

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VAINILLA EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PAPANTLA, VERACRUZ

GROWTH AND DEVELOPMENT OF VANILLA UNDER THREE PRODUCTION SYSTEMS IN PAPANTLA, VERACRUZ

Saúl Sánchez Morales¹, Alberto Enrique Becerril Román^{1*}, Leonardo Tijerina Chávez² y José Antonio Santizo Rincón³

¹Especialidad de Fruticultura, IREGEP, Colegio de Postgraduados. Carr. México-Texcoco km. 35.5, Montecillo, Méx. 56230. Tel. (01)5952-0200 Ext. 1562 Fax. (01) 5952-0262. ²Especialidad de Hidrociencias, IRENAT, Colegio de Postgraduados, Carr. México-Texcoco km 35.5, Montecillo, Méx. 56230. Tel. (01) 5952-0200 Ext. 1154. Fax: (01) 5952 0237. ³Especialidad de Estadística, ISEI, Colegio de Postgraduados, Carr. México-Texcoco km 35.5, Montecillo, Méx. 56230. Tel. (01) 5952-0200 Ext. 1414 Fax. (01) 5952-0255.

* Autor responsable.

RESUMEN

La presente investigación se llevó al cabo entre mayo de 1996 y octubre de 1997, en la zona norte del estado de Veracruz, donde se ubica la región vainillera más importante de México. La falta de información en el país sobre el cultivo de vainilla, hizo que se estableciera una comparación entre vainillales comerciales representativos de los sistemas de producción: intensivo de riego (SIR), cultivo asociado de temporal (SCAT) y tradicional (ST). Se realizaron evaluaciones de los tres sistemas en cuanto al desarrollo de la planta, producción y calidad de fruto beneficiado. Los resultados obtenidos indicaron que las plantas más desarrolladas fueron las del ST que también fueron las de mayor rendimiento por planta (222 g); sin embargo, por efecto de densidad de plantación fue el SIR (12 539 plantas ha⁻¹) donde se obtuvo el mayor rendimiento de vainilla, con 2 t ha⁻¹; los frutos beneficiados de mejor calidad también se obtuvieron en el SIR, con 1.1 mg de vainillina g⁻¹ de peso seco.

Palabras clave adicionales. *Vanilla planifolia* A., densidad de población, rendimiento, calidad de frutos.

SUMMARY

This research was carried out from May 1996 to October of 1997 in the north zone of the State of Veracruz, where is the most important vanilla production area of Mexico. Three representative production systems: intensive irrigation system (SIR), associated rainfed crop system (SCAT) and traditional system (ST) were compared in terms of growth, yield and fruit quality of vanilla plants. ST plants were the largest and had the best fruit yield per plant (222 g). High plant density in the intensive irrigation system resulted in highest yield (2 t ha⁻¹) and best fruit quality best fruit quality with 1.1 mg vanillin g⁻¹.

Additional index words. *Vanilla planifolia* A., plant density, yield, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

Casi la totalidad del conocimiento técnico que se maneja entre los productores mexicanos de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews y *V. Pompona* Schiede), tiene su origen en la explotación ancestral de esta especie mexicana por la cultura totonaca, en lo que fuera su territorio, el Totonacapan, que comprende los estados de Veracruz y Puebla, región que en conjunto con las costas de Costa Rica y Belice, son consideradas centro de origen de la vainilla (Gunston, 1971; Purseglove, 1972; Liahut, 1985). De las 110 especies de vainilla distribuidas en el mundo, *Vanilla planifolia* A. es la especie económicamente más importante (Portéres, 1954) y de acuerdo con León (1987) la única explotada en la industria.

De la producción nacional de vainilla 90 % es generada en la región del Totonacapan, que comprende nueve municipios veracruzanos y tres poblanos; el resto se produce en Hidalgo, Oaxaca, Tabasco y Quintana Roo (Sánchez, 1993). El área establecida con vainilla en México, se estima en 2 000 ha, de las cuales solo 600 están en producción y son manejadas por unos 1000 productores (Sánchez, 1993). El 92 % de los vainillales son de temporal o secano, con rendimientos que oscilan entre 100 y 200 kg ha⁻¹ de vainilla verde (VV) (Rangel *et al.*, 1987); sólo 8 % está compuesto por vainillales intensivos, con un rendimiento promedio por arriba de los 1 000 kg ha⁻¹ de VV, mientras que en países líderes se obtienen entre tres y cinco toneladas ha⁻¹ de VV (Parra, 1984a; Vinning, 1992).

Desde el momento de la plantación pasan de uno a tres años hasta la floración, misma que luego ocurre anualmente, aunque depende del manejo del vainilla, del material vegetativo y de las condiciones ambientales; en particular, el suministro de agua determina el alto grado el vigor, sanidad y productividad de las plantas (Alconero *et al.*, 1973). La parte útil de la vainilla es el fruto, el cual requiere de ser beneficiado mediante eliminación de 80 % de la humedad por medio de exposición al sol u horneado (Parra, 1984b); se utiliza en las industrias de helados, chocolates, cremas, perfumes, refrescos, licores, cigarros y repostería; también se utiliza en artesanía, ya que con el fruto beneficiado se elaboran figuras (Muralidharan, 1973; Purselove *et al.*, 1981; Parra, 1984a; Parra, 1984b; Castillo, 1989; Loredo, 1990).

Ante el advenimiento de nuevos sistemas de producción y de que las condiciones ambientales y ecológicas que constituyeron el nicho ecológico de la vainilla han cambiado, el conocimiento tradicional sobre el cultivo de la vainilla requiere ser actualizado; para ello se necesita conocer las características de la planta de vainilla durante su desarrollo en los diferentes sistemas de producción que se practican. Con base en lo anterior se planteó el presente trabajo, cuyo objetivo fue identificar y caracterizar cuantitativamente el crecimiento y desarrollo de plantas de vainilla en los principales sistemas de producción comercial de vainilla en Papantla, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación se seleccionaron tres vainillales comerciales, identificados como Sistema Intensivo de Riego (SIR) con 12 539 plantas de vainilla por hectárea (dos plantas por tutor) de cuatro años de edad, Sistema de Cultivo Asociado de Temporal (SCAT) que usa como tutores a 625 naranjos con tres plantas cada uno, para un total de 1 875 plantas de vainilla ha^{-1} , también de cuatro años de edad, y el Sistema Tradicional (ST) con 5 000 plantas ha^{-1} que usa como tutor cualquier planta del "acahual" donde se encuentran establecidas (dos plantas por tutor) de siete años de edad. Los tres sistemas de producción indicados se ubican entre los $96^{\circ} 47'$ y $97^{\circ} 36'$ de longitud O y entre los $19^{\circ} 55'$ y $20^{\circ} 49'$ de latitud N, y una altitud promedio de 300 msnm. El clima es cálido subhúmedo, con temperatura media anual superior a $26^{\circ}C$ y la del mes más frío mayor de $18^{\circ}C$, oscilación térmica anual entre 7 y $14^{\circ}C$, y régimen de precipitación pluvial de verano, cuyo total anual promedio es alrededor de 1200 mm (García, 1981). Las lecturas de radiación solar fuera de los vainillales fue entre 145 y $171 W m^{-2}$, en tanto que el por ciento de luz interceptada dentro de los mismos fue de 94.7 % en el SIR y

92.7 % en el SCAT y ST. Los suelos son de profundidad variable, de textura franca o arcillosa, cubiertos continuamente por una capa de materia orgánica de espesor variable, con pH de 6.0 a 6.3, y generalmente libres de malezas.

Se colectaron plantas en plena producción en cada sistema, siete en SIR y SCAT, y seis en ST. La selección de las plantas se realizó tres meses después de ocurrida la floración (en pleno desarrollo de fruto), misma que se hizo al azar considerando el área total del vainillal, $574.2 m^2$ en el SIR y una hectárea en los otros dos sistemas de producción, sin tomar en cuenta las plantas de las orillas. La presente investigación se realizó de mayo de 1996 a octubre de 1997.

VARIABLES DE CRECIMIENTO

En este grupo se consideró la longitud, densidad y distribución del sistema radical, que dada la facilidad de extracción del mismo, por desarrollarse en suelo cubierto por una capa de residuos vegetales, fueron determinadas utilizando el método de excavación, para extraer la totalidad del sistema radical en la que se midió su longitud total, sus características de formación de laterales, volumen de suelo en el que se distribuye y la densidad de raíces expresada en longitud de raíz por unidad de volumen de suelo; la longitud de planta y de entrenudos. Con una báscula OHAUS Triple Beam con capacidad de 2610 g, se determinó el peso fresco y seco de tallo apical (tercio superior de la planta), medio (tercio intermedio) y basal (tercio inferior); también se evaluaron número de hojas y largo, ancho, peso fresco y seco de hojas del tercio apical (apicales), medio (medias) y basal (basales). A 30 hojas seleccionadas por planta (10 de cada tercio) se les determinó el área con un medidor portátil LI-3000 (LI-COR, Inc.). En el laboratorio, hojas y tallo se colocaron en una estufa de secado por 72 horas a $70^{\circ}C$, para determinar el peso seco de los mismos.

VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD

En las 20 plantas colectadas durante el desarrollo de fruto, se midió la longitud, peso fresco y seco del fruto verde. Adicionalmente se seleccionaron seis plantas con fruto en cada sistema de producción, las cuales fueron cosechadas al término de la temporada, evaluándose la longitud y peso fresco de la totalidad de frutos cosechados; estos datos se analizaron con un diseño completamente al azar. Para una mejor estimación de la productividad, un mes antes de la cosecha de fruto, se realizó un muestreo considerando la extensión total de los vainillales en estudio; en cada uno se escogieron al azar 70 sitios

donde al menos existía un tutor; con este muestreo se determinó el porcentaje de plantas productivas, número de infrutescencias por planta (conocidas en la región como macetas), frutos por infrutescencia, frutos por planta, porcentaje de plantas enfermas (independiente del grado de ataque), porcentaje de severidad del ataque en plantas enfermas y porcentaje de plantas muertas. Con esta información y el peso de vainilla verde por planta, se estimó el rendimiento por hectárea, utilizando las densidades de plantación ya indicadas para cada sistema de producción.

Para cuantificar la severidad del ataque que sufrieron las plantas de cada vainillal, se empleó la siguiente escala arbitraria de calificación: 5 = planta 100 % sana, 4 = 80 %, 3 = 60 %, 2 = 40 %, 1 = 20 % y 0 = planta muerta. El análisis esta variable se realizó considerando siete muestras de 10 plantas cada una, con lo que se obtuvieron siete promedios del nivel de ataque para cada sistema de producción. Los datos obtenidos se evaluaron mediante un análisis completamente al azar no paramétrico.

Para determinar las variables que más influyeron en el rendimiento, también se efectuó análisis de correlación, donde se relacionó el rendimiento con la longitud radical, longitud de la parte aérea de la planta, peso seco de hoja, número de hojas por planta, frutos por planta, peso seco de hoja y área foliar.

Variables de calidad del fruto

Las variables de este apartado están relacionadas con el fruto beneficiado, el cual se obtuvo al deshidratar o "beneficiar" el total de frutos verdes cosechados en cada sistema de producción; se midió el peso, longitud, por ciento de humedad y por ciento de vainillina por fruto; en estos dos últimos casos, sólo se obtuvo un dato por sistema de producción, por lo que no se analizaron estadísticamente; en tanto que longitud y peso de fruto se analizaron siguiendo el mismo proceso utilizado para los frutos verdes cosechados. Para el deshidratado o beneficiado del fruto verde se recurrió a un prestigiado beneficiador de vainilla⁴ y la determinación del porcentaje de humedad y vainillina en el fruto beneficiado, se realizó en un laboratorio particular especializado⁵, mediante análisis fisicoquímico (NMX-83-1977) y análisis por cromatografía de gases.

Análisis de datos

Se compararon las medias de tratamientos de las variables medidas por sistema de producción (Tukey, 0.05 y

0.01), basándose en un diseño completamente al azar, excepción hecha para aquellas variables donde se describe metodología de análisis estadístico específica al caso. Dado que las características de radiación solar, altura sobre el nivel del mar y edad del vainillal de los tres sistemas de producción, podrían influir en los resultados, se hizo análisis de covarianza ocupando dichas variables como covariables, mismas que no resultaron significativas. De igual forma se realizaron pruebas de homogeneidad de varianza en cada una de las variables cuyos promedios por sistema de producción fueron estadísticamente diferentes; sin embargo, en todos los casos hubo varianzas homogéneas, en consecuencia se decidió ocupar los análisis inicialmente indicados. Todos los análisis fueron realizados mediante la metodología establecida por el SAS Institute (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante anotar que el sistema radical de las plantas de vainilla estudiadas, que incluye raíces aéreas y terrestres con laterales hasta de 5^o y 6^o orden, fue de mayor longitud en el caso de plantas del ST con 37.43 m, estadísticamente superior al de plantas en el SCAT con 16.9 m y en el SIR con 15.3 m, lo que coincide con evidencias disponibles en un gran número de especies (Atkinson, 1980), en cuanto a que el sistema radical de las plantas aumenta o disminuye en forma directamente proporcional, según el desarrollo de la parte aérea; de hecho, al intensificar la densidad de plantación en el SIR se reduce el tamaño de las plantas y, consecuentemente, el sistema radical correspondiente.

El volumen de suelo ocupado por el sistema de raíces terrestres, está asociado con la disponibilidad de humedad en el suelo; en el caso del SIR, donde se riega por aspersión durante la época seca, ocupó un espacio de 60 cm de largo por 40 cm de ancho y 10 cm de profundidad con una densidad radical de 0.064 cm cm⁻³, en tanto que en el SCAT ocupó un espacio de 58 cm de largo por

⁴ Ing. Químico Heriberto Larios Rivera, Gildardo Muñoz No. 401, Papantla, Ver.

⁵ Bufete Químico, S.A. de C.V., Doctor Atl No. 286, Col. Santa María La Ribera, 06400 México, D.F.

40 cm de ancho y 30 cm de profundidad con una densidad de raíces de 0.024 cm cm⁻³; y en el ST fue de 120 cm de largo, 30 cm de ancho y 15 cm de profundidad con 0.069 cm cm⁻³ de densidad radical.

VARIABLES DE CRECIMIENTO

Las plantas con mayor longitud fueron las del Sistema Tradicional (Cuadro 1). Solamente hubo diferencias estadísticas entre sistemas de producción en peso fresco y seco del tallo basal, que en plantas del ST fueron estadísticamente superiores a aquellos observados en plantas de los otros sistemas (Cuadro 2), resultado que se atribuye a la mayor edad cronológica y ontogénica de tallos del ST. Asimismo, aunque no hubo diferencias estadísticas, las plantas del SIR tuvieron el mayor número de hojas (136.4), seguidas por las del ST (114.3) y las del SCAT (81.8); las hojas del tercio medio de plantas del SIR también fueron estadísticamente superiores en largo y ancho de las mismas, área y peso fresco y seco (Cuadro 2); en las hojas apicales y basales no hubo diferencias estadísticas entre sistemas de producción. Las diferencias observadas en hojas se atribuyen a la mejor condición hídrica del SIR.

Cuadro 1. Longitud de planta y de entrenudos en tres sistemas de producción de vainilla, en Veracruz.

Sistemas de producción	Longitud (cm)	
	Planta ^z	Entrenudos ^z
Intensivo de riego	1470	9.8
Asociado de temporal	1279	10.2
Tradicional	1868	9.8

^z Medias estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD

Las plantas del ST tuvieron en promedio 8.3 infrutescencias, 6.0 las del SCAT y 4.1 las del SIR; las infrutescencias de las plantas en el SIR tuvieron en promedio 3.4 frutos, 2.5 las del SCAT y 1.8 las del ST. La cantidad promedio de frutos por planta en el SIR fue de 13.9, de 15.0 en el SCAT y de 14.9 frutos en el ST, diferencias que no fueron significativas entre sistemas de producción. El hecho de que el vainillal del SCAT resultara

con el mayor número de frutos por planta, se debió a que el productor sobrepolinizó su vainillal, mientras que en el SIR el productor no alcanzó a polinizar la totalidad de las plantas productivas, y las flores no polinizadas se secan y luego caen. La baja cantidad de frutos por planta en el vainillal del ST, se atribuye el efecto de la sequía y a la alta incidencia de enfermedades, sobre todo de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) que provoca caída de flor y fruto.

En el SIR, 64.3 % de las plantas de vainilla fueron totalmente sanas, en tanto que en el SCAT disminuyó a 23.4 % y a 2 % en el ST. De acuerdo con el análisis de varianza, según prueba de X² con un nivel de significancia de 5 %, las plantas enfermas del SIR que tuvieron 6 % de ataque por antracnosis, estadísticamente inferior al por ciento de ataque en las plantas enfermas del SCAT que fue de 18 %, también por antracnosis. Este último también fue inferior estadísticamente al por ciento de plantas enfermas en el ST que fue de 50 % de ataque de pudrición de raíz (*Fusarium oxysporum*), antracnosis y roya (*Uromyces joffrini*). El único vainillal donde se registraron plantas muertas, fue en el sistema tradicional (Cuadro 3), debido a la muerte de raíz por pudrición, lo que coincide con lo que sucede en plantaciones en otros países productores (Mesak *et al.*, 1994).

En general, la sanidad en los vainillales es consecuencia del estado sanitario del esqueje plantado, del cuidado del sistema radical y de la oportunidad para aplicar un control fitosanitario. Con base en los datos proporcionados, se evidenció que el vainillal del ST fue el que tuvo los mayores problemas fitosanitarios, ya que la selección de los esquejes utilizados para plantación fue muy deficiente y pudieron haber estado enfermos desde el momento de plantarlos, además de que por falta de diseño de plantación, con frecuencia se daña el sistema radical por pisoteo, lo cual no sucede en los otros sistemas de producción en los que hay una distancia entre hileras de plantas que permite el tránsito de quienes trabajan en la

Cuadro 2. Peso del tallo basal y variables de crecimiento de las hojas del tercio medio de plantas de vainilla en tres sistemas de producción, en Veracruz.

Sistema de producción	Tallo basal			Hojas del tercio medio			
	Peso (g) ^z		Largo ^y (cm)	Ancho (cm)	Área ^y (cm ²)	Peso(g) ^z	
	Fresco	Seco				Fresco	Seco
Intensivo de riego	287.6 b	35.1 b	22.2 a	6.3 a	100 a	16.7 a	1.1 a
Asociado de temporal	202.3 c	23.8 c	19.1 b	5.2 b	69 b	10.5 b	0.7 b
Tradicional	453.9 a	52.3 a	16.5 c	5.1 b	64 b	9.0 b	0.6 b

^z Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05), ^y(Tukey, 0.01).

Cuadro 3. Porcentaje y rendimiento de plantas productivas (pta) en tres sistemas de producción de vainilla, en Veracruz.

Sistema de producción	Por ciento de plantas (%)		Rendimiento ^y	
	Productivas	Muertas	g pta ⁻¹	kg ha ⁻¹
Intensivo de riego	86.6	0	191.8 a ^z	2083
Asociado de temporal	87.2	0	136.8 a	224
Tradicional	33.5	43	222.0 a	372

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

^y El rendimiento por unidad de superficie fue estimado con base en la densidad de plantación de cada sistema de producción, por lo que al igual que los por cientos de plantas que se presentan, no se compararon estadísticamente.

plantación y, finalmente, la falta de oportunidad del control fitosanitario, situación que en el ST no se realiza, entre otros motivos por su baja productividad y rentabilidad. La consecuencia más importante de la sanidad general de un vainillal es la reducción de la vida útil del mismo, ya que las enfermedades fungosas son uno de los principales motivos de muerte de plantas en los vainillales (Loredo, 1990).

Debido al mejor estado fitosanitario y a la aplicación de riego, el por ciento más alto de plantas productivas lo tuvo el vainillal del SIR (Cuadro 3). Por ello, aunque en la producción de vainilla verde por planta, no hubo diferencias entre sistemas de producción, el rendimiento por hectárea más alto se registró en el SIR (Cuadro 3), lo cual coincide con resultados de productividad de plantaciones intensivas de otras especies frutales (Chalmers *et al.*, 1978). Es oportuno aclarar que los esquejes plantados en este sistema fueron de buena calidad, provenientes de otro vainillal intensivo de riego.

Irónicamente las plantas que mueren en el ST, son las que presentaron mayor capacidad productiva, no obstante las malas condiciones de sanidad y el estrés hídrico presente en la época de floración, debido a que el productor las sobrepoliniza por compromisos de créditos otorgados, situación que agudiza el estrés al que se someten a las plantas y promueven la muerte de las mismas.

La variable número de frutos, como era de esperarse, fue la de más alta correlación con rendimiento, positiva y altamente significativa ($r = 0.97$); también el peso fresco de la hoja correlacionó con rendimiento, y aunque fue de menor importancia respecto a la anterior ($r = 0.54^*$), sugiere una relación entre el aumento de peso específico de la hoja y mayor tasa de fotosíntesis neta (Barden, 1978), que propician el aumento del rendimiento de

frutos; el resto de variables seleccionadas no correlacionaron con rendimiento (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlaciones entre el rendimiento y variables del crecimiento y de productividad de plantas de vainilla en tres sistemas de producción, en Veracruz.

Variables	Coefficiente de correlación (r)	Significancia
Longitud radical	0.18	n.s. ^z
Longitud de parte aérea	0.33	n.s.
Número de frutos	0.97	**
Area foliar	-0.08	n.s.
Peso fresco de hoja	0.54	*
Peso seco de hoja	0.38	n.s.
Número de hojas por planta	0.42	n.s.

^z n.s. No significativo; * Significancia al 5 %; ** Significancia al 1 %.

Variables de calidad del fruto

La longitud de fruto verde se registró en dos etapas fenológicas de las plantas de vainilla: 1) durante el crecimiento del fruto, tres meses después de la polinización y, 2) a la cosecha de fruto ocho meses después de la polinización. Durante la primera fase, la longitud del fruto fue estadísticamente mayor en frutos del ST y SIR, que en los del SCAT (Cuadro 5). En todos los casos, la longitud de frutos disminuyó de una etapa fenológica a otra (Cuadro 5), debido a que en la primera etapa el fruto se encuentra en elongación, mientras que al momento de cosecha el fruto lleva cinco meses en proceso de maduración y desecación, por lo que pierde así poco de su longitud. Cuando el productor pretende cosechar frutos mayores de 8 cm de largo, debe polinizar alrededor de 50 % del total de flores por inflorescencia, ya que en caso de polinizar todas las flores, entonces cosechará más frutos pero más pequeños, situación que se presentó en el ST, con las consecuencias ya indicadas en cuanto a tamaño de fruto y de pérdida de plantas.

Cuadro 5. Longitud de fruto verde en dos etapas fenológicas en tres sistemas de producción de vainilla, en Veracruz.

Sistema de producción	Etapa fenológica	
	Crecimiento de fruto (cm)	Cosecha de fruto (cm)
Intensivo de riego	20.3 a ^z	17.6 a
Asociado de temporal	18.8 b	15.4 b
Tradicional	21.0 a	18.8 a

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

En la etapa de crecimiento, los frutos verdes con mayor peso fresco fueron los del vainillal del SIR con 16.9 g y los frutos del vainillal del ST con 16 g, ambos estadísticamente superiores (Tukey, 0.05) a los frutos del vainillal del SCAT con 12 g de peso. En contra de lo

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VAINILLA EN PAPANTLA

esperado, el peso seco de fruto verde en crecimiento, no estuvo relacionado directamente con el peso fresco, de tal manera que los frutos de mayor peso seco fueron los del ST con 1.4 g, seguidos por los frutos del SIR con 1.1 g y por último los frutos del SCAT con 0.9 g de peso, todos diferentes estadísticamente entre sí (Tukey, 0.01).

El mayor peso fresco del fruto en el vainillal del SIR se debió al mayor porcentaje de humedad que tiene, producto de la mayor disponibilidad de humedad en el suelo, en tanto que el mayor peso seco del fruto en el vainillal del ST, se atribuye al mayor tamaño de fruto expresado en longitud (Cuadro 5). Los frutos verdes cosechados con mayor peso fresco también fueron los del vainillal del ST con 14.9 g y los frutos del vainillal del SIR con 13.9 g, que superaron estadísticamente (Tukey, 0.01) a los frutos del vainillal del SCAT con un peso promedio de 9 g.

En el vainilla del SIR se cosecharon 199 frutos que pesaron 2.9 kg; en el vainillal del SCAT se cosecharon 225 frutos con un peso de 1.9 kg; y en el vainillal del ST se cosecharon 178 frutos cuyo peso fue de 1.6 kg. Estos pesos en fresco, una vez realizado el trabajo de beneficio o deshidratado, se convirtieron en: 715 g del SIR, 351 g del SCAT y 600 g del ST. Los resultados del análisis de laboratorio fueron los siguientes: los frutos del SIR tuvieron 44.9 % de humedad y 1.1 mg g⁻¹ de vainillina; los frutos del SCAT 24.1 % de humedad y 1.0 mg g⁻¹ de vainillina; mientras que los del ST tuvieron 39.5 % de humedad y 0.93 mg g⁻¹ de vainillina. El porcentaje de humedad y el contenido de vainillina son características de calidad que están muy relacionadas con el tiempo que tarda el fruto antes de ser cosechado. En los vainillales mexicanos el fruto se acostumbra cosechar a los seis o siete meses después de haberse realizado la polinización, cuando el tiempo recomendable es de ocho a nueve meses (Portéres, 1954).

El peso y la longitud del fruto beneficiado fue mayor en frutos del vainillal del ST y del SIR (Cuadro 6), que fueron significativamente diferentes a los frutos beneficiados de menor longitud y peso del SCAT (Cuadro 6). Los resultados muestran que en general los frutos más pequeños y menos pesados fueron los del vainillal del SCAT, lo que podrá corregir el productor evitando sobrepolinizar el vainillal o en su defecto mediante raleo de frutos.

Cuadro 6. Características de calidad del fruto de vainilla beneficiado en tres sistemas de producción, en Veracruz

Sistema de producción	Variables del fruto ²	
	Longitud (cm)	Peso (g)
Intensivo de riego	17.0 a	3.2 a
Asociado de temporal	14.5 b	1.5 b
Tradicional	18.0 a	3.4 a

¹ Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey, 0.01).

En general, la calidad de los frutos beneficiados producidos en los tres sistemas estudiados, no reunieron los mínimos establecidos por los estándares internacionales, que de acuerdo con Arzani (1997)⁶ son: Frutos de primera, que deben tener en más de 2 % de vainillina y 23 % de humedad en el fruto y Frutos de segunda con 1.8 % de vainillina y 18 % de humedad. Tal vez a esto se debe que el fruto mexicano no alcance los mejores precios del mercado; de acuerdo con Herréras (1980), México no figura como país exportador de vainilla beneficiada y se considera importador desde 1976.

Con base en los resultados obtenidos, la producción y la calidad de frutos dependen de que las condiciones de desarrollo, en particular ambiente, manejo y estado fitosanitario, sean las requeridas por la planta de vainilla. El sistema intensivo de riego es el único donde lo anterior se cumple en gran parte, aunque se reconoce que aún puede mejorar para que la calidad de fruto alcance los estándares internacionales.

Es importante indicar que la calidad de fruto de vainilla no es una característica fácil de definir, en particular porque el criterio más utilizado es la concentración de vainillina, misma que está asociada al punto de cosecha y genotipo de planta, aspectos que no han sido vigilados en los sistemas de producción en México, ya que los esquejes de vainilla utilizados para establecer una nueva plantación, son seleccionados sin control alguno y la cosecha de fruto, en la mayoría de los casos, se rige por precios de mercado o bien para evitar pérdida de frutos ocasionada por diversas causas, entre otras, la caída natural de precosecha.

CONCLUSIONES

Las plantas de vainilla crecen y producen más en el sistema tradicional, pero no alcanzan el mayor rendimiento por unidad de superficie.

⁶ Comunicación personal: Sr. Enrique Arzani Bustos, beneficiador y exportador de gran tradición en la región vainillera de México. Juárez No. 5, Gutiérrez Zamora, Ver.

El riego, estado fitosanitario y la densidad de plantación, fueron las principales características que determinaron los rendimientos de fruto.

La calidad del fruto verde tiene relación con la del fruto beneficiado, pero es independiente de la concentración de vainillina.

El sistema intensivo de riego es el que produce mayor rendimiento por unidad de superficie y calidad de fruto.

En futuros estudios será necesario evaluar los sistemas de producción respecto a la calidad de fruto beneficiado, con la finalidad de analizar cuantitativamente lo relativo a concentración de vainillina y por ciento de humedad, correlacionando estos aspectos con el rendimiento y con la conservación después del beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alconero, R., E.G. Stone and J.R. Cairns. 1973. Intensive cultivation of vanilla in Uganda. *Agron. J.* 65:44-46.
- Atkinson, D. 1980. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. *Hort. Reviews* 2: 424-490.
- Barden, J.A. 1978. Apple leaves, their morphology and photosynthetic potential. *HortScience* 13 (6): 644-646.
- Castillo, M.R. 1989. Morfología y fenología de *Vanilla planifolia* en Papantla, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 88 p.
- Chalmers, D., B. van den Ende and L. van Heek. 1978. Productivity and mechanization of the tatura trellis orchard. *HortScience* 13(5): 517-520.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 246 p.
- Gunston, D. 1971. Vanilla flavour from an orchid. *Areca nut & Spices Bulletin* 2(3):11-12.
- Herrerías, F. 1980. El cultivo de la vainilla. *Fruticultura Mexicana. Boletín Técnico. CONAFRUT* 2:1-36.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2ª. Edición. San José, Costa Rica. pp: 79-81.
- Liahut, A.R.P. 1985. El sistema agroindustrial de vainilla *Vanilla planifolia* Andr. en México. Universidad Autónoma de Chapingo, Méx. Tesis Profesional. 84 p.
- Loredo, S.R.X. 1990. Etiología de la necrosis del tallo de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en Papantla, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Méx. 80 p.
- Mesak, T., K. Kobayashi and A. Ogoshi. 1994. Vegetative compatibility grouping of *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* in Indonesia. *Indonesian J. Crop Sci.* 9(2): 29-39.
- Muralidharan, A. 1973. New approaches on vanilla cultivation. *Areca nut & Spices. Bulletin* 5:9-10.
- Parra Q., R.A. 1984a. La Vainilla. SARH-INIFAP-Campo Experimental Auxiliar Papantla, Veracruz, Méx. Folleto Técnico No. 1. 20 p.
- Parra Q., R.A. 1984b. El cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en la zona de Papantla, Veracruz. Tesis Profesional. Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Cd. Delicias, Chih. 75 p.
- Portères, R. 1954. Le genre *Vanilla* et ses espèces. In: G. Bouriquet (Ed.). *Le vaniller et la vanille. Encyclopédie Biologique.* Vol. 49. Editions Paul Lechevalier, Paris. pp: 94-290.
- Purseglove, J.W. 1972. *Tropical Crops Monocotyledons.* Longman. London. pp: 403-415.
- Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. *Spices.* Vol. 2. Longman, New York. 813 p.
- Rangel, S.J., V. Fernández R., E. Serrano G., P. Pérez y D. Morales. 1987. Diagnóstico técnico preliminar del cultivo de la vainilla en México. INIREB. Xalapa, Veracruz. México. 68 p.
- Sánchez M., S. 1993. Manual de producción de vainilla en el estado de Veracruz. SARH-INIFAP, Campo Experimental Papantla, Veracruz, Méx. Folleto Técnico No. 6. 28 p.
- SAS Institute. 1988. *SAS/STAT User's Guide.* Release 6.03 edition. Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Vinning, G. 1992. Vanilla: Prospects and perspectives. *J. South Pacific Agric.* 1(1): 15-23.