

**Evaluación del Metam sodio y Metam potasio en
la desinfección de suelos infestados con
Fusarium sp. y *Meloidogyne* sp. en cultivo de
pimiento dulce (*Capsicum annuum*)**

**Pedro Ernesto Delgado Espinal
Josue Heriberto Ogando De Jesus**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación del Metam sodio y Metam potasio en
la desinfección de suelos infestados con
Fusarium sp. y *Meloidogyne sp.* en cultivo de
pimiento dulce (*Capsicum annuum*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Pedro Ernesto Delgado Espinal
Josue Heriberto Ogando De Jesus**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Evaluación del Metam sodio y Metam potasio en la desinfección de suelos infestados con *Fusarium* sp. y *Meloidogyne* sp. en cultivo de pimiento dulce (*Capsicum annuum*)

**Pedro Ernesto Delgado Espinal
Josue Heriberto Ogando De Jesus**

Resumen. Los nemátodos y los microorganismos patógenos del suelo son considerados plagas limitantes en la producción de pimiento a nivel mundial. El control de éstos es de vital importancia ya que en casos extremos pueden causar pérdidas de un 100% de la producción. Tradicionalmente el uso de agroquímicos es el método más utilizado para el control de plagas de suelo en la agricultura convencional, posterior a la eliminación del bromuro de metilo los químicos metam sodio y metam potasio han venido a reemplazarlo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de metam potasio a tres diferentes dosis y compararlos con metam sodio para la desinfección de suelos infestados con *Fusarium* sp. y *Meloidogyne* sp. en el cultivo de pimiento; y evaluar el efecto que estos tienen en el desarrollo del cultivo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 24 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron metam sodio a 700 L/ha, metam potasio a dosis 300, 700 y 1000 L/ha, un testigo relativo y un testigo absoluto. Se evaluaron las variables, densidad poblacional de nemátodos, concentración de microorganismo en el suelo, medición de biomasa y rendimiento. Con base a las variables medidas los tratamientos desinfectados con metam sodio a dosis de 700 L/ha y metam potasio 700 L/ha presentaron mejor desarrollo vegetativo. Entre las diferentes dosis de metam potasio evaluada, 700 L/ha presentó mejor control sobre las poblacionales de nemátodos y microorganismos. Al mismo tiempo, se obtuvo mejores resultados para las demás variables medidas.

Palabras claves: Eficiencia, microbiota, nemátodos, patógenos, población, suelo.

Abstract. Nematodes and soil pathogens are considered to be limiting pests in pepper production worldwide. Traditionally the use of agrochemicals is the most used method for the control of soil pests in conventional agriculture, after the elimination of methyl bromide, the chemical metam sodium and metam potassium have come to replace it. The objective of this study was to evaluate the effect of metam potassium using three different doses and compare them with metam sodium for the disinfection of soils infested with *Fusarium* sp. and *Meloidogyne* sp. in the cultivation of pepper; and evaluate the effect that these have on the development of the crop. A randomized complete block design with four repetitions and 24 experimental units was used. The treatments evaluated were metam sodium at 700 L/ha, metam potassium at doses 300, 700 and 1000 L/ha, a relative control and an absolute control. The variables were evaluated, population density of nematodes, concentration of microorganism in the soil, measurement of biomass and yield. Based on the variables measured, the treatments disinfected with metam sodium at a dose of 700 L/ha and metam potassium 700 L/ha presented a better vegetative development. Among the different doses of metam potassium evaluated, 700 L/ha presented better control over the populations of nematodes and microorganisms. At the same time, better results were obtained for the other variables measured.

Keywords: Efficiency, microbiota, nematodes, pathogens, population, soil.

CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas..... | ii |
| Resumen..... | iii |
| Contenido..... | iv |
| Índice de cuadros | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 3 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 7 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 13 |
| 5. RECOMENDACIONES..... | 14 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 15 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadros | Página |
|---|--------|
| 1. Aplicaciones de fungicidas e insecticidas realizadas..... | 4 |
| 2. Descripción de los tratamientos aplicados según las distintas unidades experimentales establecidas, Zamorano, Honduras, 2018..... | 5 |
| 3. Clasificación de frutos comerciales de pimiento dulce según la USDA..... | 6 |
| 4. Densidad poblacional promedio de nemátodos en 100 gramos de suelo por tratamiento a los 4 días antes de la desinfección, 26 y 73 días después de la desinfección. Zamorano, Honduras 2018..... | 8 |
| 5. Densidad poblacional promedio de UFC totales de microorganismos en 100 gramos de suelo por tratamiento a los 4 días antes de la desinfección, 26 y 73 días después de la desinfección, Zamorano, Honduras, 2018..... | 9 |
| 6. Peso promedio del follaje en plantas de pimiento para las semanas 4, 8 y 12 después del trasplante, Zamorano, Honduras, 2018..... | 10 |
| 7. Peso del sistema radicular promedio para cada tratamiento en la semana 4, 8 y 12 posterior al trasplante, Zamorano, Honduras, 2018..... | 11 |
| 8. Peso promedio de frutos para cada tratamiento en la semana 4, 8 y 12 posterior al trasplante, Zamorano, Honduras, 2018..... | 12 |
| 9. Rendimiento promedio del cultivo de pimiento de cada tratamiento, Zamorano, Honduras 2018..... | 12 |

1. INTRODUCCIÓN

La solanaceae es la familia botánica con mayor importancia económica a nivel mundial entre las hortalizas (FAO 2018). De esta familia el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el principal cultivo de exportación. La producción mundial de pimiento alcanza 33 millones de toneladas anualmente con un rendimiento promedio de 16 t/ha. Siendo China el principal productor (Arévalo 2015).

La producción de este cultivo en Honduras para el año 2016 fue de 17,000 t, presentando un incremento en la producción del 19% del año 2012 al 2016 (FAO 2018). El valle de Comayagua es donde se encuentran las principales explotaciones, esto debido a las excelentes condiciones climáticas, baja incidencia de enfermedades y logística de transporte hacia los puertos de embarque (USDA 2016).

Entre las plagas principales del pimiento se encuentran los nemátodos; siendo esta una plaga devastadora cuando se encuentra en altas densidades en el suelo, su control es difícil debido a la complejidad de su manejo (Gómez *et al.* 2009). *Meloidogyne* sp, es el principal género que ataca el pimiento, estos son endoparásitos de naturaleza polífago, atacan gran parte de los miembros de la familia solanácea. Provocan agallas en la raíz, obstruyendo la absorción de agua y nutrientes, ocasionando una deficiencia nutricional que se manifiesta con clorosis y enanismo en la planta. Las especies con mayor importancia de este género en hortalizas son *M. hapla*, *M. arenaria* y *M. javanica*, y principalmente *M. incógnita*, que es la especie que ataca con mayor severidad. Estas son especies sedentarias con una amplia gama de hospederos alternos, aumentan su población de manera acelerada en clima cálido, suelo arenoso y con alto contenido de humedad (Crespo Ibor 2015).

Entre las principales enfermedades en las hortalizas se encuentran las causadas por hongos, siendo *Fusarium* sp. uno de los más abundantes en el suelo. Este hongo puede llegar al campo por medio del agua, planta infectada, partículas de suelo, por el movimiento del hombre y herramientas. Penetra a la planta por las raíces desarrollándose en la xilema impidiendo el movimiento normal de agua y nutrientes provocando clorosis generalizada. El control de esta enfermedad se torna complejo debido a que sus síntomas son similares al de otros patógenos, al ser organismo con capacidad saprófita lo que le permite persistir en el suelo por varios años y puede alcanzar profundidades hasta de 80 cm haciendo ineficiente los fungicidas (Cabello *et al.* 1990).

El control de los problemas de plagas y enfermedades de suelo se han complicado desde la restricción del uso de bromuro de metilo como desinfectante de suelos, lo que ha incrementado el interés de buscar nuevas alternativas y productos para el tratamiento de los mismos (Crespo Ibor 2015). En la actualidad se utilizan distintos métodos para el manejo

de los patógenos en los suelos; entre los que se pueden mencionar la solarización, utilización de materiales genéticos resistente, rotación de cultivos, control biológico y uso de agroquímicos.

La desinfección de suelo se ha convertido en unos de los pilares principales de la producción agrícola. Dicha práctica es fundamental para mantener baja las poblaciones de plagas del suelo y a la vez reducir la incidencia de malezas que limitan los nutrientes para el cultivo (EASTMAN 2018). La desinfección química es la más utilizada en la agricultura debido a su practicidad y su eficacia; entre los desinfectantes químicos más comunes se encuentran: metam sodio y metam potasio.

El metam sodio y el metam potasio son productos desinfectantes de suelo de amplio espectro. Su efecto de control abarca a los nemátodos, hongos, malezas y algunos insectos en estadios específico (EASTMAN 2018). Los objetivos de este estudio fueron:

- Evaluar el efecto de metam potasio y metam sodio en la desinfección de suelos infestados con *Fusarium* sp. y *Meloidogyne* sp. en cultivo de pimiento dulce.
- Establecer la dosis óptima de metam potasio para el control de microorganismos y *Meloidogyne* sp.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

El estudio se estableció en una parcela del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicado en el Valle del río Yeguaré, 30 Km de Tegucigalpa, capital de Honduras, a 14° latitud norte, 87° latitud sur oeste, con una elevación de 800 msnm. Se llevó a cabo entre los meses de mayo a septiembre con una precipitación de 117.95 mm y temperatura promedio de 23.5 °C.

Área.

El área utilizada para realizar el experimento fue 252 m². La que fue dividida en cuatro bloques. Cada bloque con seis unidades experimentales de 6 metros de largo y 1.75 metros de ancho, para un total de 10.5 m² por unidad experimental con un borde de dos metros de ancho entre unidad experimental.

Preparación de plantas en semillero y trasplante.

Las semillas de pimiento fueron sembradas en los invernaderos de la sección de Producción de Plántulas, en bandejas de 200 celdas. Se utilizó peat moss como medio de crecimiento. En la etapa de semillero se aplicó riego manual dos veces al día. A los 36 días post-siembra se realizó el trasplante en campo, con distanciamiento entre planta de 0.30 m a doble hilera con un distanciamiento entre hileras de 0.40 m para establecer una densidad de 25 plantas por unidad experimental.

Preparación de suelo.

Se realizó de manera manual camas trapezoidales con un ancho en la base inferior de 0.60 m y un ancho superior de 0.50 m, con una altura de 0.30 m y 6 m de largo. El suelo en cada unidad experimental se cubrió con plástico mulch de 1 mm de grosor posterior a la instalación del sistema de riego.

Riego.

Se utilizó un sistema de riego por goteo colocando una cinta de marca Eurodrip® por cama, con un caudal de 1.1 L/h y un distanciamiento de 0.20 metros entre goteros. La frecuencia y volumen de riego fue de 0.72 m³/día, distribuido en una hora de riego diario. No se aplicó riego durante eventos de precipitaciones.

Tutorado.

Para el sostén y mejor manejo del cultivo se utilizó un tutorado tipo holandés a doble hilera, con un distanciamiento de tres metros entre estacas, 0.40 m entre hileras y una línea doble de cabuya a 0.30 m de altura una de otra.

Fertilización.

El plan de fertilización utilizado para el desarrollo del cultivo fue de 250 kg/ha de nitrógeno (N), 120 kg/ha de fósforo (P_2O_5), 100 kg/ha de potasio (K_2O) y 50 kg/ha de magnesio (Mg_2O). Distribuido en 20% pre-siembra y 80% distribuido en 30 aplicaciones durante el desarrollo del cultivo cada tres días. Las aplicaciones de fertilizantes se hicieron utilizando un sistema de inyección de Venturi de 125 L/h (MIC[®]).

Control de malezas.

Se realizaron dos aplicaciones de glifosato (Round up Ready[®] 36% LS) a una dosis de 6 L/ha, la primera a los 27 días antes del trasplante y la segunda a tres días antes del trasplante. Posterior a estas aplicaciones el control de malezas se realizó de forma manual cada dos semanas.

Control de plagas y enfermedades.

Las principales plagas observadas fueron: *Diabrotica* spp., *Bemisia* spp. y *Atta* spp. Las incidencias de enfermedades fueron bajas, se reportaron algunas plantas con virosis en la etapa final del cultivo. Se realizaron dos aplicaciones de Ditiocarbamato (Mancozeb 80% PM), y Deltametrina (Decis[®] 10 EC). Posteriormente se aplicó Azoxystrobin (Amistar[®] 50% WG) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aplicaciones de fungicidas e insecticidas realizadas.

| Productos | Dosis | Ingrediente activo |
|------------------------------|--------------|---------------------------|
| Mancozeb [®] 80% PM | 2.0 kg/ha | Ditiocarbamato |
| Decis [®] 10 EC | 0.2 L/ha | Deltametrina |
| Amistar [®] 50% WG | 0.5 L/ha | Azoxystrobin |

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, orientada oeste a este a lo largo del terreno, con seis tratamientos distribuidos al azar dentro de cada bloque.

Análisis estadístico.

Los datos se analizaron utilizando el Modelo Lineal Generalizado (GLM) del paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan con un nivel de significancia ($P \leq 0.05$).

Tratamientos.

En este estudio se evaluaron seis tratamientos incluyendo un testigo relativo y un testigo absoluto. Siendo T1 el testigo relativo, T2 testigo absoluto, T3 700 L/ha de metam sodio, T4 300 L/ha de metam potasio, T5 700 L/ha de metam potasio y T6 1000 L/ha de metam potasio. Antes de la desinfección se infestó el suelo con patógenos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos aplicados e inoculados con patógenos según las distintas unidades experimentales establecidas, Zamorano, Honduras, 2018.

| Tratamiento | Dosis de desinfectante (L/ha) | | Patógenos inoculados |
|------------------|----------------------------------|---------------|---|
| | Metam sodio | Metam potasio | |
| Testigo relativo | NA | NA | No se realizó ninguna inoculación de microorganismos y nemátodos. |
| Testigo Absoluto | NA | NA | <i>Fusarium</i> sp. (10^5 esporas por planta) + <i>Meloidogyne</i> sp. (2,000 nemátodos por planta). |
| 3 | 700 | NA | <i>Fusarium</i> sp. (10^5 esporas por planta) + <i>Meloidogyne</i> sp. (2,000 nemátodos por planta). |
| 4 | NA | 300 | <i>Fusarium</i> sp. (10^5 esporas por planta) + <i>Meloidogyne</i> sp. (2,000 nemátodos por planta). |
| 5 | NA | 700 | <i>Fusarium</i> sp. (10^5 esporas por planta) + <i>Meloidogyne</i> sp. (2,000 nemátodos por planta). |
| 6 | NA | 1000 | <i>Fusarium</i> sp. (10^5 esporas por planta) + <i>Meloidogyne</i> sp. (2,000 nemátodos por planta). |

NA: No aplicado.

Variables.

Densidad poblacional de *Meloidogyne* sp. y microorganismos.

Para determinar el efecto de los tratamientos la primera toma de muestras se tomó cuatro días previos a la desinfección, se obtuvieron dos muestras de suelo. Una de estas fue tomada de los tratamientos inoculados con nemátodos y otra tomada del testigo relativo (donde no se inoculó nemátodos). Ese procedimiento fue realizado de igual forma para la toma de muestra del *Fusarium* sp., para un total de cuatro muestras.

Se obtuvieron 36 muestras de suelo, de 150 g, 18 de estas muestras fueron utilizadas para determinar presencia de nemátodos y las otras 18 para determinar la población de microbios

del suelo. Las muestras fueron tomadas 23 días después de la desinfección, y la tercera 73 días después de la desinfección.

Peso radicular.

Se obtuvo al extraer cinco plantas al azar de cada unidad experimental en las cuatro repeticiones. Se lavó el suelo adherido a las raíces y se procedió a pesar las raíces por unidad experimental. Se realizó a las 4, 8 y 12 semanas después del trasplante.

Peso del follaje.

Se obtuvo al extraer cinco plantas al azar de cada unidad experimental en las cuatro repeticiones. Se separó la parte radicular, los frutos y se procedió a pesar la parte aérea de la planta por unidad experimental. Se realizó a las 4, 8 y 12 semanas después del trasplante.

Peso del fruto.

Se obtuvo al extraer cinco plantas al azar de cada unidad experimental en las cuatro repeticiones. Se separaron los frutos de las plantas y se procedió a pesar estos frutos por unidad experimental. Se realizó a las 4, 8 y 12 semanas después del trasplante.

Rendimiento y clasificación de los frutos.

Se realizaron tres cosechas, una cada diez días, iniciando 59 días después del trasplante. Los parámetros de clasificación de los frutos se hicieron según como lo estipula la USDA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de frutos comerciales de pimiento dulce según la USDA.

| Grado | Diámetro Mínimo (cm) | Largo Mínimo (cm) |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| “U.S Fancy” | 7.62 | 8.89 |
| “U.S. No. 1” | 6.35 | 6.35 |
| “U.S. No. 2” | Ninguno | Ninguno |

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el muestreo realizado cuatro días antes de la desinfección para las unidades experimentales que fueron inoculadas se encontraron una población de 1080 nemátodos en 100 gramos de suelo, en las unidades experimentales infestadas. Siendo estas estadísticamente mayor que la población de 220 nemátodos para el tratamiento testigo que no se inoculó ($P \leq 0.05$).

A los 26 días después de la desinfección, se observó que las poblaciones de nemátodos para los tratamientos metam sodio 700 L/ha, metam potasio 300 L/ha, metam potasio 700 L/ha y el testigo absoluto presentaron una disminución de 86, 85, 89 y 79% respectivamente; sin encontrar diferencias significativas entre ellos. Estos resultados se correlacionan con lo expuesto por Marín Rodulfo (2012) quien estableció que en suelo tratado con metam sodio y metam potasio en condiciones favorables de temperatura y humedad pueden alcanzar a reducir hasta de un 95% de la población de nemátodos. Se infiere que la disminución de la población en el testigo absoluto en 79% se debió a la cercanía entre las unidades experimentales; dicha suposición es reforzada por Peralta Osorio (2006) quien advierte que se debe establecer un borde de 10 metros entre parcelas para evitar la desinfección cruzada y/o fitotoxicidad en caso de que existan cultivos en parcelas colindantes. El tratamiento testigo absoluto presentó una población estadísticamente mayor que la del tratamiento metam potasio 1000 L/ha.

Al analizar las poblaciones de nemátodos a los 73 después de la desinfección se observó una reducción en la densidad poblacional de nemátodos en los tratamientos metam potasio a dosis de 300 L/ha, y 1000 L/ha, metam sodio a dosis de 700 L/ha y el testigo absoluto de 49, 57, 44, 31 y 51% en relación a la población existente a los 26 después de la desinfección respectivamente, no encontrándose diferencias significativas entre ellos. Al comparar los resultados del tratamiento metam potasio a dosis de 700 L/ha, (con una disminución de 57% en la población en relación a la población existente a los 26 después de la desinfección) con el testigo absoluto; se reportan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos. Según Carrasco *et al.* (2005) en suelo con textura francas y alta humedad se espera que el control de nemátodos sea más lento que en suelo con poca humedad y suelo con textura pesada, pero con un efecto más prologado debido a que el metil isocianato (gas producto de la descomposición del metam sodio y el metam potasio) tarda más tiempo en volatilizarse. La textura de suelo predominante en el área del experimento es franco arenoso y debido a las condiciones climáticas en el tiempo del experimento la humedad fue abundante; esto explica por qué continuó el descenso en la densidad poblacional de nemátodos.

En cuanto al testigo relativo se observa un comportamiento distinto al de los demás tratamientos, ya que este presenta una disminución a los 26 días después de la desinfección, esto tiene colusión con lo presentado por Julca *et al.* (2014) quienes afirman que la

población de nemátodos tiene una correlación directa con la fluctuación del agua en el suelo. Debido a que este tratamiento no se desinfectó, no se le aplicó riego en el tiempo de desinfección de los demás tratamientos. Esto pudo ser la razón por la cual se disminuyó la densidad poblacional de nemátodos. A los 73 días después de la desinfección la densidad poblacional aumentó un 266% este comportamiento se le atribuye a la humedad del terreno, ya que el cultivo estaba establecido y estaba recibiendo riego frecuente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad poblacional promedio de nemátodos en 100 gramos de suelo por tratamiento a los 4 días antes de la desinfección, 26 y 73 días después de la desinfección, Zamorano, Honduras 2018.

| Tratamientos | Nemátodos | | |
|------------------|--------------------|---------|---------|
| | -4 días | 26 días | 73 días |
| Testigo relativo | 220 b [‡] | 50 c | 183 a |
| Testigo absoluto | 1080 a | 226 a | 110 b |
| M-Na 700 L/ha | 1080 a | 153 abc | 106 b |
| M-K 300 L/ha | 1080 a | 161 ab | 82 bc |
| M-K 700 L/ha | 1080 a | 122 abc | 52 c |
| M-K 1000 L/ha | 1080 a | 111 bc | 62 bc |
| Pr>F | 0.00 | 0.047 | 0.00 |
| CV | 0.00 | 40.00 | 26.00 |
| R ² | 1.00 | 0.69 | 0.83 |

[‡]: Valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Población microbiana en el suelo.

En el muestreo realizado cuatro días antes de la desinfección se pudo observar que el testigo relativo el cual no fue inoculado con *Fusarium* sp. presentó una población significativamente ($P \leq 0.05$) más baja que el resto de los tratamientos que fueron inoculados con *Fusarium* sp.

Al comparar las poblaciones 26 días después de la desinfección con la población inicial se observó en el Cuadro 5 una reducción en los tratamientos metam sodio a dosis de 700 L/ha, metam potasio a dosis de 300 L/ha, 700 L/ha, 1000 L/ha, testigo relativo y testigo absoluto de 99.6, 99.5, 99.5, 99.6, 99.6% respectivamente de la población microbiana.

No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y los testigos. Se presume que estos resultados al igual que lo sucedido con la población de los nemátodos, se vio afectado por la cercanía de los tratamientos (Peralta Osorio 2006). De igual forma se prueba la efectividad de los desinfectantes, que lograron reducir hasta un 99% de la densidad microbiana (Marín Rodulfo 2012).

En el análisis realizado 73 días después de la desinfección se encontró que el testigo absoluto que fue inoculado con *Fusarium* sp. y no tratado con algún químico presentó estadísticamente mayor cantidad de microorganismos que los tratados con los químicos,

también se encontró que el tratamiento testigo que no fue inoculado presentó la misma cantidad de microorganismos que los tratados, lo que concuerda con Dixon y Tilston (2010) y corroborado por Vásquez Ramírez y Castaño Zapata (2017) quienes establecen que los microorganismos pueden llegar al campo mediante el agua, equipos agrícolas y herramientas infestadas por el hongo y a distancias largas, por medio de plantas enfermas o suelo adherido a ellas. Una vez el suelo es infestado, permanece allí indefinidamente hasta encontrar las condiciones apropiadas para propagarse. Esto explica porque el tratamiento que no fue inoculado presentó una densidad poblacional similar a los tratamientos inoculados; y a la vez explica porque todos los tratamientos aumentaron más de un 90% para la toma de muestra del de 73 días posterior a la desinfección (Guerrero *et al.* 2004).

Cuadro 5. Densidad poblacional promedio de UFC totales de microorganismos en 100 gramos de suelo por tratamiento a los 4 días antes de la desinfección, 26 y 73 días después de la desinfección, Zamorano, Honduras, 2018.

| Tratamientos | Microorganismos del suelo | | |
|------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | -4 | 26 | 73 |
| Testigo relativo | 7x10 ⁷ b [‡] | 4.5x10 ⁵ | 6.4x10 ⁷ a |
| Testigo absoluto | 1x10 ⁸ a | 3.6x10 ⁵ | 6.2x10 ⁸ b |
| M-Na 700 L/ha | 1x10 ⁸ a | 3.7x10 ⁵ | 1.4x10 ⁷ a |
| M-K 300 L/ha | 1x10 ⁸ a | 4.3x10 ⁵ | 6.5x10 ⁷ a |
| M-K 700 L/ha | 1x10 ⁸ a | 4.4x10 ⁵ | 3.2x10 ⁷ a |
| M-K 1000 L/ha | 1x10 ⁸ a | 3.4x10 ⁵ | 3.6x10 ⁷ a |
| CV | 24.00 | 25.00 | 25.00 |
| Pr>F | 0.00 | 0.07 | 0.01 |
| R ² | 0.82 | 0.80 | 0.68 |

[‡]: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan (P≤0.05).

Peso del follaje.

Los resultados muestran que al evaluar el peso del follaje en la semana 4 DDT los tratamientos testigos presentaron menor peso de follaje estadísticamente que los tratamientos químicos. En el Cuadro 6 se puede observar como el tratamiento metam sodio presentó pesos foliares mayores que el tratamiento metam potasio a 1000 L/ha. Los tratamientos metam Potasio a 300 y 700 L/ha presentaron los mismos pesos de follaje estadísticamente que el tratamiento metam sodio a 700 L/ha. Esto concuerda con lo presentado por Marín Rodulfo (2012) quien menciona que en suelo tratado con metam sodio y metam potasio, las plantas presentan mejor desarrollo que las plantas de los testigos. Aunque en el experimento se tuvo una influencia de los tratamientos hacia los testigos, esto no tuvieron un desarrollo óptimo debido a que fueron atacado por patógenos a inicios del cultivo.

Al comparar el tratamiento metam sodio 700 L/ha con el tratamiento metam potasio 1000 L/ha se observa que son diferente estadísticamente. Esto se relaciona con lo expuesto por Peralta Osorio (2006) quien advierte que a dosis muy voluminosas se corre el riesgo de que

el metil isotiocianato quede atrapado entre los coloides del suelo liberándose posteriormente causando fitotoxicidad en las plantas y en caso extremo hasta la muerte de las mismas.

Para el muestreo de la semana 8 DDT, se observa un comportamiento similar al de la semana 4 DDT esto debido al efecto del metam potasio y metam sodio, manteniendo estos una densidad poblacional de microorganismo controlada.

Al evaluar el peso del follaje en la semana 12 DDT el tratamiento testigo absoluto presentó menor peso de follaje que los tratamientos químicos significativamente a excepción de tratamiento metam potasio 1000 L/ha estos se corrobora con lo expuesto por Peralta Osorio (2006) quien comenta que en dosis muy voluminosa se puede ver afectado el desarrollo de las plantas.

Cuadro 6. Peso promedio del follaje en plantas de pimiento para las semanas 4, 8 y 12 después del trasplante, Zamorano, Honduras, 2018.

| Tratamientos | Peso del follaje (g) | | |
|------------------|----------------------|----------|-----------|
| | Semana 4 | Semana 8 | Semana 12 |
| Testigo relativo | 46.60 c [‡] | 90 c | 116 b |
| Testigo absoluto | 34.35 c | 79 c | 277 a |
| M-Na 700 L/ha | 111.10 a | 262 a | 271 a |
| M-K 300 L/ha | 89.60 ab | 214 ab | 217 a |
| M-K 700 L/ha | 88.10 ab | 221 ab | 279 a |
| M-K 1000 L/ha | 77.15 b | 176 b | 206 ab |
| CV | 24.00 | 25.00 | 25.00 |
| Pr>F | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| R ² | 0.82 | 0.80 | 0.68 |

[‡]: Valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Al evaluar el peso radicular en la semana 4 DDT el tratamiento testigo absoluto presentó menor peso estadísticamente en el sistema radicular que los tratamientos químicos. En el Cuadro 7 se puede observar que entre los tratamientos metam sodio a dosis de 700 L/ha metam potasio a 300, 700 y 1000 L/ha, no existen diferencias estadísticas (Marín Rodulfo 2012).

Para el muestreo de la semana 8 DDT, se observa que el tratamiento metam sodio 700 L/ha presentó ser mayor estadísticamente que los tratamientos metam potasio a 300 y 1000 L/ha y al testigo absoluto. Pero no se encontró una diferencia significativa entre metam sodio 700 L/ha y metam potasio 700 L/ha. Mostrando que estas son las dosis que más se favorecen el desarrollo radicular (Peralta Osorio 2006).

El testigo relativo para la semana 12 DDT, mostró un menor desarrollo estadísticamente que el resto de los tratamientos a excepción de tratamiento metam potasio a 1000 L/ha. Esto debido que al efecto negativo que tiene la alta concentración de metam potasio en el

crecimiento radicular y a que en el testigo relativo las condiciones de humedad y temperatura mejoraron para los patógenos aumentando estos la densidad poblacional.

Cuadro 7. Peso del sistema radicular promedio para cada tratamiento en la semana 4, 8 y 12 posterior al trasplante, Zamorano, Honduras, 2018.

| Tratamientos | Peso del sistema radicular (g) | | |
|------------------|--------------------------------|----------|-----------|
| | Semana 4 | Semana 8 | Semana 12 |
| Testigo relativo | 3 bc [‡] | 9 c | 27 b |
| Testigo absoluto | 2 c | 20 c | 51 a |
| M-Na 700 L/ha | 4 ab | 44 a | 58 a |
| M-K 300 L/ha | 4 ab | 25 b | 52 a |
| M-K 700 L/ha | 5 a | 33 ab | 55 a |
| M-K 1000 L/ha | 5 a | 27 b | 42 ab |
| CV | 25.00 | 33.00 | 21.00 |
| Pr>F | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| R ² | 0.72 | 0.73 | 0.60 |

[‡]: Valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Peso de frutos.

Para la semana 4 DDT los testigos presentaron estadísticamente menor peso de frutos que el resto de los tratamientos. Dichos resultados concuerdan con Gómez *et al.* (2010) quienes establecen que la producción en las hortalizas es más propensa a ser afectada negativamente en las primeras fases del cultivo por el ataque de patógenos en especial de *Meloidogone* spp., siendo la etapa del trasplante la más susceptible. Esto explica porque el ataque de los patógenos fue más evidente a inicio del cultivo. Para la semana 8 DDT se observaron resultados similares estadísticamente que los reportados en la semana 4 DDT (Cuadro 8).

Para la variable peso de frutos en los muestreos realizados en la 12 semana DDT, no se reportan diferencias significativas entre los tratamientos y los testigos. Siendo esto sustentado por Alera *et al.* (1985) quienes establecen que para cultivares de pimiento dulce tipo cubanella, por su resistencia y rusticidad se necesita altas densidades de nemátodos y microorganismos patógenos para que exista una baja significativa en la producción. Evaluando ellos poblaciones desde los 2,500 hasta los 80,000 nemátodos en 100 gramos de suelo, encontrando que no existe efecto adverso en el rendimiento en poblaciones inferiores a los 2,500 nemátodos (Gómez *et al.* 2010).

Cuadro 8. Peso promedio de frutos para cada tratamiento en la semana 4, 8 y 12 posterior al trasplante, Zamorano, Honduras, 2018.

| Tratamientos | Peso de frutos (g) | | |
|------------------|--------------------|----------|-----------|
| | Semana 4 | Semana 8 | Semana 12 |
| Testigo relativo | 47 c [‡] | 40 d | 268 |
| Testigo absoluto | 34 c | 105 c | 232 |
| M-Na 700 L/ha | 111 a | 322 a | 161 |
| M-K 300 L/ha | 90 ab | 238 b | 217 |
| M-K 700 L/ha | 88 ab | 291 ab | 171 |
| M-K 1000 L/ha | 77 b | 269 ab | 207 |
| CV | 25.00 | 17.00 | 51.00 |
| Pr>F | 0.00 | 0.00 | 0.40 |
| R ² | 0.75 | 0.93 | 0.39 |

[‡]: Valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Rendimiento.

Los resultados de este ensayo muestran que entre los diferentes tratamientos no reportaron diferencia significativa con respecto a las variables peso y clasificación de fruto a excepción del testigo relativo el cual estaba aislado de los demás tratamientos (Cuadro 9). Estos resultados se pueden atribuir a que los tratamientos no estaban aislados uno del otro, lo que pudo provocar una desinfección cruzada del testigo absoluto con los demás tratamientos (Peralta Osorio 2006). Otra posible razón por la que no se encontró diferencia en el rendimiento es debido a que la población de nemátodos era relativamente baja para ocasionar detrimento en la producción (Valera *et al.* 1985).

Cuadro 9. Rendimiento promedio del cultivo de pimiento de cada tratamiento, Zamorano, Honduras 2018.

| Tratamientos | Rendimiento promedio por hectárea (kg/ha) | | |
|------------------|---|-----------|-----------|
| | Cosecha 1 | Cosecha 2 | Cosecha 3 |
| Testigo relativo | 197 | 446 | 656 |
| Testigo absoluto | 878 | 1089 | 1392 |
| M-Na 700 L/ha | 802 | 962 | 931 |
| M-K 300 L/ha | 821 | 1187 | 1533 |
| M-K 700 L/ha | 430 | 740 | 920 |
| M-K 1000 L/ha | 565 | 1232 | 1330 |
| CV | 40.00 | 25.00 | 27.00 |
| Pr>F | 0.34 | 0.42 | 0.25 |
| R ² | 0.41 | 0.38 | 0.45 |

[‡]: Valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- El uso de metam sodio y metam potasio en las dosis usadas en este experimento tuvo un efecto positivo en la desinfección de suelos para el control de nemátodos *Meloidogyne* sp. y microorganismos patógenos de suelo.
- Entre las diferentes dosis de metam potasio evaluadas, 700 L/ha presentó mejor control sobre las poblaciones de nemátodos y microorganismos. Al mismo tiempo, se obtuvo un mejor resultado para las variables peso radicular, peso de follaje y peso del fruto.

5. RECOMENDACIONES

- Establecer nuevamente el experimento realizando conteos individuales por unidad experimental de nemátodos y microorganismos durante todos los muestreos.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de la desinfección de suelo con metam sodio y metam potasio.
- Evaluar el aporte de potasio y sodio de los productos metam potasio y metam sodio respectivamente.

6. LITERATURA CITADA

- Arévalo G. 2015. Determinación de la eficiencia de manejo de nutrientes y agua en tres variedades de pimiento de color (*Capsicum annum*) bajo hidroponía en condiciones de invernadero en Mulacagua, departamento de Comayagua, Honduras [tesis]. Universidad de Almería, España. 204p.
- Baudoin WO. 2002. El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo. Roma.: FAO (Food and Agriculture Organization); [consultado 2018 junio 14].
- Cabello T, Sáez E, Gómez V, Abad M, Belda J. 1990. Problemática fitosanitaria en cultivos hortícolas intensivos de Almería: Agrícola Vergel. Vol. 104: 640-647.
- Carrasco J, Riquelme S, Veras B. 2005. Alternativas de desinfección de suelo en la producción de tomates en invernaderos de Colín [internet]. Villa Alegre: Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). [consultado 2018 Julio 22]. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR35019.pdf>
- Crespo Ibor A. 2015. Utilización de marcadores moleculares para el genotipado de materiales útiles en la mejora de la resistencia a nematodos en pimiento: Genotipos de *Capsicum annum* L. y *Capsicum frutescens* L., Híbridos interespecíficos *C. annum* X *C. frutescens* y plantas de pimiento regeneradas en cultivo de anteras [Tesis]. Universitat Politècnica de València, 43 p.
- Dixon GR, Tilston EL. 2010. Soil Microbiology and Sustainable Crop Production, 1ra ed. New York (Estados Unidos): Springer; [consultado 2016 Jul 18]. <http://www.agrifs.ir/sites/default/files/Soil%20Microbiology%20and%20Sustainable%20Crop%20Production%20%7BGeoffrey%20R.%20Dixon%7D%20%5B9789048194780%5D%20%28Springer%20-%202010%29.pdf>
- EASTMAN. 2018. Manual de gestión metam sodio y metam potasio. Eastman Chemical Company.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2018. FAOSTAT [Internet]. [actualizado 2018 May 28; consultado 2018 julio 8]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Gómez L, González E, Enrique R, M. Hernández, Rodríguez G. 2010. Uso de la biofumigación para el manejo de *Meloidogyne* spp., en la producción protegida de hortalizas. Rev. Protección Veg. v.25 n.2.

- Gómez L, Rodríguez MG, Enrique R, Miranda I, González E. 2009. Factores Limitantes de los Rendimientos y Calidad de las Cosechas en la Producción Protegida de Hortalizas en Cuba. Rev. Protección Veg. Vol. 24 No. 2 (2009): 117-122.
- Julca A, Gallego E, Sánchez J, Cordovilla P. 2014. Agua y nematodos parásitos de las plantas. Copyright Ediciones de Horticultura, S.L. 2001. Vol. 154 No: 1-7.
- Marín Rodulfo M. 2012. Evaluación de la eficacia de diferentes productos en el control de *Moloidogyne* en cultivos de tomate [tesis]. Universidad de Almería Escuela Superior de Ingeniería Departamento de Producción Vegetal. 136p.
- Peralta Osorio A. 2006. Evaluación de tres dosis de metam sodio en combinación con cinco coloraciones de much para determinar el grado de control en malezas, nematodos y su efecto en el rendimiento para la producción de tomate en las localidades de San Jose La Arada y Chiquimula [tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala. 50p.
- USDA (U.S. Department of Agriculture). 2016. Análisis de Coyuntura del Cultivo de Hortalizas en Honduras [Internet] Tegucigalpa: Secretaria de Agricultura y Ganadería Unidad de Planificación y Evaluación de la Gestión (UPEG). [consultado 2018 julio 17]. <https://docplayer.es/56993188-Analisis-de-coyuntura-del-cultivo-de-hortalizas-en-honduras.html>
- Varela F, Ayala A, Toro J. 1985. Relación huesped- parasito de *Meloidogyne incognita* en los cultivares de pimiento, blanco del pais y cubanelle en Puerto Rico [tesis]. Depto. de Proteccion de Cultivos, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayaguez, Mayaguez, Puerto Rico. 11p.
- Vásquez Ramírez L, Castaño Zapata J. 2017. Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.)]. Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 20 (2): 363-374.