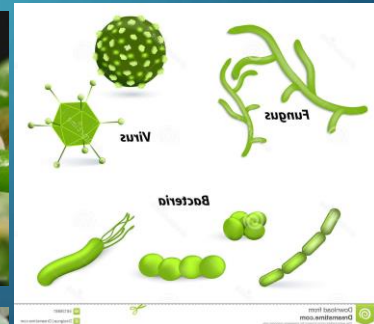
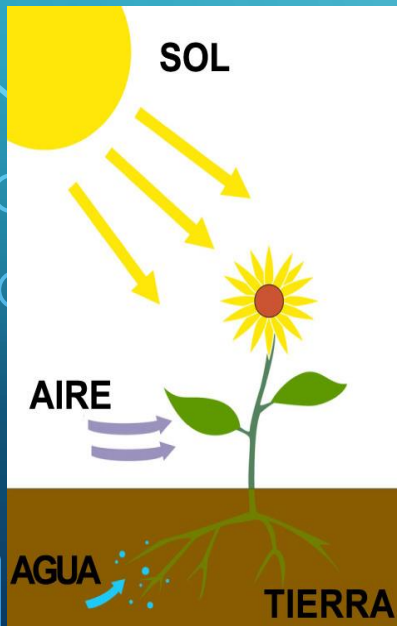
GERENTE DE D.S.T.

GRUPO CADELGA

INTRODUCCIÓN

- Nutrición balanceada y oportuna contribuye a mantener las plantas en una condición de mayor productividad y esto se logra al favorecer los mecanismos de defensa natural como ser, los compuestos Elicitores, los cuales activan el sistema inmunológico natural de las plantas, participando en proteger la planta ante los factores negativos por la interacción que el medio ambiente tanto bióticos (Plagas, Enfermedades, Malezas, etc.) y abióticos (Suelo, Temperatura, Humedad, Luminosidad, etc.)
- Los Cítricos son plantas con altos requerimientos de oligoelementos Fe, Mn, Zn, B, Mo y Co, que son los mas contribuyen en la producción de Elicitores dado a las funciones que tienen Aplicados a los cultivos de frutas.
- Pero los aportes de nuevos estudios revelan la importancia de nuevos elementos en funciones defensivas como ser: Azufre-Calcio-Silicio
- Diferentes trabajos ponen de manifiesto el poder "protector" de la aplicación foliar y suelo de dichos nutrientes en sistemas planta-patógeno. Aunque su mecanismo no es totalmente claro, se ha observado la activación de la síntesis de diferentes PR (principalmente ácidas) como consecuencia de su acción. Igualmente, también se ha observado un incremento de fitoalexinas (FTX1), por lo que podría estar implicada la activación o/y inducción del sistema enzimático PAL-CHS.

- Los cítricos son seres vivos que interaccionan con factores: Bióticos y Abióticos, en equilibrio para poder coexistir y así lograr el interés humano de producción de frutos.



NUTRICIÓN MINERAL

- **Definición:** Es el aporte constante y equilibrado de elementos minerales esenciales para que pueda llevar a cabo las funciones vitales de producción de energía, mediante procesos fisiológicos especializados, en una interacción: Planta-Suelo-Clima.



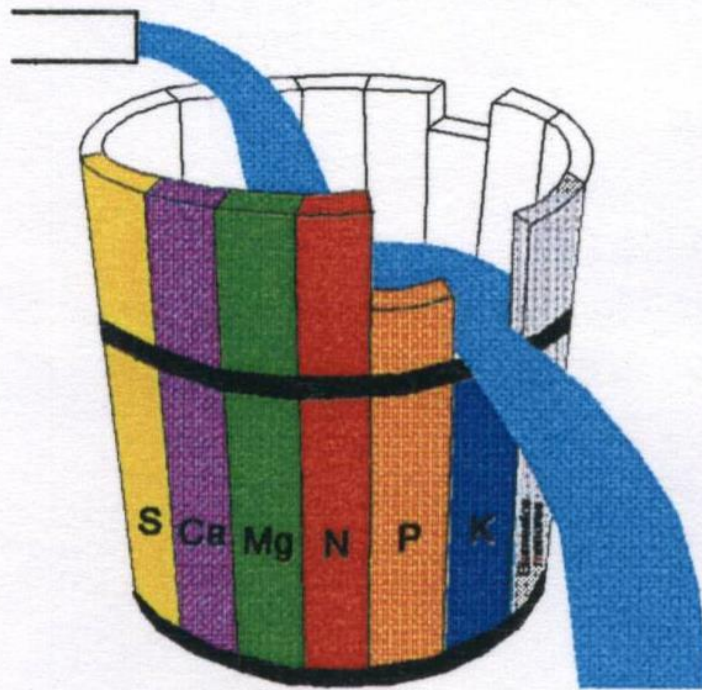
Tabla 1. Elementos esenciales en plantas⁽¹⁾

Elemento	Símbolo Químico	Forma de Absorción	Concentración aprox. en materia seca ⁽¹⁾
Aportados por el aire o el agua			
Carbono	C	CO ₂	45%
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O	45%
Hidrógeno	H	H ₂ O	6%
Aportados por el sustrato			
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1,5%
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻²	0,2%
Potasio	K	K ⁺	1,0%
Calcio	Ca	Ca ²⁺	0,5%
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	0,1%
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	0,2%
Micronutrientes			
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	100 ppm
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	50 ppm
Boro	B	H ₃ BO ₃ , H ₂ BO ₃ ⁻	20 ppm
Zinc	Zn	Zn ²⁺	20 ppm
Cobre	Cu	Cu ²⁺	6 ppm
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻	0,1 ppm
Cloro	Cl	Cl ⁻	100 ppm
Níquel	Ni	Ni ⁺	0,1 ppm

⁽¹⁾ Los elementos esenciales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes dependiendo de su concentración en la planta. Esta concentración se expresa como porcentaje (%) cuando se trata de macronutrientes, y partes por millón (ppm; 10.000 ppm = 1%; 1 ppm = 1 mg por kg), cuando nos referimos a los micronutrientes. Esta es una clasificación arbitraria que normalmente utilizan los Ing. agrónomos, mientras que los fisiólogos de plantas los clasifican de acuerdo a la función que ellos cumplen en los vegetales.

EL EXCESO DE UN ELEMENTO NO COMPENSA CON LA DEFICIENCIA DE OTROS ELEMENTOS

La ley del mínimo (según LIEBIG)

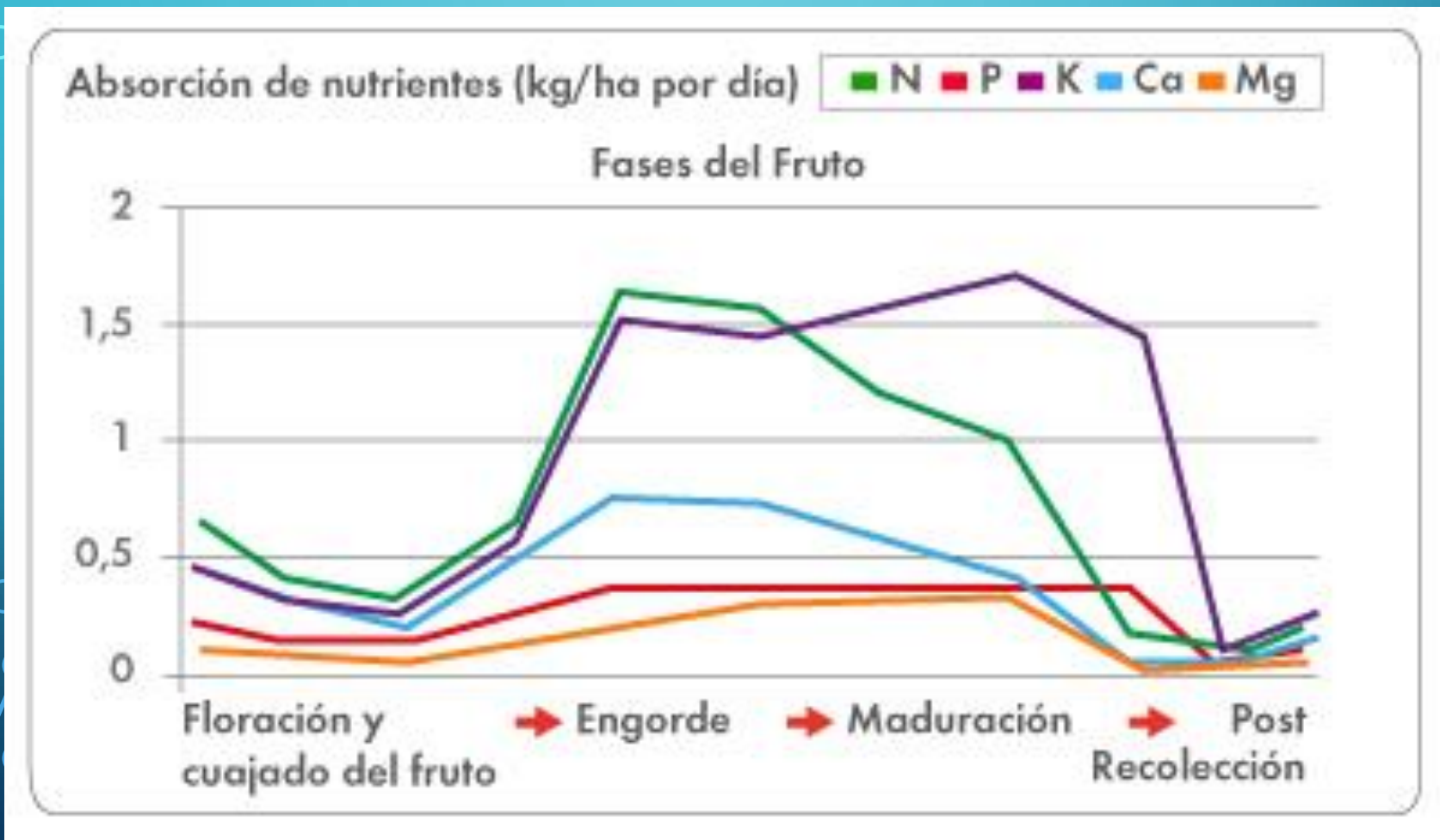


La duela más corta o sea el elemento menos disponible (en este caso K) limita el rendimiento

FUNDAMENTOS DE NUTRICIÓN MINERAL

- 1. Requerimiento del cultivo**
- 2. Aporte del Suelo**
- 3. Balance entre nutrientes**
- 4. Programa de Fertilización**
- 5. Fuente**
- 6. Etapa Fonológica**

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES



Remoción de nutrientes en fruto, Macronutrientes

	N	P ₂ O ₅ (= P)	K ₂ O (= K)	MgO = Mg)	CaO (= Ca)	S
Naranja	1773	506 (223)	3194 (2651)	367 (220)	1009 (726)	142
Mandarina	1532	376 (165)	2465 (2046)	184 (110)	706 (508)	111
Limon y Lima	1638	366 (161)	2086 (1772)	209 (125)	658 (473)	74
Toronja/Pomelo	1058	298 (131)	2422 (2010)	183 (110)	573 (413)	90

REF: IFA (after Koo, 1958; Chapman, 1968; Malavolta, 1989)

Remoción de nutrientes en el fruto, Micronutrientes (g/t)

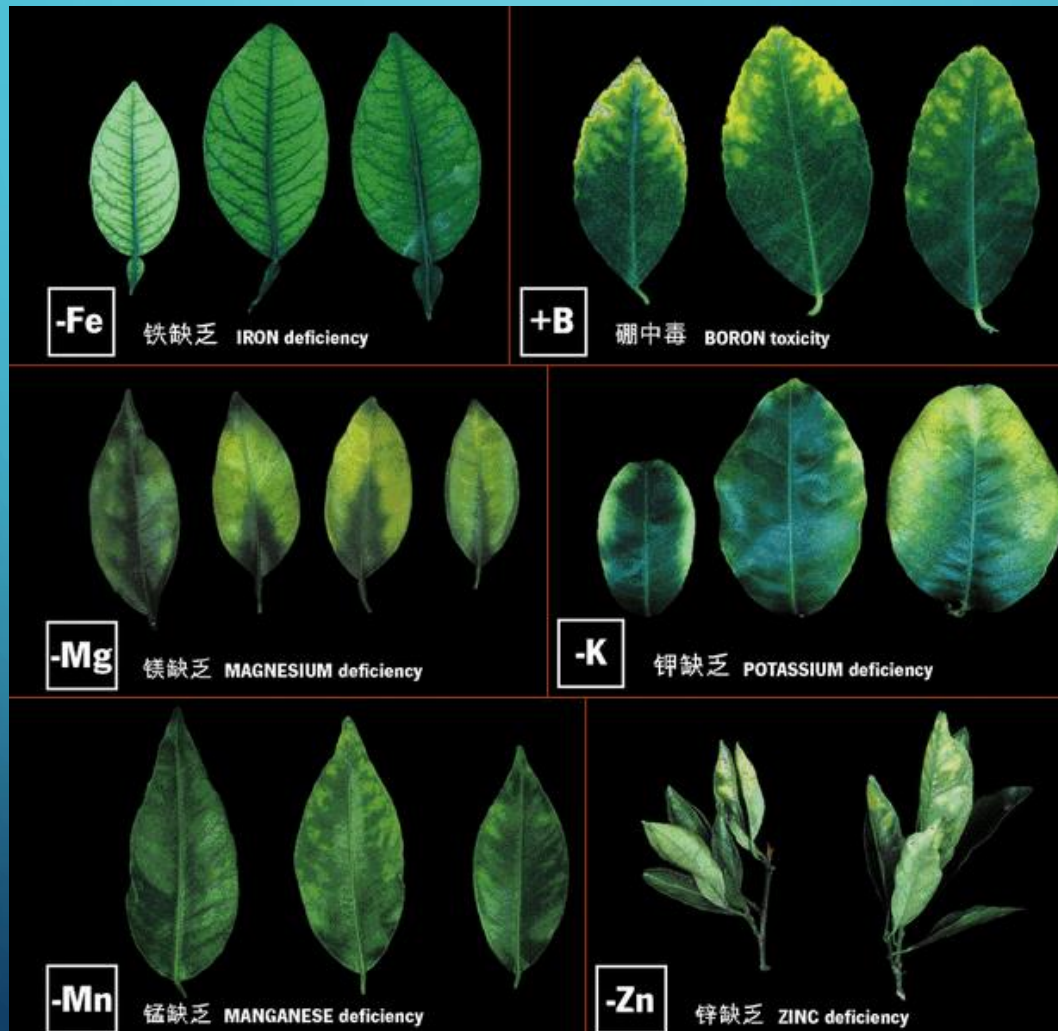
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Naranja	3.0	0.8	1.4	0.6	2.8
Mandarina	2.6	0.4	0.8	0.6	1.3
Limon y lima	2.1	0.4	0.7	0.3	0.5
Toronja/Pomelo	3.0	0.4	0.7	0.5	1.6

REF: IFA (after Koo, 1958; Chapman, 1968; Malavolta, 1989)

RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS DE CÍTRICOS

Nutriente	RANGOS				
	Deficiente	Bajo	Optimo	Alto	Exceso
N %	< 2.2	2.2-2.3	2.4-2.6	2.7-2.8	> 2.8
P %	< 0.09	0.09-0.11	0.12-0.15	0.17-0.29	> 0.3
K %	< 0.4	0.4-0.7	0.7-1.1	1.1-2.0	> 2.4
Ca %	< 1.5	1.5-2.9	3.0-5.5	5.6-5.9	> 7.0
Mg %	< 0.14	0.15-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	> 1.2
Azufre %	< 0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.31-0.5	> 0.5
B mg / kg	< 21	21-31	31-100	101-260	260
Fe mg/kg	< 35	35-59	60-100	130-200	250
Mn mg/kg	< 16	16-24	25-200	300-500	1000
Zn mg/kg	< 16	16-24	25-100	110-220	300
Cu mg/kg	< 3.6	3.9-4.9	5-15	17-22	100

SIGNOS DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN HOJAS DE CÍTRICOS



HLB CON POSIBLES CONFUSIONES DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES

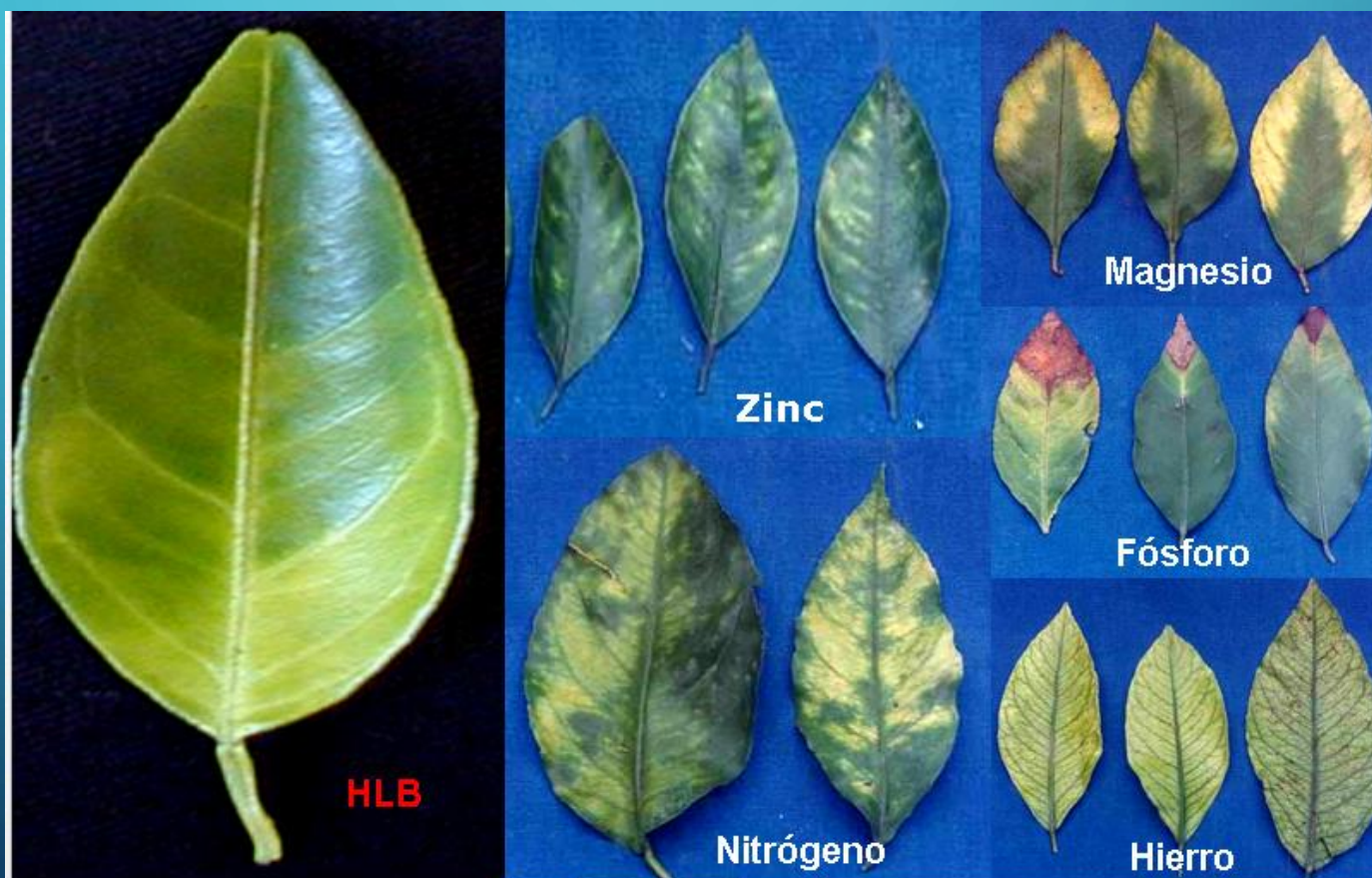
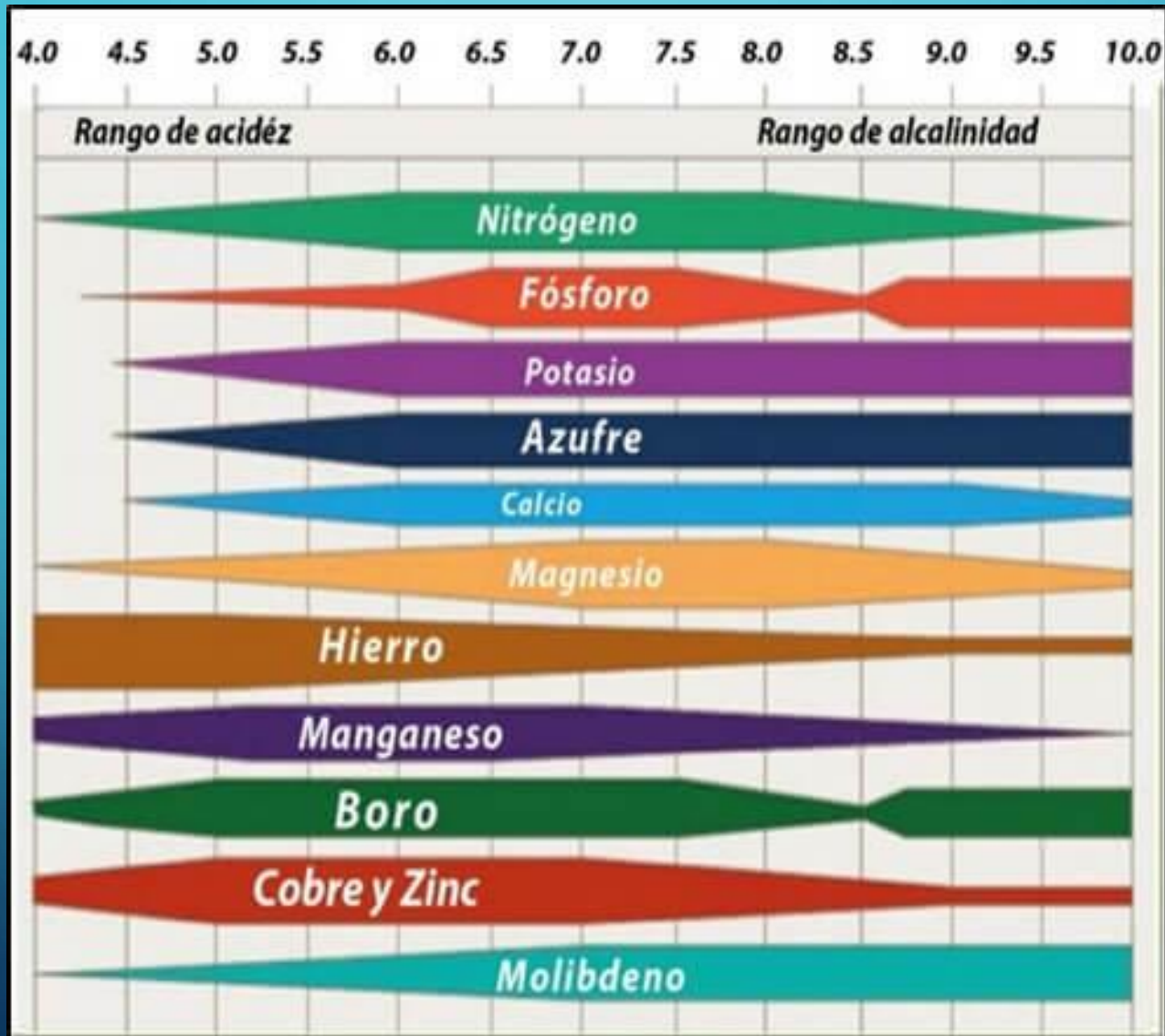
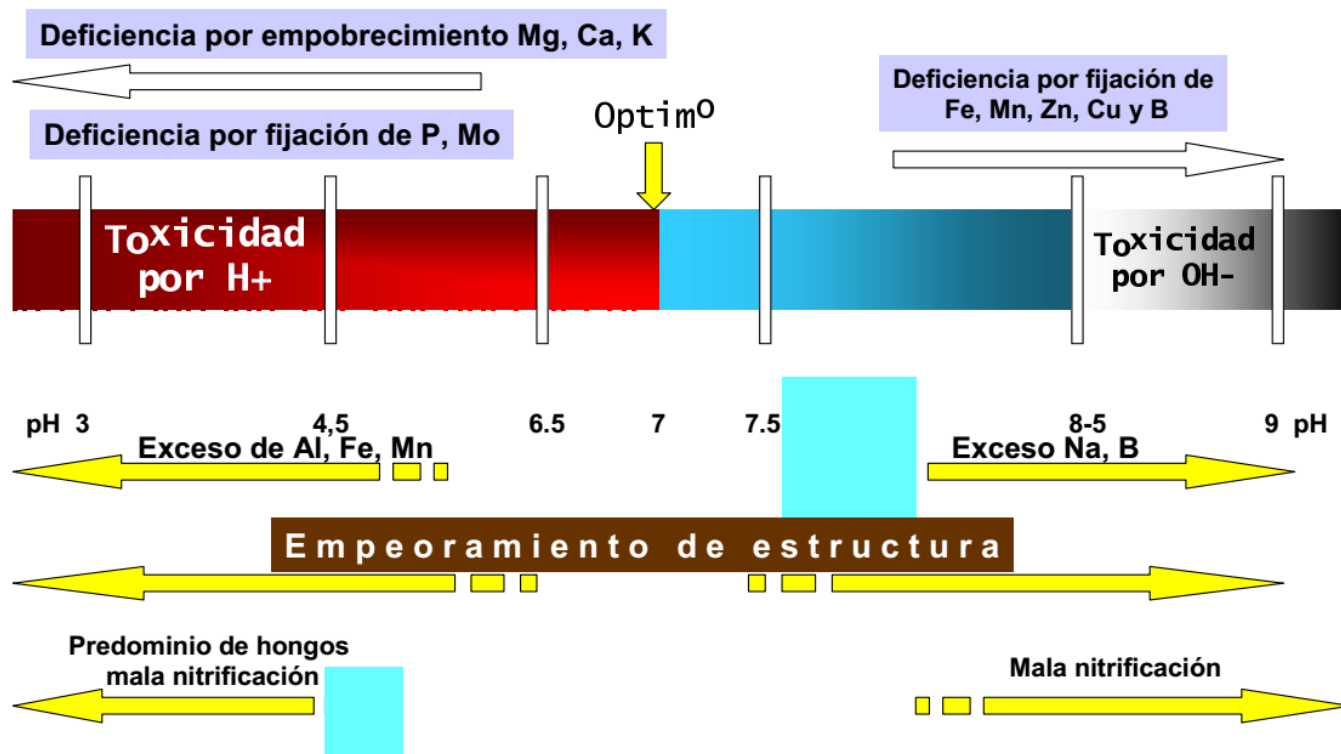


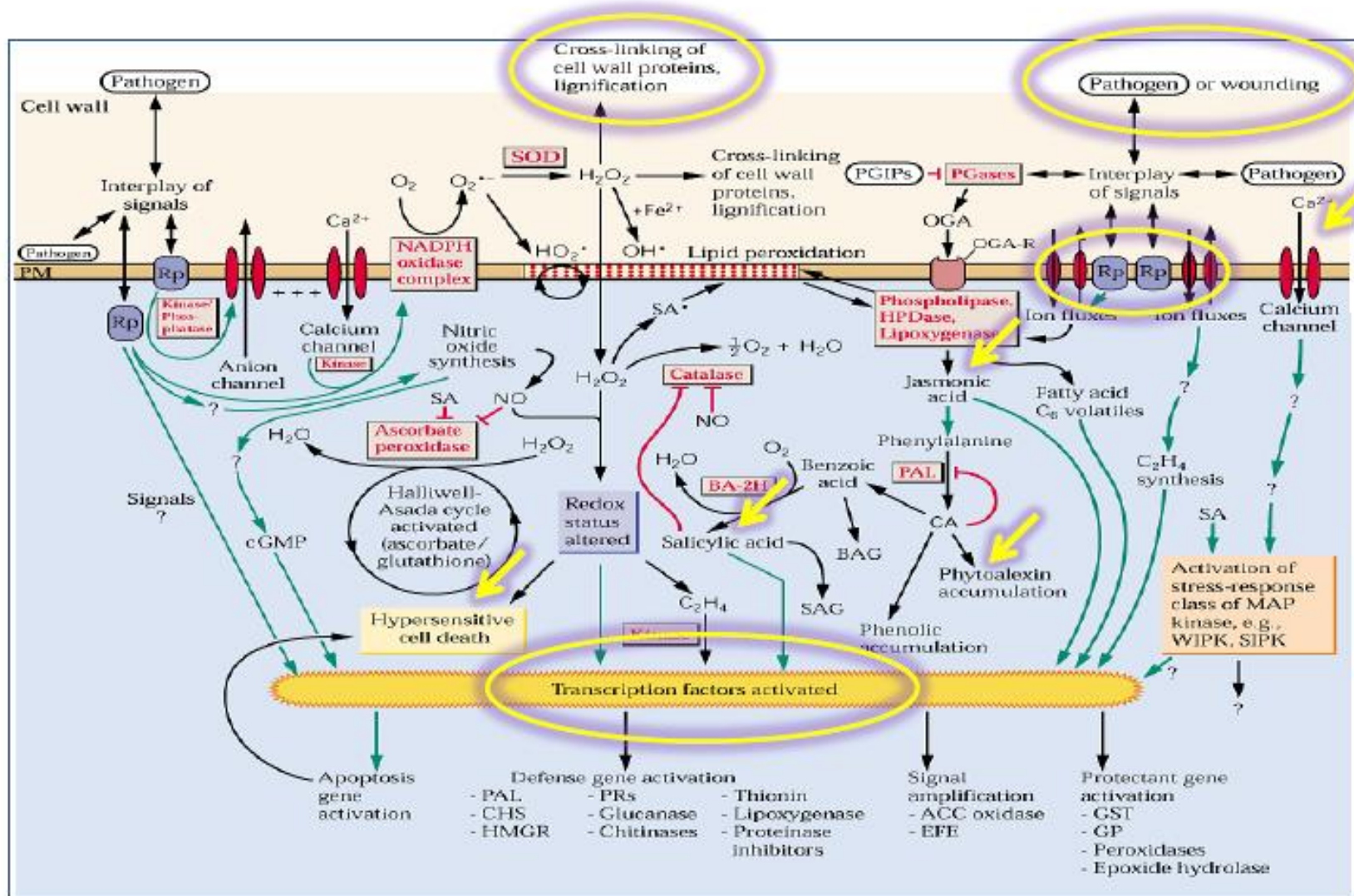
TABLA DE RANGO DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE pH EN EL SUELO



EFFECTOS DE DESBALANCES DE NUTRIENTES POR EFECTO DEL pH EN EL SUELO



Rutas de Transducción de "Señales" en los mecanismos de **Defensa de las Plantas**



AZUFRE (S)

- H_2S (Ácido Sulfhídrico) Fungicida, insecticidas, acaricida.
- La actividad del Azufre como inductor de autodefensas se base en la producción **de Especies Reactivas de Oxígeno** (ERO), también llamada explosión oxidativa. eventos de defensa en las plantas durante el ataque por patógenos.
- Las ERO producidas en respuesta a patógenos y a estimuladores tienen efectos antimicrobianos directos y que también juegan un papel importante en otros mecanismos de defensa los cuales incluyen la lignificación, la **peroxidación** de lípidos, la producción de **fitoalexinas** y la respuesta hipersensible. La respuesta **hipersensitiva**, uno de los mecanismos de defensa de las plantas más importante, es precedido por la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, en inglés). Las células vecinas al punto de infección sintetizan una explosión de compuestos tóxicos formados por la reducción de oxígeno molecular, incluyendo el anión **superóxido** (O_2^-), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo ($\bullet OH$) Simultáneamente aparece catión amonio NH_4^+ .
- **Precursor de L-cisteína** y rápidamente se acelera la biosíntesis de proteínas, con un considerable incremento del espesor del tejido foliar, conformando una barrera química frente a agresiones externas. Contribución del grupo tiol como medio para favorecer rápidamente la biosíntesis de proteínas y por lo tanto acelerar la formación de tejidos más resistentes en la planta, lo que no es posible conseguir con hidrolizados de proteínas (aminoácidos) y azufre en forma de sulfatos.
- La cisteína que desencadena la aplicación de está acompañada también por la de otros componentes celulares como el **glutathión (GSH)** que se ha considerado el determinante principal de la homeostasis redox de la célula. Además de su papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas, está implicado en la detoxificación de xenobióticos, protección frente a metales pesados y tolerancia a factores medioambientales adversos que puede provocar estrés oxidativo, entre los que se incluye el ataque por patógenos. Muchos otros metabolitos secundarios que se generan como respuesta de defensa a diferentes tipos de estrés también contienen azufre como grupo funcional, el cual deriva de la cisteína. Todos estos datos revelan la importancia de dicho aminoácido como metabolito central en el sistema de la planta.

AZUFRE (S)

- Como **elicitador de fitoalexinas**: Cuando se produce la infección aparecen fragmentos de los polisacáridos de las paredes celulares bien del hongo o bien de la planta debido a la acción de enzimas específicas. Ese puede inducir la síntesis de fitoalexina y comportarse como un elicitador.
- Induciendo la síntesis de **inhibidores de proteasas microbianas**: Las células vegetales responden al daño producido por el microorganismo sintetizando grandes cantidades de inhibidores de las proteasas microbianas. De esta manera el microorganismo no puede degradar las proteínas de las paredes celulares de la planta, por lo tanto no podrá degradar la pared o por lo menos le costará más ; no podrá entrar en la célula y por lo tanto no podrá infectar la planta.
- Produciendo la **muerte celular hipersensible**: Otra manera de defenderse la planta de ataque de patógenos consiste en la muerte hipersensible de varias células de la planta en el lugar de infección. De esta manera el microorganismo que ha infectado la célula se queda sin soporte físico y nutricional y se anula su capacidad de propagación retrasándose así el crecimiento del patógeno y la planta tiene por lo tanto un tiempo extra para desarrollar otros mecanismos de defensa que rechacen la infección. En este caso las oligosacarinas suelen ser pépticas y son sumamente tóxicas.

AZUFRE (S)

- Papel de las **oligosacarinas** en la regulación del crecimiento: Las oligosacarinas inhiben el crecimiento inducido por auxinas y por pH ácido. Esta actividad de la oligosacarina depende de su concentración.
- Los ejemplos mejor estudiados son los oligosacáridos elicitors producidos durante la invasión de un patógeno. Por ejemplo, el patógeno *Phytophthora* secreta una endopoligalacturonasa (un tipo de pectinasa) durante su ataque a los tejidos vegetales. A medida que este enzima degrada la pectina componente de la pared celular, produce fragmentos de pectina – oligogalaturonas – que elicitan múltiples respuestas de defensa en la célula de la planta.
- Las paredes celulares contienen también α -D-glucanasa que ataca la β -D-glucano que es específica de la pared celular del hongo. Cuando este enzima ataca la pared celular del hongo, produce oligómeros de glucano con una potente acción elicitora. Los componentes de la pared celular sirven en este caso como parte de un sistema sensitivo para detectar la invasión de un patógeno.

CALCIO (Ca)

- La Asimilación de Calcio en la célula, como elemento importante en la activación de defensas en los cultivos La reacción de defensa implica la entrada de una enorme cantidad de Calcio en el interior de las células, que al unirse a una proteína (Calmodulin), forma la proteína Ca-Calmodulin, que actúa como segundo mensajero y activa la síntesis de proteínas de defensa. Al mismo tiempo, el calcio que penetra en la célula favorece el reforzamiento de las membranas celulares, lo cual permite el mantenimiento de la turgencia y la
- firmeza de frutos en pos-cosecha.
- Tolerancia a factores Abióticos como ser: Salinidad, Frio, Golpe de calor.

CALCIO (Ca)

- La calmodulina (CaM) es una proteína acidia intracelular, de bajo peso molecular y termoestable que se localiza principalmente en citoplasma, siendo uno de los reguladores en la transducción de la señal de calcio en la célula. Actúa como receptor de Ca^{+2} , gracias a que presenta cuatro sitios de unión al ion Ca con una alta afinidad, pero siempre de forma reversible. Ésta se asocia a multitud de proteínas diferentes, y en su estado de unión al ion Ca^{+2} modula sus Actividades; por ejemplo, se encarga de regular una gran variedad de enzimas.
- La calmodulina realiza un papel muy importante en el metabolismo energético, pues -ligada a la fosforilasa quinasa- activa la glucogenólisis.

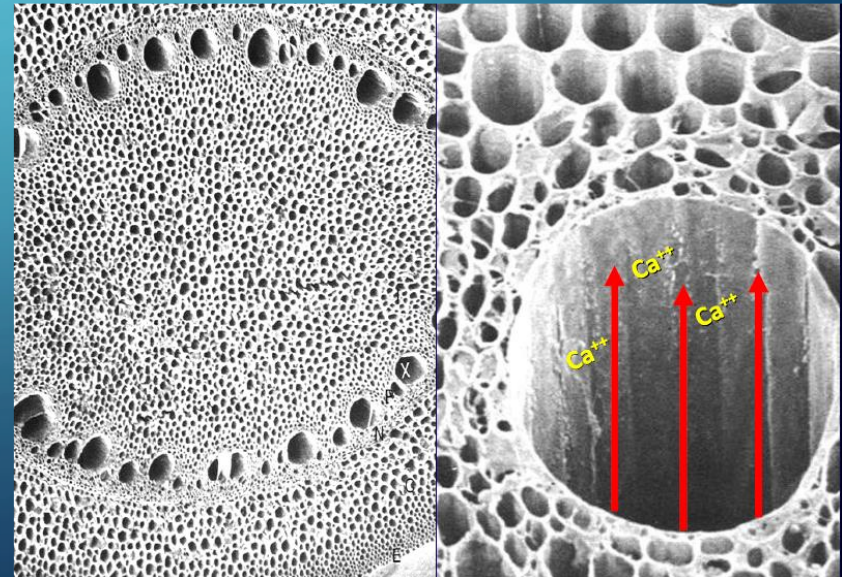
CALCIO (Ca)

- Sequía conllevan a estrés salino. Los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, estrés hídrico: reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia. Una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y del de turgencia. Esta situación genera señales químicas (aumento del Ca^{2+} libre intracelular, síntesis de ABA, etc.) que desencadenan posteriores respuestas adaptativas (Hasegawa et al., 2000). Durante el proceso de ajuste se produce la acumulación de solutos orgánicos e inorgánicos que reducen el potencial osmótico celular (Wyn Jones y Gorham, 1983b), y la reducción en la conductividad hidráulica de las membranas, posiblemente por disminución del número o apertura de los canales de agua (acuaporinas) (Carvajal et al., 1999). Una vez recuperada la turgencia, se puede restablecer el crecimiento (Jacoby, 1994). Los cambios macroscópicos que se observan bajo condiciones de salinidad, como reducción del área foliar y de la relación parte aérea/raíz, entre otros cambios, también reflejan el ajuste necesario para recuperar el balance hídrico.
- La raíz, como principal órgano de absorción de agua y iones, tiene gran importancia en la respuesta a corto y largo plazo al estrés salino. En este órgano se sintetiza ácido abscísico (ABA), una de las señales tempranas de estrés capaz de producir cambios fisiológicos locales (conductividad hidráulica) y a distancia (cierre estomático) (Hartung et al., 2002). Las características anatómicas y morfológicas de la raíz pueden tener gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad (Reinhardt y Rost, 1995; Maggio et al., 2001).

Sociedad Calcio-Silicio

- El Silicio desempeña un rol importante en la regulación de la captación y balance de minerales en las plantas.
- Ambos elementos parecen inseparables presentes en el mantenimiento de la integridad y fortaleza de la pared celular y en varias funciones metabólicas involucradas en el crecimiento y desarrollo.
- Se necesita cierta concentración de HSiO en el agua-suelo para que el calcio presente inmóvil se torne asimilable a las plantas.
- El Silicio refuerza el sistema vascular, como resultado las plantas pueden transportar más agua en el corriente de transpiración y por ende hidrata las partes de la planta que están perdiendo agua.

Capa protectora sintetizada por la planta como "Barrera Física"

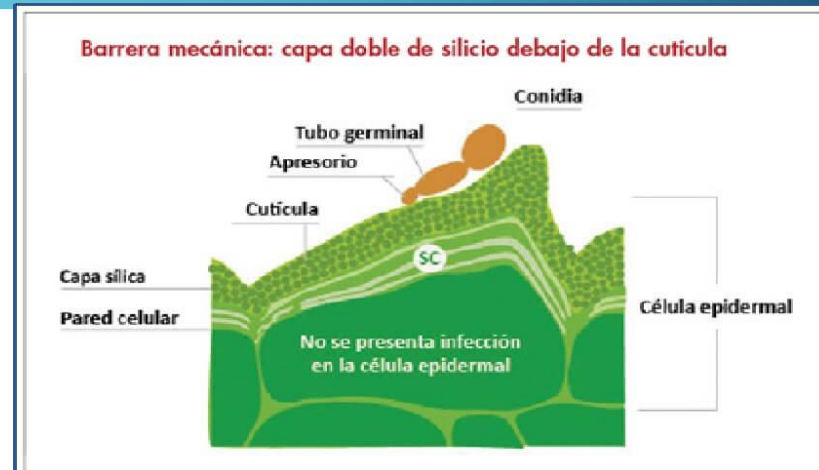
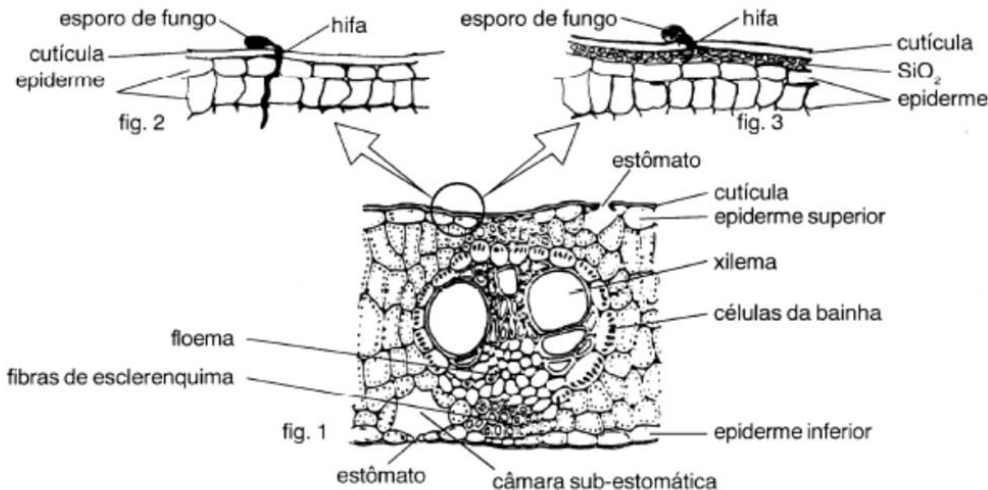


SILICIO(Si)

- Aunque el silicio no se considera un elemento esencial; el desarrollo de las plantas, su crecimiento y la producción se ha aumentado en las cosechas cuando es usado en muchas especies gramíneas y algunas especies no gramíneas. También se sabe que el silicio reduce algunas enfermedades de las plantas, especialmente en el arroz. En el banano se conoce que aumenta la resistencia al ataque de la Sigatoka.
- Existe una amplia evidencia de que cuando el silicio se encuentra fácilmente disponible a las plantas, juega un papel importante en su crecimiento, en la nutrición mineral, la resistencia mecánica y en la resistencia a las enfermedades producidas por hongos y a las condiciones químicas adversas del medio. (The anomaly of silicon in plant biology. E Epstein. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA).
- Algunas investigaciones también señalan que el papel del silicio en las planta es activo y sugieren que el elemento puede amplificar la respuesta para inducir reacciones de defensa a las enfermedades en las plantas. Se ha demostrado que el silicio estimula la activación rápida de peroxidasas y de polifenoxidasas después de una infección fungicida (Bélanger, R. R., Bowen, P. A., Ehret, D. L., y Menzies, J. G. 1995. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Planta Dis.* 79: 329 - 336.). Compuestos antihongos (phenolics, flavonoids and momilactone phytoalexins).

SILICIO(Si)

- Cuando el Silicio se acumula en las paredes de las células epidérmicas, parece que hace disminuir la transpiración, así como las infecciones causadas por hongos. En las hojas de las plantas el Silicio se deposita debajo de la cutícula y sobre las células epidérmicas, esta capa limita la pérdida de agua por las hojas y dificulta la penetración y desarrollo de hifas de hongos (ver figuras 1,2 y 3)



SILICIO (Si)

- Mecanismos de resistencia a las enfermedades se considera que el efecto del silicio en el aumento de la resistencia de las plantas a las enfermedades es debido a una acumulación del silicio absorbido en el tejido epidérmico y al incremento de las respuestas de defensa del huésped a las patógenesis inducidas. El ácido monosilícico acumulado se polimeriza en el ácido polisilícico y después se transforma en sílice amorfa, que forma una membrana más gruesa y resistente de Silicio Celulosa (Hodson, M.J., and Sangster, A. G. 1988. Silica deposition in the influence bracts of wheat (*Triticum aestivum*). 1 Scanning electron microscopy and light microscopy. *Can. J. Botany* 66:829-837).
- Por este medio, una capa cuticular doble protege y consolida mecánicamente las plantas. El silicio también puede formar complejos con los compuestos orgánicos en las membranas celulares de células epidérmicas, aumentando así su resistencia a la degradación producida por las enzimas liberadas por los hongos (Datnoff, L. E., and Rodrigues, F. A. 2005. The role of silicon in suppressing rice diseases. Online. February APSnet Feature. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

SILICIO (Si)

- compuestos orgánicos en las paredes de las células epidérmicas que aumentan la resistencia a la degradación de las enzimas liberadas por hongos.
- En gramíneas y dicotiledóneas, la mayor parte del Silicio permanece en el apoplasto de las hojas y es depositado tras la evaporación del agua principalmente en las paredes externas de las células epidérmicas de ambas caras de las hojas. Este proceso (que se denomina silicificación), produce un efecto repelente, pues cristalizando sobre la superficie de las hojas hace que se vuelvan urticantes para las partes bucales de los insectos y nemátodos. En las tablas siguientes aparecen las plagas y enfermedades de diferentes cultivos, que según las investigaciones realizadas son controladas por el Silicio.

MICRONUTRIENTES

- **Manganeso:** Interviene en el sistema coenzimático de la PAL. Su acción potencia la actividad PAL, estimulando significativamente la protección de la planta (Reuveni y Reuveni, 1998).
- **Fierro:** Interviene directamente en la expresión de la vía de estimulación AS/EOR al intervenir directamente en la producción del radical $\cdot\text{OH}$, cuya presencia es condición necesaria para la activación de las PR ácidas por parte del sistema AS/H₂O₂. La Respuesta Hipersensitiva utiliza la generación de especies oxígeno reactivas (EOR) para matar las células infectadas por un patógeno.
- El hierro puede actuar también como señal en la expresión de algunos genes.
- **Zinc:** Interviene en los procesos bioquímicos asociados a la integridad de la membrana celular, y en consecuencia, en la resistencia física frente a la invasión del patógeno.
- **Boro:** Al igual que el calcio, el boro se vincula a los polisacáridos pécticos de la pared celular y contribuye a su estabilidad.
- **Molibdeno:** Es un constituyente de la nitrogenasa y nitrato reductasa. Es un elemento crucial en la adquisición y utilización del nitrógeno.



Deficiencia de Calcio



Deficiencia de Magnesio

Aplicación de **RedOx**



Grupo
Cadelga
www.grupocadelga.com



Enmienda Agrícola

ReDox

4x4

3.4% (CaO3)
5% (MgO)
1.4% (S)
5% (SiO2)



REDOX 4X4

CARACTERISTICAS

- Contiene 4 elementos nutrimentales:
 - Calcio
 - Magnesio
 - Azufre
 - Silicio

BENEFICIOS

- Aporte de nutrientes para apoyar la nutrición de los cultivos donde se aporte al suelo.
- Suelos tropicales requieren aporte de estos nutrientes dado a que se encuentran en niveles bajos o pobres.

REDOX 4X4

CARACTERISTICAS

- **Formulación:**
 - Polvo con partículas de diámetros menores a 100 micras

BENEFICIOS

- **Diferentes tiempos de:**
 - Mejor distribución al momento de ser aplicados sobre la superficie del suelo en las áreas tratadas.
 - Mayor superficie de reacción lo que permite mayor rapidez de reacción para corregir el pH del suelo.
 - Se incorpora en el perfil del suelo a mayores profundidades, lo que permite desplazar elementos tóxicos como ser Aluminio fuera del área radicular.

The background is a solid teal color with a gradient. In the corners, there are decorative white lines that resemble a circuit board or a network diagram, with small circles at the end of the lines.

¡¡ MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN !!