


Efecto del tipo de tutor sobre el contenido de vainillina y clorofila en vainas de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México

Effect of tutor type on vanillin and chlorophyll contents in Vanilla beans (*Vanilla planifolia* Andrews) in Tuxpan, Veracruz, México

Pablo ELORZA MARTÍNEZ ^{1,3}, Maritza LÓPEZ HERRERA¹, Alma Delia HERNÁNDEZ FUENTES², Gerardo OLMEDO PÉREZ³, Consuelo DOMÍNGUEZ BARRADAS³ y José Manuel MARURI GARCÍA³

¹Laboratorio de Morfofisiología Vegetal, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Carretera Pachuca-Tulancingo s/n, Ciudad Universitaria. México. CP 42184; ²Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km. 1 Col. Rancho Universitario CP 43600 Tulancingo, Hidalgo y ³Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Km. 7,5 Carretera Tuxpan-Tampico, Tuxpan, Veracruz, México. E-mails: pelorzam70@hotmail.com, pelorza@uv.mx; maritza_lh2003@yahoo.com.mx; almadhf@yahoo.com.mx y jmmarurig@hotmail.com  Autor para correspondencia

Recibido: 29/10/2007 Fin de primer arbitraje: 21/11/2007 Primera revisión recibida: 25/11/2007
Fin de segundo arbitraje: 03/12/2007 Segunda revisión recibida: 12/12/2007 Aceptado: 28/12/2007

RESUMEN

El cultivo de la vainilla se remonta a la época de los Aztecas quienes lo cultivaban a bajas densidades de siembra, siendo hasta hace menos de 10 años que se han explorado otros sistemas de sombreado para su cultivo, destacando el sistema en casa sombra que proporciona hasta un 70% de reducción de luz, utilizándose además *Citrus*, *Erythrina* y *Gliricidia*. El objetivo fue determinar la influencia del tipo de tutor sobre los contenidos de vainillina y clorofila en los frutos de la vainilla. Se observó que el mayor contenido de clorofila se produjo en plantas bajo los sistemas de Malla Sombra, seguido del tutor *Erythrina*, mientras que los sistemas con tutores de *Citrus* y *Gliricidia* produjeron los mayores valores de vainillina.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, sombreado, vainillina, tutores

ABSTRACT

The vanilla crop started in the time of the Aztecs who cultivated the vanilla under low plant stands. Over the past 10 years, there has been a search for better ways of giving shade to this crop. The Casa Sombra system seems to be the best way to achieve this goal, been this system able to reduce light in 70%, also *Citrus* sp., *Erythrina* sp. and *Gliricidia* had been used as a tutor. The objective was to determine the tutor influence on the vanillin and chlorophyll contents. It was observed that the biggest chlorophyll content was produced on plants under the Casa Sombra system followed by tutor *Erythrina*, while *Citrus* and *Gliricidia* systems had the biggest vanillin contents.

Key words: *Vanilla planifolia*, shading, vanillin, tutors

INTRODUCCIÓN

La vainilla, llamada en náhuatl, “Tlixochitl” que significa flor negra, era uno de los tributos que exigían los aztecas a los pueblos conquistados en los territorios del Este. Más adelante, con la llegada de los europeos, la vainilla comenzó un largo peregrinar: las vainas iban a España donde las utilizaban en la confección de perfumes y también para aromatizar el chocolate, como hacían los indígenas mexicanos; la

planta salió rumbo a Inglaterra por el año 1800, para continuar más tarde hacia los jardines botánicos franceses. La migración no se detuvo aquí y la vainilla siguió su viaje hacia las islas del Océano Indico. Se estima que la vainilla es originaria de América Tropical. De los bosques tropicales de México, Centro América, la parte norte de Sur América y Tahití. Existen varias referencias sobre el uso de la vainilla por los aztecas, entre ellas: Los que escupen sangre se curan bebiendo el cacao hecho con

aquella especie aromática que se llamaba “Tlixochitl”. Los indios Totonacas fueron los pioneros en el desarrollo de la vainilla, cultivándola desde el siglo XII en la región Totonacapan y la vainilla no sería conocida en el resto de la región Mexicana hasta 1427 y por el resto del mundo en 1521 con el arribo de Hernán Cortés (Gaya, 2005). De acuerdo a los datos históricos, las primeras noticias que se tienen de la vainilla datan de los años 1427-1440 (Pérez, 1992).

Entre las especies de orquídeas, la vainilla es una de las más importantes en el mercado nacional e internacional, derivado de los grandes beneficios que de ella se adquieren (Curti, 1995). La vainilla se utiliza en la elaboración de bebidas, postres, perfumes, licores, cigarrillos y medicinas. Es el saborizante de mayor uso a nivel mundial (Gobierno del Estado de Puebla, 2007). Aunque se encuentran muchos compuestos en el extracto de vainilla, el responsable predominante de su característico olor y sabor es la vainillina. Esta esencia se comercializa de dos formas: el extracto proviene de la vaina incluyendo las semillas y la esencia sintética, más barata, que consiste básicamente en una solución de vainillina sintética (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído). Sin embargo, es difícil determinar la diferencia entre ambas (Flores González, 2007). Valdez Flores y Cañizares Macías (2007) indicaron que la extracción de vainillina a partir de vainilla es un método muy largo y tedioso y que la eficiencia de extracción es mínima y por lo tanto es costosa, así, los extractos artificiales son más vendidos porque sintetizar vainilla es más barato, pero una ventaja de los extractos naturales de vainilla con respecto a los extractos artificiales es la excelente propiedad antioxidante.

La vainilla se desarrolla en clima húmedo cálido. Una precipitación de 2000 mm anuales y una humedad relativa del 80 % son suficientes para un adecuado desarrollo y producción. La época de seca es indispensable para la recolección, y ésta no debe exceder los dos meses, sobre todo en la época de floración y maduración de las vainas (INIFAP, 1993).

En la actualidad los mayores productores de vainilla son Madagascar e Indonesia. Se estima que, en México existen aproximadamente 3.000 ha con un rendimiento de 200 kg de vainilla verde/ha en el sistema tradicional de cultivo (el cual abarca el 90% de los cultivadores de vainilla). El otro 10% de los productores aplican diferentes técnicas o prácticas

agrícolas para incrementar su productividad y obtener aproximadamente 1000 kg por hectárea. Las principales zonas productoras están localizadas en la región del Golfo (Veracruz, Puebla y Oaxaca), donde abunda un clima húmedo tropical, con temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa por encima de 80% y niveles de lluvia de 1200 a 3000 mm/año (Hernández Hernández, 2005).

En el estado de Veracruz los municipios productores son: Papantla de Olarte, Martínez de la Torre, Gutiérrez Zamora, Tecolutla y Poza Rica de Hidalgo. Se estima que tan sólo la zona del Totonacapan que comprende a esta región produjo el 80% de la producción total de vainilla verde (Romeu, 1999). Se puede señalar que aunque existen más de 110 especies de plantas de vainilla en el mundo, que pertenecen a la familia de las orquidáceas, sólo cinco son productoras de la cápsula que sirve para la elaboración de extractos aromáticos y dentro de estas se encuentra *Vanilla planifolia* A. (Curti, 1995). El mercado exterior de la vainilla tiene gran importancia económica en México, siendo los mercados de Nueva York y Filadelfia, los que absorben casi el total de las exportaciones. Los Estados Unidos, el principal consumidor mundial, prefiere la vainilla mexicana que es considerada como la de mejor calidad comercial (Tapia, 2001).

La vainilla comienza a producir a partir del tercer año desde la plantación y permanece en producción durante 5 a 6 años más. Los vainillales por lo regular dan de 1000 a 1500 kg de vainilla verde por hectárea, los cuales producen de 200 a 300 kg de vainilla seca, estos rendimientos dependen de diversos factores o cuidados que se le den al cultivo (Curti, 1995).

Las características botánicas y las necesidades de agua y nutrimentos de la planta, determinan que el suelo ideal para el cultivo de la vainilla debe ser fértil, con abundante materia orgánica y buen drenaje. El primer paso para preparar el terreno de cultivo es la selección de tutores de la vainilla, los cuales forman parte del huerto y son tan importantes como la misma planta de la vainilla. Por lo tanto, se deben seleccionar meticulosamente y darles los cuidados necesarios para su formación y los arbustos que serán seleccionados como tutores deben cumplir dos funciones principales (Curti, 1995): (1) Sostener la planta de la vainilla y (2) proporcionar la sombra necesaria para su desarrollo. En los estados de Veracruz, Puebla y Oaxaca es posible encontrar los

siguientes sistemas de producción: a) en el hábitat natural (bosques lluviosos tropicales); b) en asociación con árboles de naranja (*Citrus sinensis*), café (*Coffea arabica*), árbol de palma (*Chamaedorea elegans*) y otros cultivos y c) en sistemas intensivos como monocultivos con pichoco (*Erythrina*) y cocuite (*Gliricidia*) (Hernández Hernández, 2005). La producción de vainilla en asociación con árboles de café (*Coffea arabica*), naranjo (*Citrus sinensis*), cocuite (*Gliricidia* sp.) y pichoco (*Erythrina* sp.) se inició en el Estado de Puebla, México hace 6 años y está relacionada con la altura sobre el nivel del mar. Es decir, que alturas entre 200 a 300 m el árbol utilizado como tutor es el naranjo, pichoco y cocuite. Por lo tanto a alturas mayores indicadas se emplea como tutor el café (Flores González, 2007).

El naranjo dulce (*C. sinensis*) pertenece a la familia de las Rutaceae, es un árbol de tronco robusto de tres a cinco metros de altura con denso follaje, hoja perenne, flores perfumadas y fruto redondeado con la corteza rica en aceites y esencias muy aromáticas que contienen una pulpa ácida y perfumada. Estos árboles son originarios de Asia, en particular de China e India. En México se siembran en estados con clima tropical: Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca, Nuevo León, Yucatán, Tabasco, Chiapas y Colima, entre otros (Ibáñez Olea, 2007). Por su parte, *G. sepium* pertenece a la familia de las Fabaceae (Leguminosae), es un árbol, arbusto caducifolio, de 2 a 15 m (hasta 20) m de altura, con un diámetro a la altura del pecho entre 25 y 60 cm, normalmente más pequeño. Copa irregular. Amplia cobertura del follaje. Hojas compuestas, alternas, e imparipinnadas. Miden de 12 a 30 cm de largo (incluyendo el pecíolo). Compuestas por 7 a 25 folíolos opuestos de 3 a 8 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho, ovados a elípticos, con el margen entero. Tronco un poco torcido. Ramas ascendentes y luego horizontales. La forma del árbol es variable, desde erecta y recta en algunas procedencias, hasta retorcida y muy ramificada, con tallos múltiples originados cerca de la base (Vázquez Yanes *et al.*, 1999). *Erythrina* pertenece a la familia de las Fabaceae (Leguminosae), es un árbol de 3 a 10 m de altura, de ramas espinosas, sus hojas están divididas, son de coloración verde pálido y tienen grupos de flores rojas como arillos. Las hojas son de tamaño grande, trifoliadas y con muchas espinas, largamente pecioladas y alternadas entre sí, con 3 folíolos 3 anchos y 3 grandes, en el cual el central es el más grande que los laterales, hasta 14 cm de longitud y 13 cm de ancho (Brito Fuentes, 2005).

La vainilla, la cual cae dentro de la categoría de plantas “amantes” de la sombra, muestra todas las características típicas exhibidas por este grupo de plantas. Una alta intensidad de luz cayendo sobre las plantas “amantes” de la sombra puede causar inactivación de los centros de reacción acompañado por una inhibición del transporte de electrones a través de los fotosistemas (Puthur, 2005).

El objetivo fue evaluar el efecto del tipo de tutor sobre el contenido de vainillina y clorofila en vainilla en Tuxpan, Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se delimitó la zona de cultivo, en la que se localizaron cuatro sitios por cada uno de los tratamientos establecidos y los sistemas de cultivo en la zona, seleccionando para ello en Tuxpan, Veracruz, México dadas las condiciones de homogeneidad en la edad, variedad, suelos y clima que presenta.

Se seleccionaron cuatro plantaciones establecidas con tutores diferentes, los cuales conformaron los tratamientos: a) tutores artificiales: postes de madera y/o concreto; b) Tutor *Erythrina*, c) Tutor *Citrus* sp. y d) Tutor *Gliricidia*. La cosecha se realizó cuando el fruto tomó un color verde-amarillento opaco que se inicia en el ápice del fruto. Se midieron las variables: a) Concentración de clorofila: se utilizaron hojas del tercio superior de las plantas de vainilla en el tiempo de cosecha mediante el uso del equipo SPAD 502^(R). Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD-502 y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199 nm, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krug *et al.*, 1994). Las lecturas obtenidas con el medidor de clorofila tienen por objeto determinar posibles deficiencias de nitrógeno, mediante el cálculo del Índice de Deficiencia de Nitrógeno o IDN. Se considera como nivel inicial de estrés de nitrógeno cualquier valor IDN inferior a 0,9 y b) Contenido de vainillina: Se utilizaron 300 g de vaina por muestra y se determinó por el método estándar basado en la hidrólisis de la vainillina y la medición de su absorbancia a 348 nm empleando un

espectrofotómetro de absorción UV-visible (AOAC, 1995) en el Departamento de Agrobiotecnología de la Universidad de Bologna, Italia. Se expresó en base seca.

Se realizó un análisis de suelo en los cuatro tratamientos con el método 5 de oros, es decir, se seleccionaron 5 puntos de muestreo, los puntos de muestreo se ubicaron en forma de carta o naipes 5 de oros, un punto en cada esquina y uno al centro del área estudiada (COFUPRO, 2005).

El diseño experimental utilizado para la concentración de clorofila fue un completamente aleatorizado con nueve repeticiones y a los resultados obtenidos se les realizó el análisis de varianza y la prueba de la mínima diferencia significativa. En el caso del contenido de vainillina sólo se realizaron dos determinaciones debido al deterioro de las vainas en Italia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al estudiar las características físico-químicas de los suelos donde se cultivaron las plantas de vainilla en los cuatro tipos de tutores se pudo observar que los suelos con *Gliricidia* presentaron los mayores contenidos de materia orgánica y nitrógeno, mientras que la mayor cantidad de fósforo se observó en el

suelo cultivado con *Citrus*, superando ampliamente a los otros tres tratamientos. El contenido de potasio fue similar en los cuatro suelos. Por otra parte, se reconoció que tres sitios poseen suelos franco-arcillosos y solo el de *Gliricidia* es arcilloso (Cuadro 1).

El análisis de varianza para el contenido de clorofila indicó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2).

El mayor contenido de clorofila se observó en plantas cultivadas en tutores artificiales (postes de madera y/o concreto) y malla sombra, seguido de aquellas cultivadas bajo tutores de *Erythrina*. Los contenidos más bajos de clorofila se observaron en plantas con los tutores *Citrus* y *Gliricidia* (Cuadro 3). Estos resultados indicaron que el sistema de cultivo con tutores artificiales y malla sombra, es el que mayor contenido de clorofila presentó, lo cual a su vez sugiere que hubo una mayor asimilación de nitrógeno ya que este último es parte fundamental de la molécula de clorofila. Siendo esto atribuible a que en ningún momento de la fenología se somete la planta a stress por exceso de luminosidad. Esto sugiere que los tutores de madera y/o concreto y los de *Erythrina* proporcionan una adecuada sombra a las plantas de vainilla debido a que usualmente las plantas “amantes” de la sombra como la vainilla

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas de los suelos en Tuxpan, Veracruz, México bajo cuatro tipos de tutores en vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en el 2007.

Características	Tutores			
	<i>Erythrina</i>	<i>Gliricidia</i>	Tutor artificial + Malla Sombra	<i>Citrus</i>
Materia Orgánica (%)	2,58	4,24	3,75	3,41
Nitrógeno total (%)	0,129	0,212	0,187	0,170
Fósforo (mg/kg de suelo)	299,2	228,8	378,0	900,0
Potasio (cmol/kg de suelo)	0,328	0,525	0,508	0,569
Textura	Franco arcilloso	Arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso

Cuadro 2. Análisis de varianza para el contenido de clorofila en vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México bajo cuatro tipos de tutores en el 2007.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Probabilidad
Tratamientos	3	745,559	248,520	360,35	0,0000 *
Error Experim.	32	22,069	0,690		
Total	35	767,628			

C. V. = 1,48 %

* Significativo ($p \leq 0,01$)

Cuadro 3. Promedios para el contenido de clorofila en vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México bajo cuatro tipos de tutores en el 2007.

Tratamientos	Contenido de Clorofila (Unidades SPAD) †
TA+ MS ‡	62,81 A
Tutor <i>Erythrina</i>	57,49 B
Tutor <i>Citrus</i>	52,04 C
Tutor <i>Gliricidia</i>	51,69 C

† Prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$). MDS = 0,80 %.

‡ TA = Tutores artificiales de madera o concreto
MS = Malla Sombra

tienen más clorofila en sus hojas que plantas adaptadas al sol, haciéndolas más susceptibles a la luz y hacer un mejor uso de una cantidad reducida de luz, sin embargo, esta susceptibilidad no permitirá una exposición directa a la luz solar por un tiempo prolongado (Universidad de Nebraska, 2001). Es sabido que más sombra resulta en la síntesis de más clorofila como una estrategia de adaptación para captar aún una luz débil la cual alcanza a las hojas (Anderson, 1986). La disminución en el contenido de clorofila en las plantas de vainilla en los tutores *Citrus* y *Gliricidia* podría deberse a que permitieron una mayor captación de luz por parte de las plantas de vainilla, a pesar de existir un contenido más alto de nitrógeno en el suelo en comparación con *Erythrina*. Esta disminución en el contenido de clorofila puede ser un resultado de un incremento de la degradación de clorofila debido a que plantas adaptadas a la sombra con ramas largas es sabido que reciben mucha luz cuando se exponen a condiciones de luz alta pero debido a una falta de canalización de esta energía en reacciones fotoquímicas, esta energía culminará en la decoloración de la clorofila y esta energía no utilizada se desvía y finalmente culmina en la producción de radicales libres, estos radicales libres pueden causar daño al metabolismo de las plantas resultando en una tasa retardada de síntesis (Powles, 1984; Anderson, 1986; Puthur, 2005). Por otra parte, cuando una planta “amante” de la sombra recibe mucha luz ocurre un quemado de las hojas, que causa la descomposición de la clorofila en las hojas y aparece un daño con áreas pálidas o blancas (Garden Artisans. 2002). Las plantas con características adaptativas a la sombra son altamente susceptibles a la alta intensidad de luz.

Los valores SPAD variaron entre 62,81% para los tutores artificiales + Malla sombra y 51,69% para el tutor *Gliricidia*, a pesar de que este último tuvo el mayor contenido del nitrógeno en el suelo, sugiriendo que las plantas de vainilla aprovecharon en menor cantidad el nitrógeno producido por el cultivo de esta leguminosa. Se ha encontrado una alta correlación entre los valores de SPAD y el contenido de nitrógeno en las hojas en otros cultivos: en tomate (Rodríguez Mendoza *et al.*, 1998); en papa (Arregui *et al.*, 2000); en maíz (Novoa y Villagrán, 2002); en café (Rodrigues dos Reis *et al.*, 2006) y en dos cultivares de *Brachiaria* (*B. brizantha* cv. Marandu y *B. decumbens* cv. Basilisk (Carvalho Santos *et al.*, 2007).

En cuanto a los valores de SPAD reportados por la literatura, Rodrigues dos Reis *et al.* (2006) indicaron valores entre 45 y 57 % para café. Pero muy superiores a los reportados por Carvalho Santos *et al.* (2007) para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu y *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk con 23,0 y 20,1% respectivamente y Novoa y Villagrán, (2002) en maíz con valores de 31,45 a 37,23% en plantas de maíz con seis hojas y de 24,80 a 58,83% en plantas de maíz poco después de la floración. Arregui *et al.* (2000) indicaron valores entre 5 y 65% para el cultivo de papa a los 75 días después de la siembra y entre 5 y 53% a los 90 días, mientras que para tomate variaron entre 13,18 a 53,50% dependiendo del grado de clorosis (Rodríguez Mendoza *et al.*, 1998). Los valores de SPAD (51,69 a 62,81%) obtenidos en este ensayo son en algunos casos similares a aquellos reportados en la literatura y en otros casos son superiores, sugiriendo que no existió una deficiencia por nitrógeno.

En relación a la variable contenido de vainillina se pudo observar que en las plantas de vainilla cultivadas en los tutores de *Gliricidia* y *Citrus* se presentaron los frutos con un mayor contenido de vainillina. Mientras que aquellas plantas cultivadas bajo tutores artificiales de concreto o madera y en tutores de *Erythrina*, produjeron frutos con un menor contenido (Figura 1). A pesar de que los tutores artificiales + malla sombra fue uno de los tratamientos que presentó un menor contenido de vainillina, esto se compensa con el número de plantas/ha, toda vez que en malla sombra, la densidad de siembra es el triple de la utilizada en los demás tutores sobre todo con respecto al *Citrus*. Asimismo, la utilización de casa sombra es una alternativa para la explotación de la vainilla para extractos toda vez que

se puede incrementar grandemente la densidad de siembra y no se tiene el problema de los tutores de *Gliricidia* y *Erythrina* los cuales son caducifolios y eso provoca que la planta sea sometida a estrés cada vez que los tutores dejan caer las hojas, teniendo plantas de mejor calidad en *Citrus* y por supuesto en las casas sombra por mantener constante la cantidad de sombreado. En relación al menor contenido de vainillina en las plantas de vainilla bajo *Erythrina*, Ramírez *et al.* (1999) indicaron que en Costa Rica no existe un manejo adecuado de la sombra en vainilla, por un lado no existe una sombra alta que proteja a las plantas de la vainilla de los estragos del exceso de luz durante la estación seca y los tutores que se utilizan (*Erythrina lanceolata*), se defolian con facilidad ante el estrés hídrico, de esta manera las plantas de vainilla sufren el exceso de exposición a la luz solar, se blanquean y agobian. En las plantas bajo *Gliricidia* y *Citrus* se presentaron valores superiores 3,3 % de vainillina, Krishna Kumar (2004) y Mathew (2004) indicaron que el contenido de vainillina de las vainas es tan alto como 3,5 %. A pesar de que las plantas de vainilla con tutores de *Erythrina* presentaron el menor contenido de vainillina, según López Méndez y Mara García (2006) el árbol de mayor utilización como tutor es la leguminosa conocida como “pichoco” *Erythrina* sp. y se prefiere por la facilidad de enraizamiento y la rapidez con que ramifica y forma el follaje para sombrear la vainilla desde que emergen los primeros brotes.

En general, los contenidos de vainillina son altos si se comparan con aquellos reportados en la literatura. Rosado-Zarrabal *et al.* (2005a) realizaron un estudio cuyo objetivo fue caracterizar las variables del proceso y la evolución de glucovainillina, vainillina, p-hidroxibenzaldehído, ácido vainílico y ácido p-hidroxibenzoico durante el proceso de curado tradicional de la vainilla en Cerro Quemado, Oaxaca, México durante más de cuatro meses en dos cosechas diferentes (2003 y 2004) y encontraron que para los pretratamientos, horneado e inmersión, el contenido de glucovainillina disminuyó alrededor del 50 %. Sin embargo en el horneado no se encontró una producción apreciable de vainillina mientras que en inmersión se obtuvo 0,6 g vainillina/100 g de materia seca. La concentración más alta de vainillina (2,9 g/100 g de materia seca) se obtuvo durante el quinto sudado y secado para el tratamiento por inmersión, y en el caso del horneado fue hasta el séptimo sudado (1,8 g/ 100 g de materia seca). En ambos casos la vainillina disminuyó hasta 1,2 g/100 g de materia seca durante la etapa de acondicionamiento. No se observaron cambios significativos de los demás compuestos aromáticos. Los autores concluyeron que los resultados del estudio permitieron caracterizar la variabilidad de este proceso.

En otro experimento, Rosado-Zarrabal *et al.* (2005b) analizaron el efecto de la temperatura y la humedad relativa en la evolución de glucovainillina y

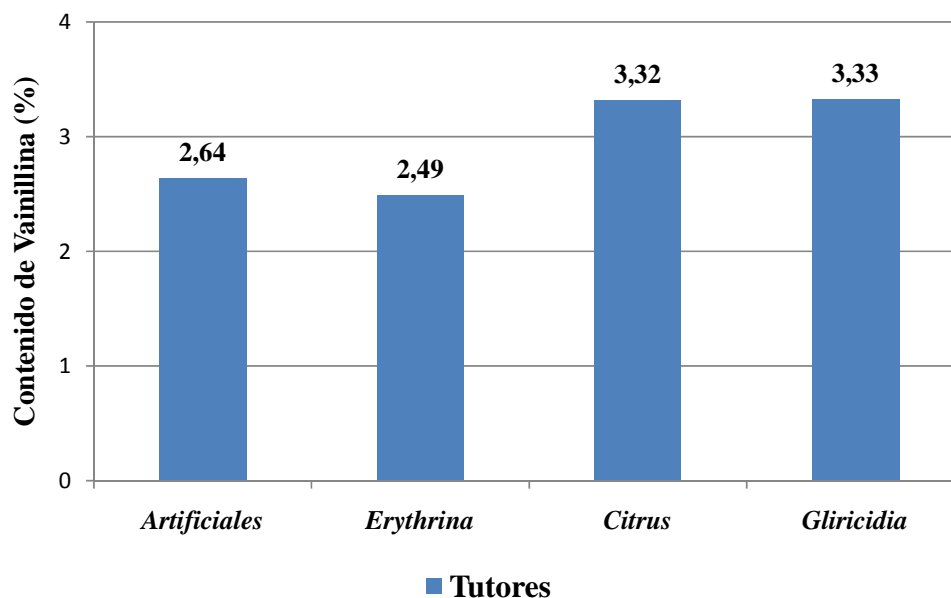


Figura 1. Contenido de vainillina en base seca en vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Tuxpan, Veracruz, México bajo cuatro tipos de tutores en el 2007.

los compuestos aromáticos en vainas de vainilla y encontraron que la velocidad de degradación de la glucovainillina en todos los tratamientos fue más rápida que la observada durante el beneficio tradicional. Los resultados mostraron que para los tres tipos de marchitamiento (inmersión en agua caliente, horneado en humedades altas y congelación), el tratamiento a 35 °C y 85 % de humedad relativa, el contenido de vainillina y ácido vainílico fueron similares a los niveles obtenidos en un beneficio tradicional (1,4 y 0,10 g/100 g de materia seca, respectivamente), mientras que el resto de los compuestos aromáticos alcanzaron mayores concentraciones que el tradicional.

Todos los tratamientos a excepción de aquellas plantas cultivadas bajo tutores de *Erythrina* presentaron contenidos de vainillina superiores a 2,5, clasificándose como de calidad extra, mientras que para *Erythrina*, la clasificación es de una vainilla de primera (Pérez Silva *et al.*, 2007). Según Naturland (2000) las mejores calidades de frutos de vainilla acusan un contenido de humedad de 23-25% y de vainillina de 2,5% (en estado seco). Se observó que el mayor contenido de vainillina en las vainas se dio en las plantas con menor contenido de clorofila.

CONCLUSIONES

El mayor contenido de clorofila se produjo en plantas bajo los sistemas de Malla Sombra, seguido del tutor *Erythrina*, mientras que los sistemas con tutores de *Citrus* y *Gliricidia* produjeron las plantas de vainilla con los mayores valores de vainillina.

LITERATURA CITADA

Anderson, J.M., 1986. Photoregulation of the composition, function, and structure of thylakoid membranes. *Annual Review of Plant Physiology* 37: 93-136.

Arregui, L. M.; M. Merina y A. M. Mingo Castel. 2000. Aplicación del medidor portátil de clorofila en los programas de fertilización nitrogenada en patata de siembra. En: Pascualena J. y Ritter E. (Editores). Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España. p 157-170.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. *Flavors*. Official methods of analysis. Vol.

2, 15th Edition. Arlington, Virginia, U. S. A. p. 891.

Brito Fuentes, I del C. 2005. Zompantle o colorín (*Erythrina americana* Miller). Tlahui-Medic. 20 (2). Accesado 20 de Octubre de 2007. <http://www.tlahui.com/medic/medic20/colorin.htm>

Carvalho Santos, L.; P. Bonomo; J. Alves dos Santos, F. Martins de Jesus; A. Dias Ferral y A. J. Vieira Pires. 2007. Concentração de nitrogênio em folhas de dois cultivares de Braquiária através de leitura com o clorofilômetro. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria. 8 (9): Septiembre. Accesado 15 de Octubre de 2007. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907.html>

Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. (COFUPRO). 2005. Propuesta de Continuación folio 11-2005-2660. Desarrollo de un sistema interactivo de apoyo a la toma de decisiones para el manejo fitosanitario de los cultivos. 333/04. Accesado 01 de Diciembre de 2007. <http://www.sifp.org.mx/RELOAD/02.extensio/reporteprintigral.php?sproyid=11-2005-2660&EtapalD=2005>.

Curti, D. E. 1995. Cultivo y beneficio de la vainilla en México. Organización Nacional de Vainilleros Indígenas. Papantla. Ver. p. 96.

Flores González, M. A. 2007. Catálogo de propiedades nutrimentales, nutracéuticas y medicinales de la vainilla. Gobierno del Estado de Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural. Coordinación General de Cadenas Productivas. 12 p.

Flores González, M. A. 2007. Manual de las 100 preguntas para las personas interesadas en iniciar el cultivo de vainilla. Gobierno del Estado de Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural. 25 p.

Garden Artisans. 2002. Shade Gardening. July 2002 Newsletter. Accesado 16 de diciembre de 2007. <http://www.gardenartisans.us/newsletters/July2002.html>.

Gaya, N. 2005. Mexican Vanilla. Resúmenes del III Congreso Internacional de Vainilla, 15 y 16 de noviembre. Boca del Río, Veracruz, México. Accesado 16 de septiembre de 2007.

- http://www.baktoflavors.com/Gaya_poster.html.
- Gobierno del Estado de Puebla. 2007. Vainilla. Secretaría de Desarrollo Rural. Coordinación General de Cadenas Productivas. 10 p.
- Hernández Hernández, J. 2005. Vanilla production in México. Resúmenes del III Congreso Internacional de Vainilla, 15 y 16 de noviembre. Boca del Río, Veracruz, México. Accesado 16 de septiembre de 2007.
http://www.baktoflavors.com/vanilla2005/Hernandez_abstract.html.
- Ibáñez Olea, J. 2007. Cítricos de Tehuixtla, Morelos. Accesado 20 de septiembre de 2007. Accesado 16 de septiembre de 2007.
<http://www.mexicocampo dentro.org/citricos.php>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1993. Manual de Producción de Vainilla en el Estado de Veracruz". Campo experimental Papantla. Papantla, Veracruz, México. División Agrícola, Folleto para productores No. 6 (2da. Edición).
- Krishna Kumar, P. K. 2004. Vanilla is no lemon. The New Indian Express. Accesado 30 de noviembre de 2007. <http://www.banajata.org/a/s22.htm>.
- Krugh, B., L. Bichham y D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. Maize Genetics Cooperation. News Letter 68: 25-27.
- López Méndez, S. y B. Mata García. 2006. La vainilla en el Totonacapan, símbolo de la sustentabilidad. Extensión al Campo 1 (2): 21-28.
- Mathew, R. P. 2004. About vanilla situation, India. New Directions for Agriculture in Reducing Poverty. Accesado 30 de noviembre de 2007. <http://dfid-agriculture-consultation.nri.org/maillists/global-trade/msg00025.html>.
- Naturland. 2000. Vainilla. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Guías de 18 cultivos. 18 p.
- Novoa S., R.; y Villagrán A., N. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Agricultura Técnica (Chile) 62 (1): 166 - 171.
- Pérez, S. 1992. La Vainilla. Ed. Consejo Nacional para la cultura y las artes. México D.F. pp. 11-21.
- Pérez Silva, A.; E. Odoux y Z. Günata. 2007. Producción, beneficio y perfil aromático de la vainilla de la región de Tuxtepec. Revista AGROproduce 19: 19-25.
- Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. Annual Review of Plant Physiology 35: 15-44.
- Puthur, J. 2005. Influence of light intensity on growth and crop productivity of *Vanilla planifolia* Andr. General and Applied Plant Physiology 31(3-4): 215-224.
- Ramírez, C.; B. Rapidel y J. Matthey. 1999. Principales factores agronómicos restrictivos en el cultivo de la vainilla y su alivio en la zona de Quepos, Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico, Costa Rica. p. 309-313.
- Rodrigues dos Reis, A.; E. Furlani Junior; S. Buzetti e Andreotti, A. 2006. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. Bragantia (Campinas) 65 (1): 163-171.
- Rodríguez Mendoza, M. de las N.; G. Alcántar González, A. Aguilar Santelises, J. D. Etchevers Barra y J. A. Santizó Rincón, 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Revista Terra Latinoamericana 16 (2): 135-141.
- Romeu, E. 1999. La vainilla: de Papantla a Papantla, el regreso de un cultivo. Accesado 30 de noviembre de 2007. <http://www.Conabio.gob.mx/biodiversitas/Vainilla>.
- Rosado Zarrabal, T. L.; P. Brat, E. Odoux, Z. Günata, M. A. Salgado Cervantes, V. J. Robles Olvera, M. A. García Alvarado y G. C. Rodríguez Jimenes. 2005a. Evolución de la glucovainillina y de los compuestos aromáticos durante el proceso tradicional de beneficiado de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) en México. Resúmenes del III Congreso Internacional de Vainilla, 15 y 16 de noviembre. Boca del Río, Veracruz, México.

- Accesado 16 de septiembre de 2007. http://www.baktoflavors.com/vanilla2005/Zarrabal_abstract_es.html.
- Rosado Zarrabal, T. L.; P. Brat, E. Odoux, Z. Günata, M. A. Salgado Cervantes, V. J. Robles Olvera, M. A. García Alvarado y G. C. Rodríguez Jimenes. 2005b. Efecto de la temperatura y humedad relativa en la evolución de glucovainillina y compuestos aromáticos en vainilla Mexicana (*Vanilla planifolia* A.). Resúmenes del III Congreso Internacional de Vainilla, 15 y 16 de noviembre. Boca del Río, Veracruz, México. Accesado 16 de septiembre de 2007. http://www.baktoflavors.com/vanilla2005/Zarrabal_2_abstract_es.html.
- Tapia C. E. 2001. Zonificación agroecológica para el cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), en el distrito de desarrollo rural 003 de Martínez de la Torre, Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias agrícolas, Xalapa. Veracruz.
- Valdez Flores, C. and M. P. Cañizares Macias. 2007. On-line dilution and detection of vainillin in vanilla extracts obtained by ultrasound. *Food Chemistry* 105: 1201–1208.
- Vázquez Yanes, C.; A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del Proyecto J-084 – CONABIO. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F., México. p. 115-120.
- Universidad de Nebraska. 2001. Shade gardening. Horticulture Paradise News Release. September. Accesado 16 de diciembre de 2007. <http://hortparadise.unl.edu/Newsrelease/News/Sha deGardening.htm>.