

## CONTROL QUIMICO DEL MAGNESIO Y MANGANESO

### II.—EFECTO DEL ROCIADO FOLIAR EN EL CONTENIDO DEL ACIDO ASCORBICO DE LOS TUBERCULOS DE PATATAS.

por

GERARDO DIOS, RAMON DIOS Y BENITO SANCHEZ

La influencia del rociado de los iones  $Mg^{++}$  y  $Mn^{++}$  sobre la producción, concentración en la hoja y condiciones típicas de análisis foliar en patatas, fue comunicada por los autores en la primera parte de este trabajo (5). Los datos reunidos para este mismo cultivo en cuanto a su acción sobre el ácido ascórbico como otro medio de control de estos elementos se presentan a continuación.

Las patatas son consideradas usualmente como una fuente más pobre de vitamina C que los tomates y naranjas, pero, como consecuencia de consumirse en grandes cantidades, contribuyen en un porcentaje más elevado en el consumo total de esta vitamina. Algunas variedades son más ricas en constituyentes nutritivos que otras. La selección de una planta sobre la base de su valor nutritivo debe ir acompañada de posibilidades comerciales en cuanto a su resistencia a enfermedades, producción y calidad de venta. La Misión Biológica viene realizando, desde hace muchos años, trabajos de selección, pero no estuvo interesada en las posibilidades de escoger las variedades más nutritivas, de entre aquellas que están ya en cultivo racional. Empezamos el estudio analizando variedades locales de nomenclatura desconocida, cuyos valores medios eran de 19-21 mgs. de vitamina C por 100 grs. de peso, y el de algunas variedades seleccionadas en Galicia oscilaba entre 23 y 29 mgs/100 gramos. El promedio de valores de algunas naciones señalan valores de 32 a 43 mgs/Kg. Todavía es factor económico la producción de vitamina C en la naturaleza y parece inferirse, de los anteriores datos, la posibilidad de incrementar su contenido.

## INFLUENCIA DEL MAGNESIO Y MANGANESO EN LA SÍNTESIS DEL ÁCIDO ASCÓRBICO

Algunos investigadores han llegado a la conclusión de que ciertos elementos inorgánicos, entre ellos el manganeso y en menor grado el magnesio, pueden incrementar el contenido de vitamina C de las plantas, pero no todos los estudios condujeron a una conclusión consistente. Muchas de las comunicaciones se realizaron por el Laboratorio de Sueños, Plantas y Nutrición de la Universidad de Cornell, establecido específicamente, para investigar las interrelaciones entre los suelos, plantas y nutrición animal.

Entre los autores que han analizado el contenido mineral de las plantas y han intentado correlacionarlo con las vitaminas, se encuentran McHargue (16), quien en 1924 determinó el contenido en manganeso en gran número de plantas y animales. De los datos obtenidos dedujo que un alto porcentaje de manganeso significaba también alto contenido en vitamina. Kobic (13) confirmó posteriormente los datos de McHargue.

Un resumen de los trabajos realizados sobre la acción de los elementos minerales en el contenido de vitamina ha sido llevado a cabo por Hamner (6), del que hemos obtenido algunas referencias. Rudra (22) comunicó que el manganeso era indispensable para la síntesis del ácido ascórbico en plantas, y Hester (10) indica que las variaciones en esta vitamina encontradas por él pudieran no ser resultado de la influencia directa en el porcentaje de manganeso absorbido por las plantas, sino más bien del efecto secundario que pudiera producir.

Los trabajos de Maynard y Beeson (15) y Hamner y Maynard (7) han cubierto buena parte de la literatura en este campo. En estos trabajos se compendian las variaciones en el contenido en vitaminas de las plantas en relación con varios factores, influyendo la adición de nutrientes fertilizantes, diferencias varietales, variaciones en el clima y diferencias estacionales.

Lyon y Beeson (14), en experimentos realizados en invernaderos con tomates, comprobaron que la falta de manganeso, aunque provocó síntomas severos de deficiencia en la planta, no afectó significativamente al contenido de ácido ascórbico, hecho que no confirma los resultados obtenidos por otros autores. El contenido en ácido ascórbico en diversas variedades de patatas fue estudiado por Kelly y Somers (11). La concentración de este ácido en los tubérculos no varió con la maduración. Después de secas las ramas, el contenido comenzó a declinar, continuando la pérdida a lo largo del periodo de almacenamiento. La adición de nitratos al suelo puede estar asociado a alta nutrición pero no a alto contenido en ácido ascórbico (23). Los mismos autores (12) reali-

zan injertos recíprocos entre variedades de patatas con tubérculos de diferente contenido en vitamina C. La cantidad de esta vitamina estaba regulada por la constitución genética de la parte aérea.

Se sugiere que el ácido ascórbico contribuye al balance de aniones y cationes en las células de las hojas, aunque esta contribución puede ser pequeña debido a la concentración relativamente baja de este ácido. El balance catión anión puede ser un factor en la determinación de la cantidad de ácido ascórbico utilizado (24).

Brandt y Beeson (3) no encuentran influencia significativa entre la fertilización orgánica y el contenido de ácido ascórbico en patata. El estudio genético del contenido en ácido de esta planta fue realizado por un grupo de la Universidad de Cornell (37). Se encontraron grandes diferencias entre variedades y pequeñas entre años. Algunas variedades no transmitieron alto contenido de ácido ascórbico a las semillas.

Las comunicaciones de que el magnesio puede incrementar el contenido de ácido ascórbico cuando se fertilizan los suelos puede atribuirse a una acción secundaria y no directa. Varios autores (4, 6) no encontraron relación alguna entre el contenido de ácido ascórbico y el efecto de la fertilización con magnesio. En otros casos, plantas de baja concentración en ácido ascórbico recuperaron su nivel normal después de dos años de adición de magnesio a los suelos. En general, los resultados obtenidos hasta la fecha indican que aquellos tratamientos que dan la mayor cosecha son también los que dan el más alto contenido en vitamina.

La correlación existente entre el contenido en ácido ascórbico y el de la materia seca de la planta puede ser resultante de la relación funcional de exosas y ácido ascórbico, ya que las primeras parecen ser precursoras del segundo. La cantidad de iluminación es un factor importante en su determinación (12).

Posteriormente a trabajos realizados por nosotros, Novoderzskina (18) aplica, entre otros nutrientes, magnesio y manganeso al suelo y a las hojas de tomates en invernadero. El contenido en vitamina C de los tomates que recibieron estos elementos fue de 30 mgs. por kilogramo y de 20,04 mgs. para las plantas no tratadas.

Los resultados contradictorios obtenidos en diferentes partes sobre el efecto de la fertilización en el contenido de ácido ascórbico en plantas alimenticias, puede justificar la duda en cuanto a si la nutrición mineral modifica, en verdad, el contenido de esta vitamina.

#### PARTE EXPERIMENTAL

Los datos de la presente discusión se refieren a la influencia de los elementos químicos motivos de investigación, no considerando, más que bajo el punto de vista del control, la influencia que pueda proporcionar

el nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido en vitamina. Para propia interpretación de los resultados, la influencia de los tratamientos la hemos separado de los otros factores que se están estudiando, tomando únicamente como base del contenido en vitamina C las variedades locales no seleccionadas, fertilizadas, generalmente con estiércol, y de las variedades extranjeras sometidas a selección genética en España.

El análisis de las diferentes variedades locales y seleccionadas, nuevas y viejas, han indicado las siguientes variaciones en el contenido en ácido ascórbico:

Varietades locales ... ..	19,6 mgs/100 grs.
Varietades seleccionadas nuevas ... ..	29,7 mgs/100 grs.
Varietades seleccionadas viejas ... ..	25,0 mgs/100 grs.

El método seguido en las determinaciones fue el colorimétrico indicado por Roe (21), utilizando como reactivo el 2,6 diclorofenol-indofenol como extractor de los tejidos vegetales solución de ácido metafosfórico al 5 por 100, para inhibir la oxidación catalítica del ácido ascórbico por iones de los metales catalizadores cobre y hierro, e inactivar las enzimas que oxidan dicho ácido. La cantidad pesada de sustancia fue de 15 gramos, recortando las muestras en bandas de la parte media de la patata operando en todos los casos como se describe en el método.

Estudiando la tabla de producciones, en este suelo que el año 1955 solamente contenía indicios de magnesio y en el 1957, 12 p.p.m., puede observarse que el mayor incremento en los tratamientos con estiércol ha sido igualmente el de mayor concentración de sulfato de magnesio

TABLE I

*Producción de patatas sometidas a rociado de los nutrientes magnesio y manganeso en periodo tardío de la floración. Año 1957.  
(Con estiércol)*

Subparcela	Tratamiento	PRODUCCION				
		Kgs./Parcela (16 m <sup>2</sup> )			Kgs./Ha	
		1.ª calidad	2.ª calidad	TOTAL	TOTALES	Δ RELATIVO AL CONTR.
1 H, 6 H, 11 H,	NPKE + O	21,3	7	28,3	17.685	
2 H, 7 H, 12 H,	NPKE + SO <sub>4</sub> Mg (1%)	25,0	8	33,0	20.685	+ 3.000
3 H, 8 H, 13 H,	NPKE + SO <sub>4</sub> Mg (2%)	30,0	7	37,0	23.125	+ 5.440
4 H, 9 H, 14 H,	NPKE + SO <sub>4</sub> Mn (1%)	35,4	5	35,4	22.125	+ 4.440
5 H, 10 H, 14 H,	NPKE + SO <sub>4</sub> Mn (2%)	28,0	4,3	32,3	20.185	+ 2.500

Diferencia de la media de tratamiento con respecto al control..... + 8.840

Contenido de magnesio y manganeso en el suelo: Mg = 12 p. p. m; Mn = 5 p. p. m

—2 por 100—, aunque tal aumento es más bajo que en los de aquel año. La aplicación de sales de manganeso ha dado lugar a una elevación media en el nivel de producción de 3.500 kilogramos por hectárea, inferior a la media de las correspondientes aplicaciones de magnesio, contrariamente a lo que sucedió en 1955, en que éstas superaban en 1.300 kilogramos/Ha. a las de aquéllas.

En las adiciones de ambas sales en subparcelas no fertilizadas con abono orgánico, es la de manganeso al 2 por 100 la que elevó más la producción, si bien la media de los tratamientos con soluciones conteniendo iones de ambos metales es aproximadamente la misma para los dos casos.

En la tabla II se consignan los valores obtenidos de vitamina C, en tratamiento con y sin estiércol. El contenido en ácido ascórbico de las plantas aumenta en todas las parcelas, de un extremo al otro del campo,

TABLA II

*Producción de patatas sometidas a rociados de los nutrientes magnesio y manganeso en el periodo tardío de la floración. Año 1957.  
(Tratamiento con estiércol)*

Subparcela	Tratamiento	PRODUCCION					Δ RELATIVA AL CONTROL
		Kgs /Parcela (16 m <sup>2</sup> )			Kgs./Ha.		
		1.ª calidad	2.ª calidad	TOTAL	TOTALES		
1 P, 6 P, 11 P,	NPK + O	21,6	5,0	26,6	16.687		
2 P, 7 P, 12 P,	NPK + SO <sub>4</sub> Mg (1%)	25,6	7,0	32,6	20.312	+ 3.625	
3 P, 8 P, 13 P,	NPK + SO <sub>2</sub> Mg (2%)	25,5	6,3	31,0	19.875	+ 5.188	
4 P, 9 P, 14 P,	NPK + SO <sub>4</sub> Mn (1%)	24,6	5,6	30,2	18.875	+ 2.188	
5 P, 10 P, 15 P,	NPK + SO <sub>4</sub> Mn (2%)	27,0	7,0	34,0	21.250	+ 4.563	

Diferencia de la media de tratamientos al control..... + 3.891

Contenido de magnesio y manganeso en el suelo: Mg= 12 p. p. m; Mn= 5 p. p. m.

con las aplicaciones de los iones en estudio, lo cual es importante dentro de la propia interpretación de los resultados, ya que separa la influencia de los tratamientos de la de los otros factores que fueron sometidos al control experimental.

Los incrementos conseguidos oscilan entre 2,5 mgs. por 100 gramos con la adición de sulfato magnésico al 2 por 100 y 15,7 mgs. por 100 gramos para la misma concentración de la sal de manganeso, siendo las aplicaciones de estos últimos elementos, en todos los casos, superior a las del primero. Lo contrario sucede cuando no hay adición de materia orgánica, en cuyo caso las variaciones positivas mayores, con respecto al control, son producidas por la sal magnésica al 1 por 100, que

incrementan en 9,5 mgs. por 100 grs. al contenido vitamínico, mientras que aquel nutriente lo hace con un promedio de 6,5 mgs. por 100 gramos, que es de significación práctica, siendo en todos los casos, excepto en el sulfato de manganeso al 2 por 100, con materia orgánica, mucho superior a los incrementos entre tratamientos que las variaciones entre subparcelas, con iguales cantidades de nutrientes.

Teniendo en cuenta los resultados de suelo, producción, intensidad y calidad de nutrición, obtenidos en años anteriores y el hecho de que la aplicación de nutrientes se realiza directamente sobre la hoja, laboratorio químico de la planta, las variaciones incrementales obtenidas e

TABLA III

*Variación del contenido en vitaminas en patatas sometidas a rociados de magnesio y manganeso. Año 1957.*

Subparcela	Tratamiento	CONTENIDO VITAMÍNICO mgs./100grs					
		con ad. de mat. org.	Δ entre subpar- celas	Δ al control	sin ad. de mat. organ.	Δ a sub- parcela	Δ al control
1 H, 6 H, 11 H,	NPK + O	27,9	8,0		30,5		
2 H, 7 H, 12 H,	NPK + SO <sub>4</sub> Mg (1%)	37,7	8,0	9,76	40,8	3,5	10,3
3 H, 8 H, 13 H,	NPK + SO <sub>4</sub> Mg (2%)	30,3	4,2	2,50	39,7	2,6	9,2
4 H, 9 H, 14 H,	NPK + SO <sub>4</sub> Mn (1%)	37,4	3,5	10,40	38,8	4,0	7,8
5 H, 10 H, 15 H,	NPK + SO <sub>4</sub> Mn (2%)	43,7	7,2	15,70	36,6	2,6	5,1
Media de incrementos.....			4,3	9,1		3,2	+ 8,1
Valor medio con respecto al control.....							+ 8,5

ácido ascórbico, hasta un máximo de 157 mgs., por kilogramo de patata fresca, es muy probable que sea debido a influencia directa de la fertilización sobre la hoja y no a efectos secundarios de los propios iones sobre otros nutrientes.

*Misión Biológica de Galicia. Sección de  
Química Agrícola y Fertilidad de Suelo*

## RESUMEN

Se continúa un trabajo anterior sobre los efectos asociados producidos por el rociado sobre la hoja de patata de los elementos magnesio y manganeso que produjeron deficiencia «asintomática» en patatas. Se indica la influencia producida por los iones Mg<sup>++</sup> y Mn<sup>++</sup> sobre el contenido de ácido ascórbico en este tubérculo.

En todos los casos la evidencia muestra que tal adición incrementa la formación de vitamina C, elevando su contenido entre 2,5 y 15,7 mg. por 100 gramos de tubérculo mejorando además la productividad.

Por la relación entre el contenido de magnesio y manganeso en suelos y el efecto producido la adición de sus sales sobre la producción, contenido en la hoja, conceptos típicos de análisis foliar —intensidad y calidad de nutrición— y ácido ascórbico, se deduce la posible aplicación del procedimiento «asociado» a diagnosticar con más seguridad las deficiencias minerales de estos elementos. Falta para la confirmación de la anterior evidencia el estudio de la variación de las condiciones ecológicas, un mayor ensayo de variedades y en caso afirmativo la comparación definitiva con los procesos de nutrición animal.

#### S U M M A R Y

A first report has described how leaf spraying associated with foliar diagnosis the highest values 103 and 920 mg. ascorbic acid per kilo for the 2%  $MgSO_4$  spraying. may control magnesium and manganese deficiency in potatoes when no specific symptoms were shown. The present communication describes briefly how spraying of the above ions on potato leaves grown on the same area increases ascorbic acid content.

All of the ion treatments influenced tubers production and the vitamin C content. The sprayed plants were remarkably higher in ascorbic acid than the unsprayed ones. The differences amounted from 25 mg. per kilogramme for the applications of 2% solutions of  $MgSO_4$  to 157 mg. per kilo for the spraying of 2%  $MnSO_4$  with organic matter additions to the soil. When no manure fertilization was made the data indicate the highest values 103 and 920 mg. ascorbic acid per kilo for the 2%  $MgSO_4$  spraying.

The associate effects produced by spraying on the plants  $MnSO_4$  and  $MgSO_4$  salts on the ion content of leaves, yield, relationship with NPK unit and ascorbic acid content seems to be good procedure for control asymptomatic deficiencies in crops and to be sure whether the soil is deficient or just is low its natural stage in a determined nutrient. Further studies on number of varieties, ecological variations should be made.

#### B I B L I O G R A F Í A

- (1) BEESON, K. E. 1941. The mineral composition of crops with particular reference to the soils in which they were grown U. S. Dpto of Agric. N. 369, 1-164.
- (2) BOLAS, B. D. y PORSMOUTH, G. B. 1947. Physiological effects of manganese. Ann. Rep. East. Malling. Res. Sta. K 73, 126-128.
- (3) BRANDT, C. S. y BEESON, K. C. 1950. Influence of organic fertilization of certain nutritive constituents of crops. Soil. Sc. 71, 449-454.
- (4) COWART, F. F. 1942. The effect of magnesium deficiency of grape fruit trees upon the composition of the fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40, 161-164.
- (5) DIOS, G., DIOS, R., y SÁNCHEZ, B. 1961. Control químico del magnesio y manganeso. I. Efecto del rociado de sus sales sobre la producción y las condiciones típicas de análisis foliar. En publicación en An. Edaf. y Fis. Veg.
- (6) HAMNER, K. C., LYON, C. B. y HAMNER, C. L. 1942. Effect of mineral nutrition on the ascorbic acid content of the tomato. Bot. Gaz. 103, 586-616.
- (7) — — MAYNARD, L. A. 1942. Factors influencing the nutritive value of tomatoes. A review of the literature, U. S. Dept. Agr. Mis. Pub. 502.
- (8) — — 1949. Minor elements content of plants. U. S. Dep. of Agr. Per. 166, 172.
- (9) HASSAN, H. H. y MCCOLLUM, J. P. 1954. Factors affecting the content of ascorbic acid in tomatoes, Agr. Expr. Sta. University of Illinois. Bull 573.
- (10) HESTER, J. B. 1941. Manganese and Vitamin C. Science 93, 401.
- (11) KELLY, W. E. y SOMERS, G. E. 1948. The influence of certain rootstocks and

- oscions on the ascorbic acid content of potato tubers. *Plant. Phys.* 23, 333-342.
- (12) — — 1949. The effect of time of harvest variety and storage of the ascorbic acid content of potato tubers. *Amer. Pot. Jour.* 26, 47-53.
- (13) KOBLIC, J. 1940. The composition of wild strawberry leaves and their importance as a substitute for tea. *Sbornikceskosloaka. Zemeldeske.* 15, 342-350.
- (14) LYON, C. B. y BEESON, K. C. 1943. Manganese and ascorbic acid formation.
- (15) MAYNARD, L. A. y BEESON, K. C. 1943. Some causes of variation in the vitamin content of plants growing for food. *Nut. Abst. and Rev* 13, 155.
- (16) MCHARGUE, J. 1924. The association of manganese with vitamins. *Jour. Agr. Res.* 27, 417-424.
- (17) NICHOLAS, J. D. 1948. Experiments in correcting magnesium deficiency in glass house tomatoes. *Journ Agr. Sci.* 24, 1-18.
- (18) NOVODERZKINA, G. 1960. Effect of trace elements on increase of vitamins C activity of tomatoes. *Fisiol Rastenir. Akad. Mank, S. S.R.* 7, 121-123 (*Chem. Abstr.* 55, 2-982).
- (19) PHART, C. y PFÜTZER, G. 1937. The effect of fertilizing on the content of caroten and ascorbic acid of various vegetables of fodder plants. *Angew. Chem.* 50, 179-184.
- (20) ROACH, W. A. 1930. *J. Agric. Sci.* 20, 170 (no se leyó el original).
- (21) ROE, J. H. *Methods of biochemical analysis.* Vol. I. Intersciencie Pub. New-York-London. Pag. 118.
- (22) RUDRA, M. N. 1938. Role of manganese in the biological synthesis of ascorbic acid. *Nature* 141, 203.
- (23) SOMERS, G. F., KELLY, W. C. y HAMNER, K. C. 1951. Influence of nitrate supply upon the ascorbic acid content of tomatoes. *Amer. Jour. Bot.* 38, 472-475.
- (24) — — 1951. Ascorbic acid and dry matter acumulation in turnip acid broccoli leaf dises infiltration with inorganic salts organic acids and some enzyme inhibitors. *Plant. Phy.* 26, 90-109.
- (25) — — 1957. Influence of shading upon changes in the ascorbic acid and carotene content of turnip greens as compared with changes in fresch weight and nitrogen fractions. *Jour. Nutr.* 62, 39-60.
- (26) TWYMAN, E. S. 1946. The iron manganese balance and its effect on the growth and development of plants. *New Phyt.* 45, 1-17 (cit.).
- (27) U. S. PLANT SOIL AND NUTRITION LABORATORY, 1956. Progress Rep of eleventh colaborators meeting. Pag. 62. Cornell University, Ithaca. N. Y.
- (28) WILLIAMSON, W. y FITZPATRICK, A. 1950. Analytical methods on soils. Com. Part