

Fertilización Foliar : *Principios y Practica.*

Patrick Brown
University of California, Davis

Outline

- Porque hacerlo?
 - Hay alguna justificación Biológica y Económica para la Fertilización Foliar?
- Principios Científicos de la Fertilización Foliar
 - Pasos y Procesos
 - Fisiología
- Resumen y Conclusiones

El Rol de los Fertilizantes Foliares

Los fertilizantes foliares son ampliamente usados para mejorar tanto la productividad como la calidad. En muchos cultivos de alto valor un porcentaje significativo del \$\$ de los fertilizantes totales se gastan en fertilizantes foliares.

JUSTIFICACION :

1) Para superar limitantes de suelo que restringen la solubilidad o movilidad de los elementos *(pH, carbonatos, iones tóxicos, problemas estructurales etc.)*

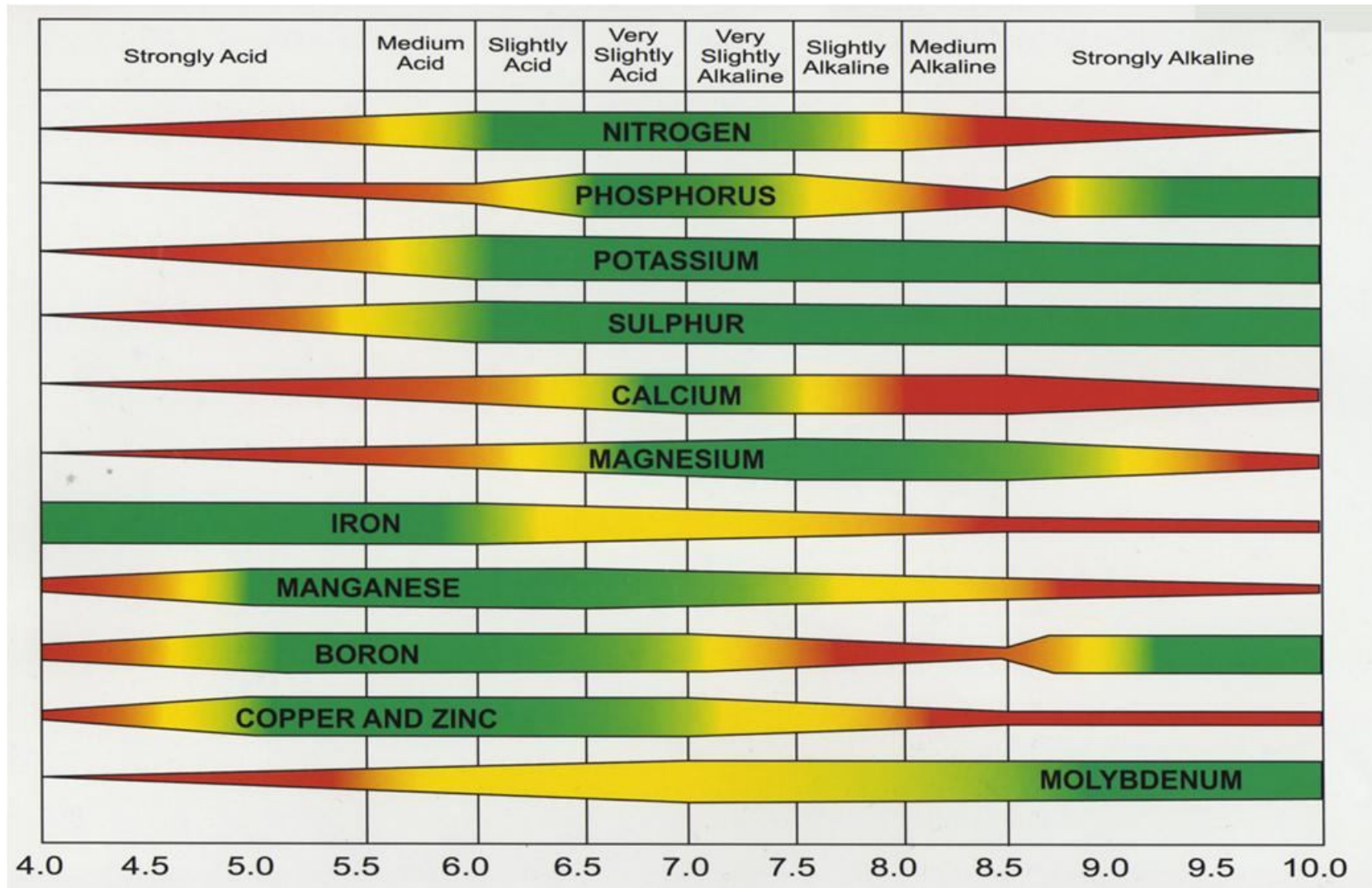
- Deficiencias de Fe en frutales y viñedos en suelos calcáreos

2) Para corregir *Deficiencias de Nutrientes de Corto Plazo o ‘Transitorias’*

- *Durante momentos de alta demanda de nutrientes, actividad radicular o transporte comprometido*
 - Alta demanda de nutrientes específicos durante periodos de mucho crecimiento
 - Durante periodos de demanda con crecimiento radicular restringido
 - Transportes restringido para frutos u órganos de almacenamiento (Deficiencias de Ca y B en manzanos)
- *Para corregir demandas de nutrientes durante estadios críticos de desarrollo*
 - Demanda de Zn, B, Cu, Mo en la floración etc.

El pH del Suelo y la Mineralogía determina la Solubilidad de los Nutrientes

(conocer las características de solubilidad de su suelo es importante.)









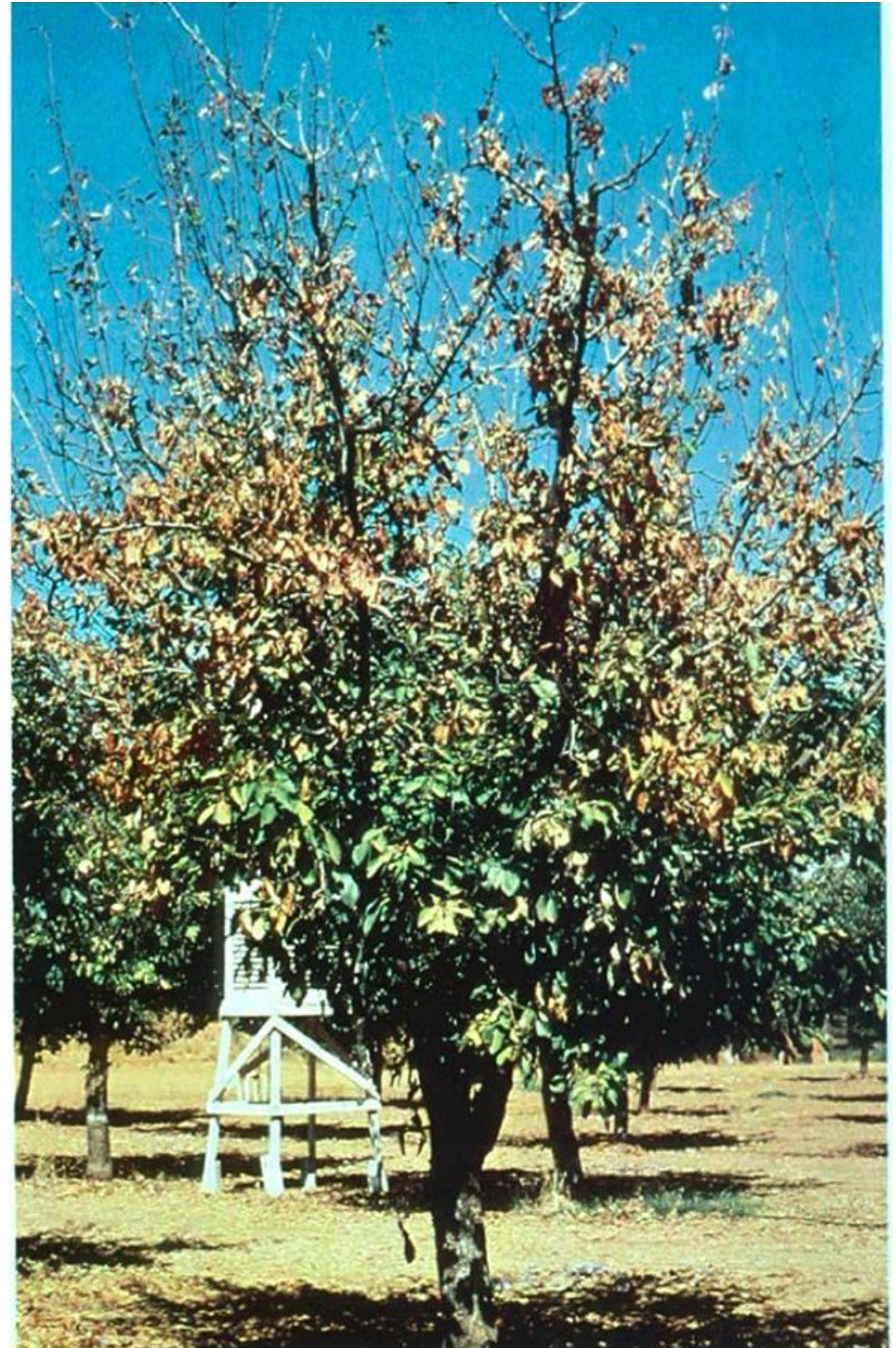
pH 8.4, 70% Carbonatos libres

Deficiencias Transitorias de Nutrientes

*La Demanda excede el
Suministro*

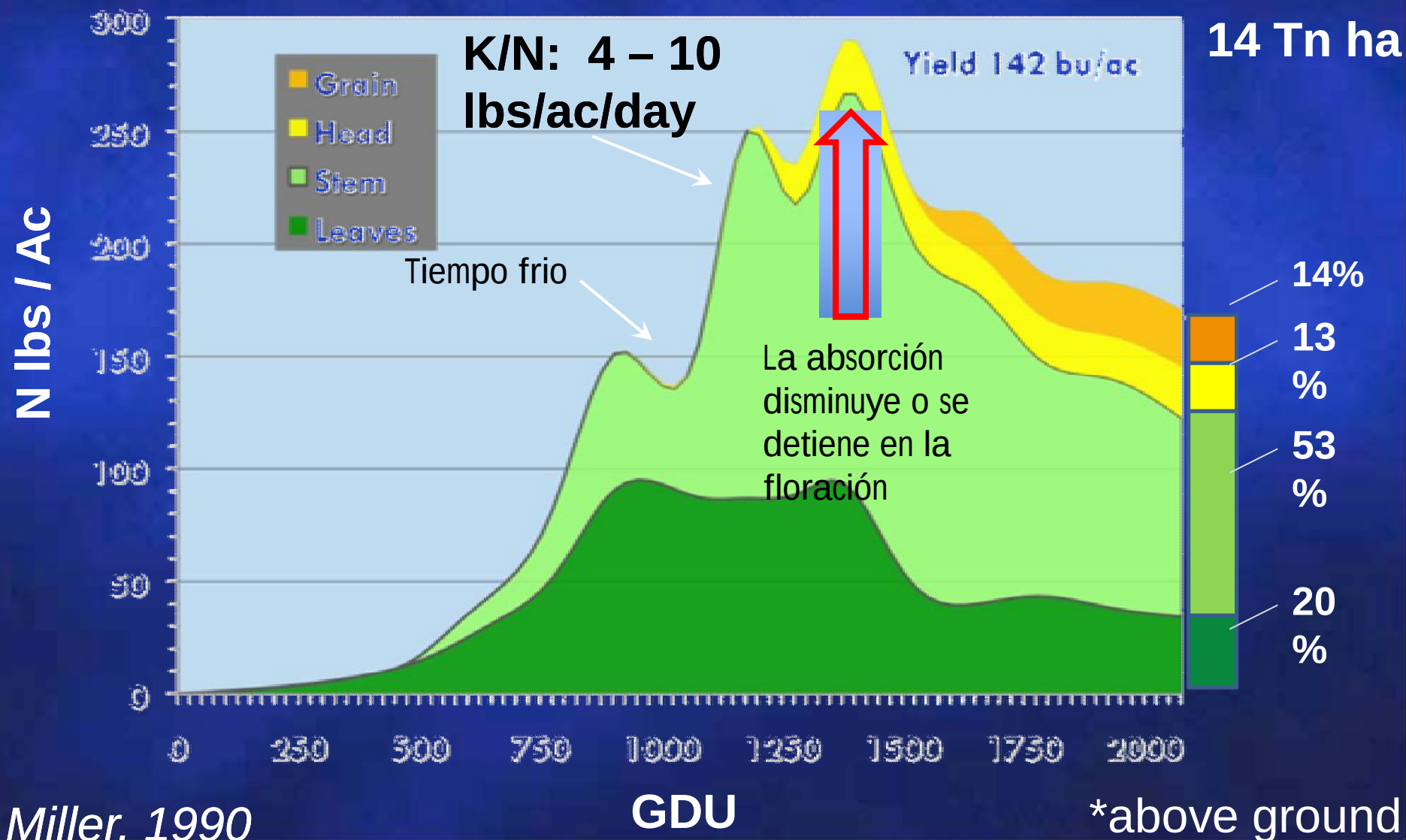
Ciruelo azul (Prunus domestica L.) .

- Altos rindes pueden remover >300 kg K/ha/año
- Mayor parte de la demanda de K ocurre por 50 días (4-8 kg K/ha/día)
- Muy alta demanda de azúcares para llenar el fruto resulta en una severa restricción a las raíces.
- Uso beneficioso del nitrato de K foliar.

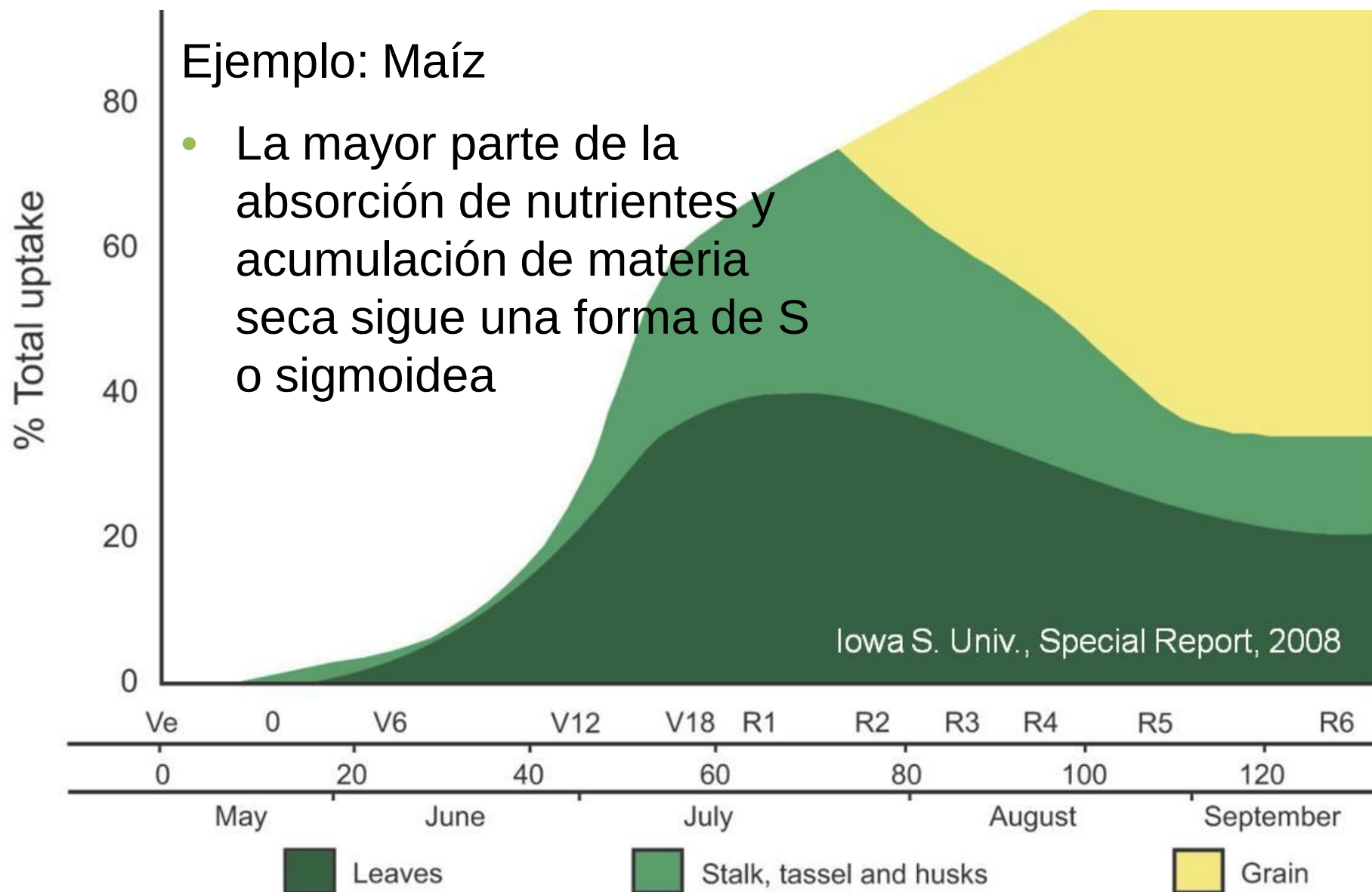


Momento y dosis correcta : Demanda de Nutrientes por la Planta

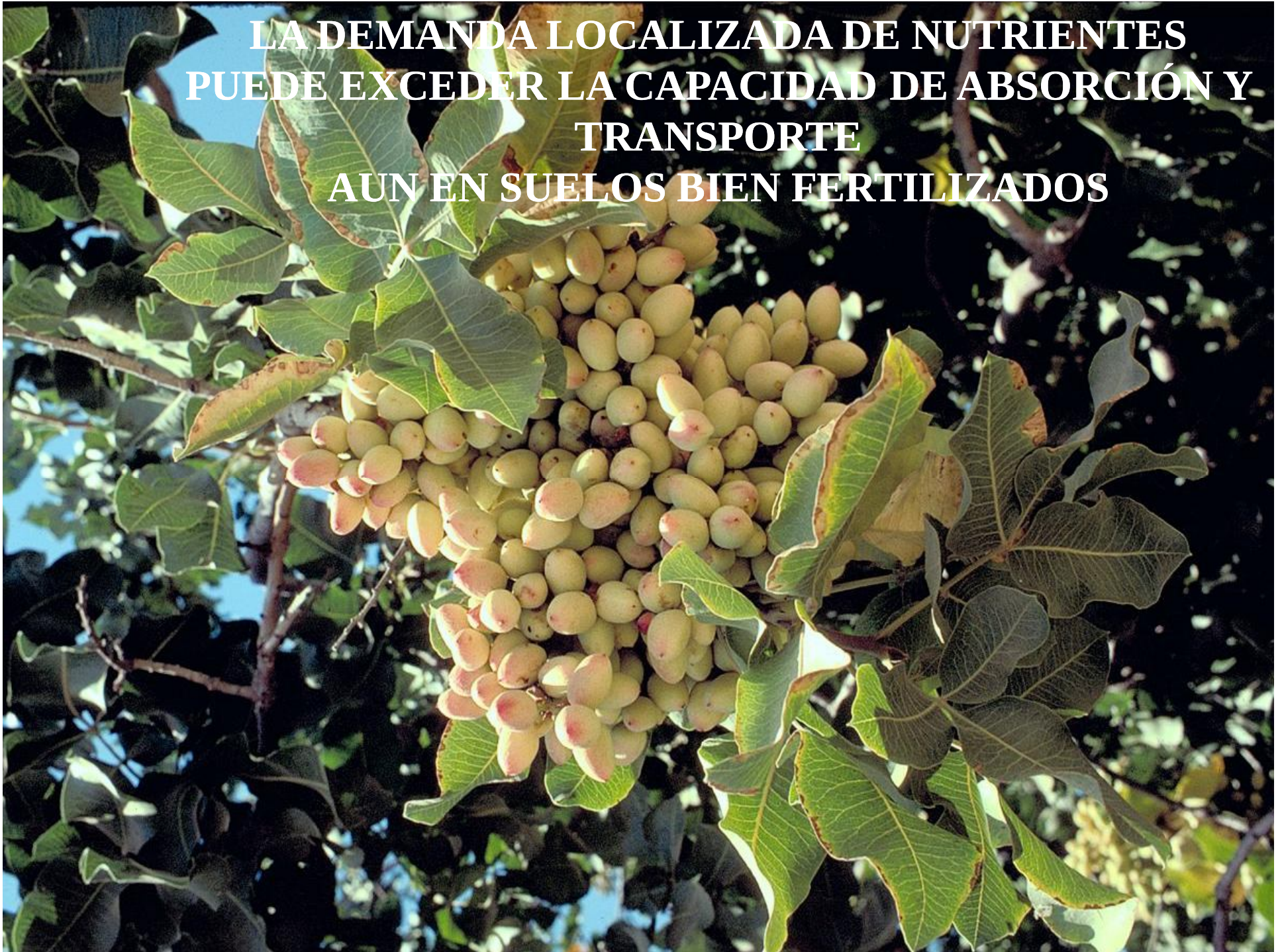
Acumulación de N por partes Aéreas de Trigo - California



La dinámica de la absorción de nutrientes y el momento de la fertilización del cultivo



**LA DEMANDA LOCALIZADA DE NUTRIENTES
PUEDE EXCEDER LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y
TRANSPORTE
AUN EN SUELOS BIEN FERTILIZADOS**

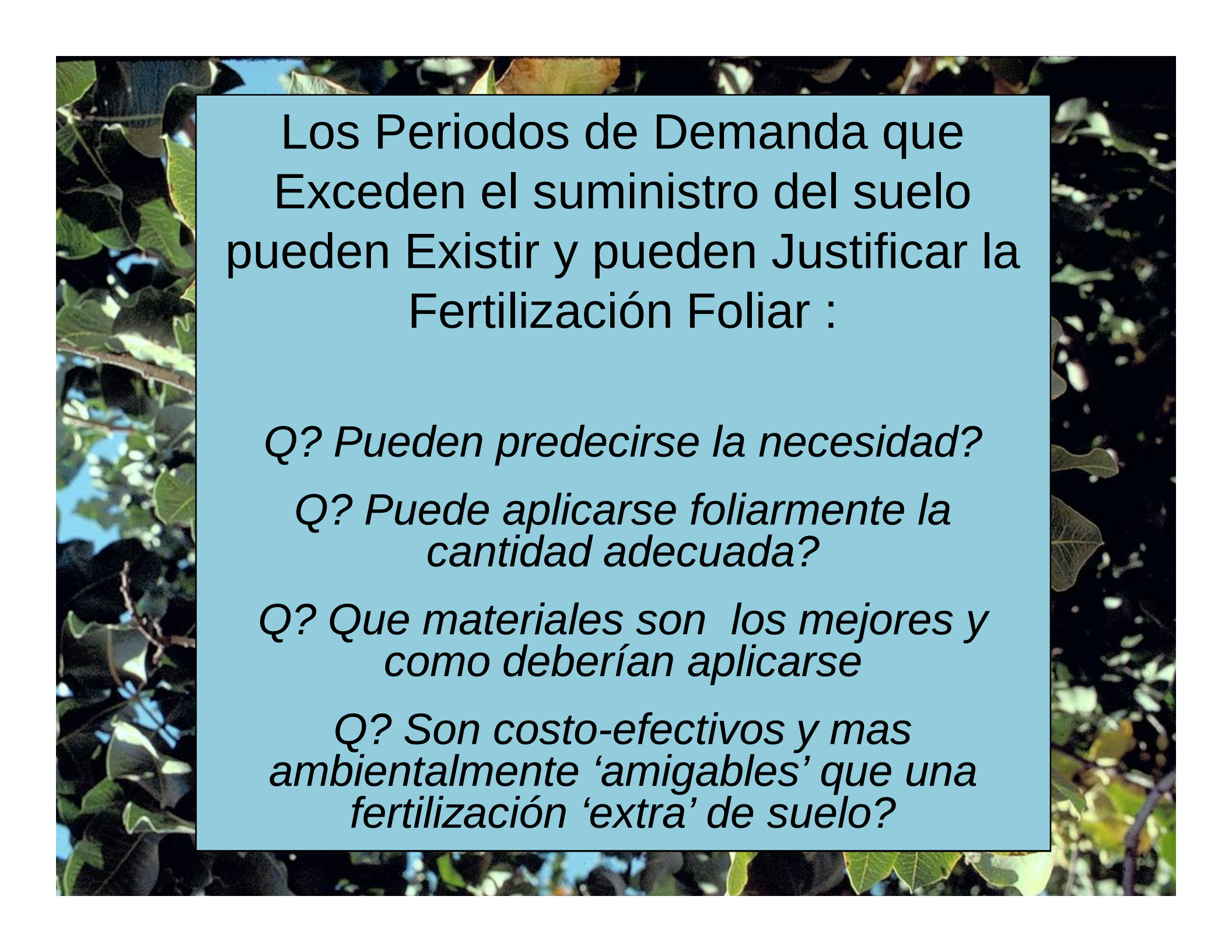


Los Beneficios de una Pulverización Foliar Dependen del numero de capsulas en Algodón

Table 5.4. Influence of foliar-applied K at boll filling stage on boll load, leaf N and yield of cotton (Oosterhuis and Bondada, 2001).

Fertilizer (kg N ha ⁻¹)	Boll load	Foliar nitrogen (kg N ha ⁻¹)	Yield (kg seed cotton ha ⁻¹)
50	Low boll load	0	783 cd ^a
50	Low boll load	50	970 bc
50	High boll load	0	1035 b
50	High boll load	50	1258 a
100	Low boll load	0	776 d
100	Low boll load	10	782 bcd
100	High boll load	0	884 b
100	High boll load	20	1170 a

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.



Los Periodos de Demanda que Exceden el suministro del suelo pueden Existir y pueden Justificar la Fertilización Foliar :

Q? Pueden predecirse la necesidad?

Q? Puede aplicarse foliarmente la cantidad adecuada?

Q? Que materiales son los mejores y como deberían aplicarse

Q? Son costo-efectivos y mas ambientalmente 'amigables' que una fertilización 'extra' de suelo?

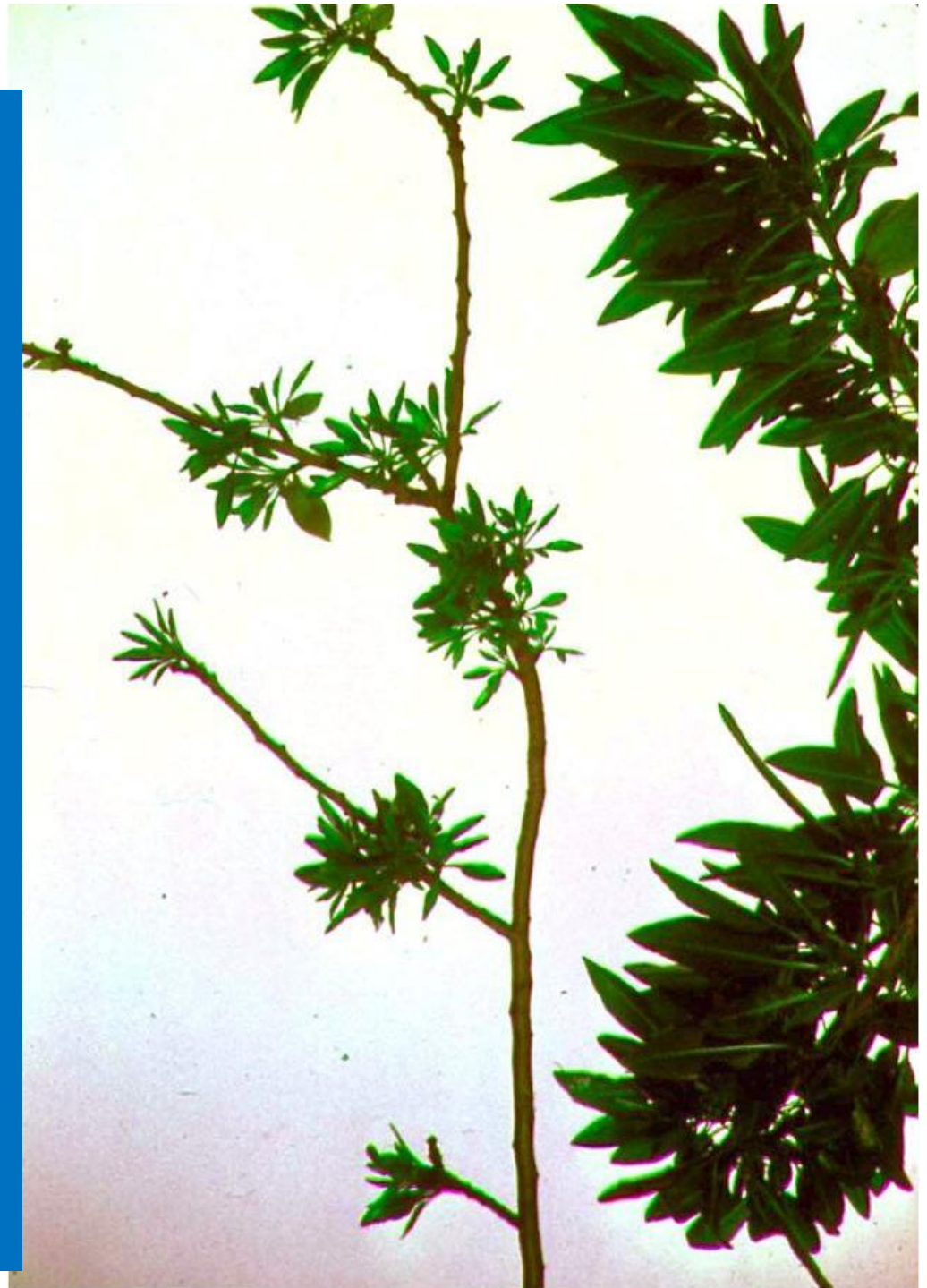
Deficiencias Transitorias de Nutrientes

Aumento de la demanda de corto plazo para procesos fenológicos críticos.

Zinc

(Fe, B, Mo, Ni, Cu, Mn)

- Fiebre de primavera—
Caracterizada por una emergencia tardía de brotes, floración errática, hojas pequeñas con internudos reducidos en tamaño (hojas pequeñas y en roseta)
- Mas prevalentes en primaveras frías y húmedas como consecuencia de una reducida absorción de Zn del suelo.

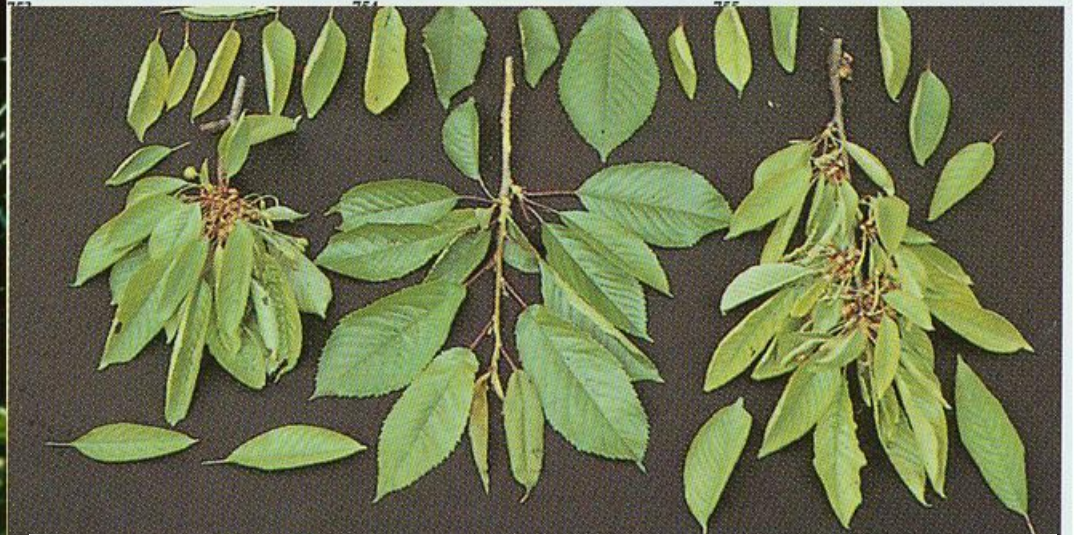


Deficiencia de Zinc

El arroz es sensible a la deficiencia de Zn que ocurre en suelos reducidos, y orgánicos como consecuencia de la coprecipitación del Fe.



Algodon



Las hojas pequeñas son un síntoma clásico de la deficiencia de Zn que se ve en plantas creciendo activamente. La Clorosis es mas típica en tejidos que no crecen.

Impacto de la Deficiencia de Zn en Durazno.

Courtesy of Scott Johnson



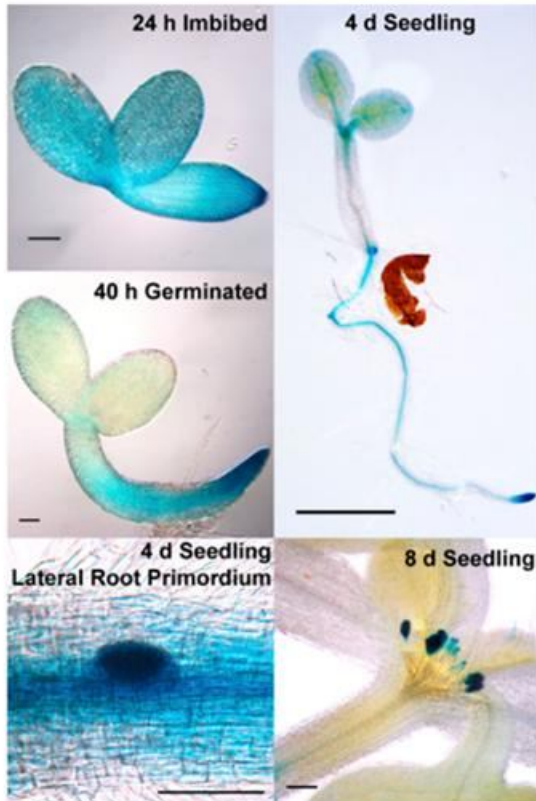
Aplicación de Zn por suelo:
Deficiente en Zn



Aplicación Foliar de Zn :
Suficiente en Zn

Mecanismos moleculares Zinc- dependientes están implicados en la dormancia, floración y procesos de ciclos celulares.

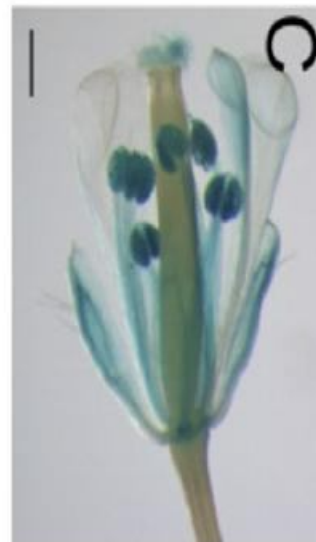
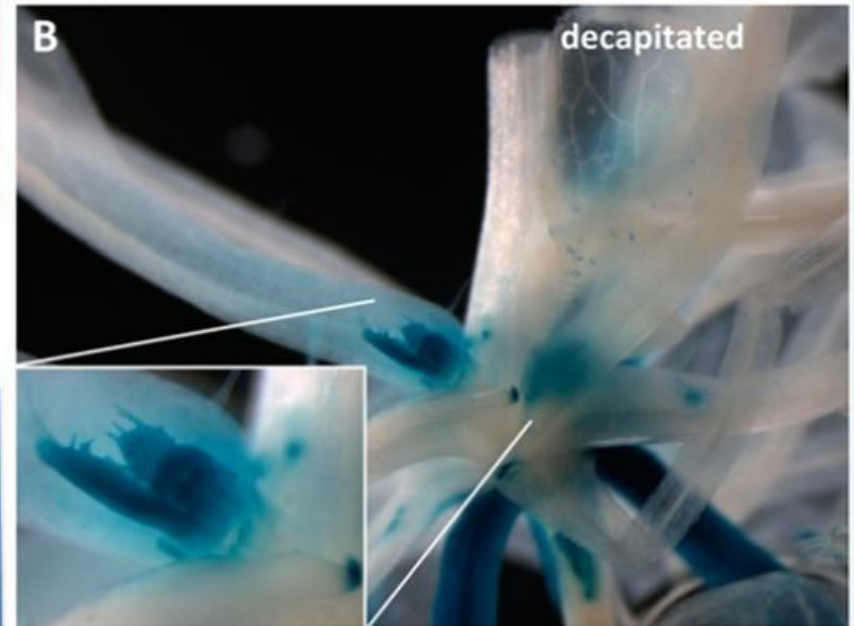
Expression of ENY a C2H2 zinc finger increases during flowering, and seedling development.



Feurtado J et al.
Plantcell
2011;23:1772-1794

Mehrnia M et al.
Plant Physiol.
2013;162:842-857

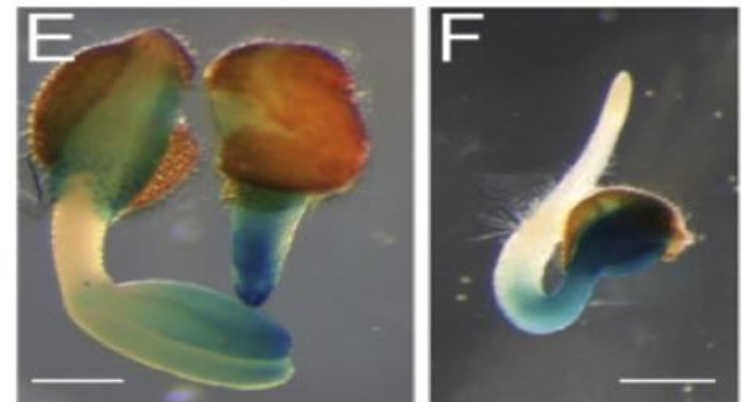
APETALA2/ETHYLENE RESPONSE FACTOR (AP2/ERF) transcription factor superfamily.



Arabidopsis zinc-finger protein 2 is a negative regulator of ABA signaling during seed germination

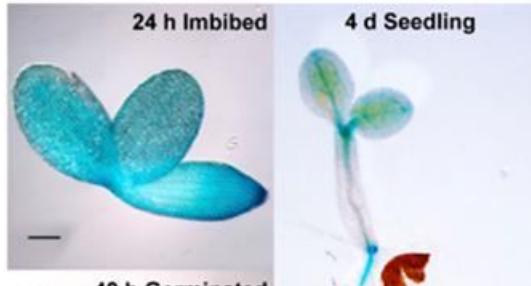
Gabriele Drechsel, Sabine Raab, Stefan Hoth

Journal of Plant Physiology Volume 167, Issue 16 2010
1418 - 1421



Mecanismos moleculares Zinc- dependientes están implicados en la dormancia, floración y procesos de ciclos celulares.

Expression of ENY a C2H2 zinc finger increases during flowering, and seedling development.



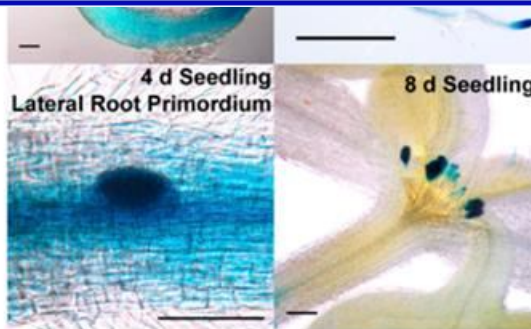
Feurtado J et al.
Plantcell
2011;23:1772-1794

Mehrnia M et al.

APETALA2/ETHYLENE RESPONSE FACTOR (AP2/ERF) transcription factor superfamily.



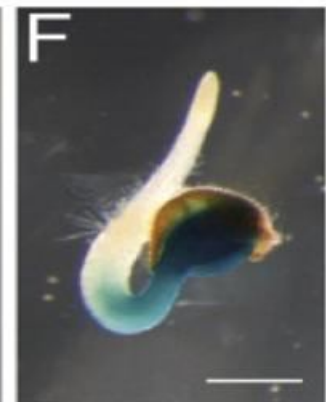
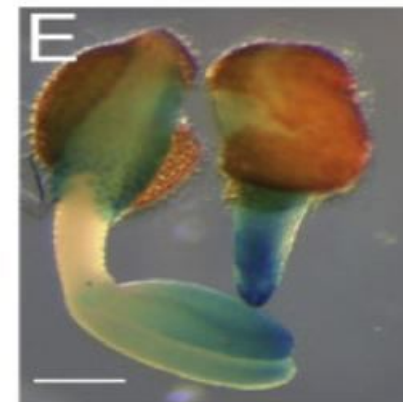
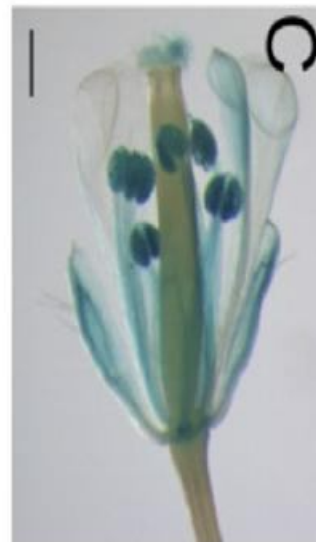
Esto Implica una necesidad critica de Zn Durante la Floración
Y hay una activa movilización de Zn durante este periodo?



Arabidopsis zinc-finger protein 2 is a negative regulator of ABA signaling during seed germination

Gabriele Drechsel, Sabine Raab, Stefan Hoth

Journal of Plant Physiology Volume 167, Issue 16 2010
1418 - 1421

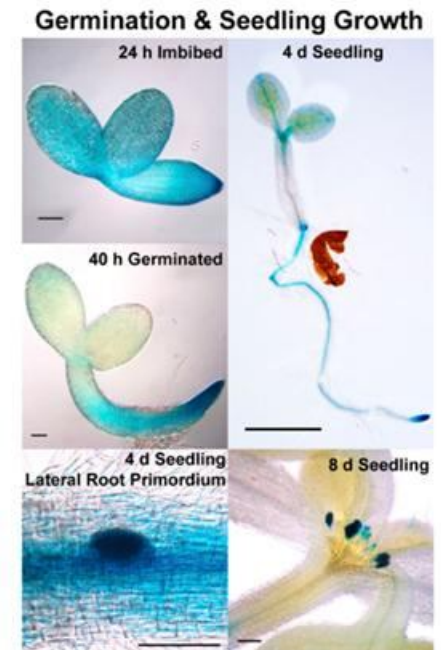


Desafíos para la Investigación

Como medir y graficar la distribución de nutrientes y las concentraciones a nivel celular y de órgano?

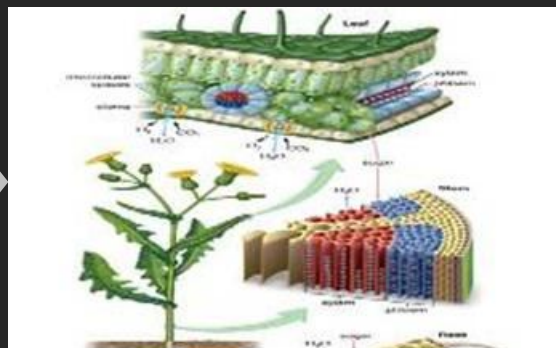
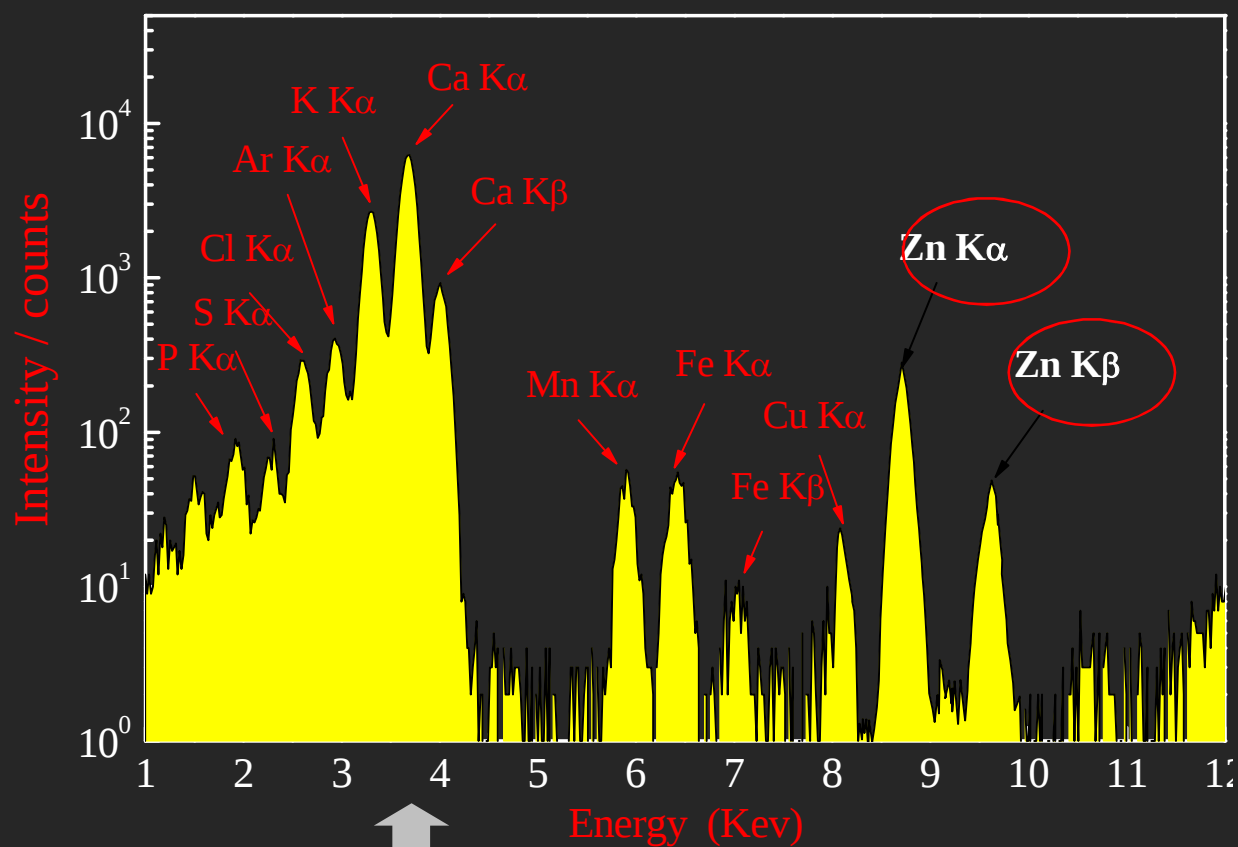
Objetivo:

- Mejorar nuestro entendimiento de las bases fisiológicas para el uso de fertilizantes foliares
- Mejorar nuestro entendimiento de los mecanismos de transporte de nutrientes a través de las superficies de la hoja



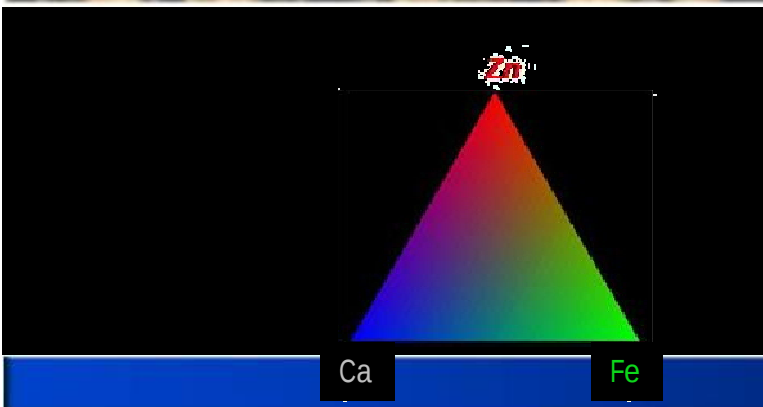
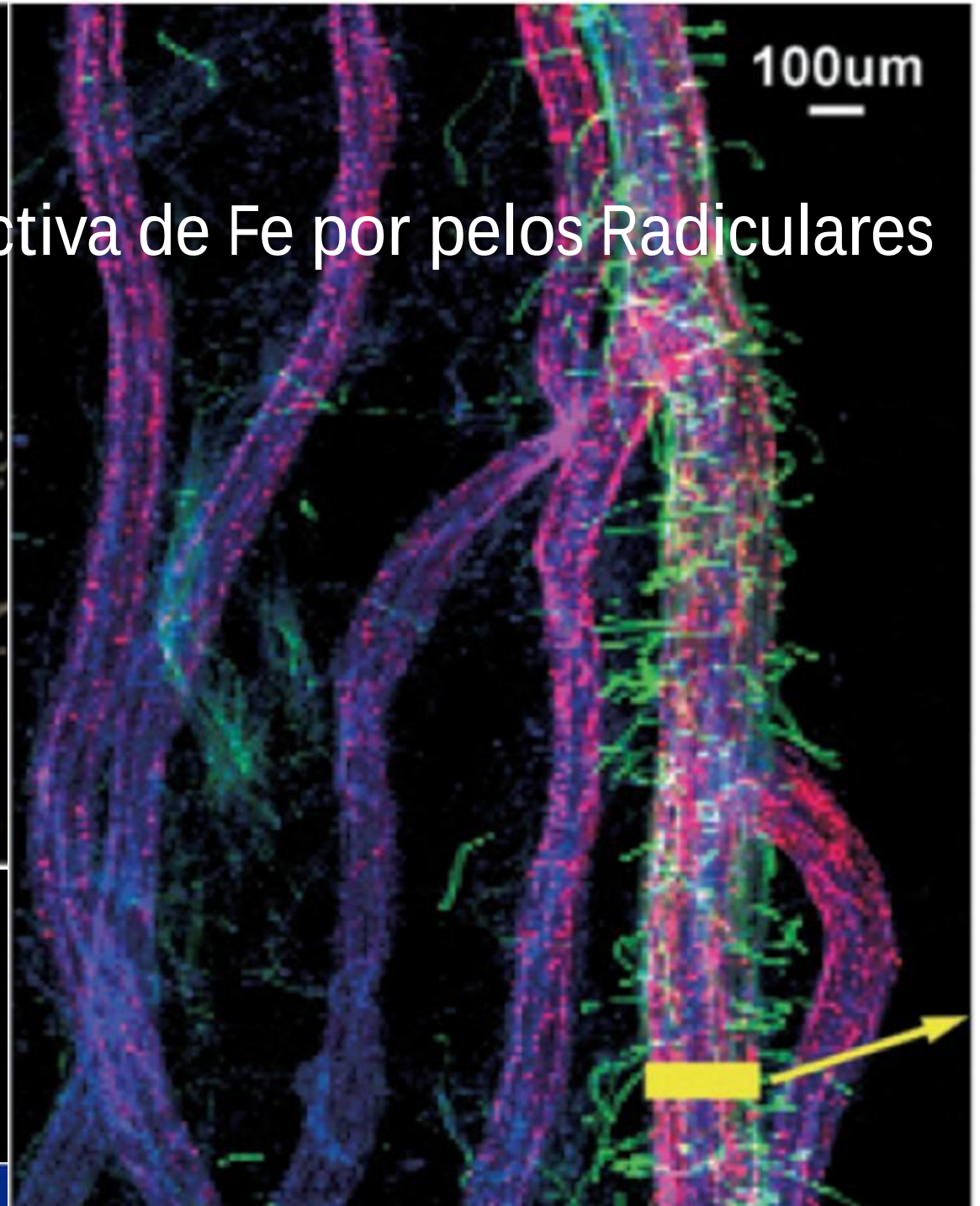
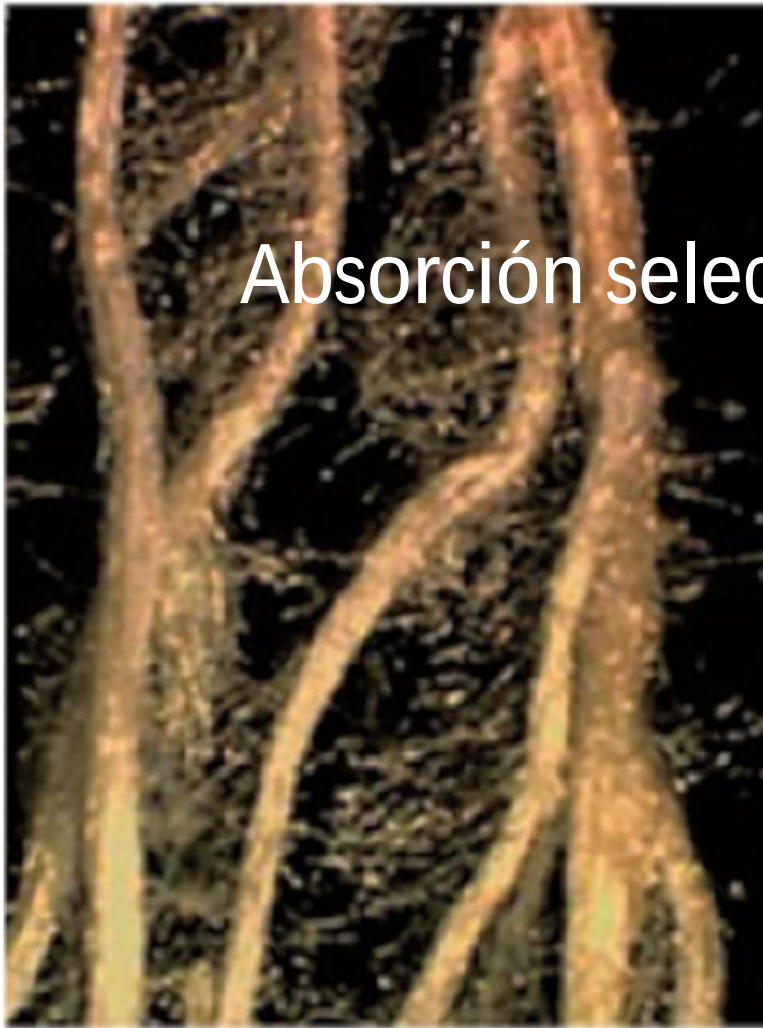
Fluorescencia de rayos μ X son conducidos en Stanford y el Labs. Nacional Argonne (nano, confocal y 3D XRF estan en desarrollo)



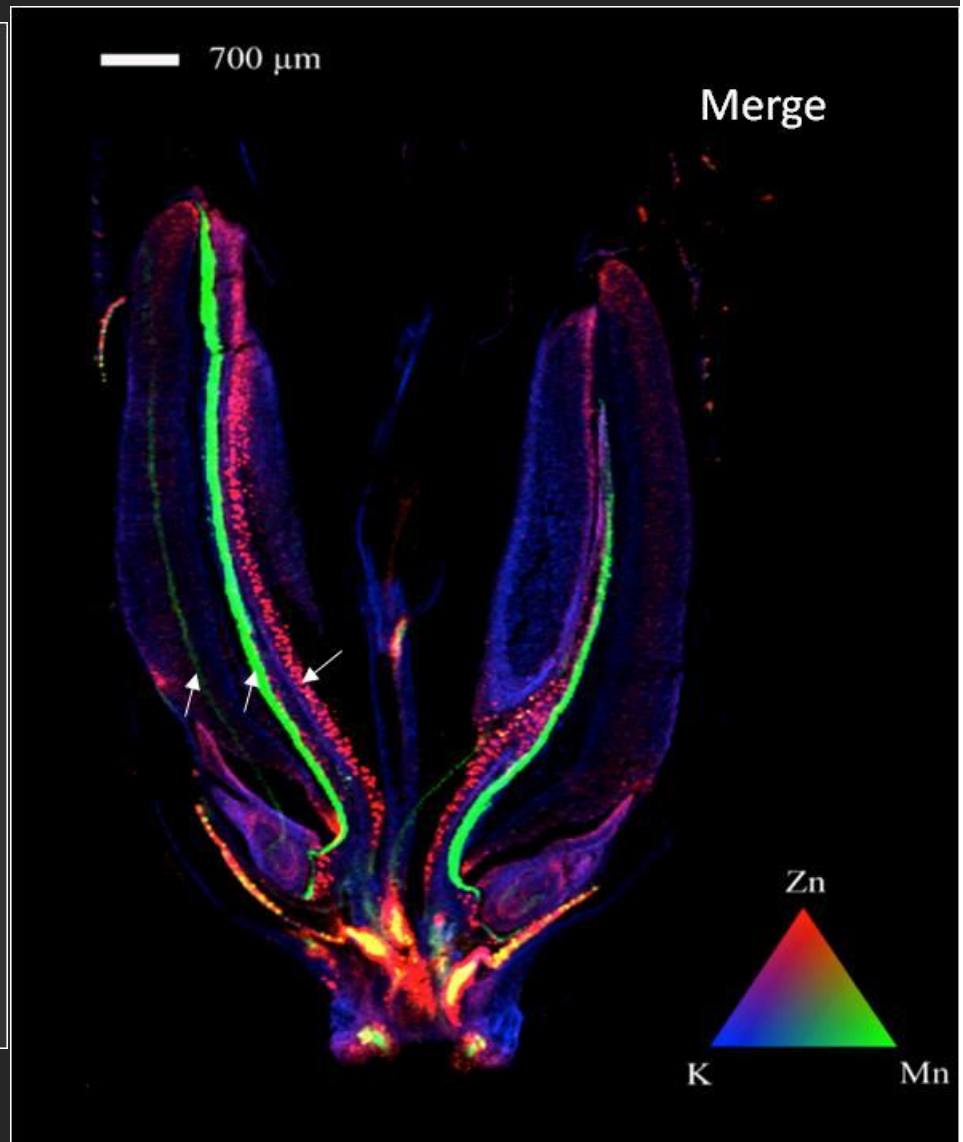
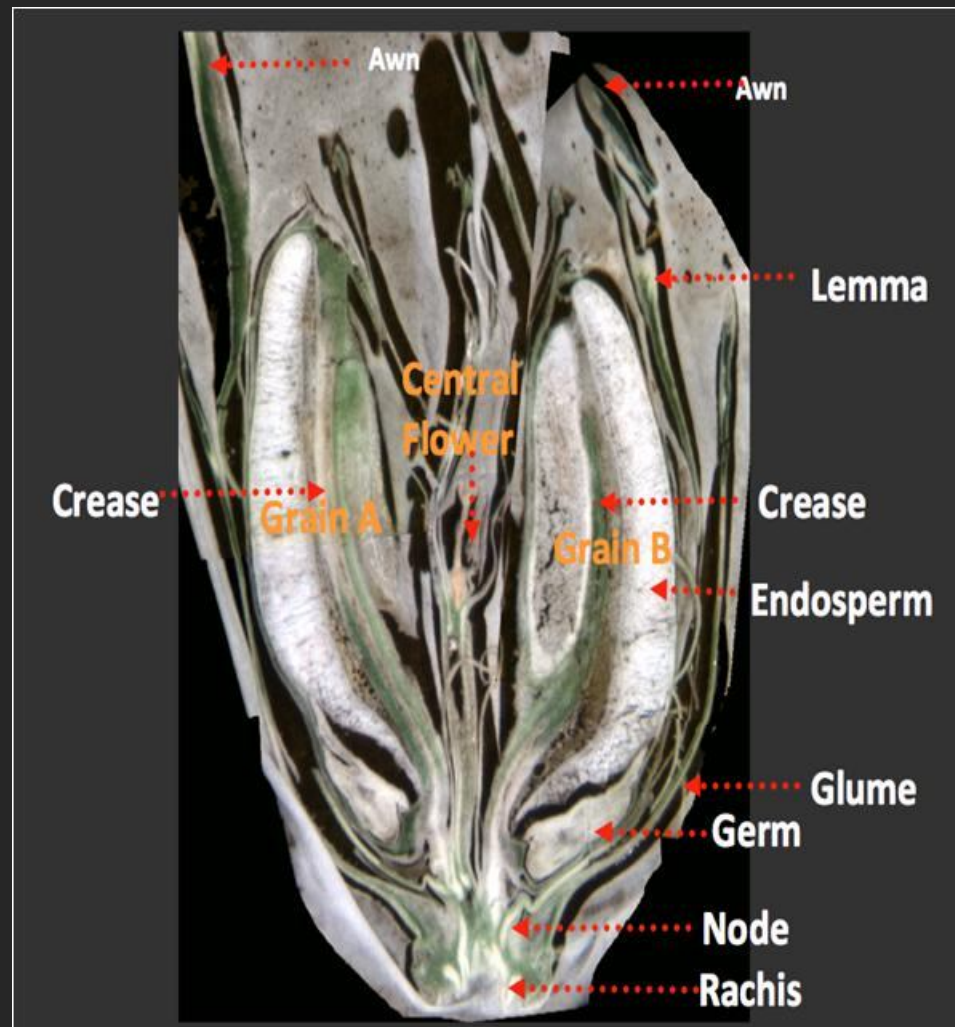


SR-XRF typical
energy

Absorción selectiva de Fe por pelos Radiculares



Distribución de Zn, Mn y K en grano de trigo por Micro-XRF: Criostato y tenido en congelacion



Impacto de la Deficiencia de Zn en Floración en durazno

Courtesy of Scott Johnson

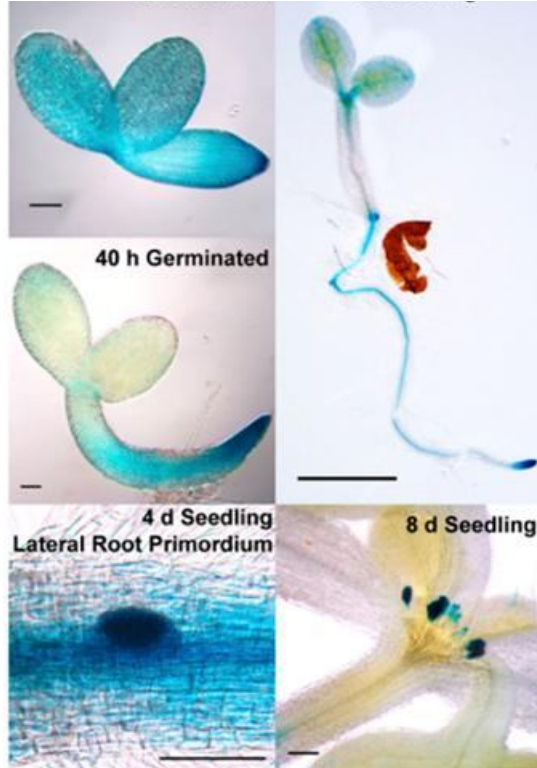


Aplicación de Zn al suelo:
Deficiente de Zn

Aplicación Foliar de Zn :
Zn Suficiente

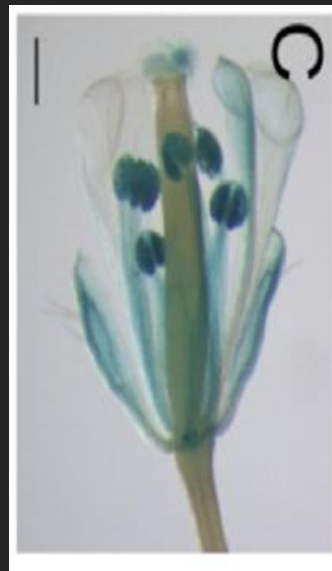
Mecanismos moleculares Zinc-dependientes están implicados en la dormancia, floración y procesos de ciclos celulares.

Expression of ENY a C2H2 zinc finger increases during flowering, and seedling development.



Feurtado J et al.
Plantcell
2011;23:1772-1794

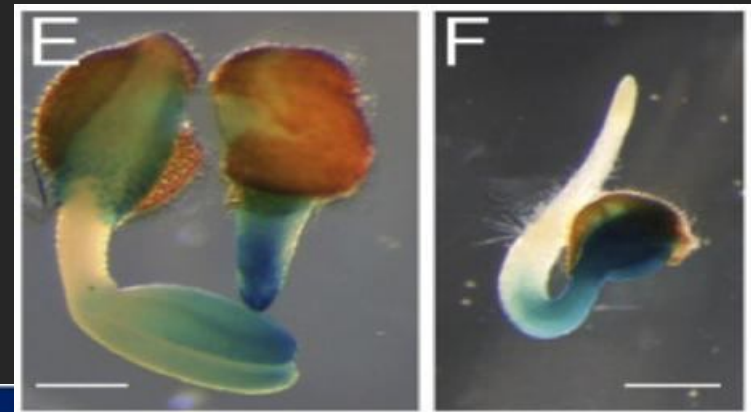
Mehrnia M et al.
Plant Physiol.
2013;162:842-857



Arabidopsis zinc-finger protein 2 is a negative regulator of ABA signaling during seed germination

Gabriele Drechsel, Sabine Raab, Stefan Hoth
Journal of Plant Physiology Volume 167, Issue 16 2010
1418 - 1421

APETALA2/ETHYLENE RESPONSE FACTOR (AP2/ERF) transcription factor superfamily.



Mecanismos moleculares Zinc-dependientes están implicados en la dormancia, floración y procesos de ciclos celulares.

Expression of ENY a C2H2 zinc finger increases during flowering, and seedling development.

Feurtado, T et al

APETALA2/ETHYLENE RESPONSE FACTOR (AP2/ERF) transcription factor superfamily.

Hay una necesidad critica de Zn durante la floración y crecimiento meristemático

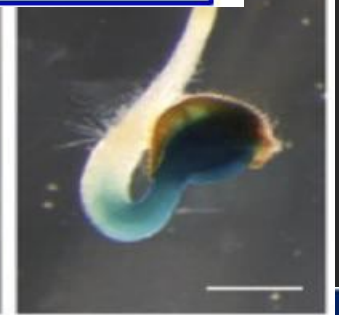
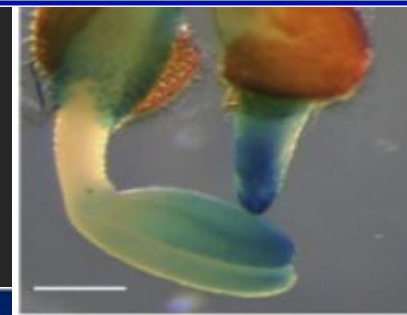
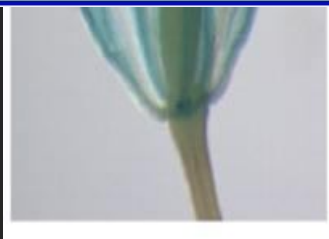
..y hay una activa re movilización de Zn durante este periodo

..sugiriendo que las aplicaciones dirigidas foliares de Zn podrían beneficiar muchos sistemas de cultivo

Arabidopsis zinc-finger protein 2 is a negative regulator of ABA signaling during seed germination

Gabriele Drechsel, Sabine Raab, Stefan Hoth

Journal of Plant Physiology Volume 167, Issue 16 2010
1418 - 1421





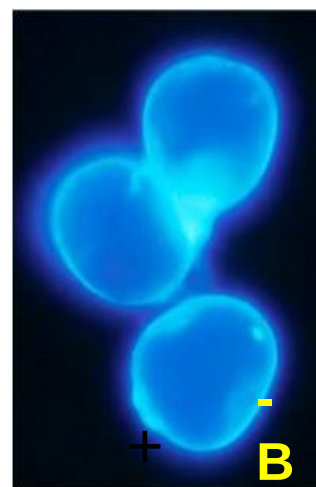
Deficiencia de Boro en Trigo en Floración

(alta demanda, baja transpiración – deficiencia mas prevalente durante tiempo húmedo en la floración)

Sin Deficiencias Vegetativas



Fuerte Deficiencia Reproductiva



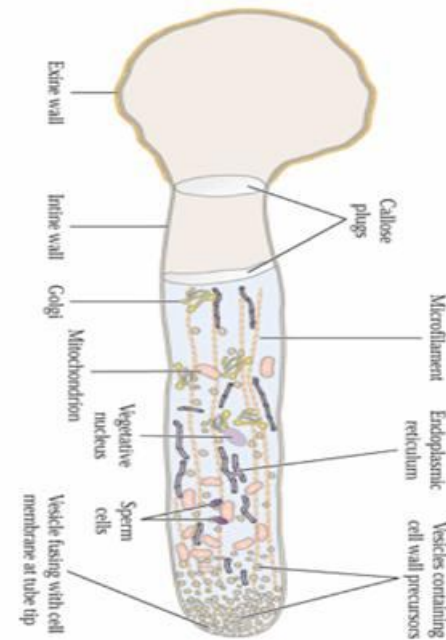
La formación de Polen es la fase mas sensible al B de todo el ciclo.

Bernie Dell, Longbin Huang and Richard Bell

Anteras



Pollen Tube



Deficiencia de Boro



Esterilidad Masculina.

El efecto en el Polen se ve solo 4 horas después de la privación de B.

En monocotiledon la reproducción es mas sensible que en crecimiento vegetativo.

Photos courtesy R. Bell.

La deficiencia de Boro puede ser transitoria, dependiente de los cambios en el ambiente de crecimiento (agua)

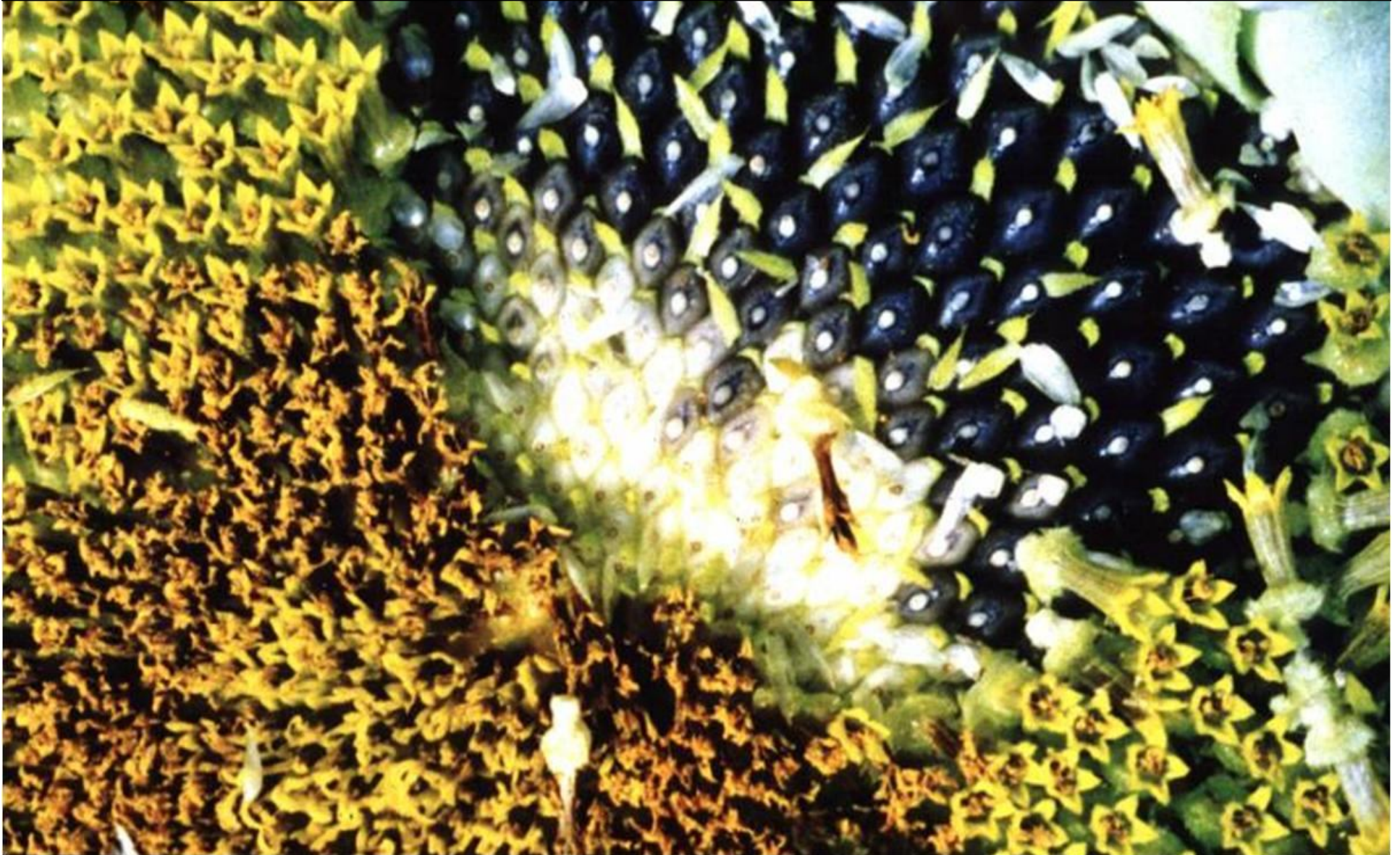


Courtesy of
Volker Römheld

Deficiencia de B Inducida por sequia en Girasol



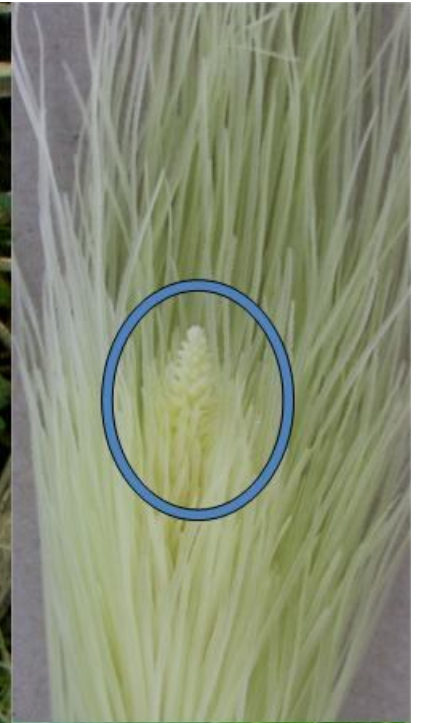
Deficiencia de B Inducida por sequia en Girasol



Deficiencia de Boro Inducida por una breve sequia resulta en muerte de meristemas en *Pinus radiata*.



Deficiencias de Micronutrientes en Maíz



Deficiencia de Hierro en maíz



Deficiencia de Hierro en Pimiento



Deficiencia al B en Frutos, Semillas y Tallos



Deficiencia al Boro en tejidos
creciendo rápidamente con
pobres conexiones vasculares.



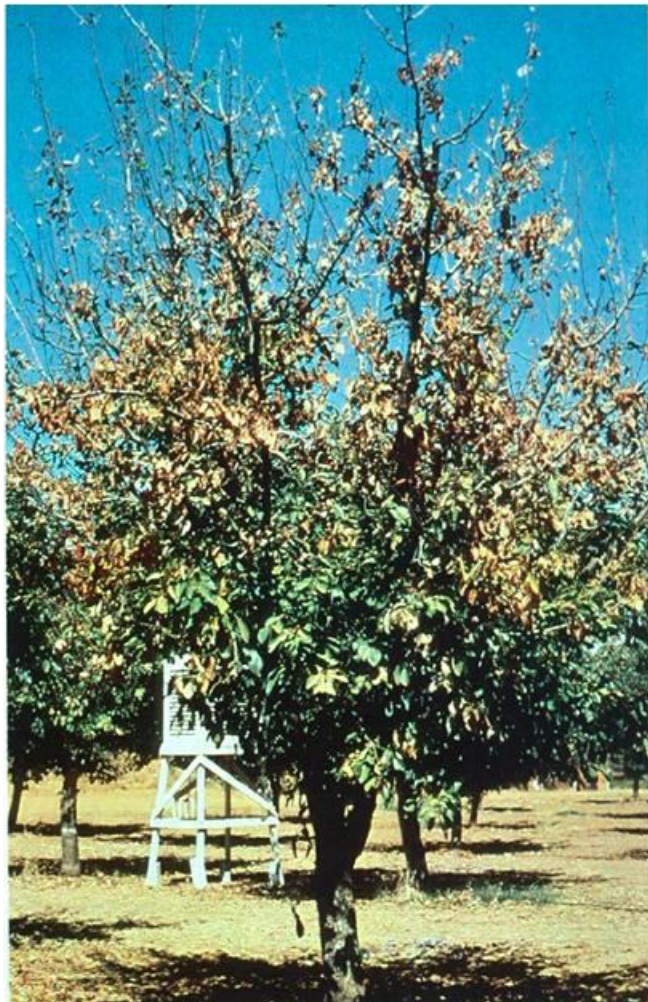
Rajaduras
Centro hueco

'Pudrición'
y
Deformidad

Causas de Deficiencias Transitorias

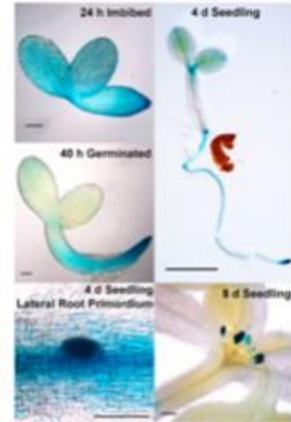
Demanda

Función



Zinc dependent molecular mechanisms are involved in dormancy, flowering and cell cycle processes.

Expression of ENY a C2H2 zinc finger increases during flowering, and seedling development.



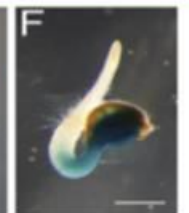
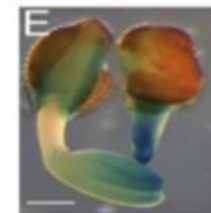
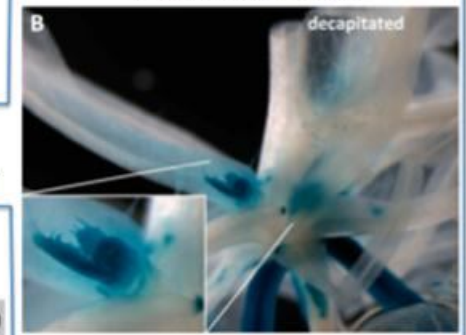
Feurtado J et al.
Plantcell
2011;23:1772-1794

Mehrnia M et al.
Plant Physiol.
2013;162:842-857

Arabidopsis zinc-finger protein 2 is a negative regulator of ABA signaling during seed germination

Gabriele Drechsel, Sabine Raab, Stefan Hoth
Journal of Plant Physiology Volume 167, Issue 16 2010
1418 - 1421

APETALA2/ETHYLENE RESPONSE FACTOR (AP2/ERF) transcription factor superfamily.



Las deficiencias Transitorias son mas probables en elementos inmóviles

TABLE 3.9 Mobility of nutrients in the phloem

Mobility		
High	Intermediate	Low
K	Fe	Ca
Mg	Zn	Mn
P	Cu	
S	B	
N (amino-N)	Mo	
Cl		
(Na)		

La Movilidad del B afecta la Respuesta Foliar.

Sin transporte
de B por floema

=

Sensible a
fluctuaciones
del B en suelo



Con Transporte de B por
floema:

B Móvil por floema, tolerante a
deficiencias de corto plazo, B
foliar fácilmente transportado.



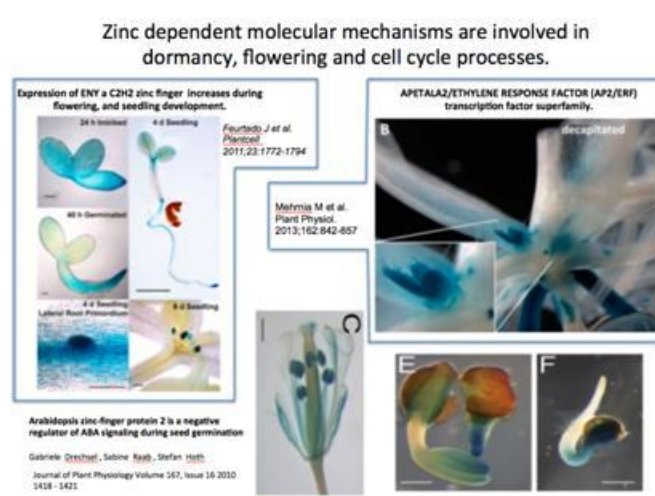
Brown et al 2000

Causas de las Deficiencias Transitorias

Demanda



Función



Movilidad



Interacciones ambientales

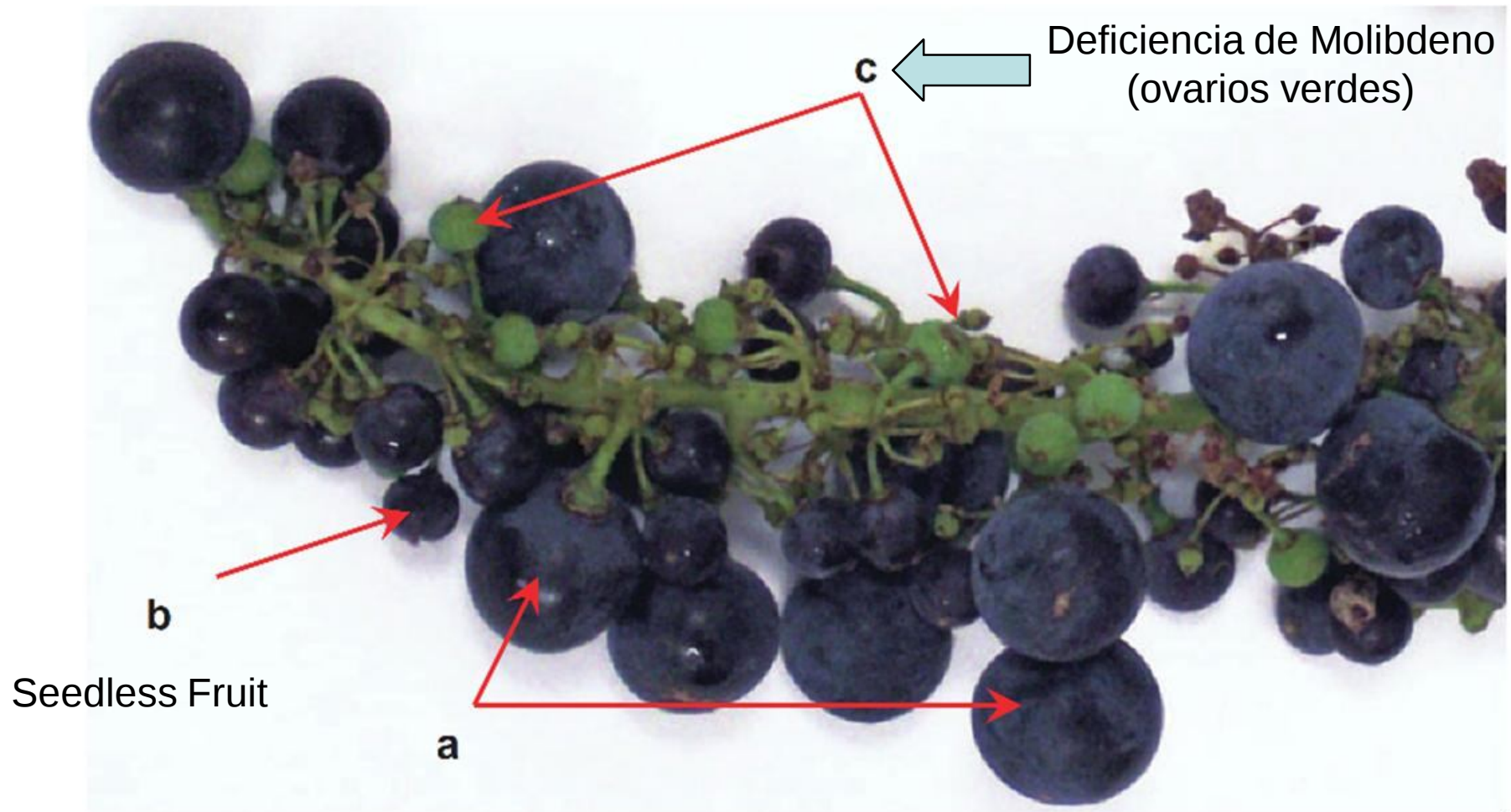
Función: Movilidad: Interacciones Ambientales

Sprays Foliares de Molibdeno y Otras Estrategias Nutricionales para mejorar el cuaje y Reducir los Granos verdes

Dr Christopher Williams SARDI 2003-7



Deficiencia de Molibdeno en Uvas



Longbottom et al. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 477–490, 2010

Mo, Cuaje de Frutos y Uniformidad



Table 4. Effect of foliar application of molybdenum and rootstock on number of flowers per inflorescence, % fruit set per vine, and number of green and coloured berries per bunch at site 4 in 2003/04.

	Flowers per inflorescence	Fruit set (%)	Green berries per bunch	Coloured berries Per bunch
Treatment				
Unsprayed	394	22.8	51.2	77.4
Sprayed	385	30.0	31.0	92.2
Significance	ns	**	*	**
LSD		1.9	13.3	4.8



Grandes Interacciones ambientales: los Beneficios Foliares no siempre Ocurren (Clima, estado nutricional etc. todos interactúan)

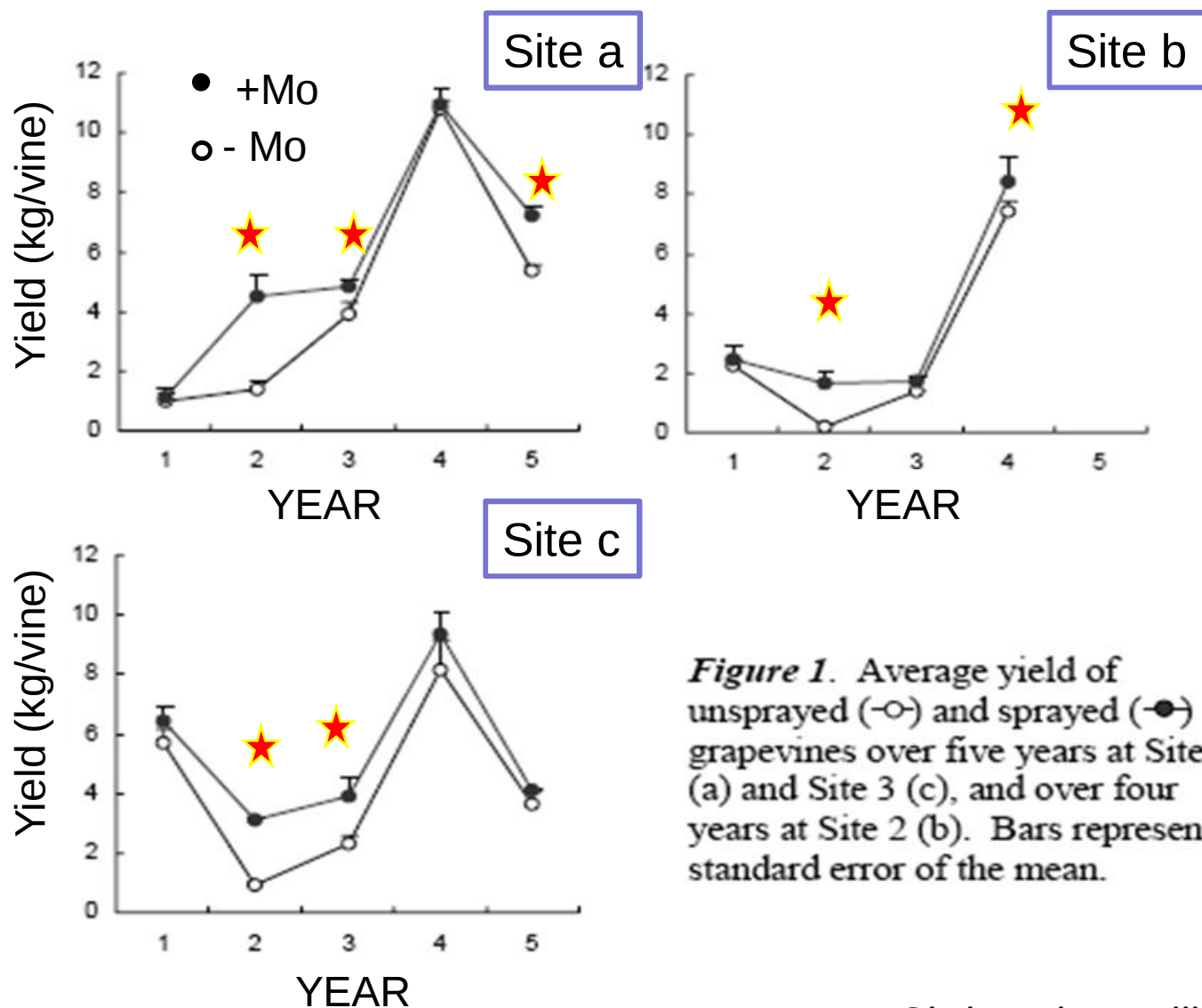


Figure 1. Average yield of unsprayed (-○-) and sprayed (-●-) grapevines over five years at Site 1 (a) and Site 3 (c), and over four years at Site 2 (b). Bars represent standard error of the mean.

El Clima Afecta:

Tasa de crecimiento/metabolismo

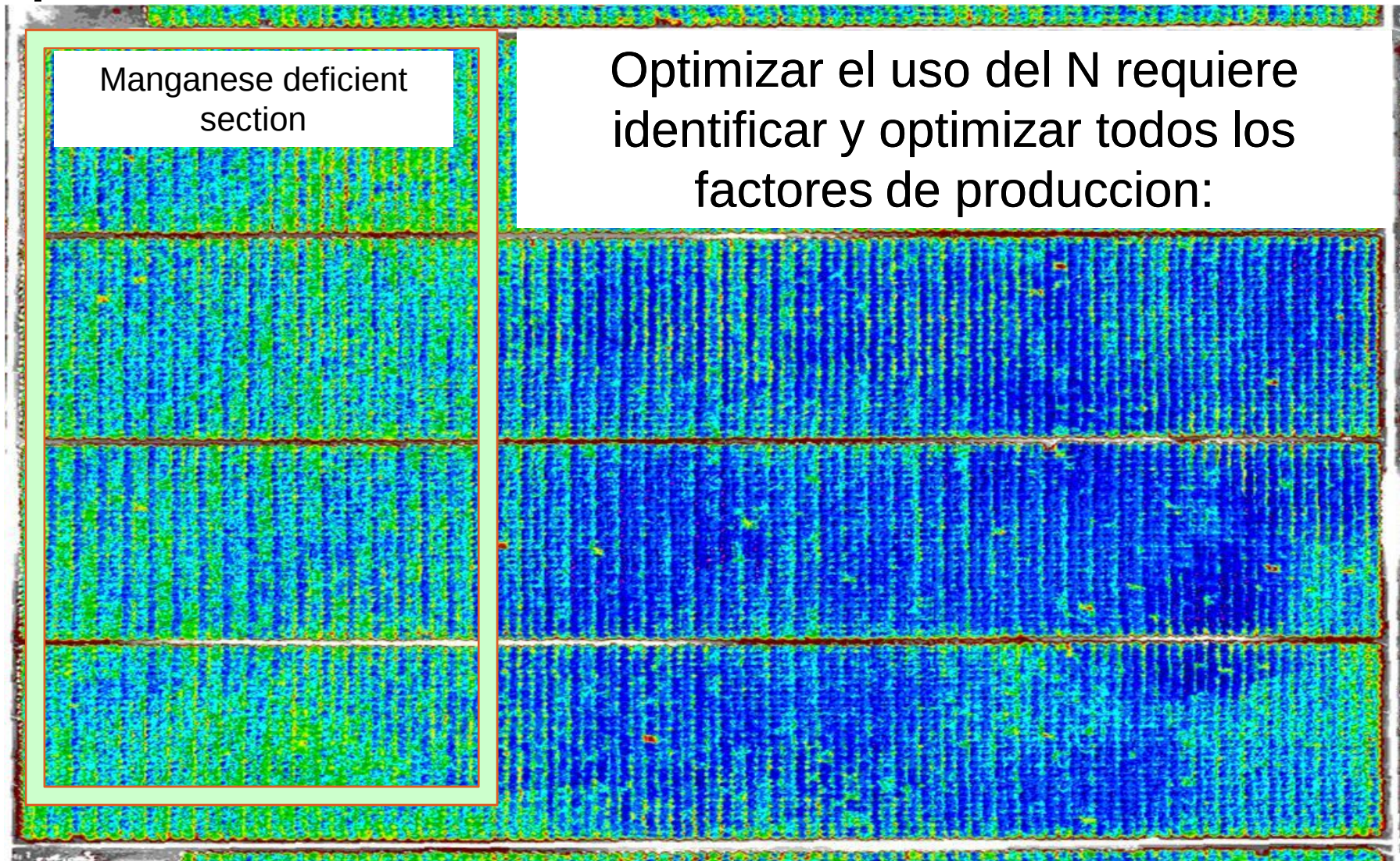
Re movilización y absorción de Molibdeno

Movilidad de Nutrientes

Interacciones Ambiente y Nutricion



Optimizando la eficiencia de Uso de N requiere Manejo Optimo de todos los Insumos: e.g. Deficiencia de Manganeso puede limitar la respuesta del cultivo al N



GNDVI 29 April 2009: SmartImage (B,G, NIR only)1 m pixel (Britz Fert. Com.)

Resumen: El Rol de los Fertilizantes Foliares

JUSTIFICACION BIOLOGICA:

- 1) Para superar limitantes de suelo que restringen la solubilidad o movilidad de los elementos
- 2) Para corregir 'Deficiencias Transitorias o de corto plazo de *Nutriente*'
 - 1) *LIMITADA POR LA CANTIDAD DE NUTRIENTES QIE PUEDE SER APLICADO*
 - 2) *COMPLICADO POR LA INCERTEZA E INTERACCIONES AMBIENTALES*
 - 3) *LA MOVILIDAD D ELOS TELEMENT OS HACEN LA DIFERENCIA*

JUSTIFICACION ECONOMICA Y CONSIDERACIONES PRACTICAS :

- 1) Costos y beneficios relativos (requiere medir la eficacia y consistencia)
- 2) Puede predecirse la necesidad de fertilizantes foliar y el tratamiento implementado (requiere entender fisiología vegetal y una medida de la eficacia y consistencia y oportunidad)

CONSIDERACIONES MECANISTICAS :

- 1) Como entran los nutrientes a la ahoja y que factores químicos y biológicos influyen en la eficacia
- 2) Como se comportan los nutrientes foliares una vez en el apoplasto y en el simplasto
- 3) Como son efectivamente transportados y utilizados, y de ahí como mejoran la productividad

FREE DOWNLOAD

Google

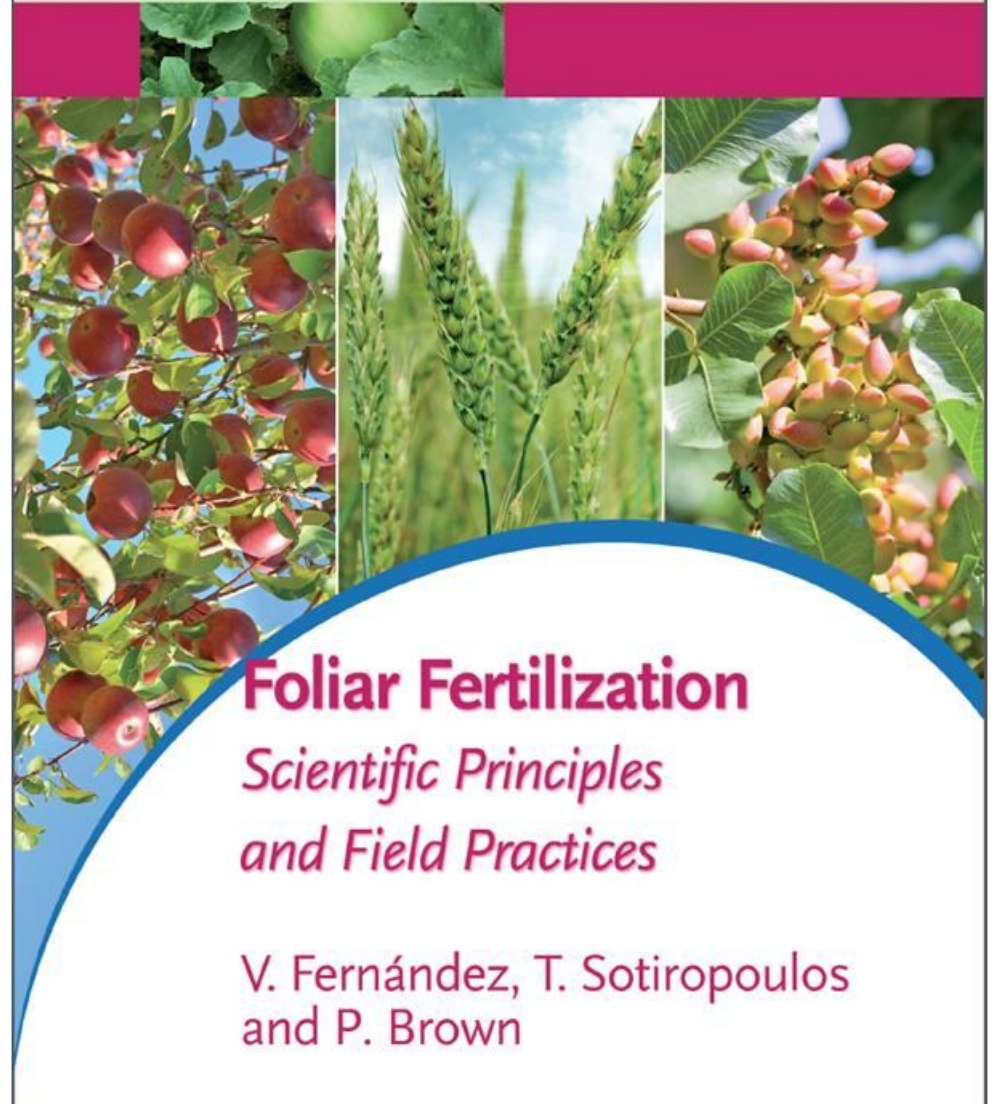


Foliar Fertilization

Scientific Principles and
Field Practices

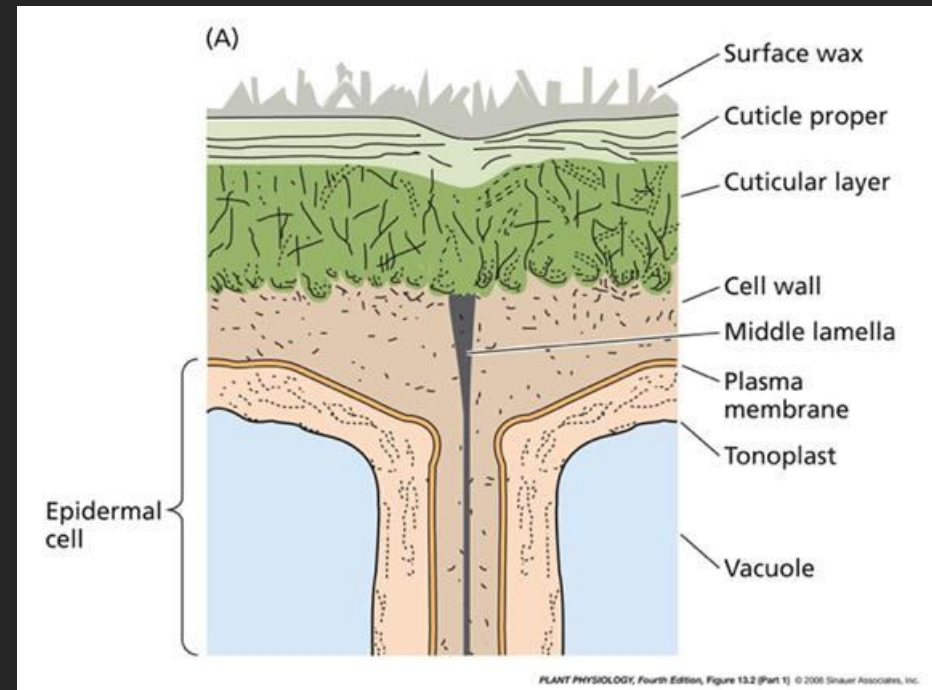
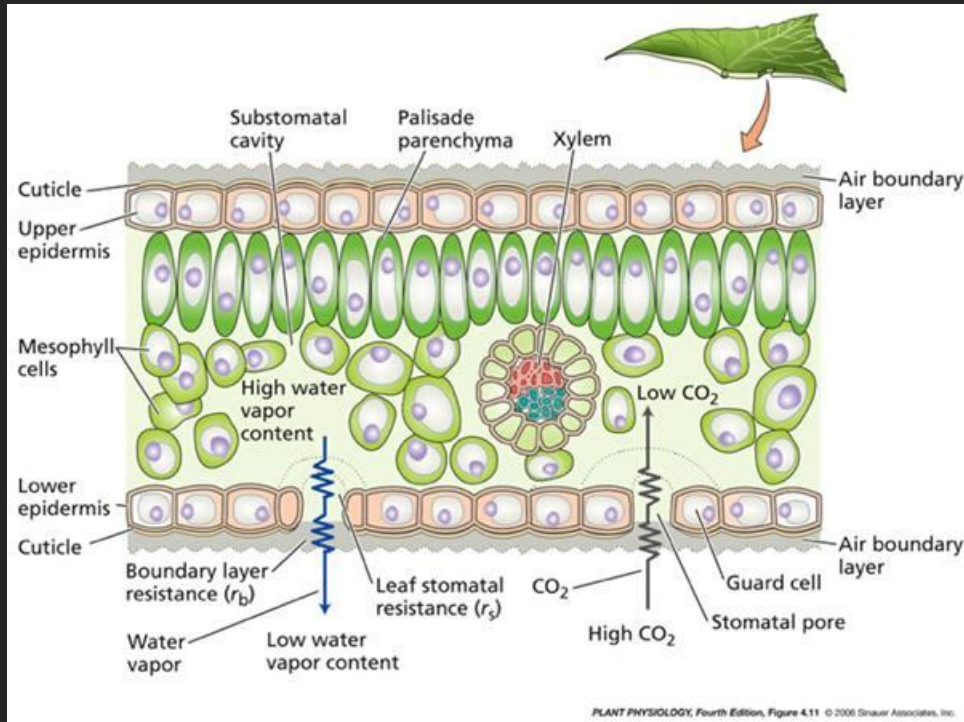
Patrick Brown

IFA



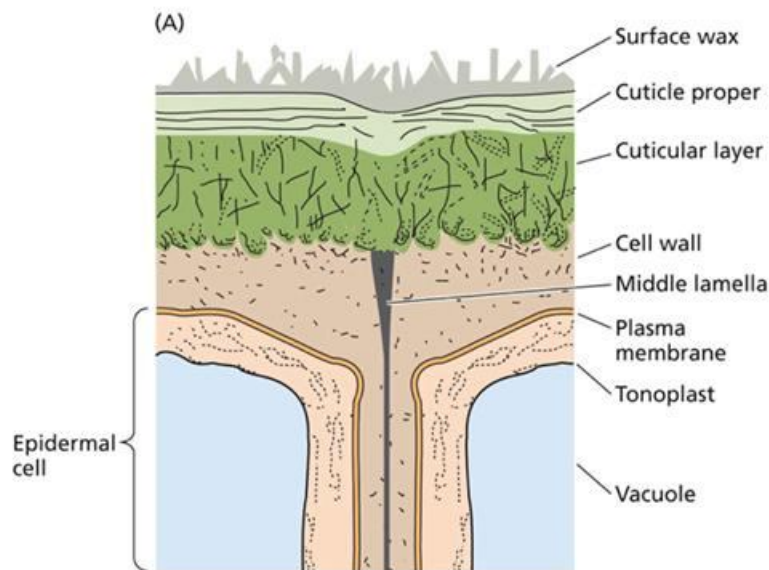
La hoja esta bien diseñada para Prevenir el Movimiento de Iones o Agua

Tratando de entrar un ion hidrofílicos a través de una superficie hidrofóbica.



Fernandez, Sotiropoulis, Brown (2013): Foliar Fertilization – Scientific Principles and Field Practices

La Penetración Directa de Soluciones (Zn^{2+}) Cargadas A través de Cutículas* Intactas es Teóricamente Improbable



PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 13.2 (Part 1) © 2008 Sinauer Associates, Inc.

Mineral nutrient salts have an extremely low solubility in the lipophilic cuticle

Example: NH_4NO_3 solution

$c = 0.1 \text{ mol/L}$

$c = 4 \text{ nmol/L}$

$= 0.000004\%$

Courtesy Thomas Eichert

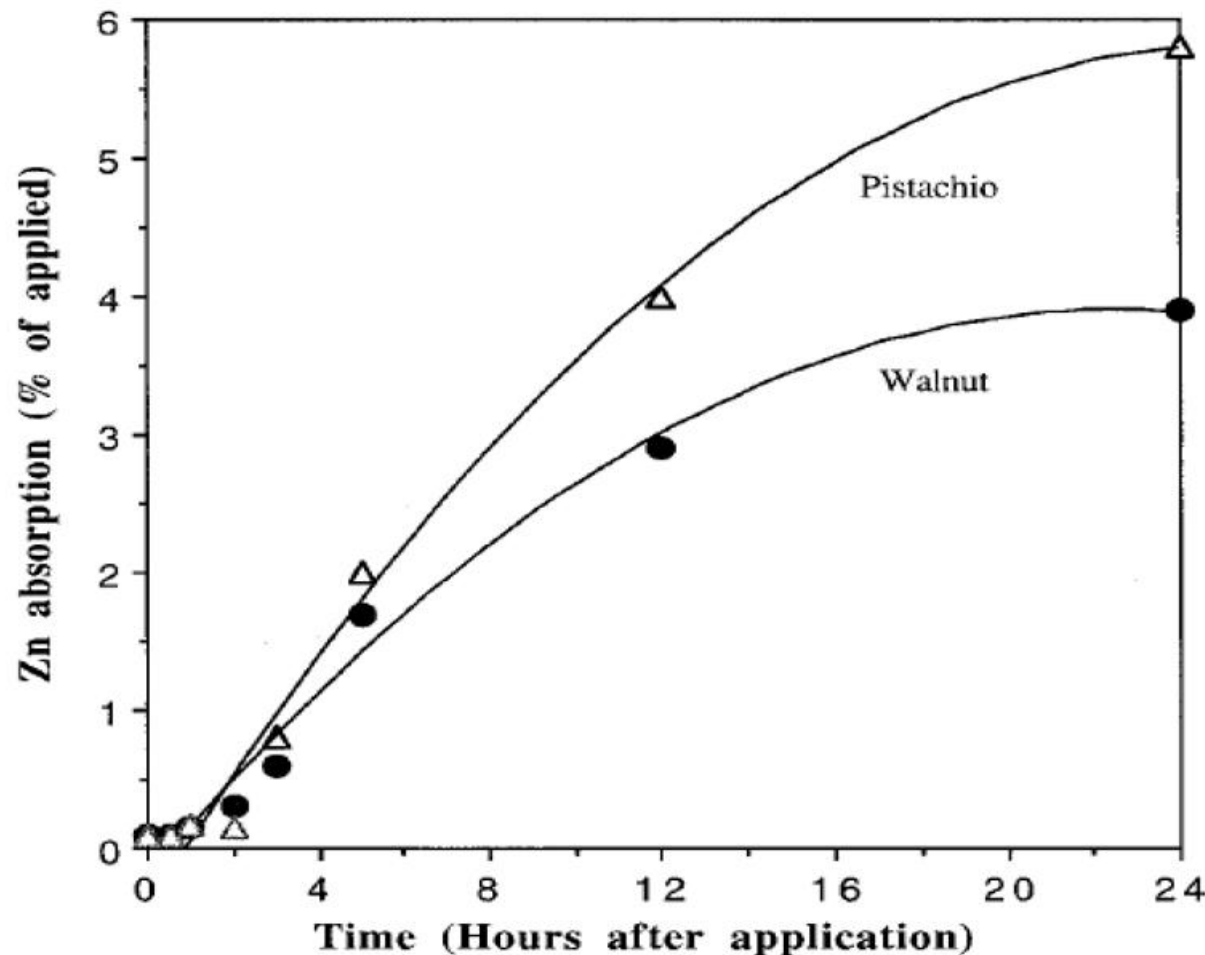
Moléculas sin Carga – La Urea, Boro se mueven libremente

Table 1. Calculated urea retention and leaf absorption after 5 days

Leaf number	Leaf area (mm ²)	Calculated retention urea (mg)	Observed wash (mg)	% urea absorbed ^a
1	25 928	9.4	1.0	89.4
2	15 297	5.6	0.5	91.1
3	28 383	10.3	0.7	93.2
4	19 208	7.0	1.2	82.9
5	11 995	4.5	0.5	88.9
6	13 867	5.1	0.6	88.2
7	10 308	3.9	0.4	89.7
8	22 638	8.3	0.8	90.4
9	12 864	4.8	0.6	87.5
10	15 041	5.5	0.9	83.6
11	14 151	5.2	0.5	90.4

^a % urea absorption = (calculated retention – observed wash) / (calculated retention).

Permeabilidad relativa de Elementos con carga– Zn^{2+} (sales de Zn)



0-6% Absorción
es típica.



*Aun cuando esto es
muy bajo, es aun
mayor que lo
predicho.*

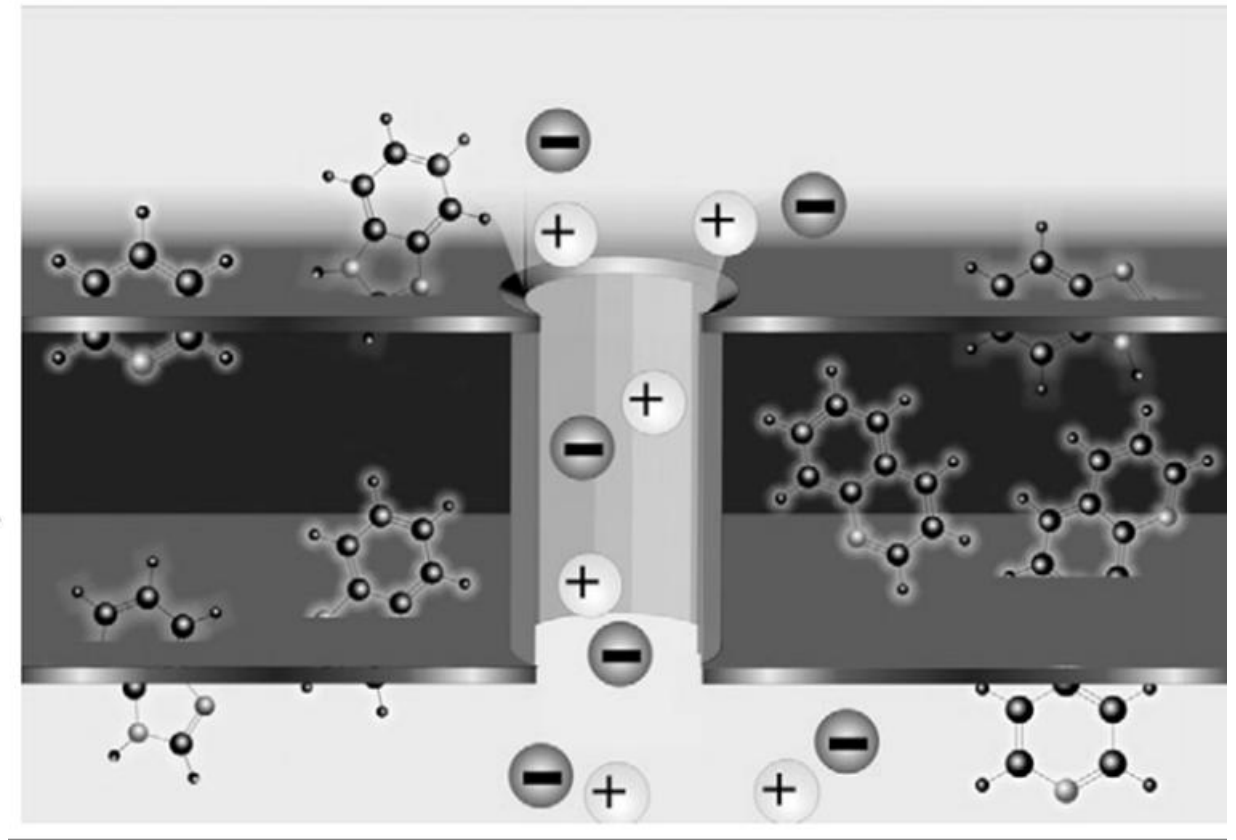
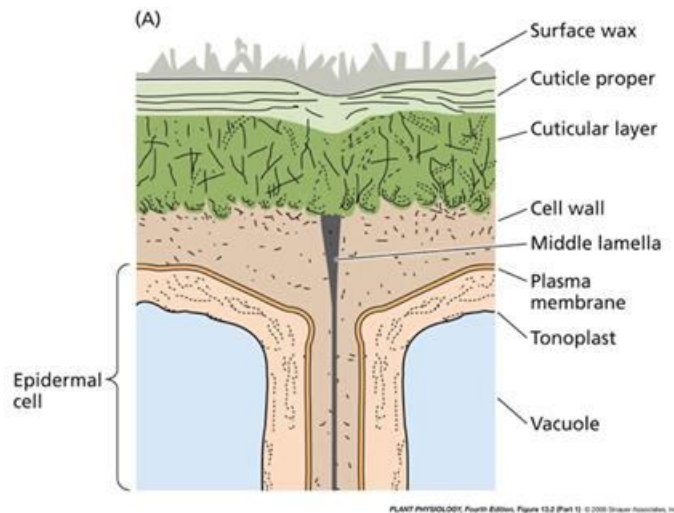
J. AMER. SOC. HORT. SCI. 124(3):312-317. 1999.

The Mechanism of Foliar Zinc Absorption in Pistachio
and Walnut

Qinglong Zhang and Patrick H. Brown
Pomology Department, University of California, Davis, CA 95616

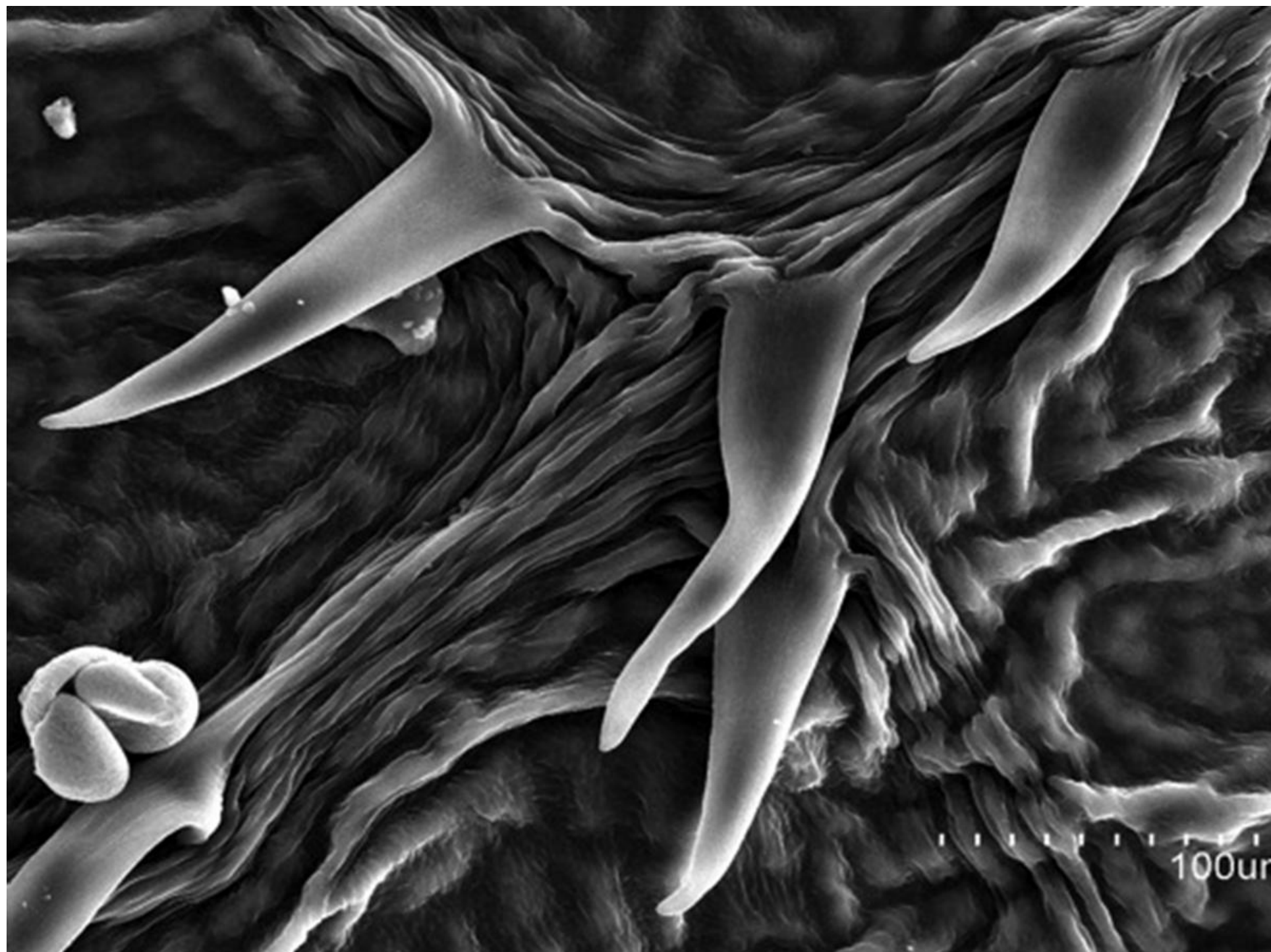
Poros Polares o Rajaduras ?

Puramente teorico: Estas son estructuras discretas geneticamente determinadas, o solo regiones de composicion diferencial de la cuticula, rajaduras o defectos?



Schönherr 2006

Courtesy Thomas Eichert



Adaxial - Superior

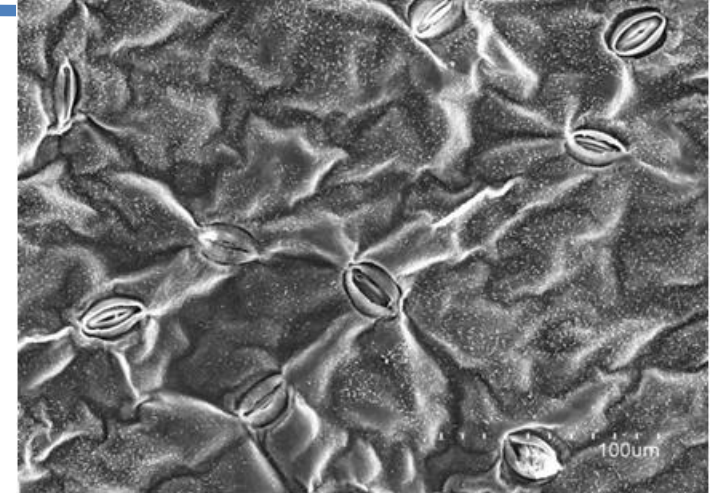
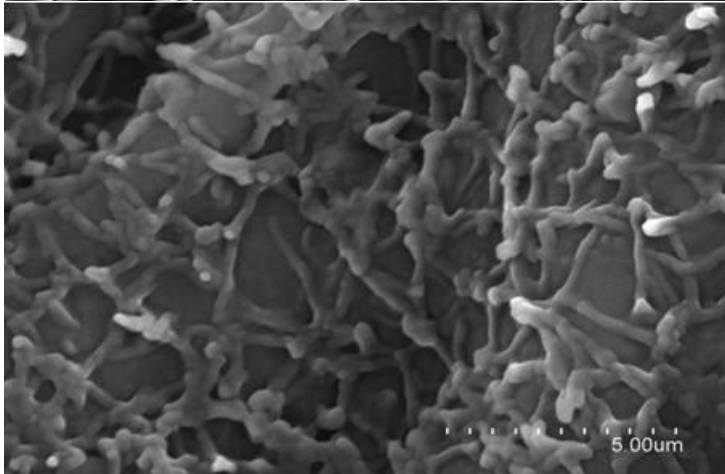


Cerezo

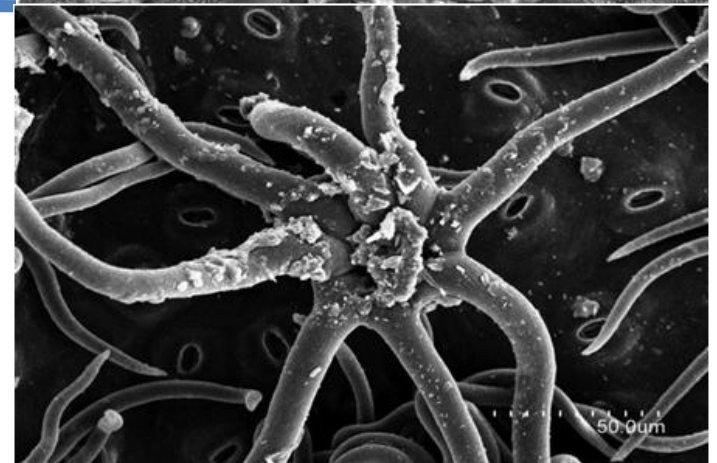
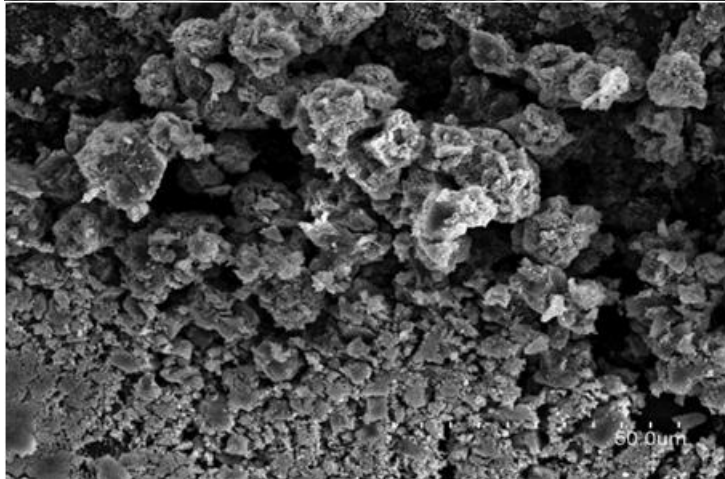
Abaxial- Inferior



Rosal

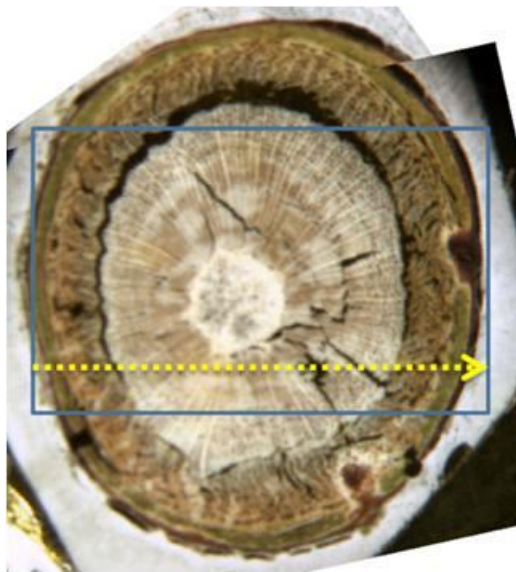


Roble



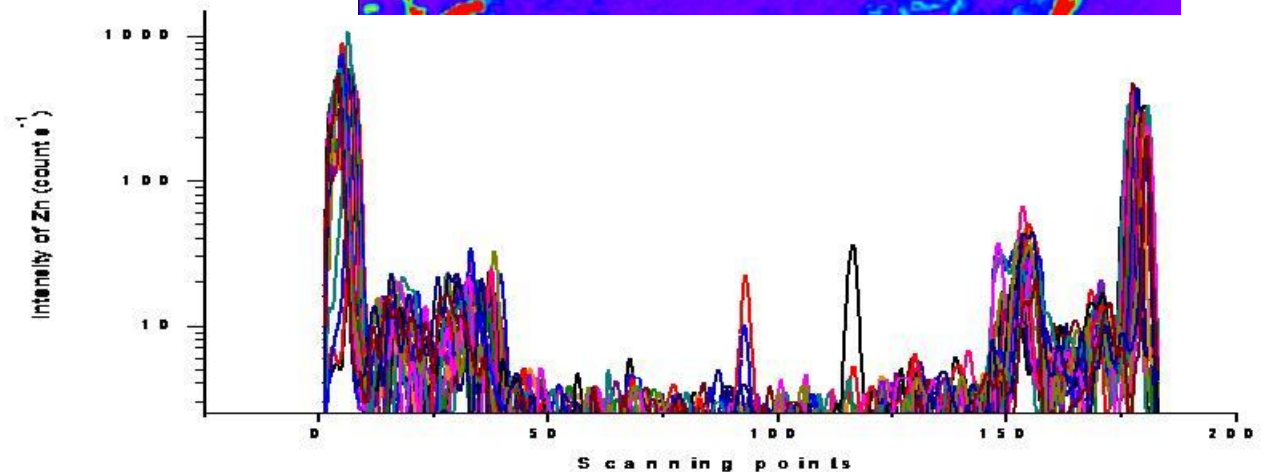
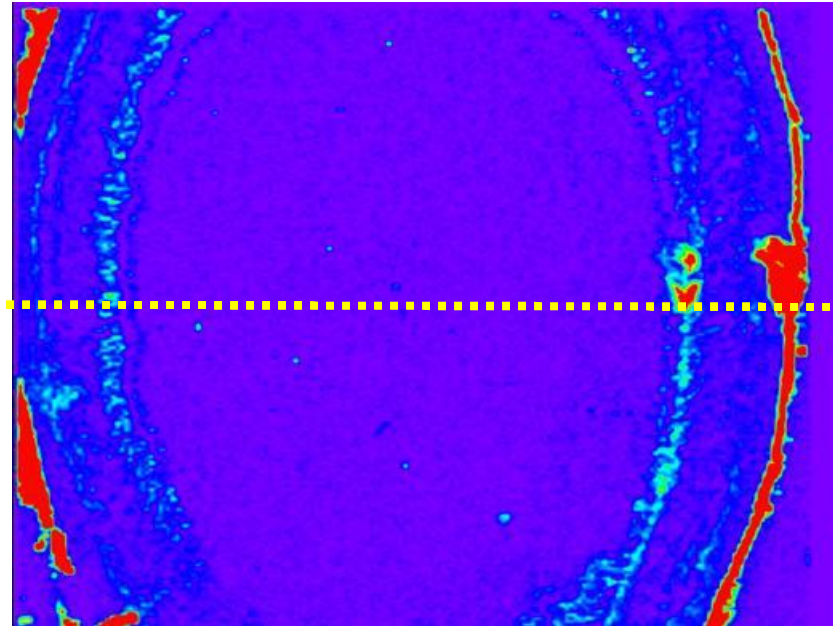
Evidencias de Penetracion a traves de superficies no foliares

μ XRF en Tallos Jovenes (24 hours post application)

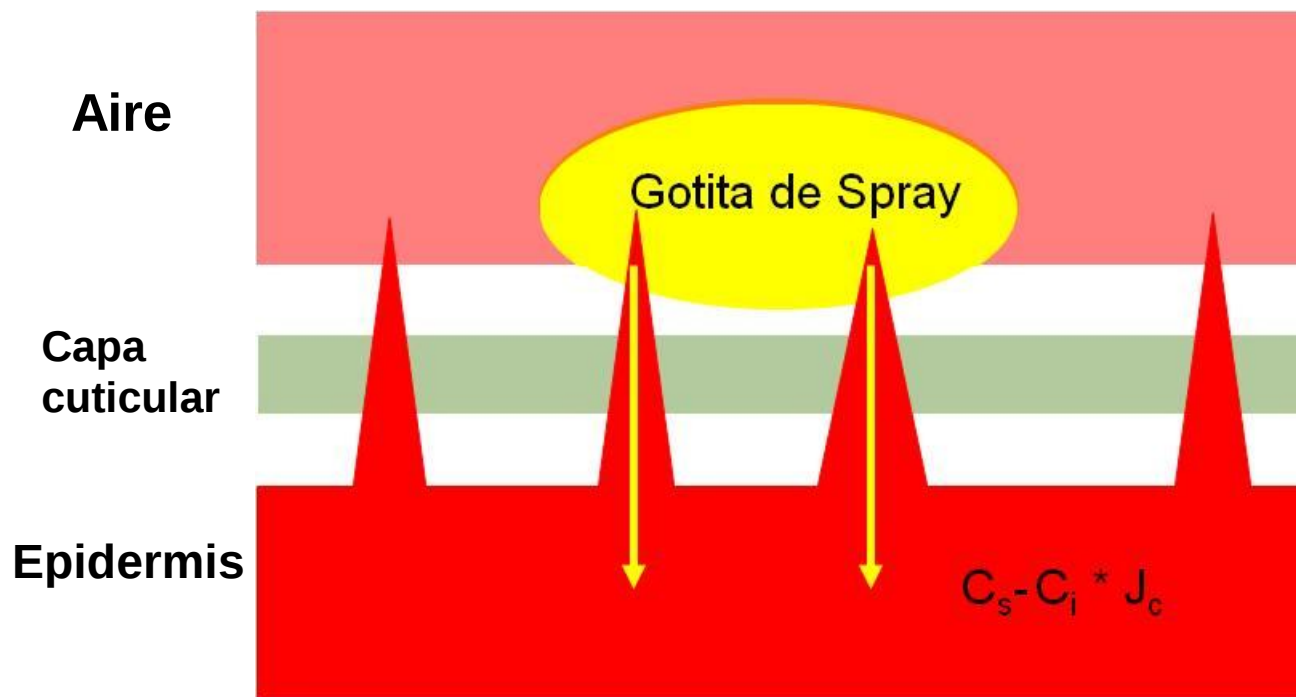


1 cm

Intensidad de Zinc



Movimiento de iones/moléculas cargadas a través de la capa de cutícula



El transporte está determinado por el volumen de superficie mojada y el gradiente de concentración a través de la cutícula.

Based on: Eichert and Fernández (2012), in : Maschner 3rd ed.

Que Determina la tasa de Absorción?

Penetración Cuticular

- Compuestos lipofílicos (Urea, B) exhiben algo de solubilidad en la cutícula y penetran directamente basados en el gradiente de concentración.
- H₂O & electrolitos pasan a través de discontinuidades (rajaduras e imperfecciones):
 - Distribución y tamaño de 'poros'.
 - Solubilidad y Concentración (libre actividad iónica) de la sal aplicada – DRH/POD

(DRH = Humedad relativa Deliquescente (POD))

Punto de
Delicuescencia (POD)
o Humedad Relativa
Delicuescente (DRH)

*Humedad relativa
debajo de la cual la
sal cristalizara*

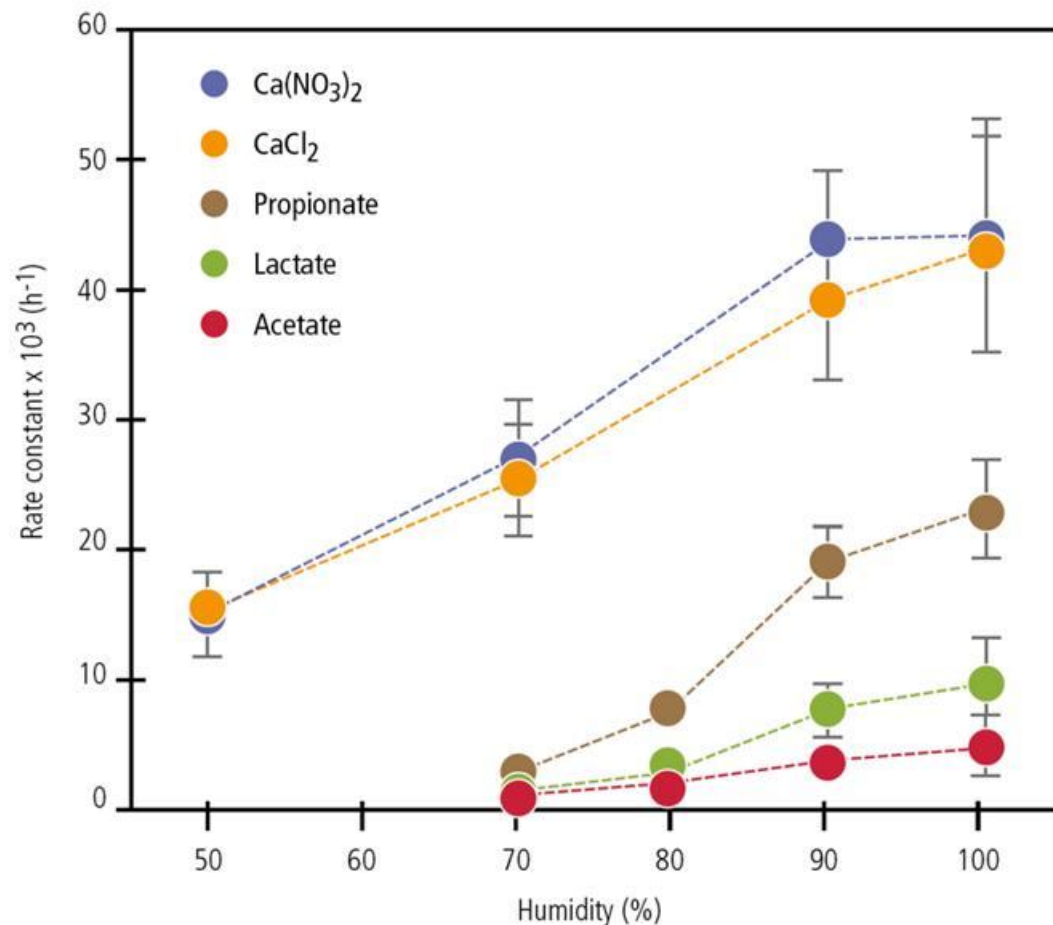
Compound	POD (%)
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	56
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	56
MgSO_4	90
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	42
ZnSO_4	90
KCl	86
KNO_3	95
K_2SO_4	98
$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	44
K_2HPO_4	92
KH_2PO_4	95
NH_4NO_3	63
Ca-propionate $\cdot \text{H}_2\text{O}$	95
Ca-lactate $\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	97
Ca-acetate	100
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	44
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	54
$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	42
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	60

POD/DRH de la Sal comun (NaCl) es
75%



Debajo de la humedad relativa de 75% NaCl es un solido, arriba de 75% absorbe humedad y se vuelve liquida. Solo líquidos penetran la cutícula.

Efecto de la Humedad Relativa en la tasa Constante de penetración de Ca (cutícula aisladas)



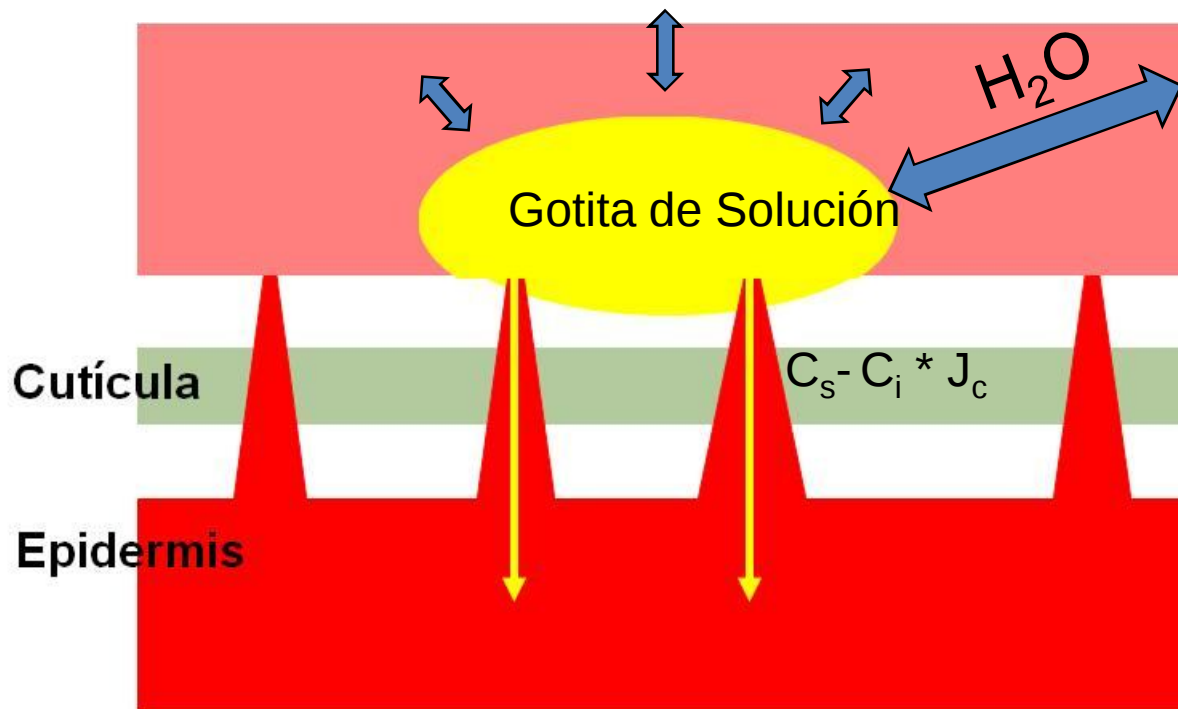
Punto de Delicuescencia (DRH)

Humedad relativa debajo de la cual la sal cristalizara.

- Ca acetato - 100%
- Ca lactato - 97%
- Ca propionate - 95%
- Ca $(\text{NO}_3)_2$ - 55%
- CaCl_2 - 32%

Rol de la Humedad en la Absorción Foliar de Nutriente. Efecto Concentración

La fuerza que mueve los nutrientes entre de la hoja es el gradiente de concentración entre la superficie y el espacio interno de la hoja.



Based on: Eichert and Fernández (2012), in : Maschner 3rd ed.

El vapor de agua puede ser absorbido o perdido desde la gotita en base a la HR y a la Humedad Relativa Delicuescente del compuesto de nutriente (DRH).

- Si $RH < DRH$ la gotita de solución se evaporará, aumentando la concentración hasta la cristalización.
- Si $RH > DRH$ la gotita de solución ganará humedad, disminuyendo la concentración y el riesgo de lavado.

Adjuvantes

Adjuvant name on label	Proposed mode of action
<i>surfactant</i>	lowering surface tension
<i>wetting agent</i>	equivalent to "surfactant"
<i>detergent</i>	equivalent to "surfactant"
<i>spreader</i>	equivalent to "surfactant"
<i>sticker</i>	increasing solution retention; rainfastness
<i>retention aid</i>	increasing solution retention; rainfastness
<i>buffering agent</i>	pH buffering
<i>neutraliser</i>	pH buffering
<i>acidifier</i>	lowering pH
<i>penetrator</i>	increasing the rate of foliar penetration (e.g. by 'solubilizing' cuticular components)
<i>synergist</i>	increasing the rate of foliar penetration
<i>activator</i>	increasing the rate of foliar penetration
<i>compatibility agent</i>	improving formulation compatibility
<i>humectant</i>	retarding solution drying by lowering the formulation's point of deliquescence (POD) on the leaf
<i>drift retardant</i>	better spray targeting and deposition on foliage
<i>bounce and shatter minimizer</i>	better spray targeting and deposition on foliage

Factores que Afectan la Penetración Cuticular de las Formulaciones Foliares

- POD – es la Formulación en solución?
 - Humedad Relativa
 - Que varia a lo largo del día
 - Alterada por la canopia
- Es la molécula lipofilica (Urea, Boro etc.)
- Carga, Tamaño, Concentración
- Adyuvantes

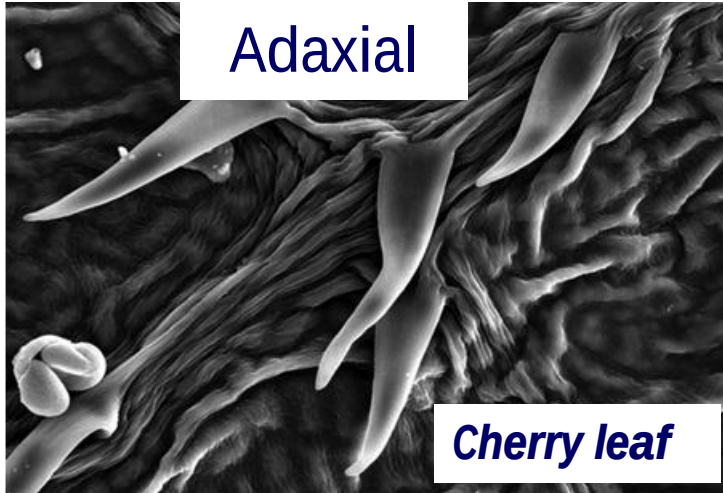
Factores, ambientales, fisiológicos y biológicos afectan la respuesta de la planta a la fertilización foliar

ASPECTOS CUANTITATIVOS Y FISIOLÓGICOS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Prediciendo la Efectividad de una Aplicación.

1. Características de la Cutícula y Penetración
2. Concentración de Nutrientes en la solución aplicada (POD, carga, límite de fitotoxicidad).
3. Retención de la Solución (por unidad de área foliar).
4. Área foliar por árbol (por ha).
5. Absorción foliar de nutriente (por unidad de área foliar, per árbol por hectárea).
6. Movilidad del nutriente(s) absorbido.

Adaxial

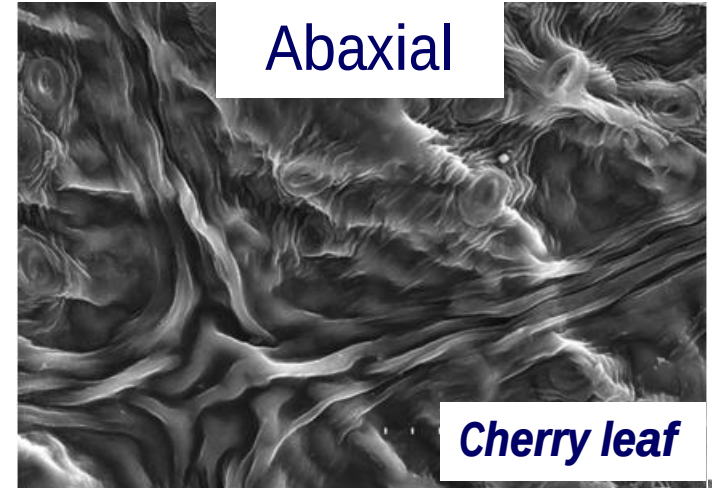


Cherry leaf

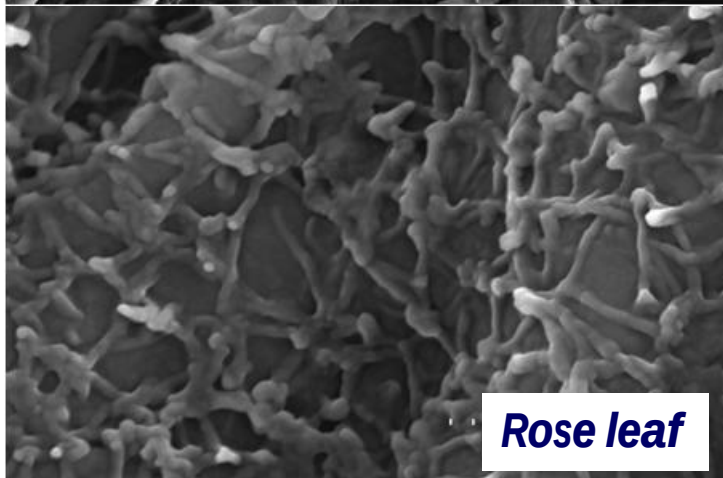
La composición de la Superficie y estructura foliar es altamente variable.

- Especie
- Superficie hoja
- Edad
- Ambiente
- Estado Nutricional

Abaxial



Cherry leaf

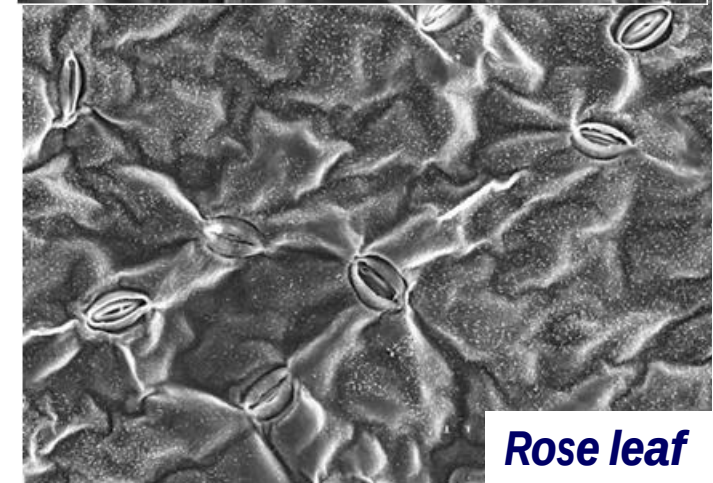


Rose leaf

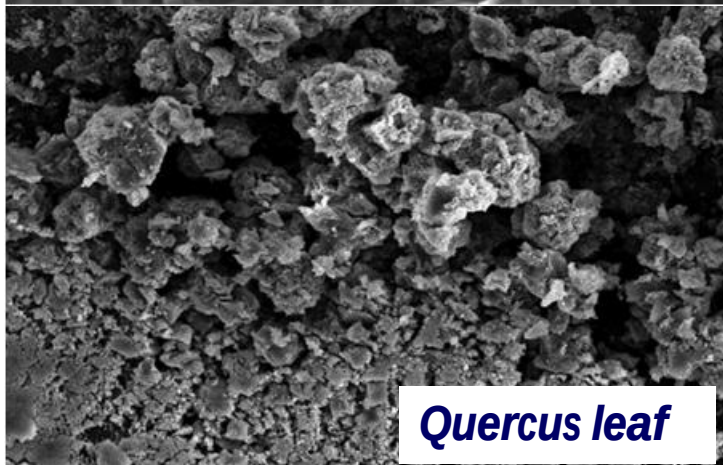
Ceras Epicuticular es en hojas de Manzano varían con el ambiente (Hellman and Stosser, 1992)

Camara de cria
= $10 \mu\text{g cm}^{-2}$

A campo
= $280 \mu\text{g cm}^{-2}$



Rose leaf

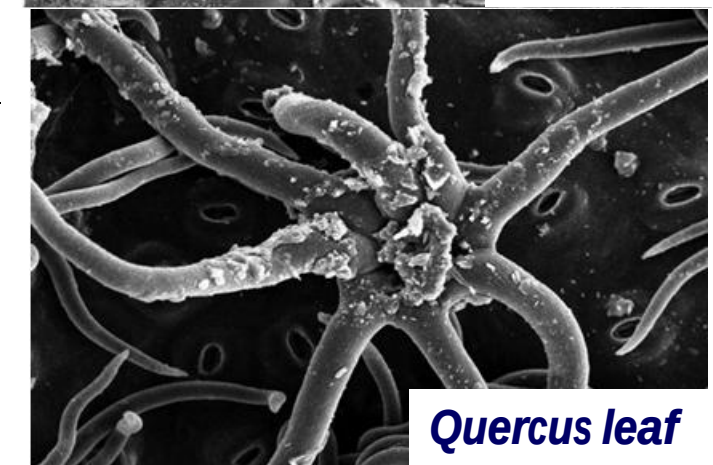


Quercus leaf

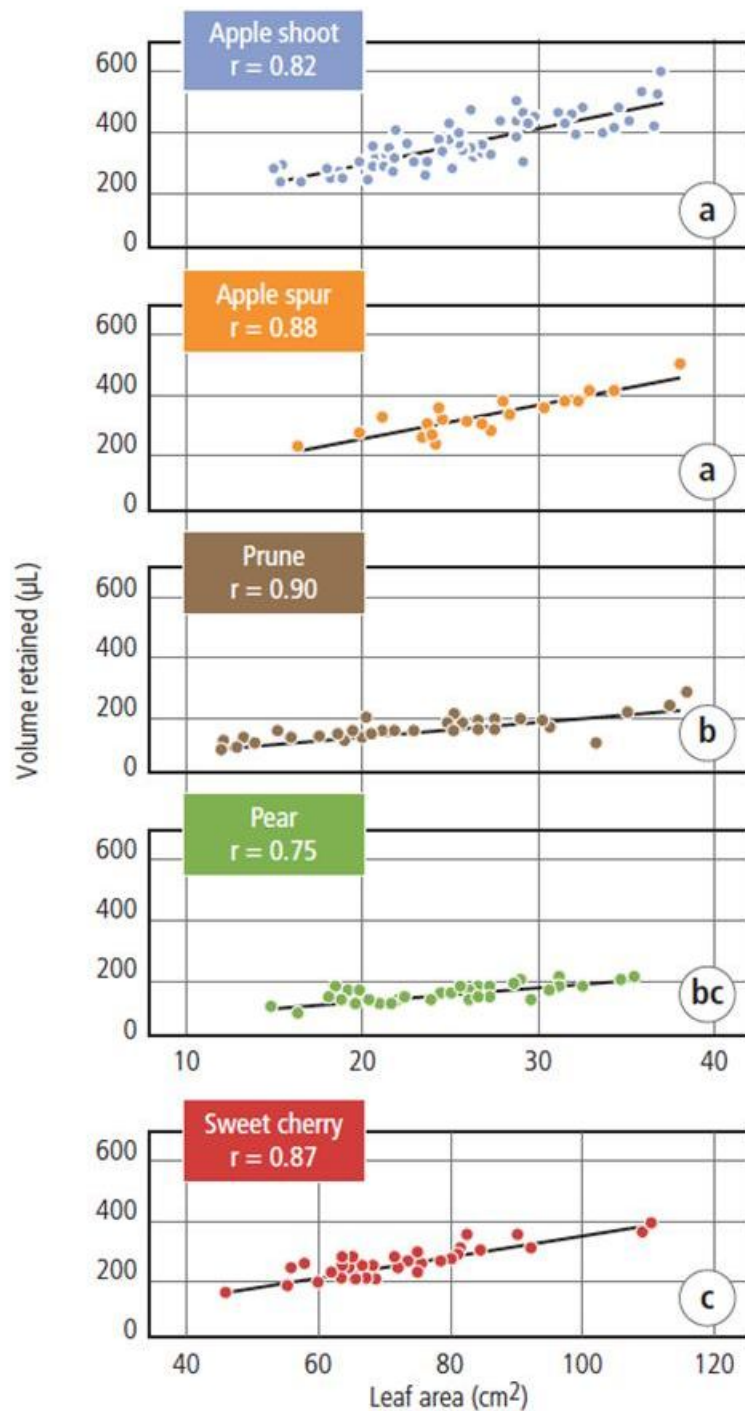
Ceras Epicuticulares en Nogal varian con la edad de la hoja Zhang and Brown, 1994)

40 Dias
= $38 \mu\text{g cm}^{-2}$

120 Días
= $430 \mu\text{g cm}^{-1}$



Quercus leaf



400

Volumen de
Solución Retenida
por las hojas

300

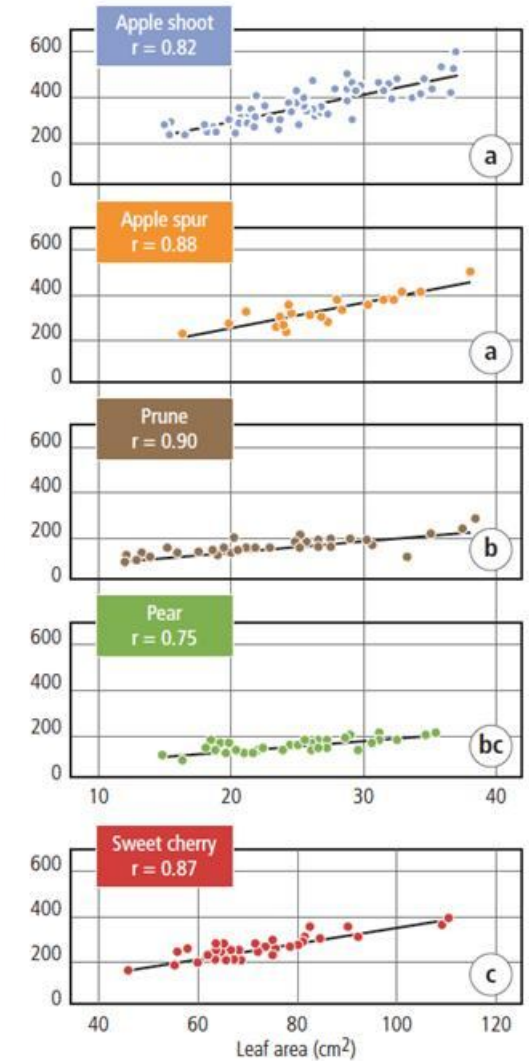
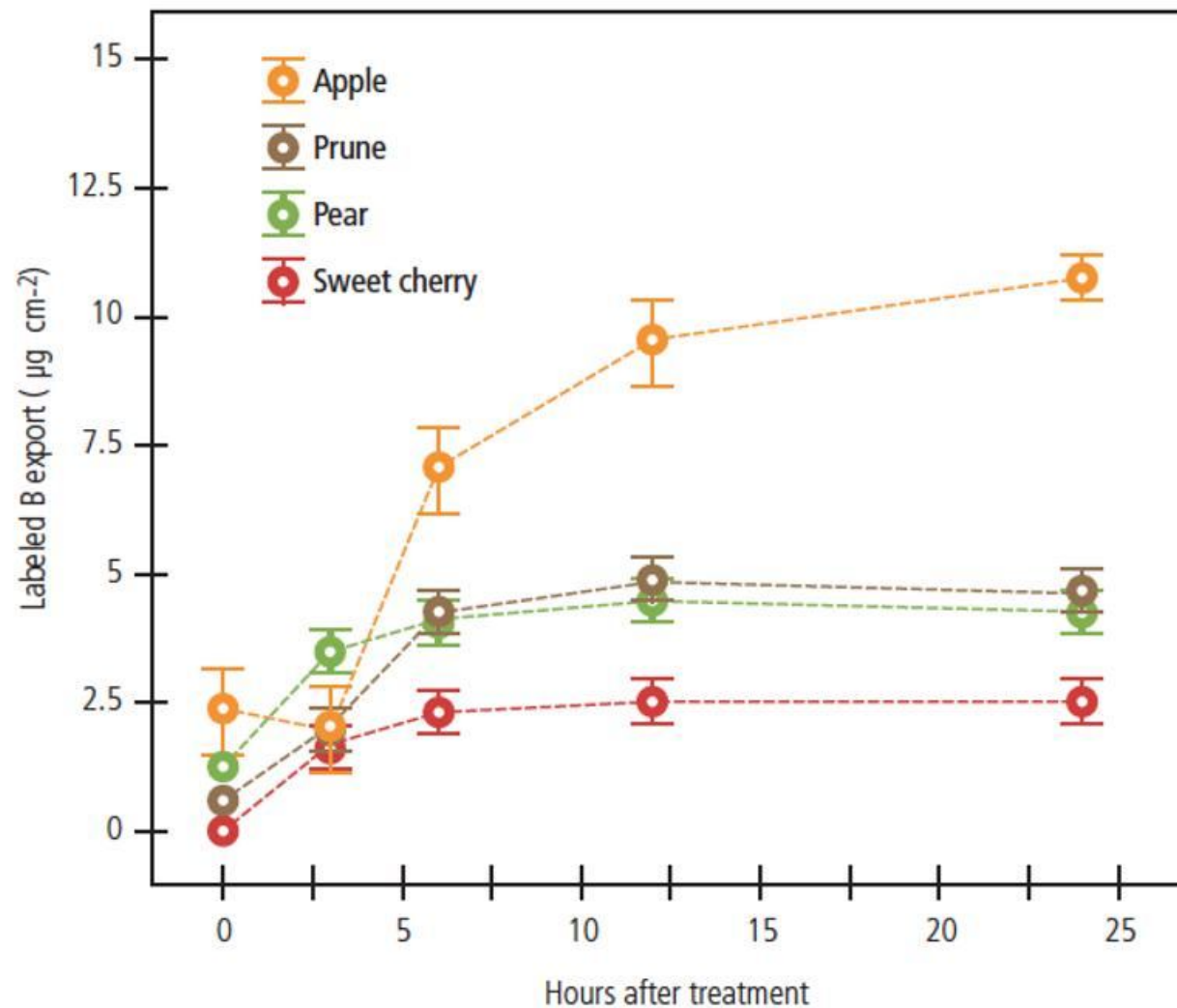
*Las Especies Difieren
en el Volumen
promedio retenido por
una Aplicación Foliar.*

180

130

220

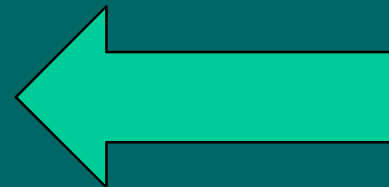
La Tasa de Absorción Foliar de Nutrientes Varía con la Especie



ASPECTOS CUANTITATIVOS Y FISIOLÓGICOS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Prediciendo la Efectividad de una Aplicación.

1. Características de la Cutícula y Penetración
2. Concentración de Nutrientes en la solución aplicada (POD, carga, límite de fitotoxicidad).
3. Retención de la Solución (por unidad de área foliar).
4. Área foliar por árbol (por ha).
5. Absorción foliar de nutriente (por unidad de área foliar, per árbol por hectárea).
6. Movilidad del nutriente(s) absorbido.



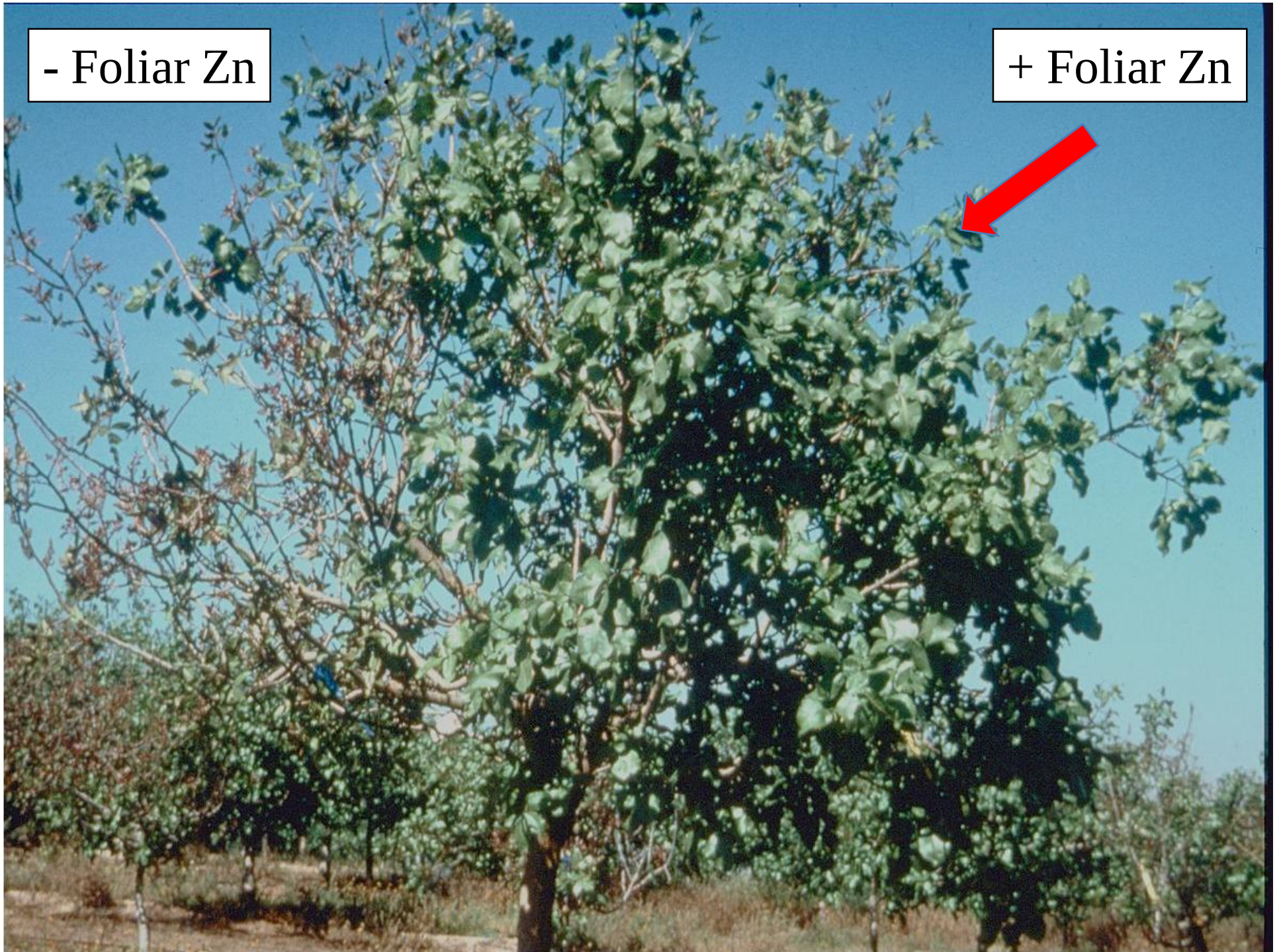
Transporte de Fertilizantes Foliare dentro de la Hoja y de la Planta.

TABLE 3.9 Mobility of nutrients in the phloem

Mobility		
High	Intermediate	Low
K	Fe	Ca
Mg	Zn	Mn
P	Cu	
S	B	
N (amino-N)	Mo	
Cl		
(Na)		

- Foliar Zn

+ Foliar Zn



Aun los Elementos Móviles No serán Exportados de Hojas Inmaduras

P Radioactivo aplicado a hojas de distinta edad

Madura

Joven

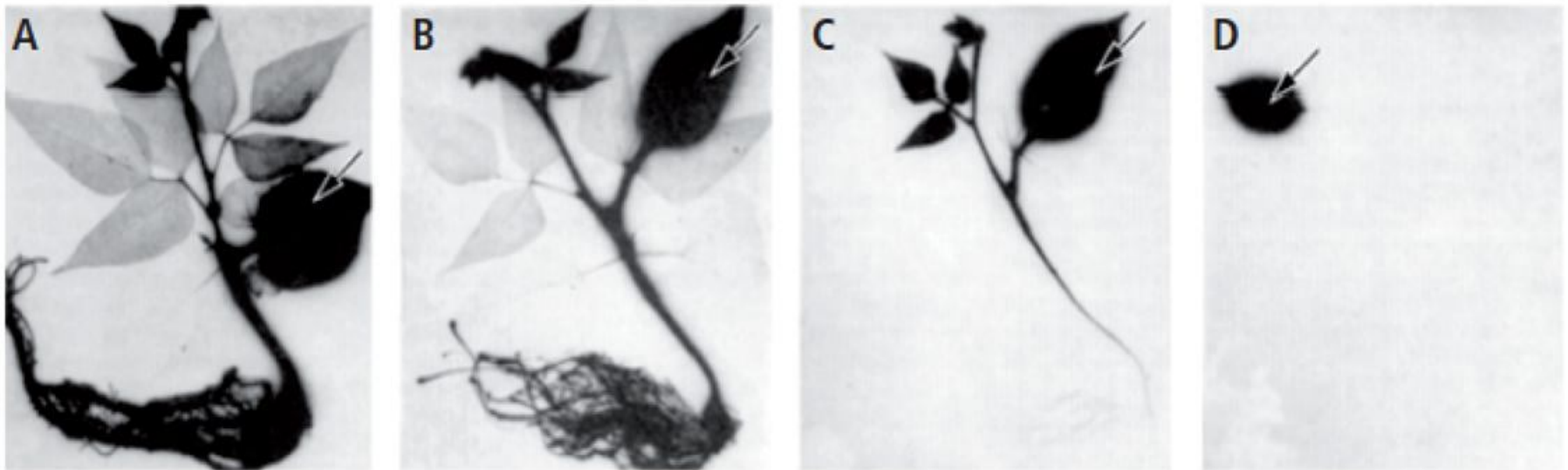
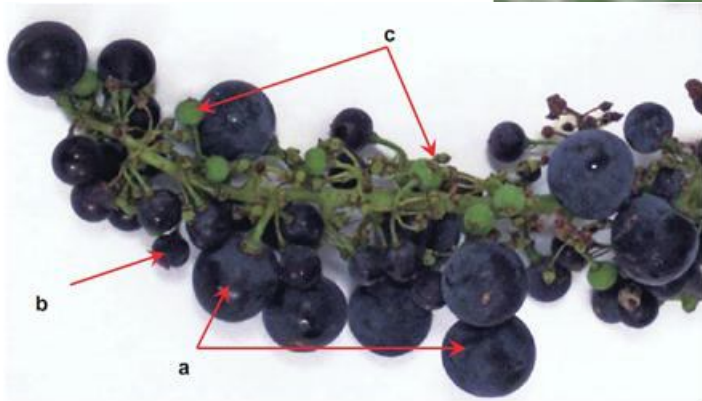


Figure 4.1. ^{32}P was applied to the indicated leaf (arrow) by immersion. 24 hours after exposure, plants were placed on X-ray film and the distribution of the labelled P was illustrated.

La Movilidad a veces no se Requiere

e.g. Zn, B, Mo Foliar en la floración.

Lo que importa es una buena cobertura antes que la movilidad



Factores que Afectan la Eficacia de los Fertilizantes Foliares

CAMINOS

- 1) La penetración directa a través de la cutícula es posible para moléculas no cargadas (Urea, boro...)
- 2) Los elementos con carga penetran a través de rajaduras y poros.
- 3) También ocurre penetración a través de los estomas, lenticelas, corteza, brotes.

LA TASA DE ABSORCION DEPENDE DE:

- 1) Concentración de la solución pulverizada
 - 1) POD, Humedad, Tasa.
 - 2) Surfactantes, humectantes
 - 3) Toxicidad

CONSIDERACIONES AGRONOMICAS & ESPECIES :

- 1) Tamaño de Canopia, Retención Foliar
- 2) Estadio de crecimiento de la Planta
- 3) Diferencias entre Especies en la Cutícula

Resumen: El Rol de los Fertilizantes Foliares

JUSTIFICACION BIOLOGICA:

- 1) Para superar limitantes de suelo que restringen la solubilidad o movilidad de los elementos
- 2) Para corregir 'Deficiencias Transitorias o de corto plazo de *Nutriente*'
 - 1) *LIMITADA POR LA CANTIDAD DE NUTRIENTES QIE PUEDE SER APLICADO*
 - 2) *COMPLICADO POR LA INCERTEZA E INTERACCIONES AMBIENTALES*
 - 3) *LA MOVILIDAD D ELOS TELEMENT OS HACEN LA DIFERENCIA*

JUSTIFICACION ECONOMICA Y CONSIDERACIONES PRACTICAS :

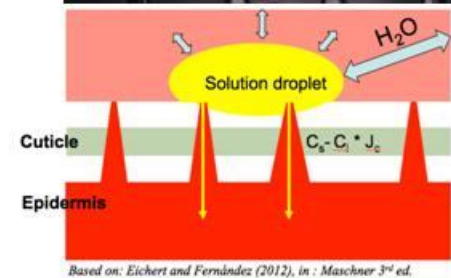
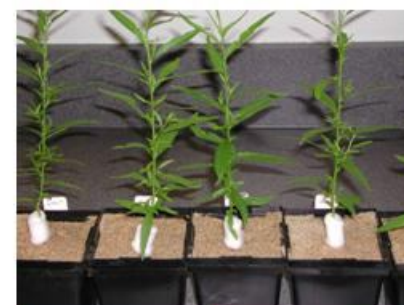
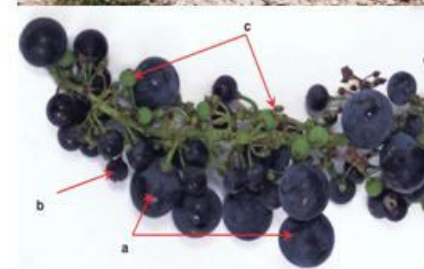
- 1) Costos y beneficios relativos (requiere medir la eficacia y consistencia)
- 2) Puede predecirse la necesidad de fertilizantes foliar y el tratamiento implementado (requiere entender fisiología vegetal y una medida de la eficacia y consistencia y oportunidad)

CONSIDERACIONES MECANISTICAS :

- 1) Como entran los nutrientes a la ahoja y que factores químicos y biológicos influyen en la eficacia
- 2) Como se comportan los nutrientes foliares una vez en el apoplasto y en el simplasto
- 3) Como son efectivamente transportados y utilizados, y de ahí como mejoran la productividad

Secretos para una Buena Fertilización Foliar

- Comprender porque podría necesitarse una fertilización foliar
 - limitaciones de suelo, limitaciones de raíces, demanda, fenología de la planta, ambiente, movilidad)
- Prestar atención a los estadios realmente críticos de desarrollo
 - floración, maduración , desarrollo de brotes
- Use productos que tengan algún desarrollo técnico de respaldo
 - Solubles, de adecuada POD/humedad, específicos del cultivo, fisiológicamente relevante, bien evaluados
 - Evalué a campo y Optimice, pero hágalo adecuadamente!
 - Evalué aplicaciones en parcelas de 10 arboles/vinas, repita un mínimo de 4 veces distribuido al azar en el lote /quinta
 - Coseche / muestree las parcelas por separado.



Gracias

