

CENTRO INTERNACIONAL PARA LA HIDROPONIA DE LAS PALMAS
Y DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA DE LA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE MADRID

**Variaciones en el contenido de nutrientes en
hojas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado
en hidroponía, como base para el diagnóstico
por análisis foliar**

O. Carpena, A. Luque y G. Pérez Melián

Separata de la
REVISTA DE AGROQUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
Jaime Roig 11, Valencia-10. España

Variaciones en el contenido de nutrientes en hojas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en hidroponía, como base para el diagnóstico por análisis foliar

O. Carpena, A. Luque y G. Pérez Melián

Centro Internacional para la Hidroponía de las Palmas y Departamento de Química Agrícola de la Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN

Se determinan los contenidos foliares de macro y micronutrientes en hojas de pepinos cultivados en hidroponía. Las muestras se tomaron a los 20, 40, 60, 80 y 100 días de cultivo, con el fin de seguir la evolución de los nutrientes en las hojas.

Encontramos un máximo de contenido de N a los 40 días de cultivo, y, en todos los casos, valores superiores a los presentados por la bibliografía como normales. El P y el Mg presentan valores bastante constantes durante todo el cultivo. El K muestra tendencia a disminuir durante el cultivo y el Ca a aumentar, presentando valores más bajos que los señalados por la bibliografía. Los valores encontrados para Fe y Cu son normales, y los encontrados para el Zn presentan una gran variabilidad.

ABSTRACT

Evolution of nutrients in leafs of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in hydroponic as a basis for foliar diagnostic

Leaf contents of cucumber plants grown in hydroponics are studied. Wanting to follow the nutrients evolution in the leafs, the samples were taken in the first 20, 40, 60, 80 and 100 days of the cultivation.

At the 40th day we found highest N-content, and always greater values than the presented in the literature as normal. P and Mg were always rather constant during the cultivation. K showed a decreasing inclination, and Ca tended to increase showing always lower values than those from the literature. Values for Fe and Cu were normal and those for Zn showed a great variability.

INTRODUCCION

Hay una dependencia directa entre la absorción de nutrientes y desarrollo por parte de las plantas y la concentración de aquellos en el medio de cultivo, ya sea el suelo o la solución nutritiva, si se trata de

hidroponía. Un segundo punto es la relación existente entre los factores ambientales y la tasa de nutrientes contenida en la planta, dependiendo de la luz, temperatura y aireación a las raíces (Steiner, 1973). Como tercer factor influye el estado fisiológico de

la planta en la absorción y, por lo tanto, en el contenido de nutrientes.

Estos tres factores de variación en los contenidos foliares los podemos considerar como independientes unos de otros, aunque en muchos casos estén fuertemente interrelacionados.

El diagnóstico de deficiencias, por análisis foliar, presenta la gran dificultad de no poder correlacionar en cada caso estos parámetros variables con la tasa de un determinado nutriente. No obstante, en hidroponía, al utilizar una solución nutritiva fija y controlada, el primer factor de variación desaparece al hacerse constante. También las condiciones ambientales, al utilizar invernaderos, quedan bastante mitigadas como forma de variación. Por lo tanto, el factor principal de variación lo vamos a tener en la evolución fisiológica de la planta.

En este trabajo estudiamos la variación en la tasa de nutrientes que presentan las hojas de pepinos cultivados en hidroponía y en invernadero, de tal forma que obteníamos unos valores medios que permitan el diagnóstico efectivo, en estas condiciones, de deficiencias y toxicidades minerales.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron en el ensayo 16 tanquetas de cultivo de 1'20 X 2'40 m de superficie y una profundidad de 0'20 m. Como sustrato se utilizó el material volcánico previamente estudiado (Blesa y Luque, 1972 y 1975; Pérez *et al.*, 1975), de granulometría gruesa (1-10 mm ϕ) y sin contaminaciones arcillosas.

Las tanquetas estaban distribuidas en forma de cuadrado latino 4 X 4, y cada una de ellas se alimentaba de un tanque de solución por medio de una bomba.

La temperatura en el invernadero fue de

25 \pm 3° C durante el día, y de 18° C durante la noche. La humedad relativa se mantuvo por encima de un 60 %, siendo controlada por un sistema automático de microaspersión alta.

El sistema de cultivo hidropónico era por subirrigación, con dos riegos diarios, retornando la solución al tanque.

Se estudiaron dos variedades, "Sporu" y "Bit Spot", ambas ampliamente utilizadas en los cultivos comerciales en Canarias, haciendo 8 repeticiones de cada una. La plantación se hizo a partir de semilla previamente germinada sobre turba. En cada tanqueta se plantaron 10 plantas a una distancia de 50 cm entre filas y 70 cm entre columnas.

La solución nutritiva empleada fue la "universal" de Steiner (1968). Esta solución tiene la siguiente composición:

Aniones (%): NO₃⁻, 60; PO₄H₂⁻, 5; SO₄²⁻, 35.

Cationes (%): K⁺, 35; Ca²⁺, 45; Mg²⁺, 20.

me/l: NO₃⁻, 12; PO₄H₂⁻, 1; SO₄²⁻, 7; K⁺, 7; Ca²⁺ 9; Mg²⁺, 4.

Tiene una presión osmótica de 0'7 ats. aproximadamente, y se mantiene a un pH de 6'5 \pm 0'3 unidades.

Los micronutrientes se añadieron al principio del cultivo con la siguiente concentración, en ppm:

Fe, 2; Mn, 0'7; B, 0'5; Zn, 0'09; Mo, 0'04; Cu, 0'02.

El agua utilizada tenía una concentración de ClNa de 1 meq/l aproximadamente.

La solución se analizaba todas las semanas y se añadían las cantidades de agua y nutrientes necesarias para mantenerla constante.

Se hicieron cinco series de tomas de muestra para análisis foliar a los 20, 40, 60, 80 y 100 días. Las hojas elegidas fueron siempre de la parte superior de la planta, cuando ya habían terminado su crecimiento, pero aún no habían empezado a envejecer.

Las muestras, previamente lavadas con detergentes y agua destilada, se secaron en una estufa de aire forzado a 60° C. Después se trituraron en un micromolino, se homogeneizaron y se tomó

una fracción para realizar los análisis.

El nitrógeno se determinó por análisis semi-automático (Lachica *et al.*, 1973); el potasio por espectrofotometría de emisión, El Ca, Mg, Fe, Zn y Cu por espectrofotometría de absorción atómica, y el fósforo por el test del molibdo-vanadato amónico, por espectrofotometría.

Tanto las técnicas de análisis foliar como las de soluciones nutritivas seguidas en nuestro centro están ampliamente descritas por Pérez Melián *et al.* (1975).

El análisis estadístico se hizo siguiendo en primer lugar el test de F para las varianzas y después los tests de "t de Student" o su variante cuando las diferencias entre sus varianzas eran significativas.

RESULTADOS Y DISCUSION

MACRONUTRIENTES

En las tablas I y II se dan los resultados analíticos de las dos variedades, con el error y se indican las series de muestras que presentan diferencias significativas con cada una de ellas.

Como no se encontraron diferencias significativas en los valores de la misma serie de las dos variedades, en las gráficas se expresan los valores medios y el error de las dos variedades conjuntamente (16 tratamientos).

Nitrógeno

El nitrógeno se determinó como nitrógeno total, y se expresa en tanto por ciento de su peso seco.

En las tablas I y II observamos cómo los valores de nitrógeno total son muy elevados en ambas variedades, y presentan un máximo a los 40 días de cultivo. Este valor de 8'51 y 7'92 % para las variedades Spuru y Bit Spot, respectivamente, presenta dife-

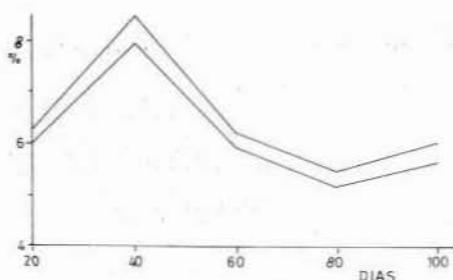


Fig. 1.—Evolución de la tasa foliar de nitrógeno a partir del vigésimo día de cultivo.

rencias significativas con todas las demás series. Los valores de la serie de 80 días también son significativamente diferentes con respecto de las series de los 20 y 40 días.

En la figura 1 indicamos las variaciones de tasa foliar, pudiendo concluir que el nitrógeno para las plantas de pepinos desarrolladas en hidroponía muestra valores muy elevados (superiores a 5 %), y que no se mantiene constante a lo largo del ciclo de cultivo, presentando un máximo a los 40 días. Podríamos considerar que, en cierto modo, existe un consumo de lujo para el N, puesto que Milletti (1969) encuentra en todos los momentos del ciclo valores inferiores a los nuestros, del orden del 3 al 4 % en materia seca.

Fósforo

Los valores de fósforo en hojas (tablas I y II) presentan, al principio, un aumento y luego una tendencia a disminuir. Este aumento (40 días) no es tan acentuado como el del nitrógeno, y no presenta diferencias significativas con todos los valores de las demás series.

En la figura 2, donde se expresan los valores medios entre las dos variedades con sus errores, se puede observar cómo todos

Tabla I

EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DE MACRONUTRIENTES EN LA VARIEDAD "SPORU" EN % DE MATERIA SECA

Series de muestras	Días de cultivo	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
		%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.
1	20	6'18±0'17	2, 4, 5*	1'07±0'02	2, 3, 5*	4'74±0'21	2*, 3, 4, 5	2'49±0'38	N.S.	0'70±0'06	N.S.
2	40	8'51±0'50	1, 3, 4, 5	1'39±0'09	1, 3, 4*, 5	3'70±0'23	1*, 3, 5	1'97±0'13	4, 5	0'77±0'05	N.S.
3	60	5'95±0'20	2	0'80±0'06	1, 2, 4*	2'56±0'20	1, 2, 4	2'16±0'25	4, 5*	0'71±0'05	N.S.
4	80	5'55±0'08	1, 2	1'09±0'07	2*, 3*	3'55±0'14	1, 3, 5	3'32±0'21	2, 3	0'79±0'02	N.S.
5	100	5'59±0'12	1*, 2	0'93±0'05	1*, 2	2'02±0'21	1, 2, 4	3'20±0'22	2, 3*	0'77±0'04	N.S.

Sig. = Series de muestras que presentan diferencias significativas al 95 y 99 % o solamente al 99 % con la referenciada.

* La diferencia es significativa sólo al 99 %.

N.S. = No existen diferencias significativas con las restantes series de muestras.

Tabla II

EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DE MACRONUTRIENTES EN LA VARIEDAD "BIT SPOT" EN % DE MATERIA SECA

Series de muestras	Días de cultivo	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
		%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.	%	Sig.
1	20	6'09±0'19	2, 4	1'14±0'04	3, 5	4'10±0'26	3, 4*, 5	2'19±0'14	4	0'79±0'06	N.S.
2	40	7'92±0'22	1, 3, 4, 5	1'27±0'05	3, 5	3'77±0'15	3, 4*, 5	2'24±0'10	4	0'82±0'03	N.S.
3	60	6'14±0'18	2, 4	0'93±0'04	1, 2	2'74±0'23	1, 2	2'47±0'18	4*	0'78±0'02	N.S.
4	80	5'00±0'28	1, 2, 3, 5	1'01±0'12	N.S.	3'07±0'18	1*, 2*	4'13±0'60	1, 2, 3*	0'85±0'06	N.S.
5	100	6'18±0'23	2, 4	0'87±0'11	1, 2	2'69±0'14	1, 2	2'50±0'20	N.S.	0'72±0'06	N.S.

Sig. = Series de muestras que presentan diferencias significativas al 95 y 99 % o solamente al 99 % con la referenciada.

* La diferencia es significativa sólo al 99 %.

N.S. = No existen diferencias significativas con las restantes series de muestras.

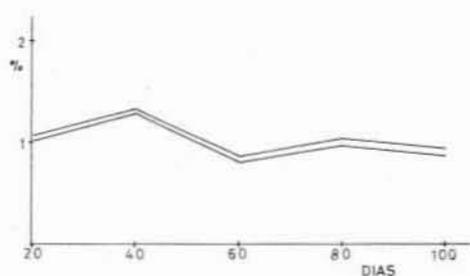


Fig. 2.—Evolución del contenido foliar de fósforo a partir del vigésimo día de cultivo.

los valores encontrados son superiores a los presentados como normales (Roorda y Smild, 1969), que van del 0'35 al 0'74 % de P. Son similares a los encontrados por Milletti (1969) de 1'0 %.

Los valores de fósforo encontrados en hojas de pepinos cultivados en hidroponía son siempre superiores al 0'80 %.

Potasio

Los valores de potasio en hojas de pepinos encontrados para las dos variedades (tablas I y II) muestran una disminución a medida que aumenta la edad de la planta, ya que las diferencias entre las series de los 20 y 40 días muestran diferencias significativas entre los valores de las series de los 80 y 100 días, lo que indica una disminución real.

En la figura 3, en la que expresamos los valores medios entre las dos variedades y su error, se puede observar la disminución gradual de los mismos excepto en la serie de los 80 días (4.^a), que no muestra diferencias altamente significativas con respecto a las tasas foliares de los 20 y 40 días.

Los valores señalados como normales (Roorda y Smild, 1969) van del 2'5 al 5'5 %, margen que incluye todos los va-

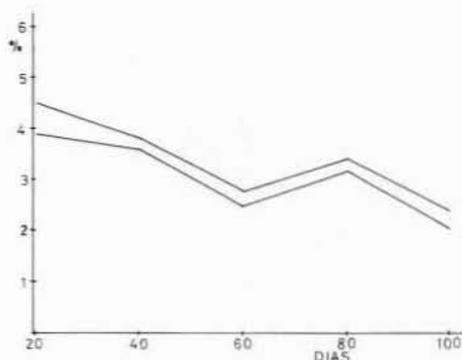


Fig. 3.—Evolución del contenido foliar de potasio a partir del vigésimo día de cultivo.

lores encontrados por nosotros, pero creemos que al encontrarse valores al principio del cultivo inferiores al 3 %, podrían indicar déficit de potasio, aunque no aparezcan síntomas visuales. Sin embargo, estos valores serían normales a partir de los 60 días de cultivo. También Milletti (1969) encuentra valores superiores al 3 % en materia seca a partir de los 30 días de cultivo. Sin embargo, no encuentra la disminución presentada por nosotros a partir de los 60 días.

Calcio

Los valores de calcio, según se puede observar en las tablas I y II, son similares en ambas variedades, mostrando un amplio período hasta los 60 días (series 1.^a, 2.^a y 3.^a) en que se mantienen estables, no existiendo diferencias significativas entre ellos. A partir de este punto, las plantas muestran un máximo de calcio que es significativamente diferente de los valores anteriores, y en la última serie (100 días) hay una ligera disminución en la variedad Sporu y una disminución más elevada en la variedad Bit Spot.

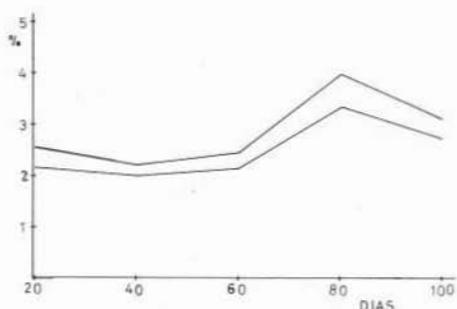


Fig. 4.—Evolución del contenido foliar de calcio.

En la figura 4 se muestran los valores medios de las dos variedades con su error. Los valores de calcio son considerablemente menores a los que se dan como normales (Millett, 1969; Roorda y Smild, 1969), que van de 5'7 a 11'4 % de calcio en hojas. Esto podría ser debido a dos causas:

1.—La solución con 9 meq/l es pobre en calcio para cucurbitáceas.

2.—La hoja muestreada es demasiado joven.

Nos inclinamos más por la primera suposición, puesto que, como veremos en el próximo apartado, correspondiente a magnesio, los valores de éste nutriente están más próximos a las hojas viejas que a las jóvenes.

Magnesio

Los valores de magnesio son muy similares en ambas variedades (tablas I y II) y muy estables a lo largo de todo el cultivo, no presentando diferencias significativas entre las dos variedades, ni tampoco entre las diferentes series de una misma variedad.

Como se puede apreciar en la figura 5, los valores medios entre las dos variedades presentan un error muy pe-

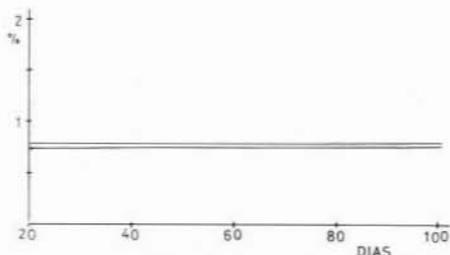


Fig. 5.—Tasa foliar de magnesio a partir del vigésimo día de cultivo.

queño. Los valores normales establecidos (Millett, 1969; Roorda y Smild, 1969) van de 0'60 a 1'30 % de magnesio, y los establecidos por Carulus (1934) van de 0'45 para las hojas jóvenes a 0'75 % para las hojas viejas. Nuestros valores están, pues, entre los encontrados para las hojas viejas, lo que nos indica, como señalábamos en el apartado anterior, que las hojas para realizar los análisis han sido siempre recogidas en el mismo estado fisiológico, y cuando ya habían dejado de crecer, teniendo una concentración de Mg estable.

MICRONUTRIENTES

En las tablas III y IV se exponen los resultados de los análisis foliares de micronutrientes para las dos variedades y sus diferencias significativas entre sus diferentes series. Al igual que con los macronutrientes, no encontramos diferencias significativas entre las dos variedades.

Hierro

Aunque los valores de las dos variedades no presentan diferencias significativas, sí tienen un comportamiento ligeramente diferente.

Tabla III

EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DE MICRONUTRIENTES DE LA VARIEDAD "SPORU", EXPRESADOS EN PPM

Series de muestras	Días de cultivo	Hierro		Cobre		Zinc	
		ppm	Sig.	ppm	Sig.	ppm	Sig.
1	20	243'75±25'17	N.S.	29'38±2'58	5	104'88± 7'06	N.S.
2	40	190'56±16'34	N.S.	28'13±0'91	5	152'58±20'89	N.S.
3	60	201'25±12'31	N.S.	27'50±2'31	5	238'13±59'71	N.S.
4	80	194'00±10'38	N.S.	25'63±0'63	5	150'06±13'52	N.S.
5	100	206'25±19'27	N.S.	16'88±0'91	1, 2, 3, 4	104'88± 4'96	N.S.

Sig. = Series de muestras que presentan diferencias significativas al 95 y 99 % o solamente al 99 % con la referenciada.

N.S. = No existen diferencias significativas con las restantes series de muestras.

Tabla IV

VALORES DE MICRONUTRIENTES EN LA VARIEDAD "BIT SPOT" EXPRESADOS EN PPM

Series de muestras	Días de cultivo	Hierro		Cobre		Zinc	
		ppm	Sig.	ppm	Sig.	ppm	Sig.
1	20	263'13±16'61	2, 3, 4*, 5	28'75±2'45	N.S.	90'56± 3'60	2*, 3, 4
2	40	173'75± 6'93	1, 3*	27'50±1'34	5*	116'94± 5'64	1*, 3
3	60	213'75±11'45	1, 2	26'89±2'30	N.S.	238'94±20'35	1, 2
4	80	177'14± 9'38	1*	22'86±2'14	N.S.	171'14±18'45	1
5	100	187'50±11'64	1	20'00±2'04	2*	140'25±27'07	N.S.

Sig. = Series de muestras que presentan diferencias significativas al 95 y 99 % o solamente al 99 % con la referenciada.

N.S. = No existen diferencias significativas con las restantes series de muestras.

* La diferencia es significativa sólo al 99 %.

En la variedad Sporu no existen diferencias significativas entre los valores de las series (20, 40, 60, 80 y 100 días), aunque los valores medios presentan diferencias absolutas acusadas. Esto es debido a la gran variabilidad que presentan las tasas de hierro en las diferentes repeticiones, lo que se puede apreciar por la magnitud del error.

En la variedad Bit Spot, el valor de la 1.^a serie (20 días) presenta

diferencias significativas con respecto a todos los demás.

Los valores diagnosticados por Steiner (1961) como normales, van de 120 a 420 ppm de Fe, encontrándose nuestros valores siempre dentro de este intervalo. El hecho de encontrar valores de hierro tan elevados, a pesar de añadirlo en la solución una sola vez y en una concentración de 2 ppm, viene dado porque el sustrato utilizado contiene un elevado por-

centaje de hierro (14 % de óxidos de hierro) según Luque (1973).

Cobre

En la variedad Sporu, los valores de Cu se mantienen constantes a lo largo de todo el cultivo, y únicamente presentan diferencias significativas el valor último de la serie (100 días), como podemos observar en la tabla III.

En la variedad Bit Spot (tabla IV), se puede observar una cierta disminución, aunque no hay diferencias significativas más que entre las series 2.^a y 5.^a (40 y 100 días, respectivamente), y únicamente al nivel de significación del 99 %. En ambas variedades se puede apreciar el descenso que se va produciendo en los valores de Cu, aunque no muestra diferencias significativas más que el valor correspondiente a los 100 días.

Los valores encontrados son superiores a los obtenidos por Roorda Van Eysinga (1969), que van de 7 a 10 ppm para plantas normales.

Cinc

Las dos variedades responden de forma idéntica mostrando un máximo en la tasa foliar de cinc a los 60 días de cultivo.

Los valores normales (Steiner, 1961) van de 90 a 150 ppm, estando los encontrados por nosotros dentro de estos márgenes (tablas III y IV).

Se puede observar el gran error que presentan las medidas. Este puede ser debido a una contaminación con el metal procedente de las bombas de los tanques de solución nutritiva.

CONCLUSIONES

1.—No existen diferencias significativas entre los valores de ningún nutriente para ambas variedades.

2.—La tasa de nitrógeno en hojas no es constante, presentando un máximo a los 40 días de cultivo, lo que hay que tener en cuenta a la hora de realizar un diagnóstico.

3.—Los valores de fósforo son bastante constantes, pero presentan un ligero máximo a los 40 días de cultivo.

4.—La tasa de potasio en hojas tiende a disminuir a medida que aumenta la edad del cultivo, lo cual indica un transporte de este elemento a los frutos.

5.—El calcio permanece constante durante los primeros 60 días de cultivo, y después empieza a aumentar su tasa en hojas. Por lo general, todos los valores de calcio encontrados son bajos, lo que indica que la solución nutritiva no es rica en proporción en este elemento.

6.—El magnesio se mantiene constante todo el cultivo.

7.—Los valores de Fe, Cu y Zn se mantienen bastante elevados y dentro de los márgenes establecidos en la bibliografía, presentando el Zn un amplio margen de variación.

BIBLIOGRAFIA

- BLESA, C. y LUQUE, A. (1972). *Ann. Edaf. y Agrob.*, 7-8, 583-599.
- BLESA, C. y LUQUE, A. (1975). *Ann. Edaf. y Agrob.* (en prensa)s.
- CAROLUS, R. L. (1934). *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 32, 610-614.
- LACHICA, M., AGUILAR, A. y YÁÑEZ, J. (1973). *Ann. Edaf. y Agrob.*, 11-12, 1.033-1.047.
- LUQUE, A. (1973). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Univ. de la Laguna. Canarias. España.

- MILLETTI, G. (1969). *Proc. Congreso Internacional de Hidroponía*. 119-131. Las Palmas.
- PÉREZ MELIÁN, G., JIMÉNEZ, F. y LUQUE, A. (1975). *Ann. del Centro Asociado de la UNED, I*, Las Palmas (1), 227-285.
- PÉREZ MELIÁN, G. y LUQUE, A. (1974). *Cultivo hidropónico de lechugas. I. Nutrición*. Publ. Serv. Agríc. Centro Internacional de Hidroponía, 19-37.
- ROORDA VAN EYSINGA, y SMILD, K. W. (1969). *Nutritional disorders in cucumbers and gherkins under glass*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, 44 p.p.
- STEINER, A. A. (1973). *The selective capacity of tomato plant for ions in a nutrient solution*. Third International Congress on Soilless Culture. Sassari, Italia.
- STEINER, A. A. (1961). *Plant and Soil*, 15, 134-154.
- STEINER, A. A. (1968). *Soilless culture*. Proc. of Colloquium of the International Potash Institute. 324-341, Florence, Italy.
- VOGEL, F. y WEBER, E. (1932). *Gartenbau-Wissenschaft.*, 6, 478-499.