

Comportamiento de la actividad fotoquímica por la incidencia luminosa en vainilla
(*vanilla planifolia andrews*)

Behaviour of photochemical activity by light incidence in vanilla (*vanilla planifolia andrews*)

Lorenzo Cuervo Lagos, Sara Aída Alarcón Pulido, María De La Luz Hernández Sánchez, Paulina Lema Franco, Rubén De La Paz Mendo Muñoz

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Poza Rica
– Tuxpan. Carretera Tuxpan-Tampico, colonia Universitaria, C. P. 92850, Tuxpan.

NOTA SOBRE LOS AUTORES

Lorenzo Cuervo Lagos: lorenzocuervol10@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-7384-5106>

Sara Aída Alarcón Pulido: saalarcon@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0001-8306-295X>

María De La Luz Hernández Sánchez: luzhernandez@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0002-3235-5768>

Paulina Lema Franco: plema@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0003-2330-080X>

Rubén De La Paz Mendo Muñoz: rubmunoz@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0003-3054-2356>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Lorenzo Cuervo Lagos.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue registrar la actividad fotoquímica de plantas de vainilla cultivadas bajo distintas condiciones lumínicas proporcionadas por los árboles utilizados como soportes en diversas plantaciones durante tres fases fenológicas: prefloración, floración y posfloración. Se seleccionaron tres soportes naturales, Citrus spp, Erythrina spp y Gliricidia spp, y un cuarto constituido por soportes artificiales y malla-sombra. Se analizaron los parámetros de la fluorescencia inducida de la clorofila, incluyendo la fluorescencia inicial (Fo), la fluorescencia

Recibido: 07/04/2023

Aceptado: 17/09/2023

Publicado: 30/12/2023



Copyright © Lorenzo Cuervo Lagos, Sara Aída Alarcón Pulido, María De La Luz Hernández Sánchez, Paulina Lema Franco, Rubén De La Paz Mendo Muñoz. Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

máxima (Fm) y el índice Fv / Fm. El análisis de varianza reveló una interacción estadísticamente significativa entre el tipo de soporte y la fase fenológica para Fo, Fm y el índice Fv / Fm. Los resultados indican que las plantas de vainilla cultivadas en soportes con características de hojas caducas presentan modificaciones en la eficiencia cuántica real y potencial del fotosistema II, según los valores del índice Fv / Fm.

Palabras clave: Plantas, fotoquímica, macrofauna.

ABSTRACT

The purpose of this study was to record the photochemical activity of vanilla plants grown under different light conditions provided by trees used as supports in different plantations during three phenological phases: pre-flowering, flowering and post-flowering. Three natural supports were selected, Citrus spp, Erythrina spp and Gliricidia spp, and a fourth one constituted by artificial supports and shade netting.

Chlorophyll induced fluorescence parameters were analyzed, including initial fluorescence (Fo), maximum fluorescence (Fm) and the Fv / Fm index. Analysis of variance revealed a statistically significant interaction between the type of support and phenological phase for Fo, Fm and the Fv / Fm index. The results indicate that vanilla plants grown on supports with deciduous leaf characteristics present modifications in the actual and potential quantum efficiency of photosystem II, according to the values of the Fv / Fm index.

Keywords: Plants, photochemistry, macrofauna.

INTRODUCCIÓN

Las plantas experimentan de manera inherente diversos tipos de estrés debido a las fluctuaciones en las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos. La exposición a niveles elevados de luz puede resultar en fotoinhibición en una amplia gama de plantas (Demmig-Adams y Adams, 1992; Hamilton *et al.*, 1995). La irradiancia, como factor ecológico predominante, ejerce una notable influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas responden a diferentes niveles de radiación solar mediante adaptaciones genéticas y aclimatación fenotípica. Por ejemplo, las hojas que experimentan sombra pueden mostrar una capacidad fotosintética y respiración nocturna por unidad de área inferior, así como una capacidad de transporte de electrones reducida en comparación con las hojas aclimatadas a la luz (Lambers *et al.*, 1998). Las plantas han desarrollado respuestas bioquímicas y evolutivas para optimizar el aprovechamiento de la luz en la fotosíntesis y, por ende, su crecimiento. A pesar de que la mayoría de las plantas recibe más luz de la necesaria para la fotosíntesis, la regulación del proceso de captación de luz se vuelve esencial para equilibrar la absorción, utilización y disipación de la energía lumínica, minimizando el riesgo de daño foto-oxidativo (Müller *et al.*, 2001). La recepción excesiva de luz puede provocar fotoinhibición o fotodaño, resultando en una disminución de la capacidad fotosintética o en la redistribución de la energía absorbida hacia procesos no fotoquímicos, como un mecanismo de fotoprotección (Martin *et al.*, 1999). Un ejemplo concreto es la especie *Guzmania lingulata*, que, al crecer a la sombra, muestra una eficiencia cuántica antes del amanecer de 0.78 y una menor

fijación de CO₂ cuando se expone a una radiación solar de 33.6 molm⁻²d⁻¹, en comparación con *Vriesea jonhei*, una especie que crece bajo la radiación solar directa y presenta una eficiencia cuántica de 0.82 y una alta fijación de CO₂ bajo la misma radiación solar (Griffiths y Maxwell, 1999).

La intercepción de la luz por las hojas resulta en una disminución de esta en el interior del dosel. Las plantas adaptadas a la sombra suelen tener una mayor área foliar específica en comparación con las adaptadas a la luz, permitiéndoles aprovechar de manera más efectiva la cantidad de luz disponible (Lambers et al., 1998).

En el caso específico de la vainilla, una planta perenne, se requiere un nivel de sombreado que oscile entre un 50% y un 70% de luz, dependiendo de la intensidad de la luz solar, con el fin de conservar la humedad del suelo y del aire (Curti, 1995; Hernández, 2009). La vainilla se cultiva comúnmente en sistemas agroforestales de sombra, utilizando árboles hospederos o tutores para proporcionar soporte y, en algunos casos, aportar materia orgánica (Dressler, 1981; Curti, 1995; Sánchez, 1997; Challenger, 1998; Hernández, 2009). En la región vainillera del estado de Veracruz, México, se emplean diversos métodos de cultivo, como plantaciones con tutores de naranjos (*Citrus* sp.), pichocos (*Erythrina* sp.) y cocuites (*Gliricidia* sp.), así como tutores artificiales (cementados y/o troncos) con malla-sombra. Estas diferencias radican en características como el tipo de suelo, la intensidad de luz, la densidad de árboles hospederos, el número de plantas de vainilla por árbol hospederero y las especies de estos últimos, entre otras (Castro-Bobadilla y García-Franco, 2007; Hernández, 2009).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar la respuesta fisiológica de las plantas de vainilla ante las variaciones en los niveles de luz incidente generados por diferentes tipos de tutores, mediante la evaluación de la fluorescencia inducida de la clorofila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de cultivo. La región de investigación abarcó cuatro sitios designados para cada uno de los tratamientos establecidos, situados en la localidad de La Unión, perteneciente al municipio de Tihuatlán, Veracruz, México. En la zona norte del estado, con coordenadas de 18° 27' latitud norte y 96° 21' longitud oeste, a una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar. El clima en este lugar es cálido-regular, con una temperatura media anual de 22° C y precipitaciones abundantes durante el verano y principios de otoño.

La elección de este sitio se fundamentó en informes bibliográficos que indican que en esta región se logran concentraciones elevadas de vainillina en comparación con las obtenidas en el estado de Puebla y otros municipios donde se cultiva la vainilla.

Medición de la radiación luminosa. Se procedió a analizar la radiación luminosa utilizando un luxómetro (modelo 840020 de Sper Scientific) durante un período de un año en cada una de las plantaciones seleccionadas. Los registros se llevaron a cabo cada tercer día y, posteriormente, se calcularon los promedios mensuales.

Fluorescencia inducida de la clorofila. La ejecución del experimento abarcó desde mediados de febrero hasta finales de abril de 2008. Con el propósito de entender la respuesta de las plantas a

los tratamientos, se tomaron registros de las variables asociadas con la fluorescencia inducida de la clorofila. Para analizar la cinética de la inducción de la fluorescencia de la clorofila, se empleó un analizador portátil de eficiencia vegetal PEA (Planta Efficiency Analyzer, Hansatech, King's Lynn, GB). Los parámetros de fluorescencia de la clorofila que se seleccionaron para describir las similitudes y diferencias entre las plantas de vainilla cultivadas bajo distintos tipos de tutores fueron la fluorescencia inicial (F_o), la fluorescencia máxima (F_m) y el índice F_v/F_m . Las mediciones se realizaron cada tercer día, totalizando 7 registros por etapa fenológica a lo largo del período experimental.

Diseño experimental y análisis estadístico. El diseño experimental se llevó a cabo de manera completamente aleatoria, con un arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones. Los factores, junto con sus respectivos niveles, incluyeron el sistema de cultivo (malla-sombra, Citrus spp, Gliricidia spp, Erythrina spp) y la etapa fenológica (prefloración, floración y postfloración). Cada repetición consistió en cuatro plantas. Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), seguido de comparaciones múltiples de medias. Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el programa estadístico SAS para computadora personal (SAS Institute, ver. 8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis de varianza, se observa una interacción estadísticamente significativa entre el sistema de cultivo (tutores) y la etapa fenológica evaluada en relación con la fluorescencia inicial (F_o), la máxima (F_m) y el índice F_v/F_m . El comportamiento del índice F_v/F_m fue consistente en las plantas cultivadas en malla-sombra y con el tutor Citrus sp., mostrando el valor más alto durante la etapa de prefloración, seguido de una disminución en la etapa de floración y un aumento en la última etapa fenológica. En cambio, para las plantas con Erythrina sp. y Gliricidia sp. como tutores, el comportamiento fue menos uniforme, particularmente en las etapas de prefloración y posfloración. Sin embargo, en la etapa de floración, el valor fue superior al alcanzado por las plantas cultivadas en malla-sombra y Citrus spp. en la misma etapa. Este resultado sugiere la posible existencia de diferencias biofísicas en la maquinaria fotosintética entre las plantas desarrolladas bajo una constante incidencia luminosa, lo cual podría estar relacionado con su capacidad para prosperar en la penumbra característica de su entorno, generada por la vegetación del dosel (Berrocal *et al.*, 2002).

La fluorescencia inicial (F_o) mostró una notable heterogeneidad en distintas etapas fenológicas y según el tipo de tutores en los que se desarrollaron las plantas. Sin embargo, cabe destacar que el valor de este parámetro fue más elevado en las plantas cultivadas con Gliricidia como tutor durante las tres etapas fenológicas analizadas. En cuanto a la fluorescencia máxima (F_m), las plantas desarrolladas en malla-sombra y con Citrus sp. como tutor exhibieron un comportamiento más uniforme en comparación con los dos tutores restantes. El valor de F_m fue superior en las plantas de malla-sombra y Citrus sp., seguidas por aquellas desarrolladas en Gliricidia durante la etapa de prefloración. Sin embargo, en las dos etapas fenológicas subsiguientes, las plantas cultivadas con Gliricidia presentaron el valor más alto. La modificación de la relación F_v/F_m se utiliza frecuentemente como un indicador sensible de la eficiencia cuántica real y potencial del

fotosistema II (PSII) en plantas, ya sea con o sin estrés ambiental (Agati *et al.*, 1996). Esta relación suele ser muy estable en hojas saludables, con valores que oscilan alrededor de 0.8-0.83 en plantas vasculares y algas verdes (Peña, 1998; Peña *et al.*, 1999; Ospina *et al.*, 2006). Cuando los valores de F_v/F_m son inferiores a 0.80, puede indicar daño en el aparato fotosintético debido a factores que provocan la inhibición de los centros de reacción del PSII y un aumento en la disipación térmica (Gemel *et al.*, 1997; Heinz, 1999). Valores más bajos pueden deberse a una disminución en F_m , persistente durante varios días, señalando daño al PSII causado por estrés (exceso de luz, temperaturas extremas o frío excesivo). La relación F_v/F_m está estrechamente relacionada con el rendimiento cuántico de la fotosíntesis, medido mediante la producción de O_2 o la absorción de CO_2 a bajas intensidades luminosas (González *et al.*, 2008). La fluorescencia de la clorofila muestra una relación inversa con la tasa fotosintética, según lo indicado por estudios previos (Krause y Weiss, 1984; Lichtenthaler, 1986). En situaciones de estrés que afectan la fotosíntesis, la fluorescencia variable (F_v), la cual comprende la parte variable de la fluorescencia, desde la fluorescencia inicial (F_o) hasta la fluorescencia máxima (F_m), tiende a disminuir. En el contexto de esta investigación, se observa que el índice F_v/F_m se mantiene constante en las plantas cultivadas en malla-sombra y con *Citrus sp.*, donde la incidencia luminosa experimenta poca variación a lo largo del año. Por otro lado, los otros dos tutores muestran una disminución en este índice, sugiriendo que las plantas están experimentando los efectos del estrés, posiblemente causado por la luz. Este indicio se fortalece al notar que la etapa fenológica con el valor más bajo de este índice coincide con el momento en que estos tutores pierden sus hojas como parte de su ciclo de vida. En cuanto a la fluorescencia inicial (F_o), la cual refleja la reacción del pigmento antena, tiende a aumentar en condiciones de estrés, un fenómeno observado en investigaciones previas con herbicidas que bloquean el transporte de electrones fotosintéticos o cuando los centros de reacción de la clorofila del PSII son destruidos foto-oxidativamente (Lichtenhaler y Buschmann, 1984; Lichtenhaler y Rinderle, 1988).

CONCLUSIONES

Las plantas de vainilla cultivadas en un sistema donde la exposición a la luz permanece relativamente constante a lo largo del año experimentan menos daño fotoquímico, lo que debería traducirse en una mayor eficiencia fotosintética. En contraste, aquellas desarrolladas en tutores con características caducifolias experimentan estrés debido a la elevada exposición a la luz, lo que resulta en alteraciones fotoquímicas que, con certeza, impactarán la fotosíntesis neta de estas plantas.

LITERATURA CITADA

Agati, G., Mazzinghi, P., di Paola, M.L., Fusi F., Cecchi, G. 1996. The F680/F730 chlorophyll fluorescent ratio as indicator of chilling stress in plants. *Journal of Plant Physiology*. 148: 384-390.

- Berrocal, S.I., Ortiz, J.C., Peña-Valdivia, C.B. 2002. Yield components, harvest index and leaf area efficiency of a sample of wild population and a domesticated variant of the common bean *Phaseolus vulgaris*. South African Journal of Botany. 68: 205-211.
- Demmig-Adams, B., Adams III, W. 1992. Photoprotection and other responses to high light stress. Annual Review of Plant Physiology. 43: 599-626.
- Gantiva-R., E.-Alberto ; Diez-G., M.-Claudia y Moreno-H., Flavio-H. . Efecto de la interacción luz-agua sobre la fotosíntesis de la *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). Rev. biol. trop [en línea] . 2020, vol.68, n.4, pp.1250-1261. ISSN 0034-7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i4.41385>.
- Gemel, J., Waters-Earhart, B., Ellersieck, M.R., Asfaw, A., Krause, G.F., Puri, V., Lower, W.R. 1997. Photosynthetic electron transport as a bioassay. En: Wang W, Gorsuch WJ, Hughes JS (Ed.) Plants for environmental studies. Nueva York. CRC Press LLC pp. 209-224.
- Griffiths, H., Maxwell, K. 1999. In memory of C. S. Pittendrigh: Does exposure in forest canopies related to photoprotective strategies in epiphytic bromeliads? Functional Ecology. 13: 15-23.
- González, S.M., Perales, H.V., Salcedo, M.O.S. 2008. La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas. Revista de Educación Bioquímica. 27(4): 119-129.
- Hamilton, L., Juvik, J., Scatena, F. 1995. The tropical mountain cloud forest. Springer-Verlag. New York, E.U.A. pp. 1-407.
- Heinz, W. 1999. Photosynthesis Yield Analyzer Mini-PAM: Portable chlorophyll fluorometer, handbook of operation. Heinz Walz GmbH, Alemania.
- Rodríguez-López, T. y Martínez-Castillo, J. 2019. Exploración actual sobre el conocimiento y uso de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en las Tierras Bajas Mayas del Norte, Yucatán, México. Polibotánica. Versión impresa ISSN 1405-2768. Polibotánica no.48 México jul. 2019 Epub 15-Jun-2020. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.13>

Copyright © 2023 Lorenzo Cuervo Lagos, Sara Aída Alarcón Pulido, María De La Luz Hernández Sánchez, Paulina Lema Franco, Rubén De La Paz Mendo Muñoz.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)