



Episodios de Estrés Térmico Afectan la Calidad de Granos de Girasol

Déborah Rondanini(1), Anita Mantese(3), Roxana Savin(2), Antonio J. Hall(1)
(1)IFEVA, Conicet - Cátedra de Fisiología Vegetal, (2)Cátedra de Cerealicultura, (3)Cátedra de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires. E-mail: rondanin@agro.uba.ar

Objetivos

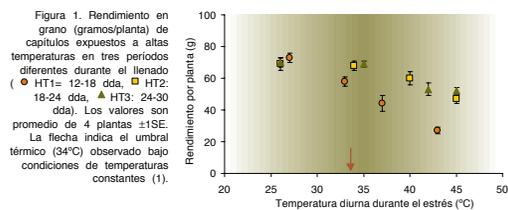
La expansión del cultivo de girasol hacia áreas de producción subtropicales junto al incremento de las temperaturas medias a consecuencia del cambio climático global aumenta la probabilidad de ocurrencia de eventos de estrés térmico, i.e. muy altas temperaturas durante unos pocos días consecutivos. Trabajos previos (1) observaron que altas temperaturas disminuyen el peso del grano, afectando la tasa y la duración del período de llenado. En adición, la temperatura de los granos en días soleados es mayor a la temperatura registrada del aire durante buena parte del período diurno (2). Trabajando con altas temperaturas durante breves períodos (3) hallamos un umbral de respuesta del crecimiento de ca. 34°C para tratamientos consistentes en temperaturas constantes durante un período de 7 días. En el presente trabajo estudiamos los efectos directos de altas temperaturas sobre el crecimiento de frutos de girasol en condiciones similares a la marcha diaria de temperatura de los granos, sometiendo a los capítulos a regímenes térmicos con alternancia día/noche, identificando los principales procesos afectados, las modificaciones a escala de órgano y las consecuencias directas sobre la calidad de los granos.

Materiales y métodos

Se sembraron 2 ensayos (24/1/01 y 2/1/02), cultivando plantas de híbridos comerciales (Paraiso 20 y 30 [Nidera], respectivamente) en condiciones de campo, dentro de recipientes de 50 litros de capacidad hasta 10 días después de floración (dda). A continuación se trasladaron a invernadero bajo un régimen de 26/20°C temperatura día/noche. Los tratamientos térmicos se aplicaron durante 6 días, en 3 períodos diferentes del llenado: HT1 (12-18 dda), HT2 (18-24 dda) ó HT3 (24-30 dda), calefaccionando solamente a los capítulos mediante cámaras acrílicas termostatazadas calentadas por microresistencias, aisladas por poliestireno expandido y ventiladas mediante 2 orificios. El resto de la planta se mantuvo a 26/20°C. Se aplicaron cuatro regímenes diferentes de temperatura de granos: 26/20, 34/29, 40/34 y 45/37°C. El mayor valor de cada par corresponde a la temperatura media entre las 11:00 y 16:00 (5 horas diarias), y el menor a la temperatura entre las 18:00 y las 9:00. Para monitorear la temperatura efectiva de los granos, los sensores de temperatura se insertaron en el capítulo, en la posición de los granos periféricos. Durante el período de llenado se determinó la evolución del peso de los granos y sus componentes, pericarpio y embrión, mediante cosechas periódicas. A madurez fisiológica se determinó el número y peso total de granos por capítulo. El contenido de aceite se cuantificó mediante extracción mixta con solvente y CO₂ supercrítico y la composición ácida del aceite mediante cromatografía gaseosa. La actividad oleato desaturasa (ODS) se estimó mediante el índice = [%18:2/(%18:1+%18:2)] (4). Se realizaron cortes anatómicos de pericarpio y embrión mediante fijación en FAA, inclusión en resina (Historesin, Leica) y tinción con violeta de cresilo, obteniendo cortes semilinosos con ultramicrotomo y fotografías en microscopio de fluorescencia (Zeiss, Axioplan) (5). Los resultados de ambos ensayos fueron similares, por lo cual en las gráficas se presentan sólo los datos del año 2002. El diseño experimental fue un DCA con 4 repeticiones, en un arreglo factorial (momento x temperatura). Distribuciones de frecuencia de pesos se describieron mediante procedimiento univariado de SAS (6). Diferencias significativas (p<0.05) en las variables respuesta se identificaron mediante ANOVA y el test de Tukey (6).

Resultados

Las altas temperaturas afectaron fuertemente el crecimiento de los frutos, disminuyendo el rendimiento por planta de -30% a -60%, dependiendo del momento de aplicación (Figura 1).



Los granos derivados de capítulos estresados mostraron una distribución de pesos corrido hacia la izquierda (Figura 2), con menor peso promedio de granos y un aumento del número de granos de pesos muy bajos (20-30 mg), denominados "semillenos" (SLL). Los granos SLL mostraron también características distintivas en su morfología y coloración. El contenido de aceite por grano disminuyó con la temperatura del estrés (Figura 3). Para HT1 la caída fue más que proporcional al peso del grano, disminuyendo el porcentaje de aceite hasta un 10% (p<0.001), mientras que en HT2 y HT3 reducciones del peso de aceite fueron proporcionales al peso de grano, sin afectar el % de aceite significativamente (p=0.12). Durante cada uno de los tres períodos de exposición a altas temperaturas la actividad de la enzima ODS (responsable de la síntesis de linoleico a partir de oleico) disminuyó, mostrando capacidad de recuperación posterior en HT1 y HT2 (Figura 4).

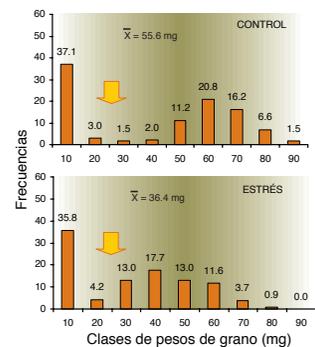


Figura 2. Distribución de frecuencia de peso final de granos en capítulos control (26/20°C) y estresados (45/37°C) entre los 12 y 18 días de llenado (HT1). En rojo se indica el peso promedio de granos (excluyendo los vanos, 0-10mg). La flecha señala la ubicación de los frutos considerados semillenos(SLL).

En HT3 la actividad de ODS no se recuperó, modificando irreversiblemente la composición ácida del aceite y aumentando hasta el doble el porcentaje final de oleico (25% en controles vs 53% en 45/37°C). También las células del embrión mostraron desorganización y daño de la pared celular durante HT1, con posterior recuperación (Foto 1, A-B). Los granos SLL presentaron algunas características diferenciales respecto de los frutos de mayor peso, especialmente en su pericarpio, con menor peso (7 vs 11 mg en promedio), menor desarrollo del tejido esclerenquimático (Foto 1, C), menor coloración y mayor adherencia al embrión. Además, los frutos SLL mostraron mayor velocidad de germinación (frutos enteros, ensayados a 13°C en agua, datos no presentados) y rotura diferencial (transversal) del pericarpio durante la germinación (Foto 1, D).

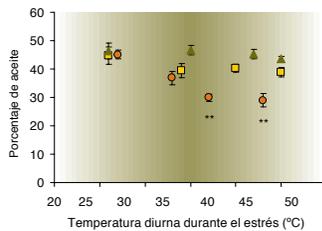


Figura 3. Porcentaje de aceite final en grano correspondiente a capítulos expuestos a altas temperaturas en tres períodos diferentes durante el llenado (símbolos como en Figura 1). Asteriscos indican diferencias significativas (p<0.01) entre tratamientos.

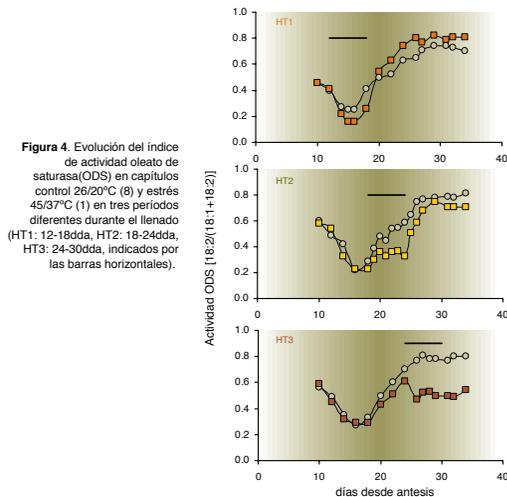


Figura 4. Evolución del índice de actividad oleato de saturasa(ODS) en capítulos control 26/20°C (8) y estrés 45/37°C (1) en tres períodos diferentes durante el llenado (HT1: 12-18dda, HT2: 18-24dda, HT3: 24-30dda, indicados por las barras horizontales).

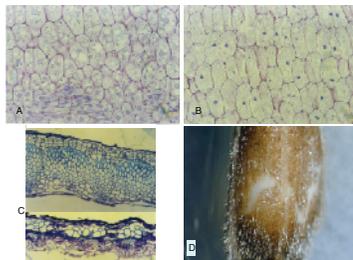


Foto 1. Microfotografía (40X) de secciones transversales de embriones control (A) y estrés (B) de 18 días. Anatomía depericarpio(40X) en frutos de peso promedio LL (C, arriba) y de pesos bajos SLL (C, abajo). Detalle (10X) de fisura transversal del pericarpio de frutos SLL durante la germinación (D).

Conclusiones

- Los resultados obtenidos nos permiten concluir que:
 - *Las respuestas del crecimiento de frutos a regímenes de altas temperaturas oscilantes (día/noche) resultan comparables a lo hallado en trabajos previos aplicando temperaturas constantes.
 - *Temperaturas del grano superiores a 34°C, aún sólo durante algunas horas del día (horas centrales del período diurno) son suficientes para provocar daño por estrés, confirmando el umbral térmico que divide altas de muy altas temperaturas, propuesto en nuestro anterior trabajo (3).
 - *La respuesta del crecimiento depende del momento de aplicación del estrés, con mayor reducción del peso de granos y % de aceite en estrés tempranos y efectos sobre el contenido final de oleico en estrés tardío. A diferencia de lo observado previamente (3), en el estrés más tardío se observó disminución del peso de frutos y aumento del contenido de oleico, reflejando la importancia de relacionar el momento de ocurrencia del estrés con el proceso parcial de crecimiento de frutos que acontece, como herramienta para determinar ventanas de máxima sensibilidad.
 - *La exposición a estrés provoca la disminución del peso promedio de frutos de todo el capítulo y el aumento de la fracción de frutos de bajo peso (SLL) con la temperatura.
 - *Se observó capacidad de recuperación anatómica y enzimática luego de un estrés temprano y medio, siempre que la aplicación finalizara algunos días antes del fin del llenado.
 - *Temperaturas estresantes afectaron el peso y anatomía del pericarpio, lo cual podría tener relación con la velocidad de germinación de las semillas.
 - *En suma, episodios de estrés térmico disminuyen el rendimiento y la calidad comercial de los granos: menor peso, menor % de aceite, variabilidad en el tamaño de frutos y composición ácida alterada.

Referencias

1. Chimentí, Hall, López. 2001. FCR 69:81-88.
2. Ploschuk, Hall. 1995. FCR 44:111-117.
3. Rondanini, Savin, Hall. 2003. FCR 83: 79-90.
4. Green. 1986. Crop Sci. 26:961-965.
5. Mantese. 2001. M. Sci. Thesis. FAUBA, 78 pp.
6. Statistical Analysis System. SAS Institute, 1988.