

Relación de la temperatura y humedad relativa con el brote del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae**

Relationship between temperature and relative humidity with the outbreak of the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*

Fernando Ramos Quintana¹, Antonio Bautista Hernández^{2§} y Héctor Sotelo Nava³

¹Laboratorio de Investigaciones Ambientales-UAEM. Av. Universidad 1001. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. Tel. (777) 3520936. (ramosfernando747@gmail.com). ²Departamento de Ciencias Computacionales-ITESM. Autopista del Sol, km 104. Colonia Real del Puente, Xochitepec, Morelos, México. CP. 62790. Tel. (228)1009639. (a01091034@itesm.mx). ³Secretaría Académica-UAEM. Av. Universidad 1001. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. Tel. (777) 5239003. (hector.sotelo@uaem.mx). [§]Autor para correspondencia: antoniobautista@live.com.

Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar el comportamiento de la temperatura (T) y humedad relativa (HR) en diferentes zonas de una casa sombra de vainilla y su relación con el brote del *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (FOV). La casa sombra se ubica en Gutiérrez Zamora, Veracruz. Se analizó el comportamiento de T y HR del año 2010 a 2014. Basados en el nivel mensual de precipitaciones, se definieron periodos del año que pudieran favorecer los brotes del FOV. El análisis se apoyó en un conjunto de reglas construidas con información reportada en la literatura, las cuales determinan rangos de T y HR que favorecen los brotes del FOV. Los resultados mostraron que existen relaciones relevantes entre el comportamiento de la T y la HR, las diferentes zonas de la casa sombra y los brotes del FOV durante ciertos periodos del año. Dos de cuatro zonas, coincidieron con rangos de T y HR que favorecieron en mayor medida los brotes del FOV. Se concluye que debido a la orientación de la casa sombra con respecto a la trayectoria del sol y al hecho de estar instalada entre dos cerros, el comportamiento de T y HR en ciertas zonas de la casa sombra favorece el brote del FOV. Para mejorar

Abstract

The objective of this paper is to determine the behavior of temperature (T) and relative humidity (RH) in different areas of a vanilla shade house and its relation with the outbreak of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (FOV). The shadow house is located in Gutiérrez Zamora, Veracruz. The behavior of T and RH from 2010 to 2014 was analyzed. Based on the monthly precipitation level, periods of the year that could favor FOV outbreaks were defined. The analysis was based on a set of rules constructed with information reported in the literature, which determine the ranges of T and RH that favor FOV outbreaks. The results showed that there are relevant relationships between the behavior of T and RH, the different areas of the shadow house and the FOV outbreaks during certain periods of the year. Two of four zones coincided with ranges of T and RH that favored FOV outbreaks. It is concluded that due to the orientation of the shadow house with respect to the path of the sun and the fact of being installed between two hills, the behavior of T and RH in certain areas of the shadow house favored the outbreak of FOV. In order to improve control of FOV outbreaks, it is proposed to use T and RH behavior monitoring systems in different areas of the shadow house.

* Recibido: enero de 2017
Aceptado: marzo de 2017

el control de brotes del FOV, se propone usar sistemas de monitoreo del comportamiento de la T y HR en diferentes zonas de la casa sombra.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum*, casa sombra, enfermedades, invernadero, monitoreo, pudrición, vainilla.

La vainilla es la única orquídea con fruto cultivada comercialmente para la obtención de la vainillina (Ramírez *et al.*, 2015; Koyyappurath *et al.*, 2015). La vainilla necesita de ciertas condiciones para tener un buen desarrollo, como lo son, una temperatura entre 23 y 26°C (Childers, 1948), e incluso entre 20 y 30°C (Hernández, 2011), precipitaciones anuales entre 2 000 y 3 000 mm, una humedad relativa alta, alrededor de 70% y sombra entre 50 y 70% según la época del año (Hernández, 2011).

La producción se ha visto afectada por la aparición del hongo FOV, causando grandes pérdidas a los productores (Pinaría *et al.*, 2015; Adame *et al.*, 2016). El hongo se encuentra alrededor del mundo e infecta al huésped a través de la raíz (Koyyappurath *et al.*, 2015; Pinaría *et al.*, 2015).

Sabemos que el hongo se beneficia por ambientes con niveles de humedad relativa de 74 a 80% y temperaturas que van de los 23° a los 28° (Gangadhara *et al.*, 2010; Benaouali *et al.*, 2014), los cuales se encuentran dentro del rango propicio para el mejor crecimiento de la vainilla (Hernández, 2011). Estos dos factores opuestos hacen que la prevención y el control de la aparición del hongo sea una tarea difícil y costosa, sobre todo en sistemas de cultivo intensivo como lo son las casas sombras e invernaderos, debido a que la alta densidad del número de plantas favorece la infección (Suseela y Dhanesh, 2008).

Además, los métodos actuales de bio-control y uso de fungicidas no han mostrado buenos resultados (Gangadara *et al.*, 2010; Koyyappurath *et al.*, 2015; Adame *et al.*, 2015; Jiménez *et al.*, 2015).

El presente estudio pretende contribuir a mejorar el entendimiento de las causas de los brotes del FOV, cuya complejidad se asocia a su origen multifactorial. En este contexto multifactorial, un problema relevante a resolver es modelar las múltiples interacciones que toman lugar, dificultándose aún más a medida que crece el número de elementos involucrados en las interacciones. Para el presente estudio, tales interacciones toman lugar entre la ubicación geográfica de la casa sombra, su entorno y su relación con las condiciones climáticas y ambientales.

Keywords: *Fusarium oxysporum*, diseases, greenhouse, monitoring, shadow house, rot, vanilla.

Vanilla is the only fruit orchid grown commercially to obtain vanillin (Ramírez *et al.*, 2015; Koyyappurath *et al.*, 2015). Vanilla needs certain conditions to have a good development, such as a temperature between 23 and 26 °C (Childers, 1948), and even between 20 and 30 °C (Hernández, 2011), annual precipitations between 2 000 mm and 3 000 mm, a high relative humidity around 70% and shade between 50 and 70% depending on the time of year (Hernández, 2011).

The production has been affected by the appearance of the FOV fungus, causing great losses to the producers (Pinaría *et al.*, 2015; Adame *et al.*, 2016). The fungus is found around the world and infects the host through the root (Koyyappurath *et al.*, 2015; Pinaría *et al.*, 2015).

It is known that the fungus benefits from environments with relative humidity levels of 74% to 80% and temperatures ranging from 23 to 28 °C (Gangadhara *et al.*, 2010; Benaouali *et al.*, 2014) which are within the propitious range for the best growth of vanilla (Hernández, 2011). These two opposing factors make prevention and control of fungus appearance a difficult and expensive task, especially in intensive farming systems such as shade houses and greenhouse, because the high density of the number of plants favors the infection (Suseela and Dhanesh, 2008).

In addition, current methods of bio-control and use of fungicides have not shown good results (Gangadara *et al.*, 2010; Koyyappurath *et al.*, 2015; Adame *et al.*, 2015; Jiménez *et al.*, 2015).

This paper aims to contribute to improve understanding of the FOV outbreaks causes of, whose complexity is associated with its multifactorial origin. In this multifactorial context, a relevant problem to be solved is modeling the multiple interactions that take place, becoming even more difficult as the number of elements involved in the interactions grows. For this research, such interactions take place between the geographic location of the shadow house, its environment and its relation to climatic and environmental conditions.

The main objective of this research is to prove: first, that the temperature behavior and relative humidity are different depending on the location of selected areas within the

El objetivo principal de este estudio es probar: primero, que los comportamientos de la temperatura y la humedad relativa son diferentes según la ubicación de zonas seleccionadas dentro de la casa sombra; segundo, que la relación entre los comportamientos de T y HR con las condiciones climáticas, la orientación de la casa sombra con respecto a la trayectoria del sol, los periodos importantes de precipitaciones pluviales, el entorno de la casa y las condiciones dentro de la misma, propician que en algunas zonas de la casa se favorezcan las condiciones para los brotes del FOV.

El alcance de la investigación, se basa en el análisis de datos sobre T y HR tomados durante 4 años, apoyados por reglas que definen rangos de T y HR que favorecen los brotes del FOV. Tales reglas fueron desarrolladas con base en información reportada en la literatura. La investigación se limita a una sola casa sombra y a cuatro zonas preseleccionadas dentro de la misma, dentro de un entorno particular (rodeada por dos cerros de altura considerable) y con una particular orientación con respecto a la trayectoria del sol. El estudio se verá enriquecido considerando condiciones diferentes de otras casas sombra o invernaderos. Además, se deben establecer un número adecuado de zonas a estudiar, según el tamaño de la superficie de la casa sombra.

El presente estudio es el inicio del desarrollo futuro de modelos que combinen aspectos ambientales, climáticos y genéticos, que nos den pistas para un mejor entendimiento del problema del FOV y así ayudar a la toma de decisiones para mejorar el desempeño en la producción de vainilla en casas sombras e invernaderos.

Actualmente está en proceso de desarrollo un sistema computacional que ayudará a monitorear en tiempo real el comportamiento de la T y HR, mediante interfaces amigables con el usuario.

Datos importantes sobre la casa sombra: la casa sombra es propiedad de la Compañía Gaya, localizada en Gutiérrez Zamora, Veracruz; localización geográfica: 20° 27' 59.24" latitud norte, 97° 6' 52.56" longitud oeste, 8 km del Golfo de México, clima: cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2009), área de la casa sombra, 200 m², entorno: ubicada entre dos cerros, el cerro oeste tiene una altura de 63 m, el cerro este de 53 m, ambos sobre el nivel del mar. La casa sombra se encuentra a 48 m de altura sobre el nivel del mar. Por lo tanto, el cerro Oeste tiene aproximadamente 15 metros más de altura respecto a la casa sombra (equivalente

shadow house; second, that the relationship between T and RH behaviors with climatic conditions, the orientation of the shadow house with respect to the trajectory of the sun, the important rainfall periods, the environment of the house and the conditions within it, make that in some areas of the shadow house the conditions for FOV outbreaks are favored.

The scope of the research is based on the analysis of T and RH data taken over 4 years, supported by rules that define T and RH ranges favoring FOV outbreaks. Such rules were developed based on information reported in the literature. The investigation is limited to a single shade house and to four preselected zones within it, within a particular environment (surrounded by two hills of considerable height) and with a particular orientation with respect to the sun's path. The research will be enriched considering different conditions of other shade houses or greenhouses. In addition, an adequate number of areas to study, according to the size of the shadow house surface should be established.

This paper is the beginning of the future development of models combining environmental, climatic and genetic aspects that would give us clues to a better understanding of the FOV problem and thus helping decision making to improve performance in vanilla production in shadow houses and greenhouses.

A computer system that will help monitoring the behavior of the T and RH in real time through friendly interfaces is currently under development.

Important information about the shadow house: the shadow house is owned by the Gaya Company, located in Gutiérrez Zamora, Veracruz; geographic location: 20° 27' 59.24" north latitude, 97° 6' 52.56" west longitude, 8 km from Gulf of Mexico, climate: warm-humid with abundant summer rains (INEGI, 2009) Shade, 200 m², surroundings: located between two hills, the west hill has a height of 63 m, the east hill of 53 m, both above sea level. The shadow house is 48 m. high above sea level. Therefore, the West Hill is approximately 15 meters higher than the shadow house (equivalent to a building of 4 to 5 floors) and the eastern hill, 5 meters high with respect to it; HT1 sensors provide temperature and humidity data; precipitation data from 2010 to 2014 were provided by INEGI.

a un edificio de 4 a 5 pisos) y el cerro este, 5 m de altura respecto a ésta; los sensores HT1 proporciona datos de temperatura y humedad; los datos de precipitación de 2010 a 2014 fueron proporcionados por el INEGI.

Se dividió la casa sombra en cuatro zonas (Figura 1), cada una con sensores que proporcionan datos de T y HR, cuyo propósito principal fue encontrar una relación entre el comportamiento de la T y de la HR con los datos de los brotes del hongo en estas cuatro zonas, durante los años 2013 y 2014.

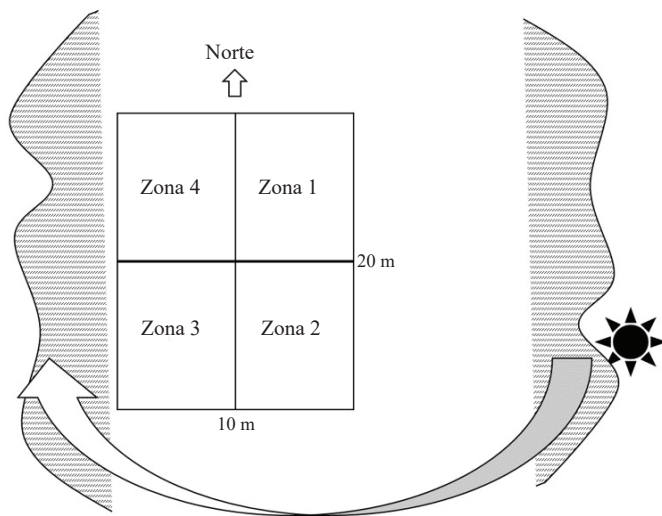


Figura 1. Discretización de la casa sombra en 4 zonas (Z1, Z2, Z3 y Z4).

Figure 1. Discretization of the shadow house in 4 zones (Z1, Z2, Z3 and Z4).

Con base en patrones similares de lluvias en la región de 2010 a 2014, se dividió el año en 3 periodos (Figura 2): de enero-mayo, de junio-septiembre y de octubre-diciembre. Además, se llevó a cabo un análisis más puntual del comportamiento de las lluvias durante los 2013 y 2014, en tres momentos del día: 8:00 am, 12:00 pm y 16:00 pm.

El Cuadro 1 muestra el promedio de T y RH para los tres diferentes periodos en tres diferentes horas y dentro de las cuatro zonas donde se instalaron los sensores.

Para propósitos de este estudio, se construyeron reglas, con base en trabajos realizados que relacionan rangos de T y HR que favorecen los brotes del FOV (Benaouali *et al.*, 2014; Gangadara *et al.*, 2010; Jiménez *et al.*, 2015), la T ideal que favorece los brotes del FOV es de 25 °C, el rango de T de 23

The shadow house was divided into four zones (Figure 1), each with sensors providing T and RH data, whose main purpose was to find a relationship between the behavior of the T and the RH with data of the fungus outbreaks in these four areas during the years 2013 and 2014.

Based on similar rainfall patterns in the region from 2010 to 2014, the year was divided into 3 periods (Figure 2): January-May, June-September, and October-December. In addition, a more punctual analysis of rainfall behavior was carried out during 2013 and 2014, in three moments of the day: 8:00 am, 12:00 pm and 16:00 pm.

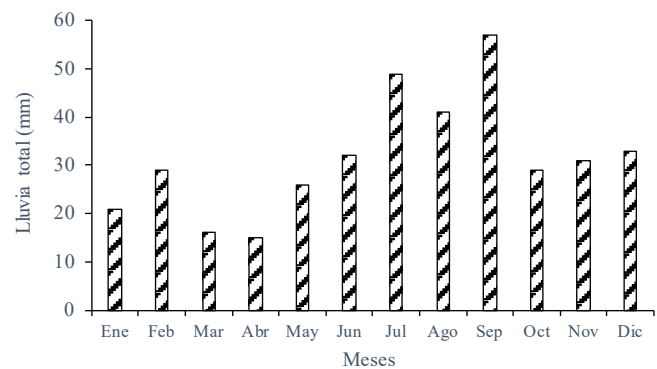


Figura 2. Lluvias totales de 2010-2014.

Figure 2. Total rains of 2010-2014.

Table 1 shows the average T and RH for the three different periods in three different hours and within the four zones where the sensors were installed.

For the purposes of this research, rules were made based on studies reported in the literature, that relate T and RH ranges favoring FOV outbreaks (Gangadara *et al.*, 2010; Benaouali *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2015), which are described below: the ideal T that favors FOV outbreaks is 25 °C, the T range from 23 °C to 28 °C favors FOV outbreaks, T's out of range 23 °C to 28 °C help to reduce FOV outbreaks, 20 °C range of values below 23 °C, help reduce FOV outbreaks; if T's > 30 °C, the outbreaks are better than T's < 20 °C. In other words, FOV outbreaks are better resistant to low T's than to very high T's; RH > 75% favor outbreaks.

Discussion of results based on analysis of Tables 2 and 3. Table 2 shows in column 1 the facts and rules based on T and HR ranges favoring FOV outbreaks. The three periods

°C a 28 °C, favorece los brotes del FOV, T's fuera del rango de 23 °C a 28 °C ayudan a reducir los brotes del FOV, rango de 20 °C de valores menores de 23 °C, ayudan a reducir los brotes de FOV; Si T's > 30 °C, se reducen los brotes mejor que a T's < 20 °C. En otras palabras, los brotes de FOV resisten mejor a T's bajas que a T's muy altas; HR > 75% favorecen los brotes.

considered in this paper are also shown. From column 2 to 5 of Table 2, the number of times each zone satisfies the rule described in column 1 was perceived.

In Table 3, column 1 shows the facts and the rule based on T and RH ranges that do not favor FOV outbreaks.

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa promedio de las cuatro zonas para los tres periodos a tres diferentes horas durante el año 2013.

Table 1. Average temperature and relative humidity of the four zones for the three periods at three different hours throughout the year 2013.

Periodo	Hora	Temperatura (°C)/humedad relativa (%)			
		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Enero-mayo	08:00 am	20.7/70.56	20.87/69.34	21.08/68.99	21.16/69.48
	12:00 pm	28.2/58.24	27.69/57.4	28.36/43.34	28.3/57.56
	04:00 pm	27.74/54.98	27.45/54.16	28.17/53.69	27.95/54.77
Junio-septiembre	08:00 am	26.39/71.2	26.08/71.61	26.02/71.75	25.96/71.65
	12:00 pm	32.9/57.45	32.75/57.88	32.57/47.09	32.60/57.87
	04:00 pm	33.29/56.6	32.85/56.73	32.87/56.77	32.62/56.87
Octubre-diciembre	08:00 am	22.43/69.09	22.24/69.01	22.14/68.76	22.14/69.13
	12:00 pm	27.65/62.42	27.41/62.63	27.57/41.55	27.57/62.49
	04:00 pm	28.01/60.65	27.95/60.81	27.92/60.56	27.93/60.92

Discusión de resultados con base en análisis de los Cuadros 2 y 3. El Cuadro 2, se observa en la columna 1 los hechos y las reglas basadas en rangos de T y HR que favorecen los brotes del FOV. Se muestran los tres periodos considerados en este estudio. De la columna 2 a la 5 del Cuadro 2, se percibió el número de veces que cada zona satisface la regla descrita en la columna 1.

En el Cuadro 3, se muestra en la columna 1 los hechos y la regla basada en rangos de T y HR que no favorecen los brotes del FOV.

Las siguientes observaciones derivadas del análisis de los cuadros anteriores, nos describen cuáles son las zonas que satisfacen en mayor medida la regla que relacionan los rangos de T y HR que favorecen los brotes del FOV. Además, se menciona el periodo donde se dieron, en mayor medida, las condiciones para favorecer los brotes del FOV: 1) zonas con mayor humedad relativa, Z₄ y Z₃; 2) zonas con más bajas temperaturas, Z₄ y Z₃; 3) zonas que han satisfecho, en mayor medida, las condiciones para los brotes del FOV, Z₄

The following observations derived from the analysis of the previous tables, they show which are the zones that satisfy to a greater extent the rule that they relate the ranges of T and RH that favor the outbreaks of FOV. In addition, the period where the conditions for favoring FOV outbreaks were given are the following: 1) zones with higher relative humidity, Z₄ and Z₃; 2) zones with lower temperatures, Z₄ and Z₃; 3) areas which have to a greater extent satisfied the conditions for FOV, Z₄ and Z₃ outbreaks; 4) Z₄, zone with better conditions to favor outbreaks of FOV. Z₁, area with less favorable conditions for outbreaks; 5) according to the values of T and RH, Z₁ presented the lowest number of outbreaks; 6) HR's < 74% and T's > 28 °C are favorable conditions for outbreaks control; 7) most sanitation actions (70%) occurred in zones Z₄ and Z₃, which are areas of higher relative humidity and lower temperatures; 8) the areas that retain the most favorable conditions for the development of FOV were those with more occurrences of FOV outbreaks. Those zones were the Z₃ and the Z₄; and 9) the June-September period largely met the conditions of the FOV outbreak.

y Z3; 4) Z4, zona con mejores condiciones para favorecer brotes del FOV. Z1, zona con menos condiciones favorables para los brotes; 5) de acuerdo a los valores de T y HR la Z1 presentó el menor número de brotes; 6) Las HR's < 74% y las T's > 28 °C, son condiciones favorables para el control de brotes; 7) la mayoría de las acciones de saneamiento (70%) ocurrieron en las zonas Z4 y Z3, que son zonas de mayor humedad relativa y de menores temperaturas; 8) las zonas que retienen más tiempo las condiciones favorables para el desarrollo del FOV fueron aquellas con más ocurrencias de brotes de FOV. Esas zonas fueron la Z3 y la Z4; y 9) el periodo de junio- septiembre satisfizo, en gran medida, las condiciones del brote del FOV.

Derivado del análisis de resultados, se plantea en este trabajo que los siguientes factores también contribuyen a las condiciones de HR y T descritas en el punto 7: los cerros que rodean la casa sombra bloquean la luz solar produciendo sombras sobre ésta a lo largo del día (Figura 3); los escurrimientos de agua causados por las colinas; los efectos de túneles de viento debido a ambos cerros.

Derived from the analysis of results, it is proposed in this paper that the following factors also contribute to the conditions of RH and T described in point 7: the hills surrounding the shadow house block the sunlight producing shadows on it throughout the day (Figure 3); water runoff from the hills; the effects of wind tunnels due to both hills.

Laboratory tests have shown that the development of FOV is more important at T= 25 °C. Growth of FOV is affected as T decreases or increases with respect to T= 25 °C (Gangadara *et al.*, 2010). *Fusarium oxysporum* species also benefit from relative humidity values in the range of 74 to 80% and in environments with higher shade (Benaouali *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2015). The number of areas to be measured depends on the total area of the shade house. In this case each of the four zones covers an area of 50 m². Further study is required to determine the ideal number of zones to be measured. As the number of zones grows, precision grows and the ability to avoid inaccurate and inaccurate data also grows.

Cuadro 2. Confrontación de la regla sobre rangos de T y HR que favorecen, los brotes del FOV contra el número de veces que una zona satisface las reglas correspondientes.

Table 2. Confrontation of the rule on T and HR ranges favoring FOV outbreaks against the number of times an area satisfies the corresponding rules.

Condiciones de T's y HR's que favorecen los brotes del FOV para cada periodo	Número de veces que una Z _x satisface la regla correspondiente para cada zona			
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Enero-mayo: T= [23 °C a 28 °C] y HR> 74%	13	15	15	15
Junio-septiembre: T= [23 °C a 28 °C] y HR> 74%	24	31	37	41
Octubre-diciembre: T= [23 °C a 28 °C] y HR> 74%	6	8	8	8

Cuadro 3. Confrontación de la regla sobre rangos de T y HR que no favorecen, los brotes del FOV.

Table 3. Confrontation of the rule on T and HR ranges that do not favor FOV outbreaks.

Condiciones de T's y HR's que no favorecen los brotes del FOV para cada periodo	Número de veces que una Z _x satisface la regla correspondiente para cada zona			
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Enero- mayo: T= T> 28 °C	158	152	160	158
HR< 74%	306	303	301	302
Junio- septiembre: T= T> 28 °C	183	183	181	180
HR< 74%	241	233	225	222
Octubre- diciembre: T= T> 28 °C	103	102	103	102
HR< 74%	232	230	228	228

Las pruebas de laboratorio han mostrado que el desarrollo del FOV es más importante a $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$. El crecimiento del FOV es afectado a medida que la T decrece o aumenta con respecto a $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Gangadara *et al.*, 2010). Las especies *Fusarium oxysporum* también se benefician de los valores de la humedad relativa en el rango de 74 a 80% y dentro de ambientes con mayor sombra (Benaouali *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2015). El número de zonas a medir depende del área total de la casa sombra. Para el caso presente cada una de las cuatro zonas cubre un área de 50 m^2 . Se requiere un estudio posterior para determinar el número ideal de zonas a medir. A medida que el número de zonas crece, la precisión crece y entonces la capacidad de evitar datos erróneos e imprecisos también crece.

Conclusiones

En este estudio se concluye que los comportamientos de T y HR son afectados por las condiciones climáticas, la orientación de la casa sombra con respecto a la trayectoria del sol, los periodos importantes de precipitaciones pluviales y el entorno de la casa sombra, propiciando así que en algunas zonas de la casa se favorezcan las condiciones para los brotes del FOV.

Se recomienda desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita vigilar los valores de T y HR en diferentes zonas de la casa sombra o invernadero.

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa Gaya, en especial a la señora Norma Gaya, por permitirnos trabajar en sus instalaciones y por proporcionar información necesaria para este estudio.

Literatura citada

- Adame, J.; Luna, M. and Iglesias, L. G. 2016. Vanilla Rhizobacteria as antagonists against *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae. *Int. J. Sc. Nature*. 18(1):23-30.
- Benaouali, H.; Hamini, N.; Bouras, A.; Benichou, S. L.; Kihal, M. and Henni, J. E. 2014. Isolation, pathogenicity test and physicochemical studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. radialis lycopersici. *Adv. Environ. Biol.* 8(10):36-49.



Figura 3. Casa sombra a las faldas del cerro oeste.
Figure 3. House shadow to the slopes of the West Hill.

Conclusions

In this paper it is concluded that T and RH behaviors are affected by climatic conditions, the orientation of the shadow house with respect to the sun tray, the important periods of rainfall and the environment of the shadow house, making that in some areas of the house the conditions for FOV outbreaks are favored.

It is recommended to develop a real-time monitoring system to monitor T and RH values in different areas of the greenhouse shadow house.

End of the English version



- Childers, N. F. 1948. Vanilla culture in Puerto Rico. Washington, D. C.: U. S. Dept. of Agriculture. 28. United States. 77-94 pp.
- Gangadara, N. B.; Saifulla; Nagaraja, R. and Basavaraja, M. K. 2010. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae, the causal agent of stem rot of vanilla in vitro. *Int. J. Sci. Nature*. 2(1):259-261.
- Hernández, J. 2011. Producción de planta de calidad de vainilla. INIFAP. México. Folleto Técnico Núm. 60. 32 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Gutiérrez Zamora, Veracruz de Ignacio de la Llave. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. México. 9 p.
- Jiménez, K.; Schmidt, A.; Quesada, M. y Moreira, I. 2015. Aislamiento de una bacteria endófitas de vainilla (*Vanilla planifolia*) con actividad biocontroladora *in vitro* contra *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae. España. *Tecnología en Marcha*. 28(2):116-125.

- Koyyappurath, S.; Conéjéro, G.; Bernard, J.; Lapeyre, F.; Jade, K.; Chiroleu, F. and Grisoni M. 2015. Differential responses of vanilla accessions to root rot and colonization by *Fusarium oxysporum* f. sp. radicis-vanillae. *Frontiers in Plant Sci.* 6:1125.
- Pinaria, A. G.; Laurence, M. H.; Burgess, L. W. and Liew, E. C. Y. 2015. Phylogeny and origin of *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae in Indonesia. *Plant Pathol.* 64:1358-1365.
- Ramírez, M. A.; Iglesias, L. G.; Luna, M. and Castro, A. A. 2015. *In vitro* phytotoxicity of culture filtrates of *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae in *Vanilla planifolia* Jacks. *Sci. Hort.* 197:573-578.
- Suseela, R. and Dhanesh, J. 2008. Occurrence of fungal diseases in vanilla (*Vanilla planifolia andrews*) in Kerala. India. *J. Spi. Aromatic Crops.* 17(2):140-148.