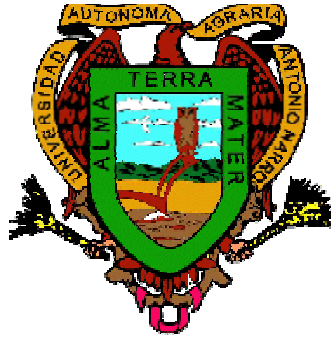


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Reducción Del Estrés Por Frío Mediante El Uso De BioColdProt® En Belén
(*Impatiens walleriana*) y Coleo (*Coleus blumei*).**

Por:

Lucia López Memetla

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2004.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Reducción Del Estrés Por Frío Mediante El Uso De BioColdProt® En Belén
(*Impatiens walleriana*) y Coleo (*Coleus blumei*).**

Por:

Lucia López Memetla

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Aprobado por:

M.C. José Antonio González Fuentes
PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
SINODAL

Dra. Norma A. Ruiz Torres
SINODAL

M.C Alfonso Rojas Duarte
SINODAL

M.C. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISIÒN DE AGRONOMIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre del 2004

"De todas las ocupaciones del hombre
que derivan beneficio alguno,
no hay ninguna tan amable, tan saludable y
tan merecedora de la dignidad del hombre
libre,
como la
"Agricultura".

CICERON

DEDICATORIA

Este trabajo reflejó un esfuerzo muy especial el cual concluyó con la culminación de mis estudios profesionales y el cual me permito dedicar con mucho amor, cariño, respeto, honestidad y sobre todo humildad a:

A Dios padre creador, por haberme dado la vida, permitirme realizar esta ilusión y por estar conmigo cuando siempre lo necesite. Gracias Jesús por todos estos favores.

Mis padres.

Sr. Mariano López Suárez.

Sra. Lorenza Memetla Cacahuatitla.

Por haberme dado la vida y hacer un sacrificio muy grande, brindarme su apoyo, amor y confianza, pues sin esto yo no seria nada. Realmente GRACIAS no tengo palabras para expresar todo lo que siento por ustedes. Son mi ejemplo a seguir. Los amo, quiero, admiro y respeto.

A mis hermanos.

Verónica López Memetla., Juan López Memetla, Jesús López Memetla, __Miguel Ángel López Memetla, Alejandro López Memetla., Mario López Memetla, __y a ti querido primo Adrián López Vargas.

Por todo su apoyo en las buenas y malas, por toda su confianza, todo esto se los debo y en especial a ustedes. Los Quiero y Admiro Con Toda Mi Alma. Son los mejores hermanos que Dios me pudo conceder.

A mí cuñado y cuñadas.

Rafael Tlalacalco Suárez.

Estela López Gayosso.

Isabel Ramírez Suárez.

Por su amistad y cariño, gracias por ser tan lindos.

A mis sobrinos.

Conchita, Juanita, Laurita, Rafael, Luís, Toño, Jesusin, Adrianita, Mary, Lili y de una manera muy especial a ti Miguel Ángel porque ya eres mas que un sobrino, te quiero chiquito lindo y siempre estas en mi corazón.

A mi novio

Ing. Juan Luís Fraire Huerta porque pasaste a ser un factor muy importante en mi vida, por tus consejos, apoyo, aliento, amor, cariño, amistad, comprensión y porque simplemente **Te Amo** además de ser un ejemplo admirable a seguir. Te quiero mucho y espero que sea para toda la vida.

A mis amigos de la generación XCII de Zootecnia siempre los llevare en mi mente.

A todos mis amigos y amigas en especial:

Silvino Hdz Camberos, Cuauhtemoc Rivera Fajardo y Nicolás Ayala Monroy, siempre los voy a llevar en mi corazón.

Jeset J, Julio Jesús Reyna, Rodolfo Landa, Eduardo M, Adelita Silvestre Castañeda, Olga M, Ita Anguiano, Rosina Rodríguez, Rosi V, Lucia Ramírez, Adrián D, Abigail S, Juan Carlos Hdz, Liliana, Dolores, Marisol, Rut Vanessa, Nazario, Chuito, Francisco de la Torre, Oswaldo V, Sergio Mundo, Víctor Sandoval, Juan P, Jorge C, Manuel C.

A todos mis compañeros de la generación XCVIII de Horticultura.

A mis compañeras y amigas del internado HIDALGO en especial a las chicas del cuarto 2. Lety Velasco, Lupita Pereyra. Gladis G, Imelda S, Martha A. Nunca las voy a olvidar Gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS

A mi **ALMA MATER** por haberme acogido en su seno y permitirme realizar como profesionista y emprender un nuevo camino en mi vida.

Al **M.C José Antonio Gonzáles Fuentes**, por su confianza depositada en mi persona para llevar a cabo la realización de este trabajo de investigación. Gracias por su tiempo, confianza, conocimientos aportados y amistad sincera.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza**. Por sus apoyos brindados para la realización de esta investigación además de todas aportaciones.

A la **Dra. Norma A. Ruiz Torres** por sus conocimientos aportados, tiempo y ayuda incondicional en la elaboración de esta tesis.

Al **M.C. Alfonso Rojas Duarte**, por su participación en la revisión y jurado calificador en esta tesis.

Al **COECyT** (Concejo Estatal de Ciencia y Tecnología Coahuila.) por su apoyo económico para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Al **Ing. Carlos Rojas Peña**. Por todos sus consejos y amistad.

Al **Ing. Felipe Abencerraje Rodríguez y esposa**. Por todos sus consejos, apoyo, y amistad brindada en todo este tiempo.

A **BioAgroMex** (Biotecnología agrícola de México) por todos los apoyos prestados para la realización de este trabajo.

A todos mis profesores durante mi estancia en esta Universidad por todos sus conocimientos y ayuda a mi formación profesional.

A la **Sra. Jemima Hernández Jiménez**, por su amistad desinteresada.

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en <i>Impatiens walleriana</i>	20
Cuadro 2. Comparación de medias para <i>Impatiens walleriana</i> por fecha de obtención de datos.....	20
Cuadro 3. Comparación de medias para <i>Impatiens walleriana</i> por temperatura.....	21
Cuadro 4. Comparación de medias para <i>Impatiens walleriana</i> por tratamientos.....	21
Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en <i>Coleus blumei</i> (Coleo).....	30
Cuadro 6. Comparación de medias para <i>Coleus blumei</i> por temperatura.....	30
Cuadro 7. Comparación de medias para <i>Coleus blumei</i> por tratamiento.....	31
Cuadro 8. Comparación de medias para <i>Coleus blumei</i> por fecha de obtención de datos.....	31

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 4.1. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® en Belén, considerando temperaturas y fechas.....	22
Figura 4.2. Efecto en la conductancia de los diferentes tratamientos con BioColdProt®, considerando temperaturas y fechas.....	24
Figura 4.3. Recuperación de Belén después del estrés por frío y aplicación de (BioColdProt®).....	24
Figura 4.4 Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt para la variable CO ₂ intercelular en Belén, considerando temperaturas y fechas.....	26
Figura 4.5. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® para la variable de C.I / C.A en Belén, considerando temperatura y fechas.....	28
Figura 4.6. Coleos indicando los 4 tratamientos inmediatamente después del tratamiento en frío y su daño en el dosel vegetal.....	32
Figura 4.7. Efecto de los diferentes tratamientos de (BioColdProt®) en Coleo, considerando fechas y temperaturas.....	32
Figura 4.8. Efecto de los diferentes tratamientos con BioColdProt® para conductancia en Coleo, considerando fechas y temperaturas.....	33
Figura 4.9. Efecto de los diferentes tratamientos de (BioColdProt®) para la variable CO ₂ intercelular en Coleo, considerando fechas y temperatura.....	35
Figura 4.10. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® para la variable de C. _i / C.A en Coleo, considerando fechas y temperatura.....	36

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CONTENIDO.....	viii
RESUMEN.....	x

I. INTRODUCCION

Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3

II. REVISION DE LITERATURA

Generalidades.....	4
Helada.....	5
Efecto de una helada según su daño.	6
Control de heladas.	6
Belén (Impatiens walleriana)	7
Coleo (Coleus blumei)	7
Descripción de plantas C ₃	8
Stress abiótico.....	8
Efecto de estrés por frío en plantas.	9
Características del producto empleado BioColdProt [®]	11
Ceras.....	11
Fotosíntesis.....	11
Conductancia estomática.....	12

CO ₂	13
-----------------------	----

III. MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica.	14
Ubicación del área experimental.....	14
Material génico.....	14
Siembra de almacigo.....	15
Preparación de sustrato.....	15
Transplante.....	15
Establecimiento del experimento.	15
Aplicación del producto BioColdProt®.....	16
Manejo.....	16
Control de plagas.....	17
Riegos.....	17
Variables evaluadas.....	18

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Variables evaluadas en el cultivo de Belén.....	19
Variables evaluadas en el cultivo de Coleo.....	28
CONCLUSIONES.	37

V. LITERATURA CITADA	38
----------------------	----

RESUMEN

La ornamenticultura es una actividad milenaria que los grupos humanos han practicado ligada a su vida espiritual y emotiva. En México es una actividad de alta rentabilidad económica dentro del sector agrícola (INEGI, 2000).

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, bajo condiciones de invernadero con el objetivo de conocer la respuesta fisiológica que tienen las especies *Impatiens waleriana* y *Coleus blumei*, ante la aplicación de BioColdProt® (cera de origen natural) para reducir el daño por bajas temperaturas a 2° y 4° C. Se inició en marzo del 2004 y se concluyó en octubre del mismo año.

Los tratamientos fueron determinados por la combinación de tres factores. Factor 1: plantas, factor 2: temperaturas y factor 3: tratamientos a 3 dosis del producto 10 ml, 20 ml y 30 ml/L más el testigo.

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 x 4) para cada especie, con tres fechas diferentes de toma de datos con el fin de observar el comportamiento de la tasa fotosintética y parámetros asociados de la planta ante el estrés causado por bajas temperaturas.

Las variables evaluadas fueron; Tasa Fotosintética, Conductancia estomática, CO₂ intercelular y la relación CO₂ intercelular / CO₂ ambiente. Obtenidas mediante un medidor de fotosíntesis IRGA LI-6400 de LICOR. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Para Belén se encontró su desempeño fue mejor a una dosis de 30cc/L de BioColdProt®. Después de la aplicación de la cera se mejoró su apariencia visual, pero no logrando incrementar su actividad fotosintética, solo se logro a partir del quinto día de haber sufrido una simulación de helada por el mismo metabolismo de readaptación la planta.

El cultivos de coleo se mostró como una planta más susceptible al frío, mejorando su actividad metabólica con la aplicación exógena de BioColdProt®, así mismo su apariencia visual a través del tiempo.

La mejor dosis de cera para esta especie fue de 20 y 30 cc/L correspondiente a los tratamientos 2 y 3.

Ambas especies mostraron un buen nivel de recuperación después de la exposición al frío.

I. INTRODUCCIÓN

La ornamenticultura, que es el cultivo de plantas ornamentales como: flores de corte, macetería, follajes, etc., representa para nuestro país un alto ingreso de recursos económicos obtenidos por su venta, anualmente se registra un ingreso de 380 millones de pesos por las exportaciones representando el 12 % del total de la producción que es de (170,850 millones de pesos). Los ingresos en ventas nacionales son del 88 % restante de la producción. Siendo esto contrastante con la superficie cultivada de ornamentales ya que es muy pequeña, que le corresponde el 0.07% del total de área agrícola cultivable en nuestro país (15 000 ha cultivadas de ornamentales); ello finalmente repercute fuertemente en el bienestar económico-social de productores de nuestro país. (INEGI, 2004)

Además, esta actividad se considera de gran importancia social para la región productora centro sur de México pues genera empleos ya que requiere 6 a 8 jornales por día por ha, siendo muy superior al cultivo de las hortalizas las cuales solo requieren de 3 a 4 jornales y solo por temporadas, mientras que el cultivo de ornamentales se realiza todo el año (INEGI, 2002).

Dentro del manejo de los cultivos ornamentales, la historia de nuestro país ha estado ligada a la variabilidad de su clima a lo largo del año siendo más drástico a finales e inicios del mismo, donde las bajas temperaturas o heladas características de la época, resultan críticas para las actividades de este sector, ya que conforme descende la temperatura las plantas fisiológicamente se detienen y en casos severos les causa la muerte. Todo esto se representa cuando el volumen que ocupa el agua en la célula se incrementa al congelarse debido al ángulo de apertura de los ejes de la molécula que es de 105.4° (ángulo de la molécula de agua en estado líquido) y consiste en una molécula de agua central y cuatro periféricas tomando la forma de un tetraedro.

Este aumento del volumen provoca ruptura celular y en consecuencia marchitamiento y/o muerte, ocasionando graves daños fisiológicos en el dosel de la planta. (Bruño, 2003)

Por lo general en la República Mexicana, las bajas temperaturas afectan los cultivos en la zona norte y el altiplano central siendo frecuentes en las primeras y últimas semanas del año (invierno), cuando las temperaturas mínimas descienden por debajo de 0° C. Sin embargo son mas dañinas cuando ocurren de manera temprana, septiembre-octubre (otoño), meses en que aún se tienen superficies importantes con cultivos en pie (SAGAR, 2000).

Debido a que las bajas temperaturas de invierno afectan la producción hortícola sin excepción alguna, se concretaría a no establecer cultivos sensibles como las ornamentales en zonas productoras en estas épocas del año y evitar riesgos (Aguirre, 1973).

Particularmente el valor de la cosecha del cultivo de ornamentales es más redituable económicamente en esta época tan corta del año superando en precios al resto del año siendo justificable la inversión para protección contra las bajas temperaturas (Bautista et al, 2002).

Los agricultores en su afán de adaptar sus cultivos al medio, han creado métodos simples y eficaces en el combate contra las bajas temperaturas pero costosos desde el punta de vista económico; dichos métodos son; el uso de agua por micro aspersión y calentadores artificiales con gas o diesel (Carvallo, 2002).

Por lo anterior y la importancia sobre el manejo de algunas ornamentales se hace necesario tener alternativas opcionales y/o estrategias más prácticas y de más bajo costo que nos ayuden a contrarrestar los efectos negativos de las bajas temperaturas. Debido a esto en la presente investigación se plantean los siguientes objetivos e hipótesis:

OBJETIVOS

- Disminuir o contrarrestar el estrés ocasionado por bajas temperaturas en *Impatiens walleriana* y *Coleus blumei*, con la aplicación de BioColdProt®.
- Determinar el efecto del BioColdProt® sobre la tasa fotosintética y parámetros asociados en *Impatiens walleriana* y *Coleus blumei* después de someterlas a un estrés por baja temperatura

HIPOTESIS

Con la aplicación exógena de BioColdProt® se puede evitar o disminuir el estrés en *Impatiens walleriana* y *Coleus blumei* ocasionado por bajas temperaturas.

II. REVISION DE LITERATURA

Generalidades

Los efectos de los sucesos climatológicos desfavorables en la actividad agropecuaria provocan perdidas de cosechas, disminución en los niveles de productividad, altos índices de mortandad en el ganado y reducción de sus niveles de productividad. (SAGAR, 2000). Por abajo del resto de los cultivos como forrajes, hortalizas y frutales que ocupan el 99.91%, están los cultivos ornamentales. Siendo a nivel nacional el cultivo número uno ya que se registra ingresos superiores de hasta un 40% de los que se obtienen de cultivos hortícolas (INEGI, 2002).

La importancia comercial para la venta de este tipo de cultivos radica en la apariencia visual de hojas y flores. La época más importante para su venta es el invierno y otoño donde se registran los precios más elevados del año.

Y son el otoño e invierno la temporada de riesgo debido a las bajas temperaturas, ya que los cultivos ornamentales en su mayoría pertenecen al grupo de plantas C_3 que se desarrollan en condiciones de temperatura de 18 a 27° C y es en esta época donde se tienen temperaturas abajo de 0° C siendo muy riesgoso para el cultivo de estas plantas, originando perdidas considerables.

En el año de 1997 se registró una helada en la zona centro del país, productora de estas especies con una temperatura de menos 7° C por un tiempo de 3 horas y con perdidas que ascendieron hasta en un 60% de la producción total siendo devastadora para la región.

El tiempo de recuperación tardó aproximadamente 4 años con la ayuda del gobierno que creó programas emergentes después de una catástrofe natural de tal magnitud siendo muy costoso para ellos y para los productores. (Salinas 2004, comunicación personal).

Estos fenómenos naturales que trae la naturaleza aunque no siempre son de la misma magnitud pueden ser devastadores. Actualmente con los cambios de clima existen veranos más calidos e inviernos más fríos que hacen peligrar los cultivos cuando actúan las temperaturas dentro de plantas C_3 que sufren daños muy marcados.

Los daños más comunes producidos por las bajas temperaturas son: quemaduras en las especies de corteza fina, hendiduras longitudinales en el tronco, congelación de las raíces, muerte de las yemas en reposo a mitad del invierno, muerte del cambium en brotes, ramas, daños en flores y frutos por heladas de primavera y otoño, respectivamente (Weiser, 1970).

Las heladas constituyen uno de los azares más peligrosos de la agricultura, particularmente en los cultivos de plantas muy sensibles al frío, ocasionando perdidas del 50% de la producción nacional y a un nivel del 100% en algunos horticultores infortunados. (Aguirre, 1973).

Sin embargo entendiendo este proceso, Krause et al, (1988) mencionan que la resistencia a las heladas se basa en la tolerancia a la formación del hielo extracelular y por consiguiente a la deshidratación severa (como tolerancia a la sequía) o evitar el congelamiento, en especial el sobreenfriamiento.

Helada

Se considera una helada, cuando la temperatura del aire registrada en el abrigo meteorológico (a 1,50 metros sobre el nivel del suelo), es de 0° C. Esta forma de definir el fenómeno fué acordada por los meteorólogos y climatólogos, si bien muchas veces, la temperatura de la superficie del suelo puede llegar a ser 3 a 4° C menor que la registrada en el abrigo meteorológico. (Sandiumenge, 2003)

Desde el punto de vista de la climatología agrícola, no se puede considerar helada a la ocurrencia de una determinada temperatura, ya que existen vegetales que sufren las consecuencias de las bajas temperaturas sin que ésta llegue a 0° C (por ejemplo: el café, el cacao y otros vegetales tropicales).

Efectos de una helada según su daño

Heladas blancas: se produce cuando la temperatura desciende por debajo de 0° C y se forma hielo sobre la superficie de las plantas. Este tipo de heladas se produce con masas de aire húmedo. Además el viento calmo y los cielos despejados favorecen su formación.

Heladas negras: En la helada negra el descenso por debajo de 0° C no va acompañado de formación de hielo. Su designación responde a la visualización de la coloración que adquieren algunos órganos vegetales debido a la destrucción causada por el frío. Este tipo de heladas se produce cuando la masa de aire es seca. El cielo cubierto o semicubierto o la turbulencia en capas bajas de la atmósfera favorecen la formación de este tipo de heladas (Toledo, 2003).

Control de heladas

Para escapar de las heladas, existen varios métodos de defensa, tanto activos como pasivos.

Controles pasivos: Son aquellos manejos culturales que están directamente enfocados a bajar o atenuar los daños por bajas temperaturas, por ejemplo: evitar la implantación de especies y/o variedades muy sensibles al frío en zonas en donde existen probabilidades muy altas de que ocurran heladas, evitar el laboreo excesivo del suelo. De ser así se forma una capa de suelo suelta, que actúa como aislante del calor que fluye desde las capas más profundas del suelo hacia la superficie.

Controles activos: Son aquellos métodos aplicados al comienzo y durante la ocurrencia del fenómeno climático, tratan de lograr un aumento de la temperatura del ambiente mediante aportes externos de energía destinada a contrarrestar la disminución ocurrida por irradiación.

La bibliografía establece las pérdidas de energía en una noche de helada, están entre 1, 500,000 y 4, 000,000 Kcal / h / hectárea. En este tipo de control se incluyen: humedad del suelo, inversión capas de aire, protección por interrupción de la radiación, aportes energéticos al aire que rodea al vegetal u órgano y aspersión de agua (Toledo, 2003).

Belén (*Impatiens walleriana*)

Sumamente precoz, genéticamente enano y con gran abundancia de flores, este híbrido se ha ganado el respeto de los agricultores comerciales en todo el mundo debido a la alta calidad que consistentemente se logra y a la confianza formada entre los jardineros por su comprobado rendimiento donde quiera que se cultiva, tanto en invernaderos como al aire libre, así como en media sombra y bajo pleno sol. Todas las plantas permanecen compactas y florecen profusamente durante todo el periodo de crecimiento. Las flores nacen en abundancia en numerosas ramificaciones y cubren la planta entera con hermosas floraciones, con una temperatura en el día de 21-23° C y de noche 18-20 ° C (SAKATA, 2003).

Coleo (*Coleus blumei*)

Planta ornamental, la cual necesita estar en una habitación con luz abundante, si no, perderá la viveza de sus colores (rojizo). Además en climas con heladas (temperatura menor de 0° C) tienen que pasarlos al interior o protegidos, ya que de otra manera sufre severos daños fisiológicos.

Los coleos tienen la gama más amplia de colores en su hoja que cualquiera otra especie. Si están crecidos en envases o en el paisaje son muy llamativos.

Florece en cualquier momento del año. Las flores azules pequeñas con el follaje coloreado son muy llamativas. Son fáciles de cultivar, necesitan de ricos suelos, mezclados, bien drenados, éstos crecerán en pleno sol o en sombreado. En el invernadero, se utiliza una mezcla que consiste en 2 porciones de musgo de la turba, 2 porciones de arena o perlita, y se mantienen húmedas para el crecimiento óptimo (Simone, 2004).

Descripción de plantas C₃

Las plantas C₃ son todas aquellas que dentro de su metabolismo utilizan el ácido fosfoglicérico de tres carbonos (APG) para capturar el CO₂ atmosférico y que lo necesitan entre 0.005 y 0.03 %. La mayoría de las plantas terrestres llevan el ciclo C₃.

La fotosíntesis C₄ puede servir, en cierto grado, como una adaptación metabólica al déficit de agua. Lógicamente, las plantas C₄ llevan anatomía y morfología diferente a las C₃ (Ray, 1985).

Las plantas C₃ responden a las bajas temperaturas y se adaptan en cierta medida de forma natural activando un programa complejo de aclimatación que aumenta la resistencia al frío. Este proceso de aclimatación se acompaña de la expresión alterada de genes que controlan algunos factores como la producción de proteínas y metabolitos, que protegen las funciones y estructuras celulares de los efectos adversos del frío como son el congelamiento y la deshidratación. Los cambios en la expresión de genes hacia el frío son controlados por una serie de factores de transcripción aun desconocidos que responden a los estímulos por las bajas temperaturas (Hirt, 2003).

Stress abiótico

Estrés, consiste en cualquier fuerza que se aplique a un objeto, la deformación estriba en la modificación de las dimensiones del objeto (la cortadura de hojas, por ejemplo) causando el estrés.

El estrés se puede definir como una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida. Como respuesta a dicha desviación se inducen cambios en todos los niveles funcionales del organismo, cambios reversibles o permanentes. Si el estrés es demasiado intenso o si el periodo de acción es demasiado largo entonces los daños latentes se transforman en daños irreversibles que pueden afectar a la planta entera o partes de la misma. Entonces se podría definir estrés como “conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas” (Salisbury, 1994).

El estrés biológico reside en cualquier alteración en las condiciones ambientales que pueda reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta (en sus funciones normales); la deformación biológica es la función reducida o cambiada (Levitt, 1980).

Efecto de estrés por frío en plantas

Se afirma que la planta puede morir por frío cuando se paralizan los sistemas enzimáticos críticos o cuando cesa tanto el flujo de nutrientes como el del agua al aumentar su viscosidad. A menos de 0° C el agua se congela y experimentalmente se sabe que se necesitan temperaturas excesivamente bajas para que el agua llegue a la congelación en el protoplasto o en la vacuola.

Así de esta manera los cristales del hielo que se forman pueden provocar una lesión mecánica al romper las membranas delicadas así como la estructura celular. El agua que se cristaliza entre los espacios intercelulares contiene un potencial elevado, mientras que el del interior del citoplasma o de la vacuola tiende a poseer un valor menor o negativo.

En las plantas no tolerantes, el agua tiende a permanecer en los espacios intercelulares en ellas, así mismo, el hielo se forma mas rápidamente dentro de los protoplastos, en donde pueden ocasionar daño mecánico directo (López, 1995).

Características del producto empleado BioColdProt®

Es un compuesto orgánico a base de candelilla cuyo ingrediente el Ditisopentenil Dodecanoato Eicocilo, está integrado por compuestos xerófilos, fitoreguladores y acondicionadores que generan una película termodinámica cerosa sobre las hojas, la cual impide el paso del aire frío o el efecto del congelamiento de la escarcha sobre las hojas hacia los cloroplastos. Su efectividad se fundamenta en la acción que estos compuestos ejercen sobre la superficie tratada y cubierta, provocando un cambio de estructuras en su fisiología química y física, la cual propicia una película cerosa en la superficie de las áreas vegetativas, reduce considerablemente el acceso del aire frío y la escarcha hacia los cloroplastos en donde se genera la congelación de la savia y por ende la ruptura de las células causando la muerte de los tejidos vegetativos. Esta acción específica del producto protege a las plantas contra temperaturas bajas desde 0° C hasta menos 6° C durante 72 h., después de su aplicación sin daños mayores. Después de estas 72 h., inicia la compensación del intercambio gaseoso hasta alcanzar su nivel normal (Medina, 2004).

Ceras

Las ceras son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga. En general son sólidas y totalmente insolubles en agua. Todas las funciones que realizan están relacionadas con su impermeabilidad al agua y con su consistencia firme. Así las plumas, el pelo, la piel, las hojas y los frutos, están cubiertos por una capa de cera protectora. Una de las ceras más conocidas es la que segregan las abejas para confeccionar su panal. Las ceras reciben un extenso uso comercial en el cuidado de poscosecha de frutas y hortalizas. En forma limitada se ha utilizado en productos perecederos (Hardenburg et al., 1988).

Martines (2000). Menciona que el encerado en tomate y limón mexicano ayuda a mantener su calidad y conservar su vida de anaquel por más tiempo, así como a mantener sus características deseables para el mercado.

Moline (1984). Menciona que el encerado de frutas y hortalizas es una práctica común. Las ceras alimentarias se usan para restituir alguna de las ceras naturales que ayudan a reducir su pérdida de agua durante el manejo que se les dé, es indispensable para controlar la propagación de enfermedades y para limitar el crecimiento de esporas en el agua.

Durand (1984). Confirman que los efectos de encerado en aguacate cv. Fuerte, causa una ligera disminución de CO_2 y una posible reducción de la concentración interna de O_2 durante el preclimaterio del fruto.

Fotosíntesis

La fotosíntesis neta o asimilación neta del CO_2 es una resultante de la tasa de fijación fotosintética de CO_2 integral o total y la pérdida de CO_2 por fotorrespiración. Cada uno de estos sistemas metabólicos puede reaccionar con todos los otros factores internos o externos de diferente manera. Se considera a la fotosíntesis en el contexto del metabolismo nutricional de la planta como un todo y en sus relaciones con otras transformaciones metabólicas del carbono.

Blackman hizo observaciones sobre las interrelaciones de la intensidad lumínica y la temperatura. Encontró que aunque la absorción y la reacción lumínica no se afectan demasiado, las reacciones enzimáticas dependen estrechamente de la temperatura. En el ramo fisiológico entre 5 y 25° C la fotosíntesis tiene generalmente un Q_{10} aproximado de 2. Ciertos organismos pueden continuar fijando CO_2 en temperaturas extremas; algunas coníferas hasta menos 6° C y las algas de mar a más de 50° C; pero la mayoría de las plantas cesa o declina rápidamente mas allá de los límites fisiológicos mencionados anteriormente. De hecho, bajo condiciones de campo la temperatura no influye mucho en la tasa fotosintética, en un rango de 16 – 29° C a menos que la intensidad lumínica sea suficientemente alta como para que las reacciones oscuras sean limitantes (Bidwell, 1994).

Russildi (1981). Menciona que la fotosíntesis es un proceso bioquímico por el cual las plantas transforman la energía del sol en energía química para realizar sus procesos metabólicos, también menciona que la luz es la única fuente de energía para llevarse a cabo.

La fotosíntesis es un factor limitante en la producción de los cultivos. La eficiencia fotosintética depende de la edad de la hoja y el genotipo de la planta, así como de la demanda de asimilatos en la floración y el efecto del medio ambiente. Bajo condiciones ambientales comparables la porción de fotosíntesis declina con la edad y la expansión completa de la hoja (Dwyer y Stewart, 1986).

Conductancia estomática

Dado que los estomas afectan el flujo de CO₂ en las hojas, como también la pérdida de vapor de agua, las reducciones en la conductancia estomática para conservar agua inevitablemente significan una disminución de la tasa fotosintética. Consecuentemente, la utilidad de reducir la conductancia estomática depende del equilibrio entre la pérdida de producción y la necesidad de prevenir la deshidratación (Ludlow y Muchow, 1990).

En hojas con ajuste osmótico, los estomas continúan parcialmente abiertos al disminuir progresivamente el potencial hídrico, lo que se conoce como ajuste estomático. El ajuste estomático, por lo tanto, tiene el efecto de promover pérdidas de agua y mantener la fotosíntesis ante una progresiva declinación en el potencial hídrico de la hoja (Ludlow y Muchow, 1990). Sin embargo el cierre parcial de estomas afecta más a la pérdida de vapor de agua que a la fotosíntesis (Araus *et al.*, 1998).

La conductancia estomática se puede obtener determinando el tamaño de la apertura de los estomas o mediante la tasa de pérdida de agua. Esta nos indica cuán abiertos o cerrados están los estomas. Al inverso de la resistencia a la difusión se le denomina conductancia por lo común sus unidades son $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esta es directamente proporcional a la transpiración, o si se mide el CO₂ a la fotosíntesis (Salisbury, 1994).

(Bar-tsur et al, 1985). Estudiaron los efectos de la temperatura en la fotosíntesis, transpiración y resistencia estomática en dos cultivares de tomate, encontrando que la disminución de la resistencia estomática bajó por temperaturas moderadas entre 10 – 14° C, pero no afectó la transpiración.

CO₂

El CO₂ es la fuente de carbono a partir del cual se sintetizan otros compuestos mediante la utilización de la energía solar. Para poder realizar la síntesis se requiere del poder reductor y energía química, estas son el NADPH y ATP respectivamente. Ambas se forman durante reacciones lumínicas de la fotosíntesis.

Generalmente se considera que la concentración de CO₂ y O₂ en la atmósfera es de 0.03 y 21%. Sin embargo actualmente se sabe que la concentración de CO₂ se estará modificando en el transcurso de los años. El uso de combustibles fósiles de 1.8×10^9 ton/año podría incrementar la concentración atmosférica en $2.4 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ por año, pero en la actualidad es de $0.7 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ anualmente (Beadle et al., 1985).

III. MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, la cual tiene una ubicación geográfica de 101° 10' 33" de longitud E, 25° 28' 6 " de latitud N, con una altura de 1743 m. s. n. m. y una precipitación media anual de 400 mm y una temperatura media anual de 19.8° C, con un clima de tipo (B S₀ K x' (e)) (García, 1973).

Ubicación del área experimental

El trabajo se efectuó en el invernadero número 2 del Departamento de Fitomejoramiento, en el periodo de Marzo - Octubre de 2004, el cual cuenta con las siguientes características: invernadero tipo túnel, con cubierta de lámina, canal mediano de acrílico laminado plástico, reforzado de fibra de vidrio, de un espesor de 1 mm de tipo 112, con una luminosidad del 95 % con una intensidad de luz de 350 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Material Génico

- La semilla se obtuvo de la empresa SAKATA, adquirida por Invernadero el Capulín, ubicado en el Cañón de la Carbonera, Coahuila.
- *Impatiens walleriana*, plantas vivas con abundantes flores, diversos colores muy vistosos.
- *Coleus blumei*, plantas destacadas por la belleza de su follaje en diversos colores muy llamativos.

Siembra del almacigo

Las semillas fueron germinadas en un sustrato de Peat moss, en charolas de 2" x 2". Para su buena germinación se tienen en exposición total de luz y riegos a modo de mantener una humedad constante.

Preparación de sustrato

El sustrato empleado para el transplante fue preparado con un 70 % de tierra de monte u hojarasca en descomposición y 30 % con tierra común, fueron mezclados y humedecida de manera uniforme, posteriormente se procedió al llenado en bolsas de polietileno negro de 1L (200 μ m).

Transplante

Se llevó a cabo el mismo día del llenado en bolsa y preparación de sustrato (15 y 16 marzo del 2004), consistió en retirar de las macetas de siembra las plantas a utilizar para posteriormente colocarlas en la bolsa con un nuevo sustrato.

Posterior al transplante se colocaron las macetas de una manera uniforme con 10 cm entre plantas y 20 cm entre tratamiento, todas ubicadas hacia el lado oriente del invernadero debido a la mayor incidencia de luz.

Establecimiento del experimento

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 x 4) para cada especie en estudio. Se evaluaron dos temperaturas (2° y 4° C) y cuatro dosis (testigo 0cc/l, 10 cc/L, 20 cc/L, y 30 cc/L) de producto BioColdProt®. La aplicación del producto se hizo por aspersión y posteriormente se procedió a colocar tela térmica alrededor de cada maceta para evitar daño en la raíz.

Después se colocaron las plantas en las cámaras de frío, las cuales se encontraban a una temperatura a 2° y 4° C respectivamente, para posteriormente dejarlas durante 12 h. Al concluir el tratamiento fueron llevadas al invernadero. Por último se tomaron las lecturas con el aparato IRGA LI – 6400 LICOR el primer día fuera de las cámaras y las dos lecturas posteriores cada tercer día.

Aplicación del producto BioColdProt®

El producto se aplicó los días 25 de julio y 29 septiembre, primero a belén y posteriormente coleo. Con 4 h previas antes de someterlas al frío, de tal manera que cada tratamiento tuviera la misma cantidad de producto, para ello se usó un aspersor de motor Mocoyama con una capacidad de 25 L, en la cual para el primer tratamiento se colocaron 10 cc /L, 20 cc /L y por último 30 cc /L de agua y donde se disolvió perfectamente y aplicó a las plantas de una manera uniforme de modo que el producto quedara bien distribuido.

Manejo

Deshierbe

Se procedió a eliminar planta distinta a la especie manejada y mantener en perfecto estado a la planta.

Fertilización

La fertilización tomada para tratar tanto a belenes y coleos fue la misma ya que sus requerimientos nutricionales son muy similares.

Se aplicó una fórmula de 100 – 50 – 75 a una concentración de 400 ppm con: urea, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, disuelto en 100 litros de agua. Se usaron 15.98, 8.52, y 15.48 g., respectivamente de cada fertilizante.

De igual manera se llevó a cabo una fertilización foliar con Ca, (Mg, B, Fe), a 0.6 cc/L de agua, el calcio fue agregado por separado pero se mezclaron ambos en el litro de agua. La fertilización se llevaba a cabo con los riegos.

Control de plagas

Se presentaron tres plagas las cuales fueron controladas en su momento.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Para su control se aplicó una mezcla de Endosulfan 3CE a 5 ml/L, Cipermetrina a 1.5 mm /L y Confidor a 0.4 mm/L de agua.

Araña roja (*Tetranychus spp*)

Para su control se aplicó Agrimec a 0.4 ml / L de agua, en 3 aplicaciones por semana.

Mosca Negra (*Bradysia spp*)

Para su control se aplicó al suelo Lorsban a 0.25 ml /L de agua, se prepararon 15 L, con 3 aplicaciones cada 15 días.

Riegos

Se aplicaron de acuerdo a las necesidades de las plantas pues solo se requería que se mantuvieran húmedas, cabe mencionar que para el mes de mayo, junio, julio se regó dos veces al día debido a que las plantas demandaban mayor cantidad de agua por las temperaturas durante el día (>30° C).

Variables evaluadas

(LICOR, 2004) Las variables evaluadas fueron:

❖ Tasa de Asimilación Neta ($\mu\text{mol /CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

La masa de balance de CO₂ en la apertura del sistema se dio por

$$sa = u_i c_i - u_o c_o$$

Donde: a es la proporción de la asimilación de C_i y C_o ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), son el entrante de la fracciones ($\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$) de dióxido de carbono.

❖ Conductancia Estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

La conductancia estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) es obtenida desde la conductancia total removida de la aportación desde el límite de estrato.

$$g_{sw} = \frac{1}{\frac{1}{g_{tw}} - \frac{k_f}{g_{bw}}}$$

Donde k_f es un factor basado en la estimación de K la fracción de conductancia de un lado de la hoja o de otras.

❖ CO₂ Intercelular ($\mu\text{mol/CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$)

El CO₂ intercelular, la concentración C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$) es dada por:

$$C_i = \frac{\left(g_{tc} - \frac{E}{2}\right)C_s - A}{g_{tc} + \frac{E}{2}}$$

Donde g_{tc} es total de la conductancia de CO₂.

❖ CO₂ Intercelular / CO₂ Ambiente.

El valor de las variables antes mencionadas se obtuvieron con el medidor IRGA LI 6400 de LICOR, a diferentes fechas debido a que se tenía que encontrar el mayor daño de estrés por frío después de su exposición a este.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos se evaluaron por separado para cada especie y variable.

VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO DE BELEN (*Impatiens walleriana*):

TASA DE ASIMILACION NETA (Fotosíntesis)

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 1) para esta variable se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre las fechas de medición. Esto indica principalmente que hubo cambios en cuanto a la tasa de asimilación posterior a la exposición de la especie a bajas temperaturas (2 y 4° C). Al aplicar BioColdProt® se encontró que la recuperación de las plantas para llegar a su nivel de asimilación de CO₂ normal fue rápida (5 días), sin detener el crecimiento dentro del rango de temperaturas estudiado. En cultivos ornamentales con estas características se detiene el crecimiento, como sucede con el uso de otros polímeros sintéticos (Newfilm), los cuales minimizan el crecimiento por periodos de 7 hasta 10 días (Ramírez 2004, comunicación personal).

En la comparación de medias para esta variable (Tukey $P \leq 0.05$), donde se observó diferencias estadísticas significativas (Cuadro 2), entre las tres fechas evaluadas, los datos obtenidos registraron un nivel de recuperación mayor en la fecha tres con 7.61 $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, comparado con la fecha uno que solo fue de 3.9828 $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, la variación fue del 47.7 % en la recuperación comparativa desde de la fecha 1 a la 3 en este cultivo.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en *Impatiens walleriana* (Belén).

F.V	g.l	Foto $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	CN $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	C _i $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	C _i /CA
Rep	3	5.5	0.003	265.7	0.002
Temp	1	2.3	0.018	2443.7*	0.020*
Trat	3	1.3	0.004	481.8	0.004
Temp*trat	3	6.3	0.004	814.7	0.007
Fecha	2	108.9 **	0.290*	62704.1*	0.512*
Temp*Fecha	2	5.3	0.009	2241.2	0.018*
Trat * Fecha	6	3.4	0.001	464.2	0.004
Temp*Trat *Fecha	6	1.4	0.002	674.9	0.006
C.V (%)		28.83	39.03	9.31	9.32

*, ** = Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Foto = Fotosíntesis, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular,

C_i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 2. Comparación de medias para *Impatiens walleriana* por fecha de obtención de datos.

Fecha	Foto $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	CN $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	C _i $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	C _i /CA
F1	3.9828 A	0.2952 A	319.844 A	0.9138 A
F2	6.3753 B	0.1173 B	262.031 B	0.7487 B
F3	7.6133 C	0.1473 B	232.870 C	0.6653 C
DMS	1.0341	0.0436	15.153	0.0433

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto = Tasa Fotosintética, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular,

C_i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 3. Comparación de medias para *Impatiens walleriana* por temperatura.

Temperatura	Foto	CN	C _i	C _i /C.A
	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{Mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	
2° C	5.8361 a	0.2001 a	276.63 a	0.7904 a
4° C	6.1449 a	0.1731 a	266.53 a	0.7615 a
DMS	0.7032	0.0297	10.305	0.0294

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto =Tasa fotosintética, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular,

C_i/C.A = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 4. Comparación de medias para *Impatiens walleriana* por tratamientos.

Tratamientos	Foto	CN	C _i	C _i /C.A
	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	
T0	5.9385 a	0.2020 a	272.95 a	0.7799 a
T1	5.8580 a	0.1893 a	270.48 a	0.7728 a
T2	5.8323 a	0.1819 a	276.79 a	0.7908 a
T3	6.3331 a	0.1731 a	266.10 a	0.7603 a
DMS	1.3124	0.0554	19.232	0.0549

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto = Tasa fotosintética, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular,

C_i/C.A = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Por otra parte para la fuente de variación de tratamientos, temperatura y sus interacciones no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero si numérica, (Cuadro 3 y 4). Donde el tratamiento 3 a 30cc/L muestra el valor mas alto (6.3331) con respecto a los otros tratamientos indicando una diferencia del 8 %, es decir que a mayor dosis de cera de origen natural BioColdProt® no muestra

una mayor recuperación en la tasa fotosintética, sin esta la recuperación se dio por el transcurso del tiempo.

Con respecto a las temperaturas (2 y 4° C) (Cuadro 3) se observó una variación numérica mas no significativa (Figura 4.1) encontrándose a temperaturas de 4° C un nivel de recuperación del 5.02 % mayor que la temperaturas de 2° C, demostrándose que las temperaturas menores reducen la tasa de asimilación neta en un porcentaje importante.

Coincidiendo con Benavides et al. (2004) quien trabajó en el cultivo de fresa en Vistahermosa, Michoacán, encontrando que aun y cuando no se tiene diferencia significativa en la actividad fotosintética, si presenta diferencia en la producción.

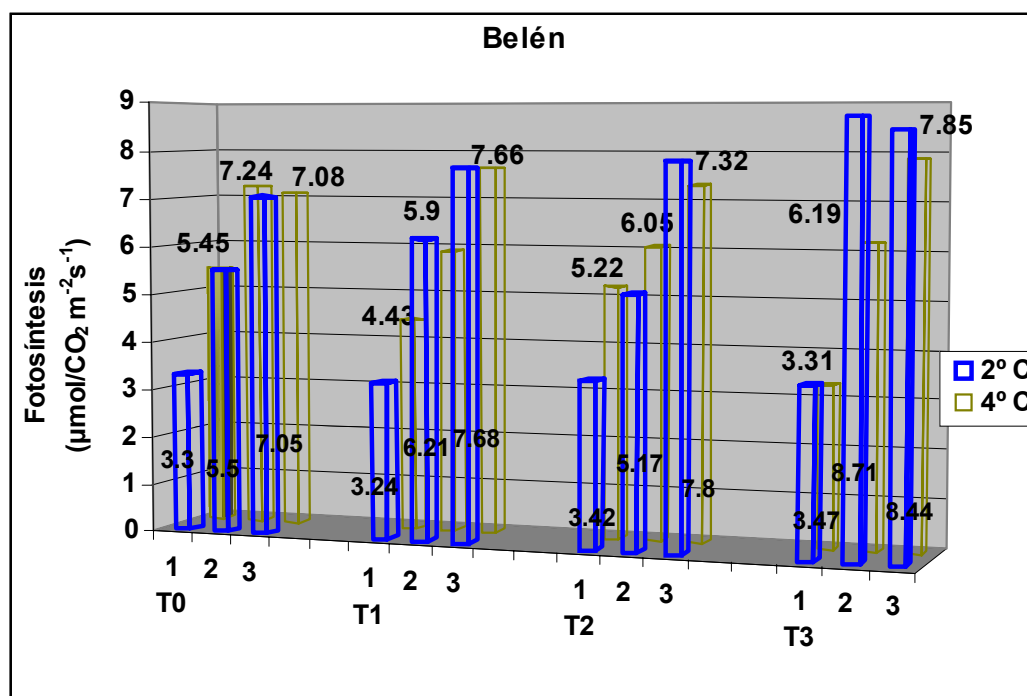


Figura 4.1. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® en Belén, considerando temperaturas y fechas.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

CONDUCTANCIA (CN)

El análisis de varianza (Cuadro 1) para esta variable muestra diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre los diferentes días de medición, mientras

que para las fuentes de variación temperatura, tratamientos y sus interacciones no hubo significancia.

La comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) no muestra diferencia estadística significativa (Cuadro 3), en relación a las diferentes temperaturas 2 y 4° C. Sin embargo se encontró una diferencia numérica, la conductancia fue mayor con una diferencia del 13.49 % en relación a 2° C de temperatura. Esto es quizás un indicativo de que aún con la aplicación de BioColdProt® en las plantas que se expusieron a 2° C sufren un mayor estrés y un nivel de recuperación ligeramente menor que las plantas expuestas 4° C. Incluso, existen diferencias en la apariencia visual de las plantas (Figura 4.2) que recibieron la aplicación de 30 cc/L (T3) en ambos rangos de temperatura (2 y 4° C).

En tratamientos no se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), pero si numérica resultando mejor el tratamiento tratado con una dosis de 30 cc/L alcanzando una conductancia de 0.1731. La reducción fue de 14.3 % al compararlo contra el testigo, quien alcanzó una conductancia de 0.2020 (Cuadro 4), presentando con ello un menor grado de estrés y una recuperación aparentemente más rápida.

Apoyado por Lavelor *et al.* (2002) quien indica que las bajas temperaturas afectan de forma significativa la conductancia estomática, al provocar una deshidratación en las plantas si éstas sobrepasan el 25% del contenido relativo de agua, puede ser tal el efecto que metabólicamente se detiene, pudiendo llegar en casos extremos a su muerte. Al reducir el valor de la conductancia estomática puede ser benéfico para las plantas

Sin embargo en las fechas de medición consideradas (Cuadro 2) se encontraron diferencias altamente significativas, dado que los estomas afectan el flujo de CO₂ en las hojas como también la pérdida de vapor de agua (deshidratación), las reducciones en la conductancia estomática, significando una disminución en la tasa fotosintética (Figura 4.2).

Coincidiendo con lo reportado por Ludlow y Muchow (1990), quienes mencionan que a menor conductancia por deshidratación, menor fotosíntesis y

menor producción en plantas C₃, lográndose esto al aplicar este tipo de ceras de origen natural (BioColdProt®) pues cuida su deshidratación.

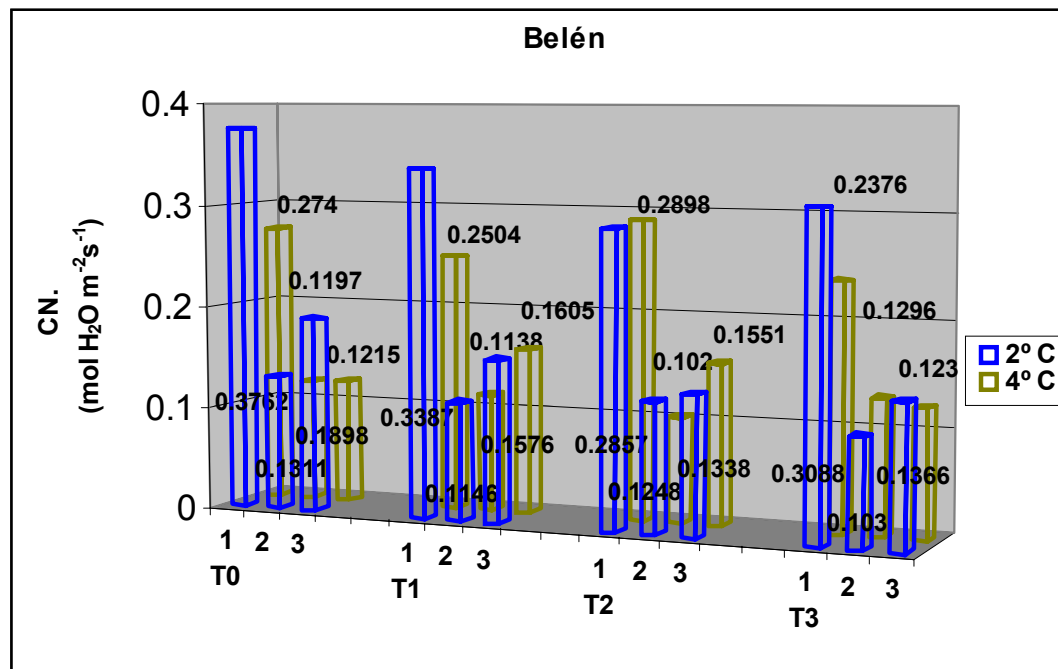


Figura 4.2. Efecto en la conductancia de los diferentes tratamientos con BioColdProt®, considerando temperaturas y fechas.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

Figura 4.3. Recuperación de Belén después del estrés por frío con la aplicación de BioColdProt®.

CO₂ INTERCELULAR (C_i)

El C_i nos indica la cantidad de CO₂ interno para la planta y que se encuentra entre las células y no dentro de ellas como en el cloroplasto que es donde se aprovecha, así mismo valores elevados de C_i indican mayor estrés y menos eficiencia y viceversa.

Los resultados de la variable C_i mostrados por su análisis de varianza (ANVA) (Cuadro 1) reflejan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en la fuente de variación de temperatura y fecha de evaluación, mientras que para la variable tratamientos y sus interacciones no hubo diferencias estadísticas significativas.

Al realizar la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) en cuanto a temperaturas no se encontró diferencia estadística significativa pero si numérica, teniendo mejor respuesta de las plantas expuestas a la temperatura de 4° C con respecto a la expuesta a 2° C con una diferencia del 3.65 % (Cuadro 3).

Con respecto a las diferentes fechas de medición se encontró diferencia estadística significativa del 27.19 % en la tercera fecha de medición, comparativamente con la primera, lo que indica la mejoría en la recuperación de la planta después de la exposición al frío (Cuadro 2).

En la interacción de temperatura, tratamientos y fechas sobresale de manera particular el T3 (30cc/L) con el valor más bajo (Figura 4.4), el cual indica que el grado de estrés fue menor con la aplicación de la dosis antes mencionada. Asimismo su apariencia visual y la recuperación de la planta fue mejor, es decir la aplicación de ceras de origen natural quizás cuente con algunas bondades para la reducción del estrés por frío en esta especie y bajo estos rangos de temperatura, fechas y tratamientos coincidiendo con Lavelor y Cornic (2002), quienes mencionan que cuando se tiene una disminución en el contenido relativo de agua (WRC) disminuye considerablemente el CO₂ dentro de los cloroplastos causando

un estrés y disminución de Fotosíntesis, aspecto reflejado cuando se aplicó de manera externa a la planta el producto constituido por ceras naturales (BioColdProt®), el cual provocó bajos valores de C_i siendo esto positivo con una recuperación satisfactoria ya que indica que el índice de estrés fue menor.

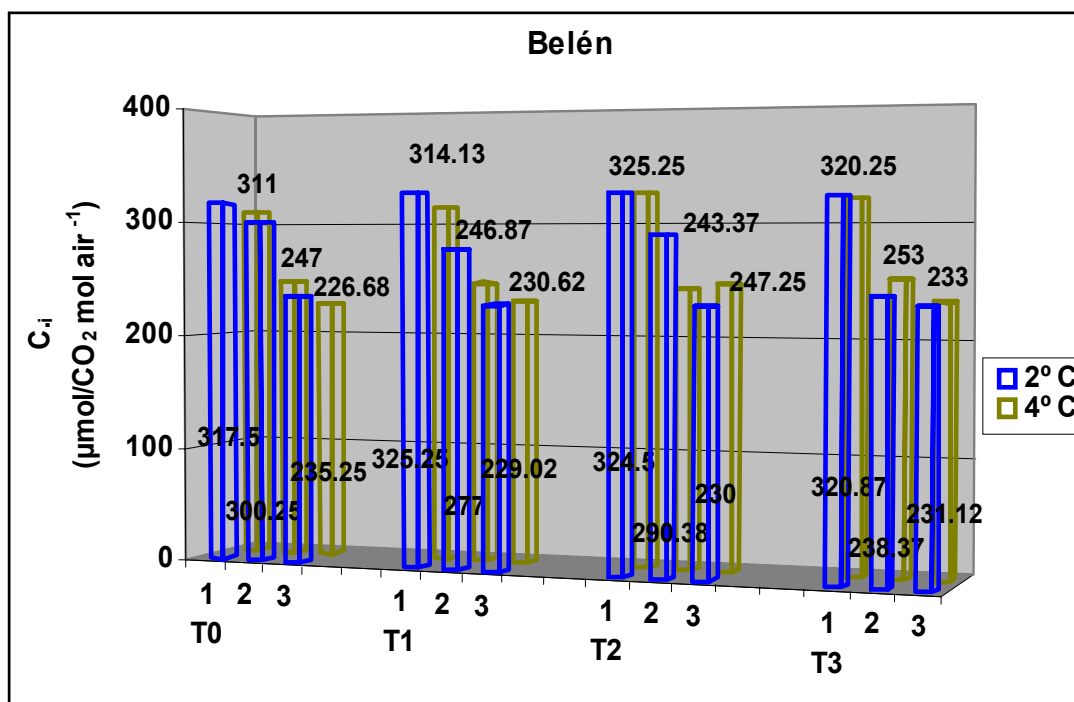


Figura 4.4 Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® para la variable CO₂ intercelular en Belén, considerando temperaturas y fechas.

T0 = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

($C_i/C.A$)

El valor de C_i/CA indica la relación del CO₂ externo ($350 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$) y el intercelular, esto es la cantidad de CO₂ que puede ser aprovechado por la célula, indicando la eficiencia y grado de estrés de la planta.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 1) para esta variable se encontró que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las fechas de medición. Con una exposición a bajas temperaturas 2 y 4° C los valores de

C./C.A a intervalos de cada 3 días entre mediciones, se reducen conforme pasa el tiempo, hasta llegar la planta a su estado normal de recuperación, observándose una variación de hasta del 27.2 % desde la primera fecha de medición hasta la tercera, siendo este un periodo de 5 días (Cuadro 2).

No obstante cuando hay interacción entre las diferentes fechas de toma de datos con respecto a los diferentes rangos de temperaturas 2 y 4° C se tiene una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3).

Sin embargo, en la temperatura menor (2° C), el nivel de recuperación de las plantas es ligeramente menor que a la temperatura mayor 4° C (Cuadro 3), indicando que aun con la aplicación del producto, cuando se tienen temperaturas muy frías el grado de estrés es mayor. Coincidiendo con López (1995), quien menciona que en plantas C_3 al disminuir la temperatura y acercarse a 0°C los procesos enzimáticos críticos se paralizan, provocando una disminución del flujo de nutrientes así como el del agua, al ir aumentando su viscosidad, ocasionando en casos extremos la muerte .

De acuerdo a la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos (Cuadro 3) se observa que no presentan diferencias estadística significativa. No obstante, se observa una diferencia numérica menor en el valor obtenido con el tratamiento 3 (30 cc.L) que es de 0.7603 siendo menor en un 4 % al tratamiento 2 (20 cc/L) que fue el de mayor valor con 0.7908, indicando que el grado de estrés en las plantas tratadas con 30 cc/L de BioColdProt fue igual que las tratadas el resto de los tratamientos incluyendo al testigo (Figura 4.5 y Cuadro 4).

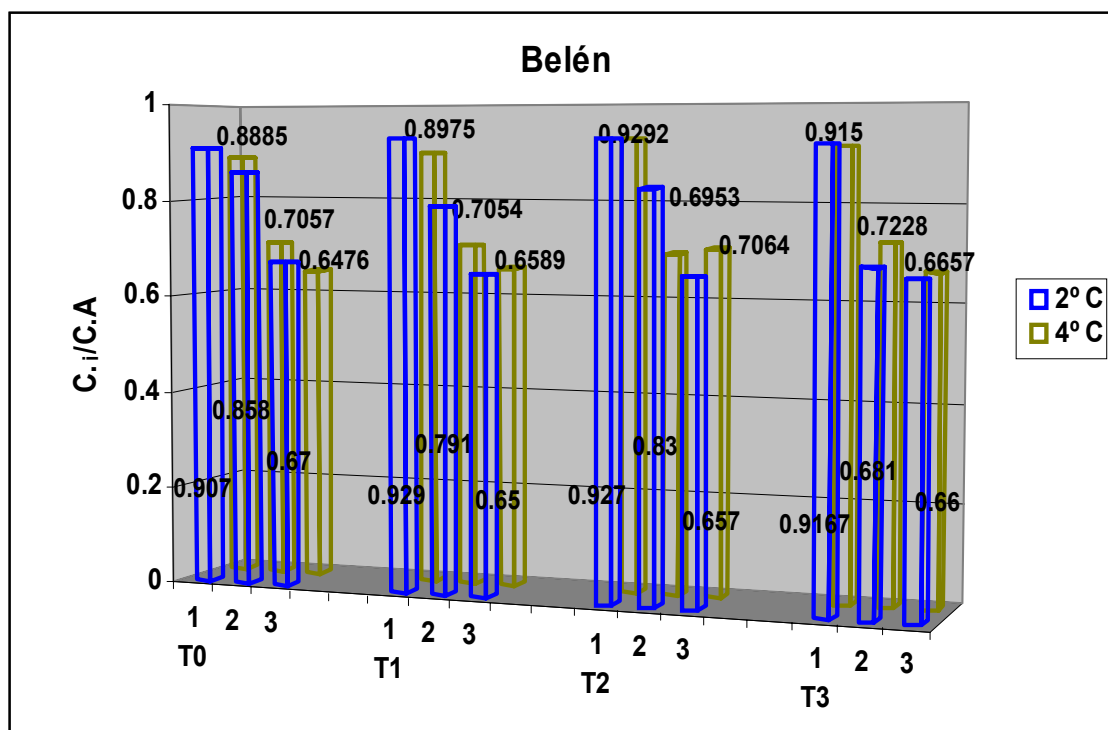


Figura 4.5. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® para la variable de $C.i / C.A$ en Belén, considerando temperatura y fechas.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

VARIABLES EVALUADAS PARA EL CULTIVO COLEO (*Coleus blumei*):

TASA DE ASIMILACION NETA (Fotosíntesis)

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 5) para esta variable se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre ambos rangos de temperaturas 2 y 4° C, así como para las diferentes fechas de medición y con la interacción de temperatura con fecha de obtención de datos, y para la fuente de variación tratamientos se tuvo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

Procediendo a realizar la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) (Cuadro 6), se observó que existen diferencias estadísticas entre los rangos de temperaturas mencionados anteriormente, indicando que con la temperatura de 4° C las plantas tienen una mejor respuesta, pues se registró un incremento de 34.8 % con respecto a la temperatura de 2° C.

Por otra parte con respecto a las diferentes fechas de medición, se registró un nivel de recuperación de 36.53 %, después de su exposición a frío en la fecha tres con $6.76 \mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, comparado con la fecha uno que solo fue de $4.29 \mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Cuadro 8).

No obstante cuando hay interacción entre las fechas con temperaturas diferentes (2 y 4° C). Con 2° C el nivel de recuperación del estrés es menor que a 4° C (Figura 4.7).

En la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) para los diferentes tratamientos (Cuadro 7) se observa que hubo diferencias estadísticas significativas, sobresaliendo el tratamiento tres con una dosis aplicada de 20 cc/L el cual obtuvo un valor de $6.26 \mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, siendo mejor en un 18.6 % con respecto al testigo con tan solo $5.09 \mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, indicando el grado de fotosíntesis en las plantas tratadas con BioColdProt[®] que fue mayor incluyendo al testigo (Figuras 4.6 y 4.7).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en *Coleus blumei* (Coleo).

F.V	g.l	Foto $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	CN $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	C. _i $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	C. _i /CA
Rep	3	0.9	0.1	265.67	0.002
Tem	1	133.9**	0.3**	2443.7*	0.020*
Trat	3	6.3*	0.07**	481.8	0.004
Tem*trat	3	1.1	0.02	814.7	0.007
Fecha	2	50.0**	0.01	62704.12**	0.511**
Temp.*Fecha	2	37.0**	0.014	2241.21*	0.020*
Trat * Fecha	6	1.6	0.002	464.2	0.004
Temp.*Trat *	6	0.5	0.002	674.92	0.006
fecha					
C.V (%)		24.99	67.42	9.31	9.32

*, ** = Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Foto =Tasa Fotosintética, CN = Conductancia estomática, C._i = CO₂ intercelular,
C._i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 6. Comparación de medias para *Coleus blumei* por temperatura.

Temperatura	Foto $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	CN $\text{Mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	C. _i $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	C. _i /CA
2° C	4.44 a	0.11 b	276.63 a	0.7904 a
4° C	6.81 b	0.23 a	266.54 a	0.7615 a
DMS	0.5732	0.0484	10.305	0.0294

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto = Tasa Fotosintética, CN = Conductancia estomática, C._i = CO₂ intercelular,
C._i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 7. Comparación de medias para *Coleus blumei* por tratamiento.

Tratamiento	Foto	CN	C _i	C _i /CA
	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{Mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	
T0	5.09 b	0.12 c	272.95 a	0.78 a
T1	5.37 a b	0.21 a b	270.48 a	0.77 a
T2	6.26 a	0.24 a	276.80 a	0.79 a
T3	5.80 a b	0.13 b c	266.10 a	0.76 a
DMS	1.0697	0.0904	19.232	0.0549

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto = Tasa Fotosintética, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular, C_i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Cuadro 8. Comparación de medias para *Coleus blumei* por fecha de obtención de datos.

Fecha	Foto	CN	C _i	C _i /CA
	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{Mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$	
F1	4.29 c	0.17 a	319.84 a	0.91 a
F2	5.85 b	0.20 a	262.03 b	0.75 b
F3	6.76 a	0.16 a	232.87 c	0.67 c
DMS	0.8428	0.0712	15.153	0.0433

* Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Foto = Tasa Fotosintética, CN = Conductancia estomática, C_i = CO₂ intercelular, C_i/CA = CO₂ intercelular / CO₂ ambiente.

Figura 4.6. *Coleus blumei* tratados con frío en sus 4 tratamientos a diferentes temperaturas.

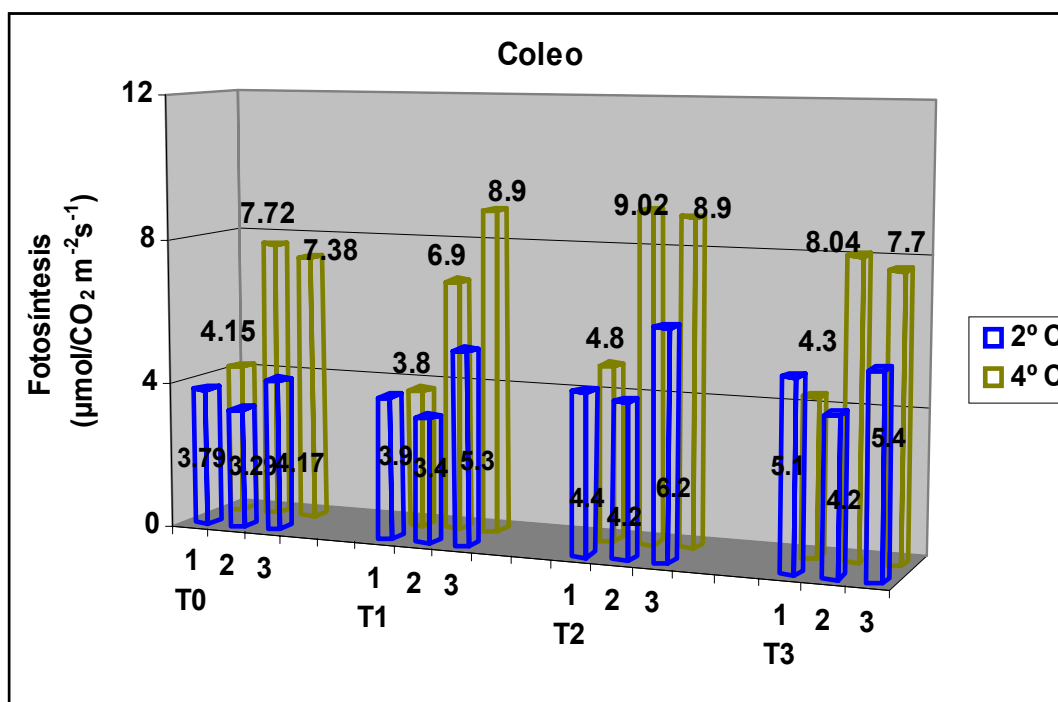


Figura 4.7. Efecto de los diferentes tratamientos de (BioColdProt®) en *Coleo*, considerando fechas y temperaturas.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

CONDUCTANCIA (CN)

El análisis de varianza para esta variable (Cuadro 5) muestra diferencias altamente significativas para las fuentes de variación de temperatura y tratamientos ($P \leq 0.05$) por otra parte no se encontró significancia para las restantes fuentes de variación.

Al realizar la comparación de medias ($P \leq 0.05$) se encontró diferencia estadística altamente significativa a ambas temperaturas donde con 4° C se obtuvo un valor de 0.23 con respecto a la temperatura 2° C con un valor de 0.11, con una diferencia entre ambas de 52.17 % (Cuadro 6).

Es decir las plantas expuestas a un mayor temperatura de 4° C muestran mayor conductancia por lo tanto mayor tasa fotosintética y viceversa.

En los tratamientos se muestra claramente que el tratado con cera a una dosis de 30 cc/L tiene un valor menor de conductancia comparado contra el tratamiento 2, el cual obtuvo el valor más alto de $0.24 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, siendo esto con una diferencia del 45.83 % (Cuadro 7), indicando que a niveles altos de cera (30 cc/L) hay una buena conductancia y mejor fotosíntesis.

Con respecto a las tres fechas de medición, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero si numéricas donde la fecha tres mostró el valor mas bajo de conductancia con respecto a la fecha uno, con una diferencia de 5.88 % (Cuadro 8) observándose una excelente recuperación conforme transcurren los días.

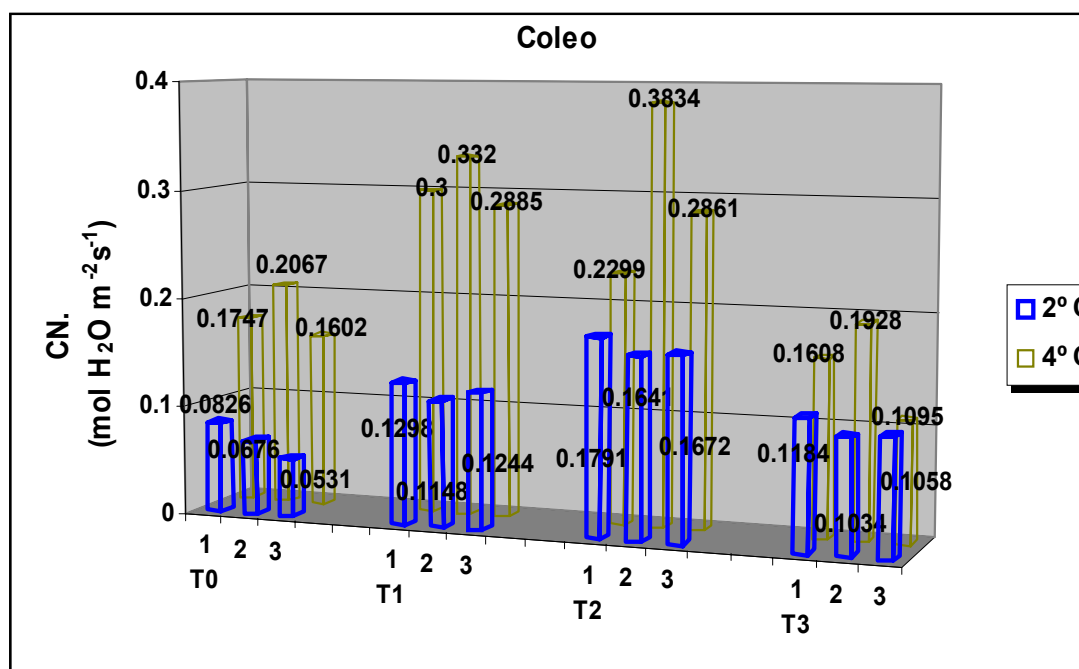


Figura 4.8. Efecto de los diferentes tratamientos con BioColdProt® para conductancia en Coleo, considerando fechas y temperaturas

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

CO₂ INTERCELULAR (C_i)

El C_i nos indica la cantidad de CO₂ inactivo para la planta y que se encuentra entre las células y no dentro de ellas como en el cloroplasto donde no se aprovechan, así mismo valores elevados de C_i indican mayor estrés y menos eficiencia y viceversa.

En el análisis de varianza (Cuadro 5) para la variable C_i se encontraron diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación temperatura y la interacción temperatura por fechas, por otra parte para la fuente de variación fecha de obtención de datos se observó una alta significancia ($P \leq 0.05$).

Al realizar la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) en cuanto a temperaturas se encontró diferencia estadística significativa, donde tuvo mejor respuesta la temperatura de 4° C con respecto a la de 2° C con una diferencia del 34.80 % (Cuadro 6).

Con respecto a las diferentes fechas de medición se encontró diferencia estadística significativa obteniéndose una diferencia del 11.12 % en la tercera fecha de medición comparativamente con la segunda lo que indica la mejoría en la recuperación de la planta después del quinto día fecha 3 con un valor de 232.87 $\mu\text{mol}/\text{CO}_2 \text{ mol aire}^{-1}$ (Cuadro 8).

En la interacción sobresale de manera particular la fecha 3, en la cual se muestra el valor con mayor valor de C_i (Cuadro 8) dentro de esta especie (Figura 4.9), en comparación con todos los tratamientos y en los rangos de temperaturas tratadas.

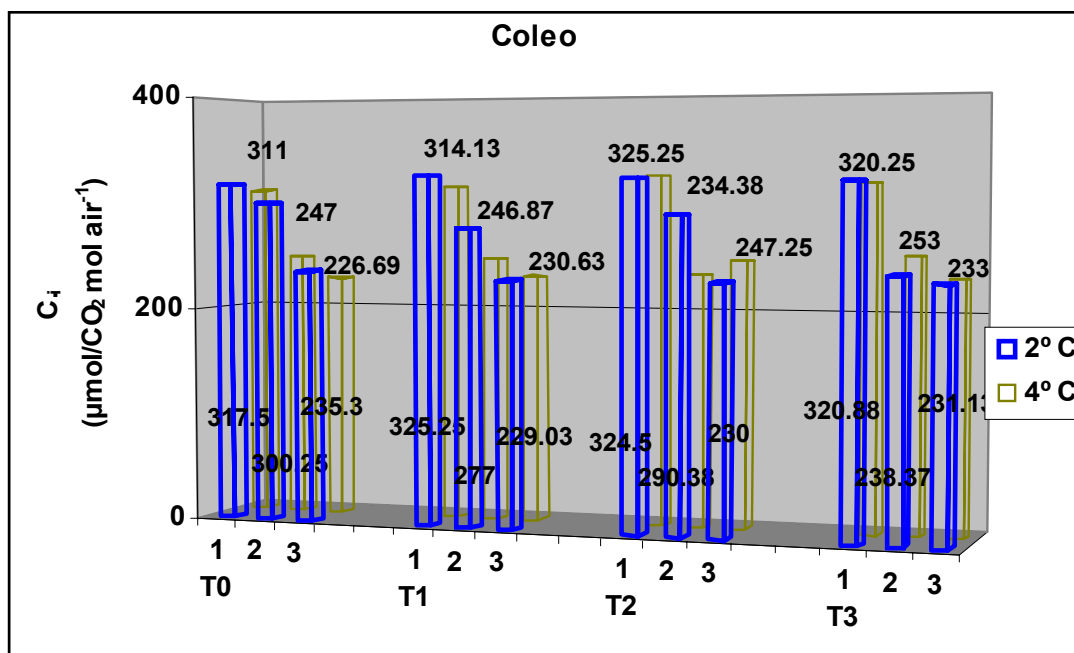


Figura 4.9. Efecto de los diferentes tratamientos de (BioColdProt[®]) para la variable CO₂ intercelular en Coleo, considerando fechas y temperatura.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L

(C_i / C.A)

El C_i/C.A nos indica la cantidad de CO₂ que se encuentra entre las células y no dentro de ellas como en el cloroplasto que es donde se aprovecha, así mismo valores mas elevados de C_i/C.A indican mayor estrés y menos eficiencia y viceversa.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 5) para esta variable se encontró que existen diferencias altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre las fechas de evaluación y significativa para la temperatura y para la interacción temperatura por fecha.

De acuerdo a la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos (Cuadro 7) se observa que no presentan diferencias estadística significativa, no obstante, se observa una diferencia numérica menor en el valor obtenido con el tratamiento 3 (30 cc.L) que es de 0.76 siendo menor en

un 4 % al tratamiento 2 (20 cc/L) que fue el de mayor valor con 0.79, indicando que el grado de estrés en las plantas tratadas es el mismo en todos los tratamientos incluyendo el testigo (Figura 4.10).

Así mismo, a través de fechas se observaron diferencias entre el $C_i/C.A$, obteniendo el mayor valor la fecha 1 con 0.91 y el menor la fecha 3 con 0.67, lo anterior refleja la activación de la enzima Rubisco en la fijación de CO_2 (Cuadro 8).

Por otra parte la interacción significativa de fechas por temperatura indica que al incrementar el mínimo de días después de la exposición a temperatura el valor de $C_i/C.A$ se reduce debido principalmente a la recuperación de la planta.

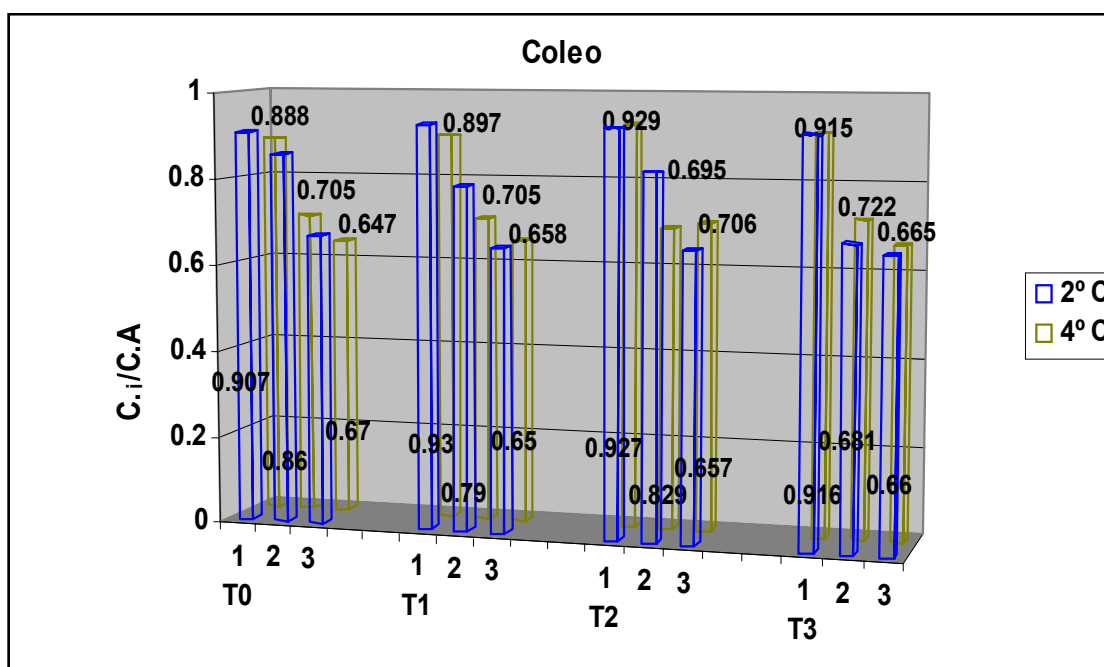


Figura 4.10. Efecto de los diferentes tratamientos de BioColdProt® para la variable de $C_i / C.A$ en Coleo, considerando fechas y temperatura.

TO = Testigo; T1 = dosis 10 cc/L; T2 = dosis 20 cc/L; T3 = dosis 30 cc/L.

CONCLUSIONES

Con la aplicación de BioColdProt[®] producto a base de ceras naturales, disminuye el grado de estrés por frío en *Coleus blumei* a un rango de 2 y 4° C, aplicado en forma foliar a una dosis de 30 cc/L.

La evaluación de BioColdProt[®] en la tasa fotosintética y conductancia en *Coleus blumei* tuvo un efecto positivo después de la exposición al frío en un rango de temperatura de 2 y 4° C, mejorando hasta en un 18.6 % para fotosíntesis y un 45 % en conductancia. Con respecto a C_i y C_i/CA no hubo ningún efecto con respecto al producto, el descenso de estas variables se debió al tiempo de recuperación que transcurrió día a día.

Con la aplicación de BioColdProt[®] no ayudo a disminuir el estrés ocasionado por bajas temperaturas en *Impatiens walleriana*, mas sin embargo se tuvo una buena recuperación de esta especie.

El efecto de la evaluación de BioColdProt[®] sobre la tasa fotosintética y parámetros asociados en *Impatiens walleriana* fue negativo después del estrés por frío debido a que este no actuó, pero tuvo un mejoramiento en el aspecto visual de la especie a un 47.7 % conforme transcurría el tiempo después de la exposición al frío.

V. LITERATURA CITADA

- Aguirre, B.G. 1973. Técnicas y medios para combatir las heladas. Trillas. pp 7 – 15.
- Araus, J., T. Amaro., J. Casadesus., A. Asbati., y M. Nachit. 1998. Relationships between ashcontent , carbon isotope discrimination and yield in durum wheat. Australian Journal of Plant Physiology 25: 835 –842.
- Bar – Tsur, A., J. Rudich., B. Braudo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperatures. Hort Science 60 (3); 405 – 410.
- Bautista, M.N., L.G. Alvarado., y A.J. Sánchez. 2002. Colegio de Postgraduados. Manejo Fitosanitario de Ornamentales. Instituto de Fitosanidad. pp 1 – 3.
- Beadle, C.L., Paull, R.E., Chen, N.J. 1985. Photosynthesis in relation to plant production in terrestrial environments. Tycoly Publishing Limited. Oxford, England. 156 p.
- Benavides, M.A., H. Ramírez., T.V. Robledo., F. Hernandez. 2004 Efecto de tres fumigantes de suelo y dos cepas de bacterias sobre la productividad de fresa. OYTON. Experimental Botany: 91- 102.
- Bidwell, R,G,S. 1994. Fisiología Vegetal. Fotosíntesis. pp. 200-01.
- Bruño, A. J. 2003. Biología 2. Estructura de la molécula de agua. En línea: <http://www.um.es/~molecula/sales01.htm>

- Carvalho, S. 2002. Agrícola Río Bueno. Control de heladas en arándanos Revista Chile Riego N° 11. En línea:
http://www.chileriego.cl/revista/rev11/rev11_2.htm
- Durand, J. B., O. Leila., Y. Uri., F. Yoram. 1984. Effect or Waxing on Moisture Loss and Ripennig or Fuerte Avocado Fruit. HortScience. 19; 421 – 422.
- Dwayer, L.M. and D. W. Steward. 1986. Effects of leaf age and position on net photosynthetic rates in maize. Agric. For Meteorol. 37: 29- 46.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM.
- Handerburg, R. E., A. E. Watada., C. Wong. 1988. Almacenamiento Comercial de Frutas, Legumbres y Existencias de Floristerías y Viveros. IICA. pp. 30 – 31.
- Hirt H. 2003. Plant Response to Abiotic Stress. Topics in Current Genetics Volume 4, Chapter: pp 9-38.
- INEGI, 2000. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). CP. La horticultura ornamental en México. pp 3-4.
- INEGI, 2002. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI, 2004. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa. pp 409.
- Krause,G., S. Heinrich., S. Grafflaje., and S. Somersalo. 1988. Effects or freezing on plant mesophyll cell. Pp 311 – 327 in S.P. Woodward (eds.9, Plants and Temperature. Symposia of the Society for Experimental Biology. No. 42. The Company of Biologists.

- Lavelor, G.C. 2004. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant*. Vol 25. 2:275.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. New York: Academic Press.
- LICOR, 2004. Using the LI-6400. Portable Photosynthesis System. Book 1. Part 1. The Basics. p 6 – 13.
- López, T. M. 1995. Resistencia de las Plantas. México. Trillas. ESAHE. pp. 40 – 55.
- Ludlow, M. y R. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in waterlimited environments. *Advances in Agronomy* 43: 107 –151.
- Martínez, C. R. 2000. Utilización de ceras sobre tomate y limón mexicano en postcosecha. UAAAN. pp 8 – 15.
- Medina, V. E. 2004. BIOAGROMEX (Biotecnología Agrícola de Medico). Catalogo Técnico de Productos. p, 88.
- Moline, H. E. 1984. Postharvest Pathology or fruits and Vegetables; Postharvest Losses in Perishable Crops. 150 p.
- Mott, K. A. 1988. Do stomata respond to CO₂ concentrations other than intercellular? *Plant Physiol*. 86: 200 – 203.
- Ramírez, M. 2004. Gerente General de Cosmoflor. S.A de C.V. Villa Gro. Edo. Méx. (Comunicación personal).
- Ray, P. 1985. La planta Viviente. México. CECSA. pp. 20

- Russildi, G.M.C. 1981. Diferentes vías fotosintéticas de las plantas y sus aplicaciones en la alimentación de los herbívoros. Facultad de Agronomía U.A.N.L Monterrey. N.L. Méx.
- SAGAR, 2000. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Programas Emergentes por Fenómenos Meteorológicos para el Sector agropecuario 1995 - 2000. pps 7 – 12, 30 – 32.
- SAKATA, 2003. Paquete tecnológico. Flores. En línea: www.sakata.com.mx .
- Salinas, A. G. 2004. Comunicación personal. Productor Coxflor. Villa Guerrero, Estado de México.
- Salisbury, B. F. and W. C. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericano 663-664.
- Salisbury, B.F., Ross W.C. 1994. Fisiología Vegetal. Métodos de intercambio de Gases. pp 73 – 80.
- Sandiumenge, J. 2003. Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Temperaturas Bajas y Heladas. En línea: www.arturosoria.com/botanica/art/heladas.asp
- Simone, J.A, 2004. Gloekner & Company, Incorporated. Seed for the comercial Grower. pp: 6 – 12.
- Toledo. V. S. A, 2003. Clasificación de las Heladas, Respuestas del Vegetal, Síntomas y Control de Heladas. Universidad Católica de Valparaíso. En línea. www.ecoplant.cl
- Weiser, C. J. 1970. Cold resistance and acclimation in woody plants. HortScience 5: 403 – 410.