

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de malla sombra usando fosfitos de potasio en combinación con biofertilización

Por:

JOSÉ ANDRÉS DE LA CRUZ RAMÍREZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción y Calidad de Pepino (*Cucumis sativus* L.) Bajo Condiciones de Malla Sombra Usando Fosfitos de Potasio en Combinación con Biofertilización.

Por:

JOSÉ ANDRÉS DE LA CRUZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

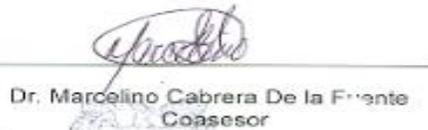
Aprobada



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Antonio Cárdenas Flores
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de AgronomíaTM
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2015

DEDICATORIAS

A mi padre, **Mi hermoso y gran guerrero y ejemplo a seguir...** José Andrés De La Cruz Hernández, eres el hombre que más admiro, por darme fortaleza, cariño y sobre todo por todas esas oportunidades que me has dado en la vida.

A mi madre en paz descanse, **la flor más bella de todo el universo...** Juanita Ramírez C. eres la mujer que más amo, admiro y respeto, por tu cariño, comprensión y ese gran amor que me brindaste día a día, por todas las atenciones, consejos y apapachos que con amor me brindaste.

A ambos por darme la vida, por estar conmigo siempre cuando más los necesito y que a lo largo de este tiempo han sabido formarme correctamente con sus consejos, sus palabras llenas de sabiduría por eso y tantas cosas más gracias.

A mis hermanos Herminia, Roberto, Perla, Santos y Kevin, porque han estado conmigo incondicionalmente cuando más los necesito, por su apoyo, comprensión y por haber compartido conmigo tantas experiencias.

A mi Hija, Mi princesa hermosa, quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un gran ejemplo para ella.

A mi Tío, Roberto De La Cruz Hernández, La persona que siempre estuvo ahí al pie de la letra con sus consejos, apoyo y comprensión y por haberme dado la oportunidad de trabajar en su empresa.

A mis primos Eduardo Alejandro, Omar Alejandro, Rene Alejandro, por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos para sacar adelante mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme una vida llena de bendiciones y por llevarme de la mano y siempre guiándome por el camino correcto.

A mí *Alma Terra Mater*, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de prepararme y ser mejor profesionalmente.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar le agradezco infinitamente el gran y valioso apoyo, dedicación y tiempo que me brindo para la realización de este trabajo y sobre todo por ser un gran ejemplo como persona y como profesional.

Al Dr. Antonio Cárdenas Flores por darme esa valiosa oportunidad de formar parte de su proyecto, por su confianza, apoyo incondicional y sobre todo por esa paciencia para ayudarme a elaborar este trabajo y sobre todo por ser un gran ejemplo como persona y como profesional.

Al Dr. Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente por su participación en la revisión de este trabajo y por su disponibilidad en todo momento que además de ser un buen profesor es un muy buen amigo.

Al Dr. René Darío Peralta por su apoyo incondicional, por darme la confianza y apoyo durante mi estancia en el centro de investigación en química aplicada (CIQA).

A todos los profesores y personal de la universidad que estuvieron conmigo durante mi preparación profesional, por ser todos y cada uno de ellos un gran ejemplo a seguir.

A todas las personas que me convivieron conmigo y me brindaron su apoyo durante mi estancia en la Universidad.

A David, Miguel y Julio Manzano, Salvador, Víctor, Felipe, Leonel, Leo, Juan Pablo, Erik Rodríguez por compartir conmigo tantas experiencias y por permitirme aprender tanto de ustedes.

A la generación CXVIII de Horticultura y a todos mis amigos y compañeros de la Narro.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	12
I. INTRODUCCION	13
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	14
Hipótesis	14
II. REVISION DE LITERATURA	15
2.1 El cultivo de pepino.	15
2.2. Clasificación taxonómica	16
2.3. Características botánicas	16
2.3.1. Sistema radical.....	16
2.3.2. El tallo.....	17
2.3.3. Las hojas.....	17
2.3.4. Flores.....	17
2.3.5. El fruto	18
2.4. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de pepino.....	19
2.4.1. Temperatura.....	19
2.4.2. Humedad relativa.....	20
2.4.3. Luminosidad	20
2.4.4. Tipo de suelo.....	20
2.4.5. pH.....	21
2.5. Fertilización.....	21
2.6. Importancia del cultivo de pepino en México	21
2.7. Calidad y vida de anaquel del pepino.....	23
2.7.1. Generalidades	23
2.7.2. Índices de Calidad	24
2.7.3. Temperatura y humedad relativa óptimas	25
2.7.4. Tasa de Producción de Etileno.....	25
2.8 Enfermedades que atacan el cultivo de pepino.....	25

1.- Oidiopsis	25
2.- "Ceniza" u oidio de las cucurbitáceas	26
3.- Podredumbre gris	26
4.- Podredumbre blanca.....	26
5.- Chancro gomoso del tallo	26
2.8.1. Virus.....	27
2.9. Fisiopatías.....	27
1.- Quemados de la zona apical del pepino.....	27
2.- Rayado de los frutos	27
3.-Curvado y estrechamiento de la punta de los frutos	27
4.- Aneblado de frutos	27
5.-Amarilleo de frutos.....	27
2.10. Biofertilizantes.....	28
2.10.1. Generalidades y Funciones	28
2.10.2. Microorganismos en el suelo	29
2.10.3. Bacterias fijadoras de nitrógeno.....	30
2.11. Fosfitos de potasio	300
2.11.1. Propiedades agronómicas de los fosfitos	31
2.11.2. Efecto de los fosfitos en poscosecha	31
2.11.3. El impacto de los fosfitos.....	32
2.11.4. El impacto del nitrógeno	32
2.11.5. Impacto del potasio y del cloruro de potasio	33
2.11.6. Impacto del fósforo.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Localización geográfica del trabajo experimental.....	34
3.2. Material genético	34
3.3. Tratamientos	35
3.4. Metodología	35
3.4.1. Preparación del terreno.....	35
3.4.2. Instalación de cintillas y acolchado plástico	35
3.4.3. Siembra	36
3.4.4. Inoculaciones	36

3.4.5. Aplicación de fosfitos de potasio.....	36
3.4.6. Tutorio.....	36
3.4.7. Podas.....	37
3.4.8. Deshoje.....	37
3.4.9 Nutrición y riegos.....	37
3.4.10 Manejo de plagas y enfermedades.....	38
3.4.11. Cosecha.....	40
3.5. Variables evaluadas.....	41
3.5.1. Colecta de datos.....	42
3.5.2. Diseño experimental.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Rendimiento.....	43
4.2. Pérdida de peso.....	44
4.3. Firmeza del fruto.....	46
4.4. Sólidos solubles totales (°Brix).....	48
4.5. pH de frutos.....	52
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. LITERATURA CITADA.....	58
Apéndice.....	63

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Estados y Superficies sembradas de pepino en México.....	22
Cuadro 2. Principales países exportadores de pepino a nivel mundial.....	23
Cuadro 3. Tasa de Respiración.....	25
Cuadro 4. Productos orgánico-biológicos e inorgánicos aplicados al cultivo de pepino durante el ciclo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.....	39
Cuadro 5. Variables evaluadas del cultivo de pepino en condiciones de casasonbra.....	41
Cuadro 6. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 5.....	63
Cuadro 7. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 10.....	63
Cuadro 8. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 15.....	63
Cuadro 9. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 20.....	63
Cuadro 10. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 5.....	64
Cuadro 11. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 10.....	64
Cuadro 12. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 15.....	64
Cuadro 13. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 20.....	64
Cuadro 14. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 5.....	65

Cuadro 15. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 10.....	65
Cuadro 16. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 15.....	65
Cuadro 17. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 20.....	65
Cuadro 18. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Rendimiento del cultivo de pepino.....	66
Cuadro 19. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 5.....	66
Cuadro 20. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 10.....	66
Cuadro 21. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 15.....	66
Cuadro 22. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 20.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1. Cultivo de pepino Dasher II (Seminis) en etapa de producción bajo condiciones de casa sombra.....18
- Figura 2. Rendimiento kg por planta en cultivo de pepino en condiciones de casa sombra, tratamiento biológico con fosfitos de potasio (TBC/PO₃), tratamiento biológico sin fosfitos de potasio (TBS/PO₃), tratamiento químico con fosfitos de potasio (TQC/PO₂), tratamiento químico sin fosfitos de potasio (TQS/PO₃).....44
- Figura 3. Pérdida de peso del fruto (%) del cultivo en pepino en condiciones de casa sombra, tratamiento biológico con fosfitos de potasio (TBC/PO₃), tratamiento biológico sin fosfitos de potasio (TBS/PO₃), tratamiento químico con fosfitos de potasio (TQC/PO₂), tratamiento químico sin fosfitos de potasio (TQS/PO₃).....45
- Figura 4. Firmeza de los frutos de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....47
- Figura 5. Firmeza de los frutos de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....48
- Figura 6. Grados °Brix del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 5 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....49
- Figura 7. Grados °Brix del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 10 días

después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....50

Figura 8. Grados °Brix del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....51

Figura 9. Grados °Brix del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....52

Figura 10. pH del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 5 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....53

Figura 11. pH del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 10 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....54

Figura 12. pH del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....55

Figura 13. pH del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.....56

RESUMEN

Los biofertilizantes y fosfitos de potasio son una alternativa amigable con el medio ambiente que pueden impactar la calidad y rendimientos del pepino. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la biofertilización (*Azotobacter*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*) y fertilización convencional más la aplicación foliar de Fosfitos de Potasio en la calidad, rendimiento y vida de anaquel del fruto de pepino cultivado en casa sombra, como también posible prevención en algunas enfermedades fúngicas como lo es el caso de *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea* y a su vez sea una herramienta útil en la agricultura sustentable u orgánica. Este trabajo de investigación se realizó en una casa sombra de 132 m² con malla negra antinsectos y techo color cristal (30% sombreado) fabricada por NETAFIM) con una superficie de 132 m², situada en las instalaciones del Campo Experimental Agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Los tratamientos en campo fueron: **I)** Fertilización Biológica al 50% N, con una formulación de biofertilizante aportador de nitrógeno + fosfitos de potasio. **II)** Fertilización Biológica al 50% N, con Azoton AA Sin fosfitos de potasio. **III)** Fertilización Química al 100% (285-200-375) N-P-K + fosfitos de potasio. **IV)** Fertilización Química al 100% (285-200-375) N-P-K Sin fosfitos de potasio. Los frutos fueron almacenados a temperatura ambiente, donde posteriormente se determinaron: Pérdida de peso, Firmeza del Fruto, Sólidos Solubles Totales (SST) (°Brix), pH de frutos a 5,10,15 y 20 días después de cosecha. Los datos obtenidos de cada fecha se evaluaron mediante un ANVA con un diseño completamente al azar comparando las medias empleando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento, al realizar el análisis de varianza encontramos que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo el tratamiento T2 (TBS/PO3), indica que los tratamientos con fertilización biológica sin la aplicación de fosfitos de potasio vía foliar tuvieron un rendimiento promedio de 2.32 kg por planta en comparación con los tratamientos que fueron fertilizados con fertilización biológica con fosfitos de potasio vía foliar que obtuvieron un rendimiento de 2.27 kg por planta.

Palabras clave: Pepino, Biofertilizantes, *Azotobacter*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*, fosfitos de potasio, *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*.

CORREO: tec.forest@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Para la economía del país la producción de hortalizas es muy importante, ya que contribuye con la generación de empleos rurales, se ubica como una de las actividades más relevantes en nuestra agricultura. Entre otras, la producción del pepino es, sin duda, de las más importantes. Es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo. En México, es considerado como uno de los productos de mayor demanda **(SAGARPA, 2011)**. Siendo México además el principal país exportador de pepino hacia los Estados Unidos **(SAGARPA, 2011)**. En la actualidad, es la hortaliza más cultivada en Europa y América del Norte, y ocupa el cuarto puesto en la producción mundial de hortalizas, detrás del tomate, la col y la cebolla **(SAGARPA, 2011)**. A pesar de ser poco nutritivo con el casi 100% de agua es rico en vitamina A y C, se complementa con folatos y distintos tipos de vitaminas B como B1, B2 y B3. Mientras tanto un estudio realizado con el objetivo de evaluar la influencia del uso de invernadero y casa-sombra en la producción de pepino en el Valle de Mexicali, se encontró que bajo condiciones de casa-sombra puede dar lugar a la producción de cultivos de mayor calidad y productos más competitivos, frente a las importaciones procedentes de otras zonas de producción de hortalizas de la región. Por otro lado el cultivo de pepino está expuesto a diversas enfermedades entre las que destacan las causadas por hongos fitopatógenos que originan las cenicillas **(Abbod y Lösel, 2003; González et al, 2010)**. Las cenicillas se sitúan entre los principales patógenos que afectan plantas. Aunque raramente causan la muerte del hospedante, reducen el rendimiento y calidad de plantas de importancia económica **(Abbod y Lösel, 2003; Koike, 2007; González et al, 2010)**. Las cenicillas más importantes de las cucurbitáceas son las originadas por *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*. Un estudio menciona que los efectos de fosfitos en el crecimiento de la planta y el rendimiento y calidad de fruto han sido reportados contradictoriamente. Sin embargo, **(Moor et al. 2009)** encontraron que la fertilización con fosfito no afectó el crecimiento de la fresa o el rendimiento en comparación con la fertilización fosfato tradicional, aunque, hizo aumentar la calidad de los frutos mediante la activación de la síntesis de ácido ascórbico y antocianinas. Por otro lado, **(Rickard, 2000)** informó que el fosfito foliar aumentó el rendimiento y la calidad de varios cultivares. Por último, trabajos de investigación han demostrado que al realizar aplicaciones foliares de fosfito de potasio son más rápidamente absorbido por los tejidos de la planta a diferencia del fosfato en cítricos y cultivo de aguacate; estas aplicaciones han mostrado incrementar además la intensidad floral, rendimiento, tamaño de fruta, total de sólidos solubles en frutos **(Iovvatt y Mikkelsen, 2006)**.

En México, en los años recientes el uso de biofertilizantes comerciales a base de microorganismos benéficos como son bacterias y hongos micorrizicos ha despertado el interés por parte de los productores agropecuarios y forestales. No existe suficiente información que permita conocer cuáles abonos orgánicos combinados con hongos micorrizicos conviene aplicar a la semilla para que potencialicen la producción de sus cultivos, sin afectar de manera negativa la microbiota de los suelos **(Meneses et al, 2009)**. Mientras tanto, los biofertilizantes aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos biofertilizantes, pueden presentar grandes ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Los biofertilizantes se usan abundantemente en agricultura orgánica. Sin embargo, es factible y ampliamente recomendable aplicarlos de manera integral en cultivos intensivos en el sistema tradicional. Por su uso, los biofertilizantes se podrían dividir en cuatro grandes grupos; fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal **(Virgen, 2013)**.

Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de bio-fertilizantes en combinación con fosfitos de potasio en la calidad, rendimiento y vida de anaquel del fruto de pepino cultivado en casa sombra.

Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto de fosfitos de potasio con la fertilización convencional en la calidad, rendimiento y vida de anaquel del fruto de pepino.

- b) Evaluar el efecto de fosfitos de potasio con la fertilización convencional complementada con biofertilizante (*Azotobacter*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*) en la calidad, rendimiento y vida de anaquel del fruto de pepino.

Hipótesis

La aplicación foliar de fosfitos de potasio y/o la biofertilización impactan la calidad, rendimiento y vida de anaquel al fruto del cultivo de pepino.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 El cultivo de pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es originario de las regiones tropicales del sur de Asia y ha sido cultivado en la India desde hace más de 3000 años. De la India se ha extendido a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. El primer híbrido de pepino tuvo su aparición en el año 1872 **(Infoagro, 2011)**.

El pepino presenta un fruto que es pepo o pepónide procedente de una planta herbácea que recibe el mismo nombre. Pertenece a la familia Cucurbitáceae. Bajo este nombre se engloban unas 850 especies de plantas, casi todas herbáceas, trepadoras o rastreras, que producen frutos muy grandes y protegidos por una corteza firme. Frutas como la sandía y el melón pertenecen, junto con hortalizas tan comunes como el calabacín o la calabaza, a esta misma familia **(Mármol, 2011)**.

El fruto es carnoso, largo y cilíndrico, su tamaño depende de la variedad. El epicarpio es duro, de color verde oscuro o amarillo. La pulpa es de color blanquecino, bastante acuosa y de sabor refrescante. Posee semillas repartidas por todo el fruto, son muy definidas en los frutos originados por polinización y ausentes en los frutos partenocárpicos. Las semillas son ovaladas, aplanadas de color blanco amarillento **(Mármol, 2011)**.

2.2. Clasificación taxonómica

Sistema integrado de información taxonómica (ITIS) reporta (USA)

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Infradivisión: Angiosperma (Plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Rosanae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucumis* L.

Especie: *Cucumis sativus* L.

2.3. Características botánicas

2.3.1. Sistema radical

Caracterizado por un sistema de raíces muy potente y ramificado, con una raíz de tipo pivotante que puede llegar a alcanzar hasta 1 metro de longitud, de la que parten multitud de raíces secundarias que se suelen extender de forma superficial a lo largo de todo el perfil del suelo cultivado, sobre todo en los primeros 20-35 cm del suelo. Estas características botánicas le permiten alcanzar elevadas productividades y dan idea de la importancia que tiene mantener durante todo el ciclo de cultivo un adecuado equilibrio entre el sistema radical y la parte aérea de la planta (**Semillaria, 2010**).

2.3.2. El tallo

Es herbáceo, de color verde, anguloso, cuadrangular, (con vellosidad), su crecimiento es del tipo indeterminado, rastrero y trepador. El tallo principal da origen a la división en diferentes ramas laterales, sobre él se desarrollan nudos y de cada nudo se emite una hoja y un zarcillo, este sale del nudo opuesto a las hojas (estos zarcillos son hojas adaptadas a la función trepadora), en la axila de cada hoja aparece un brote lateral y una o varias flores **(Semillaria, 2010)**.

2.3.3. Las hojas

Son simples, de forma acorazonada su gran limbo, peciolo largo, formado por tres lóbulos, siendo el central a menudo más grande y acabado en punta. Se colocan de forma alterna entorno al tallo y opuestas a los zarcillos. El color va desde el verde claro (hojas jóvenes) hasta verde-oscuro (hojas adultas), recubiertas por un vello bastante fino y una cutícula delgada en su epidermis, por este motivo el pepino es un cultivo bastante sensible a los cambios bruscos en la humedad relativa ambiental, **(Semillaria, 2010)**.

2.3.4. Flores

En los inicios del cultivo de pepino se trataba de plantas monoicas, masculinas o femeninas de polinización cruzada. Posteriormente se obtuvieron híbridos comerciales con plantas que tenían flores masculinas y femeninas que requerían polinización por insectos. Actualmente los híbridos comerciales de pepino usados en cultivos intensivos bajo plástico son del tipo “ginóicos”, es decir con plantas que producen predominantemente flores femeninas (de ovario ínfero, fruto pequeño de pepino) y frutos formados por partenocarpia. En el caso de producirse una polinización por insectos, aparecerán frutos deformes que no son comerciales.

Las flores aparecen en las axilas de las hojas y se caracterizan por tener un pedúnculo corto, formada por 5 pétalos amarillos que conforman la corola. El cáliz formado por sépalos de color verde, se cae una vez marchita la flor **(Casilimas, 2012)**.

2.3.5. El fruto

Procedente del ovario ínfero da lugar a un fruto en pepónide con forma cilíndrica, alargada y de un color verde a verde-oscuro mientras el fruto no esté maduro fisiológicamente hasta un color amarillento cuando ya ha alcanzado su madurez fisiológica (no es comercial y contiene las semillas), este proceso suele alcanzar los 50-60 días desde que se realiza el trasplante y el número de frutos por nudo se puede encontrar entre 1 y 3 en función del cultivar. Este fruto puede tener diferentes tipo de piel, acanalada, lisa, sin estrías, con espinas (en estadios jóvenes), sin espinas. Se caracteriza por ser un fruto con una pulpa de color blanquecino, carnosa, acuosa y dependiendo del tipo de pepino pueden alcanzar algún sabor amargo. En su interior contiene un elevado número de semillas, con forma ovalada y de un color blanco-amarillento **(Casilimas, 2012)**.



Figura 1. Cultivo de pepino Dasher II (Seminis) en etapa de producción bajo condiciones de casa sombra.

2.3.6. Semillas

La semilla de pepino se compone de los tegumentos que las protegen, de las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante, ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de pepino son algo más pequeñas que las del melón, ovales, inmaduras, aplastadas, lisas y de color amarillento blanquecino, terminadas en un extremo más agudo. Un gramo contiene unas 30-45 semillas, dependiendo del tipo de pepino y de la variedad, menor de 10 mm de largas y 0.3-0.5 cm de ancho. Su facultad germinativa dura aproximadamente 4-5 años, aunque para la siembra es preferible semillas que no hayan rebasado los 2-3 años **(Mármol, 2011)**.

2.4. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de pepino

El pepino, es una planta de clima cálido, exige temperaturas elevadas y una humedad relativa, también alta. Sin embargo, el pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1,300 msnm **(Bravo, 2013)**.

2.4.1. Temperatura

Para el caso de la temperatura hay un rango que va de 10-35°C, con una media óptima entre 18 y 28°C. Para una buena germinación la temperatura debe ser superior a 21°C, la temperatura diurna óptima es de 28-29°C y la temperatura nocturna óptima de 20 a 21°C. La temperatura media óptima está entre 18 y 24°C con una umbral máxima de 32-35°C. El punto de congelación se encuentra a -1°C, mientras que el crecimiento cero se da a 10-12°C y las temperaturas diurna y nocturna óptimas son de 20-25°C y 18°C, respectivamente. Para germinación, las temperaturas mínima, óptima y máxima son 12, 30 y 35°C, respectivamente, mientras que las temperaturas mínima y óptima de suelo son 12 y 18-20°C **(TRADECORP 2013)**.

2.4.2. Humedad relativa

El cultivo es muy exigente, a excepción del periodo de recolección, periodo en que las plantas se hacen más susceptibles a algunas enfermedades fungosas, que prosperan con humedad relativa alta. Esta es una planta con elevados requerimientos de humedad, siendo la humedad relativa optima durante el día de 60 a 70 %, con un sub-Optimo de 40 a 60 % y critico <40%, durante la noche de 70 a 90 y Critico <90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y por ende la fotosíntesis **(Casilimas, 2012)**.

2.4.3. Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), No existe una relación cuantitativa concreta entre la reducción de luz y reducción de producción, ya que esta relación depende de la intensidad de luz incidente y de la fase de cultivo **(Schapendonk et al,1984; Wang et al, 2007)**.

2.4.4. Tipo de suelo

El pepino se puede cultivar en una amplia gama de suelos fértiles y bien drenados; desde los arenosos hasta los franco-arcillosos, aunque los suelos francos que poseen abundante materia orgánica son los ideales para su desarrollo. Se debe contar con una profundidad efectiva mayor de 60 cm que facilite la retención del agua y el crecimiento del sistema radicular para lograr un buen desarrollo y excelentes rendimientos **(Guía del cultivo, 2011)**.

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades **(AgroNet, 2005)**.

2.4.5. pH

En cuanto a pH, el cultivo se adapta a un rango de 5.5-6.8, soportando incluso pH hasta de 7.5; se deben evitar los suelo ácidos con pH menores de 5.5 (**AgroNet, 2005**).

2.5. Fertilización

En cuanto a la nutrición, cabe destacar la importancia de la relación N/K a lo largo de todo el ciclo de cultivo, que suele ser de 1/0,7 desde el trasplante hasta la cuarta-quinta semana, cambiando hacia 1/1 hasta el comienzo del engorde del fruto y posteriormente hasta 1/3. El fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el taño de las flores. El calcio es un elemento determinante en la calidad y favorece una mejor defensa de las plantas frente a enfermedades. Los microelementos van a incidir notoriamente en el color de la fruta, su calidad y la resistencia de la planta, principalmente el hierro y manganeso (**Hortoinfo, 2010**).

2.6. Importancia del cultivo de pepino en México

México es el segundo exportador mundial de pepino y el primer proveedor del mercado de Estados Unidos, principalmente en la época de invierno, cuando se produce esta hortaliza en invernaderos y se aumenta significativamente el rendimiento, desde 25-50 t·ha⁻¹ (campo abierto) hasta 80-180 t·ha⁻¹, en vista principalmente del control computarizado del clima (para evitar las fluctuaciones que en el caso de siembras a campo abierto ocasionan gran consumo de energía en las plantas y por ende, retraso en la producción de materia seca), mejoramiento en las técnicas de producción e introducción de sustratos artificiales y genotipos de alta productividad (**Intagri, 2012**).

Cuadro 1. Estados y Superficies sembradas de pepino en México

Estado	Sup. Sembrada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)
MICHOACAN	3,820.00	20.76
MORELOS	1,417.20	18.29
SONORA	751.8	89.63
BAJA CALIFORNIA	705.85	62.41
YUCATAN	624.68	58.83
JALISCO	552.64	22.86
NAYARIT	440	11.01
PUEBLA	399	18.38
TAMAULIPAS	399	14.13
MEXICO	361	22.98
COLIMA	340.5	28.04
ZACATECAS	331.58	53.63
HIDALGO	233	18.06
VERACRUZ	223.5	17.97

Fuente: SIAP, 2012.

Actualmente, México es el primer exportador mundial de esta hortaliza con una participación en las exportaciones mundiales del 13.9% y el principal proveedor en el mercado americano, dirigiéndose primeramente a EE.UU., con una participación de las exportaciones de México del 99.9% y siendo EE.UU., el mayor importador en el mundo con una cantidad de 585,575 toneladas (**TRADE MAP, 2010**).

Cuadro 2. Principales países exportadores de pepino a nivel mundial.

Posición	País	Producción en toneladas exportación
1	México	498,822
2	España	449,395
3	Holanda	382,829
4	Jordania	114,396
5	Turquía	105,041
6	Irán	75,921
7	Canadá	69,237
8	Estados Unidos de América	45,062

Fuente: TRADEMAP ,(2010).

2.7. Calidad y vida de anaquel del pepino

2.7.1. Generalidades

El manejo adecuado de frutas y hortalizas durante las operaciones previas a su comercialización permite obtener la mejor calidad del fruto. Sin embargo, durante el tiempo que permanece almacenado previo a su venta, estos pueden sufrir daños considerables, que pueden llegar a reducir su calidad y en consecuencia su vida de anaquel. Por otro lado la velocidad de deterioro de los productos hortofrutícolas después de cosechados, está asociada con el manejo que recibe y con las condiciones de almacenamiento, transporte y mercadeo (**Dolores, 2003**).

El fruto de pepino se cosecha inmaduro, con 96% de agua en sus tejidos (Musmade y Desai, 2005). Uno de los principales problemas en pos-

cosecha es la pérdida de turgencia, causada por la pérdida de agua a través de la transpiración y respiración del fruto; en consecuencia ocurre marchitamiento y pérdida de consistencia del fruto **(Walter et al, 2000)**.

2.7.2. Índices de Calidad

- a) No sobremaduro, es decir deben haber alcanzado un desarrollo suficiente, pero deben tener las semillas todavía tiernas,
- b) Aspecto fresco, coloración típica de la variedad y el brillo que lo caracteriza
- c) Enteros y firmes,
- d) Sanos interior y exteriormente; excluyendo defectos y daños en la epidermis,
- e) Rectos, no deben presentar curvaturas.

Libre de :

- a) Podredumbre,
- b) Quemaduras de sol,
- c) Humedad exterior anormal,
- d) Material extraño,
- e) Magulladuras y heridas en epidermis no cicatrizadas.

Exentos de daños causados por:

- a) Amarillamiento,
- b) Lesiones por congelamiento
- c) Quemaduras por el sol,
- d) Exentos de olores y/o sabores extraños.

2.7.3. Temperatura y humedad relativa óptimas

El almacenamiento adecuado de pepino se da a temperaturas de 10-13°C y a una humedad relativa de 95%, por un período de 10 a 14 días, después de este tiempo pierde calidad visual y sensorial rápidamente, además se pueden presentar pudriciones, amarillamiento y causar deshidratación, especialmente después que los frutos se transfieren a las condiciones normales de venta. El almacenamiento por corto plazo o las temperaturas de tránsito inferiores al intervalo arriba indicado [tales como 7.2°C (45°F)] se usan comúnmente, pero pueden producir daño por frío después de 2 a 3 días (**Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad de California en Davis, 2013**).

Cuadro 3. Tasa de Respiración

Temperatura	10°C (50°F)	15°C (59°F)	20°C (68°F)	25°C (77°F)
mL CO ₂ /kg·hr	12-15	12-17	7-24	10-26

Fuente: Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad de California en Davis (2013)

La respiración varía ampliamente a temperaturas superiores a los 10°C debido a diferencias en estados de madurez o desarrollo. Los pepinos menos maduros tienen mayores tasas de respiración (**CAMAGRO, 2005**).

2.7.4. Tasa de Producción de Etileno

El pepino es clasificado como uno de los productos hortofrutícolas que tienen una baja producción de etileno: 0.1 - 1.0 µl / kg·h a 20° C (68° F).

2.8. Enfermedades que atacan el cultivo de pepino

1.- Oidiopsis

Es un parásito de desarrollo semi-interno y los conidióforos salen al exterior a través de los estomas. En Almería es importante en los cultivos de pimiento y tomate y se ha visto de forma esporádica en pepino.

2.-"Ceniza" u oidio de las cucurbitáceas

Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y peciolo e incluso frutos en ataques muy fuertes.

Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las malas hierbas y otros cultivos de cucurbitáceas, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad.

3.- Podredumbre gris

Parásito que ataca a un amplio número de especies vegetales, afectando a todos los cultivos hortícolas protegidos de Almería y que puede comportarse como parásito y saprofito.

En plántulas produce Damping-off. En hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos se produce una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido), en los que se observa el micelio gris del hongo.

4.- Podredumbre blanca

En planta produce una podredumbre blanda (no desprende mal olor) acuosa al principio que posteriormente se seca más o menos según la succulencia de los tejidos afectados, cubriéndose de un abundante micelio algodonoso blanco, observándose la presencia de numerosos esclerocios, blancos al principio y negros más tarde.

5.- Chancro gomoso del tallo

Los síntomas más frecuentes en melón, sandía y pepino son los de "chancro gomoso del tallo" que se caracterizan por una lesión beige en tallo, recubierta de picnidios y/o peritecas.

En cultivos de pepino y calabacín se producen ataques al fruto, que se caracterizan por estrangulamiento de la zona de la cicatriz estilar, que se recubre de picnidios. Puede transmitirse por semillas.

2.8.1. Virus

Afecta a especies de la familia Cucurbitaceae: calabacín, sandía y melón. Los síntomas en pepino son el Amarilleamiento Mosaico amarillo en las zonas internerviales, con los nervios de color verde normal, Reducción del crecimiento.

2.9. Fisiopatías

1.- Quemados de la zona apical del pepino

Se produce por "golpe de sol" o por excesiva transpiración.

2.- Rayado de los frutos

Rajas longitudinales de poca profundidad que cicatrizan pronto que se producen en épocas frías con cambios bruscos de humedad y temperatura entre el día y la noche.

3.-Curvado y estrechamiento de la punta de los frutos

El origen de esta alteración no está muy claro, aunque influyen diversos factores: abonado inadecuado, deficiencia hídrica, salinidad, sensibilidad de la variedad, trips, altas temperaturas, exceso de producción, etc.

4.- Aneblado de frutos

Se produce un aclareo de frutos de forma natural cuando están recién cuajados: los frutos amarillean, se arrugan y abortan. Se debe a una carga excesiva de frutos, déficit hídrico y de nutrientes.

5.-Amarilleo de frutos

Parte desde la cicatriz estilar y avanza progresivamente hasta ocupar gran parte de la piel del fruto. Las causas pueden ser: exceso de nitrógeno, falta de luz, exceso de potasio, conductividad muy alta en el suelo, fuertes deshidrataciones, etc.

2.10. Biofertilizantes

2.10.1. Generalidades y Funciones

Los biofertilizantes son productos elaborados con base en bacterias y hongos, que viven en asociación o simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, fijando el nitrógeno de la atmósfera; asimismo, contribuyen solubilizando nutrientes del suelo como fósforo, potasio y azufre, haciendo que estén más fácilmente disponibles para las plantas, para su desarrollo y producción. Estos productos biotecnológicos han probado su efectividad en diversos cultivos agrícolas en México, como maíz de temporal, chile, jitomate, cebolla, papa, entre otros. La fertilidad de los suelos está relacionada con dos elementos: la cantidad de nutrientes y la capacidad de asimilación de los mismos por la planta. Pueden existir nutrientes abundantes en el suelo pero éstos pueden estar en formas que no son fácilmente asimilables por las plantas. En este caso hay una función muy importante de los biofertilizantes que es precisamente hacer que los nutrientes que no están en una forma asimilable, sean aprovechables por las plantas **(SAGARPA, 2011)**.

En México, esta promisoriosa tecnología ha permitido desarrollar la fabricación de biofertilizantes por empresas privadas, instituciones de investigación y por los gobiernos de algunas entidades, ya que aparte de dar más viabilidad a la producción de granos, es una práctica no contaminante **(Terry, 2006)**. Tan sólo el INIFAP ha producido este año más de un millón de dosis de biofertilizantes para su aplicación en igual número de hectáreas; y tiene la meta de llegar a producir 2 millones anuales de dosis antes del año 2012 **(INIFAP-SAGARPA, 2011)**. Algunas funciones de los biofertilizantes se mencionan a continuación:

1. Fijadores de nitrógeno del medio ambiente para la alimentación de la planta.
2. Protectores de la planta ante microorganismos patógenos del suelo.
3. Estimulan el crecimiento del sistema radical de la planta.
4. Mejoradores y regeneradores del suelo.

5. Incrementan la solubilización y absorción de nutrientes, como el fósforo y zinc, que de otra forma no son de fácil asimilación por la planta.

6. Incrementan la tolerancia de la planta a estreses bióticos y abióticos como los causados por insectos, hongos, sequía, salinidad, etc.

La ventaja de utilizarlos es que llegan a aportar 20% del nitrógeno que requieren los cereales y hasta 70% de las necesidades en leguminosas; además, permiten que disminuya el uso de los fertilizantes minerales entre 20 y 40%, son de bajo costo y de fácil aplicación. Está demostrado que propician altos rendimientos en los cultivos cuando se combinan algunas cantidades de otros fertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes **(Fernández et al, 2006)**.

Los estudios con inoculantes microbianos han demostrado que algunos inoculantes como hongos micorrícicos arbusculares y rizobacterias puede mejorar la absorción de nutrientes en la planta y aumentar así la eficiencia en el uso de fertilizantes químicos y los abonos aplicados **(Kloepper y Adesemoye, 2011)**.

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal pueden mejorar la capacidad de absorción de nutrientes, favorecer la germinación de semillas **(Gúl et al, 2008)**.

Estimulan el crecimiento y el rendimiento de cultivos como pimiento y tomate y mejorar la calidad de fruto en su apariencia, textura, sabor y valor nutritivo **(Gúl et al, 2008)**.

El cultivo de pepino es uno de los más importantes a nivel mundial, México es uno de los más rentables con un valor promedio de la producción de 1331.6 millones de pesos; no obstante, este cultivo demanda alta cantidad de fertilizantes **(Mohammadi y Omid, 2010)**.

2.10.2. Microorganismos en el suelo

Los microorganismos son un componente esencial e importante de la biomasa viviente del suelo. Ellos juegan un papel clave en los ciclos biogeoquímicos y tienen un gran potencial para el uso agrícola y protección

del medio ambiente, Sin embargo, el uso actual de los microorganismos en la agricultura se mantiene en un nivel bajo a pesar de la importante inversión en el trabajo científico para comprender y utilizar los recursos naturales microbianos y para mejorar el crecimiento vegetal y la salud **(Dobbelaere et al, 2007)** La mayoría de ellos tienen la capacidad de colonizar y establecer una relación permanente con las plantas que producen el aumento de la biomasa, el crecimiento de raíces y el rendimiento comercial. Por lo general son llamados PGPR por sus siglas en inglés (Plant Growth Promoting Rizobacters), los cuales estimulan el crecimiento vegetal, o también se conocen generalmente en español como: bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) **(Dobbelaere et al, 2007)**.

2.10.3. Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias fijadoras de nitrógeno que se desarrollan de forma natural en el suelo, se conocen desde hace más de un siglo. Representan un biofertilizante ecológico y se dividen en dos grandes grupos: Las simbióticas, específicas de las leguminosas, como el *Rhizobium*, y las libres, que viven en el suelo y no necesitan la planta para su reproducción, como el *Azotobacter* y el *Azospirillum*, entre los más importantes en agricultura **(Dobbelaere et al, 2007)**.

2.11. Fosfitos de potasio

Los Fosfitos potásicos al actuar en ambas vías, floema y xilema, enriquece la savia descendente proporcionando energía extra para superar situaciones de estrés. **(Thao y Yamakawa, 2009)**.

Los fosfitos son sales en la que se combinan iones del ácido fosforoso (H_3PO_3) con Ca^{+2} o K^+ , que pueden actuar como fungicida, fertilizante o bioestimulante, según la especie y condiciones de uso **(Thao y Yamakawa, 2009)**. Son rápidamente degradados, de muy baja toxicidad y pueden actuar sinérgicamente con fungicidas de síntesis **(Cooley, 2009)**.

Su acción está referida como fertilizante, bio-estimulante, inductor de resistencia y en algunos casos, como fungicida tanto en cultivos extensivos como intensivos.

2.11.1. Propiedades agronómicas de los fosfitos

- Rápida Absorción. Excelente movilidad por xilema y floema (Movilidad Ascendente y Descendente)
- Impacta positivamente en la formación de flores, frutos y raíces Importante en soja
- Induce al aumento de las defensas de las plantas contra patógenos
- Alta estabilidad metabólica en planta
- Compatible con el medio ambiente (es relativamente económico e inocuo ambientalmente para los animales y las plantas).

Los fosfitos no pueden ser directamente utilizados como la única fuente nutricional de fósforo, es una fuente muy pobre de P en comparación con los fertilizantes fosforados.

También se presentan efectos nocivos cuando se aplica fosfito bajo condiciones deficientes de fosfato en las plantas, y cuando el fosfito es aplicado a condiciones equivalentes a dosis de fertilizantes fosfatados. En estos casos, el rendimiento es menor. Por eso se piensa que no puede ser utilizado directamente por las plantas como fertilizante. La conversión de fosfito a fosfato es muy lenta.

2.11.2. Efecto de los fosfitos en poscosecha

Un estudio realizado en pos cosecha con Fosfitos afectó todos los índices de madurez de la fruta al finalizar los 10 días a 20 °C. La aplicación de Fosfitos tuvo efecto sobre el color, obteniéndose pulpa más verde en relación al Control. Asimismo, los valores de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y firmeza del fruto (FF) fueron significativamente mayores en los kiwis tratados con Fosfitos. Respecto a la firmeza, como

muchas frutas resultaron excesivamente blandas, su registro fue inferior al de menor lectura del equipo. El porcentaje de fruta “firme” fue significativamente mayor en las muestras tratadas con fosfitos respecto al control. La suma de las clases “firme” y “firmeza de consumo”, que representan fruta comercialmente aceptable, alcanzaron cerca del 70% en las muestras tratadas con Fosfitos, mientras que en el control no hubo registro de fruta firme y alrededor del 80% resultó excesivamente blanda. En este sentido, se ha reportado que la suplementación con K^+ incrementó la firmeza en kiwis (He et al, 2002) y en melones (Lester et al, 2010), en este último caso esto fue acompañado por incrementos en SST y en los contenidos de ácido ascórbico y pigmentos.

2.11.3. El impacto de los fosfitos

Los fosfitos inducen o activan sistemas de defensa que se ponen en funcionamiento cuando las plantas sufren ataques por patógenos o insectos.

Las plantas presentan un sistema de defensas contra los ataques de los patógenos. Los fosfitos estimulan esa defensa y por ellos se los llama inductores de la resistencia de las plantas. Entre las sustancias que actúan en la defensas están las fitoalexinas, y las proteínas relacionadas con la patogénesis (PRP). Las fitoalexinas (del griego phyton = planta y alexin = compuesto que repele) y las PRP (Glucanasas, Quitinasas y peroxidadas etc) son sustancias producidas por las células de la planta después de infecciones microbianas o fúngicas ayudando a limitar la dispersión del patógeno.

2.11.4. El impacto del nitrógeno

Uno de los Principales impactos que deben ser analizados en relación al nitrógeno, resulta de las diferencias entre el tipo de nutrición existente entre los patógenos. Los patógenos biotróficos (se nutre de tejido vivo) se estimulan con la mayor actividad metabólica y el retraso de la senescencia asociada a la fertilidad nitrogenada, mientras que los necrotróficos (extraen nutrientes de tejidos muertos) que prefieren tejidos pobres, o que deben

atacar con enzimas y toxinas a las células del hospedante, se encuentran menos favorecidos ante la presencia de altos niveles de nitrógeno **(Agrios, 2005)**.

2.11.5. Impacto del potasio y del cloruro de potasio

Probablemente el K^+ sea considerado como uno de los elementos que más influya en la relación hospedante-patógeno. La mayoría de los autores coinciden en que la fertilización con este elemento es la que más invariablemente hace disminuir la intensidad de las enfermedades en numerosos cultivos. El efecto del K^+ hace referencia a la estimulación de sustancias anti fúngicas dentro de la planta, al engrosamiento y fortalecimiento de la cutícula a modo de generar una mejor barrera física a la penetración de patógenos o vectores y a la promoción del crecimiento vegetal entre otros **(Couretot y Ferraris, 2007)**.

2.11.6. Impacto del fósforo

Su rol en el control de enfermedades es variable e inconsistente. Aunque generalmente muestra ser muy beneficioso en el control de enfermedades que afectan a las semillas, durante la germinación y estado de la plántula, donde un desarrollo vigoroso de la raíz permite el escape a las enfermedades **(Huber y Graham, 1999)**. Según varios investigadores, el P estaría también involucrado en el aumento de las defensas de las plantas (resistencia sistémica adquirida), cuando es agregado como fertilizante (fosfato) **(Reuveni et al, 1994)**.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica del trabajo experimental

Este trabajo de investigación se realizó en una casa sombra de 132 m² con malla negra antinsectos y techo color cristal, (30% sombreo) fabricada por NETAFIM) con una superficie de 132 m², situada en las instalaciones del Campo Experimental Agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas 25°27`37" de latitud norte, 100°58`6" longitud oeste y a una altitud de 1610 msnm.

3.2. Material genético

Se utilizó semilla híbrida de pepino (*Cucumis sativus L.*) de la empresa Seminis en una presentación en lata que contenía semilla del híbrido Dasher II más Poinsett 76. Las características de ambos son las siguientes:

Dasher II: Híbrido ginoico, vigoroso y productivo de excelente cuaje de flores. Fruto recto, verde oscuro, 20x6 cm, espinosidad media y peso alrededor de 350 g. Excelente rendimiento, resistente al virus del mosaico del pepino, *Pseudomonas psyringae pv, Lachrymans*, antracnosis raza 2, mildiu polvoso, mildiu algodonoso, *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo de 50-60 días de siembra a cosecha aproximadamente.

Poinsett 76: variedad moderadamente vigorosa y adaptable a diversas condiciones climáticas. Frutos monoicos, de dimensiones muy parecidas a Dasher II, de forma cilíndrica y color verde oscuro. Resistente a *Pseudomonas psyringae pv, Lachrymans* antracnosis raza 2, mildiu polvoso, mildiu algodonoso, *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo de 65 días de siembra a cosecha aproximadamente.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos aplicados en este trabajo de investigación fueron:

- 1.- Fertilización Biológica al 50% N, con una formulación de biofertilizante aportador de nitrógeno (*Azospirillum brasiliensis*, *Azotobacter spp*, *Bacillus spp*, *Acondicionadores orgánicos*.) + Fosfitos de Potasio.
- 2.- Fertilización Biológica al 50% N, con Azoton AA Plus (Complejo biofertilizante aportador de nitrógeno (*Azospirillum brasiliensis*, *Azotobacter spp*, *Bacillus spp*, *Acondicionadores orgánicos*.) Sin fosfitos de potasio.
- 3.- Fertilización Química al 100% (285-200-375) N-P-K + fosfitos de potasio.
- 4.- Fertilización Química al 100% (285-200-375) N-P-K Sin fosfitos de potasio.

La formulación biofertilizante y la de fosfitos de potasio fueron donadas gentilmente por las empresas Biofertilizantes Mexicanos S.A. de C.V. y COSMOCEL, S.A., DIVISIÓN AGRÍCOLA.

3.4. Metodología

3.4.1 Preparación del terreno.

Esta actividad consistió en el levantar las camas, se hizo de manera manual con el uso de azadones y picos.

3.4.2 Instalación de cintillas y acolchado plástico

La instalación del sistema de riego se realizó en la parte superior de la cama, utilizando cintillas (AQUA TRAXX), con goteros a 20 cm de distancia, con un gasto hidráulico de 1.01 litro por hora a una presión de 9 PSI; después de colocar la cintilla se procedió a instalar el acolchado plástico

con una película coextruída de color blanco-negro dejando la cara blanca sobre la parte superior de la cama de siembra.

3.4.3 Siembra

El día 9 de julio del 2013 se inocularon las semillas con el hongo micorrízico *G. intraradices* y *G. fasciculatum*, se procedió a realizar la siembra en seco y posteriormente se aplicó el riego.

3.4.4 Inoculaciones

A los 8 y 24 días después de la siembra, se procedió a realizar las inoculaciones en las plantas de pepino, las cuales consistieron en aplicar a través de la cintilla 7.92 ml de la solución que contenían *Azospirillum brasiliensis* y *Azotobacter spp.*

3.4.5 Aplicación de fosfitos de potasio

A los 35 Días después de la siembra se hace la primera aplicación foliar de fosfitos de potasio (Defense Ax), la cual consistió en colocar 64 ml/16 L de agua por medio de una mochila aspersora se aplicó con un intervalo de 10 días llegando a un total de 4 Aplicaciones.

3.4.6 Tutoreo

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejorando la aireación general de esta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.). Todo ello repercute en la producción final, calidad del fruto y control de

las enfermedades. Para la realización del tutoreo se utilizaron 6 metros de rafia de poliestireno que se enredó de un alambre localizado paralelo al surco, al cual se enredó verticalmente la planta, pudiendo así hacer más fácil su manejo.

La rafia se colocó en la parte basal del tallo y posteriormente se fue enredando en la planta conforme fue creciendo, cuidando de no pasar la rafia en las axilas porque es donde crecen los frutos. Cuando la planta llegó a la altura del alambre, se fue bajando para facilitar el desbrote y cosecha. Posteriormente la planta se deslizó 50 cm por debajo del alambre y se corrieron a la izquierda o derecha, acomodando el tallo en forma horizontal para evitar que este se rompiera.

3.4.7 Podas

Las podas en el cultivo de pepino, consistieron en eliminar los brotes laterales de la planta conforme esta iba creciendo, con la finalidad de manipular la planta a un solo tallo para hacer más fácil el manejo y aprovechar al máximo la intensidad lumínica que puede pasar a través de la casombra, esta actividad se realizó durante todo el ciclo del cultivo hasta llegar al último corte.

3.4.8 Deshoje

El deshoje que se realizó consistió en suprimir las hojas conforme se iban cosechando los pepinos. Esta labor se ejecutó durante todo el ciclo a partir de la etapa de fructificación por 4 días a la semana

3.4.9 Nutrición y riegos

Para la nutrición de las plantas se utilizaron fertilizantes como sulfato de amonio, fosfato monopotásico, cloruro de calcio, Poliquel, Ferti humus y nitrato de potasio que fueron suministrados a la planta a través del sistema de riego por goteo. El fertiriego se aplicó a las plantas tres veces por semana, la calendarización de los riegos se hizo siguiendo las lecturas reportadas por los tensiómetros (30-50 centibares), que era el momento considerado adecuado para aplicar los riegos, sin tener demasiada

humedad en el suelo que pudiera propiciar la incidencia de plagas y enfermedades y/o afectar la respiración del sistema radicular.

3.4.10 Manejo de plagas y enfermedades.

Para la prevención y control de plagas y enfermedades se utilizaron principalmente productos orgánicos, biológicos y químicos, con la finalidad de realizar un mejor control fitosanitario del cultivo, mismos que se presentan en el Cuadro 1.

Durante el ciclo del cultivo de pepino se tuvieron incidencias de plagas como pulgones (*Aphis gossypii*), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), y trips (*Frankiniella occidentalis*).

Para el control de pulgones y trips se utilizó el producto Imidacron, Endosulfan CE, que son insecticidas de amplio espectro. Para la mosquita blanca se utilizó el Pestilout que es un repelente insecticida orgánico.

Las enfermedades que se presentaron durante el ciclo fueron cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*), nematodos (*Meloidogyne* sp) y *Alternaria* sp. Para el control de la cenicilla se utilizó el producto Fungoxyl que es un biofungicida. Para *Alternaria* se manejó el producto Best Ultra F que es un fungicida orgánico a base de productos microbiológicos. Para el control de nematodos se aplicó el producto Nematron Plus que es un nematocida orgánico biológico.

Cuadro 4. Productos orgánico-biológicos e inorgánicos aplicados al cultivo de pepino durante el ciclo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.

PRODUCTO NOMBRE COMERCIAL	I.A	DOSIS
Imidacron (Insecticida agrícola Gránulos dispersables)	Imidacloprid: 1-(6-cloro-3-piridin-3-ilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-lidenamina	3.3 g / 16 L
Endosulfan CE (insecticida y/o acaricida con acción por contacto e ingestión.)	Endosulfan: 6,7,8,9,10,10-Hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-Hexahidro-6,9-metano-2,4,3-benzodioxatiepín-3-óxido Valor nominal 33.3%	12.5 ml/16 L
Pestil Out	Extracto de Neem 5.00% Oleorresinas de Capsicum spp 5.00% Extractos frescos de Allium spp 5.00% Ácidos grasos del tipo omega 1.00% Terpenos cítricos (d-limoneno) 10.00% Polipéptidos de origen marino 15.00%	26.4 ml/16 L
Fungoxyl	Metalaxil+Clorotalonil	5 gr./ 16 L
Best Ultra F	Bacillus subtilis, Bacillus liqueniforme, Lactobacilos, Pseudomonas spp, Azotobacter spp, Quitosan hidrolizado.	13.2 ml/16 L
Nematrol	Quitina y de extractos vegetales.	39.6 ml./16 L
(Defense Ax)	Fosforo (27%) Potasio (21.0%)	64 ml/16 L

3.4.11. Cosecha

La cosecha se realizó 1 vez por semana cortando los frutos que presentaban mayor madurez de corte (pepo con forma cilíndrica, uniforme y estrella apical marcada pero no amarilla. Se cortaron de forma manual por tratamientos se fueron separando e identificando, los pepinos que se cortaron fueron almacenados en un cuarto frío a una temperatura de **4°C** por una semana. Posteriormente de ahí se fueron tomando las muestras por tratamiento y por semana para medir las variables de interés, del primer corte transcurrieron cinco días para realizar el primer muestreo, durante el ciclo se realizaron cuatro cortes.

3.5 Variables evaluadas

Las variables de calidad del fruto que a continuación se muestran en el Cuadro 5 se evaluaron mediante el método destructivo, tomando 5 frutos por tratamiento para proceder a su evaluación en el laboratorio.

Cuadro 5. Variables evaluadas del cultivo de pepino en condiciones de casasonbra.

Variables	Actividad realizada
Firmeza	Se eliminó una parte de la superficie del a corteza del fruto para llegar a la pulpa, se coloca el penetrómetro Modelo FT 327; QA SUPPLIES utilizando un embolo de 8 mm, se oprime para penetrar el fruto reportando resultados en Kg/cm ³
°Brix	Con la ayuda de un refractómetro marca ATAGO manual debidamente calibrado, se colocó una gota del jugo del pepino, se tomó la lectura reportándolos en °Brix.
pH	Para esta variable se colocó el jugo del fruto en un crisol y con el medidor de pH se tomó la lectura
Pérdida de peso	Se midió en base a peso inicial y peso final del pepino.

3.5.1 Colecta de datos

Los datos se colectaron mediante la realización de 4 muestreos durante 20 días, el cual consistió en destruir 4 pepinos por tratamiento del experimento establecido para proceder a evaluar las variables antes mencionadas.

3.5.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para este trabajo fue mediante un ANVA con un diseño completamente al aza comparando las medias empleando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cada unidad experimental estuvo constituida por una cama de 5.5 metros de longitud, con una separación de .80 m entre camas. La siembra se realizó a una distancia entre plantas de 0.3 m. El experimento se conformó por 10 Camas teniendo un área total de 88 m² y cada cama representaba una unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento

Los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza para la fertilización convencional indican que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 18). Sin embargo se puede observar en la (Figura.2) donde se presenta una menor diferencia entre tratamientos fertilizados con fosfitos de potasio. Indica que los tratamientos con fertilización convencional sin la aplicación de fosfitos de potasio vía foliar tuvieron un rendimiento promedio por planta de 2.04 kg en comparación con los tratamientos que fueron fertilizados con fosfitos de potasio vía foliar que obtuvieron un rendimiento de 2.12 kg.

Para la fertilización biológica con fosfitos de potasio no se encontró una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 18). Pero se puede observar que los tratamientos T1 (TBC/PO3) y T2 (TBS/PO3) presenta una mayor estabilidad en cuanto a rendimiento al aplicar o no fosfitos de potasio (Figura2). Esto indica que el tratamiento con fertilización biológica con fosfitos de potasio tuvo un rendimiento promedio por planta de 2.27 kg en comparación con los tratamientos que fueron fertilizados sin fosfitos de potasio que obtuvieron un rendimiento de 2.32 kg.

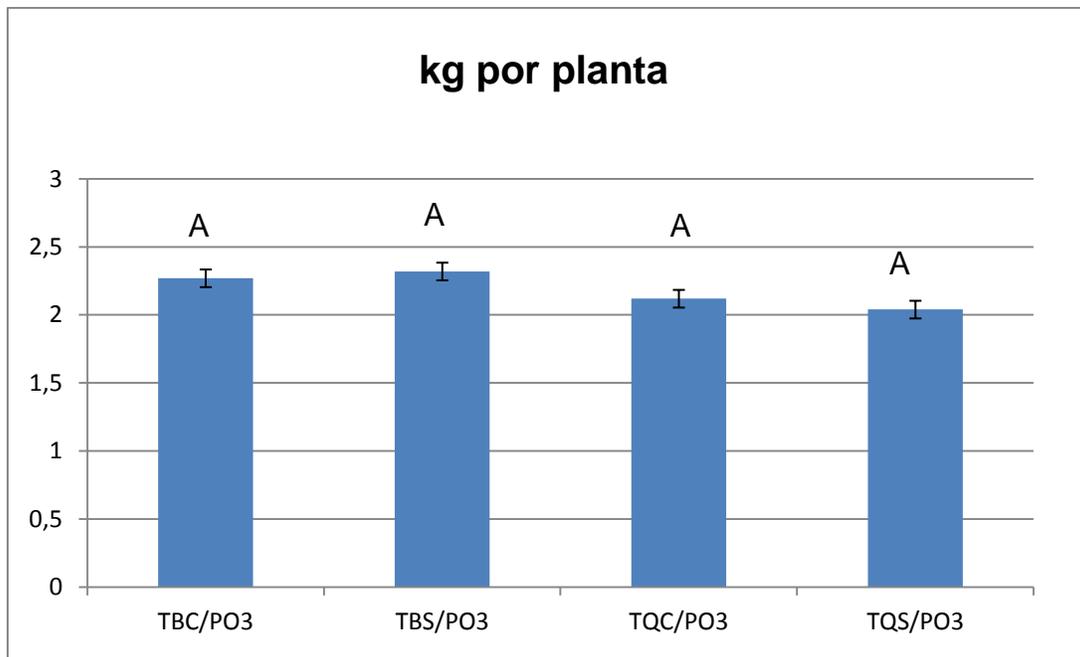


Figura 2. Rendimiento kg por planta en cultivo de pepino en condiciones de casa sombra, tratamiento biológico con fosfitos de potasio (TBC/PO3), tratamiento biológico sin fosfitos de potasio (TBS/PO3), tratamiento químico con fosfitos de potasio (TQC/PO2), tratamiento químico sin fosfitos de potasio (TQS/PO3).

Estudios realizados con la aplicación foliar de fosfitos de potasio donde en el primero se evaluó la respuesta a una sola aplicación foliar antes de la floración a naranjas valencia en Florida. Donde se observó que incrementó significativamente el número de flores, rendimiento 10 meses después de la aplicación, al compararlo con el testigo. En el segundo estudio en California igualmente con naranjas naval donde las aplicaciones foliares de fosfitos fueron en los meses de mayo y julio observándose una fruta de mayor valor comercial sin reducir el rendimiento total (**Albrigo, 1999**).

4.2. Pérdida de peso

Para esta variable se encontró que para los cuatro tratamientos en promedio para el día 5 la pérdida de peso fue de 5.8 %, mientras que para el día 10 se obtuvo un 10 %, y para el día 15 un 13.4 %, finalmente para el día 20 se obtuvo una mayor pérdida de peso de 16.3 % (Figura 3). No se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos en ningunos de los días (Cuadros 19 al 22) sin embargo se observa diferencia

entre el número de días siendo el ultimo día el que presenta mayor pérdida de peso.

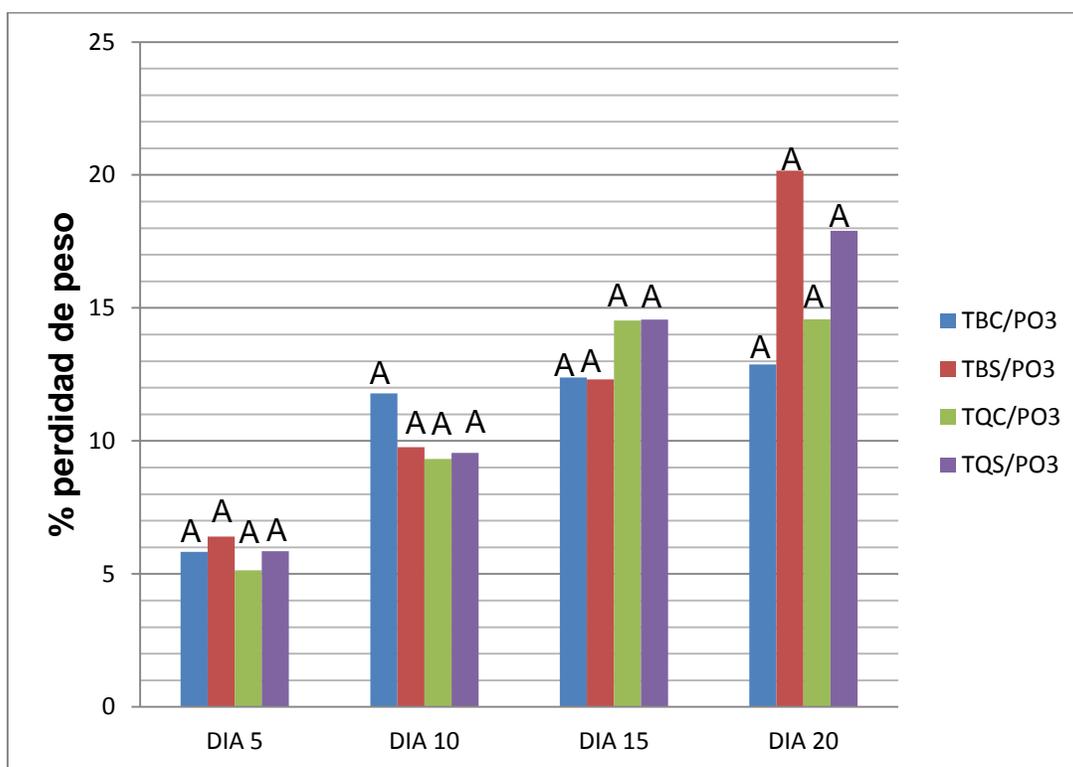


Figura 3. Pérdida de peso del fruto (%) del cultivo en pepino en condiciones de casa sombra, tratamiento biológico con fosfitos de potasio (TBC/PO3), tratamiento biológico sin fosfitos de potasio (TBS/PO3), tratamiento químico con fosfitos de potasio (TQC/PO2), tratamiento químico sin fosfitos de potasio (TQS/PO3).

Como se puede observar en la (figura 3) la aplicación de fosfitos de potasio en combinación con fertilización biológica T1 (TBC/PO3) mostró una mayor estabilidad para los días 10,15 y 20. Mostrando la mayor pérdida el T2 (TBS/PO3) con un promedio de 12.15 % esto se debió posiblemente a que la aplicación de fosfito de potasio fue aprovechada por el fruto dándole a este una mayor consistencia y vida de anaquel (**Rangel et al, 2010**).

Un estudio realizado para ver la calidad de poscosecha en pepino, se observó que los primeros síntomas de pérdida de calidad (marchitamiento,) se mostraron cuando los frutos alcanzaron un 6 % de pérdida de peso, lo cual ocurrió a los 6 días después de la cosecha. Así

mismo al recubrir los frutos de pepino con cera se observó que redujo la pérdida de peso en las distintas condiciones de almacenamiento, **(Rangel et al, 2010)**. Esto concuerda con los resultados obtenidos para el día 5 solo que aquí se observó que el tratamiento 3 (TQC/PO₂) presentó una menor pérdida de peso posiblemente se debió a que el potasio fue absorbido por el fruto dándole a este una mayor consistencia.

Mientras tanto la transpiración potencial del fruto de pepino es muy superior a la de los tomates. Se han observado una frecuencia de estomas de 20-30 por mm² en pepino **(Ho y Adams, 1994; Smith y Fleming, 1979)**, mientras que el tomate no muestra apenas presencia de estomas, menos de uno por mm² **(Willmer y Johnson, 1976)**. De esta manera, la contribución a través de los estomas, al proceso transpirativo en el fruto de tomate, es muy escasa, alcanzando, un fruto de tomate en su estado de máximo crecimiento relaciones de unos 0,7 g de agua por día **(Ho et al, 1987)**, mientras que un fruto de pepino de 400 g de peso, transpira unos 20 g de agua diarios **(Ho y Adams, 1994), (Alarcón ,2010)**.

4.3. Firmeza del fruto

Los resultados para la variable en determinación de firmeza muestran que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 16) sin embargo muestran las siguientes tendencias.

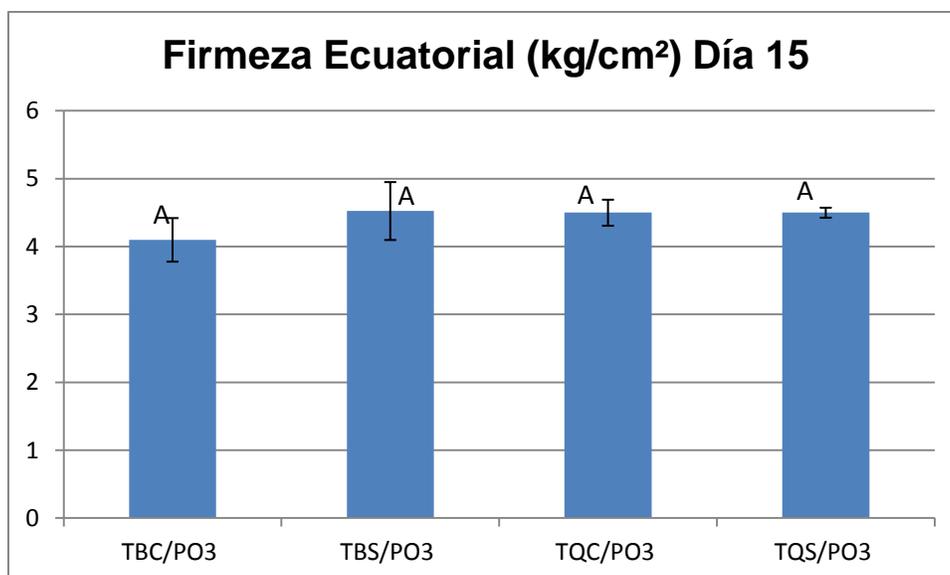


Figura 4. Firmeza de los frutos de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Los tratamientos con fertilización biológica y/o química con o sin fosfitos de potasio para el día 15 presentaron una similitud entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento 1 obtuvo valores menores con la fertilización biológica y con la aplicación de fosfitos de potasio (Figura 4).

Posiblemente, los fosfitos modifiquen algunas rutas metabólicas y/o produzcan cambios hormonales. Este efecto también podría estar asociado al K⁺ aportado durante las aplicaciones. **(Kumar, 2007)** reporta que al aplicar fosfitos de potasio en banano, dado que este elemento participa en la síntesis de carbohidratos y podría modificar el movimiento de azúcares y aminoácidos e intervenir en la tasa de acumulación de reservas **(Lester et al, 2010)**.

Los tratamientos con fertilización biológica y/o química con o sin fosfitos de potasio para el día 20 no presentaron diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 17). Se observa una mayor variabilidad entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento 3 obtuvo valores menores con la fertilización química con la aplicación de fosfitos de potasio.

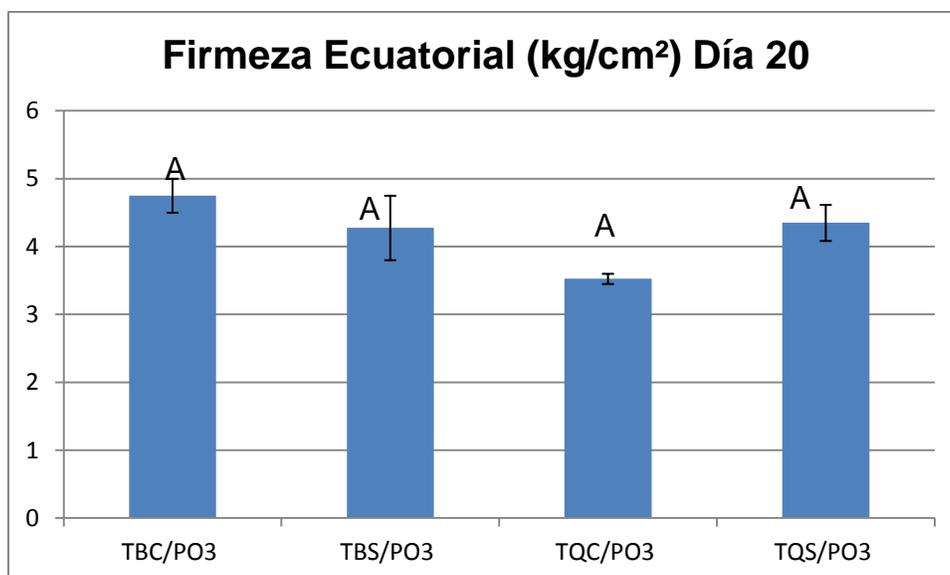


Figura 5. Firmeza de los frutos de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO3o S/PO3) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Se ha reportado que la suplementación con potasio incrementó la firmeza en kiwis (He et al, 2002).

4.4. Sólidos solubles totales (°Brix)

Los resultados para la variable en determinación de grados °Brix Sólidos solubles totales (SST) muestran que si hay una diferencia significativa entre los tratamientos.

Los grados °Brix (SST) medidos a los frutos, sí presentaron diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) para los días 10 y 15 (Cuadro 11 y 12). Numéricamente el tratamiento 4 (TQS/PO3) muestra el mayor contenido de °Brix con un valor de 4.2 °Brix, seguido por el tratamiento 1 (TBC/PO3) con un valor de 4 °Brix. El tratamientos más bajo fue el T3 (TQC/PO3) con un valor de 3.6 °Brix (Figura 6).

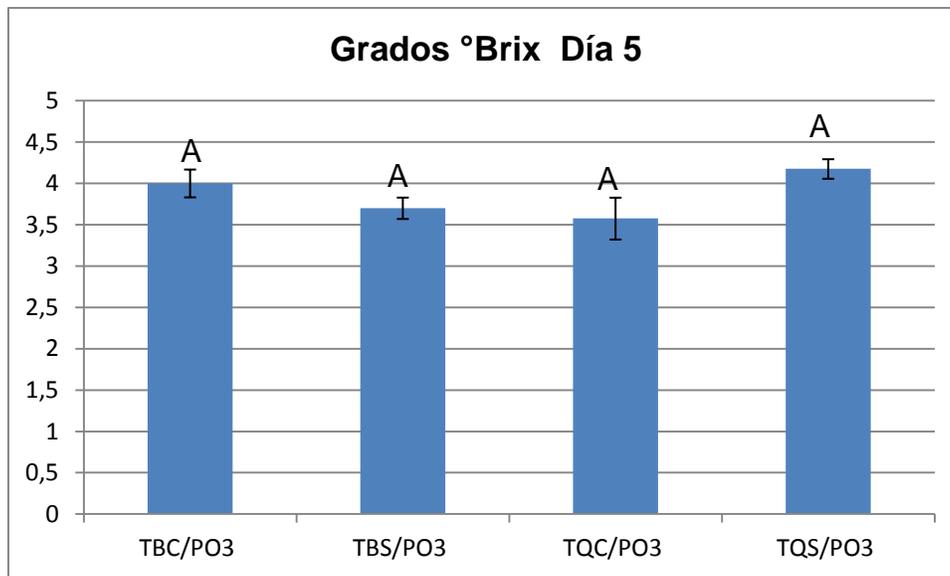


Figura 6. Grados °Brix del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 5 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

En cuanto al día 10 se observó que si hubo una diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 11), donde los tratamientos 1,3 y 4 se encontraron que tuvieron una mayor concentración de grados °Brix, obteniendo una mayor concentración en el tratamiento 4, siguiéndole con el tratamiento 3.

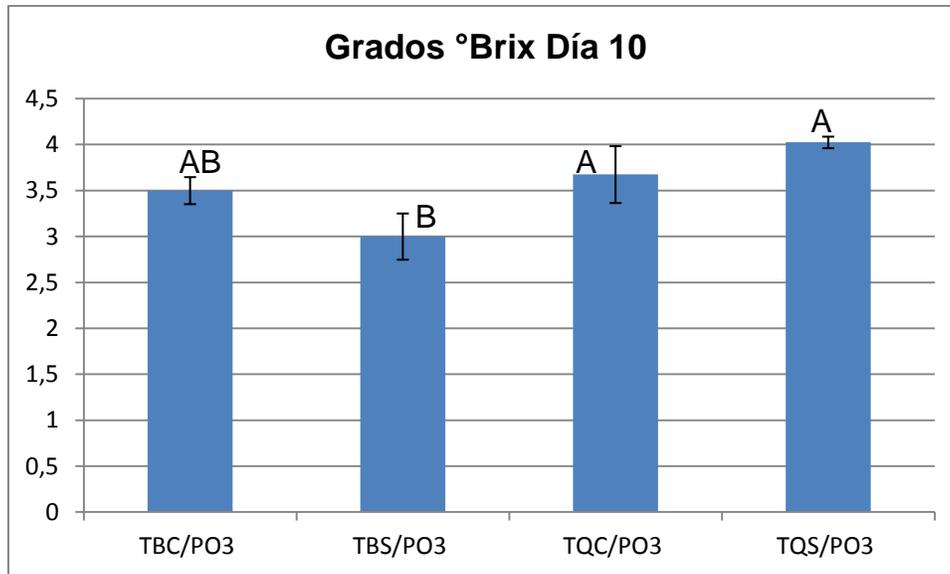


Figura 7. Grados °Brix del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 10 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Un estudio donde se reporta en cultivo de melón donde la aplicación de fosfitos de potasio dio como resultado un incremento en SST y en los contenidos de ácido ascórbico y pigmentos (**Lester et al, 2010**).

Al evaluar esta variable a día 15 se observó que si hubo una diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 12), donde los tratamientos 2 y 3 son los más sobresalientes. El tratamiento 4 fue el que mostró menor valor (Figura 8).

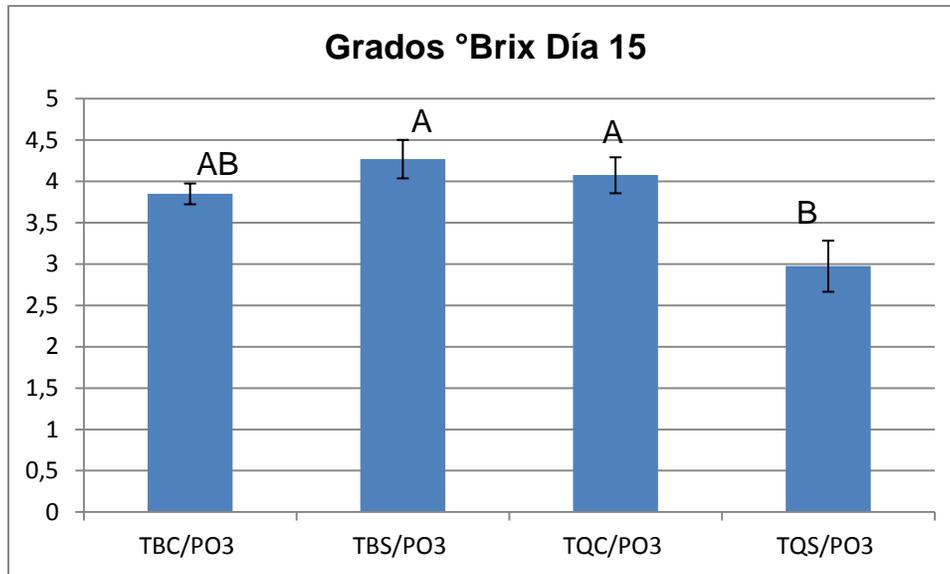


Figura 8. Grados °Brix del fruto de pepino evaluados procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO3o S/PO3) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

El K^+ es vital para lograr una buena acumulación de sólidos totales (azúcares) en frutos y tejidos de almacenamiento de las plantas. Al tener una buena asimilación de nutrientes en el suelo aunado con la fertilización de fosfitos de potasio vía foliar hace que el contenido de azúcares se mantenga más y por más tiempo en el fruto (**Lester et al, 2010**).

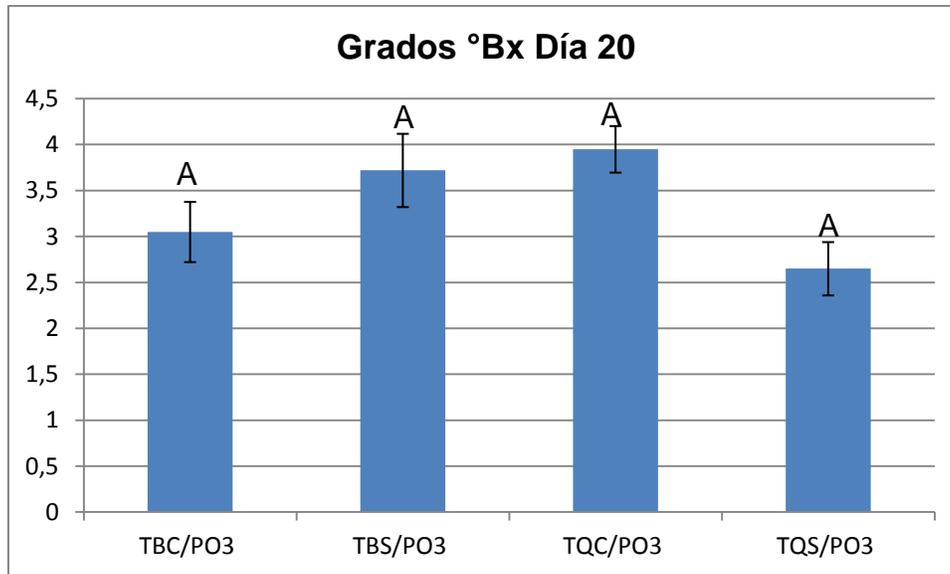


Figura 9. Grados °Brix del fruto de pepino evaluados procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO3o S/PO3) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Para el día 20 (Cuadro 13) estadísticamente no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo se observa en el tratamiento T3 (TQC/PO3) fue el que mejor resultado dio. En comparación con el tratamiento T4 (TQS/PO3) que fue el que menor valor tuvo.

4.5. pH de frutos

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de pH no se muestran diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 6). Sin embargo numéricamente para el día 5 el tratamiento T2 (TBS/PO3) (Figura 10) mostro un pH de 5.85 siendo este el valor más alto. El valor más bajo lo mostró el tratamiento T3 (TQC/PO3) con un valor de 5.55 (Figura 10).

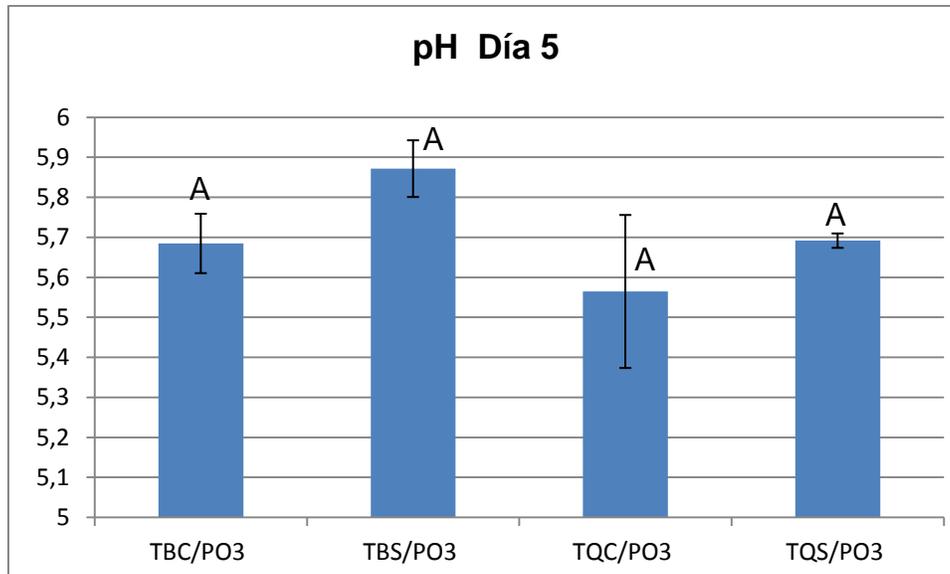


Figura 10. pH del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃ S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 5 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

En la (figura10) se puede observar que los tratamientos tanto fertilizados convencionalmente como biológicamente con la aplicación de fosfitos de potasio presentan una menor variabilidad en comparación con el resto de los tratamientos esto puede ser en consecuencia a la concentración de Grados °Brix para el día 5.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de pH para el día 10 no se muestran diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 7). Sin embargo numéricamente para el tratamiento T4 (TQS/PO₃) mostro un pH de 5.79 siendo este el valor más alto. El valor más bajo lo mostro el tratamiento T3 (TBS/PO₃) con un valor de 5.64 (Figura 11).

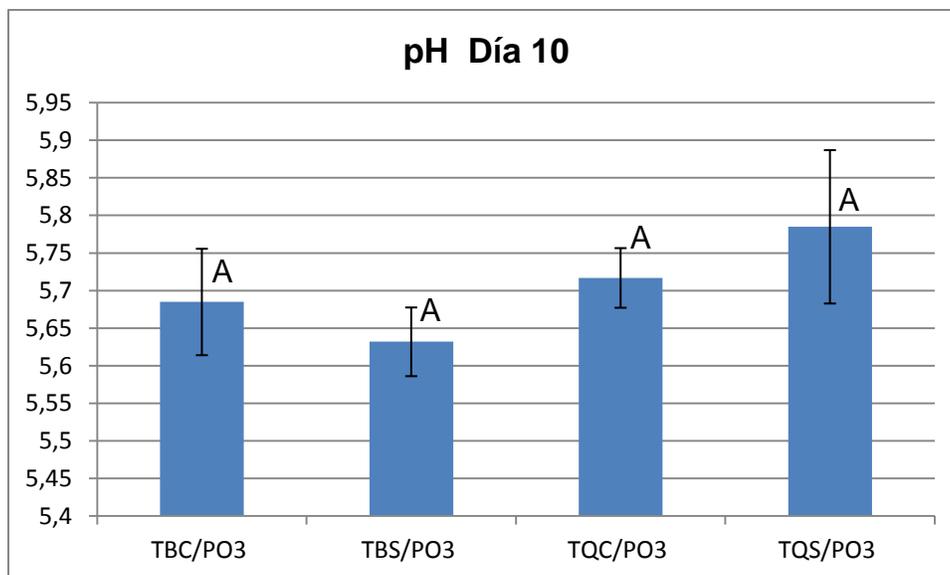


Figura 11. pH del fruto de pepino procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 10 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de pH para el día 15 no se muestran diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 8). Sin embargo numéricamente para el tratamiento T2 (TBS/PO₃) mostro un pH de 5.56 siendo este el valor más alto. El valor más bajo lo mostro el tratamiento T1 (TBC/PO₃) con un valor de 5.32 (Figura 12).

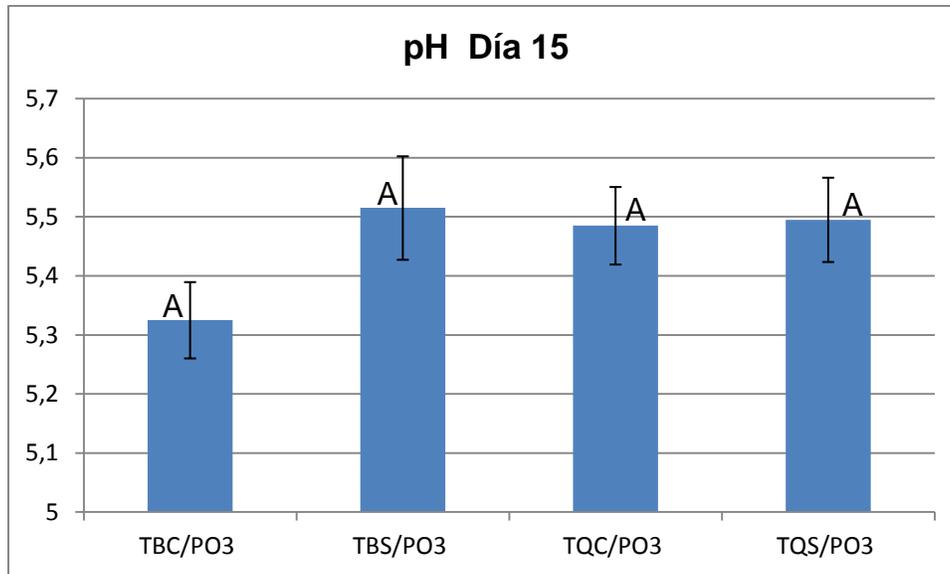


Figura 12. pH del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 15 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de pH para el día 20 no se muestran diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 9). Sin embargo numéricamente para el tratamiento T2 (TBS/PO₃) mostro un pH de 5.64 siendo este el valor más alto. El valor más bajo lo mostro el tratamiento T1 (TBC/PO₃) con un valor de 5.56 (Figura 13).

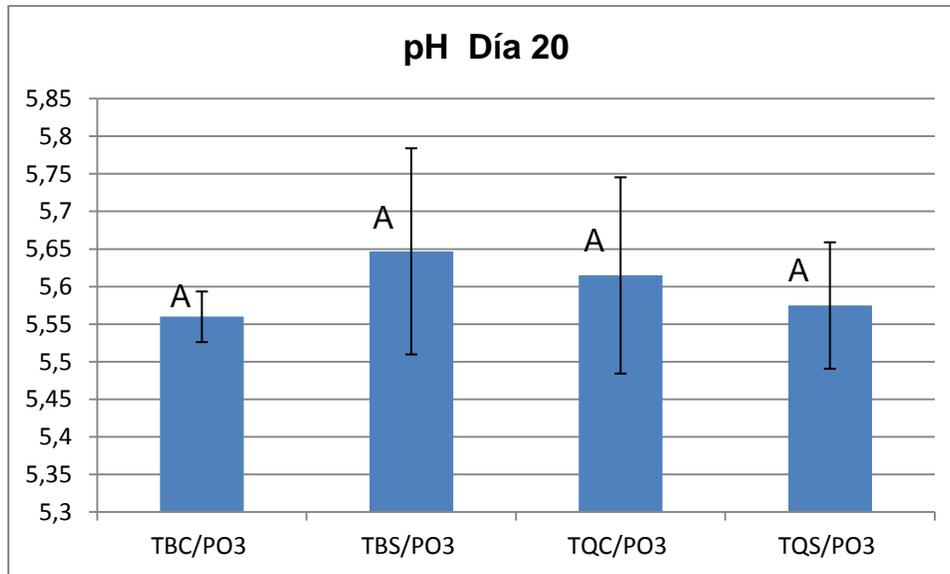


Figura 13. pH del fruto de pepino evaluada procedentes de las plantas tratadas con fertilización biológica (TB) y/o química (TQ) con o sin fosfitos (C/PO₃o S/PO₃) respectivamente de potasio aplicados vía foliar 20 días después de almacenar. Las barras de error indican el error estándar de la media.

Los resultados encontrados tienen una relación con el contenido °Brix encontrados en los frutos ya que a medida que avanza el estado de madurez la pulpa presente en los frutos inmaduros se convierte en azúcar mejorando las características organolépticas (Núñez et al, 2002) se nivela el crecimiento y ocurre un aumento gradual de los sólidos solubles totales (SST) junto con una rápida disminución de la acidez total (AT) presente en los frutos inmaduros (Davies y Albirgo, 1994).

V. CONCLUSIONES.

El cultivo de pepino respondió de una manera no tan favorable al uso de biofertilizantes en combinación con la aplicación foliar de fosfitos de potasio puesto no mostro resultados resaltantes. Sin embargo en algunas propiedades físicas y químicas si mostraron una diferencia significativa.

Durante la poscosecha, en el almacenamiento de pepino a temperatura ambiente la aplicación de fosfitos de potasio no marcó la diferencia significativa en la calidad respecto al contenido de sólidos solubles totales (SST), firmeza y pH. Sin embargo los frutos con fertilización biológica con y sin fosfitos de potasio mostraron una mayor firmeza para los días 15 y 20 en relación a la fertilización convencional, caso contrario para el contenido de SST donde los tratamientos de fertilización convencional con o sin la aplicación foliar de fosfitos de potasio presentaron una mayor concentración de SST. Finalmente para el fruto con tratamiento de fertilización biológica sin fosfitos de potasio se observa una mayor estabilidad en pH.

Además, la aplicación de la fertilización biológica con o sin fosfitos de potasio favoreció positivamente en la disminución de pérdida de peso.

De acuerdo a los resultados, podemos sugerir que la fertilización biológica con aplicación foliar de fosfitos de potasio tiene el potencial de mejorar la calidad y rendimiento del cultivo de pepino durante su almacenamiento, como también puede contribuir a darle a la planta una mayor resistencia contra enfermedades fúngicas, además de ser una alternativa amigable con el medio ambiente.

VI. Literatura citada

Abbod, J. K; y Lösel, D. M. 2003. Cambios en la composición de carbohidratos de hojas de pepino durante el desarrollo de la infección por moho polvoriento 52:256-265. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.3 no.2 Texcoco mar./abr. 2012.

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology (5th Edition). Elsevier-Academic, San Diego, CA. 922 pp.

AgroNet. Los Mochis, Sinaloa, Mexico [en línea] <http://www.agronet.com.mx>, consulta: 2005

AgroNet, 2005. Plantas en un futuro: *Cucumis sativus*; Plants for a Future: Cucumis sativus. Devon, UK [en línea] http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Cucumis+sativus&CAN=LATIND.

Albrigo, L. C. 1999. Efectos de las aplicaciones foliares de urea o Nutriphite en floración y rendimientos de Valencia Naranjos. Proc. Fla. State Hort. Soc 112: 1-4.

Alarcón A. L. 2010. Bases prácticas para optimizar la asimilación del calcio. Dpto. Ciencia y Tecnología Agraria. Área Edafología y Química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. MURCIA, Sustainable Agro Solutions S.A. LLEIDA

Bravo Ambrocio S. 2013. Paquete tecnológico de Pepino, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. (En Línea) <http://es.slideshare.net/josecito91/cultivo-de-pepino-29191910>

CAMAGRO, 2005. Manual de manejo de postcosecha de Hortalizas. (En Línea) <http://es.scribd.com/doc/99704161/CAMAGRO-Manual-de-Manejo-Postcosecha-de-Hortalizas#scribd>.

Couretot L., y Ferraris G. 2007. Nuevas estrategias de producción para alcanzar los rendimientos potenciales en Soja. Uso de cloruro de potasio en combinación con fungicidas. SOJA CAMPAÑA 2006-07.

Cooley, D. R. 2009. Chapter 8: Biorational approaches to disease management in apple. p. 214-252. Biorational tree-fruit pest management. Aluja, M., Leskey, T.C. and Vincent, C. (eds.). CAB Int., UK.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J.; y Okon Y. 2007. Efectos de diazótrofes en la rizosfera de plantas que promueven el crecimiento. *Critical Reviews Ciencias de las Plantas*, 22 (2): 107-149.

Dolores R. M. 2003. Condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) predicen calidad y vida de anaquel en hortalizas. Conferencia. Fundación Produce Sinaloa.

Davies, F; y G. Albrigo. 1994. Citricos. 254 p. CAB Internacional, Wallingford, Reino Unido.

Fernández, F; J. M; y Rodríguez, P. 2006. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrícicos a base de *Glomus hoi-like* en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill. var Amalia*). *Cultivos Tropicales* 27(3): 25-30.

González, M. N.; Martínez, C. B. y Infante, M. D. 2010. Mildiu polvoriento en las cucurbitáceas. *Rev. Protec. Veg.* 25:44-50. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.3 no.2 Texcoco mar./abr. 2012.

Gül A, F Kidoglu, Y Tüzel, H Tüzel (2008) Efectos de la nutrición y *Bacillus amyloliquefaciens* en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) creciendo en perlita. español *J. Agric. Res.* 6:422-429. *Rev. fitotec. mex* 36: no.1 Chapingo ene./mar. 2013

Héctor Casilimas, 2012. Carlos R. Bojacá, Oscar Monsalve, , Rodrigo Gil, Edwin Villagrán, Luis Alejandro Arias, Luz Stella Fuentes. Manual de Producción de Pepino Bajo Invernadero, Pag. 47-61.

He, Z. J., Zhang, G .L., Zhang, G. W., Ma, L. y Tong, Y. 2002. Efecto de la aplicación de la potasa en la salida y la calidad de los kiwis en el área de loess. *J. Frutas Sci.* 19:163–166.

Hortoinfo, 2010, Diario digital de Actualización Hortofrutícola, (En Línea) <http://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/331-cultivo-del-pepino>.

Ho, L. C. y Adams, P. 1994. La base fisiológica para alta rendimiento de la fruta y la susceptibilidad a la deficiencia de calcio en el tomate y el pepino. *Revista de Ciencias Hortícolas*. 69(2): 367-376.

Huber, D. M., Graham, R. D. 1999. El papel de la nutrición en la resistencia de los cultivos y la tolerancia a las enfermedades. En: Rangel, Z. (Ed). *Nutrición Mineral de cultivos: los mecanismos fundamentales y las implicaciones*. Nueva York: food products press. Pp. 169-204.

Infoagro, 2011. El cultivo de pepino [En línea]. [www.infoagro.com Pepino \ guías para producir \ pepino archivos html\pepino.htm](http://www.infoagro.com/Pepino/guías%20para%20producir/pepino%20archivos/html/pepino.htm).

Intagri 2012. (En Línea) <http://www.intagri.com.mx/Produccion-de-pepino-bajo-cubierta.html>.

Kloepper, J. W. Adesemoye, A. O. y 2009. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 85: 1-12.

Koike, S. T. 2007. El oídio, causada por *Leveillula Taurica*, en amapola matilija en California. 91:329. *Rev. Protec. Veg.* 25:44-50. *Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.3 no.2 Texcoco mar./abr.* 2012.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), 2011. (En línea) http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Estima_Exp_Edo.pdf.

Kumar, R. A. y Kumar, N. 2007. Sulfato de efectos de pulverización foliar de potasio sobre el rendimiento, la calidad y la vida poscosecha de plátano. *mejores cosechas* 91(2):22-24.

Lovatt, C. J. y Mikkelsen, L. R. 2006. Fertilizante fosfito: ¿qué son? Puedes usarlos? ¿Qué pueden hacer? *Mejores cosechas*. 4:11-13. *Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.3 no.2 Texcoco mar./abr.* 2012.

Lester, G. E., Jifon, J. L. y Makus, D. J. 2010. Impacto de la nutrición de potasio en la calidad postcosecha de frutas: melón (*Cucumis melo* L) estudio de caso. *Planta de Suelos* 335:117–131.

Meneses M. I., Vásquez H. A., Zetina L. R. y Duran P. A., (2009). abonos orgánicos, micorrizas y pseudomonas 2709 inifap en pepino bajo condiciones de casa sombra en Veracruz, *Revista Biológica Agropecuaria Tuxpan*.

Mohammadi G. R. y Omid M., 2010. Análisis económico y la relación entre los insumos de energía y el rendimiento de la producción de pepino de invernadero en Irán. *Applied Energy* 87: 191-196.

Moor, U., P. Poldma, T. Tonutare, K. Karp, M. Starast, and E. Vool. 2009 Efecto de la fertilización fosfatada en el crecimiento, el rendimiento y la composición de la fruta de las fresas.. *Sci Horti*. 119:264-269.

Rangel M. D., Siller-Cepeda, J., García-Estada, R., Osuna-Enciso, T., 2010. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha en frutos de pepino de mesa y mango, *CIAD, A.C. Unidad Culiacán.J. University of Georgia*.

Núñez, R., B. Miller y F. Lindzey. 2002. *Revista de la Facultad de Agronomía* 1996 13:2 246p.

Mármol Reche José, 2011. Cultivo del pepino en Invernadero, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/cultivo_del_pepino_en_invernadero._primeras_p%C3%A1ginas_tcm7-213611.pdf

Reuveni, M.; Agapov, V. y Reuveni, R. 1994. Protección sistémica inducida al oidio en pepino por fosfato y potasio fertilizantes: efectos de la concentración de inóculo y el tratamiento después de la inoculación. *Plant Pathol. Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.3 no.2 Texcoco mar./abr. 2012. 17:247-251.

Rickard, D. A. 2000. Revisión de ácido fosfórico y sus sales como materiales fertilizantes. *J. Plant Nutr.* 23: 161-180. FOSITOS EN LA PRODUCCION DE FRESA, Colegio de postgraduados.

Schapendonk, A. H. C. M., H. Y. Xu, P.E.L.V.D. Putten y J. H. J. Spiertz, Wang, X., J. Cai, D. Jiang, F. Liu, T. Dai y W. Cao, 2011. 2007. Efecto de fertilizantes nitrogenados en el crecimiento de la raíz y endógeno Hormonas en fresa. *Pedosphere* 1:86-95.

Semillaria, 2010. (En línea) <http://semillaria.es/index.php/libros-y-articulos/libros/2792-libros-recomendados,-cultivos-pepino/301-taxonomia>.

Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Avances de siembras y cosechas, año agrícola 2009. Online: <http://www.sagarpa.gob.mx> (consulta 20 de noviembre de 2010).

Smith, K. R. y Fleming, H. P. 1979. La microscopía electrónica de barrido de la superficie de pepinillo fruta. Revista de la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas. 104: 528-533.

Terry, E.; Leyva, A. 2006. Evaluación agrobiológica de la inoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense 30(1): 65-73.

Thao, H. T. B.; Yamakawa, T.; Shibata, k. 2009 Efecto de la interacción con fosfato fosfato en el crecimiento y la calidad de la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa*). Diario de Nutrición y Ciencia Del Suelo 172: 378-384.

TRADECORP, 2013. Nutri-performance, Hortalizas, Cultivo de pepino (En línea) <http://www.tradecorp.com.mx/tradecorp/cultivos/hortalizas/pepino/>

TRADEMAP,2010.<http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/inteligencia-mercado-pepino.pdf>

Trevor V. Suslow y Marita Cantwell (1997) Department of Plant Sciences, University of California, Davis, Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Pepino_796/

Virgen, G., C. 2013. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Cursos online INTAGRI.

Walter W. M, D. G. Epley, R. F. McFeeters (2000) Efecto del estrés hídrico en los pepinos de de capado almacenados J. Agric. Food Chem. 38:2185-2191.

Willmer, C. M. & Johnston, W. R. 1976. Asimilación de dióxido de carbono en algunos órganos de las plantas aéreas y tejidos. Planta. 130: 33-37.

Apéndice

Cuadro 6. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 5.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.21005000	0.03500833	0.57	0.7451
Error	9	0.55172500	0.06130278		
Total correcto	15	0.76177500			

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 10.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.07695000	0.0128250	0.57	0.7426
Error	9	0.20085000	0.02231667		
Total correcto	15	0.27780000			

Cuadro 8. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 15.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.14155000	0.02359167	1.03	0.4628
Error	9	0.20545000	0.02282778		
Total correcto	15				

Cuadro 9. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable pH del fruto en pepino para el día 20.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.29168750	0.04861458	1.71	0.2251
Error	9	0.25580625	0.02842292		
Total correcto	15	0.54749375			

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 5.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	1.63000000	0.27166667	3.27	0.0543
Error	9	0.74750000	0.08305556		
Total correcto	15	2.37750000			

Cuadro 11. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 10.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	3.09500000	0.51583333	3.56	0.0434
Error	9	1.30500000	0.14500000		
Total correcto	15	4.40000000			

Cuadro 12. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 15.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	4.60375000	0.76729167	3.66	0.0400
Error	9	1.88562500	0.20951389		
Total correcto	15	6.48937500			

Cuadro 13. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Grados Brix del fruto en pepino para el día 20.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	6.11875000	1.01979167	2.89	0.0746
Error	9	3.18062500	0.35340278		
Total correcto	15	9.29937500			

Cuadro 14. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 5.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.00843750	0.00140625	1.00	0.4799
Error	9	0.01265625	0.00140625		
Total correcto	15	0.02109375			

Cuadro 15. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 10.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	1.09250000	0.18208333	0.89	0.5414
Error	9	1.84687500	0.20520833		
Total correcto	15	2.93937500			

Cuadro 16. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 15.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	1.76500000	0.29416667	1.00	0.4822
Error	9	2.65937500	0.29548611		
Total correcto	15	4.42437500			

Cuadro 17. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Firmeza del fruto de pepino para el día 20.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	4.71875000	0.78645833	2.54	0.1009
Error	9	2.78625000	0.30958333		
Total correcto	15	7.50500000			

Cuadro 18. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Rendimiento del cultivo de pepino.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	7	714.097777	102.013968	1.57	0.2361
Error	12	781.824694	65.152058		
Total correcto	19	1495.922471			

Cuadro 19. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 5.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.17020000	0.02836667	0.74	0.6307
Error	9	0.34450000	0.03827778		
Total correcto	15	0.51470000			

Cuadro 20. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 10.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	0.54768750	0.09128125	1.03	0.4660
Error	9	0.79975625	0.08886181		
Total correcto	15	1.34744375			

Cuadro 21. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 15.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	1.71470000	0.28578333	0.63	0.7054
Error	9	4.09040000	0.45448889		
Total correcto	15	5.80510000			

Cuadro 22. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar para la variable Pérdida de peso del cultivo de pepino para el día 20.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr<F
Tratamiento	6	4.18193750	0.69698958	0.60	0.7234
Error	9	10.41130625	1.15681181		
Total correcto	15	14.59324375			

