

INFLUENCIA DEL FITOMAS-E, PECTIMORF, OLIGOELEMENTOS Y EXTRACTO DE SÁBILA (*aloe vera*) EN LA SUPERVIVENCIA DE LAS PLÁNTULAS DE *NICOTIANA TABACUM* (TABACO) DURANTE EL ESTRÉS POSTRASPLANTE

Autores: Yenssy Acosta Aguiar¹, Alejandro Izquierdo Medina¹, Maria Jó García².

1. Estación Experimental del Tabaco. Finca Vivero, San Juan y Martínez, Pinar del Río. C.P. 23200
2. Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca. Pinar del Río, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Con los cambios climáticos actuales y el pronóstico que se realiza para el siglo XXI, las especies vegetales están expuestas al incremento de la temperatura, disminución de las lluvias y la emisión de gases efecto invernadero, entre otros factores los cuales tienen tendencia a mostrarse de forma estresante para los cultivos; esto hace que crezca la vulnerabilidad de los mismos. Ante este peligro latente es necesario conocer que las plantas no se encuentran sometidas a un solo factor que les provoque estrés sino a un conjunto diverso de factores que actúan sobre ella a la vez, unido a esto en el cultivo del tabaco están los factores antropogénicos que estresan aún más a las plantas, como es el caso del trasplante, esto hace necesario estudiar alternativas fundamentadas científicamente, que permitan precondicionar a las posturas para resistir y sobrevivir el efecto postrasplante, de forma tal que se garantice un mejor desarrollo morfológico y fisiológico de las plantas, para una mayor uniformidad en el campo.

Dentro de los efectos que se generan en las plantas estresadas están; incremento de la peroxidación, como plantea Willekens *et al.* (1997), disminución del contenido clorofílico según Izquierdo, (2007) y Peterson *et al.* (1993) lo que genera además disminución en la capacidad depuradora de peróxido de hidrógeno exógeno en hojas según Izquierdo *et al.* (2009) Y teniendo en cuenta lo que plantea Kume *et al.* (1997) que como los niveles de estrés oxidativos pueden variar de tiempo en tiempo, los organismos son capaces de readaptarse a esas fluctuaciones, con la inducción de la síntesis de enzimas antioxidantes y enzimas removedoras / reparadoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de campo se realizó en las áreas de la Estación Experimental del Tabaco, ubicados en la finca, "Vivero"; municipio San Juan y Martínez, provincia Pinar del Río, con el objetivo de determinar el efecto antiestrés durante el establecimiento de la plantación de tabaco, de las aplicaciones de Sábila, FitoMas-E, Pectimorf y Oligoelementos (Bayfolan Forte) y sus combinaciones para lograr una mayor supervivencia de plantas en el campo. Donde se estudiaron 15 combinaciones en un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones.

Tratamientos

1-F	9-PS
2-P	10-BS
3-B	11-FPB
4-S	12-FPS
5-FP	13-FBS
6-FB	14-PBS
7-FS	15-FPBS
8-PB	

Concentraciones usadas

FitoMas-E (F) 5 ml/L
Pectimorf (P) 10 g/L
Bayfolan Forte (B) 5 ml/L
Extracto de Sábila (S) 60 ml/L

Los tratamientos se realizaron en el semillero sobre las hojas antes del arranque y posterior a este las raíces se sumergieron en los mismos productos que las hojas durante un minuto. Se utilizaron posturas de la variedad de tabaco negro "Criollo 98" (García *et al.*, 2002).

Antes del trasplante se realizó una fertilización de fondo con el fertilizante fórmula 12-6-16-3 a razón de 1/3 de la dosis total recomendada para dicho cultivo, con el objetivo de incrementar las condiciones de estrés hídrico durante el trasplante.

Las demás actividades se desarrollaron según Manual Técnico para el Cultivo del Tabaco al sol ensartado (MINAG, 2001).

A los 15 días de plantado el experimento se realizaron las observaciones morfológicas siguientes: Número de plantas vivas, Número de raíces y hojas emitidas, valores SPAD de clorofila según Izquierdo (2007) y depuración de peróxido de hidrógeno exógeno (resistencia al estrés) según, Izquierdo (2009).

A los datos primarios obtenidos de las observaciones en las parcelas, se les determinó la normalidad. Para los análisis se utilizaron las medias de los valores y a los índices cuyos valores describieron una distribución normal, se les aplicó un análisis de varianza de clasificación doble y las diferencias entre las medias se establecieron a partir de la prueba de rangos múltiples de Dúncan para el 5% de probabilidad del error.

Los análisis estadísticos se realizaron con ayuda del Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Temperatura y humedad relativa.

La Figura 1 nos indica que la humedad relativa nunca alcanzó el 80% y la temperatura no sobrepasó los 24 grados (Figura 2). Con respecto a la temperatura, esta no constituyó un factor estresante, para el caso de la humedad relativa si resultó baja lo que estuvo dado por la no presencia de precipitaciones, esta resulta fundamental para la recuperación de los trasplantes, ya que se les provoca una alta tensión hídrica por el hecho de la disminución del volumen radical y la pérdida de la continuidad con los capilares el suelo que le suministran el agua, además que el arranque no disminuyó o afectó el área foliar por donde la planta pierde la mayor cantidad de agua.

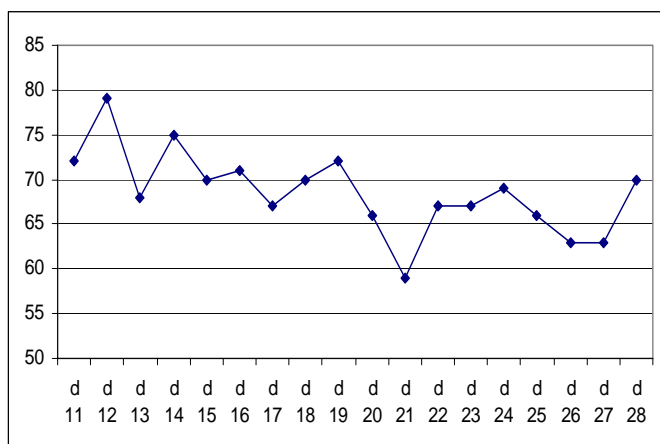


Figura 1: Humedad relativa promedio diaria entre la segunda y tercera decena

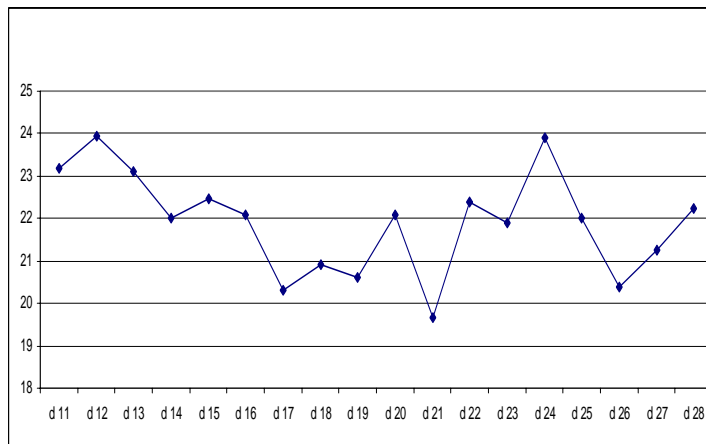
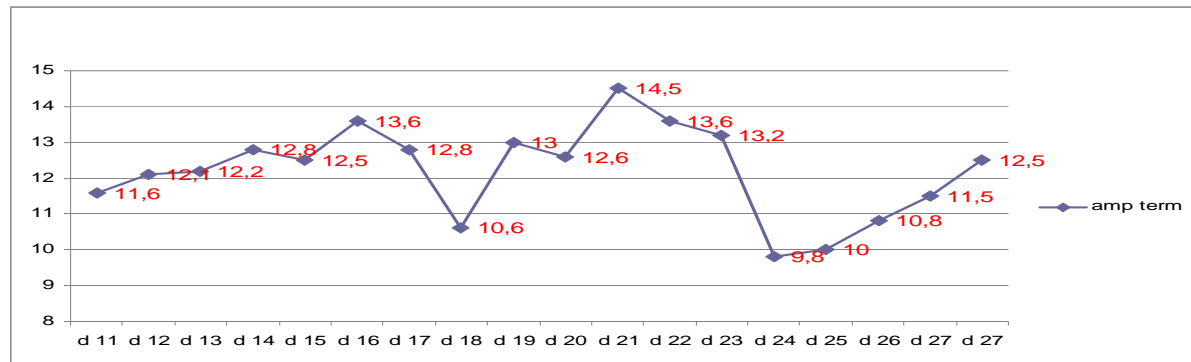


Figura 2: Temperatura promedio diaria entre la segunda y tercera decena de febrero.

Amplitud térmica

La figura 3 muestra la amplitud térmica diaria durante la segunda y tercera decena de febrero. Durante el estudio se presentaron valores por encima de 10 °C de amplitud térmica solo el día 24 de febrero presentó un valor inferior. Para el caso de las plantas C3 y en específico para el tabaco este parámetro por debajo de 10 puede estresar la planta, por un incremento de la foto-respiración y un mayor consumo de fotoasimilados con respecto a su producción (Willekens *et al.* 1997). Además incrementa la producción de peróxido de hidrógeno endógeno, lo que compromete al complejo enzimático a depurar dicho exceso de peróxido, esto puede retardar la recuperación de los trasplantes. Según Izquierdo (2007) valores de amplitud térmica por encima de 10 °C resultan favorables para el cultivo, por lo que este parámetro no constituyó una condición estresante durante el estudio.



Ozono troposférico

La tabla uno muestra los eventos de ozono troposférico durante el período de estudio, en los primeros seis días no se presentaron impactos de este agente pululante, aunque en este período los trasplantes no son mayormente afectados pues las hojas presentan sus estomas cerrados. A partir del séptimo día y hasta el último del estudio se presentaron 8 eventos de impactos de ozono en un período en que las plantas comienzan a transpirar y están más expuestas a los efectos dañinos del ozono, el cual según Enyedi (1996) plantea que al penetrar en los tejidos y membranas provoca un estrés oxidativo que desencadena un incremento en la producción de peróxido de hidrógeno endógeno, el cual puede provocar la muerte de estos. Izquierdo (2007) y Peterson (1993) demuestran que bajo dichas condiciones de estrés disminuye el contenido clorofílico y la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno en discos de hojas, lo que puede retardar la recuperación producida por el estrés pos-trasplante y provoca pérdidas de plantas.

Tabla 1 Eventos de ozono troposférico entre el 9 y 28 de febrero.

Días	Ozono	Días	Ozono	Días	Ozono
9	sin impacto	15	leve	22	leve
10	sin impacto	16	sin impacto	23	severo
11	sin impacto	17	severo	24	severo
12	sin impacto	18	sin impacto	25	sin impacto
13	sin impacto	19	sin impacto	26	sin impacto
14	sin impacto	20	severo	27	sin impacto
		21	severo	28	severo

Raíces emitidas a los quince días del trasplante.

Para el caso del número de raíces emitidas al cabo de los quince días del trasplante en la Figura 4 se muestra que la combinación Sábila FitoMas-E resultó estadísticamente superior, seguido por Sábila sola, por la combinación FitoMas-E-Bayfolan-Sábila y la combinación de todas las sustancias. Este aspecto resulta importante no solo para lograr una mayor toma de agua y con ello la supervivencia sino también para lograr una mayor absorción de nutrientes dado el incremento de las raíces. Según Rodríguez (2004); señala que el extracto de *Aloe vera* brinda el mejor comportamiento particularmente con relación a la formación de raíces lo que demuestra la posible presencia de actividad auxínica en el mismo, lo cual concuerdan con Jó María *et al.* (2005-2006) y con estos resultados.

Moya *et al.* (2008) plantean que la utilización del FitoMas-E brinda un efecto sobre el crecimiento vegetal y por los resultados obtenidos se aprecia que el FitoMas-E contiene en su composición elementos auxínicos y citoquinínicos que hacen posible la interacción con el balance endógeno de la planta para favorecer la elongación y división celular. Un efecto biológico similar atribuyen Benítez *et al.* (1996) a los oligosacáridos en los medios de cultivo de células vegetales *invitro* ya que puede ser del tipo auxínico o citoquinínico en dependencia del balance hormonal en el medio. Esto puede ser la causa del efecto sinérgico entre dichas sustancias, que sería necesario dilucidar en otros trabajos.

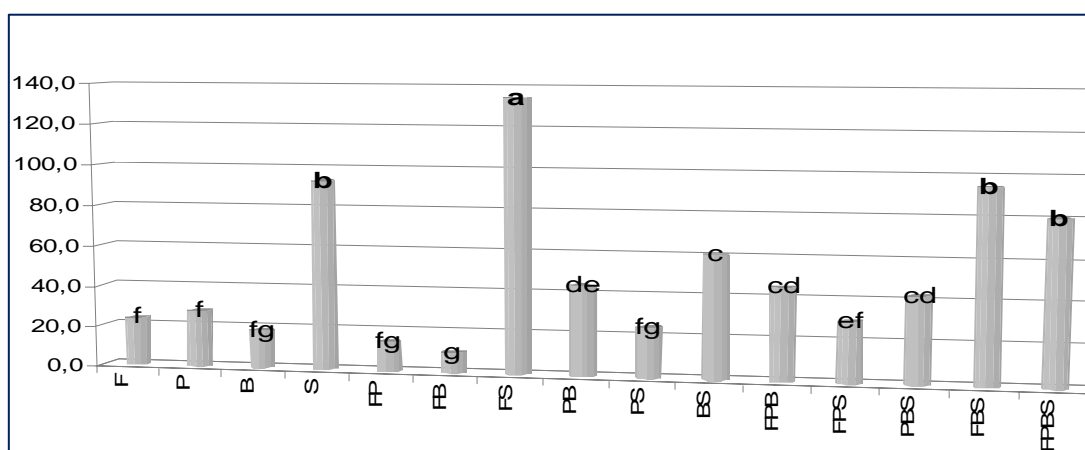


Figura 4: Efecto de las aplicaciones de F, P, B, S en el número de raíces emitidas a los 15 días del trasplante. CV= 23.25 %, Es $\pm x = 5.2206$

Hojas emitidas a los quince días del trasplante

La Figura 5 muestra el efecto de las aplicaciones de F, P, B, S y sus combinaciones en el número de hojas emitidas a los 15 días del trasplante donde resultó favorable la aplicación de Sábila. Resultados similares obtuvo Rodríguez y Echevarria, (2004), donde no se diferenció la Sábila combinada con el FitoMas-E, y a su vez resultó estadísticamente similar al Pectimorf y a las combinaciones FBS y FPBS. En este caso no se presentó un efecto sinérgico entre los productos aplicados ya que sus combinaciones resultaron inferior a la Sábila sola, sobre todo para el caso de la combinación Pectimorf Sábila (PS) ya que resultaron las sustancias individuales las de mayor emisión de hojas. Esto se explica porque que el efecto biológico de este oligosacárido (Pectimorf) puede ser variado en dependencia del balance hormonal en el medio (Benítez *et al.* 1996); aspecto que pudo modificar la emisión de hojas al combinarlo con la Sábila. Una de las condiciones de estrés que más incidió fue los golpes de ozono troposférico los cuales afectan fundamentalmente las hojas y por tanto su emisión. En este caso la Sábila resultó la

sustancia de mayor posibilidad para evitar dicho efecto por la presencia de catalasas así como la estimulación en la formación de sustancias de este tipo (Rodríguez, 2006).

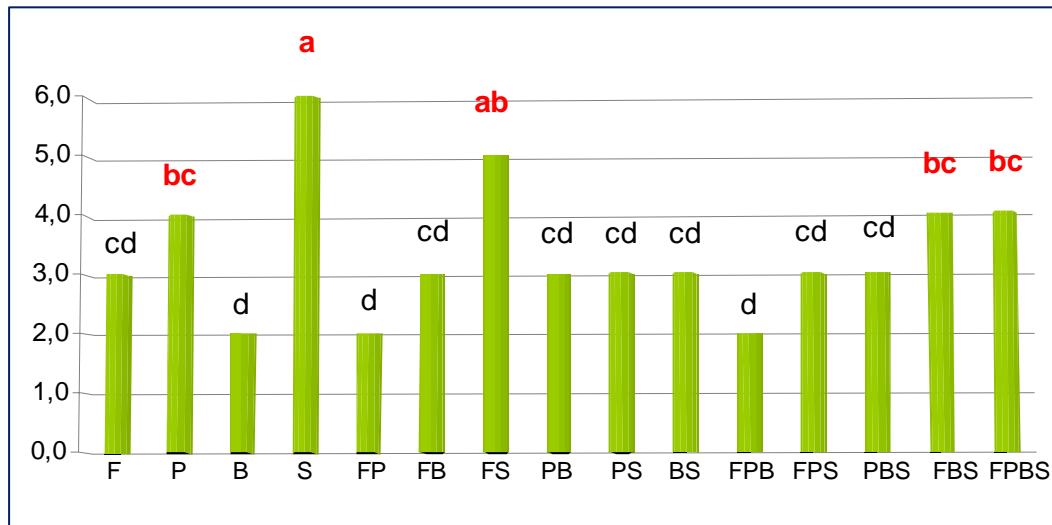


Figura 5: Efecto de las aplicaciones de F, P, B, S en el número de hojas emitidas a los 15 días del trasplante. CV= 24.17 %, Es $\pm x = 0.3581$

Contenido clorofílico

El efecto de las aplicaciones de F, P, B, S y sus combinaciones en el contenido clorofílico a los 15 días del trasplante se muestra en la Figura 6. El contenido de clorofila refleja el grado de recuperación de los tratamientos al estrés biótico y abiótico durante el trasplante, resulta directamente proporcional a la resistencia al estrés y establece contenidos adecuados de clorofila igual o superior a 42 SPAD, Izquierdo (2007).

El contenido de clorofila para las sustancias en estudio aplicadas individualmente, el FitoMas-E y el Bayfolan resultaron superiores al igual que las combinaciones FB, FS, FPS, FBS y FPBS. Las aplicaciones de Sábila sola, Pectimorf, y las combinaciones PB y FPB resultaron las de menores contenidos clorofílicos. Para el caso de la Sábila resultó interesante ya que este tratamiento individual presentó buenos efectos en cuanto a la emisión de raíces y de hojas (Figuras 4 y 5). Esto puso de manifiesto su efecto en la regulación general sobre el metabolismo de las plantas a las que es aplicado, pero no se manifestó en un incremento del contenido clorofílico lo que resultó contradictorio e interesante, pues Peterson (1993) plantea que la clorofila se reduce o es baja en planta estresada e Izquierdo *et al.* (2007) estableció además que la resistencia y el contenido clorofílico resultan directamente proporcional.

Dentro de los efectos del extracto de Sábila, sustancia que incorpora infinidad de metabolitos hormonales y antiestrés, direccionó el metabolismo hacia la formación de sustancias antiestrés sobre todo la catalasa que compete en este caso con la clorofila al tener similar ruta biosintética, según plantea Barceló (2001). Por otra parte Peterson *et al.* e Izquierdo *et al.* refieren sus estudios con problemas nutricionales lo que pudiera afectar tanto la síntesis de catalasas como a las clorofilas y por eso debe existir relación entre el contenido de catalasa y de clorofila, por lo que la Sábila en este estudio proporcionó el equilibrio hormonal y los metabolitos necesario para la formación de sustancias antiestrés y no de la clorofila.

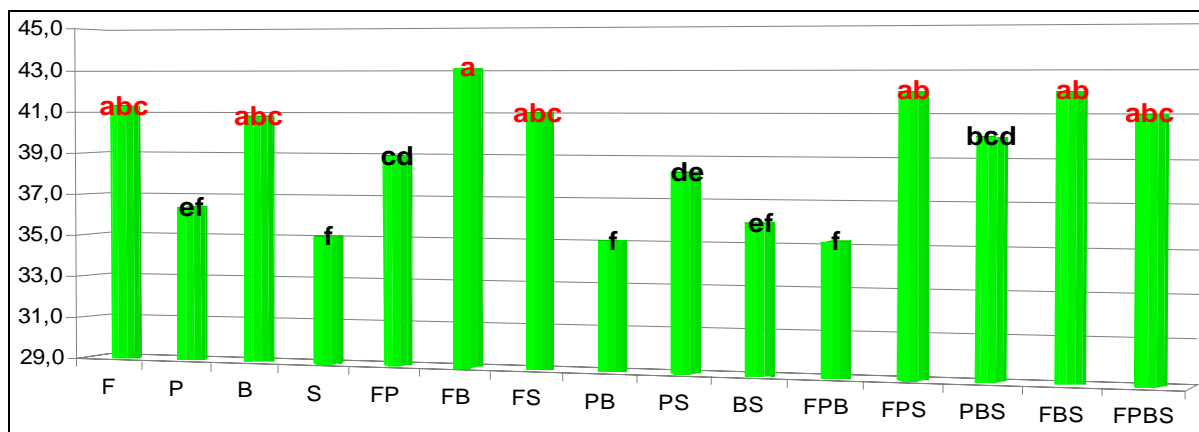


Figura 6: Efecto de las aplicaciones de F, P, B, S en el contenido clorofílico a los 15 días del trasplante. CV = 4,72, Es $\pm x = 0,8227$

Depuración de peróxido de hidrógeno exógeno

La depuración de peróxido de hidrógeno exógeno en tejidos de hojas es un parámetro que al igual que la clorofila refleja el grado de recuperación de los tratamientos al estrés biótico y abiótico durante el trasplante Izquierdo *et al.* En la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno el Pectimorf presentó el más bajo efecto y los mejores tratamientos resultaron las combinaciones FS y FBS sin diferencia estadísticas con el FPBS, pero este a su vez no se diferencia de la aplicación del extracto de Sábila solo, en este parámetro se destacó además como elemento individual el FitoMas-E, pero tanto la Sábila como el FitoMas-E no llegaron a superar el efecto sinérgico de sus combinaciones.

El FitoMas-E, es un bioestimulante que ejerce una gran influencia en el desarrollo de las plantas por su poderoso efecto antiestrés, el cual se ha demostrado en casos de sequía, exceso de humedad, desequilibrios nutricionales y salinidad (Montano *et al.*, 2005). Por otra parte el extracto de Sábila contiene vitamina C (ácido ascórbico) y la enzima catalasa que se consideran benéficos ya que pueden retardar el oscurecimiento de algunos tejidos recalcitrantes, debido a su capacidad para actuar como agente reductor y antiestrés (Rodríguez, 2006). Esto justifica sus efectos individuales en la resistencia al estrés, pero su efecto sinérgico esta dado por una regulación hacia dicho metabolismo inducido por la sábila, esta mejora la resistencia al estrés sin incrementar la clorofila (Figura 6) contrario al efecto del FitoMas-E. La Sábila ejerce una mayor influencia en la regulación hacia la formación de sustancias antiestrés y también el FitoMas-E posee efecto antiestrés, pero su equilibrio hacia la formación de dichas sustancias es regulado por el equilibrio hormonal de la planta el cual debió ser proporcionado por la Sábila en estos casos al aplicarlos combinados.

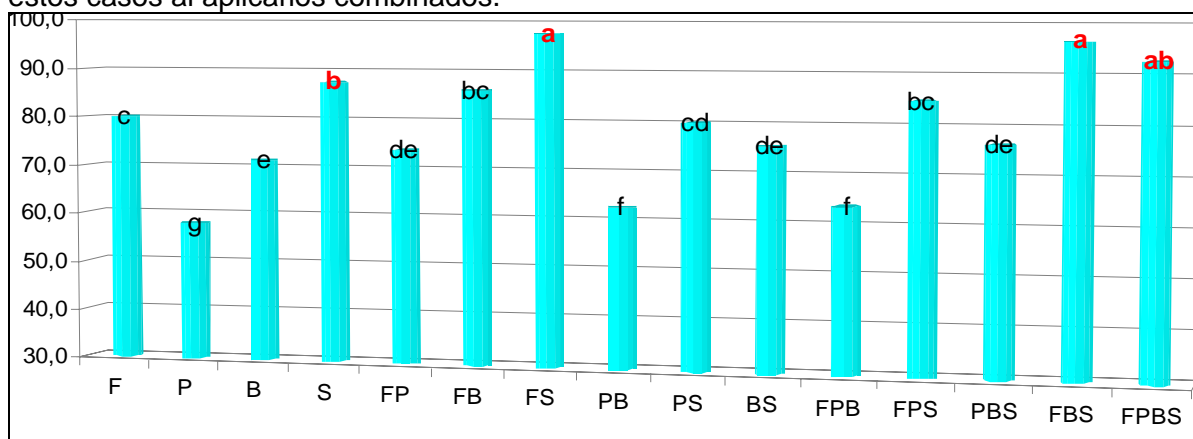


Figura 7: Efecto de las aplicaciones de F, P, B, S en la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno en disco de hojas a los 15 días del trasplante. CV= 6,67%, Es $\pm x = 2,3674$

Supervivencia de las plantas a los 15 días del trasplante

En la supervivencia de la plántulas durante el trasplante y posterior a este intervienen factores internos y externos a la planta, en los internos fundamentalmente, reservas energéticas, característica de resistencia a estrés bióticos y abióticos, entre otros y los factores externos, los patógenos, el clima y las condiciones de suelo, así como las relacionadas con el manejo de las posturas.

Las aplicaciones de Sábila FitoMas-E Bayfolan y Pectimorf se supone que mejoren las características internas para resistir las condiciones desfavorables durante dicho período en el cultivo.

En este caso el número de plantas que sobrevivieron por tratamiento resultó favorable al aplicar Sábila sola o FitoMas-E y Sábila combinados, seguido por la combinación sábila FitoMas-E Bayfolan, el Pectimorf no presentó efecto en el nivel de supervivencia ni al combinarlo con otras sustancias.

La sábila además de los efectos enumerados anteriormente como resistencia al estrés, emisión de hoja y raíces entre otros, posee taninos que están relacionados con la resistencia de las plantas a las infecciones y se consideran potentes agentes antifúngicos, (Castillo 2002). Esto pudo ser una de las causas que mejoró además el grado de supervivencia de las plantas pos-trasplante con la aplicación de sábila.

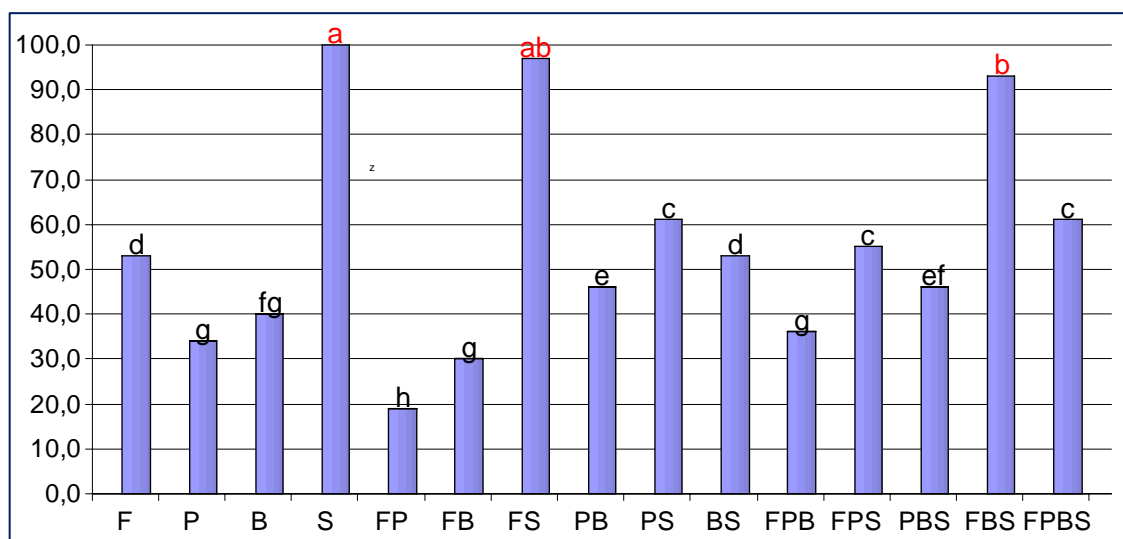


Figura 8: Efecto de las aplicaciones de F, P, B, S en la supervivencia de las plantas a los 15 días del trasplante. CV = 9,92, Es $\pm x = 2,4147$

CONCLUSIONES

- La aplicación individual de extracto de sábila (*Aloe vera*) presentó los mejores efectos en la emisión de hojas, de raíces, en la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno y en la supervivencia de las plantas, El FitoMas-E, y el Bayfolan F mejoraron el contenido clorofílico.
- La combinación de sábila-FitoMas-E mostró un efecto sinérgico en la emisión de raíces y en la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno (resistencia al estrés) y la combinación FitoMas-E-Bayfolan presentó un efecto sinérgico en el contenido clorofílico. La combinación sábila - FitoMas-E demostró los mejores efectos en los parámetros estudiados.

REFERENCIAS

1. Barceló J., Nicolás G., Sabater B., Sánchez R.: Fisiología Vegetal ED. Pirámide Madrid España pp. 553. 2001
2. Benítez, B; A. Núñez; A Yong.: Efecto de aspersiones foliares con una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento de plantas de palma areca (*Dypsis lutescens* H. Wendel). 1996.
3. Castillo N. Productos que se pueden obtener de la sábila Frontera activa Salud/ Aloe o sábila. 2002.
4. Enyedi, A. J. Effect of active oxygen scavenger on lesion size and salicylic acid levels in leaves of TMV- inoculated tobacco. *Phytopathology*. 80: 11-86, 1996.
5. Izquierdo A., Diagnóstico y recomendaciones nutricionales para el incremento de los rendimientos de tabaco tapado. Logro económico IIT. 2007.
6. Izquierdo A.: Método de depuración de peróxido de hidrógeno exógeno. Logro científico. IIT. 2009
7. Jo, Maria.: Algunas experiencias en la utilización del Aloe vera en la preparación de medios de cultivo. Departamento de Biología 1, Departamento Agropecuario 2 de la Universidad de Pinar del Río; Biofábrica de Pinar del Río. 2005-2006.
8. Kume N, Kita T. Endothelial activation in atherogenesis roles of oxidized low density lipoproteins and lipophosphatidyl'choline. *Atherosclerosis*. 134 (1-2): 201. 1997.
9. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones del Tabaco.: Instructivo Técnico para el Cultivo del Tabaco. La Habana: SEDAGRI / AGRINFOR, 24 p. 2001.
10. Montano, R, Villar J. y García A.: FitoMas-E, bionutriente derivado de la Industria Azucarera. Resúmenes Biotecnología Habana. pág. 212. Nov 27 – Dic 2, CIGB, Habana, Cuba. 2005
11. Moya, M; Cabezas, D; Montero, D; Marrero, G; Salazar, L y Mendosa, L. efecto del FitoMas-E y del Biobras – 16 sobre algunos indicadores del crecimiento en la micropropagación del plátano manzano (*MUSA SPP.*) 2008.
12. Peterson, T. A.: Neb Guide: Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management. Cooperative Extension, Institute of agriculture and Resources, University of Nebraska – Lincoln. No. G93 – 1171 - A. 1993.
13. Rodríguez H. Echevarria I. Gel de *Aloe vera* L N.L. Burm y harina de sagú como soporte sólido de medios de cultivo para plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. pág.11 2006.
14. Willekens, H; Chamnongpol, Sangpen.: Catalasa is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C₃ plants. 1997