

LA FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE DURAZNO (*Prunus persica* L. Batsch) BAJO FRIGOCONSERVACIÓN

A. D. Hernández-Fuentes¹; C. Saucedo-Veloz¹; M. T. Colinas-León²;
J. Rodríguez-Alcazar¹; J. I. Cortés Flores³; P. Sánchez-García³

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km. 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Hidalgo. Apdo. Postal 32. Correo-e: almah@uaeh.reduaeh.mx (Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. México.

³Especialidad de Edafología. IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. México.

RESUMEN

Se estudió la relación entre fórmulas de fertilización, con la calidad y sensibilidad al oscurecimiento interno de frutos de durazno criollo tipo Zacatecas bajo condiciones de almacenamiento refrigerado. La investigación se realizó en un huerto con árboles francos de 10 años de edad. Se evaluaron seis tratamientos de fertilización; T1, 100-20-00; T2, 150-50-80; T3, 200-20-100; T4, 100-20-00+F; T5, 150-50-80+F; y T6, 200-20-100+F (kg·ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O para el T1, T2 y T3 y kg·ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O más aplicación foliar (F) de Poliquel® para el T4, T5 y T6). Las variables evaluadas fueron: firmeza, color, acidez titulable, sólidos solubles totales, etanol y acetaldehídos, fenoles totales, polifenoloxidasas y fenilalaninaamonioliasa. La fertilización al suelo con menor contenido de nitrógeno más aplicación al follaje incrementaron la firmeza de la pulpa, este efecto permaneció durante el almacenamiento a 5 °C como a su posterior salida a temperatura ambiente. Aplicaciones al follaje, con mayor fertilización de potasio mejoraron el color de los frutos. La fertilización al suelo con mayor contenido de nitrógeno redujo la firmeza de los frutos, en tanto que el potasio aumentó el contenido de fenoles. La fertilización al follaje mejoró el color externo de los frutos e incrementó la actividad de fenilalaninaamonioliasa y redujo polifenoloxidasas. Las aplicaciones al suelo como al follaje cambiaron significativamente los sólidos solubles totales, el ácido málico y etanol. Una mayor aplicación de nitrógeno favoreció síntesis de acetaldehído. Los frutos almacenados tanto en condiciones de refrigeración como expuestos posteriormente al ambiente, presentaron un comportamiento normal de maduración.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: refrigeración, almacenamiento, oscurecimiento interno, polifenoloxidasas, fenilalaninaamonioliasa.

FERTILIZATION AND POSTHARVEST QUALITY OF PEACH (*Prunus persica* L. Batsch) UNDER COLD STORAGE

SUMMARY

The relationships of fertilization to quality and susceptibility to internal browning of Zacatecas-type local race peach fruits under cold storage were studied. The research was conducted in an orchard with 10-year-old seedling trees. Six fertilization treatments were evaluated: T1, 100-20-00; T2, 150-50-80; T3, 200-20-100; T4, 100-20-00+F; T5, 150-50-80+F; T6, 200-20-100+F (kg·ha⁻¹ of N, P₂O₅, and K₂O for T1, T2 and T3 and kg·ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O plus foliar application of Poliquel® for T4, T5 and T6). Parameters evaluated were firmness, color, titratable acidity, total soluble solids, and ethanol and acetaldehyde content. Total phenols, polyphenoloxidase, and phenylalanine-ammonialyase. Soil fertilization with the lowest nitrogen content plus foliar application increased flesh firmness, which persisted during storage at 5 °C as well as later at room temperature. Foliar applications with high potassium content improved fruit color. Soil fertilization with higher nitrogen content reduced fruit firmness, while potassium increased phenol content. Foliar fertilization improved fruit color and increased the activity of phenylalanine-ammoniumlyase and reduced polyphenoloxidase. Both soil and foliar applications significantly changed total soluble solids, malic acid and ethanol. Higher nitrogen fertilization increased acetaldehydes. Fruits stored under refrigeration, as well as those later exposed to room temperature, ripened normally.

ADDITIONAL KEY WORDS: conservation, refrigeration, internal browning, polyphenoloxidase, phenylalanine-ammoniumlyase.

INTRODUCCIÓN

El estado de Zacatecas cuenta con un potencial agroecológico de 40,000 ha para cultivar durazno criollo,

bajo condiciones de temporal. Actualmente se cultivan alrededor de 23,000 ha, por lo que se espera que nuevas tierras sean cultivadas con esta especie (INIFAP, 1995).

No obstante la aceptación del durazno en el mercado nacional por su excelente sabor y consistencia, la producción presenta diversos problemas de orden climático (heladas tardías, lluvias insuficientes y mal distribuidas y granizadas), edáfico (erosión y baja fertilidad), fitosanitario y de manejo de las plantaciones, que contribuyen a la obtención de bajos rendimientos.

La nutrición durante el crecimiento del fruto constituye uno de los factores importantes que afectan su calidad y comportamiento postcosecha (Duarte, 1991). La fertilización nitrogenada excesiva estimula el crecimiento vegetativo vigoroso, pero afecta la calidad del fruto, al retrasar la cosecha, reduce la coloración roja y disminuye el tamaño del fruto (Reurter, 1986). Asimismo, existe evidencia de que los árboles fertilizados con dosis altas de nitrógeno resultan más susceptibles al ataque de patógenos como pudrición café y a desórdenes fisiológicos (Scott, 1995).

Por otro lado, el estado de madurez al momento de la cosecha y las condiciones de manejo en campo, acondicionamiento, almacenamiento y transporte, influyen significativamente en la calidad y periodo de comercialización de los frutos.

La refrigeración constituye la principal técnica aplicada a nivel comercial para prolongar la vida útil de los frutos de durazno con la seria limitante de causar daños internos. Se ha establecido que esta sintomatología se debe a un pardeamiento enzimático, en cuyo caso los compuestos fenólicos presentes son transformados enzimáticamente a polímeros coloreados, frecuentemente pardos o negros. Este fenómeno se encuentra también asociado con el fenómeno de senescencia y condiciones de anaerobiosis (Graham y Patterson, 1982).

Enzimas como la fenilalaninaamonioliase (PAL), peroxidasa (POD) y polifenol oxidasa (PFO), se han relacionado con el metabolismo de fenoles y el oscurecimiento de los tejidos vegetales debido a condiciones de estrés (Engelsma y Van Brugsen, 1971; Parra, 1990).

La PAL y el etileno han sido asociados con algunos desórdenes fisiológicos relacionados con la alteración del metabolismo de los fenoles (Hyodo *et al.*, 1978; Martínez-Tellez, 1997). La actividad de las enzimas puede también incrementarse en respuesta al etileno y a estrés tanto biótico como abiótico (Haard y Marshall, 1976; Cohen y Lurie, 1988).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación existente entre dosis de fertilizantes y condiciones de almacenamiento refrigerado, con la calidad, sensibilidad al oscurecimiento interno y actividad de las enzimas PFO y PAL en frutos de durazno criollo tipo Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en un huerto comercial de árboles de durazno tipo criollo Zacatecas proveniente de semilla, de 10 años de edad, plantados en marco real a 5 X 5 m, en condiciones de temporal, en la comunidad de Hidalgo del Manto, municipio de Chalchihuites, Zacatecas, ubicado a los 23° 22' 49" latitud norte, 103° 50' 00" longitud oeste y a una altitud de 2340 m (CETENAL, Chalchihuites F-13, 13-34).

El clima prevaleciente es C(W_o)(W)(e) correspondiente al tipo semihúmedo templado, es el más seco de los templados subhúmedos, con lluvias en verano, con un promedio de precipitación pluvial de 400 mm, distribuidos principalmente en verano, y 20 a 40.8 mm en invierno (CETENAL, Zacatecas 13Q-11). El pH del suelo fue de 5.9 y el contenido de materia orgánica varió de 1.57 a 2.75 %; el P, de 5.8 a 6.0 mg·kg⁻¹; el K, de 2.3 a 5.6 mg·kg⁻¹; el N-NO₃, de 7.2 mg·kg⁻¹, y el N-NH₄ de 0.81 a 1.14 mg·kg⁻¹. De acuerdo con INEGI (1982), estos suelos pertenecen a la unidad de los Kastañozems; FAO-Unesco (1988) indicó que estos suelos son de color castaño y ricos en materia orgánica.

Manejo del cultivo

Durante el período de diciembre de 1997 a febrero de 1998 se podaron los árboles en forma de vaso o copa. En enero de 1998 se realizó un paso de rastra y posteriormente la reconstrucción de cajetes, en donde se aplicaron 12 kg de estiércol de bovino por árbol. Se aplicaron dos riegos de auxilio con botes, a razón de 100 litros·árbol⁻¹, uno en abril, al amarre del fruto, y otro en junio, durante el crecimiento del fruto.

Establecimiento del experimento

Para lograr los objetivos se probaron seis tratamientos de fertilización; en tres de ellos la fertilización fue solamente al suelo y en los tres restantes además de la fertilización al suelo, se aplicó fertilizante también al follaje: T1, 100-20-00; T2, 50-50-80; T3, 200-20-100; T4, 100-20-00 + foliar; T5, 150-50-80 + foliar, y T6, 200-20-100 + foliar; (el fertilizante foliar poliquel fue aplicado a razón de 3 litros·ha⁻¹, respectivamente). El T1 se tomó como el testigo, ya que es la fórmula de fertilización que usan los productores de la región en estudio.

Para establecer las fórmulas de fertilización se tomaron en cuenta variables como la extracción con la cosecha estimada, porcentaje de aprovechamiento del suelo, suministro del suelo, considerando el porcentaje de aprovechamiento de los fertilizantes en el primer año, y necesidades nutrimentales considerando el porcentaje de aprovechamiento de los fertilizantes.

Para la aplicación de los tratamientos se seleccionaron veinte árboles por tratamiento con diámetro

de tallo y copa similares, quedando distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar con 20 observaciones. Las fuentes de fertilizantes aplicadas fueron urea (46-00-00), nitrato de potasio (12-02-44) y fosfato diamónico (18-46-00), y el fertilizante foliar Poliquel® (Ca, 10 % en peso; Mg, 1 % en peso; B, 0.50 % en peso, y Mo, 10 mg·kg⁻¹), 3 litros·ha⁻¹. La fertilización al suelo se realizó a principios de febrero de 1998 y al follaje en dos ocasiones: una en floración y otra durante el crecimiento del fruto. Los frutos se cosecharon cuando tenían un cuarto de su superficie con coloración amarilla y una firmeza de 4.25 kg fuerza (con puntal de 11 mm de diámetro).

Para los análisis postcosecha, se evaluaron siete periodos de almacenamiento; 1 (Inicial), 2 (1 semana a 5 °C), 3 (1 semana 5 °C + 3 días a 20 °C), 4 (2 semanas a 5 °C), 5 (2 semanas a 5 °C + 3 días a 20 °C), 6 (3 semanas a 5 °C), 7 (3 semana a 5 °C + 3 días a 20 °C). En cada fecha de muestreo se determinaron las siguientes variables:

Firmeza de pulpa, obtenida con un penetrómetro manual Magness Taylor, con escala de 0 a 12 kg y puntal de 11 mm de diámetro, de acuerdo a la metodología descrita por Kader y Mitchel (1989). Cambios en color externo, mediante un colorímetro "Hunter Lab", reportando los datos con base en el ángulo Hue ($\tan^{-1} b/a$), el índice de saturación ($S=(a^2 + b^2)^{1/2}$) y luminosidad ($L=Y^{1/2}$) según Little (1975). Acidez titulable (% ácido málico) y sólidos solubles totales se determinaron de acuerdo a las metodologías de la A.O.A.C. (1990). Los contenidos de etanol y de acetaldehído se evaluaron por cromatografía de gases de acuerdo a la metodología de Davies y Chace (1969). El contenido de fenoles totales, se determinó de acuerdo al método de Martínez-Tellez (1996) con base en una extracción de fenoles en la muestra, para lo cual se homogenizaron 0.2 g de polvo de acetona con 10 ml de etanol 80 %, se centrifugó a 22,500 x g (4 °C) durante 20 minutos y se filtró. Se realizaron los pasos siguientes: a) se preparó una curva patrón de 0 a 500 ml de ácido *p*-cumárico y agua destilada de 0.5 a 0 ml; b) se añadieron 5 ml del reactivo C, que contiene 1 parte (vol.) reactivo A (2.7 g de tartrato NaK·4H₂O) disueltos en 100 ml de H₂O destilada) + 98 partes de reactivo B (20 g de Na₂CO₃ en 1000 ml de NaOH 0.1 N; a cada tubo y se dejó reposar por 15 minutos; c) se añadieron 0.5 ml de reactivo D (1 parte de Folin-Ciocalteu + 1 parte de H₂O); a cada tubo y se agitó con vortex; se dejaron los tubos a temperatura de 30 a 33 °C en baño maría durante 30 minutos y se midió la absorbancia a 760 nm. Para medir los fenoles en la muestra se añadieron 0.5 ml de la muestra centrifugada (extracto) a un tubo de 10 ml y se siguieron los pasos (b) y (c); los resultados se expresaron en unidades de PFO mg·g⁻¹ de base seca. El contenido de PFO (polifenoloxidasas), se determinó de acuerdo al método de Martínez-Tellez y La Fuente (1997), con las siguientes modificaciones: se utilizó 0.1 g de polvo de acetona con 7.5 ml de tampón fosfato potásico y se mantuvo 30 minutos en una bandeja con hielo (0 a 2 °C); transcurrido este tiempo, se filtró y se centrifugó a 20,000 x

g a 4 °C durante 20 minutos. La actividad de la enzima se ensayó utilizando ácido caféico como sustrato que se oxida a quinona y, midiendo el incremento de densidad óptica. Posteriormente se añadieron 3.5 ml de ácido cafeico 0.02 M a 50 ml de sobrenadante del extracto enzimático. La reacción se llevó a cabo a 30 °C durante 30 segundos. El blanco se preparó utilizando 50 ml de tampón en lugar del extracto. La actividad enzimática se determinó midiendo el incremento de absorbancia a 420 nm de la mezcla de reacción a un tiempo cero y después de 1.5 minutos. Los resultados se expresan como unidades PFO min⁻¹·g⁻¹ (base seca). El contenido de PAL (fenilalanina-amonioliasa), se midió según la metodología descrita por Martínez-Tellez y La Fuente (1997), con las modificaciones siguientes: a 0.4 g de polvo de acetona en frascos erlenmeyer de 50 ml se agregaron los 15 ml del tampón borato sódico 0.1 mol·litro⁻¹, pH 8.8, que contenían 0.02 mol·litro⁻¹ β-mercaptoetanol; se les agregó inmediatamente antes de usarse; después, se agitaron 20 minutos en baño con hielo a una temperatura de 0 a 2 °C, filtrándose después directamente sobre los tubos de centrifuga y se centrifugaron 20 minutos a 20,000 x g a 4 °C. Para precipitar la enzima se usó sulfato de amonio y 0.27 g·ml⁻¹ del extracto; después, se agitó 30 minutos en baño con hielo a una temperatura de 0 a 2 °C y se centrifugó 20 minutos a 20,000 x g a una temperatura de 4 °C. Después se midió la actividad de la enzima. Los resultados se expresaron como μmol·g⁻¹ (base seca).

Para las evaluaciones postcosecha se utilizó un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con la prueba de Tukey a un nivel de $P \leq 0.05$. Para determinar cada variable se tuvieron tres repeticiones por tratamiento, y diez para color y pérdidas de peso, tomando como unidad experimental un fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza (kg)

Se encontraron diferencias significativas en firmeza de los frutos (Cuadro 1). Al inicio del almacenamiento y a 1 semana a 5 °C, los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-80 + F presentaron mayor firmeza. Sin embargo, a 1 semana a 5 °C + 3 días a 20 °C los frutos de los árboles fertilizados con las fórmulas 100-20-00 + F y 150-50-80 + F presentaron la mayor firmeza. A las 2 semanas de almacenamiento a 5 °C no se observaron diferencias significativas, excepto en los frutos de los árboles fertilizados con las fórmulas 200-20-100, con mayor dosis de nitrógeno y sin fertilización foliar, presentando mayor firmeza. A las 2 semanas de almacenamiento a 5 °C + 3 días a 20 °C los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-80 con y sin fertilización foliar y con 100-20-00 + F, presentaron la mayor firmeza, mientras que a las 3 semanas de almacenamiento a 5 °C los frutos de los árboles fertilizados con 150-50-80 + F con dosis

CUADRO 1. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Firmeza (kg·cm ⁻²)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	4.60 a ^z	4.00 b	2.60 ab	3.70 a	2.00 b	3.00 b	1.20 c
150-50-80	4.00 b	3.40 bc	2.30 bc	3.30 a	2.50 a	2.80 c	2.20 a
200-20-100	3.00 c	2.70 c	1.80 c	2.30 b	1.50 c	2.00 d	1.50 bc
100-20-00+Foliar	4.00 b	4.20 ab	3.00 a	3.80 a	2.70 a	3.00 b	2.40 a
150-50-80+Foliar	5.00 a	4.60 a	2.90 a	3.70 a	2.40 a	3.50 a	2.00 ab
200-20-100+Foliar	4.30 b	3.90 ab	2.50 d	3.60 a	1.70 b	1.70 e	1.90 b
DMS	0.65	0.81	0.53	0.74	0.41	0.52	0.66
CV (%)	5.73	7.89	7.79	7.96	7.10	6.60	12.86

^zvalores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días

intermedias de nitrógeno más fertilización foliar presentaron mayor firmeza.

Al final del almacenamiento los frutos fertilizados con la fórmula 150-50-80 y 100-20-00 + F presentaron la mayor firmeza. Como se puede observar, desde el inicio del almacenamiento hasta las tres semanas de almacenamiento a 5 °C, los frutos de los árboles fertilizados con la fórmulas 150-50-80 + F, con dosis intermedia de nitrógeno más fertilización foliar presentaron mayor firmeza. Sin embargo, al final del almacenamiento a las tres semanas a 5 °C + tres días a 20 °C los frutos de los árboles fertilizados con las fórmulas 150-50-80 y 100-20-00 + F, con dosis bajas e intermedias de nitrógeno presentaron mayor firmeza. Los frutos de los árboles fertilizados con dosis bajas e intermedias de nitrógeno con y sin fertilización

foliar presentaron mayor firmeza. En general las pérdidas de firmeza estuvieron asociadas con la fórmula de fertilización.

Color externo

Al inicio y a las dos semanas del almacenamiento a 5 °C, los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 200-20-100+ F presentaron mayor coloración (Cuadro 2).

A una semana de almacenamiento a 5 °C, 3 semanas a 5 °C y 3 semanas a 5 °C + tres días a 20 °C, no se observaron diferencias significativas en cuanto a coloración de los frutos. En general los frutos fertilizados con la fórmula 200-20-100 + F, con mayor contenido de nitrógeno, potasio y fertilización foliar, presentaron mayor color. Robson (1989)

CUADRO 2. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre el color (Hue°) en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Color (Hue°)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	33.73 b ^z	45.50 a	-----	48.00 b	-----	50.80 a	52.40 a
150-50-80	35.00 b	46.50 a	-----	49.00 b	-----	51.20 a	52.70 a
200-20-100	34.00 b	50.00 a	-----	50.00 ab	-----	51.50 a	53.00 a
100-20-00+Foliar	36.64 b	50.00 a	-----	41.30 ab	-----	55.00 a	60.80 a
150-50-80+Foliar	40.80 b	54.80 a	-----	57.20 ab	-----	61.00 a	65.00 a
200-20-100+Foliar	57.00 a	53.00 a	-----	60.00 a	-----	62.00 a	65.60 a
DMS	8.85	15.86	-----	10.93	-----	13.45	14.35
CV (%)	16.95	24.09	-----	15.62	-----	18.43	18.68

^zValores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días

reportó efectos positivos en la coloración de los frutos de durazno por aplicaciones de Ca^{+2} , además de incrementar firmeza de la pulpa, asimismo mencionó que aplicaciones de K incrementaron el color de fondo, en tanto que nitrógeno presenta un efecto contrario (Childers, 1988).

Con respecto al índice de saturación que mide la intensidad de color de fondo, no se observaron diferencias estadísticas significativas con respecto a las fórmulas de fertilización (Cuadro 3).

En lo que se refiere a días de almacenamiento, la coloración de los frutos medida por el ángulo de matiz Hue e índice de saturación se incrementó respecto a los valores iniciales principalmente por el efecto del proceso de maduración (Cuadro 3).

Sólidos solubles totales (%)

No se encontraron diferencias entre los tratamientos de fertilización con respecto a los tiempos de almacenamiento, excepto al inicio, a las 2 semanas 5 °C + 3 días a 20 °C y a las tres semanas a 5 °C de almacenamiento (Cuadro 4).

Al inicio del almacenamiento los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-80 + F presentaron el mayor contenido de sólidos solubles totales, sin embargo, a las 2 semanas de almacenamiento a 5 °C + 3 días a 20 °C y a las 3 semanas de almacenamiento a 5 °C los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-00 + F con bajo contenido de nitrógeno más fertilización foliar presentaron el mayor contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 4).

CUADRO 3. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre el color (saturación) en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Color (Saturación)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	25.00 a ²	26.50 a		27.00 a	-----	29.00 a	27.50 a
150-50-80	26.00 a	29.50 a	-----	28.00 a	-----	28.50 a	30.00 a
200-20-100	24.00 a	20.80 a	-----	25.45 a	-----	25.80 a	26.20 a
100-20-00+Foliar	25.00 a	25.00 a	-----	28.80 a	-----	29.90 a	30.70 a
150-50-80+Foliar	29.00 a	31.00 a	-----	32.90 a	-----	33.90 a	34.50 a
200-20-100+Foliar	26.70 a	27.00 a	-----	28.70 a	-----	29.80 a	30.60 a
DMS	8.08	10.54	-----	11.37	-----	11.65	10.77
CV (%)	25.24	30.34	-----	30.59	-----	30.09	27.29

²valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

CUADRO 4. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Sólidos Solubles Totales (%)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	10.23 a ²	11.00 a	12.20 a	11.20 a	12.10 ab	12.20 b	12.50 a
150-50-80	10.10 b	11.30 a	11.70 a	11.60 a	12.50 a	12.20 b	12.60 a
200-20-100	10.40 b	10.70 a	12.10 a	12.00 a	12.06 b	12.06 bc	12.50 a
100-20-00+Foliar	10.50 b	11.00 a	11.30 a	11.80 a	12.50 a	13.00 a	13.00 a
150-50-80+Foliar	11.20 a	11.50 a	12.00 a	11.80 a	12.20 ab	12.00 bc	12.80 a
200-20-100+Foliar	10.10 b	11.10 a	11.80 a	11.00 a	12.46 ab	11.70 c	12.50 a
DMS	0.42	1.64	1.27	1.19	0.49	0.46	0.76
CV (%)	1.48	5.39	3.92	3.76	1.46	1.39	2.20

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

Al final del almacenamiento no se observaron diferencias estadísticas significativas en los sólidos solubles totales.

Acidez titulable (%)

Al inicio del periodo de almacenamiento no se observaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a acidez, sin embargo, después de 1 semana de almacenamiento a 5 °C los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-00, con y sin fertilización foliar y 150-50-80 + F, con dosis baja e intermedia de nitrógeno presentaron menor porcentaje de acidez (Cuadro 5). A una semana de almacenamiento a 5 °C + 3 días a 20 °C no se observaron diferencias estadísticas significativas excepto en los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 200-20-100 + F con mayor contenido de nitrógeno que presentaron mayor acidez, mientras que a las dos semanas de almacenamiento a 5 °C los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-00 + F presentaron menor acidez. A las dos semanas de almacenamiento a 5 °C + 3 días a 20 °C no se observaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, a las tres semanas de almacenamiento a 5 °C los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-8 con y sin fertilización foliar presentaron menor acidez.

Al final del periodo de almacenamiento los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 200-20-100 + F presentaron menor contenido de acidez (Cuadro 5).

A medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, el contenido de ácido málico tendió a disminuir respecto al valor inicial principalmente debido el proceso de maduración.

A medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, el contenido de ácido málico tendió a disminuir (Cuadro 5)

respecto al valor inicial principalmente debido al proceso de maduración.

Pérdidas de peso

No se observaron diferencias significativas en pérdidas de peso a una semana de almacenamiento a 5 °C, excepto en los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-00 con la dosis más baja de nitrógeno y sin fertilización foliar, que fueron los que presentaron mayores pérdidas de peso. A las dos semanas de almacenamiento a 5 °C se observó este mismo comportamiento, sin embargo, los frutos que presentaron menor pérdida de peso fueron los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-80 con dosis intermedia de nitrógeno y fósforo.

Al final del periodo de almacenamiento a las 3 semanas a 5 °C y 3 semanas a 5 °C + 3 días a 20 °C, no se observaron diferencias significativas excepto a las tres semanas de almacenamiento a 5 °C en los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 150-50-80, presentando menores pérdidas de peso (Cuadro 6).

En cuanto al tiempo de almacenamiento las pérdidas de peso se incrementaron conforme este se prolongó.

Etanol

No se observaron diferencias significativas en el contenido de etanol en el fruto (Cuadro 7).

Acetaldehído

Se observaron diferencias significativas en el contenido de acetaldehído entre tratamientos en el muestreo inicial y a una semana a 5 °C (Cuadro 8).

CUADRO 5. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre acidez en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Acidez (%)						
	Inicial	Tiempo de Almacenamiento					
		1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	0.83 a ²	0.70 bc	0.72 b	0.72 b	0.64 a	0.64 a	0.64 a
150-50-80	0.84 a	0.78 ab	0.72 b	0.68 c	0.66 a	0.62 b	0.57 a
200-20-100	0.94 a	0.85 a	0.68 b	0.69 c	0.69 a	0.69 a	0.65 a
100-20-00+Foliar	0.85 a	0.73 bc	0.73 b	0.65 d	0.64 a	0.63 a	0.64 a
150-50-80+Foliar	0.85 a	0.75 bc	0.69 b	0.69 c	0.65 a	0.60 b	0.57 a
200-20-100+Foliar	0.94 a	0.81 a	0.80 a	0.79 a	0.65 a	0.63 a	0.48 b
DMS	0.10	0.89	0.08	0.02	0.09	0.06	0.08
CV (%)	4.55	4.22	4.54	5.03	5.03	3.96	5.20

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.
DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

CUADRO 6. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre pérdidas de peso en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Pérdidas de Peso (%)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	0	4.28 a ²	-----	8.50 a	-----	13.40 a	14.10 a
150-50-80	0	4.60 b	-----	7.00 b	-----	10.50 b	12.00 a
200-20-100	0	4.00 b	-----	8.21 ab	-----	12.20 a	13.30 a
100-20-00+Foliar	0	4.30 b	-----	8.00 ab	-----	12.38 a	13.30 a
150-50-80+Foliar	0	3.90 b	-----	8.00 ab	-----	12.20 a	13.20 a
200-20-100+Foliar	0	4.00 b	-----	7.60 ab	-----	12.20 a	12.70 a
DMS	0	0.85	-----	1.21	-----	1.32	2.82
CV (%)	0	0.01	-----	11.69	-----	8.23	15.32

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

CUADRO 7. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre etanol en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Etanol (mg·100 g ⁻¹)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	13.70 a ²	15.50 a	18.00 a	16.70 a	18.00 a	17.00 a	22.50 a
150-50-80	15.00 a	15.70 a	19.00 a	16.00 a	24.00 a	20.00 a	24.40 a
200-20-100	18.30 a	20.00 a	23.00 a	19.30 a	25.80 a	22.70 a	25.90 a
100-20-00+Foliar	17.90 a	18.00 a	20.00 a	20.00 a	19.90 a	17.00 a	18.00 a
150-50-80+Foliar	17.20 a	18.00 a	23.23 a	17.90 a	20.90 a	18.00 a	21.00 a
200-20-100+Foliar	18.00 a	18.50 a	21.80 a	18.90 a	27.20 a	19.10 a	22.20 a
DMS	8.66	14.67	26.23	17.79	10.49	17.83	16.48
CV (%)	18.95	29.55	45.42	25.27	16.95	33.13	26.40

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

Los frutos de los árboles fertilizados con la dosis más baja de nitrógeno sin fertilización foliar y los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula con dosis intermedia y alta de nitrógeno y con fertilización foliar presentaron el menor contenido de acetaldehído a una semana de almacenamiento a 5 °C, sin embargo, en los cinco periodos de almacenamiento restantes no se observaron diferencias significativas (Cuadro 8). Bramlage *et al.* (1979) mencionó que deficiencias de calcio promueven la acumulación de compuestos volátiles etanol y acetaldehído.

Fenoles totales

No se observaron diferencias significativas en el contenido de fenoles totales (Cuadro 9).

Aunque no se observaron diferencias significativas a las tres semanas de almacenamiento a 5 °C y a las tres semanas de almacenamiento a 5 °C + 3 días a 20 °C, los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-00 con menor dosis de nitrógeno más fertilización foliar presentaron el menor contenido de fenoles totales (Cuadro 2).

Fenilalaninaamonioliasa

No se observaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos de fertilización en la actividad de fenilalaninaamonioliasa (Cuadro 10)

Aunque no se observaron diferencias significativas, los frutos de los árboles fertilizados con la fórmula 100-20-

CUADRO 8. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre acetaldehído en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de fertilización	Acetaldehído (mg·100 g ⁻¹)						
	Tiempo de almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	1.80 a ^z	2.60 b	3.70 a	4.80 a	4.80 a	4.70 a	4.90 a
150-50-80	2.50 ab	4.50 ab	5.00 a	6.70 a	4.40 a	2.80 a	4.50 a
200-20-100	2.90 ab	3.30 b	6.50 a	6.70 a	5.30 a	4.80 a	5.10 a
100-20-00+Foliar	2.30 ab	6.10 a	6.50 a	3.60 a	4.70 a	4.00 a	3.10 a
150-50-80+Foliar	1.90 b	3.30 b	4.60 a	6.10 a	6.30 a	3.80 a	3.20 a
200-20-100+Foliar	4.20 a	2.80 b	5.30 a	4.20 a	7.20 a	5.90 a	4.00 a
DMS	2.04	2.74	3.87	4.33	4.61	3.57	4.74
CV (%)	7.66	26.54	26.85	29.55	30.98	34.13	41.90

^zValores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

CUADRO 9. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre fenoles totales en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de fertilización	Fenoles totales (µg·g ⁻¹ peso seco)						
	Tiempo de almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	30.0 a ^z	29.00 a	30.00 a	15.00 a	16.00 a	18.00 a	25.00 a
150-50-80	39.9 a	37.10 a	37.50 a	27.00 a	28.00 a	29.00 a	30.00 a
200-20-100	34.8 a	35.67 a	40.00 a	30.00 a	30.00 a	37.00 a	35.66 a
100-20-00+Foliar	35.9 a	38.00 a	33.00 a	33.00 a	17.00 a	15.00 a	18.00 a
150-50-80+Foliar	35.0 a	37.00 a	36.90 a	20.00 a	18.00 a	22.00 a	23.00 a
200-20-100+Foliar	39.2 a	37.00 a	32.00 a	22.00 a	19.00 a	23.00 a	25.00 a
DMS	38.7	40.86	35.92	25.64	30.31	27.41	32.78
CV (%)	39.5	41.84	37.45	38.18	51.52	41.66	45.80

^zValores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

00 con dosis baja de nitrógeno más fertilización foliar presentaron la menor actividad de fenilalaninaamonioliasa en todos los periodos de almacenamiento (Cuadro 10).

Polifenoloxidasas

Se observaron diferencias significativas en la actividad de polifenoloxidasas (Cuadro 11). Los frutos de los árboles fertilizados con las fórmulas de fertilización al suelo más aplicación al follaje presentaron una menor actividad de polifenoloxidasas.

En todos los periodos de almacenamiento los frutos de los árboles con fertilización edáfica más fertilización al follaje con Ca, Mg y B presentaron menor actividad polifenoloxidasas. De acuerdo con Chang (1990), existe una correlación positiva ($r=0.65$) entre grado de oscurecimiento y la actividad de polifenoloxidasas en cultivares de durazno.

LITERATURA CITADA

- AOKI, S.; ARAKI, C.; KANEKO, K.; KATAYAMA, O. 1971. Occurrence of L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit during growth. *Agric. Biol. Chem.* 35: 784
- AOAC.1990. Official Methods of Analysis. Ed. Association of Official Agricultura Chemist. (A.O.A.C.). D.C. USA. 1023 p.
- CHANG, Y.; KAGAN, L.V.; JAWORSKI, W.A.; BROWN, K.S. 1990. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 99-101.
- CHILDERS, N.F. 1988. Nutrient deficiency simptoms in world peach orchards, pp. 566-574. *In: The Peach*. N.F. Childers and W.B. Sherman (eds.), Norman F. Childers Publications. Gainesville, USA.
- COHEN, E.S.; LURIE, S. Y. 1988. Prevention of red blotch in degreened lemon fruit. *HortScience* 23: 864-865.
- DAVIES, P.L.; CHACE, W.G. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatografic analysis of headspace. *HortScience* 4: 117-119.

CUADRO 10. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre la actividad de fenilalanina amonioliasa en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas.

Tratamientos de Fertilización	Fenilalanina Amonioliassa ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)						
	Tiempo de Almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	0.24 a	0.23 a	0.25 a	0.24 a	0.25 a	0.26 a	0.33 a
150-50-80	0.25 a	0.28 a	0.30 a	0.30 a	0.32 a	0.30 a	0.33 a
200-20-100	0.30 a	0.31 a	0.32 a	0.31 a	0.33 a	0.34 a	0.36 a
100-20-00+Foliar	0.19 a	0.20 a	0.21 a	0.19 a	0.20 a	0.21 a	0.21 a
150-50-80+Foliar	0.18 a	0.22 a	0.22 a	0.23 a	0.22 a	0.24 a	0.24 a
200-20-100+Foliar	0.28 a	0.25 a	0.27 a	0.27 a	0.29 a	0.27 a	0.29 a
DMS	0.32	0.27	0.30	0.30	0.27	0.30	0.27
CV (%)	50.98	40.26	42.00	42.87	37.26	40.21	34.09

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P\leq 0.05$.
DMS : Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

CUADRO 11. Fertilización y tiempo de almacenamiento sobre la actividad de polifenoloxida en frutos de durazno tipo criollo Zacatecas

Tratamientos de fertilización	Polifenoloxidasa ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)						
	Tiempo de almacenamiento						
	Inicial	1 S 5 °C	1 S 5 °C + 3 D 20 °C	2 S 5 °C	2 S 5 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C	3 S 5 °C + 3 D 20 °C
100-20-00	0.99 b	1.00 b	1.60 ab	1.99 b	2.49 a	2.30 a	2.42 a
150-50-80	0.75 b	0.85 b	0.99 b	0.96 c	1.04 ab	1.00 ab	1.05 ab
200-20-100	1.60 a	2.00 a	2.39 a	2.48 a	2.42 a	2.50 a	2.59 a
100-20-00+Foliar	0.20 c	0.27 c	0.37 b	0.34 c	0.40 b	0.35 b	0.44 b
150-50-80+Foliar	0.18 c	0.23 c	0.29 b	0.25 c	0.32 b	0.29 b	0.34 b
200-20-100+Foliar	0.28 c	0.30 c	0.35 b	0.35 c	0.44 b	0.44 b	0.57 b
DMS	0.37	0.19	1.56	1.14	1.61	1.60	1.60
CV (%)	20.31	9.12	57.35	39.51	37.26	51.20	47.54

²Valores con las misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P\leq 0.05$.
DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación; S: Semana; D: Días.

- DIETH, J.F. 1990. Safety of Irradiated Foods. Ed. Marcel Dekker Inc. N.Y., USA. 70 p.
- DUARTE, U.M.A. 1991. Factores de precosecha que afectan la fisiología y manejo postcosecha de frutas y hortalizas, pp. 31-36. In: Memorias del Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Postcosecha de productos Hortícolas en México. Ed. Limusa. D. F., México.
- ENGELSMA, G.; BRUGGEN, V.H. 1971. Ethylene production and enzyme induction in excised plant tissue. Plant Physiol. 48: 94-96.
- FAO-Unesco, ISRIC. 1990. Mapa Mundial de suelos, Leyenda Revisada. Informe sobre recursos mundiales de suelos 60. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 142 p.
- GRAHAM, D.; PATTERSON, B. D. 1982. Responses of plants to low non-freezing temperatures: proteins metabolisms and acclimation. Ann. Rev. Plant Physiol. 33: 347-372.
- HAARD, N.F.; MARSHALL, M. 1976. Isoperoxidative changes in soluble and particulate fractions of sweet potato root resulting from cut injury, ethylene and black rot infection. Physiol. Plant Pathol. 8: 195-197.
- HYODO, H.; KURODA, H.; YANG, S.F. 1978. Induction of phenylalanine ammonia-lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation to the development of russet spotting caused by ethylene. Plant Physiol. 62: 1-35.
- INEGI, 1982. Carta Edafologica de México. Escala 1:1,000,000.
- INIFAP. 1995. Primera Reunión Nacional e Internacional sobre Producción de Durazno, Chabacano y Ciruelo. Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Querétaro-Zacatecas, México 115 p.
- KADER, A.A.; MITCHELL, F.G. 1989. Maturity and quality. pp. 191-196. In: Peach, plums and nectarines: James H. LaRue and R. Scott Johnson Chapter 25. University of California, Davis, California, USA.

- LITTLE, E.A. 1975. A research note off on a tangent. *Journal of Food Science* 40: 710-711.
- MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A.; LA FUENTE, M.T. 1997. Effect of high temperature conditioning on ethylene phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase activities in flavo of chilled Fortune mandarin fruit. *J. Plant Physiol.* 150: 674-678.
- MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A.; LA FUENTE, M.T. 1996. Efecto del almacenamiento térmico a altas temperaturas en los cambios de etileno, fenilalanina amonioliasa, polifenoloxidasas y peroxidasas inducidos por el frío en las mandarinas 'Fortune'. IV- Simposio Nacional, Ibérico, sobre maduración y postrecolección de frutos y hortalizas. Univ. Politécnica de Valencia, España. pp. 285-288.
- PARRA C., J.; SÁEZ, H. M.; PÉREZ, M.; ALBERD, M.; DELSENY, E.; MEZA-SASSO, L. 1990. Cold resistance in rapeseed (*Brassica napus*) seedlings. Searching biochemical markers of cold tolerance. *Arch. Biol. Med. Exp.* 150: 23-194.
- REURTER, D. J.; ROBINSON, J. B. 1986. *Plant Analysis. An Interpretation Manual*. Ed. Globe Press. Sidney, Australia. pp. 138-139.
- ROBSON, M.G.; HOPFINGER, J.A.; ECK, P. 1989. Postharvest sensory evaluation of calcium treated peach fruit. *Acta Horticulturae* 254: 173-177.
- ROMARI, R.J.; JENNINGS W.G. 1971. Stone fruits, pp. 411-431. *In: The Biochemistry of Fruits and their Products*. Hulme, A. C. (ed.). Academic Press. London, UK.
- SAPERS, G. M. 1993. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants and other means. *Foods Technol.* 52: 75-83.
- SCOTT, J.R. 1995. Preharvest factors affecting stone fruit quality. *Central Valley Postharvest News* 2(1): 68-69.
- SHKOL, M. Y.; MAEVSKAYA, A.N.; SERGEICHNIK, A.A. 1981. Activity of phenylalanine ammonia-lyase and sensitivity to boron deficiency in certain monocots and dicots. *Soviet Plant Physiol.* 27: 584-588.