

14

Fecha de presentación: abril, 2020

Fecha de aceptación: junio, 2020

Fecha de publicación: agosto, 2020

MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU EMPLEO EN LA PROTECCIÓN FITOSANITARIA DE LOS CULTIVOS

EFFICIENT MICROORGANISMS AND THEIR USE IN PLANT PROTECTION OF CROPS

José Ramón Mesa Reinaldo¹

E-mail: jrmesa@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>

¹ Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Mesa Reinaldo, J. R. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109.

RESUMEN

Gran parte de los problemas fitosanitarios de los cultivos en el mundo, son causados por plagas que atacan la planta, provocando su pérdida total o una drástica reducción de los rendimientos agrícolas. En respuesta, los agricultores recurren al control químico con los problemas que este provoca. Esto ha motivado que se busquen nuevas estrategias para el control de plagas y enfermedades y la utilización de los microorganismos eficientes se constituye como una alternativa atractiva, por lo que se trazó como objetivo para el presente trabajo, revisar y sintetizar parte de la información científica publicada en los últimos 10 años, relacionada con los ME y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. Al concluir el trabajo, se determinó que los microorganismos eficientes pueden convertirse en un complemento importante del manejo integrado de plagas y enfermedades de los cultivos y que la información sobre el modo de aprovechar la tecnología en el manejo ecológico de plagas y enfermedades de las plantas en Cuba y el mundo, es insuficiente.

Palabras clave:

Manejo ecológico, plagas, enfermedades, control.

ABSTRACT

Much of the phytosanitary problems of crops in the world are caused by pests that attack the plant, causing its total loss or a drastic reduction in agricultural yields. In response, farmers resort to control chemical with the problems it causes. This has motivated the search for new strategies for the control of pests and diseases and the use of efficient microorganisms (ME) constitutes an attractive alternative, so it was outlined as an objective for the present work, to review and synthesize part of the Scientific information published in the last 10 years, related to ME and their use in plant protection of crops. At the conclusion of the work, it was determined that efficient microorganisms can become an important complement to integrated crop pest and disease management and that information on how to take advantage of technology in the ecological management of plant pests and diseases in Cuba and the world, is insufficient.

Keywords:

Ecological management, pests, diseases, control.

INTRODUCCIÓN

Una gran parte de los problemas fitosanitarios de los cultivos en el mundo, son causados por hongos, insectos y virus que atacan diversas partes de la planta, provocando desde la disminución de la calidad del producto, la pérdida total de la planta a una drástica reducción de los rendimientos agrícolas. Tradicionalmente, el control de plagas y enfermedades en los cultivos depende, en gran medida, de la aplicación de productos químicos, sin embargo, el uso indiscriminado de estos, ha ocasionado severos problemas de contaminación ambiental y generado la resistencia de los organismos nocivos a ellos. Es por estas razones que se requieren nuevas estrategias para el control de plagas y enfermedades y la utilización de microorganismos se constituye como una alternativa atractiva.

Entre los diferentes microorganismos que han demostrado efectos positivos en este sentido, se encuentran los llamados Microorganismos eficientes (Morocho & Leyva, 2019). Como tecnología, los microorganismos eficientes (ME), surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Dr. Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970, el que se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, al sufrir efectos tóxicos de plaguicidas químicos en los primeros años de ejercitar su profesión (Callisaya & Fernández, 2017).

En sus ensayos y experimentos reunió unas 2000 especies de microorganismos de los cuales 80 mostraron efectos eficaces. Por accidente, el doctor colocó una mezcla de los ME en arbustos pequeños y al cabo del tiempo observó un estímulo importante en el crecimiento de los mismos. En el año 1982 el profesor presentó una formulación comercial para el acondicionamiento biológico de los suelos y dona al mundo la tecnología de los microorganismos eficientes, denominados por el cómo EM (siglas en inglés de Effective Microorganisms o Microorganismos Eficaces, efectivos o eficientes) y crea a EMRO (EM Research Organization), organización sin ánimo de lucro para difundir la tecnología, distribuida en cada país por organizaciones con igual orientación.

Higa, al estudiar las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto estaba en su mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, y es utilizada en más de 80 países del mundo, entre ellos Cuba, que en los últimos años ha

desarrollado una intensa investigación relacionada con la temática.

El principio fundamental de la tecnología consiste en introducir un grupo de microorganismos benéficos, habitantes naturales de los suelos, sin manipulación genética, existentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles, los cuales, están presentes en los suelos del bosque y pueden ser explotados. Para ello, los microorganismos deberán ser capturados en suelo saludable, debajo de los árboles, en la unidad agrícola, próximos al lugar donde vive la familia campesina o en un área cercana. De esta forma, los microorganismos de cada región, están más adaptados a las condiciones locales, facilitando el proceso de reconstrucción del suelo vivo y degradado. Estos microorganismos toman de la materia orgánica sus alimentos y en esta descomposición, la reducen, liberando compuestos menores al ambiente como: nutrientes, hormonas y vitaminas que alimentan la propia comunidad microbiana, así como a los animales y las plantas.

Como tecnología los ME consisten en el cultivo microbiano mixto de especies de microorganismos seleccionadas y pueden ser obtenidos a partir de cepas de colección, desarrollando productos como ME-50, biopreparado producido en Cuba mediante un proceso de fermentación controlada en planta y comercializado por LABIOFAM o biopreparados obtenidos mediante un proceso de producción artesanal a partir de la fermentación anaeróbica de residuos extraídos de bosques, aplicando la tecnología desarrollada por Blanco, et al. (2016), en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, para la producción del IHPLUS, que no requieren medios de crecimiento sofisticados para el escalamiento y que pretende aprovechar la mencionada diversidad microbiana tanto taxonómica como funcional de las comunidades de microorganismos nativos de zonas boscosas, para luego incorporarlos en las unidades de producción agrícola, conocidos también como Microorganismos de Montaña (MM) o como microorganismos autóctonos multipropósitos (MAM), denominación que le ha dado nacionalmente la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Entre los usuarios de este tipo de tecnología se acepta que la mejor fuente de inóculo son los bosques poco antropizados, cercanos a los sitios de producción agrícola, ya que presentan microorganismos adaptados a las condiciones de la zona, por lo que se trazó como objetivo para el presente trabajo, revisar y sintetizar parte de la información científica publicada en los últimos 10 años, relacionada con los ME y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos.

DESARROLLO

Los ME son una combinación de microorganismos beneficiosos que según Morocho & Leyva (2019), se componen de cinco grupos microbianos generales: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa. En relación con las diferentes especies presentes en los ME y su función, se expone lo siguiente: Las bacterias fotosintéticas o fototróficas, se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los ME, ya que refuerzan las actividades de otros microorganismos.

Constituyen un grupo de microorganismos representados fundamentalmente por las especies *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos facultativos que emplean como fuente de carbono, moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía (Su, et al., 2017). *R. palustris* es una bacteria fototrófica facultativa, capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, compuestos que pueden ser utilizados por microorganismos heterótrofos para su crecimiento (Luna & Mesa, 2016), además de que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficaces, como los fijadores de nitrógeno, los actinomicetos y las micorrizas.

Dentro de las Bacterias ácido-lácticas se incluyen *Lactobacillus plantarum* y *L. casei*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus lactis* y *Pediococcus*, las que pueden mostrar efecto antagonístico frente a diferentes agentes fitopatógenos del suelo debido fundamentalmente a la producción de ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras, la disminución del pH, la producción de péptidos con actividad antimicrobiana como son bacteriosinas clase I y la nisina muy activa contra bacterias Gram positivas (Londoño, et al., 2015).

Luna & Mesa (2016), plantean que el ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte, que reduce las poblaciones de nemátodos y controla la propagación-dispersión de microorganismos dañinos como *Fusarium*; gracias a ello, induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa, fermentándolos, removiendo efectos indeseables de la materia orgánica no descompuesta.

Varias especies conforman la comunidad microbiana de levaduras, aunque prevalecen las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento, a partir de azúcares y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, y la materia orgánica existente en el suelo. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las bacterias ácido-lácticas y los actinomicetos y como parte de su metabolismo fermentativo, producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica (Meena & Meena, 2017).

Los Actinomicetos, *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetos informadas como componentes de los ME (Vurukonda, et al., 2018). Varias especies de actinomicetos, principalmente las que pertenecen al género *Streptomyces*, son excelentes agentes de control biológico debido a su amplio repertorio para producir compuestos antifúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos fitopatógenos. La actividad antagonista de *Streptomyces* contra hongos patógenos generalmente está relacionada con la producción de compuestos antifúngicos como enzimas hidrolíticas extracelulares, importantes en la lisis de las paredes celulares de *Fusarium oxysporum*, Schltdl, *Sclerotinia minor*, Jagger y *Sclerotium rolfsii*, Sacc (Chaurasia, et al., 2018). Algunos actinomicetos han sido descritos como agentes de biocontrol por su capacidad de producir enzimas biodegradativas como quitinasas, glucanasas, peroxidasas y otras, además de que aumentan la resistencia de las plantas, mediante un mecanismo de producción de antibióticos que provocan inhibición de patógenos del suelo y benefician el crecimiento y la actividad de microorganismos beneficiosos como *Azotobacter* y las micorrizas.

Dentro de los principales representantes de los Hongos de fermentación, encontramos las especies: *Aspergillus oryzae*, (Ahlburg) Cohn, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp*, *Mucor hiemalis*, Wehmer y *Rhizopus sp*. Una gran cantidad de los hongos son antagonísticos de especies fitopatógenas, así, por ejemplo, las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia.

Producen además la desodorización de la materia orgánica en descomposición y previenen la infestación por insectos dañinos y vectores. Los ME consisten en el cultivo microbiano mixto de especies de microorganismos seleccionadas las cuales coexisten en un pH aproximado de 3,5. Al respecto, García

& Bocurt (2014), señalan que una de las claves del desarrollo de los microorganismos eficientes como tecnología, está en la coexistencia de los mismos en un medio de cultivo apropiado. Esa coexistencia se basa, entre otros aspectos, en el hecho de que sustancias que generan unos sirven de alimentos para otros. Así, por ejemplo, las levaduras y bacterias ácido lácticas generan entre otras sustancias, ácidos orgánicos que alimentan a las bacterias fototróficas. Estas a su vez producen azúcares que alimentan a las primeras, favoreciendo su supervivencia y reproducción.

Estos mismos autores refieren que la existencia de los microorganismos eficientes trae como consecuencia un efecto sinérgico entre todos, que explica su potente capacidad antioxidante y exponen que la capacidad antioxidativa significa capacidad de prevenir y revertir procesos degenerativos y de enfermedad típicamente oxidativo, estimulando procesos de regeneración en los organismos vivos. De ahí que tengan un amplio campo de aplicaciones en diversas áreas de la salud vegetal o animal, la producción, el medio ambiente y la vida humana por su característica central como antioxidante.

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, ha sido la pionera en el desarrollo e implementación de la tecnología en Cuba. A partir del trabajo realizado por sus investigadores y el apoyo de proyectos internacionales como MIOMAS- CUBA y PIAL, ha ocurrido una amplia extensión de la tecnología de ME al sector productivo agropecuario cubano (Blanco, et al., 2016).

La provincia de Sancti Spíritus ha sido la segunda en el país en desarrollar una tecnología propia y en extenderla a áreas de producción, trabajo liderado por la Universidad “José Martí” y la Unidad de lucha biológica de la agricultura en el territorio, lo que ha propiciado la realización de amplias convocatorias y espacios de difusión de los resultados con amplia participación de los campesinos espirituanos que son los principales protagonistas de la relación investigación-producción y el desarrollo de Talleres nacionales sobre la temática (Olivera, Ayala & Calero, 2014).

Entre las fuentes bibliográficas revisadas, se destaca cómo en Ciego de Ávila, los campesinos usan los microorganismos eficientes en la producción agropecuaria, a partir de ME-50, producto que se comercializa en la provincia, fabricado por LABIOFAM y se demostró el bajo conocimiento de la tecnología de elaboración artesanal, por lo que recomiendan incrementar los niveles de introducción en las fincas. Estos autores también señalan que los productores

utilizan estos bioproductos con las siguientes finalidades: control de plagas y producción de biofertilizantes, tratamiento de enfermedades digestivas en animales y uso como probiótico; control de olores en instalaciones productivas y en el tratamiento de residuales sólidos y líquidos.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se ha trabajado en el desarrollo y validación mediante experimentos de campo, de la tecnología de producción de un biopreparado a base de microorganismos eficientes (ME- UCf), obtenido a partir de su extracción de bosques primarios de la provincia, el cual ha sido el resultado del trabajo del Grupo de trabajo científico-estudiantil de Microorganismos eficientes de la facultad y se ha validado en la producción y protección vegetal de diversos cultivos, el composteo de residuos y la producción animal, con excelentes resultados, además de difundirse la tecnología de producción del biopreparado y experiencias de su empleo entre los productores de la provincia y en numerosos eventos nacionales y provinciales.

LABIOFAM Cienfuegos, también ha desarrollado un intenso trabajo en la producción, promoción y venta de ME-50 en el territorio, producto que hoy se aplica exitosamente en cultivos y la producción animal.

Se encontraron, además, referencias de su uso en cultivos y en la producción animal en provincias como Villa Clara, Holguín, Camagüey y en Guantánamo que reporta su empleo en la producción porcina, y como biofertilizante en café, frutales y forestales, donde elimina las plagas y enfermedades, a la vez que mejora los suelos.

Numerosos autores se han referido al efecto de los microorganismos eficientes en los sistemas suelo-planta. García & Bocurt (2014), señalan que los Microorganismos Eficientes tienen dos funciones básicas: Exclusión competitiva de microorganismos patógenos, mediante la competencia por la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias que controlan directamente estas poblaciones y Producción de sustancias benéficas como vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes, a través de un proceso de descomposición anaeróbica parcial; de ahí que sus aplicaciones sean múltiples. En la Agricultura mejoran la microflora del suelo, promueven el crecimiento de las plantas y suprimen enfermedades.

Los microorganismos eficientes pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, evitando el uso de plaguicidas sintéticos, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de

esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Haney, et al. (2015), plantean que los microorganismos eficientes incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, así como que incrementan la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar; inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades en las plantas, al inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades,

Con relación al efecto de los microorganismos eficientes en los sistemas suelo-planta, Luna & Mesa (2016), señalan que los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible y provocan el incremento de las variables productivas.

Por su parte, Schlatter, et al. (2017), plantean que la utilización de consorcios microbianos ha demostrado ser eficiente en el control de fitonemátodos del suelo. Los microorganismos asociados con la rizosfera de las plantas facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas y protegen las plantas de los agentes fitoparasitarios. Los microorganismos eficientes pueden ocupar diferentes nichos en la zona de raíz y con ello pueden competir por espacio y nutrientes, limitando el desarrollo de especies fitopatógenas. Asimismo, la actividad supresiva de los microorganismos eficientes puede ejercerse mediante la producción de compuestos con actividad antimicrobiana (antibióticos y compuestos antifúngicos), la producción de sideróforos, la inducción de resistencia, producción de metabolitos, antibiosis, activación de sistemas antioxidantes en plantas y activación de genes de resistencia en plantas.

Morocho & Leyva (2019), al realizar una revisión bibliográfica sobre los ME, resumen que en semilleros, los ME provocan el aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas por su

efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, provocan aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal e incrementan las probabilidades de supervivencia de las posturas. Desde el punto de vista agrícola los ME favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas. Adicionalmente se ha demostrado que mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos. Los microorganismos eficientes a su vez pueden promover el reciclaje de nutrientes en el suelo, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otra parte, son capaces de degradar agentes tóxicos como pesticidas, producir moléculas orgánicas simples que pueden ser tomadas por las plantas, formación de complejos con metales pesados lo cual limita la toma de estos por la planta.

Acerca de las potencialidades fitosanitarias de los ME, en la revisión realizada, se encontraron las siguientes referencias con relación a resultados e investigaciones acerca de la acción de los ME en el control de plagas y enfermedades en los cultivos en Cuba:

Olivera, et al. (2014), relacionan un grupo importante de prácticas agroecológicas y estudios realizados en la provincia de Sancti Spíritus, dirigidos a evaluar las potencialidades fitosanitarias de los ME, entre los que se resumen los siguientes:

Al evaluar el potencial de empleo de los microorganismos eficientes en el control de los estados inmaduros de la mosca blanca (*Bemisia tabacii*) en casas de cultivo en Sancti Spiritus, se obtuvo en condiciones de laboratorio, mortalidad de estados inmaduros (larvas o ninfas) causada por ME superiores al 80 % a las 48 horas de la aplicación del biopreparado, y del 100 % a las 72 horas, mientras en el testigo, este valor fue de 0,0 % y 1,14 % respectivamente. En condiciones de campo, alcanzan en el tomate (*Solanum lycopersicum*, L), valor de 92,20% y 65,6 % en melón (*Cucumis melo*, L). Al evaluar varias concentraciones, estos autores concluyen que el incremento de la concentración de ME en las suspensión significó un incremento de la mortalidad y una reducción del tiempo en que esta llegaba a los valores máximos, y que se comprueba a nivel de laboratorio y campo (casas de cultivo), que los Microorganismos Eficientes pueden reducir las poblaciones de la mosca blanca y podrían ser un complemento útil en la etapa de producción

y cosecha del tomate y otros frutos producidos en casas de cultivos, para reducir la carga tóxica además de los beneficios que su empleo pueda aportar como estimulante del desarrollo de las plantas y en la reducción de la incidencia de enfermedades.

Los mismos autores, reportan otro estudio en condiciones de laboratorio, de la capacidad biofungicida y metabólica de microorganismos eficientes sobre el fitopatógeno *Alternaria solani*, Sor, sembrado en medio de cultivo en el centro de cada placa, colocado en incubación a $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Al medir el desarrollo diario en cm de la colonia del hongo, se obtuvo a las 48 y 72 horas, valores de 0,51 y 0,55 cm, mientras en el testigo se obtienen 0,81 y 0,99 respectivamente, por lo que concluyen que los microorganismos eficientes presentan potencialidades para el control de *A. solani* y que estos resultados abren un campo de investigación en el manejo de patógenos foliares tan necesarios en Cuba para la reducción del empleo de fungicidas químicos.

Ayala, et al. (2013), desarrollaron en Sancti Spíritus tres experimentos en condiciones de laboratorio, con el objetivo de definir las potencialidades biofungicidas de productos ricos en microorganismos eficientes, en comparación con bioplaguicidas utilizados en la agricultura ecológica, con el objetivo de definir su posible inclusión directamente en el manejo de enfermedades en los cultivos:

Experimento No. 1. Se realizó con el objetivo de evaluar la capacidad de los filtrados de varios productos líquidos en la reducción del crecimiento de los fitopatógenos cuando se mezcla al 25 % en medio agarizado PDA.

Al evaluar el crecimiento de *Rhizoctonia solani* en papa dextrosa agar (PDA) enmendado con un 25 % de los filtrados de varios bioproductos **líquidos, obtuvo a** las 72 horas para ME valores de 3,15 cm de diámetro de las colonias, con diferencias estadísticas significativas con relación al testigo, que alcanza valores de 5,67 cm, lo que se traduce en un 56 % de reducción del diámetro de las colonias y evidencia la potencialidad de los filtrados de ME en el control de este patógeno.

Experimento No. 2. Realizado con el objetivo de determinar la capacidad de desarrollo o invasión del fitopatógeno sobre la superficie del medio de cultivo agarizado tratado con el producto completo.

Se evaluó el efecto de un producto completo de microorganismos eficientes (ME) en diferentes concentraciones en agua estéril, aplicado por toda la superficie del medio PDA en placas Petri. Se sembró el fitopatógeno en el centro de cada placa, se

evaluó hasta el tercer día, el desarrollo de la colonia del fitopatógeno cm y se obtuvo como resultado que al evaluar el desarrollo de *Rhizoctonia solani* en el medio tratado superficialmente con microorganismos eficientes, se alcanzan para la concentración del 25 %, valores a las 24 y 48 horas de 1,08 y 1,16 cm respectivamente, que presentan diferencias estadísticas significativas con relación al testigo, donde se obtienen valores de 3,84 y 4,18 cm a las 24 y 48 horas, lo que representa un porcentaje de reducción del diámetro de las colonias superior al 70 % en ambas evaluaciones y pone de manifiesto, la efectividad de los biopreparados a base de ME sobre el patógeno.

Experimento No. 3. Este experimento tuvo como objetivo, evaluar varios productos no filtrados enfrentados a *Rhizoctonia solani* en medio agarizado PDA.

Como resultado de esta prueba, se observó el desarrollo rápido de *Trichoderma harzianum* Cepa A-34 (antagonista por excelencia) hacia el fitopatógeno, mientras que en el caso del enfrentamiento de *R. solani* ante *Lecanicillium lecanii*, Cepa LB 5, a pesar de su marcada y superior actividad metabólica, manifestó un lento crecimiento y fue cubierto por *R. solani*. En el tratamiento donde se sembraron los ME, el desarrollo de las bacterias fue muy lento **y se creó un halo de inhibición que impidió la llegada del** fitopatógeno.

Se concluye por los autores que los microorganismos eficientes presentan potencialidades en el manejo de *R. solani* y que estos resultados abren un campo de investigación sobre su uso en el tratamiento de semillas, en su incorporación al suelo en semilleros o plantaciones, solos o mezclados con otros productos, así como en la evaluación de sus potencialidades para el manejo de otras enfermedades originadas por microorganismos habitantes del suelo y particularmente para el manejo de patógenos foliares tan necesarios en Cuba para la reducción del empleo de fungicidas químicos (Ayala, et al., 2013).

Milian, et al. (2014), al evaluar en Aguada, Cienfuegos, el efecto de ME-50 sobre los rendimientos del cultivo del arroz (*Oriza sativa*, L.) y su acción sobre las plagas que lo afectan, observaron que la parcela testigo presentó a los 21 días, un índice de infestación de 0,51 larvas de Picudito acuático (*Lissorostus brevis*) por plantón, mientras en el tratamiento con ME-50, este índice fue de 0.03 larvas/plantón. En cuanto al rendimiento agrícola y sus componentes, la parcela tratada con ME-50, presentó diferencia estadística significativa respecto al testigo, con un rendimiento superior a éste en $0.80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo que

pone de manifiesto la efectividad del biopreparado y su efecto en el control de plagas.

García (2016), al estudiar en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.), en Aguada de Pasajeros, Cienfuegos, el efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficientes (ME-50 y ME-UCF, productos obtenidos por la Empresa Labiofam y la Universidad de Cienfuegos respectivamente), sobre los rendimientos del cultivo y los niveles de afectación por *Fusarium* sp. y *Rizoctonia solani* en las raíces de las plantas, determinó que en los tratamientos con ME evaluados, se alcanzó un bajo nivel de afectación (menor del 5 %), mientras que en el testigo, estos valores están por encima de 20 %, lo que afecta los rendimientos del cultivo, que resultaron para todos los tratamientos con ME evaluados, estadísticamente superiores al testigo, así como a la media del municipio.

Alejo & Mesa (2019), en un estudio del efecto de ME-UCF (biopreparado a base de microorganismos eficientes producido en la Universidad de Cienfuegos), sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en el municipio de Lajas, provincia Cienfuegos, determinaron que en todos los tratamientos donde se emplearon los microorganismos eficientes, se logró una disminución en la distribución de *Liriomyza trifolii* y *Ceratomyxa ruficornis*, que presentaron un bajo nivel de afectación, mientras que en el testigo se incrementó, con valores máximos de 25 %, que afectaron los rendimientos del cultivo y que todos los tratamientos con ME evaluados, resultaron para el rendimiento, estadísticamente superiores al testigo, y alcanzan valores que superan la media de producción nacional y provincial, resultado que coincide para el frijol con numerosos autores consultados.

Ferral, Fuentes & Calderón (2019), estudiaron el efecto del empleo de diferentes dosis de microorganismos eficientes autóctonos, sobre el grado de infestación de *Meloidogyne incognita* en las raíces del cultivo del tomate en Sancti Spiritus, y obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el grado de infestación causado por *M. incognita* entre todas las dosis empleadas con relación al testigo, y que tras tres aplicaciones de ME en el ciclo del cultivo, existe reducción del grado de infestación en las plantas de tomate y un aumento en el grosor de las raíces debido al efecto de los ME en la rizosfera, lo que favorece el sistema radicular ante el ataque de esta plaga, e incrementó los rendimientos con relación al testigo.

Se encontraron referencias de trabajos realizados en Aguada de Pasajeros, Cienfuegos, con el objetivo de evaluar el efecto de ME-50 y Thurisave-26

sobre el control de plagas y el desarrollo morfológico y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays*, L.), que demostraron que los tratamientos con ME-50 y Thurisave-26 resultan tener mayor efectividad técnica en el control de plagas en el cultivo del maíz, que el uso de productos químicos, que la aplicación de ME-50 permitió obtener los valores más elevados en las variables morfológicas y de rendimiento, y que ME-50 y Thurisave-26 resultan tener mayor viabilidad económica que el uso de productos químicos, para el control de plagas en el cultivo del maíz, así como de un estudio del empleo de microorganismos eficientes y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), donde se obtuvo que los ME, aparte de reducir la infección producida por nematodos, favorecen el vigor de la planta al contribuir en la formación de un sistema radical saludable, y se observó que en la medida que se incrementan las concentraciones de los microorganismos benéficos en el suelo, se eleva la actividad de la microflora con una repercusión positiva en el desarrollo vegetativo y los rendimientos.

CONCLUSIONES

Los microorganismos eficientes pueden convertirse en un complemento importante del manejo ecológico de plagas y enfermedades de los cultivos al presentar potencialidades demostradas para la reducción del empleo de productos químicos.

La información concreta sobre el modo de aprovechar la tecnología ME en el manejo ecológico de plagas y enfermedades de las plantas en el mundo y en Cuba es insuficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejo, L. O., & Mesa, J. R. (2019). Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en un suelo Parado sialítico mullido, sin carbonatos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 111-118.
- Ayala, J. L., Gómez, Y., Shabrang, F., Henderson, D., Coca, Y., & De los Ríos, M. (2013). Potencialidades biofungicidas de diferentes productos de uso en la agricultura ecológica. (Ponencia). I Taller Nacional de Microorganismos Eficientes. Sancti Spíritus, Cuba.
- Blanco, D., Suárez, J., Donis, F., & González, O. (2016). Biodigestores y Microorganismos Nativos. En, F. Funes Aguilar, y L. L. Vázquez Moreno, *Avances de la Agroecología en Cuba*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.

- Callisaya Quispe, Y., & Fernández Chávez, C. M. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3(3), 652-666.
- Chaurasia, A., Chaurasia, A., Meena, B. R., Tripathi, A. N., Pandey, K. K., Rai, A. B., & Singh, B. (2018). Actinomycetes: an unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(9).
- Ferral, C., Fuentes, P. F., & Calderón, D. M. (2019). Uso de microorganismos eficientes autóctonos, en el manejo de *Meloidogyne incognita* en el cultivo del tomate. *Centro Agrícola*, 46(4).
- García, C. (2016). Efecto de dos biopreparados a base de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Aguada de Pasajeros. (Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Cienfuegos. Cuba
- García, Y., & Bocourt, R. (2014). Los probióticos como alimento funcional. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/10233/articulos-nutricion-archivo/losprobioticos-como-alimento-funcional.html>
- Haney, C. H., Samuel, B. S., Bush, J., & Ausubel, F. M. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants*, 1(6), 1-9.
- Londoño, N. A., Taborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23(36), 186-205.
- Luna, M. A., & Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.
- Meena, S. K., & Meena, V. S. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. En, V.S., Meena, P.K., Mishra, J.K., Bisht, y A. Pattanayak (Eds.) *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. (pp. 3-23). Springer.
- Milian, P. R., González, J., Cuellar, E. C., Rivero, C. J., Fresneda, C., & Terrero, W. (2014). Efecto de microorganismos eficientes (ME-50) sobre la morfología y el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2(2), 327- 336.
- Morocho, M. T., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2).
- Olivera, D., Ayala, J. L., & Calero, A. (2014). Prácticas agroecológicas en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Microorganismos eficientes (EM), una tecnología apropiada sobre bases agroecológicas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 1(7).
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Pautitz, T. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297.
- Su, P., Tan, X., Li, C., Zhang, D., Cheng, J., Zhang, S., Zhou, X., Yang, Q., Peng, J., Zhang, Z., Liu, Y., & Lu. X. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10(3), 612-624.
- Vurukonda, P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4).