

Importancia de la concentración de calcio en las soluciones nutritivas

Al reducir la dosis aplicada de calcio disminuye la absorción de otros elementos nutritivos

El objetivo de este trabajo es conocer la respuesta de un cultivo de melón tipo Galia a diferentes concentraciones de calcio en la disolución nutritiva. Con el propósito de conocer el efecto que la reducción de la concentración de calcio produce en la calidad y producción de un cultivo de melón, se ha estudiado la relación entre el consumo de los diferentes aniones y cationes (nitratos, fosfatos, potasio, magnesio, etc.) y el consumo hídrico, así como las emisiones al medio ambiente de nitratos y fosfatos.

M.C. Salas, M. Urrestarazu, A. Bretones, J.A. Sánchez-Romero.

Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Almería.

El calcio (Ca) es un nutriente básico para el correcto crecimiento de las plantas y es esencial en la división y expansión celular (White *et al.*, 2000). Es uno de los nutrientes más importantes para la estabilidad de las membranas y para mantener la integridad de las células, división celular y crecimiento (Hepler y Wayne, 1985). El Ca se absorbe y transporta como ión Ca^{2+} , principalmente vía xilemática por el flujo apoplástico, y su consumo está limitado a las raíces jóvenes (Hanson, 1982). La movilidad del calcio dentro de la planta es muy baja porque el transporte por el floema es insignificante (Marschner, 1995).

El calcio está implicado en numerosos procesos fisiológicos y es esencial en los tejidos de la planta. En ausencia de calcio las membranas se vuelven acuosas (Kirby y Pilbeam, 1984).

Muchos estudios demuestran la importancia del calcio en los desórdenes en los frutos. Este nutriente es frecuentemente aplicado en la solución nutritiva en altas concentraciones durante todo el cultivo, sin considerar el estado fenológico de las plantas.

En los cultivos hortícolas intensivos se acostumbra a aplicar tanto el agua como los fertilizantes en exceso para asegurar que no haya escasez en la solución nutritiva. Esta práctica permite unos máximos rendimientos pero implica un aumento de la contaminación de los sistemas agrícolas. En la actualidad, el desarrollo de tecnología, los cambios en la política agraria y las nuevas regulaciones ambientales están cambiando la producción agrícola (Attwood *et al.*, 2000). Mejorar la eficacia en el manejo de los fertilizantes contribuiría a aumentar los beneficios manteniendo el rendimiento de los cultivos y reduciendo la contaminación. Para incrementar la eficiencia en el uso de los nutrientes es necesario conocer las concentraciones óptimas requeridas por las plantas en cada estado fenológico y objetivo productivo.

Normalmente, el Ca también es aplicado en altas concentraciones en los cultivos hortícolas, tales como tomate y pimiento,



Fruto del cultivar de melón tipo Galia y desarrollo vegetativo de la planta en pleno desarrollo del fruto.

para evitar la podredumbre apical (*Blossom end rot*) durante el desarrollo del fruto. Como en muchas otras plantas, la carencia de calcio en melón ha sido atribuida a la sensibilidad varietal (Coosemans, 1989), a una elevada humedad relativa, a la alta concentración salina en la disolución nutritiva o en la hoja (Mason y Guttridge, 1975), etc. El aumento de los niveles de Ca en la solución nutritiva incrementa los niveles foliares de este elemento (De

Kreij, 1995); sin embargo, no previene la aparición de la deficiencia en el fruto si la humedad ambiental es elevada. En una revisión reciente, Mulrooney (1999) sugiere que el consumo de agua está relacionado con el consumo de Ca, de forma que cuando las plantas están sometidas a un estrés hídrico el consumo de Ca, K y Mg se reduce.

Aunque las altas concentraciones de Ca podrían reducir importantes desórdenes fisiológicos en los frutos, el objetivo de este trabajo es conocer la respuesta de un cultivo de melón tipo Galia a diferentes concentraciones de Ca en la disolución nutritiva. Con el objetivo de conocer el efecto que la reducción de la concentración de Ca produce en la calidad y producción de un cultivo de melón, se estudiaron la relación entre el consumo de los diferentes aniones y cationes (nitratos, fosfatos potasio, magnesio, etc.) y el consumo hídrico, así como las emisiones al medio ambiente de nitratos y fosfatos.

Descripción del experimento

El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad de Almería localizado en La Cañada de San Urbano (Almería). El cultivo de melón tipo Galia (*Cucumis melo* L. cv. Alpes-Rijk Zwaan) en fibra de coco se transplantó en febrero y la última recolección se realizó a finales de junio.

Durante el experimento se ensayaron dos disoluciones nutritivas diferenciadas por la concentración de Ca aplicada: 9 (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). Los niveles bajos de Ca fueron aplicados a partir del período de maduración de los primeros frutos y se mantuvo hasta el final del ciclo. Para mantener la composición de la disolución nutritiva de los demás elementos, se ajustó la suma de aniones (cationes) a 20 mmol_c l⁻¹.

Para conocer el efecto de los tratamientos, se determinaron algunos parámetros de fertirrigación como el consumo de iones (NO₃⁻, H₂PO₄⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) y emisiones de aniones (NO₃⁻ y H₂PO₄⁻), consumo hídrico, CE, pH y proporción (%) de los drenajes.

También se cuantificaron la producción total y precoz y determinados parámetros de calidad en los frutos, como los sólidos solubles (°Brix), dureza (kg), materia seca (%) y calibre (diámetro ecuatorial del fruto (cm).

En el análisis estadístico de los resultados se empleó la probabilidad asociada a la t de Student, y los niveles de significación considerados fueron 95% (p≤0,05), 99% (p≤0,001), que se nombran como significativo y altamente significativo, respectivamente.

FIGURA 1.

Producción total y precoz (kg m⁻²) de un cultivo de melón tipo Galia (cv. Alpes) en función de la concentración de Ca en la solución nutritiva: 9 mmol_c l⁻¹ (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 no significativo)

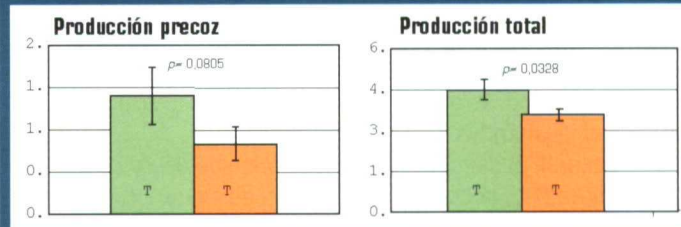
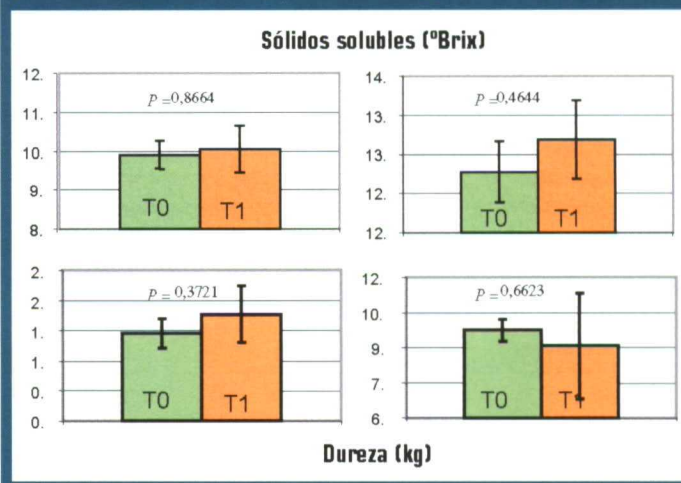


FIGURA 2.

Parámetros de calidad de los frutos de melón tipo Galia (cv. Alpes) en función de la concentración de Ca en la solución nutritiva: 9 mmol_c l⁻¹ (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 no significativo)



te. Y fueron considerados no significativos aquéllos menores del 95% (p>0,05) (Little y Hills, 1976).

NUEVA GAMA DE PULVERIZADORES

Contigo en todos los campos.

BELLOTA
División Agricultura



Pulverizador mochila de presión retenida
16 litros

Pulverizador mochila de presión retenida
12 litros

Pulverizador de presión previa
9 litros

Pulverizador de presión previa
5 litros

Pulverizador de presión previa
1,5 litros

ABSORCIÓN

► Análisis de los resultados

Influencia sobre la producción y la calidad

El efecto sobre la producción al disminuir la concentración de Ca en la solución nutritiva afectó significativamente a la producción total; la producción era mayor cuando se aplicaba la mayor concentración durante todo el ciclo de cultivo (T0). La producción media del tratamiento T0 (solución nutritiva completa) fue 4,49 kg m⁻² frente a los 3,57 kg m⁻² del tratamiento T1 (solución nutritiva con 75% de Ca) (figura 1). La producción precoz no mostró diferencias significativas al disminuir la cantidad de calcio aportada en la solución nutritiva.

En general, al disminuir la concentración de calcio en la solución nutritiva (T1), la calidad de los frutos de melón (°Brix, diámetro y firmeza) mejora en valor absoluto aunque no significativamente (figura 2).

Influencia sobre las características del fertirriego

De igual manera que ocurre con los parámetros de calidad de los frutos, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la CE, pH y proporción (%) de los drenajes (p>0,05) (cuadro I).

El consumo hídrico tampoco se ve afectado por la disminución de la concentración de Ca en el fertirriego, coincidiendo con tra-

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS DE LOS DRENAJES Y CONSUMO HÍDRICO EN UN CULTIVO DE MELÓN TIPO GALIA (cv. Alpes) EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Ca EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA: 9 mmol_c l⁻¹ (T0) Y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 NO SIGNIFICATIVO).

	Drenaje						Consumo hídrico	
	CE (dS m ⁻¹)		pH		%		(l m ⁻² día ⁻¹)	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
DS	3,42	3,47	6,29	6,03	16,01	22,76	2,74	2,53
P	0,43	0,28	0,01	0,29	1,29	2,73	0,04	0,07
P	0,8933		0,4250		0,1319		0,0953	

CUADRO II. CATIONES Y ANIONES INCORPORADOS (mmol_c m⁻²) EN UN CULTIVO DE MELÓN TIPO GALIA (cv. Alpes) DESDE EL INICIO DE LA MADURACIÓN HASTA FIN DE CULTIVO EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Ca EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA: 9 (T0) Y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 NO SIGNIFICATIVO).

Cationes								
	K ⁺		Na ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
	DS	3.448	2.658	509	1.178	3.968	2.298	1.745
P	56	31	10	2	50	101	18	51
P	0,0092		0,0050		0,0084		0,0312	
Aniones								
	Cl ⁻		NO ₃ ⁻		H ₂ PO ₄ ⁻		SO ₄ ²⁻	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
	DS	1.396	758	6.668	5.050	556	205	1.588
P	94	213	139	103	18	7	34	195
P	0,1061		0,0077		0,0115		0,1361	

bajos que demuestran que la falta de Ca no reduce la transpiración foliar (Del Amor y Marcelis, 2005).

Lo mismo ocurre cuando se analizan las emisiones desde el

FIGURA 3.

Emisiones de nitratos y fosfatos (mmol_c m⁻²) en un cultivo de melón tipo Galia (cv. Alpes) desde el inicio de la maduración hasta fin del cultivo en función de la concentración de Ca en la solución nutritiva: 9 (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 no significativo)

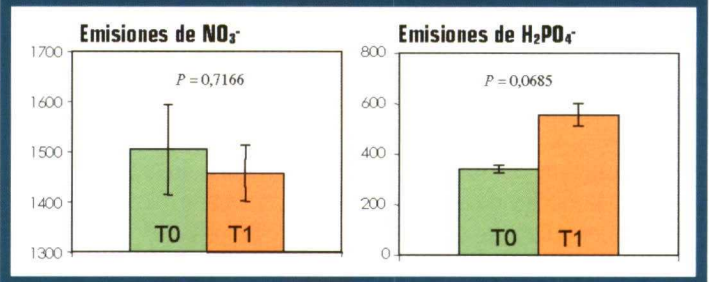


FIGURA 4.

Magnesio incorporado (mmol_c m⁻²) al sistema en un cultivo de melón tipo Galia (cv. Alpes) desde el inicio de la maduración hasta fin del cultivo en función de la concentración de Ca en la solución nutritiva: 9 (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 no significativo)

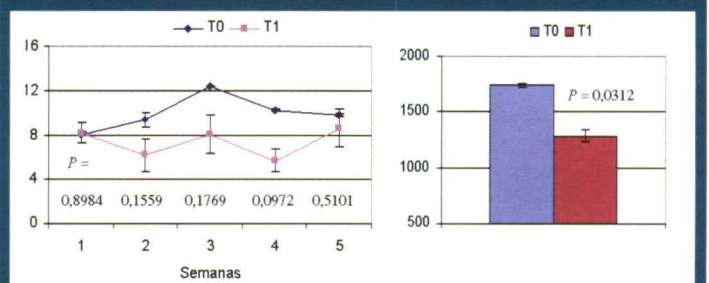
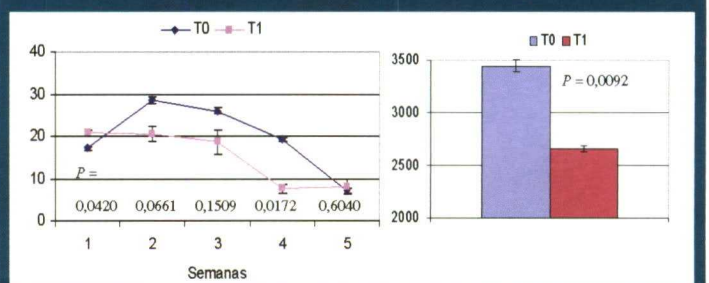


FIGURA 5.

Potasio incorporado (mmol_c m⁻²) al sistema en un cultivo de melón tipo Galia (cv. Alpes) desde el inicio de la maduración hasta fin del cultivo en función de la concentración de Ca en la solución nutritiva: 9 (T0) y 7 mmol_c l⁻¹ (T1). (p>0,05 no significativo)



sistema de nitratos y fosfatos (**figura 3**). Sin embargo, las emisiones de fosfatos, aunque no significativamente ($P=0,0685$), son un 63% mayores cuando se reduce la concentración de Ca en el fertirriego (T1).

Influencia en la absorción de nutrientes

Se cuantificó el consumo total de cada nutriente desde el inicio de la maduración de los frutos (momento en que se disminuye la aportación de Ca en T1) hasta el final del cultivo (**cuadro II**). Se observaron diferencias en el consumo de nutrientes durante el experimento, diferencias que fueron estadísticamente significativas en algunas de las semanas y en el consumo total (Salas *et al.*, 2005). En efecto, el consumo de nutrientes es diferente según la concentración de Ca en la solución nutritiva; es mayor en el tratamiento con la mayor concentración de Ca (T0); para todos los cationes se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$ y Mg con $p < 0,05$). La diferencia en el consumo de nitratos y fosfatos fue estadísticamente significativa para el consumo total en las últimas semanas del ciclo de cultivo.

En general, la reducción de la concentración de calcio en la solución nutritiva de 9 a 7 mmol/L reduce significativamente la absorción de la mayoría de elementos nutritivos.

Según investigaciones realizadas por Agüi *et al.* (1979) en plantas de tomate, la deficiencia de calcio favoreció la absorción de Mg, mientras que su influencia sobre la del K fue prácticamente nula, resultados que no coinciden con los obtenidos



Saleplas Filtrado @SF

Tecnología



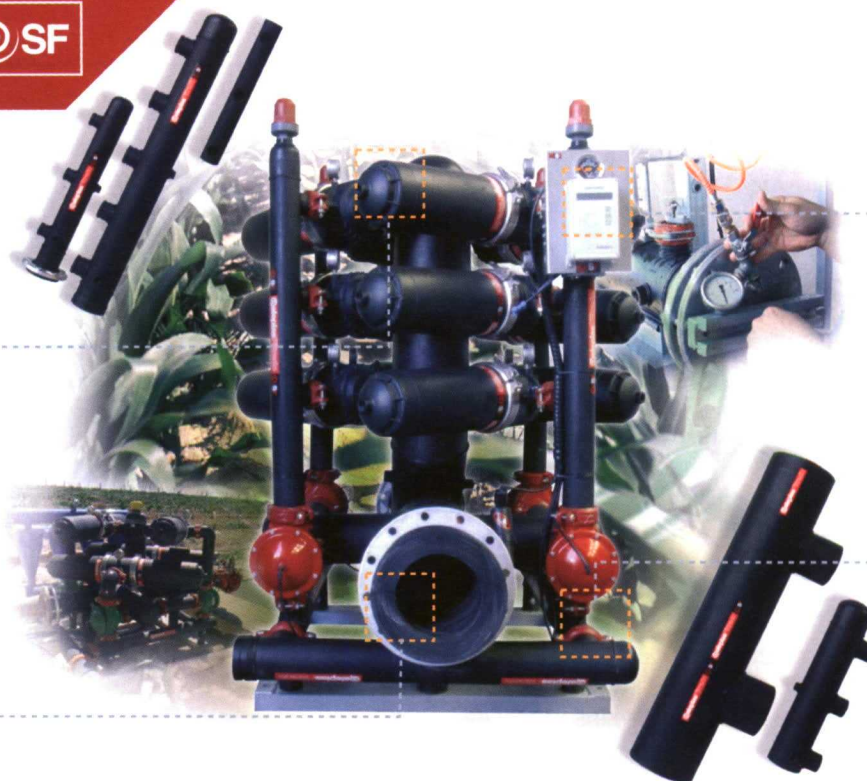
Calidad



Innovación



Servicio



Saleplas
sistemas de riego irrigation systems

diseñamos soluciones



en el ensayo realizado. Tanto la absorción de K como de Mg se reduce significativamente al reducir las aportaciones de Ca en la solución de riego.

Por otra parte, otros estudios demuestran que la deficiencia de calcio reduce drásticamente la absorción de P, disminuyendo su contenido en la raíz (Morard *et al.*, 1996), y la de NO_3^- (Wieneke, 1995). Coincidiendo con los resultados del experimento con melón, la reducción de la concentración del Ca supuso una disminución altamente significativa ($p \leq 0,001$), del 24 y 63% en el consumo de nitrato y fosfato, respectivamente, lo cual queda incluso reflejado en la disminución de las emisiones de fosfatos desde el sistema anteriormente descrito.

Para el tratamiento T0 (solución nutritiva completa durante todo el ciclo), en la **figura 4** se observa cómo el consumo de Mg es más constante y menor que la absorción de potasio (**figura 5**). Sin embargo, el Mg es consumido de forma más homogénea durante todo el ciclo y en menor concentración coincidiendo con trabajos realizados en tomate (De Kreij, 1995). La cantidad de magnesio consumida varía entre 8 y 12 $\text{mmol}_c \text{ l}^{-1}$; sin embargo, en el caso del K estas variaciones oscilan entre 8 y 30 $\text{mmol}_c \text{ l}^{-1}$.

La absorción de magnesio (**figura 4**) a lo largo del ciclo no muestra diferencias significativas en función de los tratamientos. Sin embargo, la absorción es mayor en el caso del tratamiento T0 (solución nutritiva completa) durante las semanas analizadas. De esta manera, sí se observan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la cantidad total absorbida a favor del tratamiento T0 (solución nutritiva completa). En contra de lo esperado, la disminución de calcio en la solución nutritiva no favorece la absorción de magnesio como muestran las investiga-

ciones realizadas por Agüi *et al.* (1979) en plantas de tomate.

La absorción de potasio (**figura 5**) presenta diferencias significativas en función de los tratamientos en la primera semana ($p=0,042$) y en la cuarta ($p=0,0172$). La absorción es mayor en las plantas del tratamiento T0 (solución nutritiva completa). Esta absorción diferencial en función de la disminución de la concentración de calcio se vio reflejada significativamente a favor del tratamiento T0 (solución nutritiva completa) al 99% de probabilidad ($p \leq 0,0092$). Sin embargo, no coincide con los resultados obtenidos en plantas de tomate por Agüi *et al.* (1979), donde la deficiencia de calcio no tiene casi influencia sobre la absorción de potasio.

Conclusiones

- La disminución de la concentración de calcio (9 y 7 $\text{mmol}_c \text{ l}^{-1}$) en la solución nutritiva aportada a un cultivo de melón tipo Galicia desde el inicio de la maduración hasta fin del cultivo, afectó negativamente a la producción total, mientras que no se observaron diferencias en la producción precoz.
- No mostró una influencia significativa sobre los parámetros de calidad de los frutos de melón (sólidos solubles, diámetro, firmeza y materia seca).
- No afectó al consumo hídrico del cultivo, sin embargo la absorción de elementos nutritivos (nitratos, fosfatos, potasio y magnesio) de las plantas disminuyó significativamente al disminuir la cantidad de calcio aportada en la solución nutritiva.
- La emisión de aniones contaminantes (nitratos y fosfatos) no se vio afectada significativamente por la cantidad de calcio aportada en la solución nutritiva. ■

Bibliografía

- Agüi, I., Gomez, M. y Recalde, L. 1979. Interacciones entre K, Ca y Mg a nivel de su absorción y distribución en plantas de tomate. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 38: 267-281.
- Atwood, J.D., McCarl, B., Chen, C.C., Eddleman, B.R., Nayda, B. y Srinivasan, R. 2000. Assessing regional impacts of change: linking economic and environmental models. *Agricultural Systems* 63: 147-159.
- Coosemans, J. 1989. Leaf tipburn on strawberry. *Acta Hort.*, 265: 489-496.
- Del Amor, F. M. y Marcelis, L.F.M. 2005. Response of Plant Growth to Low Calcium Concentration in the Nutrient Solution. *Acta Hort.* 697: 529-533.
- De Kreij, C. 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. *Acta Hort.* 408: 47-61.
- Hanson, J. B. 1982. The function of calcium in plant nutrition. *Adv. Plant Nutrition* 1: 149-159.
- Hepler, P.K. y Wayne, R.O. 1985. Calcium and plant development. *Ann. Review Plant Physiol.* 36: 397-439.
- Kirby, E.A. y Pilbeam, D.J. 1984. Calcium as plant nutrient. *Plant Cell Environmental* 7: 397-405.
- Little, T.M. y Hills, F.J. 1987. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. México.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd. Ed. London. 889.
- Morard P, Pujos A., Bernadac, A. y Bertoni G. 1996. Effect of temporary calcium deficiency on tomato growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 19: 115-127.
- Mason, G.F. y Guttridge, C.G. 1975. The influence of relative humidity and nutrition on leaf tipburn of strawberry. *Scientia Horticulturae* 339-349.
- Mulrooney (1999) Mulrooney, R. 1999. Blossom-end Rot in Vegetables. University of Massachusetts Vegetable Facts, L268.
- Salas, M.C., Urrestarazu, M., Bretones, A. y Sánchez-Romero, J.A. 2005. Melon Crop Response to Different Levels of Calcium in the Nutrient Solution. *Acta Hort.* 697: 487-492.
- White, P.J. 1999. Calcium channels in the plasma membrane of root cells. *Ann bot.* New York, Academic Press, p. 1173-1183.
- White, P.J., Pneros, M., Tester, M. y Ridout, M.S. 2000. Cation permeability and selectivity of root plasma membrane calcium channel. *J Memr bio.* 174 :71-83.
- Wieneke, J. 1995. Altered influx/efflux relations of nitrate in roots due to nutrient stress. Effect of calcium limitations. *Journal of Plant Nutrition* 18: 1563-1576.