

CALCIO EN POMACEAS: LA EXPERIENCIA CHILENA

José Antonio Yuri S., Claudia Moggia L. y Jorge Retamales A.

Cuando nos decidimos abordar el problema del Calcio en manzanos, se presentaron una serie de preguntas, especialmente considerando el control de desórdenes de postcosecha mediante aplicaciones foliares del elemento en el huerto.

Si bien estas preguntas no han podido ser repondidas en su totalidad, consideramos necesario presentarlas y discutir las, en base a los resultados que hasta la fecha disponemos. Estas podrían resumirse como sigue:

- 1 Son efectivas las aplicaciones Foliares de Calcio?
- 2 Cuántas aplicaciones realizar en la temporada?
- 3 Cuáles son las épocas óptimas de aplicación?
- 4 Cuáles son las condiciones óptimas de aplicación?
- 5 Qué formas de Calcio son las más apropiadas?
- 6Cuál es la eficiencia de absorción del elemento a través de los frutos?
- 7 Cuánto producto es localizado en los diversos órganos de la planta, especialmente en los frutos?
- 8 Existe removilización del elemento desde otros órganos hacia la fruta?
- 9 Cómo penetra el Calcio a la fruta?
- 10 Es efectiva la ducha o baño de Calcio en Postcosecha?
- 11 Es importante el análisis de Calcio en el fruto, considerando la toma de muestra y el tejido a analizar?
- 12Cuál es el costo/beneficio de las aplicaciones?
- 13 Existen formas alternativas de aplicaciones de Calcio?

MATERIAL Y METODO

En las temporadas 1990/1995 se estudió el efecto de las aplicaciones foliares de Calcio en huerto y el baño de fruta en postcosecha, utilizando diversas formulaciones de Calcio, variando las fechas de aplicación.

Variedades: Granny Smith/MM 106 (8-10 años)
Braeburn/Franco (4 años)

Zona: Curicó/Linares - VII Región, CHILE (35° S, 71° O)

Temporadas: 1990/1995

Productos aplicados:

CaCl₂: 5 kgs/ha
Wuxal Calcio: 5 lts/ha
Nutraphos 20: 8 kgs/ha
Stopit: 5 lts/ha
Packhard: 5 lts/ha
Testigo: 0 lts/ha

Comparación entre productos comerciales que aportan Calcio

Elemento	CaCl ₂	Stopit	Nutraphos	Wuxal
Calcio	27.2	14.9	20.0	17.1
Nitrógeno	0.0	0.0	0.0	16.0
Fósforo	0.0	0.0	10.5	0.0
Magnesio	0.0	0.0	2.0	1.8
Azufre	0.0	0.0	6.0	0.0
Cinc	0.0	0.0	12.0	0.032*
Boro	0.0	0.0	0.0	0.080
Manganeso	0.0	0.0	0.0	0.160*
Molibdeno	0.0	0.0	0.0	0.0016*
Cobre	0.0	0.0	0.0	0.064*
Hierro	0.0	0.0	0.0	0.080*
Dosis/ha	6.0 kg	5.0 l	8.0 kg	5.0 l
Dosis Ca/ha	2.2 kg	0.75 l	1.6 kg	0.86 l

*totalmente quelados

Dosis:

El siguiente cuadro resume la totalidad de los ensayos y productos aplicados en las 5 temporadas:

Tratamientos	%	Dosis kg/ha producto	kg/ha Ca
T0 = Testigo sin Ca	0	0	0
T1 = Wuxal Ca	0.35	42	7.2
T2 = Nutraphos20/28	0.35	42	8.4-11.8
T3 = Packhard-CaCl ₂	.35/.2	66	13.3
T4 = CaCl ₂	0.35	42-63	11.4-17.1
T5 = Stopit	0.35	42	6.3
T6 = Packhard	0.35	42	3.4

Cantidad de fruta a muestrear:

Para análisis mineralógico:

2 frutos/planta después de cada grupo de aplicaciones =
40 frutos

Para estudios de madurez:

15 frutos/planta a la cosecha: 300 frutos
50 frutos se les mide madurez inmediata
250 se guardan 4 meses en atmósfera convencional y se les
mide finalmente madurez

Toma de muestra:

Para la toma de muestra se determinó cosechar fruta desde la zona nor-poniente superior, considerando calibres entre 88-100

El efecto de los tratamientos sobre el calibre de la fruta se midió en 25 frutos/árbol, cosechados totalmente al azar, independiente de su tamaño y ubicación.

Volúmen de agua: 1.200-2.500 lts/ha

Epocas de aplicación:

3 tempranas:	1/2 Noviembre - inicios Diciembre
(3 media estación):	inicios Enero - fines Enero)
3 tardías:	inicios Febrero - inicios Marzo
6 aplicaciones: Temprana:	01.11.94 / 11.11.94 / 21.11.94
Tardía:	18.02.95 / 28.03.95 / 10.03.95

Fechas de muestreo

7 días después de los grupos de aplicaciones:

28.11.94
18.03.95

Inmersión o ducha: post-cosecha

Nº repeticiones: 5-8/tratamiento
2-4 árboles/repetición

Diseño: En hileras, al azar

Parámetros a medir:

fitotoxicidad eventual en hojas y frutos de los tratamientos

minerales en fruta: totales, en periferia ecuatorial sin epidermis

madurez: calibre
presión
sólidos solubles
Nº semillas
bitter pit interno y externo
otros desórdenes

RESULTADOS

Los resultados son expuestos utilizando las mismas preguntas realizadas al inicio del artículo. Se debe aclarar que no todas las respuestas entregadas corresponden a resultados propios, pues se hace necesario seguir investigando en torno a ellas.

1. Son efectivas las aplicaciones Foliare de Calcio en Precosecha?

Según literatura se ha documentado un aumento del orden de 0.1 mg de Ca/100 gr TF por cada aplicación, con un máximo de 0.65.

Lo anterior puede ser muy variable de temporada en temporada; los resultados obtenidos serán dependientes, asimismo, del tejido del fruto que se analice.

No obstante, en prácticamente todos los tratamientos estudiados en las pasadas temporadas, se ha logrado un aumento del Calcio en la fruta (Figura 1).

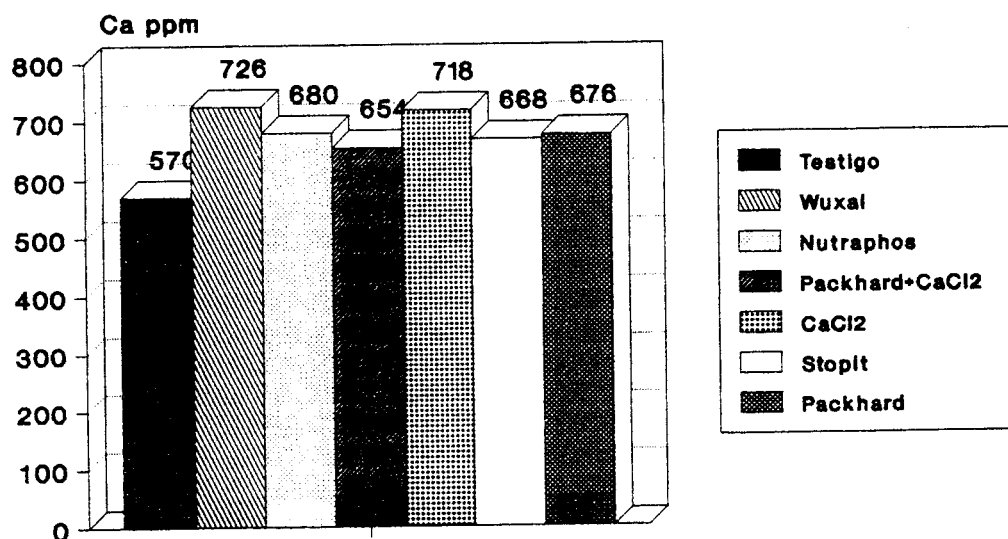


FIGURA 1. Aumento en el contenido de Calcio en frutos de manzano Braeburn, luego de realizar 3 aplicaciones con distintas formulaciones

El que se consiga un aumento en el contenido de Calcio de la fruta no significa necesariamente el control del bitter pit. Normalmente ello ocurre, aunque se observan también alteraciones en los parámetros de madurez de la fruta, los que son diferidos (Figura 2)

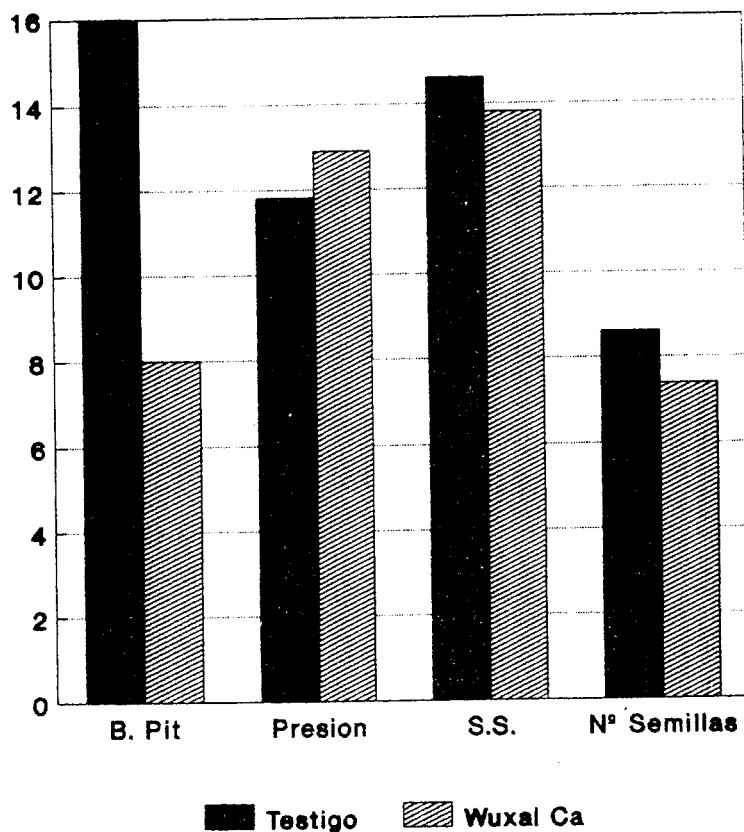


FIGURA 2. Variación de algunos parámetros de madurez de manzana Braeburn luego de 10 aplicaciones de Calcio (5 x Wuxal + 5 x CaCl₂).

2. Cuántas aplicaciones realizar en la temporada?

Dependiendo de la variedad, se recomiendan entre 6-10.

3. Cuáles son las épocas óptimas de aplicación?

Nosotros recomendamos 2 épocas: temprano (10-30 ddpf) y tarde en la temporada (120-150 ddpf), cuyas finalidades son diferentes.

Aplicaciones tempranas favorecerían la penetración del Calcio hacia tejidos más internos del fruto, evitando desordenes fisiológicos distinto al bitter pit; la cutícula se encuentra en este periodo poco desarrollada, permitiendo su absorción. Tiene el inconveniente de que el fruto es muy pequeño y fija muy poca cantidad de solución.

Aplicaciones tardías tienen la facilidad de entrar por una cutícula más resquebrajada; apunta directamente al control de bitter pit.

4. Cuáles son las condiciones óptimas de aplicación?

Entre los factores que afectan la absorción de Calcio foliar deberíamos considerar:

Temperatura ambiente: viscosidad de la solución
secado del tejido

Humedad Relativa: alta es ideal

pH: más bien básico

Formulación: CaCl_2 es muy fácilmente absorbido; higroscópico

Volúmen de mojamiento alto

Estado de la cutícula

Característica de cada variedad

Por lo anterior y desde un punto de vista práctico, debieramos aplicar Calcio en el crepúsculo, cuando las aspersiones pueden permanecer largo tiempo en forma líquida, evitando la presencia de viento.

5. Qué formas de Calcio son las más apropiadas?

CaCl_2 es barato, no produce quemadura de hojas y posee un alto grado de hidratación, por lo que atrae agua y se mantiene más periodo en solución. Puede afectar el calibre, debido al Cl. (Figura 3).

Las dosis están limitadas a menos de 1% por aplicación. CaNO_3 es igualmente económico, pero puede producir daño en los frutos. Aporta también Nitrógeno. Se usa en dosis igualmente limitadas.

Wuxal u otra forma compleja, si bien es más, tiene la ventaja de entregar otros elementos esenciales. En el caso del Wuxal Calcio, producto que nos ha dado muy buenos resultados en todos los ensayos realizados, su aporte de Zn y B puede ser relevante en favorecer el transporte de Calcio.

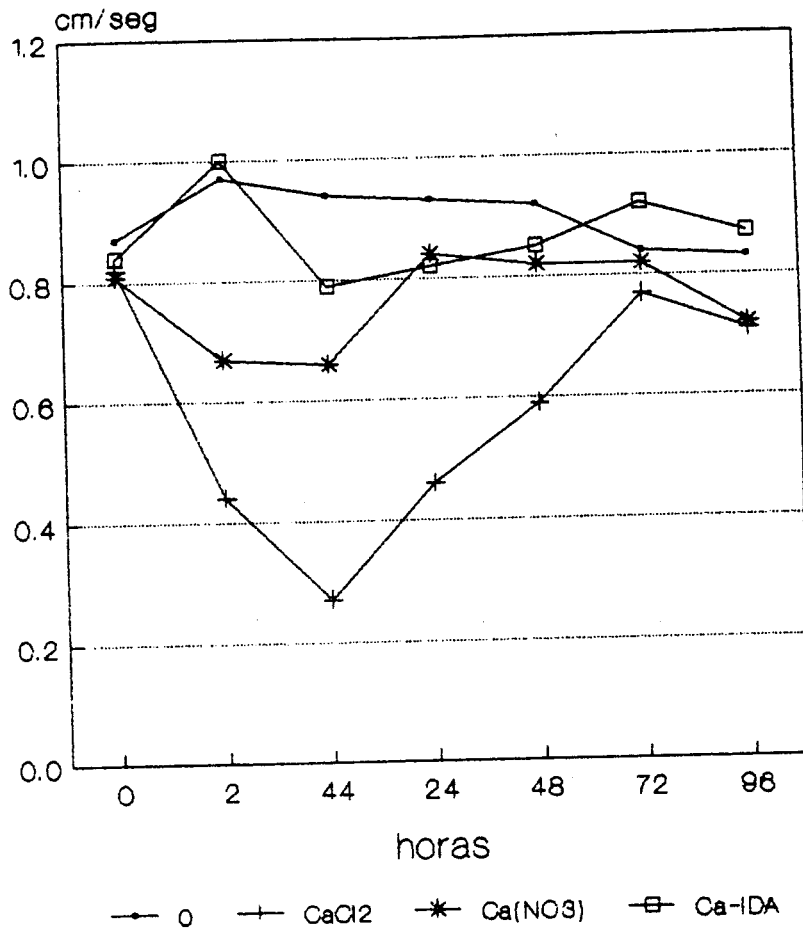


Figura 3. Efecto de diferentes formulaciones de Calcio sobre la conductancia estomática de hojas de manzano. De la figura se desprende que solo el CaCl_2 , en altas dosis, provoca un significativo cierre de los estomas, efecto que puede manifestarse como fruta de menor calibre.

El uso de tensoactivos está en discusión. La aplicación de espesantes en baños de postcosecha parece ser adecuado, al producir una película de la solución más gruesa en torno al fruto, aunque se han reportado problemas desde el punto de vista de su lavado posterior.

Lo contrario harían los tensoactivos, quienes favorecen un secado más rápido del fruto y con ello una menor absorción. Sin embargo, una fruta tratada con tensoactivo retiene casi el doble de solución que una sin él.

6. Cuál es la eficiencia de absorción de Calcio a través de los frutos?

No se conoce exactamente, pero debiera ser muy baja, hablándose de rangos entre el 5-10%

Lo anterior resulta contradictorio con los resultados obtenidos de las aplicaciones del elemento. Por ello la posibilidad de una redistribución o absorción tardía no está totalmente descartada.

7. Cuánto producto es localizado en los diversos órganos de la planta, especialmente en los frutos?

Según trabajos publicados, del orden del 1-2% puede ser localizado en los frutos, dependiendo del desarrollo de la canopia, que es inversamente proporcional a la eficiencia de localización.

Tabla 1. Localización de pesticida en diferentes partes de un manzano, con distintos volúmenes de aplicación. A la fruta, independiente del volúmen, le alcanza menos de un 2% del total.

Muestra	Volúmen de Aplicación (l/ha)	
	3750	560
	% depositado	
Follage	44.3	58.3
Frutos	1.9	1.8
Corteza	8.4	9.7
Total Planta	54.6	69.8
Total no Planta	45.4	30.2

8. Existe removilización del elemento desde otros órganos hacia la fruta?

Según antecedentes literarios, el Ca no es transportado por el floema (pH y precipitación con fosfatos) y el transporte hacia el fruto vía xilema solo acontecería en los 2 primeros meses después de la floración, puesto que este tejido se haría no funcional a partir de dicha época.

No obstante lo anterior, se puede apreciar un aumento en el contenido de Calcio en la fruta, mayor a la dilución del elemento debido al crecimiento. Ello haría pensar en un transporte posterior al periodo crítico.

9. Cómo penetra el Calcio a la fruta?

Principalmente vía cutícula, a través de sus grietas e imperfecciones. Las lenticelas juegan un rol secundario, salvo en inmersiones de postcosecha, que en algunos casos podría transformarse en negativo.

10. Es efectiva la ducha o baño de Calcio en Postcosecha?

Son deseadas, como complemento de las de precosecha (Figura 4). Debe tenerse sumo cuidado cuando se realizan, puesto que existen variedades que son sensibles a las soluciones de Calcio concentradas (3% o más).

Por ello, debe evitarse que la fruta se seque muy rápidamente, puesto que el Calcio se concentraría en las lenticelas, provocando su daño.

La literatura señala que las aplicaciones de Calcio de postcosecha podrían equivaler, desde el punto de vista del aporte del elemento, a 8 aplicaciones de precosecha (desde un punto de vista teórico podría llegar a ser 12). No obstante la efectividad de ellas está directamente relacionada con el nivel de Calcio con que viene la fruta desde el huerto.

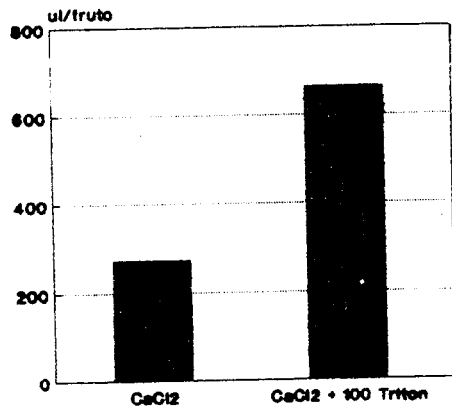


FIGURA 4. Cantidad de agua que retiene una manzana Granny Smith después de cosecha (calibre 100), al ser sumergida en una solución de CaCl₂ al 3%, en presencia o ausencia de un tensoactivo.

11. Es importante el análisis de Calcio en el fruto, considerando la toma de muestra y el tejido a analizar?

Debe ser cotejado con otra serie de parámetros, como ser: carga frutal, variedad, tejido analizado, época, vigor de la planta, calibre de la fruta.

En cuanto a cómo tomar la muestra de fruto en un huerto, se ha visto que existe una alta variabilidad en el contenido de Calcio entre frutos de un mismo árbol, mayor que el observado entre árboles diferentes. Ello hace necesario tomar un pequeño número de frutos (1-2), del mayor número de plantas posibles (10-50).

La Figura 5 muestra lo errático que puede ser, dependiendo del año, la relación que se obtiene entre contenido de Calcio en la fruta y probabilidad de bitter pit de esta.

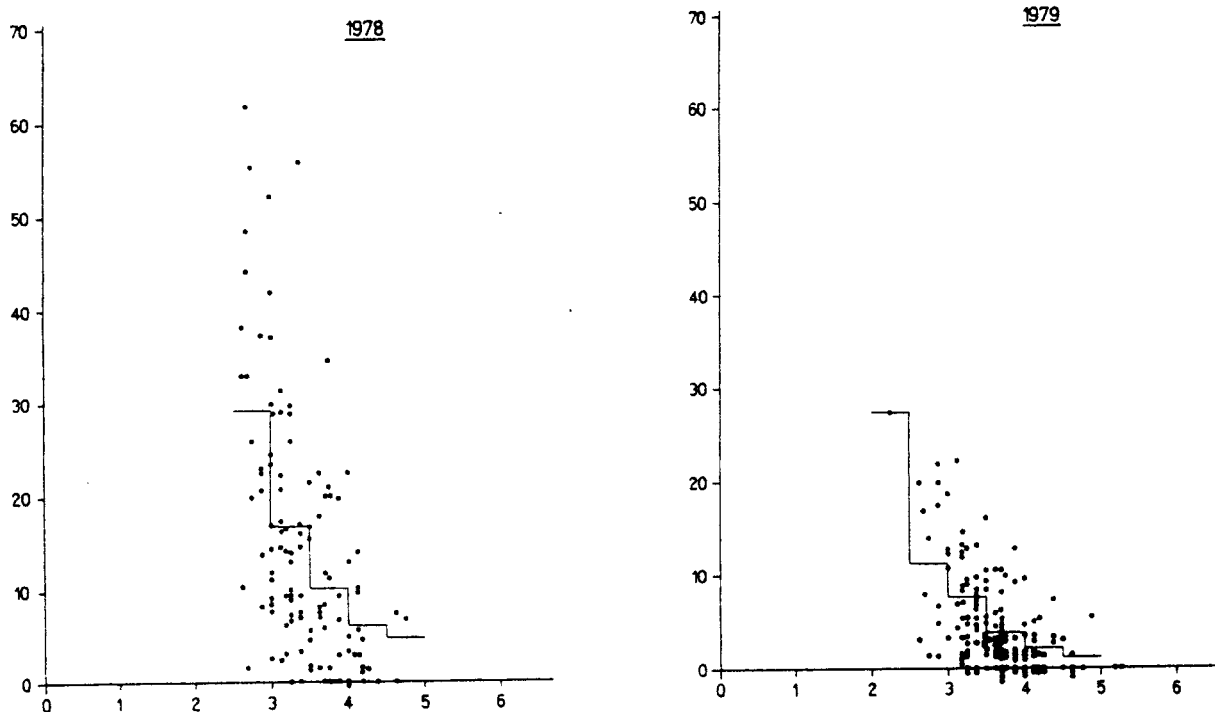


FIGURA 5. Variación en la ocurrencia de bitter pit y contenido de Calcio en Cox Orange. Nótese lo errático de la curva en ambas temporadas, especialmente en el rango crítico de 3-4 mg/100 g FF.

En relación a qué tejido se debe analizar durante la determinación del Calcio en la fruta, esto dependerá de qué problema se desea enfrentar. Para el caso del bitter pit, sería recomendable tomar una franja delgada (2 mm) de tejido subepidermal, desde la zona media inferior de cada fruto. Si se desea conocer el estatus general de la fruta, para desórdenes potenciales diferentes al bitter pit, se recomienda tomar tejido que abarque desde la periferia hasta el centro del fruto. Para ambos casos se descarta la piel, carpelos y semillas.

Importante sería el obtener curvas del contenido de Calcio para distintas variedades, cultivadas en diferentes zonas. Ello debiera efectuarse anualmente, a fin de comparar situaciones entre temporadas. La Figura 6 muestra ello para 2 variedades cultivadas en la VII Región

Cuando se aplica Calcio, las dos caras de la fruta se secan a diferente velocidad y pueden producirse diferencias en la absorción del elemento, en desmedro de la parte expuesta al sol.

Asimismo, se ha planteado que con alta incidencia de luz sobre la fruta (cara expuesta), la Vit. C contenida en ella se puede transformar en oxalato, el que atrapa el Calcio libre, produciendo la deficiencia del elemento en forma localizada (bitter pit).

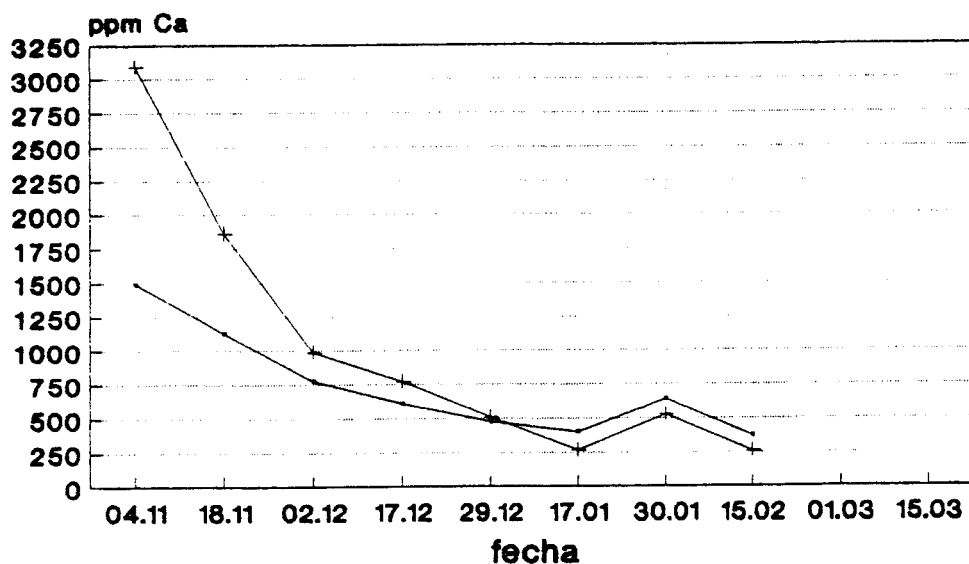


FIGURA 6. Contenido de Calcio en frutos de Gala y Braeburn a lo largo de la temporada de crecimiento.

12. Cuál es el costo/beneficio de las aplicaciones?

Debido a que existe un real aumento del nivel de Ca en los frutos, las aplicaciones son altamente recomendadas. Para atenuar los costos, sería ideal combinarlas con aplicaciones normales de pesticidas (venturia, polilla). Pueden llegar a significar entre U\$ 10-30/vuelta.

13. Existen alternativas de aplicaciones de Calcio?

Según literatura, las aplicaciones de Calcio al suelo tienen sentido si se realizan temprano en la temporada, en plantaciones con crecimiento vegetativo controlado y con pH de suelo más bien ácido; en tales casos podrían obtenerse respuestas satisfactorias (Figura 7).

Se debe evitar la aplicación al suelo de productos competitivos en dicha época, como ser NH_4 y K.

No obstante, aplicaciones de Urea (amonio) al suelo mejoran el crecimiento radicular, pudiendo estimular por ello la absorción de Calcio. Debe tenerse cuidado con las dosis, para que no se produzca un exceso de acidificación local.

Si consideramos que la aplicación de aniones al suelo estimula la absorción de cationes (y viceversa), comprenderíamos el riesgo del uso del Amonio.

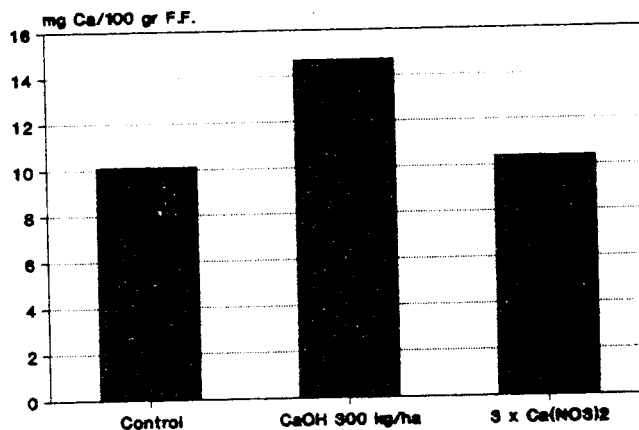


FIGURA 7. Aplicaciones de Calcio al suelo y al follaje en manzanos Jonagold. Se observa una respuesta en el contenido del elemento en el fruto, luego del tratamiento al suelo.

Una forma complementaria a las vistas, sería el apoyo de las aplicaciones foliares de Calcio con microelementos tales como Cinc y Boro (Figura 8).

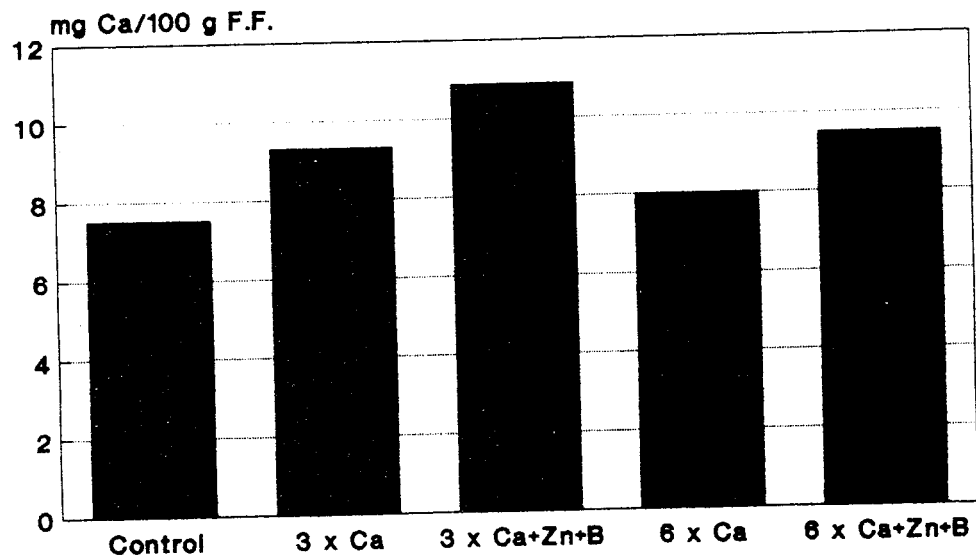


FIGURA 8. Aplicaciones foliares de Calcio solo o en mezcla con otros microelementos, especialmente Boro y Cinc

CONSIDERACIONES EN LAS APLICACIONES DE CALCIO EN PRE Y POSCOSECHA

Asumamos el siguiente ejemplo para calcular el aporte de Calcio a manzanas, con aplicaciones foliares de CaCl_2 en pre-cosecha y baño de post-cosecha:

Producto:	CaCl_2 (27.2% de Ca)
Nº aplicaciones:	10
% CaCl_2 :	0.35%
Retención/fruta:	0.5 ml
Peso Fruta:	200 gr
Retención Ca/100 g FF:	0.476 mg
% Absorción:	10%
Absorción real:	0.0476 mg/Fruto/aplicación
Absorción 100 gr FF:	0.0238 mg x 10 vueltas = 0.238 mg

Por lo tanto, se requeriría una efectividad de absorción cercana al 25% (!) para ser coincidentes con la literatura, en la cual se reportan aumentos de 0.1 mg de Ca/100 gr FF/vuelta.

Para el caso de una inmersión en post-cosecha, se podría realizar la siguiente estimación:

Producto:	CaCl_2 (27.2% de Ca)
Nº aplicaciones:	1
% CaCl_2 :	3%
Retención/1 fruta:	0.8 ml
Retención Ca/100 g FF:	24 mg de CaCl_2 /Fruta x 0.272 = 6.53 mg Ca/Fruta
% Absorción:	10%
Peso Fruta:	200 gr
Absorción real:	0.326 mg/100 g FF

El resultado de lo anterior daría una efectividad de 13 veces mayor para el caso de las aplicaciones en Postcosecha

CONCLUSIONES

Aplicaciones de Calcio al follaje efectivamente incrementan el estatus del elemento en la fruta y disminuyen la incidencia de bitter pit.

Aplicaciones de Calcio foliar alteran los parámetros de madurez de la fruta (color, ablandamiento), retrasándolos.

Tratamientos tempranos y tardíos de Calcio serían recomendables. La cutícula no se encuentra muy desarrollada en un comienzo, mostrando una alta frecuencia de fisuras al final de la temporada.

Aplicaciones tempranas de Calcio permitirían la entrada del elemento hacia zonas más internas del fruto, previniendo desordenes diferentes al bitter pit (descomposición interna, ablandamiento prematuro).

Aspersiones de pre-cosecha de Calcio, complementadas con inmersión en post-cosecha, son recomendadas.

La efectividad en la localización del Calcio en la fruta al ser aplicado por vía foliar es muy baja (máx 2%), por lo que se deben considerar sucesivas pulverizaciones del elemento.

Entre los compuestos de Calcio aplicados, debe considerarse el posible efecto del CaCl_2 en la disminución del calibre de la fruta.

Aplicaciones de Cinc y Boro en otoño, previo a caída de hojas o tempranas en pre-flor, podrían ayudar a la mejor localización del Ca en la fruta.

El análisis del contenido de Calcio en la fruta como un método predictor de la incidencia de bitter pit debe ser tomado con precaución, dada la alta variación observada en rangos críticos.

El Ca analizado en Laboratorio corresponde al total y aún no se dispone de un método consistente (electrodos) que permita separar el Ca citoplasmático (metabólico) del extracelular.

El uso de tensoactivos es aún un tema de amplia discusión y la posibilidad de mezclarlos con adherentes es cuestionada.

El raleo químico con Auxinas podría disminuir la incidencia de bitter pit, al generar un Sink para el transporte de Ca.

El manejo racional de fertilizantes minerales, especialmente Nitrógeno (amonio) y Potasio son imprescindibles para una buena absorción y distribución del Calcio en la planta.

Las aplicaciones de Ca al suelo (CaCl_2 ó $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) tendrían sentido si se realizan temprano en la temporada (Julio-Agosto).

BIBLIOGRAFIA

- Benson, N. R. and Stahly, E. A. 1972. Restriction of ⁴⁵Calcium Translocation into Apple Fruit by 2,3,5-Triiodobenzoic Acid. *HortScience*, 7(2): 172-173.
- Berger, J. y Galletti, L. 1984. Huertos Nuevos y su Relación con Bitter Pit y Escaldado. *Aconex*, 8: 33-35 .
- Blanpied, G.D. 1979. Effect of Artificial Rain Water pH and Calcium Concentration on the Calcium and Potassium in Apple Leaves. *HortScience*, 14(6): 706-708.
- Bramlage, W.J.; Drake, M. and Weis, S.A. 1985. Comparisons of Calcium Chloride, Calcium Phosphate, and a Calcium Chelate as Foliar Sprays for "McIntosh" Apple Trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(6): 786-789.
- Bramlage, W.J.; Weis, S.A. and Greene D.A. 1990. Observations on the Relationships among Seed Number, Fruit Calcium, and Senescent Breakdown in Apples. *HortScience*, 25(3): 351-353.
- Chamel, A.R. 1989. Permeability Characteristics of Isolated "Golden Delicious" Fruit Cuticles with Regard to Calcium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114(5): 804-809.
- Cline, J.A.; Hanson, E.J.; Bramlage, W.J.; Cline, R.A. and Kushad, M.M. 1991. Calcium Accumulation in Delicious apple Fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 14(11): 1213-1222.
- Cline, J.A. and Hanson, E.J. 1992. Relative Humidity Around Apple Fruit Influences Its Accumulation of Calcium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117(4): 542-546.
- Cocucci, S.; Abruzzese, A.; Rizzi, E.; Mignami, I. and Treccani, C.P. 1990. Fruit development, calcium level and bitter pit in apple. *Adv. Hort. Sci.*, 4: 147-150.
- Conway, W.S.; Sams, C.E.; Wang, CH.Y. and Abbott, J.A. 1994. Additive Effects of Postharvest Calcium and Heat Treatment on Reducing Decay and Maintaining Quality in Apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119(1): 49-53.
- Cooper, T. and Bangerth, F. 1976. The Effect of Ca and Mg Treatments on the Physiology Chemical Composition and Bitter Pit Development of Cox's Orange Apples. *Scientia Horticulturae*, 5: 49-57
- Cooper, T. 1980. El Bitter Pit en Manzano. *Rev. Frutícola*, (1): 5-7

- Davenport, J.R. and Peryea, F.J. 1990. Whole Fruit Mineral Element Composition and Quality of Harvested "Delicious Apples". *Journal of Plant Nutrition*, 13(6): 701-711.
- Eaks, I.L. 1985. Effect of Calcium on Ripening, Respiratory Rate, Ethylene Production, and Quality of Avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(2): 145-148.
- Failla, O.; Treccani, P. and Mignani, I. 1990. Water Status, Growth and Calcium Nutrition of Apple Trees Relation to Bitter Pit. *Scientia Horticulturae*, 42: 55-64.
- Fallahi, E. 1987. Effects of Dip and Vacuum Infiltrations of Various Inorganic Chemicals and Post-harvest Quality of Apple. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 18(9): 1017-1029.
- Fallahi, E.; Righetti, T.L. and Raese, J.T. 1988. Ranking Tissue Mineral Analyses to Identify Mineral Limitations on Quality in Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 113(3): 382-389
- Faust, M. and Shear, C.B. 1968. Corking Disorders of Apples: A Physiological and Biochemical Review. *The Botanical Review*, 34: 441-464.
- Faust, M.; Shear, C.B.; Oberle, G.B. and Carpentier, G.T. 1971. Calcium Accumulation in Fruit of Certain Apple Crosses. *HortSci.* 6(6): 542-543.
- Ferguson, I.B. 1984. Calcium in Plant Senescence and Fruit Ripening. *Plant, Cell and Environment*, 7: 477-489.
- Ferguson, I.B.; Harker, F.R. and Drobak, B.K. 1987. Calcium and Apple Fruit. *The Orchardist of New Zealand*, May 1987: 119-121.
- Ferguson, I.B. and Watkins, C.B. 1989. Bitter Pit and Apple Fruit. *Horticultural Review*, 11: 289-355.
- Ferguson, I.B. and Triggs, C.M. 1990. Sampling Factors Affecting the Use of Mineral Analysis of Apple Fruit for the Prediction of Bitter Pit. *New Zealand Journal of crop and Horticultural Science*, 18: 147-152.
- Ferguson, I.B. and Watkins, C.B. 1992. Crop Load Affects Mineral Concentrations and Incidence of Bitter pit in "Cox's Orange Pippin" Apple Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117(3): 373-376
- Ferguson, I.B.; Watkins, C.B. und Volz, R.K. 1992. Einschätzung und Verminderung des Stippe-Risikos beim Apfel. *Obstbau-Weinbau*, 7-8: 213-216.

- Gallaher, R.N.; Perkins, H.F. and Jones, Jr.J.B. 1975. Calcium Concentration and Distribution in Healthy and Decline Peach Tree Tissues. *HortScience*, 10(2): 135-137.
- Gatti, R. 1985. Importancia del Calcio en la Calidad de las Manzanas. *Revista Fruticola*, 6(1): 9-10.
- Gleen, G.M.; Poovaiah, B.W. and Rasmussen, H.P. 1985. Pathways of Calcium Penetration through Isolated Cuticles of Golden Delicious Apple Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(2): 166-171
- Glenn, G.M. and Poovaiah, B.W. 1985. Cuticular Permeability to calcium Compounds in "Golden Delicious" Apple Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(2): 192-195.
- Glenn, G.M. and Poovaiah, B.W. 1990. Calcium-mediated Postharvest Changes and Composition in "Golden Delicious" Apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115(6): 962-968.
- Hall, F.R. 1991. Influence of Canopy Geometry in Spray Deposition and IPM. *HortScience*, 26(8): 1012-1018.
- Harker, F.R. and Freguson, L.B. 1991. Effects of Surfactants on Calcium Penetration of Cuticles Isolated from Apple Fruit. *Scientia Horticulturae*, 46: 225-233.
- Hewett, E.W. and Wathins, CH.B. 1991. Bitter Pit Control By Sprays and Vacuum Infiltration of Calcium in "Cox's Orange Pippin" Apples. *HortScience*, 26(3): 284-286.
- Himelrick, D.G. and Ingle, M. 1980. Ion-selective Electrode Determination of Calcium in Apple Fruits. *HortSci.* 15(2): 156-157.
- Himelrick, D.G. and Ingle, M. 1981. Effects of Calcium, EDTA, and Oxalic Acid on Respiration of Apple Slices. *HortScience*, 16(2): 165-167.
- Himelrick, D.G. and Ingle, M. 1981. Calcium Levels of Apple Leaves and Fruit following Tree Sprays with EDTA, Oxalic Acid, TIBA, and Calcium Chloride. *HortScience*, 16(2): 167-168.
- Hopfinger, J.A.; Poovaiah, B.W. and Patterson, M.E. 1984. Calcium and Magnesium Interactions in Browing of Golden Delicious Apples with Bitter Pit. *Scientia Horticulturae*, 23: 345-351.
- Jackson, D. 1962. The Effects of Calcium and other Minerals on incidence of bitter pit in Cox's Orange Pippin. *N.Z. J. Agric. Res.*, 5: 302-309.
- Ke, D. and Saltveit, M.E. 1986. Effects of Calcium and Auxin on Russet Spotting and Phenylalanine Ammonialyase Activity in Iceberg Lettuce. *HortScience*, 21(5): 1169-1171.

- Korcak, R.F. 1979. Fluidezed Bed Material as a Calcium Source for Apples. HortScience 14(2): 163-164.
- Kohl, V.W. 1967. Die Calciumverteilung im Apfel und ihre Beziehung zur Stippigkeit. Der Erwerbsobstbau, 9(11): 212-214.
- Korban, S.S. and Swiader, J.M. 1984. Genetic and Nutritional Status in Bitter Pit-Resistant and -Susceptible Apple Seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109(3): 428-432.
- Lurie, S. and Klein, J.D. 1992. Calcium and Heat Treatments to Improve Storability of Anna Apples. HortScience, 27(1): 36-39.
- Mason, J.L. and Welsh, M.F. 1970. Cork Spot of Anjou Pear Related to Calcium Concentration in Fruit. HortScience, 5(5): 447
- Mason, J.L.; McDougald, J.M. and Drought, B.G. 1974. Calcium Concentration in Apple Fruit Resulting from Calcium Chloride Dips Modified by Surfactants and Thickeners. HortScience, 9(2): 122-123.
- Mason, J.L.; Drought, B.G. and McDougald, J.M. 1974. Effect of a Calcium Chloride Dip on Senescent Breakdown, Firmness and Calcium Concentration in Spartan Apple. HortScience, 9(6): 596
- Mason, J.L.; Jasmin, J.J. and Granger, R.L. 1975. Softening of "McIntosh" Apples Reduced by a Post-harvest Dip in Calcium Cholride Solution plus Thickener. HortScience, 10(5): 524-525.
- Mason, J.L. 1976. Calcium Concentration and Firmness of Stored "McIntosh" Apples Increased by Calcium Solution Plus Thickner. HortScience, 11(5): 505.
- Meheriuk, M. and Moyls, L. 1989. Augmentation of Calcium in Apples by Hydrostatic and Pressure Infiltration Procedures. Can. J. Plant Sci., 69: 565-568.
- Moller, W. and Micke, W. 1975. Bitter Pit of Apples. Division of Agricultural Sciences University of California. 1-3 p.
- Neumann, G. 1984. Stippigkeitsprognose durch Mineralstoff-Analyse der Früchte. Erwerbsobstbau, 26.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of Calcium in Prolonging storage Life of Fruits and Vegetables. Food Technology, : 86-88.
- Poovaiah, B.W.; Gleen, G.M. and Reddy, A.S. 1989. Calcium and Fruit Softening: Physiology and Biochemistry. Hort. Rev. 10: 107-152
- Prento, P.; Prento, A. 1981. Determination of Microgram Amounts of Calcium in Small Biological Samples by EDTA Titration Using Patton and Reeder's Indicator. Analyst, 106: 227-230.

- Proctor, J.T.A. and Palmer, J.W. 1991. The Role Spur Bourse Leaves of Three Apple Cultivars on Fruit Set and Growth and Calcium Content. *Journal of Horticultural Science*, 66(3): 275-282.
- Quast, P. 1986. *Düngung, Bewässerung und Bodenpflege im Obstbau*. Ulmer-Verlag, Stuttgart. 352 p.
- Raese, J.T. 1980. Leaf Calcium and Sorbitol in Delicious' Apple Trees as Influenced by Herbicides and Nitrogen Levels. *HortScience* 15(2): 154-156.
- Raese, T. 1989. Important Considerations About Calcium an Apples and Pears. *Good Fruit Grower*. 29-35 p.
- Retamales, J., Moggia, C., Yuri, J.A.. 1993. Control y Predicción de Bitter pit en Manzanas. Seminario: "Avances Recientes en Nutrición de Plantas Frutales y Vides". Pontificia Universidad Católica de Chile. 169-195 p
- Richardson, D.G. and Lombard, P.B. 1979. Cork Spot of Anjou Pear : Control by Calcium Sprays. *Commun. Soil Sci.& Plant Anal.*, 10(1-2): 383-389.
- Richardson, D.G. and Al-Ani, A.M. 1982. Calcium and Nitrogen Effects on D'Anjou pear Fruit Respiration and Ethylene Evolution. *Acta Horticulturae*, 124: 195-201.
- Richardson, D.G. and Al-Ani, A.M. 1982. Cork Spot of d'Anjou Pear Fruit Relative to Critical Calcium Concentration and other Minerals. *Acta Horticulturae*, 124: 113-118.
- Riley, R.G and Kolattukudy, P.E. 1976. Effect of Treatment with Calcium Ion-containing Formulations on the Firmness of "Golden Delicious" Apples. *HortScience* 11(3): 249-251.
- Rigney, C.J. and Willis R.B.H. 1981. Calcium Movement, a Regulating Factor in the Initiation of Tomato Fruit Ripening. *HortScience* 16(4): 550-551.
- Rodríguez, C.L. 1985. Distribución y Niveles de Calcio, Potasio y Magnesio en Frutos de Manzanas (*Malus pumilla* Mill) cvs. Granny Spur, Red King Oregon, Red Spur, Richared Delicious y su relación con el Bitter Pit. Tesis Ing. Agr.. Santiago, Universidad Católica de Chile. Fac. de Agronomía. 86 p.
- Sams, C.E. and Conway, W.S. 1984. Effect of Calcium Infiltration on Ethylene Production, Respiration Rate, Soluble Polyuronide Content, and Quality of "Golden Delicious" Apple Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109(1): 53-57.

- Scott, K.J. and Wills, R.B. 1974. Postharvest Application of Calcium as a Control for Storage Breakdown of Apples. HortScience, 9(2): 75-76.
- Scott, K.J. and Wills, R.B.H. 1977. Vacuum Infiltration of Calcium Chloride: A Method for Reducing Bitter Pit and Senescence of Apples during Storage at Ambient Temperatures. HortScience, 12(1): 71-72.
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related Disorders of Fruits and Vegetables. HortScience, 10(4): 361-365.
- Stahly, E.A. 1982. Seasonal Accumulation of Calcium and Potassium in the Cortex of "Golden Delicious" Apple Fruit Sprayed with 2,3,5-Triiodobenzoic Acid. HortScience, 17(5): 781-783.
- Stahly, E.A. 1986. Time of Application of Calcium Sprays to Increase Fruit Calcium and Reduce Fruit Pitting of Apples Sprayed with TIBA. HortScience, 21(1): 95.
- Swietlik, D.; Bunce, J. and Miller, S. 1984. Effect of Foliar Application of Mineral Nutrients on Stomatal Aperture and Photosynthesis in Apple Seedlings. J. Amer. Hort. Sci., 109(3): 306-312
- Swietlik, D. and Miller, S.S. 1987. Effect of Foliar-applied Calcium and Chlorine on Stomatal Conductance in Apple Leaves. HortScience, 22(4): 626-628.
- Terblanche, J.H.; Gurgen, K.H. and Pienaar, W.J. 1979. Concentration Gradients of K, Ca and Mg in Golden Delicious Apples with Reference to Bitter Pit. Deciduous Fruit Grower. 29(6): 182-193.
- Tromp, J. 1978. The Effect of Root Temperature on the Absorption and Distribution of K, Ca and Mg in Three Rootstock clones of Apple Budded with Cox's Orange Pippin. Gartenbauwissenschaft, 43(2): 49-53.
- Van Der Boon, J. 1980. Prediction and Control of Bitter Pit in apples. I. Prediction Based on Mineral Leaf Composition, Cropping Levels and Temperatures. J. Hort. Sci. 55(3): 307.
- Watkins, C.B.; Hewett, E.W.; Bateup, C.; Gunson, A. and Triggs, C.M. 1989. Relationship Between Maturity and Storage Disorders in "Cox's Orange Pippin" Apples as Influenced by Preharvest Calcium or Ethephon Sprays. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 17: 283-292.
- Wieneke, J. und Führ, F. 1974. Untersuchungen zur Translokation von ⁴⁵Ca im Apfelbau. I. transport und Verteilung in Abhängigkeit vom Aufnahmezeitpunkt. Gartenbauwissenschaft, 91-108.

- Wills, R.B.H. and Tirmazi, S.I.H. 1977. Use of Calcium to Delay Ripening of Tomatoes. HortScience 12(6): 551.
- Wilton, J. 1992. Pruning Calcium Sensitive Varieties. The Orchardist, 6: 11-12.
- Witney, G.W. and Kushad, M.M. 1990. Correlation of Pyruvate Kinase Activity with Bitter Pit Development in Apple Fruit. Scientia Horticulturae, 43: 247-253.
- Witney, G.W.; Kushad, M.M. and Barden, J.A. 1991. Induction of Bitter Pit in Apple. Scientia Horticulturae, 47: 173-176.
- Woodbridge, C.G. 1971. Calcium Level of Pear Tissues Affected with Cork and Black End. HortScience 6(5):451-453.
- Yuen, C.M.C.; Caffin, N. and Boonyakiat, D. 1994. Effect of Calcium Infiltration on Ripening of Avocados of Different Maturities. Australian Journal of Experimental agriculture, 34: 123-126.
- Zurita, Paola. 1994. Efecto de diferentes formulaciones de Calcio, aplicadas en forma temprana y tardía, sobre la incidencia de bitter pit en frutos de manzano cv. Granny Smith. Tesis Ing. Agr. Universidad de Talca. 68 p.