



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
SANTA FE, ARGENTINA

Trabajo Final para optar por el grado académico:

Especialista en Cultivos Intensivos

“La producción de brócoli (*Brassica oleraceae* L.) como  
biofábricas en condiciones de ambientes de estrés”

**Alumno:** Ing. Agr. Krizaj, Christian

**Directores:**

FAUBA: M. Sc. Ing. Agr. Frezza Diana

UNL: Dr. Ing. Agr. Carlos Bouzo

Esperanza, Santa Fe, Argentina

19/12/2014

# La producción de brócoli (*Brassica oleraceae* L.) como biofábricas en condiciones de ambientes de estrés

Krizaj, Christian

## Resumen

El brócoli (*Brassica oleraceae* var. *itálica* Plenck) es una hortaliza con un alto valor nutricional. Habitualmente las condiciones ambientales en el cultivo al aire libre y el manejo del mismo, provocan que el cultivo esté sometido a períodos de estrés durante su desarrollo. Esta situación genera la activación de rutas metabólicas secundarias como mecanismos de defensa sintetizando compuestos bioactivos. Al respecto, existen antecedentes que señalan que los mismos son beneficiosos para la salud con posibles efectos preventivos de la aparición de algunos tipos de cáncer en el hombre. Se observó que manejo del estrés hídrico durante el cultivo favorece la concentración de metabolitos secundarios, entre los que se incluyen sustancias de diversas familias químicas, derivados de compuestos nitrogenados, azufrados, terpénicos y fenólicos. El conocimiento del manejo del cultivo para provocar períodos de estrés controlados permitiría mejorar la calidad nutracéutica del cultivo, aún cuando este tipo de prácticas signifiquen una reducción en el rendimiento del cultivo. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el efecto del déficit hídrico como factor de estrés durante el cultivo y postcosecha de brócoli, como inductores de la síntesis de compuestos bioactivos.

## Introducción

El brócoli (*Brassica oleraceae* var. *itálica* Plenck) pertenece a la familia botánica de las brasicáceas (Dixon, 2007). Posee una raíz pivotante, de la que se inicia una cabellera ramificada y superficial de raíces. Las hojas son de color verde oscuro, rizadas, festoneadas, con pequeñas estípulas, pecioladas, erectas, con un limbo bien hundido. Este cultivo remata su tallo principal en una masa globosa de yemas florales (Maroto, 2002). Entre varias definiciones propuestas, se encuentra la de Gray (1982) quien definió la cabeza de brócoli como una masa de brotes florales diferenciados, a la que comercialmente se suele denominar como 'cabeza'. Desde el punto de vista morfológico corresponde a una inflorescencia de tipo corimbo compuesto, desarrollada a partir de la yema apical del tallo principal. El corimbo central o pan principal está constituido por numerosos primordios florales sostenidos en tallos florales o pedicelos, que a su vez se disponen sobre pedúnculos suculentos. Estos elementos corresponden fisiológica y morfológicamente a estadios florales iniciales a diferencia de la coliflor. Su forma y tamaño son similares a la pella de la coliflor, pero su color es verde y presenta una compactación menor (Bianco, 1990).

Además, las plantas de brócoli lateralmente y en las axilas de las hojas, tienen la capacidad de desarrollar brotes de yemas florales, de menor tamaño que el de la cabeza principal, apareciendo paulatina y escalonadamente, generalmente tras el corte de la inflorescencia principal. Luego de las antesis, las flores poseen pétalos amarillos, siendo su polinización

predominantemente alógama, produciendo finalmente durante la fructificación las silicuas (Maroto, 2002).

La producción de brócoli en Argentina se realiza principalmente en los cinturones verdes de las principales ciudades, con excepción del destinado a industria. En el caso particular de la provincia de Buenos Aires la producción total al aire libre y en invernadero es de aproximadamente 3674 Mg en una superficie de 366 ha, siendo su destino comercial principalmente como producto fresco (censo hortiflorícola de Buenos Aires 2005). En el año 2013 el ingreso de brócoli al Mercado central de Buenos Aires (MCBA) fue de 1977,8 Tn proveniente principalmente de las provincias de Buenos Aires (La plata y Mar del plata), Santa fe y Mendoza. El mayor ingreso de brócoli al MCBA se produce entre los meses de abril a noviembre (Lozano; 2013).

El brócoli es un producto rico en compuestos- fitoquímicos, de los que existen evidencias de su acción parecen ofrecer protección contra ciertos tipos de cáncer además de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, e incluso de la enfermedad de Alzheimer (Keck, 2004). Su efecto es el resultado de muchas interacciones tanto entre los distintos componentes de los alimentos, como con el propio organismo (Martínez Navarrete *et al.*, 2008). En particular, estos efectos benéficos son ejercidos por la acción de algunos compuestos bioactivos que afectan positivamente al sistema inmunológico y a los mecanismos antioxidantes de los individuos que consumen este tipo de vegetales. Entre estos compuestos se encuentran glucosinolatos, sulforafano, polifenoles y minerales, como el selenio (Kumar and Andy 2012).

Se ha observado, que bajo determinadas condiciones de estrés, las plantas generan mecanismos de defensa. Estos mecanismos activan las rutas del metabolismo secundario, generando metabolitos secundarios lo que incrementan la concentración de los compuestos fitoquímicos antes citados (Azcón- Bieto y Talón, 2000). Entre los factores de estrés se encuentran: la herbivoría, los patógenos, la radiación solar, las temperaturas extremas, y el exceso o déficit de agua, entre otros (Jahangir *et al.*, 2009).

Dentro de los metabolitos secundarios, en particular los glucosinolatos han sido altamente investigados debido a su estrecha relación con la salud humana (Latté Klaus *et al.*, 2011). Durante el período de desarrollo del cultivo, la ocurrencia de eventos que promueven la aparición de estrés hídrico en las plantas, promueven la síntesis de los glucosinolatos (Lopez-Berenguer *et al.*, 2008). Sin embargo, luego de la cosecha, la concentración de glucosinolatos se incrementa cuando las cabezas de brócoli se las cocinan durante dos minutos con vapor de agua y luego se almacenas con temperaturas menores de 4°C y alta humedad relativa (Jones *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2006).

Aunque ha sido demostrada la relación entre el estrés y el incremento de metabolitos secundarios, persiste la incertidumbre acerca del momento de ocurrencia del estrés y la activación con mayor eficiencia del metabolismo secundario. Si bien existen muchas líneas de investigación que se concentran en mejorar la postcosecha de brócoli, tanto en prolongar su vida útil como en incrementar la concentración de metabolitos secundarios, no se encuentra mucha información en relación al momento del estrés durante el cultivo.

## Objetivo

Realizar una revisión bibliográfica orientada a la descripción y relación de los períodos de estrés hídricos durante el desarrollo del cultivo de brócoli y el manejo en postcosecha, y su efecto sobre la calidad visual y nutracéutica del producto comercial.

## Desarrollo del trabajo

### Tipos de estrés y consecuencias a nivel metabólico

La naturaleza del factor ambiental adverso, permite distinguir entre la existencia de un estrés biótico y abiótico. Sin embargo, normalmente esta situación no es fácil de discernir en condiciones de un cultivo al aire libre debido a la concurrencia de más de un factor de estrés conjuntamente. Los mismos generan un impacto negativo en la productividad de los cultivos y considerándose como una importante limitación para la seguridad alimenticia global. Mientras que el impacto negativo sobre el rendimiento es obvio, el efecto en la calidad es poco conocido (Wang and Frey, 2011).

La síntesis de compuestos con capacidad antioxidante aumenta ante un determinado estrés durante el ciclo de cultivo (Reyes et al, 2007). Esto se debe a que altera el metabolismo celular, provocando una acumulación de especies reactivas del oxígeno EROS (también *del ingl. 'ROS, Reactive Oxygen Species'*). Estos compuestos son derivados del oxígeno activados o parcialmente reducidos, altamente tóxicos que generan en las plantas una situación de estrés oxidativo. Como respuesta a la aparición de estas moléculas, se sintetizan metabolitos secundarios y otros compuestos con capacidad antioxidante que sirven como sustrato para los procesos de detoxificación, y que son altamente apreciados para la salud humana debido a sus propiedades nutracéuticas. Al respecto, la ocurrencia de un déficit hídrico aumenta el contenido de ácido ascórbico, como así también una ligera deficiencia de nitrógeno, aumenta el contenido de flavonoides (Lee and Kader, 2000; Stefanelli *et al.*, 2010). Además, carencias de fósforo aumentan el contenido de antocianinas y falta de hierro el de ácidos fenólicos (Azcón Bieto, 2000).

### Hortalizas en la dieta humana e introducción a los compuestos bioactivos

Desde la antigüedad, las frutas y hortalizas han ocupado un lugar de importancia en la dieta humana. En los últimos años, además del consumo en fresco se sumaron formas más o menos elaboradas que no siempre conservan todas las cualidades nutritivas del producto original. Dentro de las cualidades importantes que aporta la fruta encontramos: agua, azúcares, ácidos orgánicos, sales minerales, vitaminas y demás componentes, como fibras (Sozzi *et al.*, 2007).

En el reino vegetal, se pueden distinguir cuatro grandes grupos de compuestos bioactivos, entre los que se incluyen sustancias de diversas familias químicas, como son las *nitrogenadas, azufradas, terpénicas y fenólicas*.

Los compuestos fenólicos (Naguib M., 2012) presentes fundamentalmente en brócoli y frutas rojas, moradas, cítricos y manzanas, se pueden clasificar en flavonoides, fenilpropanoides, estilbenoides y derivados del ácido benzoico (Martínez Navarrete *et al.*, 2008). Dentro de los flavonoides, encontramos a las antocianinas, encargados de los tonos rojizos-azulados. Las

mismas fueron estudiados por Roges *et al.*, (2011) para frutos de *Euterpe oleracea*, los cuales poseen alto contenido de dos antocianinas: cyanidin-3-glucosay y cynadin-3-rutinosa. Los flavonoides poseen tonos amarillentos. Otras sustancias transmiten el sabor amargo de algunos cítricos (la naringina en los pomelos la neohesperidina en las naranjas amargas) o el aroma intenso de los plátanos (debido al eugenol), por ejemplo (Martínez Navarrete *et al.*, 2008).

### **El estrés en el cultivo de brócoli**

El brócoli es una hortaliza que se produce en los Cinturones Hortícolas, rodeando las grandes ciudades. En estas zonas, los establecimientos se caracterizan por la presencia de una gran diversidad de especies hortícolas, la mayoría de los casos muy percederas, como hortalizas de hojas, inflorescencias y frutos (Garat, 2009). En nuestro país, se destacan los Cinturones Hortícolas de las áreas metropolitanas de Buenos Aires, La Plata, Rosario, Santa fe (capital), Córdoba, Mar del Plata, Mendoza, Tucumán (Bouzo, *et al.*, 2005, Lozano, 2014).

Por ser un cultivo que generalmente se produce al aire libre, el manejo de los factores ambientales que puedan realizar los productores, es limitante. Estos factores como ser, radiación, temperatura, agua y gases, tanto por exceso y como por defecto, generan situaciones de estrés en el cultivo, activando las rutas del metabolismo secundario (Haskett, 2000; Azcón Bieto and y Talón, 2000; Ojeda, et al. 2010). Además de las ineficiencias de manejo que pudieran suceder y que en ocasiones agravan las condiciones de estrés en los cultivos, no puede dejar de considerarse el efecto de las modificaciones del clima a gran escala (Vargas-Amelin and Pindado, 2013).

La productividad de un cultivo es la resultante de múltiples factores que concurren durante el desarrollo del mismo y que pueden resumirse a través de la interacción entre el genotipo y el ambiente. Al considerar la calidad de un producto cosechado, los factores ambientales influyen fuertemente sobre la misma. Al respecto, Dufault (1996) observó como el color, la frondosidad y forma de las cabezas cosechadas de brócoli, resultan modificadas por las distintas temperaturas extremas (mínimas y máximas). Además, describe una fuerte interacción entre la temperatura estacional del crecimiento y el genoma de cada variedad.

El aumento de la temperatura, incide directamente en la tasa fotosintética del cultivo generando alteraciones en la síntesis de azúcares y ácidos orgánicos. Además de modificarse los contenidos de flavonoides, disminuye la firmeza y la actividad antioxidante (Moretti *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2012). Los cambios climáticos observados a nivel global en las últimas décadas, en parte fueron atribuidos al incremento en la concentración de ozono en la superficie terrestre. Esto provocó una disminución de la tasa fotosintética, induciendo una merma en el crecimiento y en la acumulación de biomasa, pero con un incremento en el contenido de vitamina C. Pudo observarse que en tomate, el incremento de dicho gas, provocó un aumento de  $\beta$ -caroteno, luteína y licopeno (Moretti *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2012).

Aunque hay suficientes evidencias de la relación entre un estrés y la síntesis de compuestos bioactivos, se desconoce en gran medida en qué medida y momento aquel incrementa la eficiencia del metabolismo secundario. Heather *et al.*, (1992) describieron tras sus ensayos en

brócoli, que el mayor efecto de estrés por calor fue ocasionado cuando el estado de desarrollo de la planta se encontraba era el correspondiente a un diámetro de cabezas de 5 a 10 mm de diámetro de las cabezas. En contraposición Bjorkman and Pearson (1998) detallaron que el mismo tipo de estrés y en el mismo cultivo, tuvo mayor eficiencia, durante el proceso de iniciación floral. Por estos motivos, se evidencia que los trabajos de investigación orientando sus desarrollos de manera de lograr establecer el momento en que el cultivo, incrementa la eficiencia de las rutas del metabolismo secundario. Es así como Wurr et al (2001), a través de la provocación de períodos de estrés de 14 días y 28 días de la inducción floral, consiguieron mantener e incluso mejorar importantes atributos de calidad visual en postcosecha tales como la turgencia y el color de las cabezas. Esto se logró no obstante, con mermas significativas en el rendimiento y diámetro de las pellas.

La interacción entre el ambiente y la genética de los cultivos respecto a la calidad de los productos luego de cosechados, también fue descrita por Weston y Barth (1997) quienes concluyeron que la máxima calidad a cosecha no puede ser mejorada por tecnologías de postcosecha.

### **Interacciones entre el ciclo del cultivo y su postcosecha**

Dentro de los parámetros más importantes para mantener, en las cabezas de brócoli cosechadas, se encuentran la calidad visual y nutricional (Jones *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2006). Es así, que en la búsqueda de mejorar la calidad del producto también se analizan las interacciones entre los factores de pre-cosecha y post-cosecha. La interacción entre el bajo contenido de agua en el suelo y el almacenamiento en frío, permitió lograr una mayor extensión de tiempo de las cabezas con color verde, mayores concentraciones de ácido ascórbico y de capacidad antioxidante, perteneciendo el primer parámetro a la calidad visual y el segundo y tercero a la calidad nutracéutica (Cogo, 2011). La importancia del almacenamiento con bajas temperaturas es muy conocida, dado que al disminuir la temperatura, disminuye la respiración y las pérdidas de calidad son más lentas (Klotz, 2008).

Aunque las condiciones de postcosecha permiten alargar el tiempo de vida útil del producto, los factores de precosecha son determinantes para explicar el comportamiento luego de cosechado. Es así que por ejemplo cuando las plantas de brócoli estuvieron expuestas a estrés hídrico durante la maduración de los floretes resultaron más verdes y turgentes después de cosechados en comparación con los que provenían de cultivos que fueron regados diariamente (Wurr et al., 2002). Esta relación se explicaría a través del incremento de la biosíntesis de citocininas en la planta en respuesta al estrés hídrico (Zaicovski C B, 2008). Este efecto de citocininas se pudo observar cuando se utilizan compuestos análogos. Por ejemplo, la inmersión de los floretes cosechados de brócoli en una solución de 6 bencilaminopurina (BAP) aumentó el contenido de citoquininas y disminuyó las pérdidas de compuestos como ácido ascórbico y proteínas. Visualmente, el aumento de citoquininas retardó el amarillamiento (Siddiqui et al, 2011).

### **Conclusión**

Esta breve revisión permitió evidenciar la importancia de los eventos de estrés sobre la síntesis de compuestos bioactivos derivados del metabolismo secundario de la planta. Además, se puso de relieve la necesidad de profundizar las investigaciones a los fines de establecer la relación entre períodos de estrés de diferente magnitud y momento de ocurrencia sobre la síntesis de compuestos funcionales. La comparación entre un tratamiento testigo, representado por mantener mediante el riego la reposición de la totalidad de la evapotranspiración del cultivo Etc, con otros tratamientos de estrés hídricos permitirían determinar con mayor precisión la relación entre la magnitud del estrés y la biosíntesis de compuestos funcionales favorables para la salud humana. El concepto de las plantas como 'biofábricas' permite graficar la importancia de considerar la calidad nutricional a través de la síntesis de glucosinolatos, ácido ascórbico, glucorafanos y polifenoles. Paralelamente y para comparar el efecto del estrés sobre el desarrollo y productividad del cultivo, se requeriría evaluar entre otros aspectos el número de hojas a iniciación floral, el área foliar, el peso seco y fresco al momento de la cosecha, determinar la calidad visual mediante la medición del diámetro de la pella, color, peso y amarillamiento.

### **Bibliografía**

- Azcón Bieto J., Talón M. 2000 Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edición universitaria de Barcelona. Capítulo 17 y 30.
- Bianco, V.V. 1990. Cavolo broccolo. En: V.V. Bianco, F. Pimpini (ed.). Orticoltura. Pàtron Editore, Bologna, Italia, 381-402.
- Bjorkman, T., Pearson, K.J. 1998. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleraceavar.italica* L.). *J. Exp. Bot.* 49, 101–106.
- Bouzo C. A., Favaro, J. C., Pilatti, R. A., Scaglia, E. M. 2005. Cinturón hortícola de Santa Fe: Descripción de la zona y situación actual. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 4 (1-2).
- CHFBA 2005. Censo hortiflorícola de Buenos Aires.
- Cogo Sarah L.P., Fábio C. Chaves, Manoel A. Schirmer, Rui C. Zambiazzi, Leonardo Nora, Jorge A. Silva, Cesar V. Rombaldi 2011. Low soil water content during growth contributes to preservation of green color and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brassica oleraceae*L.) florets. *Postharvest Biology and Technology* 60: 158–163.
- Dixon, G.R. 2007. Vegetable brassicas an related crucifers. *Crop Production Science in Horticulture* 14. CABI. Cambridge, USA. 327 p.
- Dufault, R.J. 1996. Dynamic relationships betweenfield temperatures and broccoli head quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121: 705–710.

- Fereres Elias y María Auxiliadora Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58 (2): 147–159.
- Garat, J.J.; Ahumada, A.; Otero, J.; Terminiello, L.; Bello, G. y Ciampagna, M.L. 2009. Las hortalizas típicas locales en el cinturón verde de La Plata: su localización, preservación y valorización. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UN La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UN La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Gray A.R. 1982. Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Econ. Bot.* 36:397-410.
- Haskett Jonathan D, Pachepsky Yakov A, Acock Basil. 2000. Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: a study of Iowa. *Ecological Modelling* 135, 265 – 277.
- Hassan R. El-Ramady, Abdel Aziz Belal, Samia M. El-Marsafawy. 2012. Climate Change. *Contemporary Environmental Readings Volume 1. Chapter 1 (31-137)*.
- Heather, D.W., Sieczka, J.B., Dickson, M.H., Wolfe, D.W. 1992. Heat tolerance and holding ability in broccoli. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 887–892.
- Jahangir M, Bayoumi Abdel-Farid I, Kyong Kim H, Hae Choi Y, Verpoorte R. 2009. Healthy and unhealthy plants: The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae. *Environmental and Experimental Botany* 67, 23–33.
- Jones, R.B., Faragher, J.D., Winkler, S. 2006. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) heads. *Postharvest Biology and Technology* 41, 1–8.
- Keck, A. S. 2004. Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium. *Integr. Cancer Ther.* 3, 5–12.
- Klotz Karen L., Finger Fernando L., Anderson Marc D. 2008. Respiration in postharvest sugarbeet roots is not limited by respiratory capacity or adenylates. *Journal of Plant Physiology* 165, 1500—1510.
- Kumar S, Andy A. 2012. Health promoting bioactive phytochemicals from *Brassica*. *Int Food Res J* 19: 141-152.

- Latté Klaus Peter, Appel Klaus-Erich, Lampen Alfonso. 2011. Health benefits and possible risks of broccoli – An overview. *Food and Chemical Toxicology* 49, 3287-3309.
- Lee, S.K.; Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20, 207-220.
- Lopez-Berenguer C; Carmen Martinez-Ballesta; Cristina Garcia-Viguera Micaela Carvajal. 2008. Leaf water balance mediated by aquaporins under salt stress and associated glucosinolate synthesis in broccoli. *Plant Science* 174, 321–328.
- Lozano Fernández José. 2012. La producción de hortalizas en la Argentina. Secretaría de comercio interior corporación del mercado central de Buenos Aires.
- Lozano Fernández José. 2013. Comunicación personal.
- Maroto Borrego J. V. 2002. *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pag 379.
- Martínez-Navarrete, N.; Camacho Vidal, J. J.; Martínez Lahuerta. 2008. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética* 2, 64-80.
- Moreno, D.A., Carvajal, M., López-Berenguer, C., García-Viguera, C. 2006. Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 41, 1508–1522.
- Moretti C, Mattos L.M., Calbo A.G., Sargent S.A. 2010. Climate Changes and Potential Impacts on Quality of Fruit and Vegetable Crops. *Food Research International*. Volume 43, Issue 7, Pages 1824–1832.
- Naguib M., Farouk K., Salama Z.A., Hanaa B., Hanaa F., Gaafar A. 2012. Enhancement of phenolics, flavonoids and glucosinolatos of Broccoli (*Brassica oleracea*, var. *Italica*) as antioxidants in response to organic and bio-organic fertilizers.
- Ojeda Bustamante W, Sifuentes I, Íñiguez Covarrubias M, Montero Martínez M J. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *versión impresa* ISSN 1405-3195. *Agrociencia*. Vol 45 no.1 México.
- Reyes, L.F.; Villareal, J.E.; Cisneros-Zeballos, L. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry* 101, 1254–1262.

- Roges H, Pompeu D.R, Akwie S.N.T. Larondelle. 2011. Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: A comparison between acai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. *Journal of food Composition and Analysis* 24, 796-800.
- Siddiqui Md W., Bhattacharjya A., Chakraborty I., Dhua R. 2011. 6-Benzylaminopurine improves shelf life, organoleptic quality and health promoting compounds of fresh-cut broccoli florets. *Journal of Scientific* 461. Vol. 70, pp. 461-465.
- Sozzi Gabriel, Gariglio Norberto F. et al. Árboles frutales. *Ecofisiología, Cultivos y Aprovechamientos*. Editorial Facultad de Agronomía UBA. 2007. Pag 4-5. 805 pag.
- Stefanelli, D.; Goodwin, I.; Jones, R. 2010. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International* 43, 1833–1843.
- Stoppani M.I. ; Francescangeli N. El brócoli y su potencial : Hortaliza top del tercer milenio.
- Vargas-Amelin E y Pindado P. 2013. The challenge of climate change in Spain: Water resources, agricultura and land. *Journal of Hydrology*, In Press, Corrected Proof, Available online 1 December.
- Wang Yunxia , Frei Michael. 2011. Stressed food – The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 271-286.
- Weston, L.A., Barth, M.M. 1997. Pre-harvest factors affecting post-harvest quality of vegetables. *HortScience* 32: 812–816.
- Wurr, D.C.E., Hambidge, A.J., Fellows, J.R., Lynn, J.R., Pink, D.A.C. 2002. The influence of water stress during crop growth on the postharvest quality of broccoli. *Postharvest Biol. Technol.* 25, 193–198.
- Wurr D., Hambidge A., Fellows J., Lynn J., Pink D. 2011. The influence of water stress during crop growth on the postharvest quality of broccoli. *Postharvest Biology and Technology* 25, 193– 198.
- Zaicovski C., Zimmerman T., Nora L., Nora F., Silva J., Rombaldi C. 2008. Water stress increases cytokinin biosynthesis and delays postharvest yellowing of broccoli florets, *Postharvest. Biol Technol*, 49, 436-439.

