

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ABSCISIÓN DE CULTIVARES DE PIMIENTO MORRÓN CULTIVADOS EN HIDROPONÍA CON DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS

Informe de actividades

Alumnos
Bustos Hernández Rodrigo
Campos Canchola Diego
Guerrero Mosqueda Viridiana
Romero Jaimes Anahí

Profesores responsables:

Dr. Héctor Gordon Núñez Palenius

Dra. María Elena Sosa Morales

Facilitador:

M. en C. Ramiro Reyes Castro

Irapuato, Gto a 22 de julio del 2024

Índice

1. Introducción.....	1
2. Materiales y métodos.....	2
3. Actividades realizadas.....	3
3.1 Mantenimiento a las instalaciones del invernadero.	
3.2 Preparación de los sustratos.	
3.3 Trasplante.	
3.4 Programación del sistema de riego.	
3.5 Preparación de solución nutritiva.	
3.6 Poda.	
4. Resultados y discusiones.....	9
5. Conclusiones.....	12
6. Referencias.....	13

1. Introducción.

Capsicum annuum L., comúnmente llamado pimiento morrón o dulce, se encuentra entre los cultivos de hortalizas más populares cultivados en todo el mundo. Ha sido ampliamente aceptado como un alimento nutritivo valioso debido a la presencia de vitaminas (A, C, E y K1) y antioxidantes. Su color, aroma, sabor y textura crujiente son atributos importantes para su amplia aceptación en diversos platos culinarios alrededor del mundo (Akram & Ashraf, 2013).

El cultivo de pimiento es considerado de gran importancia para México, ya que presenta una producción total de 659,949.13 toneladas con un valor de \$10,496,152.43, siendo Guanajuato el tercer estado con mayor producción en el país, con una producción de 55,741.81 toneladas, seguido de los estados de Sinaloa y Sonora (SIAP, 2023).

Sin embargo, la producción de *C. annuum* L se ve limitada debido a la caída o aborto de flores y frutos inmaduros. Esto genera fluctuaciones amplias en las cosechas semanales, con rendimientos máximos que varían entre 5 y 10 frutos por m² y periodos intermedios con menos de 2 frutos por m² (Patiño et al., 2016).

Diferentes factores abióticos inducen la abscisión de frutos, la disminución de la intensidad de la luz afecta la producción de flores (Aloni et al., 1996) y produce la caída hasta de 60 % de las estructuras reproductivas en los primeros cuatro nudos (Wien, 1990). Además, el aumento de la densidad de follaje disminuye la disponibilidad de luz y promueve aborto floral (Marcelis et al., 2004). También, en condiciones con temperaturas mayores a 35°C, la producción mayor de etileno promueve la abscisión de flores y esto se intensifica en los periodos con temperaturas nocturnas altas (Aloni et al., 1991). La sensibilidad a temperaturas bajas nocturnas está relacionada a la edad de la planta, si es más joven sufre más la caída de flores por bajas temperaturas. Asimismo, el aborto floral incrementa con la deficiencia de agua, cuando los frutos están en desarrollo, aumenta drásticamente la abscisión floral.

Hay diversos factores que aumentan la abscisión de la flor y el fruto, estos se ven relacionados dependiendo a la zona en donde se encuentre el cultivo de *C. annuum*; también, influye la fertilización utilizada, como una dosis alta de nitrógeno.

2. Materiales y métodos.

Ubicación.

El estudio se realizó en un invernadero de baja tecnología, en el Departamento de agronomía de la Universidad de Guanajuato, en Irapuato, Guanajuato, México. El cultivo se estableció en bolis de fibra de coco, el agua y nutrientes fueron aportados mediante fertirriego.

Material biológico.

Se usaron alrededor de 45 plantas, de cuatro diferentes variedades de *C. annuum*; ocelot, viper, triple 5 y Presley. Dicho material, proveniente de la empresa Enza Zaden.

Soluciones.

Para hacer las soluciones nutritivas, se utilizó de diferentes fertilizantes y ácidos, estos fertilizantes son:

- Ácidos: Ácido nítrico (HNO_3), ácido fosfórico (H_3PO_4) y ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Macros: Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, nitrato de potasio (KNO_3), Sulfato de amonio, fosfato monopotásico (KH_2PO_4), sulfato de magnesio (MgSO_4) y sulfato de potasio (K_2SO_4)
- Micros: Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y molibdeno (Mo)

Cabe mencionar, que las soluciones se hicieron en tres diferentes contenedores de agua, todos con una capacidad de 1200 lts.

Mediciones de parámetros.

En el transcurso del proyecto es primordial conocer algunos datos, como: pH y conductividad eléctrica, por lo cual se necesita de un potenciómetro y un conductímetro.

Las demás actividades se realizan con material no tan especificado como los antes mencionados, por lo que, se podría llegar a utilizar: flexómetro, calibrador, termómetro, luxómetro, tijeras, desinfectantes, etc.

Diseño experimental y tratamientos evaluados

Con base en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1961) se diseñaron y evaluaron tres concentraciones constantes de solución nutritiva para el cultivo de pimiento morrón: vegetativa, balance y generativa.

Riegos.

Para llevar a cabo un programa de riego, se basó en las temperaturas registradas, cuando la temperatura ascendía, la duración de los riegos era mayor. Por lo que, se obtuvo un plan de riego de semanal que inicia a las 8:00 am y finaliza a las 17:05 pm.

Los intervalos de riego las primeras tres horas eran de 3 minutos, mientras que los restantes su duración eran de 5 minutos.

Variables agronómicas.

Diámetro de tallo principal. Mediante un vernier digital se midió de forma semanal, el diámetro de los tallos a 2 cm antes de la primera bifurcación, de tres plantas por tratamiento. Los datos se expresaron en milímetros.

Longitud de los tallos. De forma semanal, se midió el tallo de tres plantas por tratamiento, a partir de la bifurcación, se consideraron los valores medios de los datos semanales obtenidos hasta los 160 DDT. Los resultados se expresaron en centímetros.

Hojas, se realizó un conteo semanal de la cantidad de hojas que presentaban las plantas, para así determinar el crecimiento vegetativo que presentaban las plantas.}

3. Actividades realizadas.

Dicho invernadero, cuenta con el material necesario para la realización del proyecto, las actividades correspondientes fueron las siguientes:

3.1 Mantenimiento a las instalaciones del invernadero.

El área del invernadero se encontraba un tanto descuidada por la falta de uso, así que, se inició limpiando la malla ground cover (el piso del invernadero), se limpió totalmente los componentes del sistema de riego y a las bombas del sistema, se les dio un mantenimiento a los rotores.

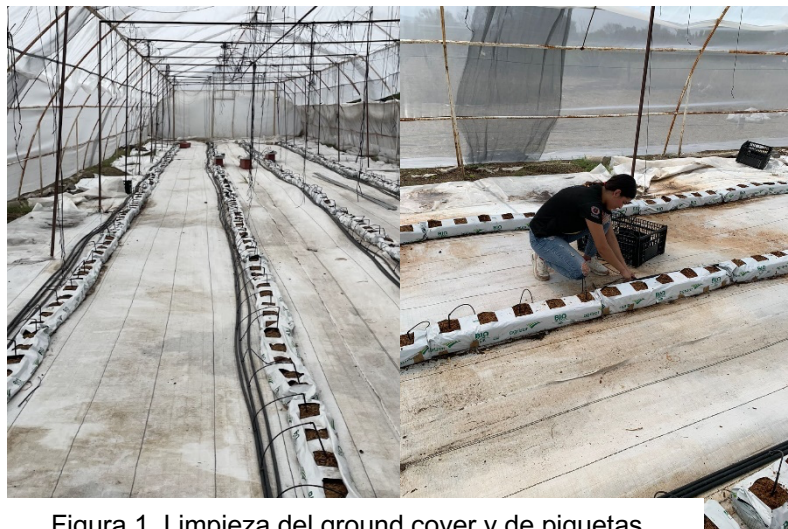


Figura 1. Limpieza del ground cover y de piquetas

3.2 Preparación de los sustratos.

Previamente al trasplante, se realizó una serie de pasos, para tener los sustratos en la condición óptima para el trasplante:

- 1- Se colocó en su sitio final, al realizar lo contrario dificultaría su manipulación al ya encontrarse hidratada la fibra coco.
- 2- Realizamos los orificios por donde se sembrarán las plantas, *C. annuum* es una planta de porte alto, por lo tanto, los orificios se hicieron de forma lineal, a una distancia de 30 a 35 cm, tendiendo 3 perforaciones por bolsa.
- 3- Saturamos los bolis con agua, en un intervalo de riegos de cada hora con una duración de 5 minutos por riego, esto por dos días, esto debido que la fibra de coco es un sustrato rico, de forma natural, en sales de sodio y de potasio, por tal motivo, es importante neutralizarlas para evitar alteraciones en la solución nutritiva durante el desarrollo del cultivo.
- 4- Posterior de haber saturado de agua el sustrato, procedimos a realizar los orificios para el drenaje. Realizaremos tres cortes a cada costado del boli, uno a cada orilla y otro al centro.
- 5- Finalmente, los bolis quedaron hidratados y drenados, listos para iniciar el trasplante.



Figura 2. Preparación de los sustratos.

3.3 Trasplante.

Después de haber realizado las actividades correspondientes, previas al trasplante, se procedió a ejecutarlo. En este proyecto utilizamos cuatro variedades diferentes de *C. annuum*. Presley, ocelot, viper y triple 5. Dicho material, proveniente de la empresa Enza Zaden.

El trasplante, se realizó el día 28 de junio del año 2024. Usando tres plantas por boli de fibra de coco, se cubrió totalmente el cepellón presionando la capa exterior de sustrato para evitar espaciamiento entre el sistema radicular y el sustrato.



Figura 3. Trasplante.

3.4 Programación del sistema de riego.

Anteriormente, se había diseñado el sistema de riego que cubriera las especificaciones del invernadero, utilizando así, tres bombas de $\frac{1}{2}$ hp y dos controladores.

Se programaron los controladores de riego para tener un ciclo semanal que consta de diez riegos al día, los eventos, inician a las 8:00 am y terminan a las 17:05 pm, los riegos se repiten cada hora con una duración de 3 a 5 minutos (la duración se prolonga cuando las temperaturas aumentan).



Figura 4. Programación del sistema de riego

3.5 Preparación de solución nutritiva.

El objetivo principal de este proyecto consiste en analizar tres diferentes soluciones nutritivas y así determinar cual tiene mayor reducción en el nivel de abscisión en *C. annuum*, por lo cual, se utilizan las soluciones: vegetativa, generativa y balance.

Para la realizar los cálculos de las soluciones nutritivas se toman en consideración diferentes factores, como: calidad del agua (conductividad eléctrica, pH, presencia de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de nutrientes que aporta el agua), capacidad del contenedor donde estará, que fertilizantes se usaran. Los pasos para hacer las soluciones nutritivas son:

1. Hicimos los cálculos necesarios para ajustar la solución, tomando como referencia el análisis de agua, de la misma con la que se está trabajando este proyecto.

2. Teniendo los cálculos, así como también, conociendo los fertilizantes que usamos, procedimos a pesar y medir los fertilizantes igual que los ácidos a utilizar. Estos fertilizantes y ácidos son:
3. Las soluciones se realizan tres veces por semana, en contenedores de 1200 lts cada uno, posterior a hacer la solución, medimos los parámetros de conductividad eléctrica y pH.

Ácido.	Balance	Vegetativa	Generativa
HNO ₃	-	411 ml	3.36 ml
H ₃ PO ₄	-	-	56.22 ml
H ₂ SO ₄	95.291 ml	-	52.6 ml
Fertilizantes			
Ca(NO ₃) ₂	909.072 gr	909.072 gr	909.072 gr
KNO ₃	628.524 gr	786 gr	254.59 gr
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-
KH ₂ PO ₄	136 gr	136 gr	187.02 gr
MgSO ₄	183.6 gr	183.6 gr	183.6 gr
K ₂ SO ₄	124.81	-	369.6 gr

Cuadro 1. Ácidos y fertilizantes utilizados para solución nutritiva.

Microelemento	Estándar gr/1200
Fe	64.4
Mn	6.4
Cu	0.57
Zn	3.82
B	2.16
Mo	0.144

Cuadro 2. Microelementos utilizados para solución nutritiva.



Figura 5. preparación de soluciones nutritivas.

3.6 Poda.

Cuando la planta del pimiento empiece a crecer lo primero que se ve es el tallo principal y una cruz en la que empiezan a bifurcarse una serie de ramas. Para optimizar los resultados, dejamos dos o tres brazos y eliminamos cualquier ramificación que nazca debajo de la cruz con el objetivo de que todos los recursos sean destinados a las ramas principales, que darán lugar a los pimientos. Esta técnica de poda, se llama poda holandesa.

Además, en esta etapa es fundamental eliminar las hojas del tallo principal que se encuentren cercanas al suelo para favorecer la aireación y evitar que aparezcan posibles enfermedades.

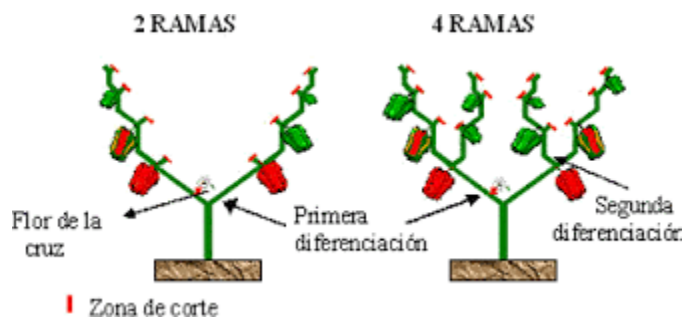


Figura 6. Otero, P. 2017. Poda de 2 y 4 ramas.

Se realizó la poda formativa a dos ramas, para así, tener un fruto de mayor calidad, se retiraron los tallos laterales, los botones florales y se consiguió con ello la forma deseada.



Figura 7. Poda formativa de 2 ramas.

4.Resultados y discusiones.

Se evaluó la primera etapa de crecimiento vegetativo del cultivo de pimiento. Las plantas recibieron una solución nutritiva completa, con el paso de las semanas, mostraron un crecimiento y desarrollo normal. Los tallos eran vigorosos y las hojas presentaban una coloración verde uniforme con una buena área foliar. Como se puede apreciar en la figura 8.



Figura 8. Crecimiento de la planta después de dos semanas de tratamiento.

Los siguientes cuadros, se presentan los resultados de los tratamientos utilizados en este trabajo:

Cuadro 3. Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 5 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	21.04±3.60 a	4.94±0.33 a	13.22±2.11 a
Presley+Vegetativa	15.12±2.83 b	4.73±0.54 a	11.33±0.87 a
Ocelot+Vegetativa	16.72±2.97 ab	4.61±0.28 a	12.33±1.73 a
Triple 5+Vegetativa	14.40±1.64 b	4.97±0.35 a	12.89±1.27 a
Viper EZ+Generativa	17.09±4.95 ab	4.97±0.56 a	12.00±2.12 a
Presley+Generativa	14.98±2.64 b	4.82±0.34 a	11.89±2.93 a
Ocelot+Generativa	16.72±2.93 ab	4.98±0.33 a	12.56±1.33 a

Triple 5+Generativa	14.22±1.97 b	4.71±0.43 a	12.11±1.36 a
Viper EZ+Balance	17.62±2.12 ab	4.71±0.29 a	13.00±2.12 a
Presley+Balance	14.54±2.67 b	4.98±0.48 a	13.11±1.27 a
Ocelot+Balance	15.72±2.58 b	5.01±0.46 a	12.44±2.46 a
Triple 5+Balance	13.94±3.32 b	4.91±0.48 a	11.78±1.64 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

Según los datos del programa estadístico, en la medición realizada el día 5 después del trasplante de las variedades de plantas Presley y Triple 5, las soluciones nutritivas no cumplieron con la hipótesis estimada, ya que no hubo cambios significativos en la altura, diámetro del tallo y número de hojas. Sin embargo, sí se observó cambios significativos en la altura entre las variedades, aunque no en el diámetro del tallo ni en el número de hojas.

Cuadro 4. Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 12 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	27.39±4.30 a	5.31±0.45 ab	20.78±4.55 a
Presley+Vegetativa	20.50±4.04 cde	5.37±0.74 ab	18.44±4.16 ab
Ocelot+Vegetativa	20.06±3.06 de	5.63±0.46 ab	16.33±3.57 ab
Triple 5+Vegetativa	20.11±4.65 de	5.47±0.52 ab	15.22±3.03 b
Viper EZ+Generativa	26.22±3.23 ab	5.47±0.39 ab	16.89±1.90ab
Presley+Generativa	19.78±3.71 de	5.00±0.65 b	16.67±3.50 ab
Ocelot+Generativa	23.00±3.72 bcd	5.97±0.38 a	19.22±2.77 ab
Triple 5+Generativa	17.78±2.33 de	5.62±0.64 ab	15.22±2.22 b
Viper EZ+Balance	29.00±3.28 abc	5.60±0.30 ab	18.44±3.82 ab
Presley+Balance	22.50±4.73 bcde	5.62±0.49 ab	16.33±3.24 ab
Ocelot+Balance	21.50±2.68 cde	5.76±0.50 ab	17.78±3.63 ab
Triple 5+Balance	17.06±3.05 e	5.59±0.20 ab	19.22±2.54 ab

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

El análisis estadístico del día 12 después del trasplante muestra que la solución nutritiva no provocó cambios significativos en altura, diámetro y número de hojas. Sin embargo, las variedades Presley, Ocelot y Triple 5 sí mostraron cambios significativos. Además, el cuadro 5 indica que el número de hojas en Presley fue afectado por la solución nutritiva, pero no por la variedad.

Cuadro 6. Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 19 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	29.28±3.65	7.07±0.66	13.89±3.26
Presley+Vegetativa	22.22±4.21	6.30±0.69	14.44±2.13
Ocelot+Vegetativa	25.67±3.46	6.52±0.43	19.00±2.18
Triple 5+Vegetativa	22.00±4.24	6.42±0.52	16.00±2.24
Viper EZ+Generativa	30.56±3.97	6.49±0.95	15.56±3.00
Presley+Generativa	24.61±3.72	6.62±0.90	16.67±2.24
Ocelot+Generativa	25.22±3.79	7.04±0.79	15.67±1.66
Triple 5+Generativa	21.00±3.90	5.88±0.72	19.22±2.68
Viper EZ+Balance	31.06±4.30	6.63±0.78	15.78±2.86
Presley+Balance	23.94±4.34	7.11±0.68	15.33±2.50
Ocelot+Balance	24.22±4.24	6.33±0.66	15.44±2.13
Triple 5+Balance	19.06±2.77	6.27±0.59	16.56±2.24

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

El análisis estadístico del día 19 después del trasplante muestra que no hubo diferencias significativas en la solución nutritiva ni en la variedad (Tablas 12 y 14). Sin embargo, aunque no hubo variaciones generales en las soluciones nutritivas para las variedades de pimiento morrón, la solución nutritiva generativa sí mostró una excepción significativa en el número de hojas el día 12 después del trasplante

Diversos factores pueden ser causantes de que un tratamiento tenga mayor efecto hacia otro, por lo que, nos basamos en la genética de la planta, así como también señala Sarduy et al., 2016, no hay diferencia tan significativa entre soluciones para los factores de diámetro y número de hojas, donde sí se encuentra una diferencia notable, es en la altura, donde la solución nutritiva influye directamente. Así mismo, la solución B que usa Sarduy et al., 2016, es similar a nuestra solución vegetativa, con un mayor contenido de nitrato en diferentes presentaciones.

5.Conclusiones.

Durante 19 días después del trasplante, el análisis estadístico de las variables mostró los siguientes resultados:

- Altura: Hubo diferencias significativas entre las variedades, pero no entre las soluciones nutritivas.
- Diámetro del tallo: No se encontraron diferencias significativas ni entre variedades ni entre soluciones nutritivas.
- Número de hojas: Se observaron diferencias significativas entre las soluciones nutritivas en la medición intermedia, pero no en la final.

La variedad Viper mostró los mayores valores en las variables medidas, aunque no siempre fueron estadísticamente significativas. Las distintas soluciones nutritivas no tuvieron un efecto consistente o significativo en la mayoría de las mediciones.

Estos resultados sugieren que la elección de la variedad puede influir más en el crecimiento inicial del pimiento morrón que la composición específica de la solución nutritiva en cultivos hidropónicos.

Finalmente, los resultados obtenidos, cumplen uno de los dos objetivos de esta investigación, que fue analizar el tratamiento que tenga un mayor índice de crecimiento vegetativo. Por otra parte, no se pudo medir aún la abscisión, dado que los tiempos fueron relativamente cortos y no se ha llegado a este punto de la investigación, por lo que queda abierta a los posibles resultados que pueda haber.

6.Referencias.

Akram, N.A. & Ashraf, M. 2013. Regulation in plant stress tolerance by a potential plant growth regulator, 5-aminolevulinic acid (ALA). J. Plant Growth Regulation. 32:663–679.

Aloni, B., T. Pashkar, and L. Karni. 1991. Partitioning of [14]-C sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. Ann. Bot. 67: 371-377.

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, Y. Riov, and A. Schaffer. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. Ann. Bot. 78: 163-168

Hidroponía con Bolis de fibra de coco: Pasos Esenciales : (s. f.). https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=481

Patiño-Torres, A. J., & Jaimez Arellano, R. E. (2016). Relación fuente-fuerza de la demanda en el aborto de estructuras reproductivas, tasa fotosintética y rendimiento en *Capsicum annuum*. Agrociencia, 50(5), 649-664.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Datos abiertos. Estadística de Producción Agrícola. Recuperado de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.

Sarduy Díaz, Mairely, Díaz Aguila, Ivisley, Castellanos González, Leónides, Soto Ortiz, Rafaela, & Pérez Rodríguez, Yhosvanni. (2016). Sustratos y soluciones nutritivas para la obtención de plántulas de pimiento y su influencia en la producción en cultivos protegido. *Centro Agrícola*, 43(4), 42-48.

Steiner AA (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. Plant Soil. 15: 134-154.

Wien, H. 1990. Screening pepper cultivars for resistance to flower abscission: a comparison of techniques. Hort. Sci. 25: 1634-1636

