

ACEITE DE SOYA COMO RETARDADOR DE FLORACIÓN EN DURAZNO DE BAJO REQUERIMIENTO DE FRÍO

SOYBEAN OIL AS BLOOM DELAYER IN LOW CHILLING PEACHES

Rosaycela Cervantes Flores¹, Alfredo López Jiménez^{1*}, José Isabel Cortés Flores², Alfonso A. Gardea Béjar³, Rafael Acosta Hernández⁴ y Héctor González Hernández⁵

¹Programa en Fruticultura, ²Edafología, ³Hidrociencias y ⁵Entomología, Colegio de Postgrados. Km 35.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01 (595) 952-0233. ³Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Av. Río Conchos S/N. Parque Industrial, Apartado postal 781, 31570, Cd. Cuauhtémoc, Chih., México. Tel. 01 (625) 581-2920. Correo electrónico: lopezja@colpos.mx

* Autor responsable

RESUMEN

Uno de los posibles métodos para reducir o evitar el daño por heladas tardías en durazneros (*Prunus persica* L.) de bajo requerimiento de frío es retrasar la época de floración aplicando substancias químicas biorreguladoras antes del inicio de apertura floral. Sin embargo los resultados no han sido consistentes. Los aceites de origen vegetal han reportado resultados prometedores, ya que su aplicación en bajas concentraciones retrasa la floración en variedades tardías. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de aspersiones de aceite de soya (0, 2.5, 5 y 10 % v/v) en tres fechas de aplicación (11 y 24 de noviembre y 7 de diciembre) sobre la floración del duraznero de bajo requerimiento de frío CP 87-3, bajo condiciones de campo en Montecillo, Edo. de México en el período de noviembre 2000 a marzo 2001. En condiciones de laboratorio se estudió el efecto de las mismas concentraciones, a los 8 y 12 d después de la aplicación, evaluando la actividad metabólica, respiración y velocidad de crecimiento de yemas florales. La respuesta a las aplicaciones de aceite de soya está fuertemente condicionada por la fecha de aplicación y las concentraciones utilizadas. La aplicación al 10 % causa mortandad de yemas en el orden del 19 %. La actividad metabólica de las yemas a los 12 d después de la aplicación, se vio significativamente disminuida por las concentraciones de 5 y 10 %, lo que a su vez retrasó la tasa respiratoria y disminuyó la velocidad de crecimiento, documentando con esto el retraso en la floración causado. El aceite de soya al 5 % aplicado el 7 de diciembre adelantó el inicio de la floración en dos d y retrasó la floración plena en 12 d. No obstante este retraso fue insuficiente para evadir por completo el período de heladas tardías en Montecillo, Edo. de México.

Palabras clave: *Prunus persica* L. protección de heladas, metabolismo, respiración.

SUMMARY

A possible method to reduce or avoid frost damage during bloom in low chilling requirement peach cultivars (*Prunus persica* L.), is based on sprays of bioregulators to delay bloom, however the results have not been consistent. Oils from different plant species have been used with promising results, because they delay bloom at low rates on late blooming varieties. The objective of this research was to evaluate the effect of soybean oil concentration (0, 2.5, 5 and 10 %) and spray-

ing dates (November 11 and 24 and December 7) on bloom season of CP 87-3, a low chilling peach under field conditions. The same concentrations were studied under controlled conditions to evaluate the metabolic activity, respiration and growth rate of flower buds at eight and twelve days after application. Response to soybean oil sprays was strongly conditioned to concentration and application date. A mortality of 19 % of buds was recorded when 10 % oil was used. Twelve days after the sprays with 5 and 10 % soybean oil, bud metabolic activity was significantly reduced, as well as in respiration and growth rates, evidencing their delay in bloom. Soybean oil at 5 % sprayed on December 7 advanced the appearance of the pink stage by two days, although it delayed full bloom in twelve days. Nevertheless such a delay was not enough to escape the late frosts at Montecillo, Mexico.

Index words: *Prunus persica* L., frost protection, metabolism, respiration.

INTRODUCCIÓN

El duraznero (*Prunus persica* L.) es el tercer frutal cítrifolio con mayor superficie establecida en México, luego del manzano (*Malus pumila* Mill) y la vid (*Vitis vinifera* L.), con 45 954 ha (SAGAR, 1999). Zegbe y Rumayor (1994) indican que la presencia de heladas durante la floración reduce la producción de fruto hasta en 90 %.

Con el propósito de retrasar la floración para evitar o reducir las pérdidas provocadas por las heladas tardías, se han implementado diversos métodos como: a) Mejoramiento genético o selección por floración tardía; b) Métodos físicos para mantener bajas las temperaturas de las yemas o mantener la temperatura del huerto arriba del punto de congelación; y c) Métodos químicos (aplicación de biorreguladores y sustancias químicas) para extender el reposo o retrasar el desarrollo de la yema (Anderson y Seeley, 1993). El primero es una opción más segura, aunque la selección de cultivares es a largo plazo, mientras

que en el segundo algunas veces hay restricciones de agua o energía que dificultan su implementación. En lo que respecta a las sustancias biorreguladoras, los resultados son inconsistentes, pero los aceites de origen animal y vegetal parecen prometedores. Call y Seeley (1989) aplicaron aceite de petróleo en dosis de 2 a 20 % en durazneros 'Johnson Elberta' al final del endoletargo, y lograron un retraso en la brotación de las yemas florales de aproximadamente 5 d y un incremento en la resistencia al frío, pero también mostraron que con la dosis de 20 % ocurre abscisión en 25 a 50 % de las yemas florales. Deyton *et al.* (1992a) afirman que las aplicaciones de aceite de petróleo en concentraciones de 6 a 12 % retrasan el desarrollo floral y la floración, aunque al incrementar la concentración de aceite se causa daño a las yemas florales.

Las aplicaciones de aceite de soya refinado o crudo a 10 % retrasó en casi 4 d la floración de manzano 'Smoothie Golden', y fue menos fitotóxico que el aceite de petróleo (Deyton *et al.*, 1992b); los aceites incrementaron la concentración de CO_2 y redujeron la concentración de O_2 en las yemas tratadas. Myers *et al.* (1996) realizaron aplicaciones de aceite de soya a 0, 2.5, 10 y 20 %; con 10 %, la floración se retrasó 6 d respecto al testigo; dos aplicaciones a 5 % retrasaron la floración 4 d más, en comparación a los árboles que recibieron sólo una aplicación a la misma dosis, y florecieron 1 d después de los que recibieron una aplicación a 10 %; las aplicaciones con aceite de soya provocaron daños en las yemas florales, visibles como ligeras manchas cafés en los pistilos y anteras; la muerte de yemas florales se incrementó y la viabilidad de las yemas florales disminuyó conforme se incrementó la concentración del aceite.

Myers *et al.* (1996) postulan que el aceite de soya retrasa el desarrollo de las yemas al provocar una acumulación de CO_2 o una deficiencia de O_2 en el microambiente de la yema, porque interfiere con la liberación del CO_2 de la respiración de los brotes e incrementa su concentración interna, en comparación con brotes de los testigos; al respecto, reportan que la tasa de respiración decreció durante 8 d después del tratamiento, al inhibir por retroalimentación o la respiración a causa de la elevada concentración del CO_2 , que crea una atmósfera modificada en el interior de la yema.

Según Moran *et al.* (2000), el aceite de soya es un efectivo agente raleador de frutos de durazno, cuando se aplicó a 10 %; además incrementó la sobrevivencia de flores a -4 °C. Pendergrass *et al.* (2000) también indican que el uso de aceite de soya para retrasar la floración del duraznero es muy promisorio, lo que puede permitir reducir las pérdidas en el rendimiento y disminuir el riesgo de perder las cosechas por daño de heladas.

Las nuevas técnicas microcalorimétricas, tanto isotérmicas como de barrido diferencial, permiten cuantificar la evolución de calor del metabolismo en función de la temperatura de la muestra, así como su velocidad de respiración. Mediante estas técnicas es factible estimar la velocidad de crecimiento del tejido vegetal (Criddle *et al.*, 1990; Carvajal *et al.*, 2000) y los cambios metabólicos en función de las fases de letargo en yemas de vid (Gardea *et al.*, 1994) y el efecto de la acumulación de frío en manzano (Carvajal *et al.*, 2000). Por tanto, las técnicas calorimétricas poseen capacidad para poder determinar la respuesta de las yemas florales y vegetativas a la aplicación de compuestos o sustancias que afecten las tasas metabólicas (Llamas *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del aceite de soya en diferentes concentraciones y fechas de aplicación, sobre el retraso de la floración del duraznero CP 87-3 de bajo requerimiento de frío y en la actividad metabólica y respiratoria de las yemas tratadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó en un huerto de duraznero ubicado en el Campo Experimental de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados (CP), que se localiza en Montecillo, Texcoco, Edo. de México, a una altitud 2250 m, 19° 29' LN y 98° 53' LW. La temperatura media anual es de 15 °C, el mes más frío es enero con temperaturas medias mínimas de -1.3 °C, y la precipitación pluvial promedio anual de 645 mm (Estación Meteorológica del CP). La investigación se llevó a cabo en los ciclos noviembre 2000 a marzo 2001 y octubre-diciembre 2001.

Material vegetal

Se utilizaron árboles de duraznero selección CP 87-3, de 5 años de edad. Este material, originado en el CP, tiene un requerimiento de 400 unidades frío (UF), un periodo de floración a maduración de 100 d, y produce frutos de 120 g en promedio, de color amarillo y pulpa firme. La cosecha se realiza de mayo a junio en Montecillo, Edo. de México (J. Rodríguez A., Comunicación personal¹).

Factores de estudio

En campo se evaluó el efecto de los siguientes dos factores: 1) Concentración de aceite (0, 2.5, 5 y 10 %,

¹ J. Rodríguez A. Profesor Investigador, especialista en duraznero. Programa en Fruticultura, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: joroal@colpos.mx

v/v); y 2) Fecha de aplicación (noviembre 11 y 24, y diciembre 7, de 2000 y 2001) (Cuadro 1). El estudio fisiológico de las yemas tratadas se hizo a los 8 y 12 d después de la aplicación (DDA).

Cuadro 1. Lista de tratamientos resultantes de la combinación de concentración y fechas de aplicación de aceite de soya en el duraznero CP 87-3 en el año 2001.

Tratamiento	Concentración de aceite de soya (%)	Fecha de aplicación
1	0	11 de noviembre
2	2.5	11
3	5.0	11
4	10.0	11
5	0	24
6	2.5	24
7	5.0	24
8	10.0	24
9	0	7 de diciembre
10	2.5	7
11	5.0	7
12	10.0	7

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones, donde la unidad experimental fue un árbol. Para el estudio fisiológico de yemas florales se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones, cuya unidad experimental fue *ca.* 80 mg de yemas de cada uno de los tratamientos. En ambos casos se usó un arreglo factorial entre concentraciones y tiempo después de aplicación.

Manejo y establecimiento del experimento en campo

La emulsificación del aceite de soya se hizo con Bio-nex^{MR} a 8 % (v/v) y se asperjó a cada árbol en forma homogénea, hasta punto de goteo (2.5 L de solución en promedio), con una aspersora manual. Las aplicaciones se realizaron entre las 8:00 y 9:30 h. En diciembre del 2000 se aplicó caldo bordelés para prevenir enfermedades fungosas. Los árboles están formados en palmeta y se les realizó una poda de fructificación en enero del 2001. La fertilización se hizo con la fórmula 180N-90P-180K; 2/3 del nitrógeno se aplicaron en septiembre del 2000 (antes de la caída de hojas), y la tercera parte restante del nitrógeno, todo el fósforo y el potasio se aplicaron a finales de febrero del 2001. Las hileras de los árboles se mantuvieron limpias de maleza y entre éstas se mantuvo una cobertura de pasto. A partir del 13 de febrero de 2001 se regó por medio de microaspersión, con un emisor por árbol con un caudal de 23 L h⁻¹, una presión de operación de 0.12 MPa, y una frecuencia de dos veces por semana. Cada riego duró 4 h y se concluyó el 14 de mayo del 2001.

Manejo del experimento en laboratorio

El 25 de octubre del 2001 se colectaron ramillas mixtas de CP 87-3, las cuales fueron defoliadas y los ápices poda-

dos y se ataron en manojo con aserrín húmedo y se colocaron en bolsas de plástico con perforaciones. Posteriormente se almacenaron a 4 °C, hasta suplementar artificialmente 400 UF. Cumplido este requerimiento se trasladaron, en noviembre, al Centro de Investigación y Desarrollo, A.C. (CIAD) en Cuauhtémoc, Chihuahua, México, donde fueron colocadas en recipientes con sus cortes basales en agua y se mantuvieron por 12 d en condiciones de temperatura constante a 25 °C, con fotoperíodo natural.

Variables

Inicio de apertura floral. En cuatro ramas mixtas, seleccionadas previamente por su longitud (30 cm promedio) y vigor, ubicadas a una altura de 1.5 m de cada árbol, se determinó el inicio de apertura de flores, considerada ésta como el estadio "punto rosa". La evaluación inició a partir de la primera fecha de aplicación (11 de noviembre del 2000); se monitoreó cada tratamiento para registrar la aparición del estadio floral mencionado, que se registró en función de los días después de la aplicación (DDA).

Floración plena. En las ramas mixtas descritas anteriormente, se monitoreó semanalmente la evolución de la floración a partir del inicio de apertura de flores hasta que hubo 80 % de flores abiertas. Esta variable también se registró como número de días después de la aplicación (DDA).

Fitotoxicidad en yemas florales (%). Antes de la aplicación del aceite se contó el número de yemas florales totales en las ramillas mixtas previamente seleccionadas. En tres fechas posteriores a la aplicación se contaron las yemas viables y por diferencia se estimaron las yemas que murieron. Para cada árbol o unidad experimental se obtuvo un porcentaje del daño proveniente de las cuatro ramas seleccionadas y se transformó al arcoseno para su análisis estadístico.

Actividad metabólica (q) y producción de CO₂ (RCO₂) en yemas florales. Las mediciones se hicieron a 25 °C de acuerdo con la metodología descrita por Criddle *et al.* (1990) y Gardea *et al.* (1994). La actividad metabólica de yemas florales se midió con un calorímetro de barrido diferencial (CBD) CSC 4100 (CSC, Pleasant Grove, Utah, EE.UU.) con cuatro celdas metálicas herméticas de 1 cm³, una línea base de $\pm 1\mu\text{W}$ y una capacidad de barrido -30 a 200 °C. Con el fin de mantener una temperatura estable de 15 °C en el interior del calorímetro se utilizó un baño circulante refrigerante (PolyScience, Niles, IL, EE.UU.). Para prevenir la condensación de humedad

dentro del equipo se aplicó un flujo constante de N_2 seco, a una presión de 176 g cm^{-2} .

Velocidad de crecimiento ($R_{sg} \Delta H_B$). Ésta se estimó con los datos de producción de CO_2 y calor metabólico, según Hansen *et al.* (1996). Debido al tamaño pequeño de las yemas florales, se requirieron 80 mg de tejido fresco con el fin de asegurar la producción de calor suficiente para generar una señal confiable ($100\mu\text{W}$).

A cada variable se le hizo análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS. Cuando las interacciones fueron significativas, las comparaciones entre medias se hicieron en función de sus errores estándares; las medias de los efectos principales significativos fueron comparadas por medio de la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicio de apertura floral

Se detectó efecto significativo de la interacción entre las fechas de aplicación y las concentraciones de aceite de soya, en el periodo de inicio de apertura floral (Figura 1). Cuando el aceite se aplicó el 11 de noviembre, solamente la concentración de 10 % causó un retraso significativo de

5 d en el tiempo requerido para el inicio de la floración, en comparación con el testigo. Contrariamente, la dosis de 2.5 % causó un adelanto de 3 d. La respuesta obtenida con 10 % es similar a la reportado por Deyton *et al.* (1992b), quienes mencionan que el aceite de soya aplicado en duraznero, a los 49 d antes de la apertura floral del testigo, retrasa ésta en 6 d. En esta investigación sólo transcurrieron 28 d entre la aplicación del aceite y la apertura floral del testigo.

En la aplicación hecha en noviembre 24 (15 d antes de la fecha natural de inicio de floración) no se observaron diferencias significativas respecto al testigo, aparentemente debido a la alta variabilidad presente en éste, aunque resulta importante señalar que la tendencia de respuesta se invirtió.

En la tercera fecha de aplicación realizada el 7 de diciembre, ninguna de las concentraciones difirió del testigo y éste brotó tan sólo 4 d después. Resulta notorio que en las tres fechas de aplicación el testigo mostró las mayores desviaciones, lo que es indicativo de un inicio de floración más heterogéneo, mientras que el aceite de soya, independientemente de la concentración utilizada, compactó el periodo durante el cual el árbol inició la floración, ya sea adelantada o retrasada respecto al testigo.

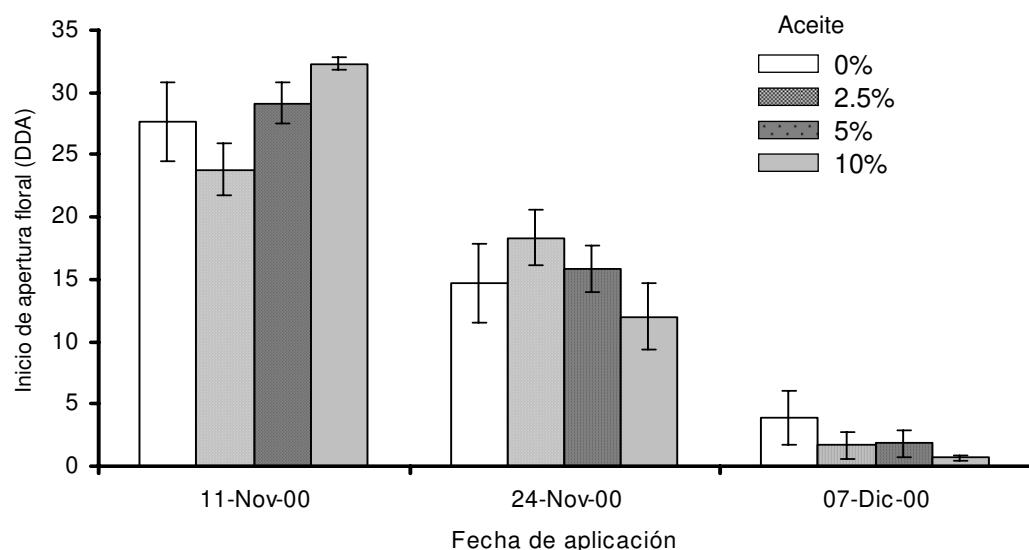


Figura 1. Inicio de apertura de floral a distintos días después de aplicación (DDA) en el duraznero CP 87-3, en función de la fecha de aplicación y concentración de aceite de soya. Valores promedio de seis repeticiones. Líneas verticales indican error estándar.

Se hizo evidente que el estado fisiológico que guardan las yemas al momento de la aplicación juega un papel importante en la respuesta que se cita. En las condiciones de Montecillo, Edo. de México, es factible que en noviembre 11, los árboles estuvieran en alguna etapa de endoletargo y el aceite de soya a 10 % haya causado un retraso efectivo en el inicio de la brotación. En contraste, durante la última fecha de aplicación las yemas estaban claramente en ecoletargo, como lo demuestra el hecho de que el testigo inició su brotación en sólo 4 d. Por extrapolación, es muy factible que a fines de noviembre las yemas se encontraban en algún punto de transición entre endo- y ecoletargo. Cuando las yemas están en un claro ecoletargo la aplicación del aceite de soya causó un adelanto en el inicio de la floración. De acuerdo con Fuchigami y Nee (1987), esto se debe a que a mayor profundidad del letargo se requiere de un estrés subletal más intenso para romperlo; en cambio, un estrés de la misma intensidad aplicado durante el ecoletargo causa mortandad de yemas.

Floración plena

La interacción entre concentraciones y fechas de aplicación tuvo efecto significativo en el periodo que las yemas requirieron para alcanzar el estadio de floración

plena (Figura 2), periodo que presentó cierta similitud con el inicio de apertura floral. La floración plena en árboles tratados en noviembre 11 fue significativamente desfasada sólo en las concentraciones de 5 y 10 %, con retrasos de 6 y 9 d, respectivamente. Cuando la aplicación de aceite se hizo el 24 de noviembre, la floración plena de árboles asperjados con 2.5 y 5 % causó retrasos significativos de 8 y 6 d. Esta respuesta tiene paralelismo con la respuesta registrada en el inicio de floración.

En la última fecha de aplicación (7 de diciembre), solamente la concentración de 5 % causó una diferencia estadísticamente significativa, ya que esos árboles llegaron a plena floración 12 d después que el resto de tratamientos, incluso que los testigos. El retraso de la floración plena inducido con aplicaciones de aceite a 5 y 10 %, realizadas aproximadamente 60 d antes de la floración, o bien a 2.5 y 5 % asperjadas 45 d antes de plena floración, permitieron proteger parcialmente a los árboles del daño de las heladas. También Pendergrass *et al.* (2000) mencionan que el uso de aceite de soya para retrasar la floración del duraznero disminuye el riesgo de perder las cosechas por el daño de heladas, en los períodos de floración plena y amarre de fruto.

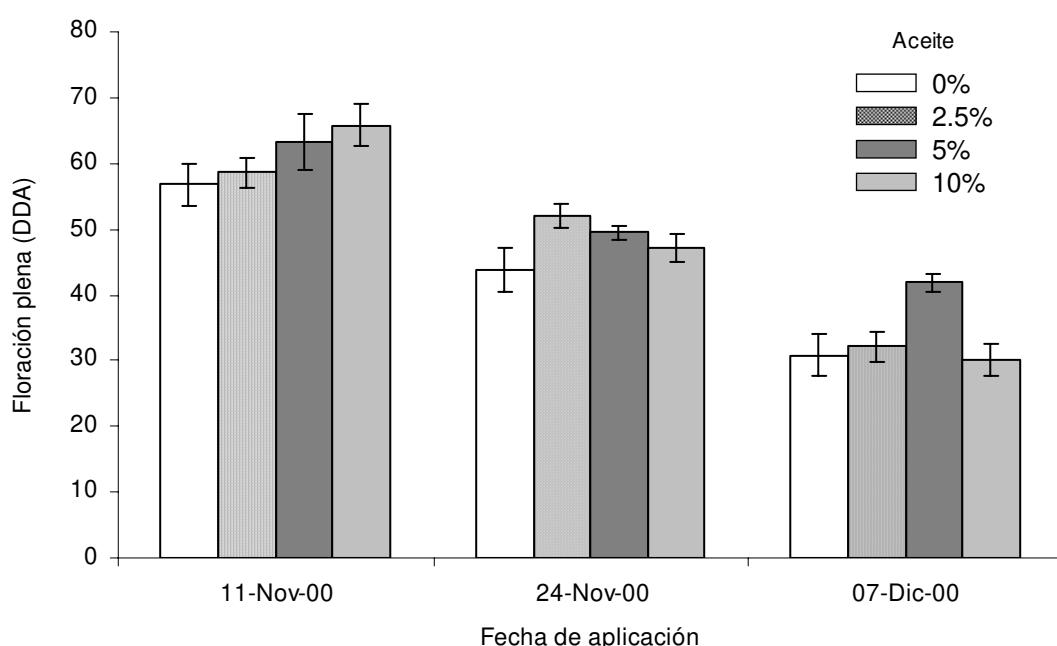


Figura 2. Floración plena a diversos días después de aplicación (DDA) del duraznero CP 87-3, en función de la fecha de aplicación y concentración de aceite de soya. Valores promedio de seis repeticiones. Líneas verticales indican error estándar.

Fitotoxicidad en yemas florales

En cuanto al efecto fitotóxico causado por la aspersión de aceite de soya, el único efecto principal significativo fue el factor concentración. Como era de esperarse, la mayor concentración causó el mayor daño, el cual llegó a 19.7 %, en contraste con sólo 3.1 y 1.6 en aspersiones a 2.5 y 5 % (Cuadro 2). Esto coincide con lo reportado por Deyton *et al.* (1992a), Moran *et al.* (2000), Myers *et al.* (1996) y Call y Seeley (1989), quienes indican que las altas concentraciones de aceites de petróleo o soya causan necrosis y abscisión de yemas florales, aunque Deyton *et al.* (1992b) consideran que el aceite de soya aplicado a 10 % es menos fitotóxico en comparación con el de petróleo.

Cuadro 2. Efecto principal de la concentración de aceite de soya en la fitotoxicidad de yemas florales (%) del duraznero CP 87-3, en el año 2001.

Concentración (%), v/v	Fitotoxicidad (%)
0	0 a ^z
2.5	3.1 a
5.0	1.6 a
10.0	19.7 b

^z Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, 0.05).

Actividad metabólica de las yemas florales

En esta variable hubo un efecto significativo de la interacción entre la concentración de aceite y el periodo transcurrido después de la aplicación (Cuadro 3). Los valores registrados indican que a medida que se acercó la brotación de las yemas florales, su producción de calor metabólico también aumentó de 15.8 a 16.4 $\mu\text{W mg}^{-1}$ ps. Sin embargo, para una misma fecha las yemas tratadas con 10 % mostraron un decremento en la evolución de calor hacia valores cercanos a 5 $\mu\text{W mg}^{-1}$ ps, lo que indica un metabolismo más lento, aunque este decremento se hace notorio desde la concentración de 5 % a los 12 DDA, ya que registró tan sólo 12.4 $\mu\text{W mg}^{-1}$ ps. Reportes previos indican que la actividad metabólica de yemas de vid (Gardea *et al.*, 1994) y manzano (Carvajal *et al.*, 2000) aumenta gradualmente conforme inicia la brotación. En el presente estudio es probable que, conforme se incrementó la concentración de aceite de soya, la producción de calor metabólico de yemas se haya visto limitada, como resultado de la restricción al intercambio gaseoso causado por la película que el aceite forma sobre las yemas.

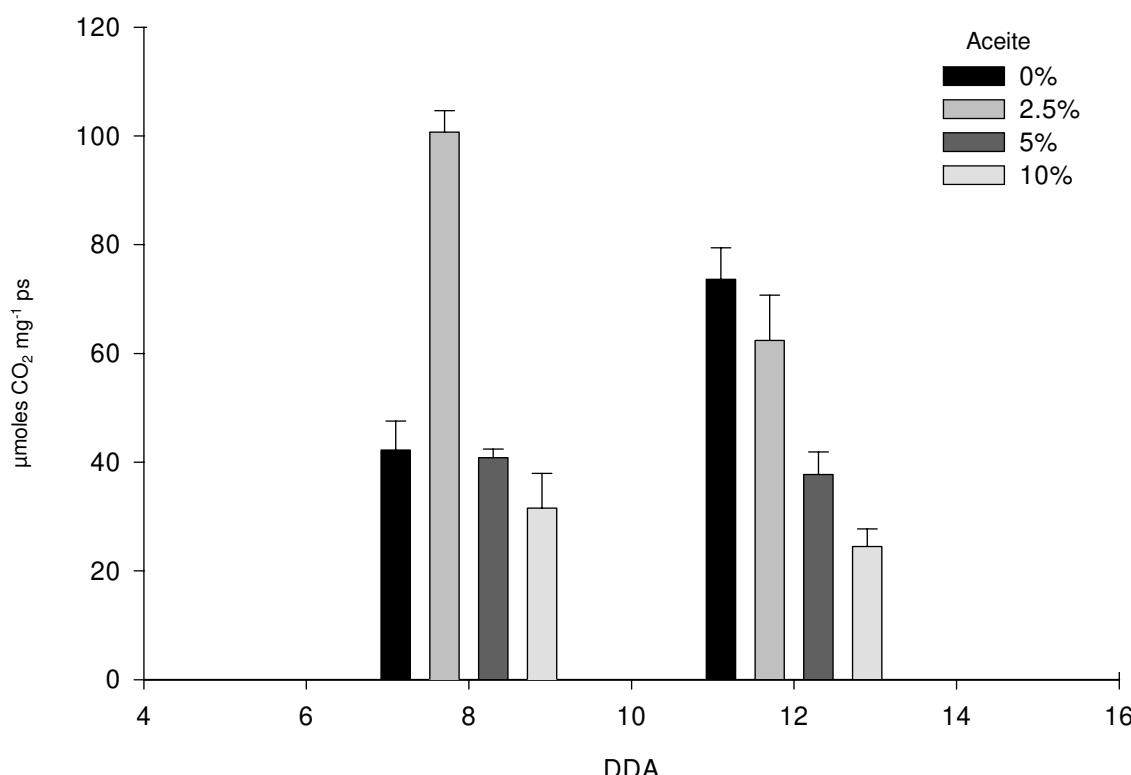


Figura 3. Velocidad de respiración de las yemas florales de duraznero CP 87-3, en función de la concentración de aceite de soya y días después de la aplicación (DDA). Valores promedio de tres repeticiones. Las líneas verticales indican el error estándar de la media

Cuadro 3. Actividad metabólica de las yemas florales de duraznero CP 87-3, con aplicación de aceite de soya en función de la concentración, a 8 y 12 d después de la aplicación (DDA) [†].

Concentración (% v/v)	Actividad metabólica ($\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$)	
	8 DDA	12 DDA
0	15.8±0.9	16.4 ±0.4
2.5	18.1±1.1	19.5 ± 1.4
5	17.7±1.5	12.4 ± 1.1
10	5.6±1.3	5.4 ± 0.5

[†] Promedio de tres repeticiones ± error estándar ($P \leq 0.05$).

Velocidad de respiración de las yemas florales

También se encontró una interacción significativa entre los dos factores evaluados, en la evolución de bióxido de carbono (RCO_2). En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos a los 8 y 12 DDA. Nótese que la tasa de respiración de las yemas testigo sufrió un alto incremento entre los 8 y 12 DDA, lo cual tipifica la evolución natural durante el desarrollo de la floración, tal como se ha reportado para otras especies de frutales (Gardea *et al.*, 1994; Carvajal *et al.*, 2000).

Si se compara la respuesta de los diferentes tratamientos dentro de cada periodo de evaluación, puede apreciarse que a los 8 DDA la respuesta respiratoria de yemas tratadas con aceite de soya a 2.5 % alcanzó un notable incremento de más del doble del testigo, al alcanzar más de 100 mmoles $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ ps}$. Sin embargo, ésta fue una respuesta temporal porque a los 12 DDA se desarrolló un gradiente inversamente proporcional a la concentración utilizada, de manera que la mayor tasa respiratoria se alcanzó en las yemas testigo y la respuesta disminuyó proporcionalmente al aumentar la concentración de aceite, lo que indica que a los 12 DDA se había establecido una atmósfera modificada en el microambiente de la yema, tal como lo reportan Deyton *et al.* (1992a).

Llamas *et al.* (2002) no encontraron un efecto significativo en RCO_2 al aplicar tiazurón y cianamida hidrogenada en yemas de manzano 'Golden Delicious' para uniformar su brotación; sin embargo, es importante diferenciar que dichos compuestos bloquean enzimas específicas del sistema antioxidativo, mientras que los aceites bloquean el intercambio gaseoso, lo que causa un sofocamiento temporal de las yemas. Según Myers *et al.* (1996), la aplicación del aceite de soya incrementa la concentración de etileno en yemas de duraznero, pero no es la causa del retraso del desarrollo de las yemas florales; los mismos investigadores indican que estas aplicaciones disminuyen la tasa de respiración de las yemas, respecto al testigo, por 8 d después del tratamiento.

Velocidad de crecimiento de las yemas florales ($\text{R}_{\text{SG}} \Delta \text{H}_B$)

En esta variable también se observó una interacción significativa ($P \leq 0.01$) entre los factores involucrados. La velocidad de crecimiento natural representada por las yemas testigo se incrementó de 3.4 a 17.1 entre los 8 y 12 DDA. Según Carvajal *et al.* (2000), las yemas de manzano 'Red Delicious' presentan un patrón de crecimiento continuo en función del estado de desarrollo. La comparación entre tratamientos a los 8 DDA indica que los mayores valores correspondieron a las yemas asperjadas con aceite a 2.5 %, lo que muestra un comportamiento similar con la variable anterior, mientras que la aspersión a 5 % causó la respuesta más baja, de sólo 0.9. En cambio, a los 12 DDA el gradiente que se estableció presentó una correlación inversa y cercana, al disminuir de 17.1 a 8.9, 4.8 y 5.8 para las concentraciones de 0, 2.5, 5 y 10 % (Cuadro 4). Anekonda *et al.* (1994) encontraron una relación directa entre la producción de calor metabólico y la velocidad de crecimiento en árboles de *Sequoia sempervirens* de varios genotípicos.

Cuadro 4. Velocidad de crecimiento de las yemas florales de duraznero CP 87-3 con aplicación de aceite de soya en función de la concentración y días después de la aplicación (DDA) [†].

Concentración (% v/v)	Velocidad de crecimiento ($\text{R}_{\text{SG}} \Delta \text{H}_B$)	
	8 DDA	12 DDA
0	3.4 ± 1.7	17.1 ± 2.5
2.5	27.7 ± 1.3	8.9 ± 2.5
5	0.9 ± 1.5	4.8 ± 1.6
10	8.8 ± 2.2	5.8 ± 0.9

[†] Promedio de tres repeticiones ± error estándar ($P \leq 0.01$).

CONCLUSIONES

La respuesta inducida por las aplicaciones de aceite de soya está fuertemente condicionada por la fecha de aplicación y las concentraciones utilizadas, lo que implica que el estado fisiológico de la yema es determinante. Su aplicación a 10 % causa mortandad de yemas en el orden de 19 %, por lo que esta concentración no es recomendable.

La actividad metabólica de las yemas, expresada como la evolución de calor, se vio significativamente disminuida por las concentraciones de 5 y 10 %, lo que a su vez retrasó la tasa respiratoria y disminuyó la velocidad de crecimiento, y ello explica el retraso causado en la floración.

El aceite de soya a 5 % aplicado el 7 de diciembre adelantó el inicio de la floración en 2 d, pero retrasó la aparición del estadio de floración plena en 12 d. Esto es indicativo de una floración prolongada, con sobre posición de fenofases y su consecuente gradiente de resistencia al frío, condición que implica un mayor índice de sobrevivencia en caso de helada.

No obstante que el aceite de soya retrasó la floración, en el ámbito de este estudio dicho retraso no fue suficiente para evadir las heladas por completo. Por tanto, no se recomienda su aplicación en variedades de duraznero con bajos requerimientos de frío en regiones con riesgo de heladas invernales.

BIBLIOGRAFÍA

- Anekonda T S, R S Criddle, W J Libby (1994)** Calorimetric evidence for site adapted biosynthetic metabolism in coastal redwood (*Sequoia sempervirens*). *Can. J. For. Res.* 24:380-389.
- Call R C, S D Seeley (1989)** Flower bud coatings of spray oils delay dehardening and bloom in peach trees. *HortScience* 24:914-915.
- Carvajal E, F Goycoolea, V Guerrero, J Llamas, A Rascón-Chu, J Orozco, C Rivera, A A Gardea (2000)** Caracterización calorimétrica de la brotación de yemas florales de manzano. *Agrociencia* 34:543-551.
- Criddle R S, R W Breidenbach, D R Rank, M S Hopkin, L D Hansen (1990)** Simultaneous calorimetric and respirometric measurement on plant tissue. *Thermochimica Acta* 172:213-221.
- Deyton D E, C E Sams, J C Cummins (1992a)** Application of dormant oil to peach trees modifies bud-twigs internal atmosphere. *HortScience* 27:1304-1305.
- Deyton D E, C E Sams, J C Cummins (1992b)** Comparison of dormant applications of petroleum and soybean oil on apple bud development. *HortScience* 27:620.
- Fuchigami L H, C C Nee (1987)** Degree growth stage model and rest breaking mechanisms in temperate woody perennials. *HortScience* 22(5):836-842.
- Gardea A A, Y M Moreno, A N Azarenko, P B Lombard, L S Daley, R S Criddle (1994)** Changes in metabolic properties of grape buds during development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119:756-760.
- Hansen L D, D K Taylor, B N Smith, R S Criddle (1996)** The relation between plant growth and respiration: applications to ecology and crop cultivar selection. *Russian J. Plant Physiol.* 43:691.
- Llamas J, E Carvajal-Millán, A Orozco, A Rascón-Chu, A Romo, V M Guerrero, V A González, A A Gardea (2002)** Respuesta metabólica y brotación de yemas de manzano por la aplicación de promotores de brotación. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:411-417.
- Moran R E, D E Deyton, C E Sams, J C Cummins (2000)** Applying soybean oil to dormant peach tree flower buds. *HortScience* 35:615-619.
- Myers R E, D E Deyton, C E Sams (1996)** Applying soybean oil to dormant peach trees alters internal atmosphere, reduces respiration, delays bloom, and thins flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:96-100.
- Pendergrass R, R K Roberts, D E Deyton, C E Sams (2000)** Economics of using soybean oil to reduce peach freeze damage and thin fruit. *HortTechnology* 10:211-217.
- Perry B K (1998)** Basics of frost and freeze protection for horticultural crops. *HortTechnology* 8:10-15.
- SAGAR. (1999)** Centro de Estadística Agropecuaria. (CEA) <http://www.sagarpa.gob.mx/Cea/html/avances.htm>