

Estrés en gerbera

Estrategias de tolerancia al estrés hídrico en gerbera

ROBERT SAVE, CARME BIEL y CARME OLIVELLA

Departament de Tecnologia Hortícola.

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries -IRTA- Centre de Cabriels.



La gerbera, *Gerbera jamesonii* Bolus, es un cultivo importante para flor cortada en Europa y USA, que generalmente es cultivada en hidroponía bajo invernadero.

Actualmente la productividad de los cultivos, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos, se sitúa a unos niveles entre 3 y 7 veces inferiores al de la productividad potencial. Así, los estreses ambientales, abióticos (sequía, inundación, temperatura, salinidad, radiación, contaminantes, ...) junto con la competencia entre semillas representan el 90% de esta reducción en la productividad, mientras las enfermedades y los insectos representan tan sólo el 6% y el 4% respectivamente. En condiciones de clima mediterráneo los efectos de los estreses am-

bientales se magnifican por las propias características del mismo, como son la sequía y elevadas temperaturas estivales y los húmedos y fríos, con episódicos muy fríos inviernos.

Una característica común a todos los estreses abióticos es que promueven déficits hídricos en los tejidos vegetales como consecuencia de desequilibrios entre la absorción de agua por las raíces y la pérdida de la misma por las hojas en el fenómeno denominado, transpiración. Estos desequilibrios hídricos se producen tanto de una manera primaria, como en el caso de la sequía, como de una manera secundaria, como ocurre en los estreses por bajas temperaturas, salinidad, anoxia, contaminantes, ..., lo cual permite utilizar la metodología del estudio de las relaciones hídricas, como método común

Para obtener buenas producciones, la tecnología hortícola ha puesto al alcance del agricultor, desde hace varios años, un elevado número de herramientas para tal fin. En la fotografía, a la izquierda, cultivo de gerberas bajo la protección de una pantalla aluminizada.

para evaluar en los vegetales los desequilibrios promovidos por los estreses abióticos. En otras palabras y utilizando un símil por todos conocido, el especialista que trabaja en el estudio de las relaciones hídricas, realiza una labor parecida a la del médico analista del sistema circulatorio, el cual en su diagnóstico puede detectar una gran cantidad de disyunciones del organismo, aunque en algunos casos no sea una disyunción,

Las variedades de gerbera con unos mecanismos de tolerancia y evitación al estrés hídrico más desarrollados son más resistentes al estrés por bajas temperaturas.



una enfermedad propia del sistema circulatorio.

Para afrontar los efectos negativos del estrés hídrico, los vegetales han desarrollado toda una serie de estrategias, las cuales dan lugar a distintas adaptaciones fenológicas, morfológicas y fisiológicas. Así, según Levitt (1980) y Turner (1986), los mecanismos de resistencia al estrés hídrico que presentan los vegetales son, **la huida** (plantas con una gran plasticidad y desarrollo fenológico, es decir plantas que adaptan su ciclo vegetativo-reproductivo tanto a la disponibilidad de recursos, como a las condiciones climáticas, siendo evidente que en el caso del agua ambos fenómenos se solapan), **la evitación** (plantas que presentan un elevado control de las pérdidas de agua, tanto a nivel foliar realizando un muy ajustado control estomático y cuticular, como a nivel de cubierta modificando la forma y arquitectura de la misma; junto con el mantenimiento de la tasa de absorción de

agua mediante el incremento radicular en biomasa, distribución y funcionalismo) y **la tolerancia** (plantas con ajuste osmótico y/o ajuste elástico, es decir plantas que mantienen su nivel de turgencia celular a pesar de soportar pérdidas de agua, mediante la acumulación activa de solutos en las células, o concentrando los mis-

Los mecanismos de resistencia frente al estrés hídrico, no se circunscriben sólo en la parte aérea de los vegetales, sino que tiene una gran importancia el funcionalismo radicular frente a los mismos.

mos mediante cambios en el volumen celular, debidos a la elasticidad de las paredes).

El presente trabajo ha sido subvencionado por la CEE, por la CIRIT y por La Caixa de Pensions de Barcelona, y mayoritariamente esta enmarcado en el proyecto de investigación de la Comunidad Económica Europea EC- DG VI -PL 900165, « Optimisation of out of season cropping in mild winter greenhouses by crop diversification, quality improvement and better use of production means », el cual pretende estudiar a nivel básico el funcionalismo de la gerbera frente a distintos estréss ambientales, para así disponer de una información, que pueda dar lugar a unos criterios objetivos, que permitan a agrónomos y mejoradores optimizar la productividad de esta especie en condiciones de clima mediterráneo.

Estrés por déficit hídrico a nivel radicular

A pesar de que el cultivo de gerbera requiere un correcto aporte hídrico, a lo largo del ciclo de cultivo la planta se verá sometida a estrés hídrico de distinta duración, intensidad y origen. Así pueden esperarse problemas hídricos por un desajuste en el balance transpiración-absorción, a causa de problemas técnicos (obtención de goteros, averías en el riego, cortes de fluido eléctrico ...), o por otros inherentes al vegetal (parte aérea/raíz >1, reducido sistema conductor, gran superficie foliar tanto a nivel de hoja como de cubierta, patológicas a nivel de vasos, ...).

Los mecanismos de resistencia al déficit hídrico moderado se estudiaron bajo invernadero, en plantas de 1 año de 6 variedades de gerbera (Fredigor, Rozamunde, Fleur, Delphy, G1 y G8), cultivadas en contenedor de 25 cm de diámetro, con un sustrato mezcla de perlita: corteza de pino: turba (12: 5: 3), las cuales eran fertirrigadas diariamente al alcanzar el sustrato un potencial matricial de -0.005 Mpa, medido con tensiómetros Soilmoisture 2900, con una solución ajustada según el método de Steiner a un equilibrio de 1:0.6:2 (N: P₂ O₅: K₂ O).

Las plantas fueron sometidas a un ciclo de deshidratación del sustrato hasta alcanzar un potencial matricial de -0.020 Mpa y posterior rehidratación hasta volver al potencial matri-

cial de base de -0.005 Mpa. Para evaluar los efectos del mismo en las distintas variedades se les midió el estado hídrico, la transpiración estomática y cuticular, la resistencia hidráulica de las raíces, diversas características morfológicas y el contenido hormonal (Olivella and Savé 1993, Peñuelas et al 1993, Savé et al 1993, Savé et al. 1994).

Los resultados obtenidos muestran como de una manera general las variedades de gerbera estudiadas resisten bien estos estrés de baja intensidad y duración como se refleja en los valores de la recuperación, aunque con claras diferencias varietales en cuanto al mecanismo utilizado, así *Delphy* es la variedad que presenta como mecanismo de tolerancia al estrés, un mayor ajuste osmótico (acumulación activa de solutos en las células, con la finalidad de mantener valores positivos de turgencia), junto con unos muy desarrollados mecanismos de evitación, como son unas bajas tasas de transpiración estomática y cuticular. En el otro extremo se encuentra la variedad **G8**, que muestra como mecanismo de tolerancia al estrés, un importante ajuste elástico (la gran elasticidad de las paredes celulares permite cambiar el volumen celular paralelamente con la deshidratación, permitiendo así el mantenimiento de la turgencia, en un mecanismo similar al de la pérdida de aire en un globo por un poro, el cual disminuyendo el volumen paralelamente con la pérdida de aire, mantiene en su interior la misma presión, turgencia), y unos mecanismos de evitación muy poco desarrollados. Entre estos dos casos extremos se sitúan las otras variedades estudiadas. Estas diferencias en estrategia frente al estrés hídrico permite un distinto aprovechamiento de los recursos, así las variedades con un mayor ajuste osmótico, posiblemente resistan unos mayores niveles de estrés que las variedades con ajuste elástico, pero a costa de un menor crecimiento, ya que parte de los asimilados producidos para el crecimiento, deberán desviarse para incrementar el contenido celular de solutos.

De todas maneras, los mecanismos de resistencia frente al estrés hídrico no se circunscriben sólo a la parte aérea de los vegetales, teniendo una gran importancia el funcionalismo radicular frente a los mismos. Así, al igual que lo descrito para la parte aé-



La gerbera a nivel foliar, posee mecanismos de evitación al estrés hídrico secundario desarrollado a partir de la anoxia radicular, no así en las raíces, ya que éstas se muestran extraordinariamente sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno en el medio radicular.

rea, las raíces presentan unas marcadas diferencias varietales en la respuesta frente a este tipo de estrés (ajuste osmótico y/o elástico, cambios en la resistencia hidráulica al flujo de agua, ...)

Estrés por anoxia radicular

La anoxia o falta de oxígeno a nivel radicular puede ser producida por varios factores, como son la sustitución del aire por agua en todos los poros de la matriz de un suelo o sustrato, la cual si es prolongada genera problemas de difusión de oxígeno hacia las raíces «chaqueta de agua», las elevadas temperaturas, la alta actividad metabólica de raíces y micro-

organismos de la rizosfera, la incorporación de materia orgánica fresca, ..., los cuales pueden actuar individualmente o juntos, complementándose o sobreactivándose.

Los efectos de este tipo de estrés son por una parte la aparición de toda una serie de compuestos tóxicos producto del metabolismo anaerobio (con bajos o nulos niveles de oxígeno), la pérdida de electrolitos de los tejidos y el desarrollo de déficits hídricos a causa del descenso en la permeabilidad al paso del agua por las raíces (Levitt 1980, Kozlowski 1984). Frente a ésto, los vegetales presentan toda una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas. Así, desarrollan el aerenquima, que es un tipo de tejido que permite una mayor difusión gaseosa; las raíces adventicias, que generalmente se desarrollan a nivel del cuello y posibilitan la exploración de nuevos volúmenes de suelo por las raíces y así incrementar la absorción de oxígeno; las lenticelas, que son pequeñas aberturas en el tallo, que favorecen la eliminación de sustancias tóxicas ... En cuanto a las respuestas fisiológicas cabe citarse la gran regulación de las pérdidas de agua por transpiración, tanto a nivel estomático como a nivel foliar (epinastia: cambio del ángulo de orientación de las hojas respecto de la fuente de radiación, lo que permite una reducción en la captación de la misma con la consiguiente reducción de la temperatura foliar y la tasa de transpiración).

El estudio de los mecanismos de re-

Actualmente, la productividad de los cultivos, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos, se sitúa a unos niveles entre 3 y 7 veces inferiores al de la productividad potencial. El estrés ambiental y abiótico, junto con la competencia entre semillas representan el 90% de esta reducción, mientras las enfermedades y los insectos representan tan sólo el 6% y el 4% respectivamente.



Importantes muestras de la producción española de gerbera.

En la fotografía superior, José Antonio Domínguez de Agruflor (Chipiona, Cádiz), copropietario de una importante explotación de gerbera de la que se obtienen importantes producciones, con las variedades de Trioflor-Tecniplant.

En la imagen, mostrando la variedad Nicoletta, cultivada bajo invernadero de plástico equipado con calefacción de aire caliente y riego localizado por goteo.

Al lado, Paco Domínguez, hermano del anterior mostrando la variedad Kitty, también de Trioflor-Tecniplant.



sistencia al estrés hídrico secundario causado por la anoxia radicular, se realizó en 5 variedades de gerbera (Fleur, Delphy, Rozamunde, Beauty y Olivia) de un año de edad, en las mismas condiciones de cultivo y experimentales que las descritas en el apartado anterior.

La asfixia, la anoxia radicular fue impuesta durante tres días y posterior recuperación durante tres días más, mediante la inmersión de los contenedores hasta 3 cm por encima del nivel del sustrato en tanques con agua (Savé and Serrano 1986). Para determinar los efectos de este tipo de estrés se midieron a lo largo del ciclo de estrés/recuperación el estado hídrico, las pérdidas de agua, la fotosíntesis, cambios morfológicos y el contenido hormonal (Savé et al. 1994).

Una característica común a todos los estreses abióticos es que promueven déficits hídricos en los tejidos vegetales como consecuencia de desequilibrios entre la absorción de agua por las raíces y la pérdida de la misma por las hojas en la transpiración.

Los resultados muestran como las distintas variedades desarrollan mecanismos de resistencia a nivel de cubierta vegetal, ya desde las primeras horas de estrés. Así, en las primeras 24 h de encharcamiento, las plantas asfixiadas mostraron una clara reducción en las pérdidas de agua, sin desarrollar déficits hídricos en sus tejidos, lo cual puede relacionarse con señales hormonales. A las 48 h de iniciado el ensayo, cuando la concentración de oxígeno en el agua del sustrato alcanza valores cercanos a los 4 ppm, se aprecia una fuerte reducción en las pérdidas de agua, tanto por regulación estomática, como por epinastia foliar (flaccidez de las hojas, que permiten que éstas se orienten paralelamente a la radiación), lo cual puede asociarse a un drástico incremento en la resistencia al paso de agua por las raíces. Paralelamente hay una gran reducción en la tasa de asimilación neta. Este proceso se prolonga hasta las 96 h de encharcamiento, y no mejora, sino que incluso empeora después de la recuperación.

Los resultados obtenidos no permiten establecer diferencias varietales en cuanto a los mecanismos de resistencia a este tipo de estrés, de todas maneras muestran como la gerbera a nivel foliar, posee mecanismos de evitación al estrés hídrico secundario desarrollado a partir de la anoxia radicular, no así en las raíces, ya que éstas se muestran extraordinariamente sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno en el medio radicular.

Estrés por bajas temperaturas

Las bajas temperaturas, cercanas o inferiores a los 0°C, promueven distintos síntomas de estrés en los vegetales. Así, el estrés por bajas temperaturas, por enfriamiento (**chilling stress**), definido como aquel que produce lesiones sin congelación del agua de los tejidos, lo cual, característico en muchas especies tropicales y subtropicales, ocurre a un rango de temperaturas comprendido entre los 0 y los 15°C, mientras el estrés por congelación ocurre a temperaturas inferiores a los 0°C, pudiendo producirse en cualquier especie vegetal. Ambos muestran unos síntomas de estrés primarios, como son la flaccidez húmeda o las necrosis foliares, ambas resultantes de la pérdida de semipermeabilidad de las membranas, con la consiguiente pérdida de electrolitos celulares dentro de los espacios intracelulares. Y unos síntomas secundarios que incluyen déficits hídricos, descenso en

Invernadero de los Hermanos Holstein en De Lier (Holanda), obtentores de variedades de gerbera. El cultivo, bajo invernadero de cristal, se realiza sobre lana de roca, y las nuevas variedades son comercializadas a través de TrioFlor, en Holanda, y Tecniplant en España



la tasa de asimilación neta y/o diversos cambios metabólicos (Levitt 1980). Las posibles causas de aparición de estos déficits hídricos, pueden ser debidas a una reducción en la absorción de agua por las raíces o por un incorrecto o incompleto cierre estomático (Marhart 1986).

Las respuestas de gerbera frente a las bajas temperaturas se estudiaron en plantas de un año de edad de las variedades *Delphy*, *Fleur*, *Fredigor*, *G1*, *Labazo*, *Rozamunde*, *Terra fame* y *Terra nivalis*, en las mismas condiciones de cultivo y experimentales que las descritas en el apartado anterior. Las bajas temperaturas fueron impuestas siempre durante la noche, recuperándose las temperaturas diurnas a valores iguales a las del tratamiento control (Savé & Matas 1990, Savé et al. 1990, Savé et al. 1992, Savé et al. 1994).

Los resultados muestran como las variedades con unos mecanismos de tolerancia y evitación al estrés hídrico más desarrollados son más resistentes al estrés por bajas temperaturas. Así, una mayor capacidad de ajuste osmótico, como la expuesta por *Delphy*, promueve una concentración de solutos osmóticamente activos elevada, que dificulta por una parte los peligros de la congelación, y por otra favorece la entrada de agua gracias al gradiente osmótico que se establece. De igual manera, esta variedad presenta una baja tasa de transpiración cuticular junto con una permeabilidad al flujo de agua poco afectada por las bajas

temperaturas, permitiéndole desarrollar una estrategia de evitación al estrés hídrico, al favorecer el balance absorción-transpiración. Por otra parte, los mecanismos de resistencia también se producen a nivel celular, como es el caso de la variedad *Labazo*, en la que se desarrolla una mayor actividad del enzima catalasa, que degrada el peróxido de hidrógeno, agua oxigenada resultante de los cambios metabólicos producidos por las bajas temperaturas, junta a una mayor estabilidad de las membranas, que permite una menor pérdida de electrolitos celulares. En las variedades estudiadas, estrés de hasta tres noches a temperaturas de 5°C, sólo promueven respuestas fisiológicas reversibles, por lo que estas variedades podrían ser cultivadas bajo condiciones de clima mediterráneo, con unos bajos aportes energéticos.

Como conclusión se puede decir que la gerbera es una especie sensible a los distintos estreses abióticos propios del clima mediterráneo. Así una escasa disponibilidad hídrica y las bajas temperaturas afectan considerablemente su productividad especialmente en aspectos cualitativos, mientras que las condiciones de asfixia radicular promueven la muerte. Por todo ello, su cultivo requiere un cuidadoso manejo del riego, de los sustratos empleados y de las condiciones climáticas impuestas.

Bibliografía

- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vols. 1 and 2. T. T. Kozlowski (eds), Academic Press. New York
- Markhart III, A.H. 1986. Chilling injury: A review of possible causes. *HortScience* 21: 1329-1333
- Olivella, C. and Savé, R. 1933. Effects of moderate drought stress on water relations and hormonal content in two cultivars of gerbera. In *Environmental Constraints in Protected Cultivation: Possibilities for New Growing Techniques and Crops*. EEC Report EUR 15123 EN. pp: 53-64
- Peñuelas, J, Filella, I., Biel, C., Serrano, L. and Savé, R. 1993. The reflectance at the 950-970 nm region as an indicator of plant water status. *Int. J. Remote Sensing* 14: 1887-1905
- Savé, R. and Serrano, L. 1986. Some physiological and growth responses of kiwifruit (*Actinidia chinensis*) to flooding. *Physiol. Plant.* 66: 75-78
- Savé, R. and Matas, J. 1990. Gerbera sensitivity to chilling and freezing stress. *Physiol. Plant.* 79 (2-2): A1-A152
- Savé, R, Marfà, O., Matas, J. and Montero, J.I. 1990. Gerbera bag cultures on steep gradient soil: the use and effectiveness of passive solar sleeves. *Pro.Int. Horticultural Congress*. Firenze. Italy
- Savé, R., Vendrell, P., Perez-Aranda, L. and Alegre, L. 1992. Low temperature effects on chlorophyll fluorescence and plant water relations in gerbera. *Physiol. Plant.* 85 (3): A1-A118
- Savé, R., Peñuelas, J., Marfà, O. and Serrano, L. 1993. Changes in tissue osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. *HortScience* 28 (9): 925-927
- Savé, R., Biel, C y Olivella, C. 1994. Regulación hormonal de las relaciones hídricas de plantas de gerbera sometidas a asfixia radicular. *Proc. IV Simp. Metabolismo y Modo de acción de Fitohormonas*. Valencia
- Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 175-190.