

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**USO DE ESPUMAS HIDROFILICAS BAJO CONDICIONES DE
ESTRÉS HIDRICO Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE
BROCOLI (*Brassica oleracea* L. italica)**

POR:

CINDY EMILIANO TERRAZAS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

**Buenavista, Saltillo, Coah. México
Junio del 2002**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**USO DE ESPUMAS HIDROFILICAS BAJO CONDICIONES DE
ESTRÉS HIDRICO Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE
BROCOLI (*Brassica oleracea* L. italica)**

POR:

CINDY EMILIANO TERRAZAS

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

M.C. Alberto Sandoval Rangel

ASESOR PRINCIPAL

SINODAL

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza

L.C.Q. Gabriela Padrón Gamboa

SINODAL

ASESOR EXTERNO

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Buenavista, Saltillo, Coah. México
Junio del 2002

DEDICATORIA

A MI MAMA

Sra. María Judith Guadalupe Terrazas Domínguez.

Porque aunque ya no esté conmigo, donde quiera que esté yo, tu estas en mi pensamiento y en mi corazón acompañándome siempre.

A MI TIA

Sra. Silvia Terrazas Domínguez.

Con todo mi agradecimiento por su apoyo, paciencia y comprensión a lo largo de mi Carrera, que fue muy larga y llena de tropiezos gracias tía .

AMIS PRIMOS

Eduardo y Gustavo.

Por ser mi apoyo en los momentos que lo he necesitado y por ser como hermanos para mí, compartiendo siempre alegrías, juegos y disgustos, mil gracias niños por ser como son.

A ALGUIEN MUY ESPECIAL

Hugo García Terrazas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con un eterno agradecimiento por los conocimientos que de ella recibí para formarme como profesional.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por brindarme su apoyo y asesoría para la realización de este trabajo, por ser parte de mi formación profesional y por ser una gran persona gracias .

Al MC. Alberto Sandoval Rangel por brindarme su asesoría en la realización de este trabajo, además por haber sido parte de mi formación profesional.

Al MC. Luis Miguel Lasso Mendoza por brindarme su asesoría en la revisión de la presente investigación.

A la L.C.Q.. Gabriela Padrón Gamboa por su asesoría y apoyo desinteresado en la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

A todos los maestros, que de alguna u otra forma intervinieron en mi formación profesional. En especial a los del departamento de Horticultura.

A todos mis compañeros y amigos de la generación XCII y XCIII de Ingenieros Agrónomos de Horticultura y demás Especialidades . Pero muy en especial a aquellos que estuvieron cerca de mi: Araceli, Sandra, Sareth, Erandi, Silvia, Elsy, Josué, Jorge, Toño, Nestor, Edgar, Max, Luis Alberto, Omar Alexander, Blasí, Joaquín, Perfecto, Felix y Luz, a todos ustedes gracias por su amistad.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
HIPÓTESIS	2
REVICION DE LITERATURA	3
Generalidades de los Sustratos	3
Historia	3
Clasificación	5
Materiales Orgánicos	5
Materiales Inorgánicos	5
Materiales Mixtos	6
Características de los Sustratos	6
Características Biológicas	6
Características Físicas	7
Granulometria	8
Porosidad	8
Características Químicas	9
Potencial de Hidrógeno	10
Capacidad de Intercambio Cationico	11
Relación Carbón Nitrógeno	11
Conductividad Eléctrica	13
Características de los materiales mas Utilizados Comercialmente-	13
Turba.....	13
Turberas Bajas	14
Turberas Altas.....	14
Turberas de Transición.....	14
Pumita.....	14
Perlita.....	15
Vermiculita.....	15
Tierra Volcánica.....	16
Gravas.....	16
Arenas.....	16
Lana de Roca.....	17
Poliestireno.....	17
Poliuretano.....	17
Hidrogeles.....	18
Nuevos Materiales Utilizados como Sustratos.....	19
Principios de las Mezclas.....	19

Estrés-----	21
Concepto de Estrés-----	22
Estrés Hídrico-----	23
Estrés por Déficit Hídrico-----	24
MATERIALES Y METODOS-----	25
Ubicación del Area Experimental-----	25
Descripción del Area Experimental-----	25
Clima-----	25
Material Utilizado-----	26
Preparación de las Espumas de PUB-----	26
Poliacrilamida-----	27
Metodología de la Formulación de Espumas-----	27
Soluciones Nutritivas-----	28
Establecimiento del Experimento -----	30
Etapas de plántula -----	30
Descripción de los tratamientos-----	30
Descripción e los Niveles de Estrés -----	30
Diseño Experimental -----	31
Labores Culturales -----	31
Preparación de Camas Flotantes-----	31
Siembra-----	31
Riegos-----	31
Fertilización-----	31
Control Fitosanitario-----	32
Evaluaciones de Cultivo-----	32
Variables Evaluadas-- -----	33
Peso Fresco-----	33
Peso Seco-----	33
Numero de Hojas-----	33
Altura de Plántula-----	33
Etapas de Maceta -----	34
Tratamientos Evaluados -----	34
Diseño Experimental -----	34
Labores Culturales -----	35
Preparación del Terreno-----	35
Llenado de Macetas -----	35
Trasplante -----	35
Riegos-----	35
Fertilización-----	35
Control Fitosanitario-----	35
Deshierbe -----	35
Variables Evaluadas-----	36
Numero de Hojas -----	36
Área Foliar -----	36
Determinación de Número de Estomas -----	36

RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
Análisis de Crecimiento del cultivo.....	37
Etapla Plántula.....	37
Longitud de Raíz	38
Altura de la Plántula	39
Peso Fresco de la Plántula	40
Peso Fresco de la Raíz	42
Etapla Maceta	49
Longitud de Raíz	44
Altura de la Plántula	45
Peso Fresco de la Plántula	47
Peso Fresco de la Raíz	48
Área Foliar	49
Área Promedio por Hoja	49
Área Total por Planta	49
Numero de Hojas	49
Conteo de Estomas	50
Densidad Estomatica	50
Densidad Estomatica de Celulas Tabloides ----	50
Indice Estomatico	53
CONCLUSIÓN	54
LITERATURA CITADA	55

INDICE DE CUADROS

	Pag
Cuadro 2.1. Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.-----	9
Cuadro 2.2. Relación C/N de algunos materiales orgánicos.-----	12
Cuadro 3.1. Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y polisacáridos. -----	26
Cuadro 3.2. Formulación de la Solución Hoagland y Arnon.---	29
Cuadro 3.3. Análisis de Polimeros -----	29
Cuadro 3.4. Tratamientos evaluados en el cultivo de Brócoli en etapa de plántula, 2001.-----	30
Cuadro 3.5. Tratamientos evaluados en el cultivo de Brócoli en etapa de maceta, 2001.-----	34
Cuadro 4.1. Valores promedios para las diferentes variables en plántula durante los muestreos 1,2, antes de Aplicar el Estrés, 2001-----	37
Cuadro 4.2. Valores promedios para las diferentes variables en plántula durante los muestreos 3,4,5, ya Aplicado el Estrés,2001.-----	43
Cuadro 4.3. Valores promedios del muestreo de Hojas en Etapa Maceta, 2001.-----	49
Cuadro 4.4. Valores promedios del conteo estomático en maceta, 2001.-----	50

INDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 3.1. Distribución de los tratamientos en etapa de maceta.-----	34
Figura 4.1. Longitud de Raíz en plántula de Brócoli en el muestreo uno y dos sin someter a estrés , 2001.-----	38
Figura 4.2. Altura de la Plántula de Brócoli en el muestreo uno y dos Sin someter a estrés, 2001. -----	39
Figura 4.3. Peso Fresco Aéreo en Plántula sin someter a estrés, 2001.-----	41
Figura 4.4. Peso Fresco de Raíz en Plántula sin someter a estrés, 2001.-----	42
Figura 4.5. Longitud de Raíz en plántula de Brócoli en el muestreo Tres, cuatro, cinco bajo condiciones de estrés , 2001.-----	44
Figura 4.6. Altura de Plántula de Brócoli en el muestreo tres, cuatro y cinco bajo condiciones de estrés, 2001. -----	46
Figura 4.7 Peso Fresco Aéreo en Plántula bajo condiciones de estrés, 2001.-----	47
Figura 4.8. Peso Fresco de Raíz en Plántula bajo condiciones de estrés, 2001.-----	48
Figura 4.9. Densidad Estomatica del cultivo de Brócoli, 2001.-----	51
Figura 5.0. Numero de células tabloides en el cultivo deBrócoli 2001.--	52
Figura 5.1. Índice estomatico del cultivo de Brócoli, 2001.-----	53

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se localiza al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en los meses de Febrero a Mayo del 2001. El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de las plántulas y plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L. italica), sometidas a estrés causado con déficit hídrico, en diferentes sustratos conseguidos al mezclar peat moss con una espuma hidrofílica (EH) y poliacrilamida (PA) en la siguiente forma: peat moss 100%; peat moss 90% + espuma hidrofílica al 10%; peat moss 80% + espuma hidrofílica al 20%; Peat moss 99% + Poliacrilamida al 1%. Se buscó entonces verificar si la presencia de los polímeros modificaba de alguna forma la respuesta de las plantas bajo condiciones de estrés. El experimento se realizó en invernadero utilizando un diseño experimental completamente al azar para plántula y maceta. En plántula se tuvieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones obteniendo un total de 16 unidades experimentales. Los resultados mostraron que En la etapa de crecimiento de la plántula, y en ausencia de estrés, los tratamientos poliacrilamida al 1% y testigo mostraron ventaja sobre los tratamientos con espuma hidrofílica al 10 y 20% respecto a las variables longitud de raíz, altura de plántula y peso fresco aéreo. Al inducir el estrés con el déficit hídrico en el nivel más bajo no se observó diferencia respecto a la conclusión anterior. Sin embargo al aplicar el nivel más alto de déficit hídrico se observó una ventaja de las espumas hidrofílicas sobre el testigo, siendo significativa en el caso del tratamiento con 10%. En este caso no se observó diferencia frente al tratamiento con poliacrilamida. En la etapa de crecimiento de las plantas en maceta, y ya sin aplicar ningún estrés controlado, las plantas provenientes de las plántulas sometidas al nivel de estrés más alto mostraron valores significativamente mayores de área foliar promedio por hoja y área foliar total por planta, no mostrando diferencias respecto al número de hojas. En cuanto a los diferentes sustratos las plantas provenientes del tratamiento testigo en el nivel bajo de estrés mostraron ventaja sobre las restantes. En cambio,

cuando las plantas provenían del nivel más alto de estrés la ventaja fue manifestada por los tratamientos de poliacrilamida y espuma hidrofílica al 10%. Los tratamientos con materiales hidrofílicos modificaron la cantidad y distribución relativa de los complejos estomáticos.

INTRODUCCIÓN

En México uno de los aspectos más notables de los últimos años, ha sido sin duda la gran importancia que han cobrado las hortalizas principalmente en el área sembrada, captación de divisas, la alta rentabilidad de superficie y la gran demanda de mano de obra requerida, lo cual obliga a la generación de tecnología propia y adecuada a esta evolución tecnológica.

Sin embargo un problema que se presenta en las prácticas de producción y que afecta el porcentaje de rendimiento desde hace varios años, es la baja germinación que se obtiene en la siembra directa. En algunas hortalizas, la tendencia al transplante se ha acrecentado por lo que la producción de plántulas brinda muchas ventajas al productor, optimizando gran numero de insumos. En este aspecto los sustratos juegan un papel importante porque de ellos depende una buena germinación y desarrollo de las plántulas, además de brindar un soporte adecuado y adicionalmente puede intervenir o no en el proceso de nutrición vegetal.

Las técnicas de cultivo utilizadas en la producción vegetal han experimentado rápidos y notables cambios durante las tres últimas décadas. Unido a estos rápidos cambios tecnológicos se produjo la rápida sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el uso de otros soportes o sustratos, más o menos inertes.

Actualmente existe un gran interés en las espumas hidrofílicas debido a su aplicación como material absorbente especialmente en productos para la horticultura. Así mismo, la disponibilidad y aplicación de PUB Hidrofílicos constituye un área de oportunidad tecnológica y científica que puede contribuir sensiblemente a la resolución de una problemática prioritaria en regiones áridas y semiáridas, ya que el uso eficiente de agua de riego en la producción hortícola, podría aumentar en un 15% (675 m³ por hectárea por temporada) la eficiencia de uso del agua en la producción hortícola de la región semiárida mediante el desarrollo y aplicación de PUB hidrofílicos.

El uso de biopolímeros (espumas de poliuretano-biodegradables) en la investigación hortícola tiene un valor intrínseco, ya que puede ser fuente de enseñanza acerca de las respuestas fisiológicas y adaptativas de las plantas, por lo que la información disponible es muy poca. El presente trabajo de investigación, pretende aumentar nuestro conocimiento sobre la utilización de biopolímeros como sustratos para uso comercial o investigaciones futuras. Para ello se plantearon los siguientes:

OBJETIVOS

Evaluar la respuesta de las plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L. italica) producidas en charolas de germinación utilizando peat moss adicionado con una poliacrilamida comercial y distintas espumas hidrofílicas.

Estudiar la respuesta de las plantas de brócoli en los diferentes sustratos al aplicar dos niveles de intensidad de estrés inducido con déficit hídrico.

HIPOTESIS

El peat moss adicionado con los materiales hidrofílicos proporciona mejores condiciones para la germinación y desarrollo de semillas de brócoli, que las proporcionadas por el sustrato convencional.

Bajo condiciones de déficit hídrico las espumas hidrofílicas presentan un mejor desempeño que la poliacrilamida comercial mejorando el crecimiento de la planta.

REVISION DE LITERATURA

Historia.

El uso de sustratos es propio del cultivo en maceta. La practica de cultivar plantas en maceta tiene probablemente el mismo origen que la jardinería. Desde hace cerca de 4,000 años, los egipcios cultivaban árboles en contenedores de madera o piedra, dejando constancia de ello en sus pinturas murales, pudiéndose afirmar que sus elementales sistemas de cultivo han perdurado casi hasta nuestros días. (Bures, 1997).

Dos hechos influyeron en la evolución del concepto de sustrato distinto del suelo natural. El primero fue el descubrimiento de que todas las plantas tienen los mismos requerimientos básicos. El segundo fue el darse cuenta de que el medio de cultivo solo proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes minerales, llevando, en consecuencia a definir sustratos que no contenían suelo natural (Bures, 1997).

GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS.

Bajo la denominación de sustratos se encuentran todos los soportes que sirven para el cultivo de las plantas, independientemente de una mayor o menor productividad. Desde la antigüedad con la aportación de materia orgánica se comprobó que los suelos mejoraban. Así se utilizó el estiércol, los restos de cosecha, la turba, las algas, los residuos industriales (orugas, escorias, etc.) y basuras urbanas. Siempre utilizando materiales abundantes y baratos para crear la composta y a partir de la composta componer los distintos sustratos. (Gordilo y Treviño, <http://www.adiho.es>).

Los actuales conocimientos en el campo de la nutrición vegetal y su aplicación agronómica, así como los nuevos fertilizantes, han ofrecido la posibilidad de un cultivo más ajustado a las necesidades específicas y estacionales. Así se ha creado toda una técnica de cultivo forzado en la cual los sustratos y fertilización tienen gran importancia (Ballester-Olmos, 1992).

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis ó residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura ó en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando , por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Abad, 1991; citado por Cadahia, 1998).

El sustrato ideal es aquel que sea económico, que este disponible inmediatamente, que sea uniforme y completamente libre de patógenos, semillas de malezas o sustancias químicas peligrosas (Carpenter, 1995).

La elección del sustrato es de gran importancia en cuanto a sus requisitos físicos y químicos ya que pueden influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas (Alpi *et al*, 1991).

Los productores han cambiado la siembra directa por el trasplante para obtener poblaciones más homogéneas, cosechas tempranas y maduración uniforme de las plantas; para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y calidad del agua (Hassell, 1994).

Clasificación.

El numero de materiales que pueden ser utilizados como sustratos son muy amplios y estos pueden ser utilizados solos o en mezclas. Una de las clasificaciones más frecuentes es orgánicos, inorgánicos y mixtos.

Materiales orgánicos.

Existen dos tipos de materiales orgánicos, los de origen natural y los de síntesis. Los materiales orgánicos de origen natural están sujetos a descomposición biológica y pueden ser utilizados como sustratos después de sufrir una serie de procesos biológicos ya sean artificiales como el compostado o bien natural como el caso de las turbas. Los materiales orgánicos de síntesis son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante procesos químicos como el poliestireno o las espumas de poliuretano, que por sus características en ocasiones las clasifican erróneamente como inorgánicos. (Bures, 1997)

Materiales inorgánicos.

Los materiales inorgánicos se obtienen a partir de rocas o minerales de distintos orígenes e incluyen los suelos naturales. Estos materiales pueden modificarse ligeramente, sin alterar la estructura interna del material, mediante tamizado o fragmentación o bien pueden transformarse mediante procesos físicos o químicos que transforman las propiedades del material original. (Bures, 1997)

Materiales mixtos.

Este grupo comprende subproductos minerales de diversas industrias, como los residuos de filtración que suelen ser materiales inorgánicos colmatados por residuos orgánicos de origen diverso según el proceso industrial para el que se utilizan.

Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| - Retención de húmeda | - Permitir buena aireación |
| - Estabilidad física | - Químicamente inerte |
| - Biológicamente inerte | - Tener buen drenaje |
| - Tener capilaridad | - Ser liviano |
| - Ser de bajo costo | - Estar disponible |

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS

Características biológicas.

Abad (1993), dice que las propiedades biológicas son parte fundamental en el estudio de las propiedades de sustratos hortícolas. Porque la población microbiana es la responsable de la degradación biológica de los sustratos orgánicos, lo que puede resultar desfavorable ya que los microorganismos consumen nutrientes (oxígeno y nitrógeno principalmente) en competencia con el cultivo, además de liberar sustancias fitotóxicas y alterar las propiedades físicas. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteína); disposición que puede reducirse mediante el compostado y el mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

Por otro lado, a los ácidos húmicos y fúlvicos, productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa se les atribuyen muchos efectos sobre una gran variedad de funciones vegetales, tanto al nivel de célula como de órgano. Estos compuestos actúan como transportadores de micro nutrientes para las plantas, y se les ha atribuido un efecto sinérgico con las auxinas producidas naturalmente por el cultivo o aplicadas exógenamente.

Características Físicas

La estructura física de un sustrato esta formado básicamente por un esqueleto sólido que conforma un espacio poroso, que pueden estar llenos de agua o de aire y corresponden a espacios situados entre las partículas de sustratos o dentro de las mismas partículas.

Los sustratos a diferencia de los suelos tienen mayor porosidad, puesto que la mayoría de los materiales que se utilizan como sustratos tienen poros dentro de sus partículas, además de los poros inter-partículas, lo que permite aumentar el volumen de poros respecto a un suelo donde los poros se encuentran situados solamente entre las partículas.

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de importancia primaria; ya que una vez que el sustrato este en el contenedor, y la planta creciendo en él, no es posible modificar prácticamente las características físicas básicas de dicho sustrato.(Abad, 1993).

Granulometría.

Ansorena (1994), publica que es común que los sustratos estén formados por la mezcla de partículas (corteza, arena, etc.) o fibras (turba, lana de roca) de diferentes tamaños. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales, tendrán en su interior poros de diferentes tamaños que constituyen la porosidad interna o intra particular. Pero, además, quedaran huecos entre las partículas (tanto más grande cuanto mayor será el tamaño de las partículas que componen el sustrato), que dan lugar a la porosidad inter-partícula. De ahí la importancia de la Granulometría en las propiedades físicas.

Porosidad.

Es la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato y también se denomina espacio poroso o espacio vacío. Generalmente los sustratos tienen dos tipos de porosidad: interna y externa la porosidad externa es la que se genera por el propio empaquetamiento de las partículas y depende del modo de empaquetamiento, tamaño del contenedor, tamaño, forma y naturaleza de las partículas. La porosidad interna depende de la naturaleza de las partículas, estado e interconexión de los poros. la porosidad interna puede estar abierta o cerrada. En el cuadro 2.1 se observa la porosidad total determinadas a partir de la densidad real.

Cuadro 2.1 . Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.

	Porosidad total (%+vol.)
Turba	94.44
Tierra de bosque	83.85
Corteza de pino	79.89
Orujo de uva	87.65
Grava volcánica	70.94
Perlita (expandida)	95.47
Vermiculita (exfoliada)	95.09
Arena	38.20

Ansorena (1994), define a la porosidad de un medio de cultivo, como el porcentaje de volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor.

Características Química

Desde el punto de vista químico se pueden definir dos tipos extremos de sustratos

- a) Sustratos químicamente inertes. Son aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tienen capacidad de absorber elementos añadidos a la solución del sustrato. En los sustratos inertes no existe transferencia de materias.

- b) Sustratos activos químicamente o no inertes. Reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los compuestos que forman el material sólido del sustrato o bien absorbiendo elementos en su superficie que pueden intercambiar con los elementos disueltos en la fase líquida.

pH.

Es una medida de concentración de iones de hidrogeno. Aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, tiene varios factores indirectos, como; la disponibilidad de varios nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Una gama de pH de 5.5 a 7.0 es la mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas (pH 7.0 indica el punto neutral, debajo de ese nivel es ácido y arriba, es alcalino). Para reducir el pH de un suelo alcalino, use como fertilizante sulfato de Amonio; para elevar el pH de suelos ácidos, use nitrato de calcio. (Harmann y Kester, 1998).

Abad (1993), señala que bajo condiciones de cultivo intensivo es recomendable mantener un intervalo de pH reducido y un valor óptimo de 5.2 a 6.3 (extracto de saturación); ya que la mayoría de los nutrimentos mantienen su máximo nivel de asimilación con pH de 5.0 a 6.0, en pH menores pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras que con pH mayores la disponibilidad afecta a elementos como Fe, P, Mn, B, Zn, y Cu. Los óxidos metálicos de (Fe, Mn, Cu, Zn, etc.) se hacen más solubles al disminuir el pH, por debajo de 5.0, pudiendo llegar a excesos que resulten tóxicos para las plantas.

Capacidad de intercambio catiónico.

Es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones. Se expresa generalmente en mili equivalentes por 100 gramos de sustrato. La CIC es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de cambio. Los cationes divalentes generalmente están adsorbidos con mas fuerza que los monovalentes y se intercambian con mas dificultad, excepto el H^+ .

La capacidad de intercambio catiónico depende del pH, los materiales muy ácidos, o que tienen el complejo de cambio saturado de H^+ , liberan iones H^+ que se intercambian con los iones de la solución.

Los materiales orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico, lo que representa un deposito de reserva para los nutrimentos, mientras que los materiales con baja capacidad de intercambio catiónico, como la mayoría de los sustratos minerales, retienen cantidades reducidas de nutrimentos y requieren una aplicación frecuente de fertilizantes.

Relación C/N

Abad en 1993, menciona que la relación carbón /nitrógeno se usa como el índice de madurez y estabilidad de la materia orgánica. Cuando se utilizan como medio de cultivo materiales orgánicos inmaduros, existe una inmovilización del nitrógeno y baja disponibilidad de oxígeno, provocada por la actividad degradadora de los microorganismos del sustrato. Esto trae como consecuencia daños a las plantas cultivadas en este tipo de material. Considera la relación C/N menor de 20, como la optima para el cultivo en sustratos, ya que es un material orgánico maduro y estable.

Por otra parte Guerrero (1992) citado por Ansorena (1994), propone intervalos óptimos de la relación C/N, para turbas, como sigue:

< 20 Buena, 20 – 25 Aceptable, 25 – 30 Deficiente, > 30 Mala

Ansorena (1994), afirma, que cuando se preparen medios de cultivo orgánicos a partir de materiales naturales, es necesario tener en cuenta los valores de la relación C/N. En la tabla se muestran algunos valores de la relación C/N de algunos materiales orgánicos.

Cuadro 2.2. Relación C/N. de algunos materiales orgánicos.

Tipo de materia orgánica	C/N
Estiércol de vacuno	28
Estiércol de ovino	23
Estiércol de cultivos de setas	19
Basuras frescas	30
Compostado urbano	14
Lodos	11
Turba parda francesa	20-26
Turba rubia rusa	54
Turba rubia alemana	49
Corteza de pino marino no compostada	300
Corteza de pino compostada	92

Conductividad eléctrica.

Abad (1993), define a la salinidad, como la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Menciona también tres causas que prueban un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar colocado este en el contenedor, son:

La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se mineralizan, o bien, cuando liberan sales mediante difusión, en mayor grado a las cantidades absorbidas o lixiviadas.

Cuando la cantidad de sales aportadas por el agua de riego o solución nutritiva son mayores que las absorbidas por la planta o las perdidas por lixiviación.

Cuando el sustrato presenta una elevada CIC y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo, liberando demasiados nutrientes.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES MAS UTILIZADOS
COMERCIALMENTE.**

Los sustratos comerciales tienen mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos y aditivos como la piedra caliza, fertilizantes, nutrientes, etc. (Terán, 1990).

Turba.

La turba esta formada por restos de vegetación acuática, de pantanos o de marismas, que han sido conservadas debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno en el pantano hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetativo. La descomposición de los diversos depósitos de tuba varia mucho, dependiendo de la vegetación de que de origen, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de descomposición.

Turberas bajas.

También llamadas solígenas o eutróficas, son turbas fuertemente descompuestas que no son aptas para la agricultura, pues poseen una baja porosidad, deficiente retención de agua y aire pudiendo contener materiales fitotóxicos en su complejo de intercambio.

Turberas altas.

Conocidas como ombrogenas u oligotróficas, son las turberas que se forman en las regiones frías con altas precipitaciones y humedad relativa elevada. Están constituidas principalmente por *Sphagnum spp.* que representa el 90% de su composición. Estas turbas retienen elevadas cantidades de agua. Su formación empezó hace unos 10 000 años. Según su grado de humificación distinguimos dos tipos: Turba ligeramente descompuesta o **Turba rubia**, es altamente utilizada en la agricultura puesto que posee excelentes propiedades físicas, como la estructura mullida y elevada capacidad de retención de agua y aire. Y turba fuertemente descompuestas o **Turba negra**, de color oscuro, no es tan apreciada puesto que, debido a su descomposición, ha perdido muchas de sus propiedades.

Turberas de transición.

Presentan características intermedias entre las altas y las bajas.

Pumita.

La pumita al igual que la perlita es un material, silíceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después de molido y cernido sin necesidad de calentarse, esencialmente tiene las mismas propiedades de la perlita aunque es mas pesado y no absorbe tanta agua, puesto que no ha sido deshidratado. Se utiliza en mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en maceta. (Resh, 1987).

Perlita.

La perlita es un compuesto binario y esta constituida por ferrita y cementita, que se obtiene por procesos metalúrgicos. Existen dos tipos de perlita en función de su estructura microscópica, que puede ser laminar o granular. Cuando la perlita granular se calienta a 1000°C, se expande obteniéndose unas formas esferoides muy ligeras, y cuya densidad aparente es del orden 130-180 kg/m³.

Este material expandido se utiliza en agricultura solo o mezclado con otros sustratos, para el cultivo fuera del suelo o en contenedor. Se trata de un sustrato inerte de color blanco, cuya morfología es ligeramente esférica y su diámetro oscila entre 2 y 6 mm. Químicamente es inerte a pH 7-7.5, pero a pH ácidos puede liberar aluminio, que es uno de sus componentes. A menudo se utiliza en mezclas con turba con la finalidad de aumentar el drenaje y la aireación de la turba.

Vermiculita.

Se trata de un mineral silicatado, hidratado de magnesio del grupo de los filosilicatos. Al igual que la perlita, si elevamos rápidamente su temperatura a 300°C, se expande y alcanza volúmenes de hasta cuatro veces el original.

Desde el punto de vista agrícola la vermiculita es arcilla expandida y exfoliada; sus dimensiones se mueven alrededor de 5 a 10 mm. Se trata pues de un material de baja densidad, con buena capacidad de retención de agua, además por el hecho de ser arcillosa, conserva las propiedades de adsorción de iones de las arcillas. Una de sus desventajas es que con el tiempo se compacta y pierde sus propiedades de retención hídrica.

Tierra volcánica.

Es un sustrato natural de dimensiones entre unos milímetros y 1.5 cm., la tierra volcánica es de color rojizo, presenta una gran porosidad, lo que le confiere al sustrato una gran aireación, sin embargo, sus grandes poros lo convierten en un sustrato pobre en lo que se refiere a retención de agua. Se emplea a menudo como decoración superficial para las plantas ornamentales.

Gravas.

En el mercado existen tres tipos de gravas, las de cuarzo, las de piedra pómez y las de río. Las gravas de cuarzo deben de procurarse que sus gránulos no sean muy grandes y que sus aristas no sean muy agudas. Tienen mala retención de agua, tienen buen comportamiento químico, puesto que son muy inertes y ni aportan ni adsorben ningún elemento. Las gravas de piedra pómez, presentan muy buenas propiedades, para una Granulometría de 2 a 15 mm. El volumen de poros es de 85% sobre el total. Las gravas de río también se pueden utilizar pero presentan el mismo problema de porosidad de las gravas de cuarzo.

Arenas.

Las arenas son sustratos naturales. Las arenas que suelen utilizarse para la agricultura suelen ser las de río (silíceas) y no las arenas de playas (calcáreas). El diámetro de las arenas se sitúa alrededor de 2 a 0.05 mm. Con el tiempo la arena se meteoriza y pierde su capacidad de aireación, su precio es alto por lo que suele usarse en cultivos de alta rentabilidad.

Lana de roca.

Es un material inorgánico obtenido de la mezcla de dolerita (60%), roca calcárea (20%) y carbón (20%), todo disuelto a 1600°C. Se le considera un substrato artificial no del todo inerte químicamente, puesto que aporta pequeñas cantidades de hierro, magnesio, manganeso y sobre todo calcio. Su pH es ligeramente alcalino y oscila entre 7 y 9, aunque con el tiempo tiende a la neutralidad. Su presentación comercial es una forma granulada. Su densidad aparente es baja, lo que le confiere gran capacidad de retención de agua. Tiene un gran poder de retención de agua a potenciales hídricos bajos y además el agua retenida aumenta poco a poco desde la parte superior del contenedor hasta la parte del fondo. Suele mezclarse con otros sustratos para asociar distintas propiedades. (Bures, 1997).

Poliestireno.

Se trata de una materia termoplástica obtenida por polimerización del estireno. Se obtiene al calentarse un substrato artificial formado por partículas redondas blancas cuyo diámetro oscila entre 4 y 12 mm. Presenta poco peso y poca capacidad de retención de agua y una gran aireación. Su pH es de 6 a 6.5.

Poliuretano.

Denominación genérica de diversos polímeros sintéticos que contienen grupos uretanos. Al calentarse, se expande y toma la forma de espuma. Es totalmente inerte, ligero, de estructura estable y gran porosidad (98%), por lo que su capacidad de retención de aire es muy elevada. Su desventaja es que su capacidad de retención de agua es nula; suele utilizarse como lecho de siembra para la germinación de semillas.

Hidrogeles

Son materiales poliméricos que poseen una gran capacidad de absorción de agua, pero son insolubles en ella, cuando la absorben se hinchan, y aumentan considerablemente su volumen, pero mantienen su forma, son blandos y elásticos (Peppas 1985). Estas peculiaridades son consecuencia de diferentes factores:

- b) Su capacidad de absorción de agua se debe a la presencia de grupos hidrofílicos, como -OH, -COOH, -CONH, -SO₃H.
- c) La insolubilidad en agua del hidrogel es originada por la existencia de una red o malla tridimensional en su estructura.
- c) Su tacto suave y consistencia elástica se debe al alto contenido de agua y a la baja densidad de entre cruzamiento del polímero.

Originalmente, los hidrogeles se preparaban polimerizando un solo monómero hidrofílico, pero estudios posteriores demostraron que el utilizar dos o más monómeros en diferentes proporciones permitía variar en un amplio rango las características de estos materiales, lo que daba como resultado el poder preparar hidrogeles con mejores propiedades mecánicas, ópticas y de hinchamiento.

Los hidrogeles tienen una gran importancia tecnológica y económica por su amplio campo de aplicaciones: se utilizan, como depósitos de agua y nutrientes para plantas y cultivos (Kinney y Scranton 1994).

NUEVOS MATERIALES UTILIZADOS COMO SUSTRATOS

MATERIALES ALTERNATIVOS Y/O SUSTITUTOS

Enfocándonos en el área de la agricultura es deseable el diseño, síntesis y aplicación de nuevos productos que mejoren la agregación o retención de agua del suelo a costos atractivos y accesibles para los productores. Existen polímeros hidrofílicos que incluyen acrilamidas, acrilatos o acrilonitrilos cada tipo presenta cierta capacidad de retención de agua.

La síntesis de Poliuretanos Biodegradables (PUB) utilizando en su composición química materiales adsorbentes como son: alcohol polivinílico (PVA), poliacrilamida (PAA) o almidón comercial los convierte en candidatos ideales para la generación de tecnología con el fin aumentar la eficiencia en el uso y retención de agua del suelo. Así mismo, la disponibilidad y aplicación de PUB Hidrofílicos constituye un área de oportunidad tecnológica y científica que puede contribuir sensiblemente a la resolución de una problemática en el uso eficiente de agua de riego en la producción hortícola, es decir, aumentar en un 15% (675 m³ por hectárea por temporada) la eficiencia de uso del agua en la producción hortícola, mediante el desarrollo y aplicación de PUB hidrofílicos.

Principios de las mezclas

Pocas veces un material reúne por sí solo las características físicas y químicas más adecuadas para unas determinadas condiciones de cultivo. En la mayoría de los casos, será necesario mezclarlo con otros materiales, en distintas proporciones, para adecuarlo a las condiciones requeridas.

Cuando se mezclan materiales con tamaños de partícula diferentes, el volumen final resultante es generalmente inferior a la suma de los volúmenes de los materiales originales. Además, cuanto mayor sea la diferencia entre los tamaños de las partículas, mayor será la reducción del volumen en la mezcla. Al mezclar dos materiales con granulometrías diferentes, el material con granulometría más fina ocupa los vacíos existentes entre las partículas del material con granulometría más gruesa, dando lugar a una reducción en el volumen de la mezcla y en su porosidad total.

Se denomina *proporción umbral* a aquella proporción entre dos o más materiales que hace que la porosidad total de la mezcla sea mínima (Spomer, 1974). La existencia de la proporción umbral determina que las propiedades físicas de los sustratos no sigan relaciones lineales al mezclar materiales distintos, no siendo posible, por tanto, determinar *a priori* las propiedades de una mezcla a partir de los materiales originales, tanto más cuanto mayor sea la diferencia entre los tamaños de sus partículas.

Siempre que se mezclen dos o más materiales, deberá prestarse una especial atención a la homogeneidad de la mezcla resultante, con objeto de obtener mezclas lo más homogéneas posibles.

ESTRÉS

El estrés biológico reside en cualquier alteración en las condiciones ambientales que pueden reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de la planta (en sus funciones normales). Cuando las condiciones ambientales son tales que la planta responde de manera máxima a algún factor, este factor no lo estresa. Cualquier cambio de las condiciones ambientales que resulte en una respuesta de la planta que sea menor a la óptima puede considerarse como estresante. (Salisbury, 1999).

El estrés ambiental es una fuerte restricción para el aumento de la productividad y de la extensión de los cultivos. Se estima que únicamente un 10% de la superficie de tierra arable se encuentra libre de estrés. Cerca del 20% de la tierra presenta algún tipo de deficiencia o toxicidad mineral, 26% es afectada por estrés de sequía y 15% por congelación (Blum, 1988). Incluso bajo condiciones de producción protegida como invernaderos y túneles se presentan eventos de estrés biótico o abiótico que disminuyen la productividad y calidad de los cultivos.

Los intentos para disminuir un estrés, o para mejorar la resistencia o la adaptación de las plantas a dicho estrés, tendrán mayor alcance si se entiende el trasfondo fisiológico y bioquímico sobre el cual transcurren las respuestas de las plantas. Con ello es posible desarrollar estrategias de manejo razonables para disminuir las pérdidas debidas a las distintas clases de estrés. (Benavides, 2001).

CONCEPTO DE ESTRÉS

Se ha definido el estrés 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, pudiendo ser dichos cambios reversibles o permanentes. Aún si la condición de estrés es temporal, es normal que la vitalidad de la planta se vea disminuida entretanto se realizan los ajustes requeridos para la nueva situación. Si el estrés es demasiado intenso o si el período de acción es demasiado largo entonces los daños latentes se transforman en daño irreversible que puede afectar a la planta entera o partes de la misma.

El significado literal de la palabra “estrés” es restricción (lt. *stringere*) o fuerza que empuja deformando un cuerpo. Para los físicos el estrés es la tensión interna de un material o estructura frente a una fuerza externa que potencialmente puede causar extensión o compresión. En el área biológica el término estrés ha adquirido una connotación más amplia, refiriéndose tanto a los estímulos ambientales que se apartan de los rangos óptimos como al estado fisiológico que se observa en el organismo como consecuencia de los estímulos ambientales negativos (Larcher, 1995). Sin embargo, el uso correcto del término debe circunscribirse a la descripción del estado del organismo.

Partiendo de lo anterior, la definición de **estrés** es: “conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas”. Asimismo, se aplicará el término **resistencia al estrés** para definir “la capacidad de un organismo para evitar los estímulos ambientales negativos o para permanecer bajo un estado particular de estrés sin que su fenotipo se vea modificado de manera significativa”. En la definición anterior se considera que existe un estado fenotípico ideal, observado bajo condición óptima, al cual se le llama “norma”.

De la definición anterior surge de manera lógica el criterio para reconocer el estrés. La norma para una característica específica, como el contenido de hierro en los tejidos foliares, debe marcar un rango de valores fuera de los cuales el funcionamiento de ciertos procesos vitales se verá disminuido. Con base en la experiencia somos capaces de distinguir rápidamente diversos estados de estrés considerando manifestaciones fenotípicas visuales como deformaciones, amarillamientos, manchados, necrosis, etc. Otras manifestaciones fenotípicas son menos obvias y requieren de equipo especializado para detectarlas, ejemplo de ello es la disminución en la actividad de asimilación de CO_2 , la inducción de la transcripción de ciertos genes, cambios en la composición química de ciertas estructuras, etc. (Benavides, 2001).

ESTRÉS HÍDRICO

El estrés hídrico es un problema universal en la producción de productos agrícolas. Las plantas pueden sufrir diariamente un estrés hídrico cíclico, ligero o fuerte, aún bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo. De igual manera, el estrés puede deberse a humedad excesiva, principalmente en zonas de mucha lluvia. El estrés hídrico comienza cuando el contenido de humedad de los tejidos (intra y extracelular) se desvía del óptimo.

Estrés por Déficit Hídrico

El estrés por déficit hídrico en las plantas, indica situaciones en que células y tejidos no están plenamente turgentes. La tensión hídrica puede variar desde un pequeño descenso del potencial hídrico, que solo puede percibirse si se mide con instrumentos, pasando por el marchitamiento transitorio a mediodía, que a menudo se observa en tiempo caluroso y soleado del verano, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación. En términos más sencillos, el déficit hídrico se produce siempre que la pérdida por

transpiración es mayor que el coeficiente de absorción. La caracteriza una reducción del contenido hídrico, del potencial osmótico y del potencial hídrico total, acompañado por la pérdida de turgencia, el cierre de los estomas y la reducción del crecimiento. De ser muy grave, la tensión hídrica tiene por resultado una reducción drástica de la fotosíntesis y la perturbación de otros muchos procesos fisiológicos, cese del crecimiento y finalmente, la muerte por desecación (Kramer, 1974).

MATERIALES Y METODOS

El uso de biopolímeros (espumas hidrofílicas), en la investigación hortícola tiene un valor intrínseco, ya que puede ser fuente de enseñanza acerca de las respuestas fisiológicas y adaptativas de las plantas. Por ejemplo como mejorador del suelo tiene dos vertientes: La primera es aplicar en condiciones de escaso manejo, incluso niveles de estrés, aprovechando sus propiedades hidrofílicas; la segunda se refiere a utilizarla en condiciones de manejo adecuado de agua y fertilizante. Este trabajo a continuación presenta la primera opción. Donde se busca verificar si el biopolímero modifica la respuesta de la planta bajo condiciones de estrés en dos niveles.

Ubicación del Área Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del departamento de Horticultura ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que geográficamente se encuentra localizada a 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste, contando con 1742 msnm.

El trabajo de investigación se llevo a cabo en dos etapas, la primera en plántula y la segunda en maceta bajo invernadero.

Descripción del Area Experimental.

Clima.

El tipo de clima es BsoKW (e), que significa seco, con verano cálido y lluvias en verano, con temperaturas extremosas.

Material Utilizado.

Preparación de las Espumas de PUB

Las espumas de PUB se prepararon adicionando isocianato al poliol premezclado con almidón, catalizadores, surfactante, “cell openers” y agua; los reactantes fueron adicionados como se enlistan en la tabla 1, la cantidad de isocianato se fundamenta en el contenido de los hidroxilos totales del poliol, polisacárido (almidón) y agua. Los materiales fueron mezclados en un recipiente de 4.0 L utilizando un agitador Lightnin modelo L1U08F (General Signal Corp.) a una velocidad de 1,800 rpm, el tiempo de agitación fue de 120 segundos antes de adicionar el isocianato y 10 segundos después de la adición de este. Efectuada la reacción la mezcla fue vertida en moldes con las siguientes dimensiones 480x310x120 mm para dar forma a los bloques de espuma de PUB.

Cuadro 3.1. Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-poliéter de diferente peso molecular de PUB.

Reactantes	Partes por cien de poliol (ppcp)
Poliol-poliéter	100.00
Almidón	50 (%)*
Poliacrilamida	1.0 (%)*
Dimetil silicona	0.40
Dibutil dilaureato Sn	0.01
Trietilamina	0.01
Cell openers	2.0
Agua	8.0

* % total en peso de la formulación.

Caracterización las Espumas de PUB

1. **Densidad** se realizó de acuerdo a la norma ASTM D 3547-86, prueba A.
2. **Absorción de agua** se realizó de acuerdo a la norma ASTM D-570-81.
3. La **morfología, el número y tamaño de celdas** fueron observados usando microscopía óptica, considerando que lo anterior están en función de la estructura, funcionalidad y peso molecular del poliol, el almidón, aditivos, agentes de espumado y catalizadores.

Poliacrilamida.

Otro de los materiales utilizados fue la poliacrilamida que es de producción nueva; es un polímero electrolítico que une partículas de suelo dentro de agregados estables al agua. Esto da como resultado una mejor

aireación, penetración y retención del agua. La poliacrilamida es un material granular fácil de manejar que no tiene olor.

Metodología de la formulación

En primer lugar los materiales constituyentes de la mezcla deberán llevarse hasta una humedad del 50 - 60% (en peso). Si los materiales son muy hidrofóbicos, se añadirá un mojante (tipo tensoactivo o detergente agrícola).

Se determinará el volumen total necesario del sustrato de cultivo, así como también el volumen de cada uno de los componentes de la mezcla. Conviene incrementar este último volumen en un 20%, aproximadamente, para evitar los efectos de la reducción de volumen. Se evitará la incorporación de un número elevado de materiales (óptimo de 2 a 4), con objeto de que la mezcla sea homogénea y viable económicamente.

Se realizarán las enmiendas de pH necesarias en aquellos materiales que no posean un pH adecuado para el cultivo, encalándolos o acidificándolos según sea el caso. La enmienda se deberá aplicar, como mínimo, una semana antes de establecer el cultivo.

A continuación, se mezclan los componentes. Posteriormente, se añaden los macronutrientes, se vuelve a mezclar, y se incorporan los micronutrientes en disolución o suspensión acuosa. Finalmente, la mezcla se deberá volver a homogeneizar.

No es recomendable incorporar abonos de liberación lenta ni urea si el sustrato ha de almacenarse durante un tiempo prolongado. Durante el período

de almacenamiento, estos abonos pueden liberar nutrientes o modificar el pH, pudiendo crear unas condiciones que se convierten en tóxicas para la planta (fitotoxicidad).

Soluciones nutritivas

La solución nutritiva es el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua.

Una solución nutritiva se usa para varias especies de plantas de cultivo o también un cultivo dado puede desarrollar adecuadamente con varias fórmulas siempre y cuando los elementos esenciales en la solución queden comprendidos dentro de los rangos óptimos para su desarrollo.

Existen en la actualidad más de 100 fórmulas para preparar soluciones nutritivas que se han probado con éxito en la práctica de la hidroponia a través del mundo. Algunas son adecuadas para ciertas condiciones climáticas y para ciertos cultivos, mientras que otras se presentan para condiciones y cultivos diferentes (Sánchez, 1983).

Numerosas formulaciones útiles de soluciones nutritivas se han diseñado a partir de estudios sobre la composición de las plantas y de otros estudios en los que se administraron diversas concentraciones de elementos a plantas en crecimiento.

Cuadro 3.2. Formulación de la Solución

Solución Hoagland y Arnon		
Sal	MM	Mg/l(ppm)
KNO ₃	6.0	235 K, 196 N como NO ₃
Ca (NO ₃) ₂ *4H ₂ O.	4.0	14 N como NH ₄ , 160 Ca
NH ₄ H ₂ PO ₄	1.0	31 P
Mg SO ₄ *7 H ₂ O	2.0	49 Mg, 64 S.
Fe (quelato)	Sol. std. de quelato de hierro de concentración 5g/l, y con adición de 2 ml de esta solución a cada litro de sol. nutr.	

MnCl ₂ *4H ₂ O	0.009	0.5 Mn, 6.5 Cl
H ₃ BO ₃	0.046	0.5 B
ZnSO ₄ *7H ₂ O	0.0008	0.05 Zn
CuCO ₄ *5H ₂ O	0.0003	0.02 Cu
H ₂ MoO ₄ *5H ₂ O	0.0001	0.01 Mo

Fuente: Hoagland y Arnon. 1950. Citado por Salisbury y Ross (1994).

pH de la solución nutritiva Hoagland 7.23

Cuadro 3.3 Análisis de Polímeros

Cubos de 2 cm².

POLIMERO CON POLIACRILAMIDA		POLIMERO SIN POLIACRILAMIDA	
Peso seco	Peso 24 hr en agua	Peso seco	Peso 24 hr en agua
0.68 g	3.07 g	0.57 g	1.35g
Densidad en seco	D. 24 hr en agua	Densidad en seco	D. 24 hr en agua
0.085 g/cm ³	0.385 g/cm ³	0.070 g/cm ³	0.169 g/cm ³
24 hr en agua	24 hr desp. drenado	24 hr en agua	24 hr desp. Drenado
pH = 6.65	pH = 7.3	pH =6.06	pH =7.0

Los sustratos utilizados fueron:

Peat moss (100%) **T**

Peat moss (90%) – espuma hidrofílica (10%) **EH**

Peat moss (80%) – Polímero con Poliácridamida (20%) **EH**

Peat moss (99%) – Poliácridamida (1 %) **PA**

La solución nutritiva utilizada fue:

Hogland y Arnon.

ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

La realización de este trabajo fue en Primavera-Verano del 2001 en el Inverandero No. 03 de Departamento de Horticultura. La especie utilizada fue brócoli (*Brassica oleracea var italica* L.). En cada charola se colocaran tres tratamientos (se tienen cuatro tratamientos con cuatro repeticiones), por lo cual se utilizaron dieciséis charolas. Una vez que se realizaron las mezclas de poliácridamida y las espumas hidrofílicas se procedió a la siembra de las

semillas. Posteriormente las charolas se colocaron en columna se taparon con plástico negro y se aplicó agua de riego con regadera.

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamientos Evaluados.

Cuadro 3.4. Tratamientos evaluados en el cultivo de brócoli en etapa de plántula, 2001.

Tratamiento	Descripción
Peat moss	Testigo
Biopolímero	Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en peat moss al 10% (v/v)
Biopolímero	Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en peat moss al 20% (v/v)
Poliacrilamida	Poliacrilamida molida en peat moss al 0.1% (v/v)

Descripción de los Niveles de Estrés.

PRIMER NIVEL DE ESTRÉS . Es un estrés ligero, ocurre cuando la plántula representa una pérdida ligera de turgencia , cuando se ha presentado en todos los tratamientos, se dice que se ha cumplido el Estrés.

SEGUNDO NIVEL DE ESTRÉS. Es un estrés severo, ocurre cuando hay una pérdida de turgencia lo suficiente para la deshidratación e incluso el marchitamiento de hojas, cuando al menos una plántula en cada tratamiento presenta estas características se dice que se ha cumplido el Estrés.

Diseño Experimental.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 16 unidades experimentales.

Cronología Experimental

Etapas de plántula.

Preparación de camas flotantes.

La preparación de las camas flotantes se realizó a finales del mes de Febrero de 2001, limpiándose la parte utilizada, procediéndose después a la formación de las camas flotantes las cuales se ubicaron en la parte Norte del invernadero, utilizándose madera y plástico blanco de polietileno para construir un contenedor.

Siembra.

La siembra se realizó en seco el 08 de Marzo del 2001. Procediéndose las charolas se colocaron en columna se taparon con plástico negro y se aplicó agua de riego con regadera, después de unos días el 12 de Marzo del 2001 se colocaron en las camas flotantes las cuales se aplicaron agua de riego. Las semillas de brócoli fueron colocadas en los sustratos a 1cm. de profundidad para los cuatro tratamientos.

Riegos.

Los riegos se llevaron a cabo con una regadera.

Fertilización.

Se aplicó solución **Hoagland y Arnon** como agua de riego, según lo requirió el cultivo.

Control Fitosanitario.

Se realizaron las aplicaciones necesarias de fungicidas e insecticidas siguiendo las instrucciones vertidas por los fabricantes para cada producto aplicado.

Evaluaciones del Cultivo

El 23 de Marzo del 2001 se realizó la primera evaluación del cultivo. El 30 de Marzo del 2001, fue la segunda evaluación,

El 02 de Abril y 19 de Abril del 2001, las plantas fueron sometidas a ESTRÉS (quitando a las camas flotantes el agua).

Y es aquí donde los niveles de estrés toman importancia.

PARA EL NIVEL 1 DE ESTRÉS, se terminó el 04 Abril y el 22 de Abril del 2001, dejando recuperar las plantas con agua durante un día, y al siguiente día se añadió nuevamente la solución nutritiva pasados cuatro días se realizaron los muestreos . Se sometió nuevamente a estrés el

PARA EL NIVEL 2 DE ESTRÉS, se terminó el 06 Abril y el 26 de Abril del 2001, y se hizo posteriormente lo mismo que en el nivel 1 se dejó en recuperación un día de agua, al siguiente se añadió la solución nutritiva pasados cuatro días se realizaron los muestreos.

Variables Evaluadas.

Las variables evaluadas fueron: biomasa fresca y seca de la raíz y la parte aérea, altura de plántula y numero de hojas diámetro del tallo.

Peso Fresco.

Para la determinación de los pesos frescos se tomaron ocho plántulas por tratamiento eligiéndolas al azar. Las plántulas fueron marcadas y se procedió a separar la parte aérea de la raíz. La raíz fue lavada para eliminar partículas adheridas del sustrato. Las muestras fueron pesadas en una balanza

analítica OHAUSO modelo TS120. Esta labor se realizo a los meses de Marzo a Mayo del 2001 .

Peso Seco.

Para la determinación del peso seco las muestras utilizadas para el peso fresco fueron secadas a 60°C. hasta alcanzar peso constante en una estufa MAPSA modelo HDP334.

Numero de hojas.

Para determinar esta variable se procedió a contar el numero de hojas y se tuvieron dos muestreos que fueron los mismos días que en la variable de peso seco y altura de plántula.

Altura de plántula.

Para determinar esta variable se procedió a medir con una regla desde la base del tallo hasta el ápice y se tuvo dos muestreos los mismos días que en el peso fresco.

Llegando el tiempo del trasplante se seleccionaron las mejores plántulas de cada tratamiento y se trasplantaron.

Etapas de Maceta

Tratamientos Evaluados.

En este Experimento los tratamientos evaluados se describen en el **Cuadro 3.5.** y la distribución de los tratamientos se muestra en la **Figura 3.1.**

Cuadro 3.5. Tratamientos evaluados en el cultivo de Brócoli en etapa de maceta , 2001.

Tratamiento	Descripción
Peat moss	Testigo

Biopolímero	Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en peat moss al 10% (v/v)
Biopolímero	Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en peat moss al 20% (v/v)
Poliacrilamida	Poliacrilamida molida en peat moss al 0.1% (v/v)

Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño de bloques con cuatro tratamientos y diez repeticiones, con un total de 40 unidades experimentales.

1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4

1. Testigo
2. Peat moss 90%-Polimero CON 10%
3. Peat moss 80%-Polimero CON 20%
4. Peat moss 99%- Poliacrilamida 1%

Figura 3.1. Distribución de los tratamientos en etapa de maceta.

Labores Culturales.

Preparación del Terreno.

En una superficie de 18 m² (4.5 m x 4 m) se formaron 5 filas con una distancia entre filas de 100 cm, cada fila estaba formada por 10 macetas. La distancia entre macetas fue de 50 cm

Llenado de macetas.

El llenado de macetas (15 Kg./maceta) se realizo el día 25de Mayo del 2001. Los diferentes tratamientos fueron instalados de la siguiente manera:

Trasplante.

El trasplante se realizo el día 31 de mayo del 2001.

Riego.

Los riegos se efectuaron aplicando a cada maceta, agua.

Fertilización.

Esta se hizo aplicando solución Hoagland conforme a los requerimientos del cultivo.

Control Fitosanitario.

Se aplico Malatión para el control de plagas

Deshierbes.

Esta actividad se llevó a cabo manualmente cada quince días.

Variables Evaluadas.

Se tomaron lecturas del número de hojas y se determinó el número de estomas y células tabloides por unidad de área. Para ello se utilizaron tres plantas por tratamiento.

Algunas plantas fueron colectadas para realizar un análisis bromatológico y de contenido de minerales. Sin embargo, estas últimas muestras se perdieron a causa de una falla en el congelador en donde se almacenaron.

Numero de Hojas.

En lo que respecta a esta variable se realizo el 20 de Junio del 2001, y contó el numero de hojas por planta.

Determinación de Numero de Estomas y Células Tabloides

Para determinar el número de estomas y células tabloides se tomaron impresiones de la superficie foliar utilizando una mezcla de poliestireno y la cual después de secarse fue extraída con cinta adhesiva transparente colocándose a continuación en un portaobjeto. Lo anterior se hizo para el haz (lado adaxial) y envés (lado abaxial) de la hoja. Esto se realizó el 26 de abril del 2001.

Posteriormente se observó en un microscopio compuesto, en el lente de 40x, el campo observado se dividió en cuatro para su mayor facilidad, contando en dirección de las manecillas del reloj. Esta toma de muestras se realizó el día 18 de Octubre del 2001.

Para estimar el área del campo microscópico, que posteriormente se utiliza para calcular la densidad estomática, se utilizó la fórmula para estimar el diámetro del campo que sugiere el manual Karl Mollring (sin fecha) que es igual:

Diámetro de campo: Ocular 10x / Objetivo 40x= 0.25 mm de diámetro en el plano del objetivo = 0.196 mm^2 $A= 0.0491 \text{ mm}^2$

RESULTADOS Y DISCUSION

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

ETAPA DE PLÁNTULA ANTES DE APLICAR EL ESTRES

CUADRO 4.1. Valores Promedios para las diferentes variables en plántula durante los dos primeros muestreos antes de aplicar el estrés.

Muestreo	Nivel de Estrés	Trat	Longitud de Raíz	Altura de Planta	PFA	PSA
U N O	U N O	1	6.4250 a	5.1750 c	.1910 b	DATOS
		2	7.5250 a	3.3000 a	.0941 a	
		3	5.0375 a	3.4500 a	.0819 a	
		4	11.8625 b	4.4875 b	.2017 b	
	D O S	1	7.6375 b	3.9250 a	.1106 a	PERDIDOS
		2	3.7000 a	8.3125 c	.1037 a	
		3	5.8000 ab	2.6625 a	.0412 a	
		4	11.8625 c	4.4875 a	.3010 c	
D O S	U N O	1	7.6875 a	9.2500 c	.8647 c	.0765 ab
		2	8.2500 a	6.1125 b	.6362 b	.0534 ab
		3	6.2000 a	4.4125 a	.3502 a	.0308 a
		4	13.9250 c	10.200 c	.9238 c	.1463 c
	D O S	1	9.2000 a	6.3500 a	.3560 a	.0314 ab
		2	11.4125 a	7.2000 a	.5880 b	.0502 bc
		3	10.8125 a	5.4125 a	.3278 a	.0270 a
		4	11.7375 a	9.8250 b	.7259 b	.0598 c

los promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según una prueba de DMS con $\alpha = 0.05$.

PFA = Peso Fresco Aéreo, PSA = Peso Seco Aéreo, Trat= Tratamientos, 1= Testigo (Peat moss 100%), 2 = Espuma Hidrofilica al 10%, 3 = Espuma Hidrofilica al 20%, 4 = Poliacridamida al 1%.

LONGITUD DE RAIZ

En la variable Longitud de Raíz en el primer muestreo, la Poliacrilamida es significativa para el primer nivel de estrés, y para el segundo nivel de estrés es altamente significativa, mientras que en el nivel de estrés uno, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales, en el nivel de estrés dos existe diferencia entre los tratamientos, el testigo es significativo, al igual que la EH al 20%, siendo el peor numéricamente, la EH al 10%.

Para el segundo muestreo en el nivel uno de estrés la Poliacrilamida es la altamente significativa, mientras que en el resto de los tratamientos tanto en el nivel uno y dos de estrés se muestran estadísticamente iguales.

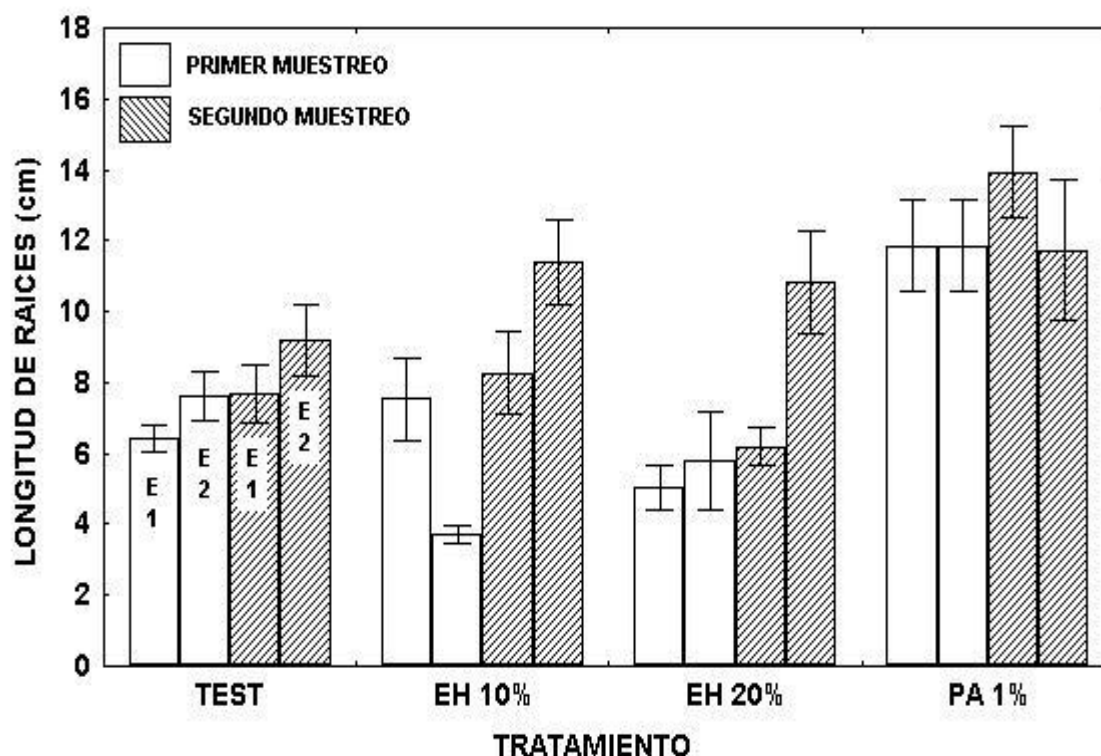


FIGURA 4.1. Longitud de raíz en plántula de Brócoli sin someter a estrés.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable longitud de raíz para los dos primeros muestreos la Poliacrilamida dio los mejores resultados. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón no tienen gran efecto sobre la longitud de raíz en la plántula, bajo condiciones ambientales normales (es decir aun sin someter a la plántula a estrés).

ALTURA DE PLÁNTULA

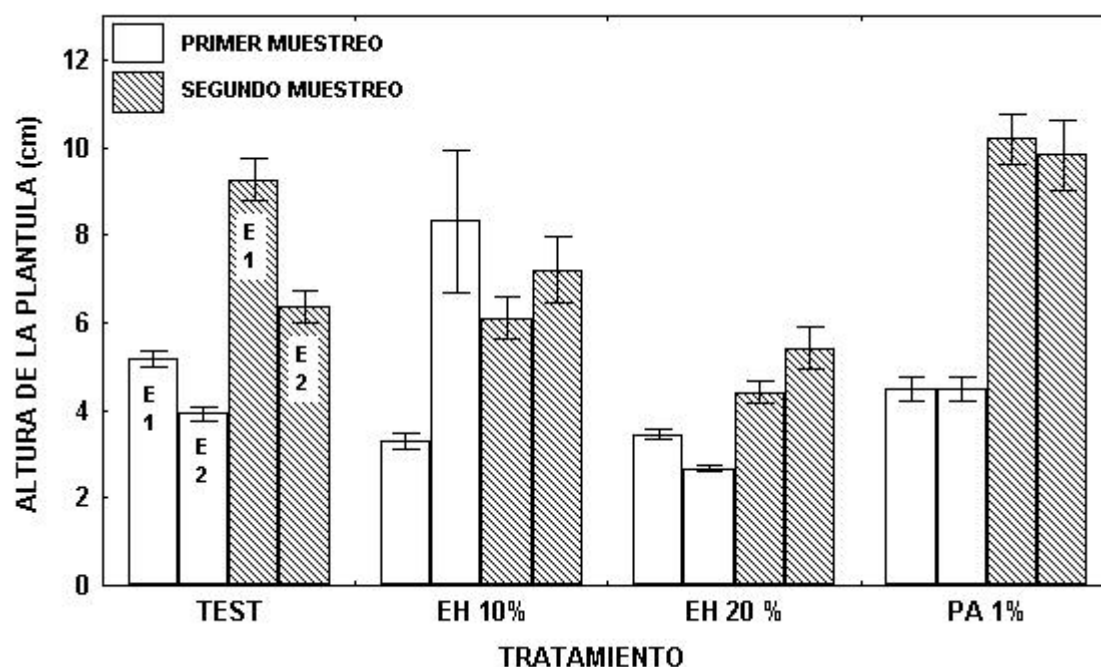


FIGURA 4.2. Altura de la plántula de Brócoli sin someter a estrés.

En altura de plántula en el primer muestreo, nivel de estrés uno el Testigo fue el mejor al ser altamente significativo, seguido de la Poliacrilamida al 1%, mientras que la EH al 10% y 20% fueron estadísticamente iguales. En el nivel dos de estrés la mejor fue la EH al 10% al ser altamente significativa, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales.

Para el Muestreo Dos en el primer nivel de estrés tanto el Testigo como la Poliacrilamida al 1% fueron los mejores al ser altamente significativos, la EH al 10% resulto ser significativa, mientras que la EH al 20% fue la peor. En el segundo nivel de estrés la Poliacrilamida fue la mejor por ser significativa, mientras que el resto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable altura de plántula para el primer muestreo la EH al 10 % dio buenos resultados, mientras que para el segundo muestreo el Testigo y la Poliacrilamida dieron los mejores resultados. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tienen poco efecto sobre la altura de la plántula bajo condiciones ambientales normales (es decir aun sin someter a la plántula a estrés).

PESO FRESCO AEREO

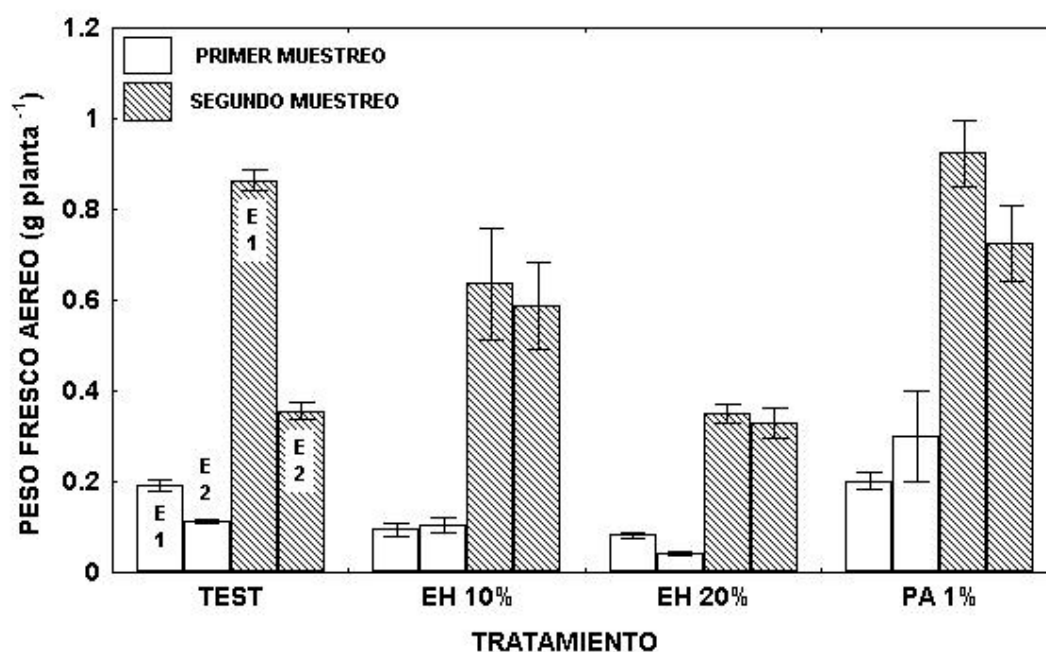


FIGURA 4.3. Peso Fresco Aéreo en plántula de Brócoli.

El peso fresco aéreo para el muestreo uno, nivel de estrés uno el Testigo y la Poliacrilamida fueron los mejores al ser significativos, mientras que las EH al 10% y 20%, son estadísticamente iguales. Para el segundo nivel de estrés la mejor fue la Poliacrilamida al 1% al ser altamente significativa, el resto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

En el muestreo dos, nivel de estrés uno el Testigo y la Poliacrilamida fueron los mejores al ser altamente significativos, seguido de la EH al 10% al ser significativa, la peor fue la HE al 20%. Para el nivel de estrés dos las mejores fueron la EH al 10% y la Poliacrilamida al ser significativas, el Testigo y la EH al 20% fueron estadísticamente iguales.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable Peso Fresco Aéreo para ambos muestreos el Testigo y la Poliacrilamida al 1% fueron las que dieron mejor resultado, sin embargo la EH al 10% y 20% presentan respuesta en el segundo muestreo. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón no tienen efecto sobre el peso fresco aéreo de la plántula de Brócoli bajo condiciones ambientales normales (es decir aun sin someter a la plántula a estrés).

PESO FRESCO DE LA RAIZ

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable Peso Fresco de Raíz, para el muestreo dos la EH al 10% y la Poliacrilamida al 1% fueron las que dieron mejor resultado, sin embargo la EH al 20% también presentan respuesta. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón tienen efecto sobre el peso fresco de la raíz de la plántula de Brócoli bajo condiciones ambientales normales (es decir aun sin someter a la plántula a estrés).

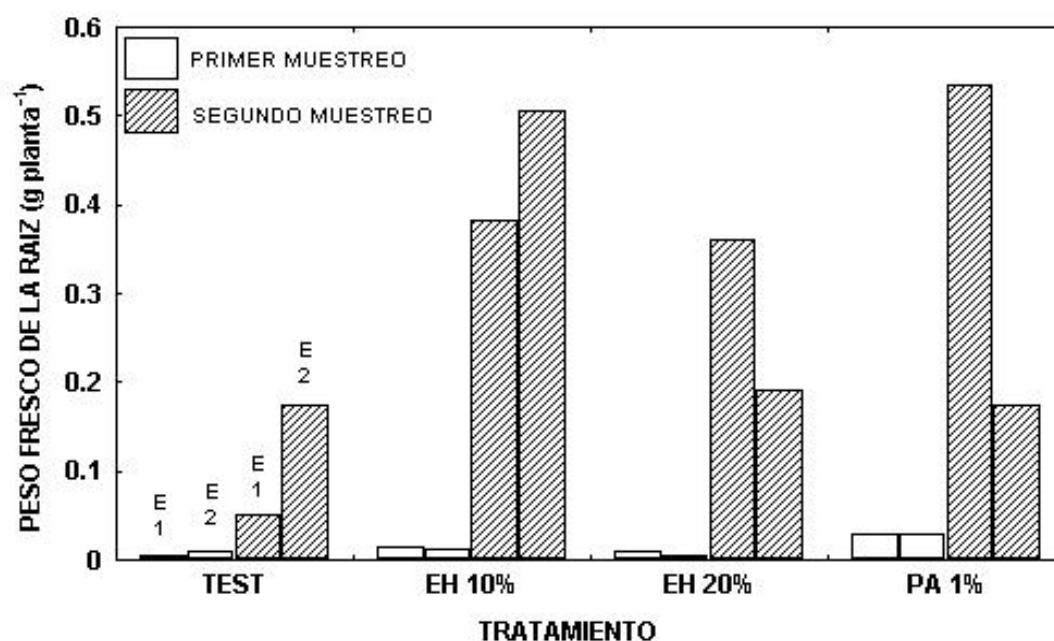


FIGURA 4.4. Peso fresco de la raíz en plántula de brócoli.

ETAPA DE PLÁNTULA DESPUES DE APLICAR EL ESTRES

LOGITUD DE RAIZ

En la variable longitud de raíz, en el muestreo tres nivel de estrés uno la Poliacrilamida fue la mejor al ser significativa, mientras que el resto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales. Para el nivel de estrés dos en el mismo muestreo todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

Para el muestreo cuatro, nivel de estrés uno el Testigo, la Poliacrilamida fueron las mejores al ser significativas, seguidas de la EH al 10%, la peor fue la EH al 20%. Para el nivel dos de estrés en el mismo muestreo todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

En el muestro cinco, nivel de estrés uno las mejores fueron las EH al 10% y 20% al ser significativas, le siguió la Poliacrilamida al tener buena respuesta, el peor fue el Testigo. En el segundo nivel de estrés en el mismo muestreo la EH al 20% y la Poliacrilamida fueron las mejores al ser significativas, mientras que el testigo y la EH al 10% fueron estadísticamente iguales.

CUADRO 4.2. Valores Promedios para las diferentes variables en Plántula durante los muestreos 3,4,5, **después de aplicar el estrés.**

Muestreo	Nivel de Estrés.	Trat	Longitud de Raíz	Altura de Planta	PFA	PSA
T R E S	U N O	1	10.9000 a	14.0142 c	2.6773 b	.2620 c
		2	11.1750 a	8.3875 a	.9432 a	.0935 a
		3	10.4375 a	8.9625 a	1.0021 a	.0584 a
		4	15.6250 b	11.3875 b	1.3683 a	.1524 b
	D O S	1	12.4875 a	7.2625 a	.6060 a	.0702 a
		2	9.7375 a	9.0375 b	.6648 a	.0818 a
		3	10.3750 a	6.9250 a	.5797 a	.0954 a
		4	11.6875 a	10.8500 c	1.5696 b	.1703 b
C U A T R O	U N O	1	12.2625 b	20.6250 c	4.7483 c	.4434 c
		2	10.7375 ab	14.4875 a	2.4665 ab	.2257 ab
		3	9.1375 a	13.0875 a	1.4551 a	.1224 a
		4	12.5250 b	13.0000 a	2.6631 b	.3017 b
	D O S	1	11.5625 a	8.7875 b	1.2165 a	.1317 a
		2	10.2250 a	10.8875 ab	1.8182 ab	.2560 b
		3	10.4000 a	11.6625 bc	1.7115 ab	.2023 ab
		4	9.6000 a	14.0625 c	2.7000 b	.3082 b
C I N C O	U N O	1	9.8000 a	24.7750 b	5.8987 b	.6325 b
		2	14.5000 b	15.2000 a	2.7933 a	.2495 a
		3	13.6125 b	16.5250 a	3.6158 a	.2763 a
		4	12.2625 ab	15.5250 a	3.1452 a	.3864 a
	D O S	1	8.2875 a	8.5250 a	1.0258 a	.1257 a
		2	9.7250 a	9.1625 a	.8755 a	.1115 a
		3	15.4500 b	14.1625 b	2.7408 b	.3738 b
		4	13.7500 b	15.6625 b	3.1959 b	.4398 b

Los promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según una prueba de DMS con $\alpha = 0.05$

PFA = Peso Fresco Aéreo, PSA = Peso Seco Aéreo, 1= Testigo (Peat moss) , 2 = Espuma Hidrofilica al 10%, 3 = Espuma Hidrofilica al 20%, 4 = Poliacridamida al 1%.

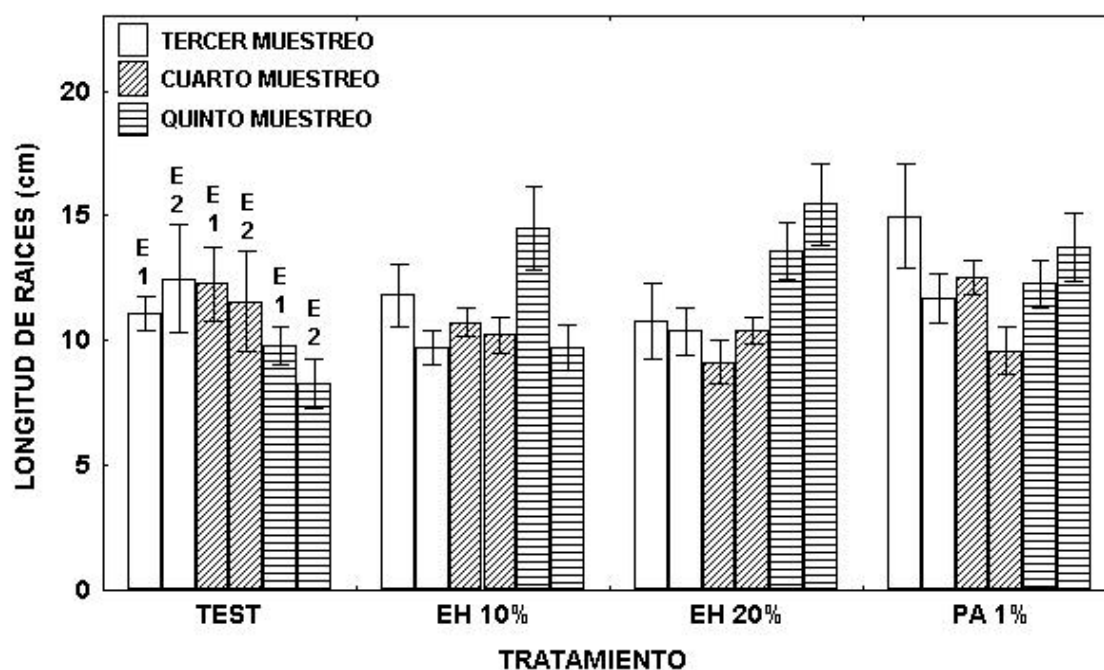


FIGURA 4.5. Longitud de raíz en plántula de Brócoli ya sometida a estrés.

Como se puede observar en la figura según el análisis de varianza en la variable Longitud de Raíz para los muestreos la Poliacrilamida al 1%, la EH al 10% y 20% presentan buena respuesta, el Testigo es que queda rezagado. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón tienen efecto sobre la Longitud de Raíz de la plántula de Brócoli bajo condiciones de estrés.

ALTURA DE PLÁNTULA.

En la variable altura de plántula en el muestreo tres, nivel de estrés uno el Testigo fue el mejor al ser altamente significativo, seguido de la

Poliacrilamida al ser significativa, mientras que las EH al 10 y 20% resultaron ser estadísticamente iguales. Para el nivel de estrés dos en el mismo muestreo la Poliacrilamida fue la mejor por ser altamente significativa, seguida de la EH al 10% al ser significativa, el Testigo y la EH al 20% fueron estadísticamente iguales.

Para el muestreo cuatro, nivel de estrés uno, el Testigo fue el mejor al ser altamente significativo y el resto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales. En el nivel de estrés dos del mismo muestreo, la Poliacrilamida fue la mejor por ser altamente significativa, le sigue la EH al 20% también es significativa, pero también la EH al 10% es significativa, el Testigo fue el peor.

En el muestro cinco, nivel de estrés uno el Testigo fue el mejor al ser significativo, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales. Para el nivel de estrés dos del mismo muestreo, la EH al 20% y la Poliacrilamida son las mejores al ser significativas, el testigo y la EH al 10% son estadísticamente iguales.

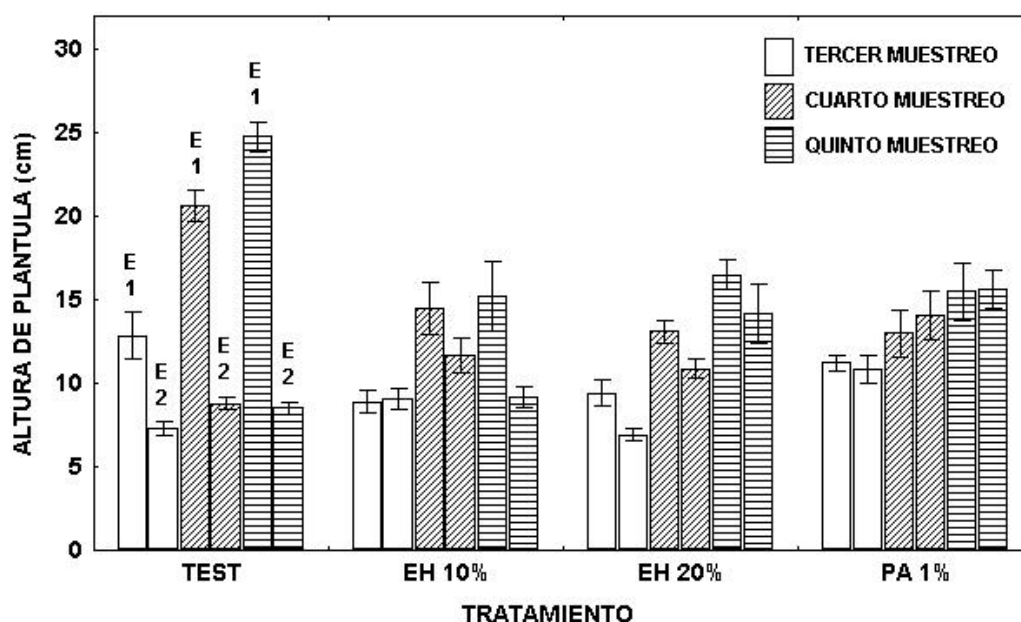


FIGURA 4.6. Altura de la plántula de Brócoli ya sometida a estrés.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable altura de plántula para los muestreos el Testigo en el primer nivel de estrés fue el que presento mejores resultados, mientras que para el segundo nivel la que se comporto mejor fue la Poliacrilamida, pero también se observa que las EH al 10% y 20% principalmente en el muestreo cuatro y quinto presenta, efecto favorable. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tienen poco efecto sobre la altura de la plántula bajo condiciones de estrés.

PESO FRESCO AEREO

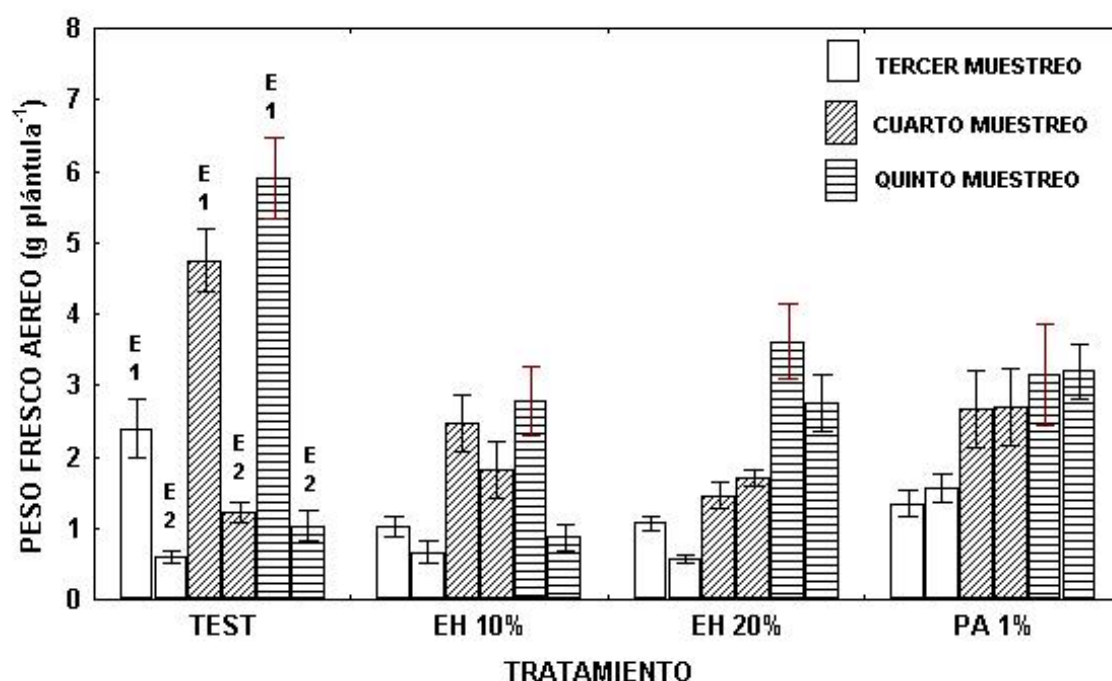


FIGURA 4.7. Peso Fresco Aéreo en plántula de Brócoli.

La variable peso fresco aéreo, en el muestreo tres, nivel de estrés uno el Testigo fue el mejor por ser significativo, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales. En el nivel de estrés dos la Poliacrilamida fue la mejor al ser significativa el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales.

Para el muestreo cuatro, nivel de estrés uno el mejor fue el Testigo por ser altamente significativo, seguido de la Poliacrilamida al ser significativa al igual que la EH al 10%, la peor fue la EH al 20%. Para el nivel de estrés dos la Poliacrilamida fue la mejor al ser significativa, seguida de esta las EH al 10% y 20% al ser significativas, el peor fue el Testigo.

En el muestreo cinco, nivel de estrés uno el mejor fue el testigo por ser significativo, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales. En el nivel de estrés dos del mismo muestreo, la EH al 20% y la Poliacrilamida

fueron las mejores por ser significativas, el Testigo y la HE al 10% son estadísticamente iguales.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable Peso Fresco Aéreo, en el tercer muestreo el que se comporto mejor fue la Poliacrilamida y para el muestreo cuatro y cinco el testigo su pero a las EH y a la Poliacrilamida. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, no tuvieron efecto sobre el peso fresco aéreo de la plántula bajo condiciones de estrés.

PESO FRESCO AEREO

Como podemos observar en la figura siguiente según el análisis de varianza en la variable Peso Fresco de la Raíz, fue en el quinto muestreo donde se observa el comportamiento de los tratamiento mas satisfactorios siendo el testigo el mejor para el nivel de estrés uno, para el dos la mejor fue la Poliacrilamida. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tuvieron efecto hasta el quinto muestreo sobre el peso fresco aéreo de la plántula bajo condiciones de estrés.

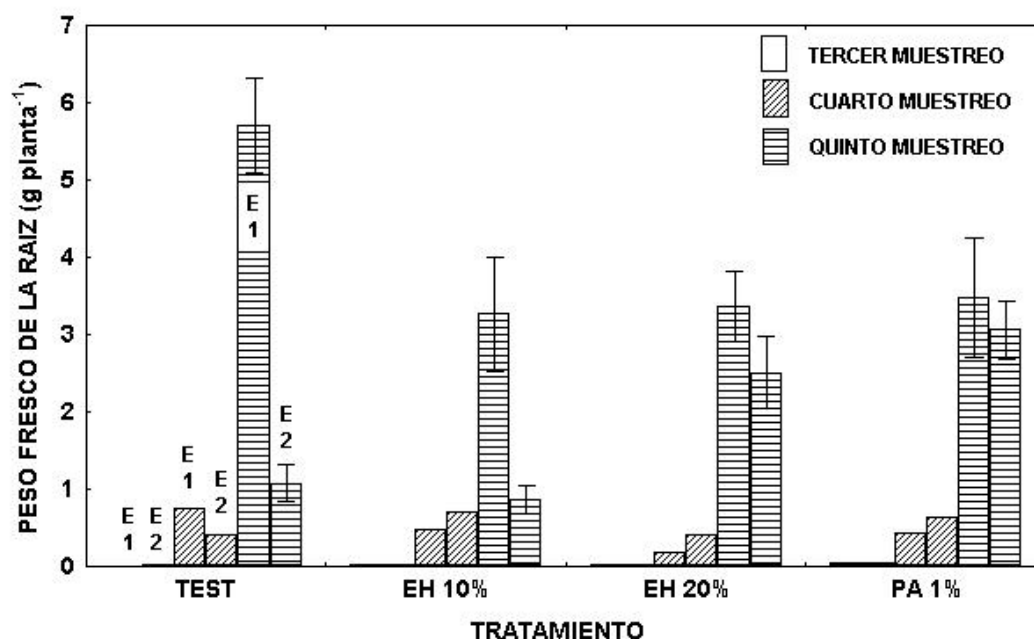


FIGURA 4.8. Peso fresco de la raíz en plántula de brócoli.

ETAPA DE MACETA

AREA FOLIAR

El muestreo de hojas se realizó a tres plantas por tratamiento. En cada una de estas se midió el largo y ancho de todas las hojas. Esto se llevo a cabo el día 20 de junio del 2001.

Cuadro 4.3 Valores promedio del muestreo de hojas en etapa de maceta.

Nivel de Estrés	Trat	Área Promedio Por Hoja	Area Total Por Planta	Número de Hojas
U	1	39.9693 c	347.7033 a	9.6666 a
N	2	20.7600 a	193.7600 a	9.3333 a
O	3	23.2241 a	185.7933 a	8.0000 a
	4	20.8719 a	180.8900 a	8.6666 a
D	1	49.7486 b	420.0625 a	9.2500 a
O	2	41.3635 ab	402.2233 a	10.0000 a

S	3	35.4225 a	310.1150 a	8.5000 a
	4	40.5319 ab	422.3866 a	9.6666 a

TRAT = Tratamiento, 1= Testigo (Peat moss), 2 = Espuma Hidrofílica al 10%,
3 = Espuma Hidrofílica al 20%, 4 = Poliacrídamida al 1%.

AREA PROMEDIO POR HOJA.

En el nivel de estrés uno, el mejor fue el Testigo al ser altamente significativo, mientras que la EH al 10%, 20% y la Poliacrílamida, fueron estadísticamente iguales. Para el nivel de estrés dos el Testigo sigue siendo el mejor por ser significativo, pero aquí el contraste son la EH al 10% y la Poliacrílamida porque también son significativas, la EH al 20% fue la peor en comparación con los tratamientos antes mencionados.

AREA TOTAL POR PLANTA.

Para los diferentes tratamientos no hubo significancia, todos son estadísticamente iguales.

NUMERO DE HOJAS

Para los diferentes tratamientos no hubo significancia, todos son estadísticamente iguales.

CONTEO DE ESTOMAS Y CELULAS TABLOIDES

Este conteo se llevó a cabo en la parte del haz y envés de la hoja y se llevó a cabo el día 18 de Octubre del 2001.

DENSIDAD ESTOMATICA

En la densidad estomática en el haz en el primer nivel de estrés el mejor fue el Testigo que es altamente significativo, la EH al 10%, es significativa y los peores fueron, la EH al 20% y la Poliacrílamida al 1%. Mientras que en el segundo nivel de estrés el comportamiento fue el siguiente, el mejor fue EH al

10% ya que fue altamente significativa, el Testigo fue significativo, y la EH al 20%, la Poliacrilamida al 1%, fueron los peores.

Cuadro 4.4. Valores promedio del conteo de estomas en etapa de maceta.

Nivel de Estrés	T R A T	DE Haz (estomas/mm ²)	DE Envés (estomas/mm ²)	DC T Haz (células/mm ²)	DCT Envés (células/mm ²)	I E Haz (# estomas/# células)	I E Envés (# estomas/# células)
U N O	1	675.4921 c	702.6476 a	3017.6511bc	3228.1059 a	.2336 ab	.2358 a
	2	604.2091 bc	953.8357 b	3279.0224 c	4677.5289 b	.1863 a	.2071 a
	3	526.1371 a	855.3971 b	2440.5974 b	3221.3170 a	.2147 ab	.2711 a
	4	451.4596 a	594.0258 a	1717.5832 a	2864.9016 a	.2631 b	.2159 a
D O S	1	546.5037 ab	936.8635 b	2026.4766 a	6479.9728 c	.1976 ab	.1466 a
	2	648.3367 b	716.2253 a	2403.2587 a	2684.9966 a	.2761 b	.2730 b
	3	482.0095 a	661.9144 a	2936.1847 b	2746.0964 a	.2323 ab	.2428 b
	4	482.0095 a	604.2091 a	3370.6721 b	4405.9742 b	.1439 a	.1399 a

TRAT = Tratamiento, DE = Densidad Estomática , DCT = Densidad de Celulas Tabloides, I E = Indice Estomático. , 1= Testigo (Peat moss) , 2 = Espuma Hidrofilica al 10%,
3 = Espuma Hidrofilica al 20%, 4 = Poliacridamida al 1%.

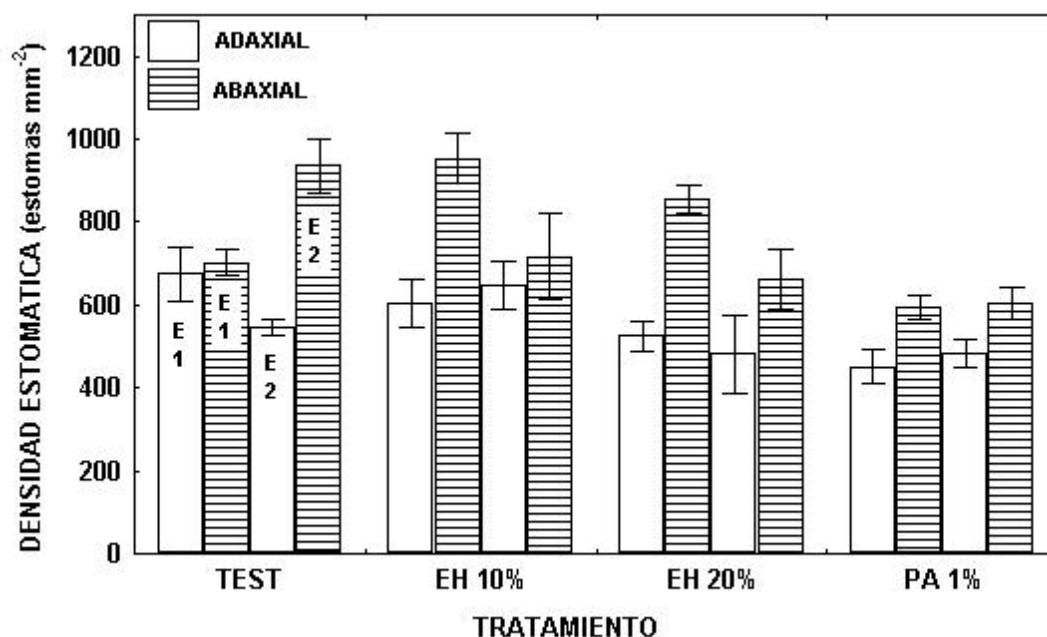


FIGURA 4.9. Densidad estomática del cultivo de brócoli , 2001.

En el Envés para el primer nivel los mejores fueron las EH al 10 y al 20%, porque fueron significativos, el Testigo y la Poliacrilamida al 1% , resultaron ser los peores. Para el segundo nivel el Testigo resultó ser el mejor por ser significativo, EH al 10% y 20%, así como la Poliacrilamida, resultaron ser estadísticamente iguales.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable densidad estomática, fue en el envés hubo más estomas por unidad de área, tanto como en el nivel de estrés uno como en el dos, en los tratamientos Testigo, EH al 10% y 20%, así como en la Poliacrilamida. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tienen efecto sobre la densidad estomática de la plántula de Brócoli bajo condiciones de estrés.

DENSIDAD DE CELULAS TABLOIDES

En la densidad de células tabloides en el Haz del primer nivel de estrés la EH al 10% fue altamente significativa y el Testigo y la EH al 20% fueron significativos y el peor fue la Poliacrilamida al 1%. Para el segundo nivel de estrés la Poliacrilamida y EH al 20% fueron las mejores por ser significativas, el Testigo y la EH al 10% fueron estadísticamente iguales. En el Envés para el primer estrés la EH 10% fue altamente significativa, el testigo, la EH al 20% y la Poliacrilamida al 1% son estadísticamente iguales. Para el segundo estrés el testigo fue el mejor ya que es altamente significativo, la Poliacrilamida al 1%, es significativa, siendo la EH al 10% y 20% resultaron estadísticamente iguales.

Como podemos observar en la figura siguiente según el análisis de varianza en la variable Densidad Celular, fue en el Envés hubo mas cantidad de células tabloides, tanto como en el nivel de estrés uno como en el dos, en los tratamientos Testigo, EH al 10%, y la Poliacrilamida fueron los mejores.

Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tienen efecto sobre la densidad de células tabloides de la plántula de brócoli bajo condiciones de estrés.

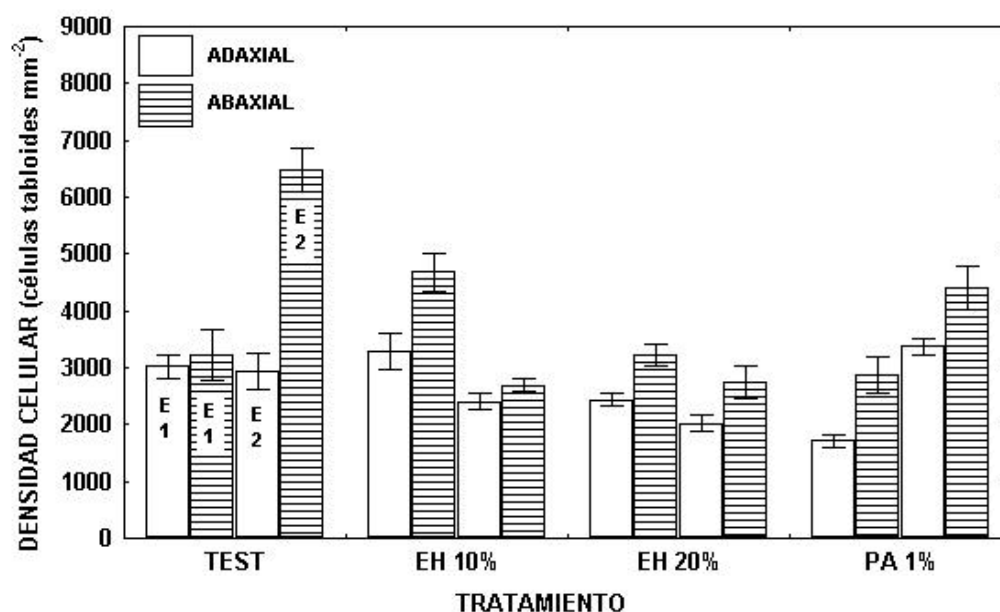


FIGURA 5.0. Densidad de células tabloides del cultivo de Brócoli , 2001.

INDICE ESTOMATICO.

En el índice estomático en el Haz para el primer nivel de estrés, la Poliacrilamida al 1% fue la mejor al ser altamente significativa, el Testigo y la EH al 20% resultaron ser significativas y el peor fue la EH al 10%. Para el segundo nivel estrés, el comportamiento fue un tanto diferente ya que, la EH al 10% fue la mejor al ser altamente significativa, y la Poliacrilamida resulto ser la peor, donde no hubo cambio fue en el Testigo y la EH al 20 % se comportaron igual al primer estrés fueron significativas. En el Envés en el nivel para el primer nivel de estrés los tratamiento, Testigo, EH al 10%, EH al 20%, Poliacrilamida al 1%, resultaron ser estadísticamente iguales, mientras que para el segundo nivel de estrés los tratamientos de las EH al 10% y 20% resultaron ser significativas, mientras el Testigo y la Poliacrilamida son estadísticamente iguales.

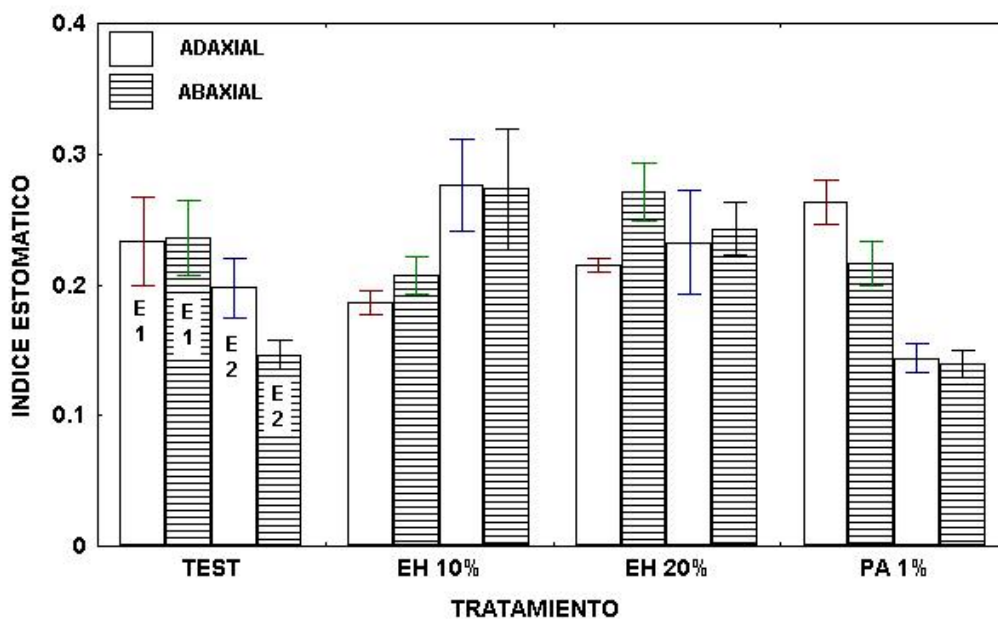


FIGURA 5.1. Índice Estomático del cultivo de brócoli, 2001.

Como podemos observar en la figura según el análisis de varianza en la variable Índice Estomático, hubo mucha variabilidad entre los tratamientos tanto en el Haz como en el Envés pero los mejores fueron las EH al 10% y 20% y la Poliacrilamida. Por lo que podemos concluir que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón, tiene gran efecto sobre Índice Estomático, de la plántula de Brócoli bajo condiciones de estrés.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye:

En la etapa de crecimiento de la plántula, y en ausencia de estrés, los tratamientos poliacrilamida al 1% y testigo mostraron ventaja sobre los tratamientos con espuma hidrofílica al 10 y 20% respecto a las variables longitud de raíz, altura de plántula y peso fresco aéreo.

Al inducir el estrés con el déficit hídrico en el nivel más bajo no se observó diferencia respecto a la conclusión anterior. Sin embargo al aplicar el nivel más alto de déficit hídrico se observó una ventaja de las espumas hidrofílicas sobre el testigo, siendo significativa en el caso del tratamiento con 10%. En este caso no se observó diferencia frente al tratamiento con poliacrilamida.

En la etapa de crecimiento de las plantas en maceta, y ya sin aplicar ningún estrés controlado, las plantas provenientes de las plántulas sometidas al nivel de estrés más alto mostraron valores significativamente mayores de área foliar promedio por hoja y área foliar total por planta, no mostrando diferencias respecto al número de hojas. En cuanto a los diferentes sustratos las plantas provenientes del tratamiento testigo en el nivel bajo de estrés mostraron ventaja sobre las restantes. En cambio, cuando las plantas provenían del nivel más alto de estrés la ventaja fue manifestada por los tratamientos de poliacrilamida y espuma hidrofílica al 10%.

Los tratamientos con materiales hidrofílicos modificaron la cantidad y distribución relativa de los complejos estomáticos.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993a. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.
- Abad, B. M. 1993b. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.
- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Aldaco, N. R. A.;Gutierrez C., L.; Olague R., J. 1991. Evaluación de 39 genotipos de maíz (*Zea mays*, L.) mediante el rendimiento y sus componentes en un suelo de la comarca lagunera con problemas de salinidad. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1991. Cultivo en Invernadero. Tercera edición; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- Ansorena, M, J. 1994 Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa, España.
- Ballester, O., J.F. 1992. Substratos para el Cultivo de Plantas Ornamentales. Hojas Divulgadoras, Num. 11/92.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 1ª. Edición. Ed. Agt. S.A.; México,D. F.
- Bresler, E.1982. Control of Soil Salinity, Volcani Institute of Agriculture, Israel.
- Brggr, J. W. 1983. Water Science 103 Resources Land Air and Water.
- Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotécnicas S.L., Madrid, España.
- Bustamante, M. A. 1991. Apuntes de Fisiología de Semillas. Inéditos. Depto. De Fitotecnía de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coah.
- Canovas, M. F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponía. Aspectos Comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. Curso Superior sobre Especialización Sobre: Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.

- Carpenter, T. 1995. Obtenga la Mejor Mezcla de Medios de Cultivo. Productores de Hortalizas, Año 4, No. 5, pp 10-12.
- Fernández B., J.M. y Ma. R. Quezada M. 1992. Producción de planta con uso de Materiales Plásticos. 3er. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura, CIQA. (Apuntes), Saltillo, Coah, 67p.
- Figuerroa, V., U. 1986. El pistache: Nuevo Cultivo para el Valle de Juárez. Folleto Técnico No. 1, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. INIFAP. Cd. Juárez, Chih., México.
- Guerra, H. M. 1993. Tolerancia a la Salinidad en el Mejoramiento Y la Producción Agrícola. Seminarios de Postgrado, Especialidad Fitomejoramiento, División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1995. Propagación de Plantas: Principios y Practicas. Cuarta reimpresión; CECSA. México. 760 p.
- Hassell, R. 1994. El Camino de la Prosperidad Comienza con Trasplantes Sanos. Productores de Hortalizas. Año 3, No. 5 pp 11-13.
- Miller II, W.J. 1994. Gana Popularidad el Mercado de Productos de Invernadero. Productores de Hortalizas (pagina del Publisher) Año 3, No. 5, p 6.
- Minero, A.A. 1998. Producción de Trasplantes. Productores de Hortalizas, Año 7, No. 8, pp 18-22.
- Nuez, F. Rodríguez. R., Tello, J. Cuartero, J. Segura, B. 1995. El Cultivo del Tomate; Ediciones Mundi-Prensa. Primera edición, España. p 793.
- Olmedo, B., M. Del C.; Robledo S., E; Cajuste C., L. J. 1991. Estudio de la Tolerancia a la Salinidad de 8 Variedades de Frijol. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991.
- Ortega, M., R. F. Gutiérrez C., M. A.; Borquez O., R. 1991. Comportamiento de 4 Genotipos de Trigo (*Triticum* spp) bajo Diferentes Condiciones de Tensión Salina. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991.
- Osequera, C., Moisés. 1986. Salinidad y Fertilidad del suelo agrícola irrigado con aguas negras en Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Depto. De Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Noviembre de 1986.

Personal de Laboratorio de los Estados Unidos. 1973. Editor Richards L.A. Diagnostico y Rehabilitación de los Suelos Salinos y Sódicos. Ed. LIMUSA. 6ta.Edicion.

Resh, H.M. 1987. Cultivos Hidropónicos. Segunda edicion. Ediciones Mundi-Prensa, España.

Shalhevet, J. 1973. Arid Zone Irrigation, Springer Verlag, New York; Heidelberg; Berlin.

Shalhevet, J. 1986. Arid Zone Irrigation, Springer Verlag, New York; Heidelberg; Berlin.