

EFECTO DEL TITANIO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL BRÓCULI (*Brassica oleracea* var. *italica*) Y SU REPERCUSIÓN EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

ALBERTO GONZÁLEZ BENAVENTE-GARCÍA
JESUS OCHOA REGO
EMILIO CASANOVA PÉREZ

Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario

JUAN ANTONIO FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Cartagena.
Universidad de Murcia

INTRODUCCIÓN

El cultivo del brócoli va adquiriendo paulatinamente mayor importancia aumentando su difusión a nivel nacional. Ello está propiciado por la versatilidad que presenta la planta hacia numerosos tipos de suelos, resistencia relativa a la salinidad y adaptación a las diversas climatologías de las zonas productoras; además la poca variabilidad de los cultivares utilizados, y representados en gran parte por el cv. Maratón, evita los factores que pueden introducir la necesidad de empleo de un abanico varietal para cubrir una demanda sostenida durante casi todo el año. Por otro lado, el aprovechamiento para su uso en fresco, fundamentalmente con destino a la exportación, sin olvidar su aprovechamiento en la industria del frío, le confiere una comercialización con grandes posibilidades.

En el período productivo comprendido entre los meses de diciembre a febrero, realizado en condiciones mediterráneas, se ha observado un menor calibre de la pella con respecto a los pesos exigidos preferentemente para la exportación, fijados entre 300 y 350 g. Ello se está intentando corregir con la aplicación de técnicas culturales que puedan influir en la producción de un mejor desarrollo vegetativo de la planta, lo que puede repercutir en una mayor relación de asimilación de sustancias de reserva y el posterior mayor crecimiento de la inflorescencia. Entre las técnicas utilizadas se encuentran la de reducir la densidad de plantación o variar la disposición de las plantas para disminuir la

competencia entre éstas en el entorno de crecimiento, o la de actuar sobre las condiciones medioambientales modificándolas con el uso de pequeñas protecciones térmicas, como acolchados o empleo de mantas térmicas. Otra forma de influir positivamente sobre el desarrollo vegetativo es a través del empleo de reguladores del crecimiento, como las giberelinas GA₃ ó GA₄₊₇ (Fernández *et al.* 1997, a y b), o bien interviniendo en el proceso nutricional complementando los equilibrios fertilizantes tradicionales con la aplicación foliar de otros formulados, como la urea; habiéndose contemplado en ambos casos la posible influencia en la elección del momento de aplicación de los tratamientos, dependiendo sobre todo del estado fenológico de la planta.

La potenciación de ciertos procesos relacionados con la fotosíntesis tras la adición de compuestos de titanio ha sido estudiado por diversos investigadores, así como su repercusión en la mejora del comportamiento de algunas especies hortícolas en distintas fases de su cultivo. Esto sucede en pimiento (*Capsicum annuum*), en cultivares con destino a la industria, en el periodo de germinación (Martínez-Sánchez, *et al.*, 1990), en el incremento de la producción y biomasa (Alcaraz *et al.*, 1991) y en la mejora de la calidad del fruto (Martínez-Sánchez *et al.*, 1992). También se ha constatado en el aumento de la productividad en maíz (Kiekens *et al.*, 1987), y en otras especies vegetales. Se ha observado también que la adición de este metal faculto, en general, un incremento de los contenidos de otros nutrientes como calcio, magnesio, hierro y manganeso (Martínez-Sánchez *et al.*, 1992), y sabido es el papel de los oligoelementos como favorecedores y promotores de las actividades fotosintéticas y enzimática lo que explicaría esa potenciación. Ello aporta la duda de cual es el agente causante de los efectos beneficiosos, o bien el titanio directamente, cuya ruta metabólica aun no se conoce bien, o la acción sinérgica con los otros oligoelementos, cuya presencia también se ve favorecida. Lo que deberemos también considerar es el pequeño intervalo en el que se mueven los niveles admitidos y tóxicos de las concentraciones de los microelementos y aunque ya existe una normativa que no establece límites de ingesta diaria para el titanio (FAO, 1971), debería ser revisada.

Es en este aspecto, el micronutricional, donde se puede actuar aplicando foliarmente diversos compuestos de titanio para constatar su hipotética repercusión en el desarrollo vegetativo de la planta, buscando su mejoría, y por tanto, en el posterior efecto positivo sobre el rendimiento, aumentándolo. Por si pudiese existir alguna relación entre la acción del oligoelemento y las condiciones medioambientales en las que se desarrolla el cultivo sería recomendable efectuar esas aportaciones en diversos ciclos culturales dentro del calendario de exportación. También debería ser considerado la elección del momento de aplicación del producto en diversos estados fenológicos de la planta, ante una posible dependencia entre la asimilación del micronutriente y el estado de desarrollo de la planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha desarrollado en la finca experimental de Torreblanca, del CIDA, situada en la proximidad del Mar Mediterráneo. El cultivo se ha realizado al aire libre siguiendo unas prácticas culturales paralelas a las de uso tradicional.

El cultivar ensayado, Marathon, es el más empleado en la zona, conociéndose sus características y comportamiento agronómico, por los que no se introduce ninguna variabilidad adicional a los resultados.

Cuadro 1

COMPOSICIÓN DE LOS PREPARADOS DE TITANIO UTILIZADOS

COMPUESTO	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti
Titavit (A)	<0,05	0,17	<0,05	1,02	0,20
Citomastic (B)	<0,05	0,10	0,16	36,86	2,06
Ascorbato de titanio (C)	<0,05	0,16	<0,05	1,12	2,36

Las concentraciones vienen expresadas en ppm.

Los compuestos de titanio utilizados consistieron en dos soluciones a la concentración de 1 gramo de titanio por litro (Citomastic, y Titavit) y un preparado de Ascorbato de titanio 2 milimolar a pH 6, estando el volumen aplicado por planta comprendido entre 20 y 30 ml para cada uno de los compuestos y sus respectivas concentraciones.

La aplicación de dichos compuestos se realizó en dos momentos; el primero coincidiendo con la iniciación de la pella (estado 1) y el segundo, 15 días después, (estado 2). El momento de iniciación de la pella se previó entre 48 y 52 días tras el trasplante, según información sobre modelos de temperaturas (Fernández, 1996), lo cual fue constatado visualmente al binocular muestreando plantas de unas repeticiones implantadas para ese uso.

Las plantaciones se realizaron el 17 de octubre y el 12 de noviembre con plántulas procedentes de semillero especializado de la zona, dotada de 4 a 5 hojas verdaderas, tras desarrollarse durante 43 días en bandejas de poliestireno expandido de 295 celdillas. La densidad de plantación empleada ha sido de 6 plantas/m², dispuestas al tresbolillo en dos líneas pareadas; el trasplante se realizó en caballón, elevado unos 30 cm de alto, guardando una distancia de 1 m entre centros de caballones y orientados de norte a sur.

El cultivo que le precedió en esa misma superficie fue de brócoli y coliflor, finalizándose en la última decena de mayo y no habiendo sido sometida a ningún proceso de desinfección. Tras la retirada de los restos del cultivo, se labró, permaneciendo meteorizándose hasta poco antes de nuestra plantación, momento en que se procedió a dar nuevas labores y el trazado de los caballones.

Veinticuatro horas antes de la plantación se trató el terreno con un herbicida de contacto de acción residual, oxifluorfen 24%, mojando bien la superficie a cultivar.

Ante la eventualidad del ataque de conejos, se rodeó el perímetro de la plantación con una malla de alambre para evitar su ataque y destrucción del cogollo de las plantas.

Por tratarse de un ensayo relacionado con la evolución de nutrientes en la planta y para evitar solapamientos de asimilación de otros elementos fertilizantes de mineralización más lenta, se suprimió el abonado de fondo, práctica habitual en este tipo de cultivos. Para conocer el nivel de nutrientes en suelo se practicó, previo a la plantación, una extracción de muestras de suelo, a -10 cm, y subsuelo, a -40 cm, para verificar si existía alguna deficiencia importante en el balance de nutrientes.

El sistema de riego a emplear fue localizado, utilizándose una manguera por caballón, de polietileno de 10/12 cm, de diámetros exterior e interior respectivamente, con una densidad de 2,5 goteros/m lineal de manguera, y estos con un caudal de 2 l/h.

Se previó una aportación fertilizante en cobertera en ambas plantaciones, a partir de la segunda semana tras el trasplante y hasta unos 10 días antes de la recolección, que consistió en 300 UF de N, 170 UF de P₂O₅ y 300 UF de K₂O; la aplicación de estos fer-

tilizantes se hizo por fertirrigación y con formulados solubles como fosfato monoamónico (12-61-0), nitrato amónico (33,5) y nitrato potásico (13-0-46).

Con respecto al estado fitosanitario del cultivo, se realizaron tratamientos preventivos, en momentos proclives de desarrollo de ciertas plagas y enfermedades de frecuente aparición en este cultivo, y de control, ante la existencia de algunas de ellas. Entre otras se controló la presencia de enfermedades como mildiu (*Peronospora parasitica*) y botritis (*Botrytis* sp.), por medio de aplicaciones con cimoxanilo, benalaxil, etc. la primera, y con benomilo, TMTD, vinclozolina, etc. la segunda. En cuanto a plagas, en la fase de desarrollo tras el trasplante hubo que prevenir los ataques de la mosca de la col (*Delia* sp.) con aplicaciones con isofenfos en el agua de riego, pulverizaciones foliares con quinalfos, etc. En cuanto a la parte aérea ataques, de pulgones (*Myzus persicae*, *Brevicorine brassicae*, etc.), fueron combatidos con pirimicarb, imidacloprid, etc.; y distintos gusanos aéreos como la oruga de la col (*Pieris brassicae*) y otros lepidopteros (*Spodoptera* sp., *Antographa*, sp.) además de la atención a tener hacia la polilla de las crucíferas (*Plutella maculipennis*) por su gran actividad desarrollada últimamente, se controlaron con tratamientos con metomilo, diversos piretroides, etc. También los ataques fuertes de minadores (*Lyriomiza trifolii*, etc.), fueron controlados con cyromacina, abamectina, etc., y de caracoles (*Teba* sp.), con la distribución de cebos de metiocarb.

La evolución del crecimiento de la inflorescencia fue seguida semanalmente desde el momento de su iniciación hasta el momento de recolección, apreciando regularidad de la forma, aspecto del grano, apertura prematura de flor, etc.

El control de la producción se estudió como calidad de la producción y como rendimiento, considerando en la calidad de la producción características gravimétricas y morfométricas de la inflorescencia, como peso medio, diámetro del pedúnculo, perímetro de la pella y arco medio; con respecto al rendimiento se estudió su aspecto comercial y total en cada tratamiento.

Además para determinar el nivel de macro y micronutrientes absorbidos por la planta, se muestrearon 4 plantas/tratamiento, determinándose previamente la relación entre materia fresca y seca, y procediéndose a su análisis foliar, para la posterior estimación de la presencia de estos elementos minerales. Este muestreo se llevó a cabo en el momento de recolección, haciéndose en hojas e inflorescencias en ambas plantaciones.

Ciertas anomalías surgidas en los datos de control de recolección que no se subsanaron en la analítica posterior y que podrían inducirnos a confusiones, nos han decidido a no incluir la información aportadas por los testigos en el estudio de sus contenidos minerales; aunque si tenemos en cuenta los bajos contenidos de Ti del tratamiento A, con Titavit, podríamos pensar que sus resultados pueden estar muy próximos a los que presentarían los testigos.

El diseño agronómico empleado fue el de bloques al azar utilizando cinco repeticiones por tratamiento, cuatro para su valoración agronómica y una para la realización de muestreos. La parcela elemental fue de 5,5 m². Los datos agronómicos serán analizados según el test LSD con un nivel de significación del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de los cultivos en las dos plantaciones ha sido normal desde las posibles incidencias medioambiental y fitosanitaria, no habiéndose producido fenómenos climáticos desestabilizadores, así como han sido perfectamente controlados todos los problemas de índole patológico que han surgido.

Las recolecciones se produjeron dando dos pases, el 20 y 27 de enero para la primera plantación, y el 17 y 24 de febrero en la segunda.

No se detectó ninguna anomalía o fitotoxicidad en las inflorescencias que pudiese indicar alguna incompatibilidad en la aplicación de los productos o en su acción posterior.

En cuanto a la repercusión en la producción, en el aspecto de la calidad (cuadros 2 y 3), en la primera plantación no hay diferencias significativas entre tratamientos y testigo con respecto al peso medio de la pella, y sí aparecen en las otras variables determinantes de la calidad, aunque desde el punto de vista práctico son poco importantes. Esta misma tónica se mantiene en la segunda plantación, donde además tampoco existen diferencias significativas a nivel del diámetro del pedúnculo floral.

Cuadro 2

CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN
EN LA PRIMERA PLANTACIÓN

TRATAMIENTO	PESO MEDIO (g)	DIÁM. TALLO PEDUNCULO FLORAL (mm)	PERÍMETRO PELLA (cm)	ARCO MEDIO (cm)
A1	323,227 a	33,82 ab	38,47 ab	20,56 b
A2	316,507 a	34,2 b	37,69 ab	19,59 a
B1	326,38 a	34,12 b	38,02 ab	19,55 am
B2	314,755 a	33,97 b	38,07 ab	19,82 ab
C1	325,96 a	33,15 ab	38,54 ab	20,02 ab
C2	312,77 a	32,72 a	37,75 a	19,94 ab
Testigo	315,38 a	34,37 b	39,57 b	20,70 b

La presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas a nivel del 5% según test LSD.

Cuadro 3

CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN
EN LA SEGUNDA PLANTACIÓN

TRATAMIENTO	PESO MEDIO (g)	DIÁM. TALLO PEDUNCULO FLORAL (mm)	PERÍMETRO PELLA (cm)	ARCO MEDIO (cm)
A1	303,2 a	26,0 a	36,6 a	19,2 a
A2	298,5 a	25,0 a	37,5 ab	19,0 a
B1	322,2 a	26,0 a	37,6 ab	19,2 a
B2	315,25 a	27,5 a	38,0 ab	19,5 ab
C1	293,25 a	27,5 a	37,0 a	19,5 ab
C2	322,25 a	27,5 a	37,25 a	19,25 a
Testigo	330,8 a	28,3 a	38,8 b	20,5 b

La presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas a nivel del 5% según test LSD.

Con respecto a los rendimientos obtenidos (cuadro 4) se observa en todos los tratamientos un aumento con respecto a los testigos, tanto comercial como total, en ambas plantaciones. En el conjunto de tratamientos no aparecen diferencias sensibles en los rendimientos de la primera plantación, mientras que es más notable en la segunda. Lo que sí se observa es que en todos los tratamientos de las dos plantaciones, los rendimientos obtenidos cuando se aplican los productos en el momento de la aparición de la inflorescencia, estado 1, son siempre mayores que en el estado 2.

Cuadro 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS
EN LA PRIMERA Y SEGUNDA PLANTACIÓN (kg/m²)

TRATAM.	1ª PLANTACIÓN		2ª PLANTACIÓN	
	COMERCIAL	TOTAL	COMERCIAL	TOTAL
A1	1,78 a	1,84 a	1,89 a	2,03 a
A2	1,74 a	1,78 a	1,82 a	2,00 a
B1	1,80 a	1,85 a	1,89 a	2,02 a
B2	1,73 a	1,76 a	1,76 a	1,96 a
C1	1,79 a	1,86 a	1,92 a	2,14 a
C2	1,72 a	1,81 a	1,73 a	1,84 a
Testigo	1,41 b	1,45 b	1,33 b	1,53 b

La presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas a nivel del 5% según test LSD.

En el contenido de elementos encontrado en hojas en la primera plantación (Figura 1), observamos que los correspondientes a nitrógeno, potasio y cobre ofrecen niveles similares con todas las sustancias aplicadas, mientras que el fósforo presenta, en general un mayor contenido en el estado 1, y con calcio, magnesio y manganeso esta tendencia se produce en el estado 2.

En cinc, aun encontrándose en un contenido elevado en el Citomastic aparece de una forma similar en todos los tratamientos.

Con respecto al boro se detecta una presencia importante en el tratamiento de ascorbato y ofrece unos niveles paralelos con los otros dos quelatos. En relación al hierro parece favorecerse su contenido cuando se aplica el ascorbato de titanio, tanto en el estado 1 como en el 2. Finalmente, los contenidos de titanio se ven aumentados en los tratamientos con las sustancias con mayor riqueza del oligoelemento.

En cuanto a la evolución de los contenidos hallados en las inflorescencia, también de la primera plantación (Figura 2), encontramos, en cuanto a macroelementos, que nitrógeno y potasio se comportan de forma similar que en hoja, aunque aumentan sus contenidos, mientras que en fósforo no se sigue la mayor presencia en los estados 1, aumentando también sus contenidos.

Con respecto a los oligoelementos, magnesio, sodio, cobre y boro, presentan una evolución similar a la de hoja, aunque aparece algún incremento, como en cobre, y cinc y boro se desplazan hacia los tratamientos con Titavit.

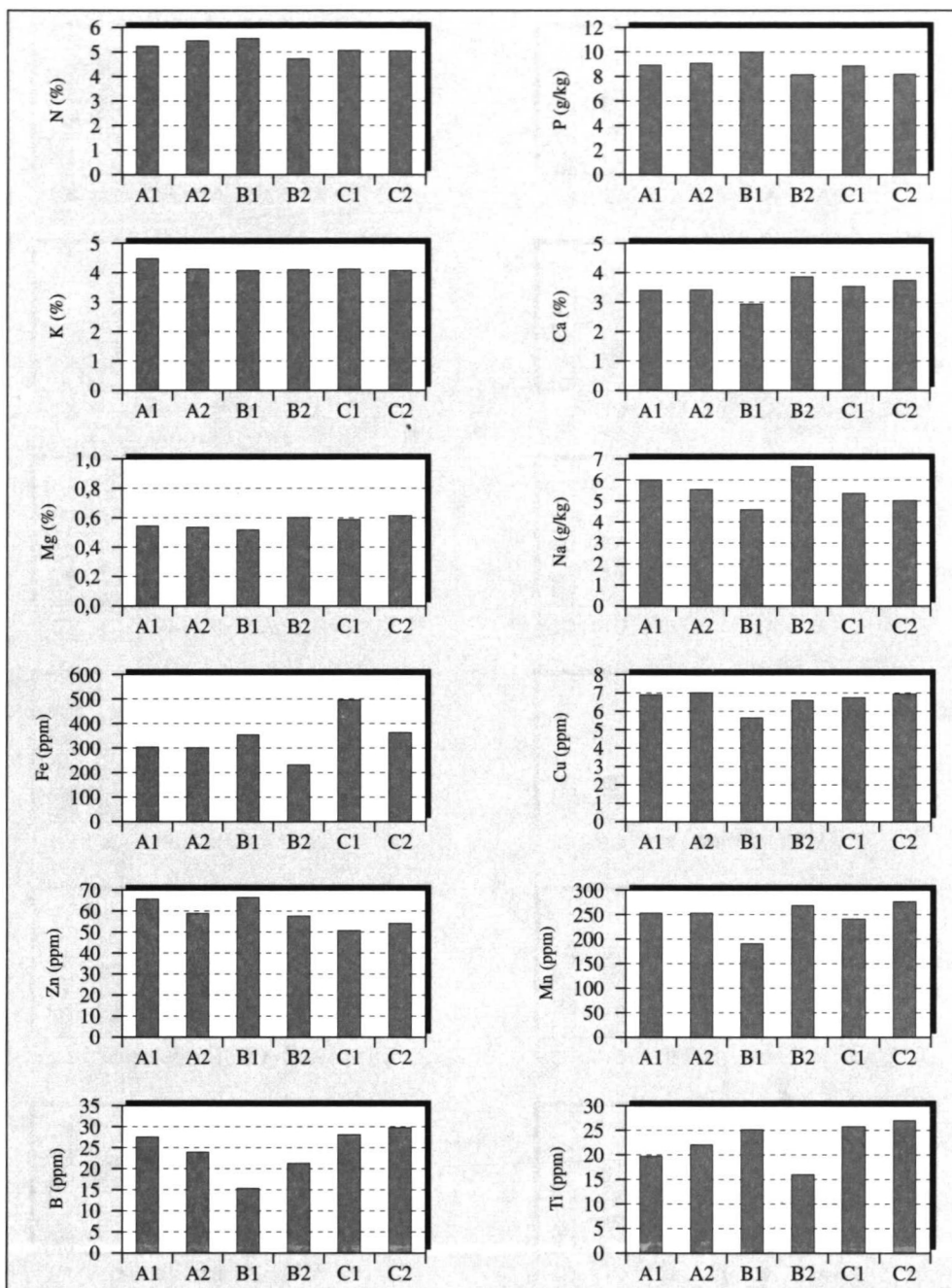


Figura n.º 1

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE TITANIO SOBRE EL CONTENIDO EN ELEMENTOS EN HOJAS DE BRÓCOLI EN EL MOMENTO DE LA RECOLECCIÓN (1ª PLANTACIÓN)

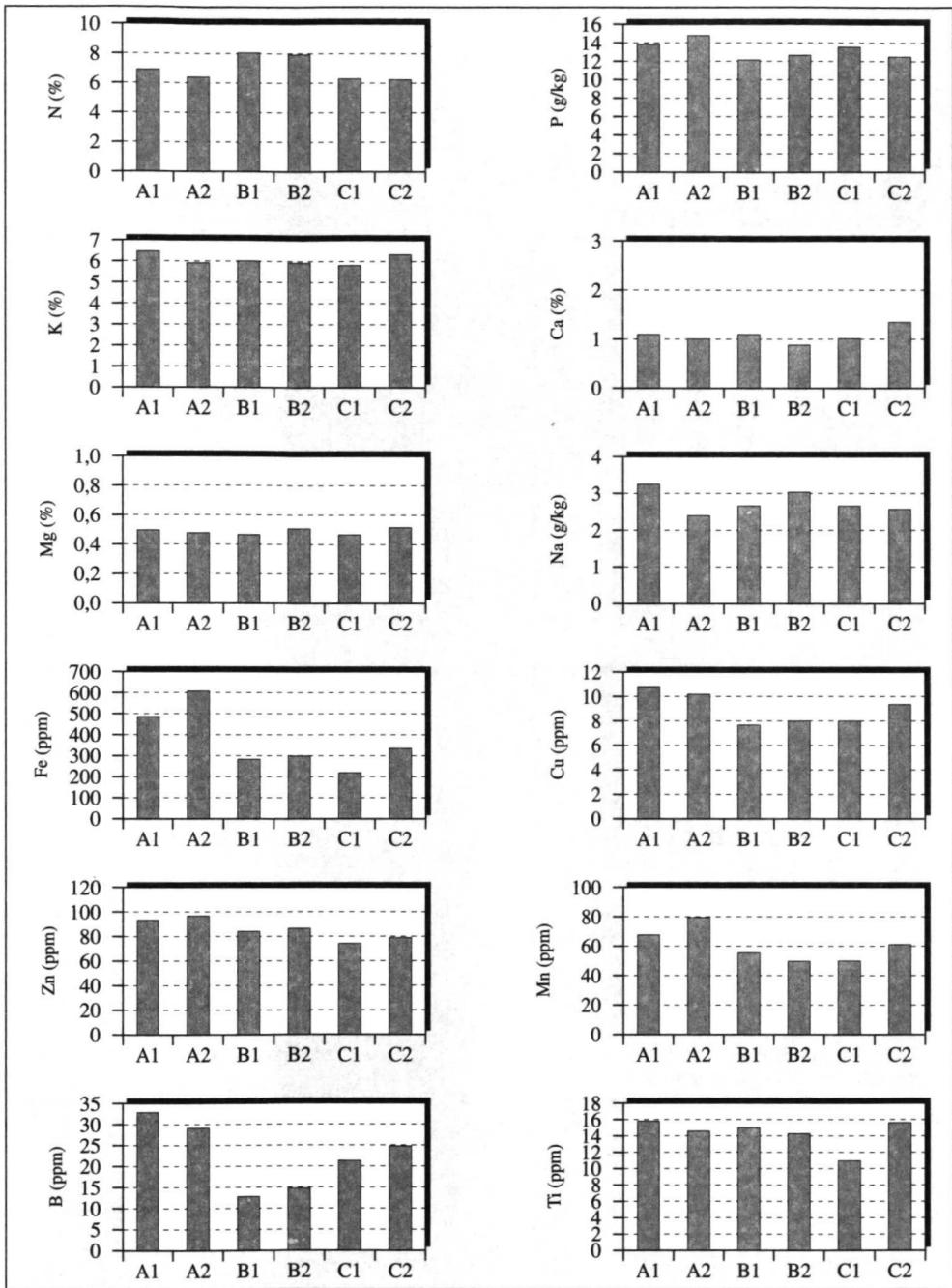


Figura n.º 2

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE TITANIO SOBRE EL CONTENIDO EN ELEMENTOS EN INFLORESCENCIAS DE BRÓCULI EN EL MOMENTO DE LA RECOLECCIÓN (1ª PLANTACIÓN)

En relación al titanio, su distribución es similar como en hoja, destacando la disminución de los contenidos.

La distribución de los contenidos minerales hallados en la segunda plantación muestran un paralelismo notable con respecto a los de la primera, por lo que no se aportan estos resultados.

CONCLUSIONES

Independientemente de que los resultados obtenidos no hayan sido muy relevantes, pensamos que las concentraciones de titanio en las materias activas utilizadas son relativamente bajas si las comparamos con las concentraciones usadas en otros cultivos (Martínez-Sánchez *et al.*, 1992) donde los resultados han sido de mayor significación, aunque también debamos considerar el que aún no se tengan datos concretos de los niveles óptimos de aplicación de este oligoelemento.

También parece entreverse en los trabajos de estos autores que cuando se utilizan mayores concentraciones de titanio, se produce un mayor aumento de los contenidos de la mayoría de los elementos y oligoelementos analizados en las plantas. Aunque debemos insistir en que, al no conocer la ruta metabólica del titanio, por un lado, y al existir fenómenos sinérgicos de la fotosíntesis relacionados con el aumento de las concentraciones de algunos oligoelementos, por otro, los resultados finales no eran claramente atribuibles a la presencia del titanio.

Podríamos concluir diciendo que al igual que en otros tratamientos realizados, como con giberelinas (Fernández *et al.*, 1997), en los que aunque había ciertas influencias en la morfometría del pedúnculo floral y en el aumento de brotaciones secundarias, pero no en el aumento del peso medio de la inflorescencia, ha sucedido de una forma paralela en los dos ciclos de cultivo realizados con la adición de compuestos de titanio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ, C. F.; CARVAJAL, M.; GIMÉNEZ, J. L.; MORENO, A.; FUENTES, J. L. y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, F. (1991): El titanio como fertilizante foliar en agricultura. Efectos sobre producción y calidad en plantas de *Capsicum annuum* L., cultivadas en fertirrigación. Proc. II Congr. Nal. Fertirrigación, FIAPA-SECH. Almería: 27.
- FAO 1971. Reuniones sobre nutrición, 46.
- FERNÁNDEZ, J. A. (1996): Tesis Doctoral.
- FERNÁNDEZ, J. A.; BAÑÓN, S.; FRANCO, J. A.; GONZÁLEZ, A. y MARTÍNEZ P. F. (1997a): Effects of vernalization and exogenous gibberellins on curd induction and carbohydrate levels in the apex of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Scientia Horticulturae*, 70: 223-230.
- FERNÁNDEZ, J. A.; GONZÁLEZ, A.; CASANOVA, E. y VICENTE, F. 1997b): Influencia de las giberelinas en la producción de brocoli. XXVII Seminario de Especialistas de Horticultura. Sevilla.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, F.; GIMÉNEZ, J. L.; FRUTOS, M. J.; CARVAJAL, M. y ALCARAZ, C. F. (1990): Titanium in plant nutrition. II Effect of Ti (IV) on germination and initial plant development of *Capsicum annuum* L. In: *Nutrición Mineral de las Plantas*. Palma de Mallorca: 115-121.

- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, F.; GIMÉNEZ, J. L.; MORENO, A.; FUENTES, J. L. y AL-CARAZ, C. F. (1992): Efecto de tratamientos foliares con Ti (IV) sobre producción y calidad de fruto en plantas de *Capsicum annuum* L. Suelo y Planta, 2: 101-111.
- KIEKENS, L. y CAMERLYNCK, R. (1987): Influence of Titavit on growth of maize and cowpea grown in nutrient solution. Proc. 2 nd. Int. Trace Element Symp. Budapest: 101-113.