

RELACIÓN ENTRE POLIAMINAS Y RUPTURA DEL LETARGO EN YEMAS DE VID (*Vitis vinifera* L.) cv 'PERLETTE'

POLYAMINES IN RELATION TO DORMANCY BREAKING IN GRAPE BUDS (*Vitis vinifera* L.) cv 'PERLETTE'

Jesús Arnulfo Márquez Cervantes^{1,*}, Raquel Cano Medrano¹ y Alfonso Larqué Saavedra²

¹ Programa en Fruticultura, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36. 5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230, Montecillo, Estado de México. Tel. 01 (595) 951-1584. ² Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida Yucatán. Tel. 01 (99) 99-813919. ³ Campo Experimental Costa de Hermosillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Apartado postal 1031. Hermosillo, Sonora, México. Tel. 01 (662) 261-0073.

* Autor responsable

RESUMEN

En este estudio se cuantificaron los cambios en el contenido de poliaminas durante la salida del letargo en vid (*Vitis vinifera* L.), así como cambios en el peso de las yemas. Para ello sometieron a varetas de tres yemas, se aplicaron a diferentes cantidades de frío (0, 150, 300 y 450 UF) y de concentraciones de tidiázurón (0 y 300 mg L⁻¹ de TDZ). El frío se aplicó en cámara a 4 °C y el TDZ, después del frío, para pasar a cámaras de brotación a 22 °C. El diseño de tratamientos fue un factorial 4x2, con arreglo en bloques al azar con tres repeticiones, donde la parcela útil fue de cinco varetas. Se analizaron las siguientes variables: brotación de yemas (%), incremento en el peso fresco de yema (IPFY) y contenido de poliaminas: putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm). El tratamiento de 300 UF + 300 mg L⁻¹ TDZ indujo el mayor contenido de Put, con 670 nmoles g⁻¹ de peso fresco (PF); los tratamientos 150 UF + 300 mg L⁻¹ TDZ y 450 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, tuvieron un contenido de Put de 577.5 y 542.7 nmoles g⁻¹ PF, y también fueron sobresalientes, en comparación con el testigo que tuvo 143.6 nmoles g⁻¹ PF de Put. Se encontró que la exposición a frío y la aplicación de TDZ aumentó el contenido de Put en 95 y 55 % respectivamente, el cual se relacionó con el IPFY y con la brotación a los 12 días después de la aplicación. La exposición a frío no elevó el contenido de las poliaminas Spd y Spm, mientras que TDZ sí lo aumentó.

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., brotación, tidiázurón, unidades frío, letargo, putrescina, espermidina, espermina.

SUMMARY

In this research changes of polyamine content during budbreak in grapes (*Vitis vinifera* L.), as well as the changes in bud weight, were evaluated. Four levels of chilling units (0,150,300 and 450 CU) and two rates of thidiazuron (0 and 300 mg L⁻¹ of TDZ) were applied to three node cuttings. Chilling was attained at 4 °C in chamber and TDZ was sprayed after such treatments. Afterwards, the cuttings were transferred to chambers at 22 ± 2 °C. The experimental design was a 4x2 factorial in a randomized block design with three replications. The experimental unit contained five cuttings. Budbreak (%), increments in fresh weight (IPFY), and concentration of putrescine (Put), Spermidine (Spd) and Spermine (Spm) were recorded. The treatment with the highest Put content (670 nmol g⁻¹FW) was 300 CU + 300 mg L⁻¹ TDZ. The treatments 150 CU + 300 mg L⁻¹ TDZ, 450 CU + 300 mg L⁻¹ TDZ and the control contained 577.5, 542.7 and 143.6 nmol g⁻¹ FW, of Put respectively. CU and TDZ increased the Put content by 95 and 55 % respectively, increases that were related to IPFY and budbreak after 12 days. In contrast Spd and Spm

were not related to IPFY and budbreak; CU did not stimulate the polyamine content but TDZ did.

Index words: *Vitis vinifera* L., budbreak, thidiazuron, chilling units, dormancy, putrescine, Spermidine, spermine.

INTRODUCCIÓN

Las poliaminas son compuestos orgánicos derivados de la descaboxilación de aminoácidos (Smith, 1980; Bagni *et al.*, 1980), y son consideradas como una nueva clase de reguladores del crecimiento de las plantas (Slocum *et al.*, 1994; Bagni, 1986; Galston y Kaur-Sawhney, 1987). Entre las más importantes están putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm), por su efecto en los medios de propagación (Faust y Wang, 1992) y en el desarrollo de las plantas (Eng-Chong *et al.*, 1996; Shiozaki *et al.*, 1998). En procesos de división celular *in vitro*, las poliaminas aumentan la replicación del ADN, la transcripción y la traslocación del ARNm y la síntesis de proteínas (Smith, 1990).

El mecanismo de acción de las poliaminas es muy similar al de las auxinas, al inducir efectos morfogénicos y fisiológicos y alterar la permeabilidad de las membranas, sin afectar la elongación celular (Smith, 1990; Slocum *et al.*, 1994). Las poliaminas están involucradas en los procesos antisenescuentes porque aumentan el contenido de clorofila en tejido foliar (Borrel *et al.*, 1997) y, en general, porque se relacionan con todos los procesos del crecimiento y desarrollo de las plantas (Eng-Chong *et al.*, 1996; Shiozaki *et al.*, 1998).

El contenido de poliaminas es bajo durante el letargo y aumenta durante la salida del mismo (Wang *et al.*, 1986). En manzano (*Malus domestica* Borkh), el tidiázurón (TDZ) aceleró la salida del letargo y aumentó la Put de 80 a 180 nmoles g⁻¹ PF a los 7 días de aplicado, para luego

disminuir ligeramente a medida que pasa el tiempo (Wang *et al.*, 1986); además, el TDZ redujo el frío requerido por esta especie (Steffens y Stutte, 1989). Al final del letargo en cerezo (*Prunus avium* L.) y en manzano, el nivel de Put aumentó de 500 a 850 nmoles g⁻¹ PF (Wang *et al.*, 1985). Los contenidos de las diferentes poliaminas en las yemas es variable entre especies, así como entre órganos o tejidos de una misma especie, por lo cual los valores obtenidos en una especie no pueden extrapolarse a otras. El objetivo fue cuantificar los cambios de las poliaminas, Put, Spd y Spm, durante la salida del letargo en vid, así como los cambios en peso de las yemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en varetas de tres yemas de vid 'Perlette', provenientes de plantas de cinco años de edad, en etapa de ecoletargo (brotación inhibida por factores ambientales adversos), colectadas en octubre en la Costa de Hermosillo, Sonora, México, donde se probaron cuatro niveles de unidades frío (UF): 0, 150, 300 y 450 UF, y dos niveles de tiazurón (TDZ): 0 y 300 mg L⁻¹, para un total de ocho tratamientos. Las varetas se trataron con frío en cámaras de refrigeración a 4±1 °C; enseguida se aplicó el tratamiento de TDZ, en una cámara a 22±2 °C de temperatura, 60±5 % de humedad relativa y 400 nmoles fotones m⁻² s⁻¹ de radiación fotosintéticamente activa, en recipientes con agua destilada.

El diseño de tratamiento fue un factorial 4x2, con arreglo experimental en bloques completos al azar. Después de aplicados los tratamientos, la brotación fue registrada cada tres días, a partir de la presencia del punto verde en las yemas evaluadas. Las muestras para peso fresco de yema y determinaciones en contenido de poliaminas fueron tomadas a los 0, 6 y 12 días después de aplicados los tratamientos. Las poliaminas se analizaron en yemas, de acuerdo con la metodología desarrollada por Flores y Galston (1982), excepto la cuantificación que se llevó a cabo mediante un densitómetro Shimadzu Dual-Wavelength-Chromato Scanner CS-930, con lámpara de Hg de 250 V y 200 W, equipado con un registrador de datos Shimadzu DR-2, que generó las curvas, y la concentración se estimó en función del área bajo la curva de las poliaminas putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm). Posteriormente se realizaron los cálculos para determinar el contenido de cada poliamina en las muestras, mediante una ecuación de regresión obtenida de cada curva estándar de cada poliamina y finalmente extrapolar los contenidos encontrados en la muestra de 200 mg de peso fresco (PF), a un gramo de PF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Brotación de yemas

El tratamiento de 300 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ superó la brotación del testigo en 30 % (Figura. 1a). Por su parte, el tratamiento de 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ alcanzó 50 % de brotación a los 24 días después de la aplicación (DDA), para superar al tratamiento de 150 UF sin TDZ (Figura 1a), lo que implica que el TDZ aceleró la brotación de yemas en varetas con 150 UF, en tanto que en las varetas con 450 UF el TDZ no mejoró la brotación. Es decir, las varetas con 450 UF acumuladas no requirieron de TDZ para mejorar su brotación, tal vez porque este nivel de frío permitió acelerar la síntesis de hormonas promotoras de la brotación (Mok *et al.*, 1987), de modo que la aplicación de TDZ no influyó. Sin embargo en las varetas con 150 UF la aplicación de TDZ aceleró la brotación de las yemas, similar al efecto observado en tres variedades de manzano a las que se aplicó una solución 100 µM de TDZ (22 mg L⁻¹), en las que redujo el requerimiento de frío (Steffens y Stutte, 1989).

La brotación de yemas mejoró en forma significativa con los tratamientos que acumularon 300 UF, respecto a los que no recibieron frío (Figura 1b), pues a los 30 DDA el primero registró 77.8 % de brotación, en comparación con 57.5 % de brotación en el testigo. El 50 % de la brotación se alcanzó primero con 300 UF (24 DDA), fecha en que superó a los demás tratamientos, incluso al de 450 UF, tal vez debido a que este último causó necrosis y muerte de yemas asociados con fallas en el control de la humedad dentro de la cámara. Por otro lado, la aplicación de 300 mg L⁻¹ de TDZ superó significativamente a los tratamientos sin TDZ, desde los 18 hasta los 30 DDA, tiempo que duró el periodo de evaluación; a los 30 DDA se logró 70.5 % de brotación con TDZ, en comparación con 58.5 % en los no aplicados (Figura 1c).

Incremento en peso fresco de la yema

En relación con el incremento en peso fresco de la yema (IPFY) se observaron diferencias entre tratamientos, en los muestreos realizados a los 3, 6, 9 y 12 DDA. Desde los 3 DDA, el tratamiento con 300 UF superó significativamente al testigo pero no difirió significativamente del resto de los tratamientos (Figura 2a). Los tratamientos sobresalientes a los 6, 9 y 12 DDA, fueron: 300 mg L⁻¹ de TDZ, 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, 300 UF, 300 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ y 450 de UF, en los que a los 12 DDA se obtuvo 103, 120.3, 120, 122.6 y 105 mg de IPFY respectivamente, mientras que en el tratamiento testigo el incremento fue de 55.3 mg en la misma fecha.

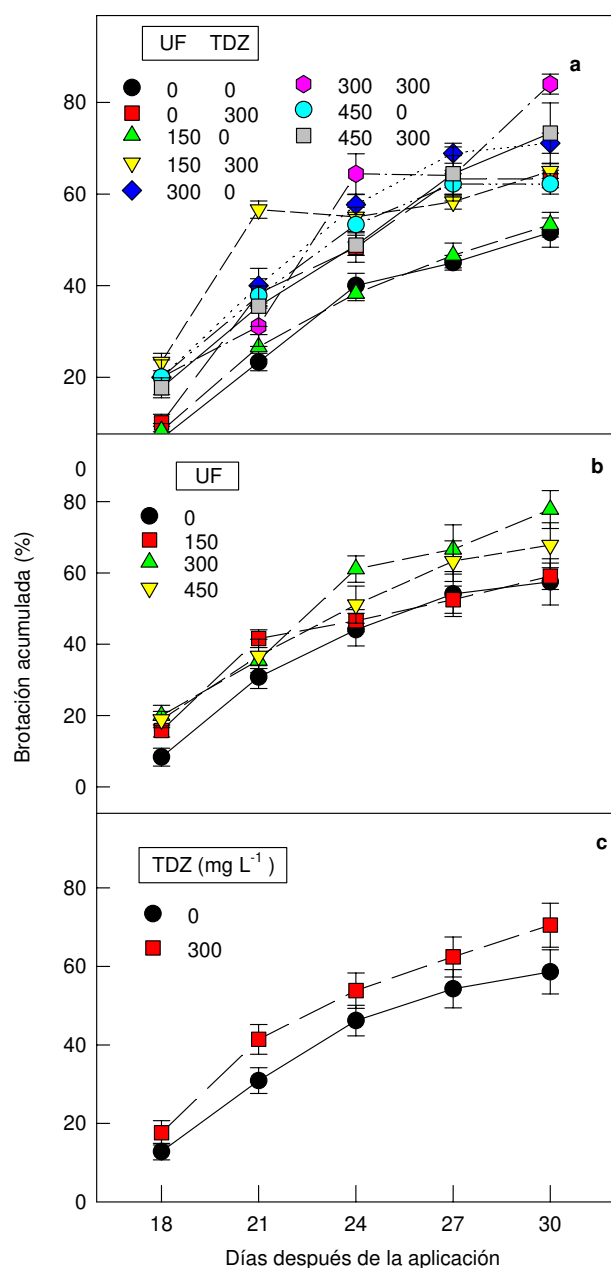


Figura 1. Dinámica de brotación de yemas de vid cv 'Perlette', con: a) dosis de unidades frío (UF) y tiazuron (TDZ); b) dosis de UF y c) dosis de TDZ. Cada punto representa la media de tres valores más el error estándar.

Los tratamientos con frío presentaron un IPFY mayor al final de la evaluación (12 DDA) que los tratamientos sin frío (Figura 2b); lo mismo sucedió con los tratamientos con 300 mg L⁻¹ de TDZ, que difirieron de los no tratados con este producto (Figura 2c). El efecto de TDZ encontrado en manzano por Steffens y Stutte (1989) es diferente al observado en vid, ya que mientras el testigo de manzano, que

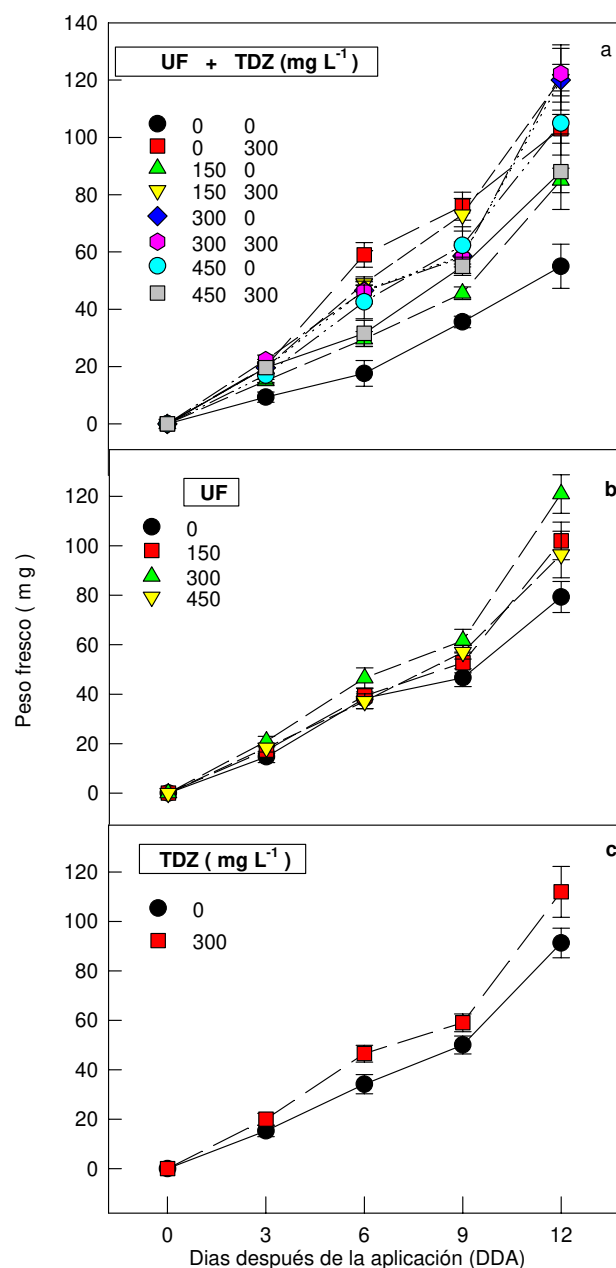


Figura 2. Incremento en peso fresco de la yema en vid cv. 'Perlette', con: a) dosis de unidades frío (UF), y tiazuron (TDZ); b) dosis de UF y c) dosis de TDZ. Cada punto representa la media de tres valores más el error estándar.

tiene un requerimiento de frío mayor que vid, permaneció en letargo, en vid el testigo inició su brotación casi al mismo tiempo que los demás tratamientos, aunque finalmente el IPFY fue menor (Figuras 2 a, b y c) y la brotación se retrasó (Figura 1a).

Los resultados sugieren la posibilidad de un estado de letargo menos intenso que pudo promover la brotación

antes de acumular las 150 UF, ya que Martínez de Toda (1991) menciona que las variedades más precoces de vid presentan un letargo menos intenso; También Siller *et al.* (1993) encontraron una necesidad de frío en el cv de vid 'Perlette' de 120 a 150 UF, por lo que el IPFY y la brotación a 22 °C se inició igual en todos los tratamientos, y las diferencias observadas fueron debidas a un estímulo del tratamiento, que aceleró o retrasó la salida de letargo y el crecimiento de las yemas.

Contenido de putrescina (Put) en la yema

La cantidad de putrescina en yema mostró diferencias entre los tratamientos a los 12 DDA. El tratamiento 300 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ presentó el contenido más alto de Put (670 nmoles g⁻¹ PF), para superar al resto de los tratamientos, excepto que aquellos con 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ y 450 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ (577.5 y 542.7 nmoles g⁻¹ PF, respectivamente) (Figura 3a). El testigo presentó el menor contenido de Put de todos los tratamientos (143.6 nmoles g⁻¹ PF). Al inicio y a los 6 DDA, los contenidos de Put fueron bajos (alrededor de 100 nmoles g⁻¹ PF), sin diferencias entre tratamientos. El incremento de Put registrado a los 12 DDA pudiera estar implicado en la salida del letargo de las yemas, ya que los incrementos en el nivel de esta poliamina han sido asociados con la liberación del letargo de yemas de cerezo (Wang *et al.*, 1985) y manzano (Wang *et al.*, 1986), además de ser un producto que promueve la división celular (Smith, 1990).

No se encontró efecto del frío en el contenido de Put a través de los muestreos realizados, lo cual difiere de lo encontrado por Wang y Faust (1994), quienes detectaron un incremento gradual de Put a medida que la acumulación de frío aumentó de 200 a 400 y 600 UF en manzano cv. 'Anna' (Figura 3b); sin embargo, la aplicación de TDZ aumentó significativamente el contenido de esta poliamina, respecto a los no aplicados, de 299.6 a 449 nmoles g⁻¹ PF, lo que significa un aumento de 51 % y la posibilidad de rompimiento del letargo (Figura 3c). Este resultado concuerda con los obtenidos en manzano por Wang *et al.* (1986), quienes con 100 µM de TDZ aumentaron la Put de 60 a 180 nmoles g⁻¹ PF, a los 6 DDA.

Contenido de espermidina (Spd) en la yema

El contenido de espermidina en yema presentó diferencias entre tratamientos a los 6 DDA. Los tratamientos 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, 300 UF, el testigo y 450 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, superaron a los tratamientos con 300 mg L⁻¹ de TDZ, 300 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, 450 UF y 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ (Figura 4a). Estos resultados indican que el contenido de la Spd en yemas de vid, en esta etapa, no es un buen estimador del estado de

avance del letargo, debido a que además de ser baja su concentración, la

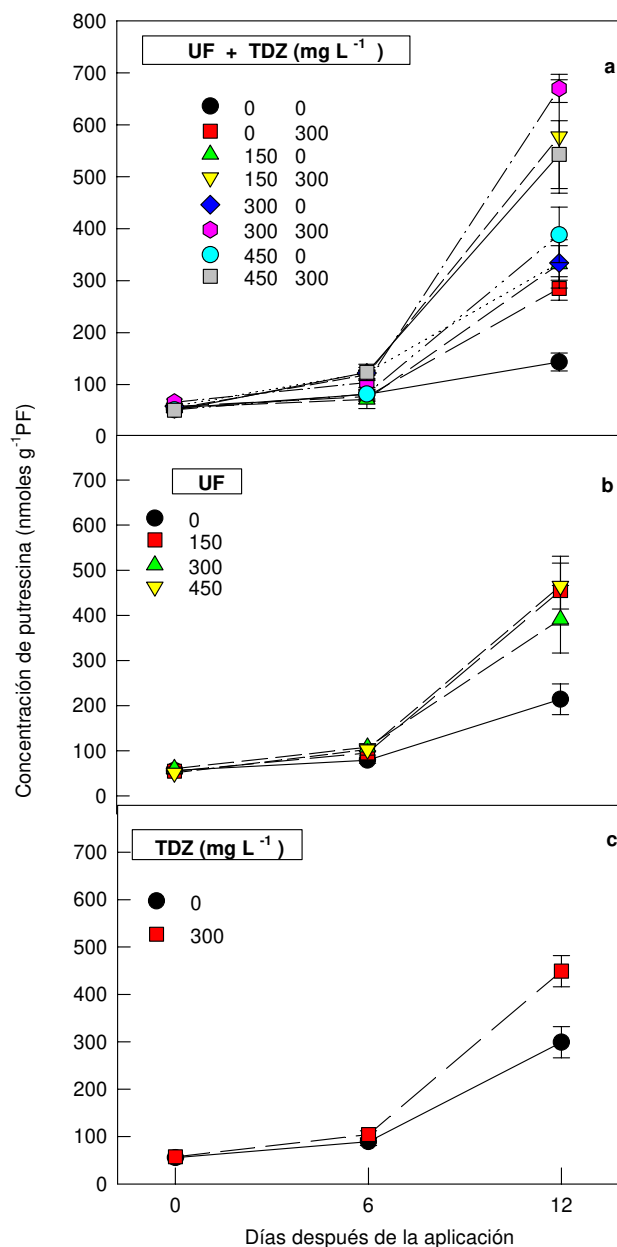


Figura 3. Contenido de putrescina libre en yemas de vid cv 'Perlette', con: a) dosis de unidades frío (UF), y tidiázurón (TDZ); b) dosis de UF y c) dosis de TDZ. Cada punto representa la media de tres valores más el error estándar.

aplicación de frío y de promotores de la brotación no causaron diferencias en comparación con el testigo. En cambio, Wang y Faust (1994) encontraron un incremento significativo de esta poliamina y de putrescina con aplicaciones de frío y de TDZ, con respecto al testigo. A los 12

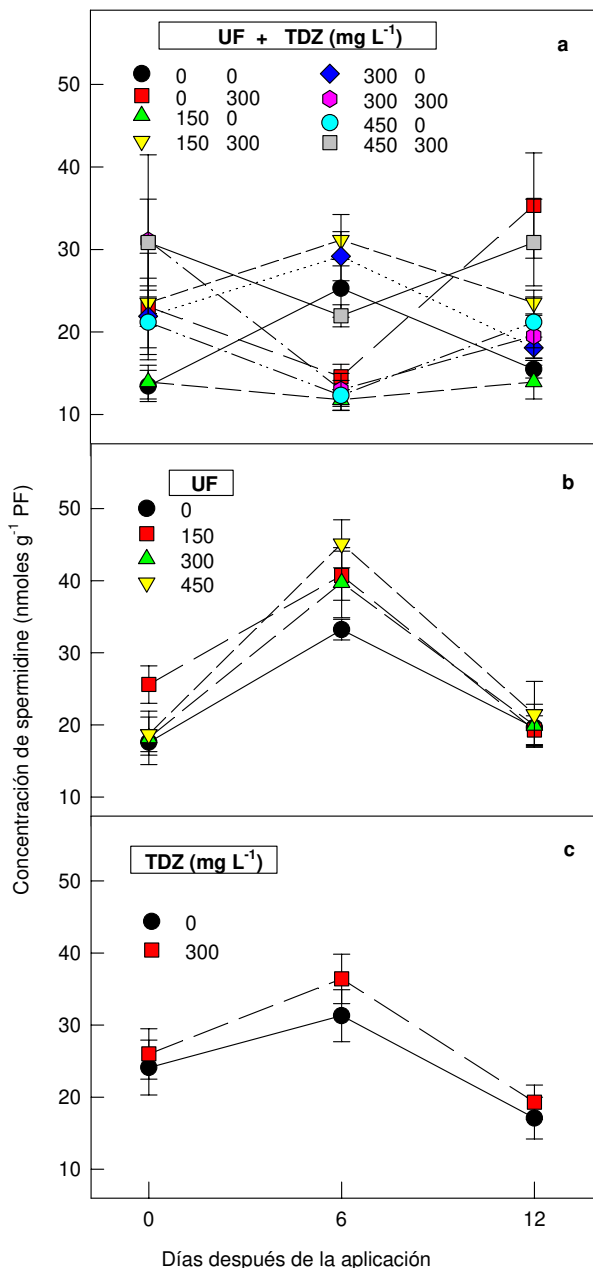


Figura 4. Contenido de espermidina en yemas de vid cv 'Perlette', con: a) dosis de unidades frío (UF), y tidiazurón (TDZ); b) efecto separado de UF y c) efecto separado de TDZ. Cada punto representa la media de tres valores más el error estándar.

DDA se encontraron diferencias entre tratamientos, cuando el tratamiento 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ presentó el mayor contenido de Spd (51.78 nmoles g⁻¹ PF), para superar a los tratamientos 450 UF y testigo (32.3 y 31.0 nmoles g⁻¹ PF); con el resto de los tratamientos no hubo diferencias (Figura 4a). En esta etapa, el contenido

de Spd aumentó y algunos tratamientos, sobre todo aquellos combinados con TDZ, superaron al testigo, como era de esperarse.

Al inicio y a los 12 DDA no se detectaron diferencias entre los tratamientos con frío y el testigo (Figura 4b); sin embargo, hubo un mayor contenido de Spd a los 6 DDA, lo cual concuerda con lo encontrado en cerezo (Wang *et al.*, 1985) que mostró un mayor contenido de Spd a los 7 DDA, lo que pudiera indicar una aceleración del metabolismo de la yema en esta etapa, considerada como yema hinchada, en que se acelera la división celular, previo a la brotación (Figura 4c). La síntesis de Spd es estimulada por el TDZ, a cuyo efecto citocinínico se le atribuye la estimulación de la salida del letargo de yemas (Ben-Arie *et al.*, 1982; Tiburcio *et al.*, 1997), como sucedió en este caso, donde el contenido de Spd es mayor con TDZ y permitió un aumento en la brotación de yemas de vid.

Contenido de espermina (Spm) en la yema

El contenido de Spm en las yemas presentó diferencias entre tratamientos, a los 0, 6 y 12 DDA. Al inicio, todos los tratamientos presentaron un alto contenido de Spm, sobretodo en los tratamientos con 150 UF + 300 mg L⁻¹ y 450 UF + 300 mg L⁻¹ (121.6 y 110.1 nmoles g⁻¹ PF, respectivamente), que superaron al testigo (85.7 nmoles g⁻¹ PF) (Figura 5a). A los 6 DDA, el contenido de esta poliamina bajó en todos los tratamientos, pero los tratamientos con 450 UF, 150 UF y 300 UF (71.4, 69.3 y 59.7 nmoles g⁻¹ PF) continuaron siendo estadísticamente superiores al testigo. A los 12 DDA, esta poliamina se incrementó nuevamente en todos los tratamientos; el de 450 UF presentó el mayor contenido de Spm (110 nmoles g⁻¹ PF) y superó significativamente al resto de los tratamientos, los cuales registraron valores entre 53.7 y 81.8 nmoles g⁻¹ PF. Algunos autores (Wang *et al.*, 1986; Wang y Faust, 1994) observaron un aumento paulatino de Spm conforme avanza el estado de desarrollo de la yema, sobre todo cuando se ha roto el letargo y empieza la síntesis de poliaminas y la división celular. La Spm es un derivado de la Spd y del S-adenosil metionina (SAM), lo cual sugiere que pueden anteponer su síntesis a la producción de las otras poliaminas, y que la Spm no esté relacionada directamente con la liberación del letargo en yemas de vid, como sucedió en este caso, donde la Spm fue mayor en el testigo, aunque presentó menor brotación y menor IPFY.

Al analizar los efectos principales de UF y TDZ, no se observó efecto de ellos en el contenido de Spm en los tres muestreos realizados (Figuras 5, b y c), aunque la interacción UFxTDZ fue significativa en los tres muestreos; ello implica que el contenido de Spm aumenta conforme aumenta el frío en ausencia de TDZ, y que su contenido

disminuye a medida que aumenta el frío combinado con 300 mg L⁻¹ de TDZ (Figura 5 b). Entonces, el frío por sí solo parece tener relación con la biosíntesis de Spm, ya que hubo aumento de esta poliamina con un aumento de frío, sin TDZ. Sin embargo, en presencia de TDZ, un incremento de frío ocasionó reducción en el contenido de Spm, lo que muestra que el TDZ no funciona en yemas

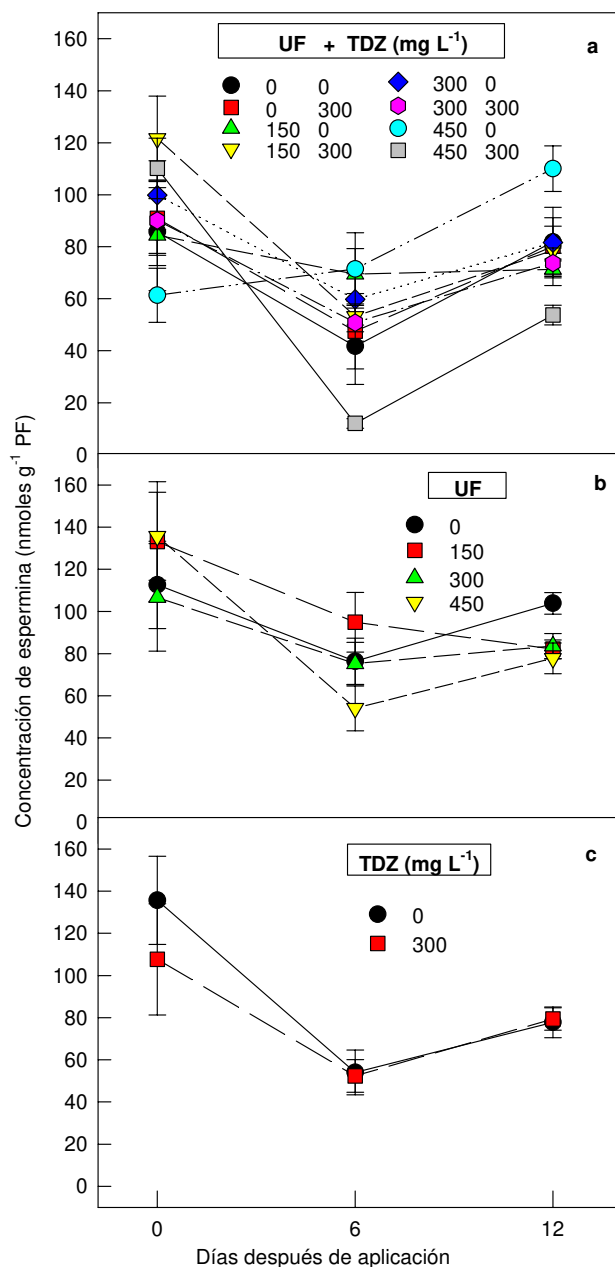


Figura 5. Contenido de espermina en yemas de vid cv 'Perlette', con: a) dosis de unidades frío (UF) y tiazurón (TDZ); b) efecto separado de UF y c) efecto separado de TDZ. Cada punto representa la media de tres valores más el error estándar.

que ya habían acumulado frío, posiblemente debido a un daño fitotóxico, como el indicado por Calderón (1998) en plantas de durazno que ya habían acumulado frío y estaban cerca de la estación de brotación, en las que registraron daños en las yemas. No hubo asociación entre las dosis aplicadas de TDZ y los niveles de Spm encontrados (Figura 5c), lo que indica falta de relación de esta variable con las dosis de TDZ. Además, el alto contenido de Spm al inicio, el bajo contenido posterior, seguido de alto contenido a los 12 DDA, no parecen estar relacionados con la brotación ni con el IPFY.

CONCLUSIONES

Los contenidos de putrescina y la espermidina en yemas de vid cultivar 'Perlette' se relacionaron con la brotación y el crecimiento de las yemas, mientras que la espermina no presentó esa relación.

El contenido de las poliaminas, a los 6 días después de la aplicación, rompe la linealidad de la respuesta, y establece un punto de cambio que pudiera estar relacionado con un incremento en la división celular.

A los 12 días el contenido de putrescina es mayor, por lo cual se considera que la yema está en alta actividad y antecede al punto verde, la etapa final del desarrollo de la yema.

Las poliaminas están relacionadas con la salida de ecoletargo a los 6 días después de la aplicación. Los tratamientos de 300 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, 450 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ y 150 UF + 300 mg L⁻¹ de TDZ, promovieron el mayor contenido de putrescina a los 12 días.

Los cambios en espermidina y espermina, no parecen tener relación con la brotación ni con el crecimiento de las yemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bagni N, B Malucelli, P Torrigiani (1980) Polyamines, storage substances and abscisic acid-like inhibitors during dormancy and very early activation of *Helianthus tuberosus* tissue slices. *Physiol. Plant.* 49:341-345.
- Bagni N (1986) The function and metabolism of polyamines in plants. *Acta Hort.* 179:95-103.
- Ben-Aire R, S Laurie, A K Mattoo (1982) Temperature-dependent inhibitory effects of calcium and spermine on ethylene biosynthesis in apple discs correlate with changes in microsomal membrane microviscosity. *Plant Sci. Lett.* 24:239-247.
- Eng-Chong P, T Swee-Heng, L Chiang-Shiong (1996) Interactive role of ethylene and polyamines on shoot regenerability of chinese kale *Brassica alboglabra* Bailey) *in vitro*. *J. Plant Physiol.* 149:138-148.

- Borrell A, L Carbonell, R Farras, P Puig-Parellada, A F Tiburcio (1997)** Polyamines inhibit lipid peroxidation in senescing oat leaves. *Physiol. Plant.* 99:385-390.
- Faust M, S Y Wang (1992)** Polyamines in Horticulturally Important Plants. *In: Horticultural Reviews.* J Janick (ed). John Wiley & Sons, Inc. 14:333-355.
- Flores E H, A W Galston (1982)** Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.* 69:701-706.
- Galston A W (1983)** Polyamines as a modulator of plant development. *Bioscience* 33:382-388.
- Galston A W, R Kaur-Sawhney (1987)** Polyamines as endogenous growth regulators. *In: Plant Hormone and their Role in Plant Growth and Development.* P J Davies (ed). pp: 280-295.
- Martínez de Toda P (1991)** Biología de la Vid. Fundamentos Biológicos de la Viticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 346 p.
- Mok M C, D W S Mok, J E Turner, C V Mujer (1987)** Biological and biochemical effects of cytokinin-active phenylurea derivatives in tissue culture systems. *HortScience* 22:1194- 1197.
- Shiozaki S, X Zhuo, T Ogata, S Horiuchi (1998)** Involvement of polyamines in gibberellin-induced development of seedless grape berries. *Plant Growth Regul.* 25:187-193.
- Siller C J, G Osorio A, R Baez S, A Gardea (1993).** Requerimientos de frío y rompimiento del reposo en vid (*Vitis vinifera* L.). *In: Memoria II Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura.* Hermosillo, Son., Méx. pp: 120-132.
- Slocum, R.D., R. Kaur-Sawhney; A.W. Galston. 1984.** The physiology and biochemistry of polyamine in plants. *Arch. Biochem. Biophys.* pp: 235-238.
- Smith T A (1980)** Plant amines. *Encyclopedia of Plant Physiology.* E A Bell, B V Charlwood (eds). Secondary Metabolism. New Series. Springer Verlag. Berlin. 8: 433-446.
- Smith M A (1990)** The involvement of polyamines in the genetic and gibberellic acid control of internodal growth in peas. *In: Biochemistry, Physiology and Interactions Polyamines and Ethylene.* H E Flores, R N Allens, J C Shannon (eds). Amer. Soc. Plant Physiol. pp. 101-111.
- Steffens G L, G W Stutte (1989)** Thidiazuron substitution for chilling requirements in three apple cultivars. *J. Plant Growth Regul.* 8:301-307.
- Tiburcio F A, T Altabella, A Borell, C Masagraw (1997)** Polyamine metabolism and its regulations. *Physiol. Plant.* 100:664-674.
- Wang S Y, M Faust (1992).** Polyamines in horticulturally important plants. *Horticultural Review* 14: 333-355.
- Wang S Y, M Faust. (1994)** Changes in polyamines content during dormancy in flower buds of 'Anna' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:70-73
- Wang S Y, M Faust, G L Steffens (1985).** Metabolic changes in cherry flower buds associated with breaking of dormancy in early and late blooming cultivars. *Physiol. Plant.* 65:89-94.
- Wang S Y, G L Steffens, M Faust (1986)** Breaking bud dormancy in apple with bioregulator thidiazuron. *Phytochemistry* 25: 311-317.