

Revisión bibliográfica

Generalidades del cultivo de garbanzo y alternativa biológica para el control de la Marchitez

Anayza Echevarría^{1*}

Ariel Triana¹

Deyanira Rivero¹

Ariel Rodríguez²

Benedicto Martínez³

¹Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios". Km 1½ carretera La Francia, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22900

²Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) "Los Palacios". Calle 26 e/ 19 y 21 Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22900

³Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), carretera de Jamaica y Autopista Nacional. Apartado 10, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

* Autor para correspondencia. anayza@inca.edu.cu

RESUMEN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es una de las principales fuentes de alimentación humana y animal y se sitúa en la lista de leguminosas más cultivadas del mundo, después de la soya (*Glycine max*), el haba (*Vicia faba*), los frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y los chícharos o guisantes (*Pisum sativum*). Entre los factores bióticos que limitan una alta producción de garbanzo, se encuentran las enfermedades producidas por diferentes microorganismos patógenos del suelo. La Marchitez o Fusariosis, agente causal *Fusarium* spp., es la enfermedad más importante del cultivo de garbanzo, incide de forma negativa sobre los componentes del rendimiento y la calidad del grano. Esta enfermedad se presenta de forma ascendente y descendente según la especie, las plantas enfermas abortan sus flores y los pocos granos que logran formarse son de menor calibre. Para el control de esta enfermedad se

utilizan medidas agrotécnicas, químicas y biológicas, siendo estas últimas muy efectivas desde el ámbito económico, social y ambiental. La lucha biológica con productos con base a cepas de *Trichoderma* ha tenido una aceptación favorable, y generalizada en la agricultura cubana, por mostrar varios mecanismos de acción con efectos directos e indirectos en la reducción de microorganismos fitopatógenos. En este sentido, la Marchitez es una enfermedad de difícil control, por lo que conocer sobre la biología del patógeno y su interacción con el hospedante son aspectos importantes para establecer un control más eficiente.

Palabras clave: *Cicer arietinum* L, *Trichoderma*, leguminosas, microorganismos, fusariosis

Recibido: 18/07/2018

Aceptado: 07/05/2019

INTRODUCCIÓN

Origen del garbanzo. Antecedentes del cultivo. Utilización e importancia

El garbanzo es originario de la región sur del Cáucaso y del norte de Persia, principalmente, el territorio que ocupa actualmente Irán ⁽¹⁾. De allí se extendió a Europa, especialmente por la región mediterránea, y África, fundamentalmente Etiopía, que fue su centro de diversificación secundaria ⁽²⁾.

Diferentes autores citan la existencia de 40 spp. de garbanzo situados de forma preferente en el Oriente Medio, Turquía, Israel y Asia Central ⁽³⁾. De estas una sola especie es cultivada, *C. arietinum* ⁽⁴⁾. Los colonizadores españoles la introdujeron en América Latina, implantándose con éxito en California, México y en las regiones de clima seco de todo el continente americano ⁽⁵⁾.

El garbanzo es un mejorador de la estructura y fertilidad del suelo gracias a la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, que puede superar los 70 kg ha⁻¹. En rotación con cereales posibilita la ruptura del ciclo biológico de patógenos cuyo hábitat es el suelo como: *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Macrophomina phaseolina* [Tassi] Goidanich ^(6,7).

Producción y comercio mundial

El comercio mundial de garbanzos se encuentra alrededor de 1,100, 000 t, pero registra grandes fluctuaciones entre ciclos del cultivo. En los últimos 12 años la tasa de aumento de la producción de garbanzo en el mundo fue de 1,4 %. Los principales países productores de garbanzo son: La India que participa con el 68,5 % del total mundial, le sigue Australia y en tercer lugar Pakistán. Otros países de importancia en la producción son Turquía, Myanmar, y en el continente americano México y Canadá ⁽⁸⁾. Los principales exportadores son España, Jordania y Bangladesh ⁽⁹⁾.

Clasificación taxonómica y características botánicas del cultivo de garbanzo

Según Mateo-Box J M, citado por Del Moral ⁽¹⁰⁾; la ubicación taxonómica del cultivo del garbanzo es:

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Leguminosae

Familia: *Fabaceae*

Género: *Cicer*

Especie: *Cicer arietinum* L.

Esta leguminosa se desarrolla como un arbusto pequeño, planta anual, diploide, con un número cromosómico de $2n=16$, con presencia de pubescencias en toda la planta, pelos de tipo glandulares y no glandulares. Las raíces son fuertes y el sistema radicular es profundo, alcanza 2 m de profundidad, pero la mayor proporción se encuentra hasta los 60 cm. Los tallos son ramificados flexibles o rectos, erectos o rastreros rastreros y pueden llegar a alcanzar hasta 1 m de altura. Las hojas son pseudoimparipinnadas. Los racimos florales presentan generalmente una flor, raras veces dos. Las flores son típicamente papilionadas. Las vainas son pubescentes, puntiagudas e hinchadas, llegando a alcanzar hasta los 3 cm de longitud, las que pueden contener hasta tres semillas. Las semillas tienen formas que varían entre globular y bilobular, siendo algunas casi esféricas, de diversos colores que pueden ir

desde el negro hasta el color blanco marfil. El sistema de reproducción es fundamentalmente la autogamia; situándose el nivel de alogamia entorno al 1 % ^(11,12).

Exigencias edafoclimáticas

El garbanzo es una leguminosa bien adaptada a clima seco y fresco. Se cultiva generalmente en el invierno de las regiones tropicales y en la primavera y verano de las regiones templadas. Entre las condiciones óptimas para su cultivo se encuentran: las temperaturas entre 21–29 °C durante el día y 18 - 26 °C durante la noche, precipitaciones promedio anual de 600 a 1000 mm. Los granizos, las lluvias excesivas y el calor dañan el cultivo. El desarrollo de cultivares resistentes al frío permitió cambiar la época de siembra en zonas templadas hacia el invierno, con ciclos desde la siembra hasta la cosecha de 180 días. La humedad relativa baja es la óptima para el cuajado de la semilla. El garbanzo se comporta como una planta de día neutral, sin embargo, los estudios fisiológicos la caracterizan como una planta de día largo cuantitativo, aunque florece en todos los fotoperiodos ⁽¹³⁾.

Factores que influyen en la producción de garbanzo

Numerosos factores, tanto abióticos como bióticos, pueden limitar la producción de garbanzo. Entre los primeros se encuentran los factores climáticos, como la temperatura, que puede afectar la germinación, el crecimiento vegetal y los procesos fisiológicos relacionados con el desarrollo de la planta. Otro factor son los suelos. El cultivo prefiere los suelos silíceo-arcillosos o limo-arcillosos, que no contengan yeso, aireados. El garbanzo es sensible a la salinidad, tanto del suelo, como del agua de riego. El pH ideal para su desarrollo está entre seis y nueve ⁽¹⁴⁾.

Entre los factores bióticos limitantes para la producción de garbanzo, se encuentran las enfermedades producidas por diferentes microorganismos patógenos del suelo ⁽¹⁵⁾. Por lo que se notificaron 115 patógenos que afectan al garbanzo, que incluyen hongos, bacterias virus, fitoplasmas y nematodos ⁽¹⁶⁾. De estos, solamente unos pocos causan daños económicos, que llegan a ser limitantes de la producción en algunas áreas ⁽¹⁷⁾. Se informa que la mayoría de las enfermedades fungosas del cultivo pueden ser controladas con fungicidas, pero su uso, en ocasiones no son económicos, de ahí que se utilicen medidas fitotécnicas adecuadas y cultivares resistentes como medidas más rentables ⁽¹⁸⁾.

El cultivo de garbanzo en cuba

Las producciones de garbanzo en Cuba hasta los años 90 fueron de poca consideración, y aunque han aumentado, no satisfacen la demanda nacional, por lo que fue necesario hacer importaciones, provenientes en su mayor parte de México, Canadá y España ^(11,12).

En Cuba, el cultivo se desarrolla en el período seco del invierno. Cuando las temperaturas son elevadas y hay déficit de agua, se reduce el período de crecimiento vegetativo, provocando una madurez precoz, con daños considerables en la producción de grano y el tamaño de estos. Temperaturas por encima de los 30 °C aceleran la caída de flores, limitan la fijación simbiótica y aceleran la senescencia del cultivo. Las temperaturas óptimas para la germinación de semillas se sitúan entre 20 y 30 °C, emergiendo las plántulas entre los cinco y ocho días después de la siembra. El riego mejora la nodulación e incrementa el rendimiento y el número de vainas ⁽¹⁴⁾. El rendimiento se favorece por pocas precipitaciones en la maduración, pues altos volúmenes de agua durante este período pueden ocasionar pérdidas de vainas, ya que propicia el ataque de enfermedades fungosas, que afectan el rendimiento ⁽¹⁹⁾.

El período de siembra transcurre desde el 15 de noviembre hasta el 30 de diciembre. En el caso de cultivares de ciclo corto (100 días), en algunas localidades de escasa pluviometría o en años de lluvias tardías, puede prolongarse hasta el 15 de enero. El cultivo es exigente con la humedad en las etapas de germinación, la prefloración, floración y llenado de las vainas ⁽¹¹⁾.

La marchitez en el cultivo de garbanzo

Las enfermedades más importantes en el cultivo del garbanzo en Cuba y el mundo son las causadas por hongos del suelo ⁽²⁰⁾. Entre estos se encuentran: *Fusarium* spp., *S. rolfsii*, *R. solani*, *M. phaseolina*, siendo el más importante *Fusarium* spp. por los daños que produce y la frecuencia con que se presenta ⁽⁶⁾. La enfermedad aparece principalmente en los suelos arcillosos o con problemas de drenaje, condición que favorece el desarrollo de estas patologías ⁽²¹⁾.

En el mundo, esta enfermedad se nombró según la sintomatología producida por la especie del patógeno; Amarillez y Marchitez Vascular, causada por *F. oxysporum* f. sp. *Ciceri* ⁽²²⁾;

Podredumbre negra de la raíz o pudrición seca, provocada por *Fusarium solani* (Martius) ⁽²³⁾. En las investigaciones realizadas en Cuba, sobre la identificación de estas especies, se le dio el nombre de Marchitez ascendente a los síntomas causados por *F. oxysporum* y Marchitez descendente, a la sintomatología causada por *F. solani* ⁽¹²⁾.

Sintomatología

Las plantas infectadas presentan las raíces necrosadas y con manchas pardas en el cuello. En el interior de las raíces afectadas se presentan coloración café rojizo a lo largo del sistema vascular, lesión que se extiende desde la raíz al cuello y a la zona sobre el cuello ⁽²¹⁾. El hongo obstruye el traslado de la sabia por los vasos y destruye las raíces ⁽²⁴⁾.

Los síntomas aéreos se corresponden con un paulatino desarrollo de clorosis en el follaje, detención del crecimiento y falta de vigor. Las plantas enfermas abortan sus flores y los pocos granos que se forman son de menor calibre. Las plantas afectadas tempranamente en su desarrollo terminan muriendo y las que son atacadas más tardíamente tienden a madurar precozmente. Estos síntomas aparecen en forma aleatoria, formándose círculos irregulares alrededor de aquellas que primero fueron afectadas o en áreas completas cuando se trata de suelos con mal drenaje.

Organismo causal

La fusariosis en garbanzo es ocasionada por varias especies de *Fusarium* ⁽²³⁾. Este hongo se ubica en el:

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium* spp.

Algunos investigadores, han notificado en este cultivo las siguientes especies de *Fusarium*: *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. redolens* ⁽²⁵⁾.

En Cuba existe escasa información sobre las enfermedades que afectan a este cultivo, no obstante, se han caracterizado especies de *Fusarium* que afectan al garbanzo, en las producciones obtenidas en las provincias de Ciudad Habana y La Habana, identificadas como *Fusarium oxysporum* Schlechtend. Fr. f. sp. *ciceri* (Padwik) Matuo & K. Sato y *Fusarium solani* (Martius) Appel & Wollenweber emend. Snyder & Hansen ⁽²⁶⁾. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* es un hongo cuyo hábitat es el suelo, necrótrofo obligado, patogénicamente especializado en especies del género *Cicer*, que infecta el sistema vascular de estas y puede ser transmitido por semillas infectadas ⁽²⁷⁾. No obstante, *F. oxysporum* puede invadir asintómicamente raíces de otras plantas, tanto leguminosas como no leguminosas ⁽²²⁾, donde sobrevive, en ausencia de su hospedante cultivado. Además, al igual que los agentes causantes de otras fusariosis vasculares, posee la capacidad de sobrevivir inactivo en el suelo en forma de clamidosporas durante seis años ⁽²⁷⁻³⁰⁾. La germinación de estas, es estimulada por los exudados de las raíces de numerosas plantas, incluso de especies no hospedantes ⁽³¹⁾. Por otra parte, *F. solani* permanece en el suelo de forma saprofítica, sobre los residuos de plantas infectadas. En esta forma, el hongo puede desarrollarse en la rizosfera de plantas susceptibles, antes de invadir sus raíces. La diseminación de las esporas y del micelio ocurre con el traslado de residuos infectados y/o arrastrados por el agua ⁽³²⁾. La compactación del suelo favorece el proceso de invasión y el desarrollo de los síntomas. La persistencia de este patógeno en el suelo es muy larga y puede durar varios años, por lo que una vez que se ha establecido en el suelo, se hace necesario adoptar rotaciones muy largas de cinco a seis años ⁽²³⁾.

Desarrollo de la enfermedad

Estos hongos se transmiten por conidios y clamidosporas, a través del agua de riego o suelo contaminado. Estos pueden vivir en residuos de cosechas o materia orgánica en descomposición, formando parte de la comunidad de organismos en la mayoría de los suelos dedicados a cultivos hortícolas. También, pueden diseminarse por semillas contaminadas, estableciéndose en suelos libres del patógeno. Ellos colonizan las raíces aprovechando alguna condición de estrés de la planta y/o la presencia de heridas en raíces. El patógeno cuando ingresa a la raíz, crece, se multiplica y provoca pudriciones que abarcan toda la raíz.

Medidas de control para el patógeno causante de la marchitez del garbanzo

Entre las medidas utilizadas para el control de *Fusarium* en garbanzo se encuentran: las medidas agrotécnicas (uso de cultivares de garbanzo con cierto grado de resistencia a la enfermedad, ajuste de las fechas de siembra, biofumigación, uso de camas de siembras elevadas, rotación de cultivos), químicas (tratamientos de semillas con fungicidas) y biológicas (uso de agentes de control biológico como aislamientos del género *Trichoderma*). Las mejores medidas de control son preventivas, ya que no existe un control curativo que sea efectivo y económicamente rentable ⁽³³⁾.

***Trichoderma* como agente de control biológico**

Las especies de *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprófitos y se hallan ampliamente distribuidos en distintos tipos de suelos, especialmente en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Abarcan un grupo de hongos filamentosos, anaerobios facultativos, de más de 100 especies ⁽³⁴⁾.

La ubicación taxonómica de este hongo es ⁽³⁵⁾:

Reino: Fungi

División: Mycota

Subdivisión: Eumycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: *Moniliaceae*

Género: *Trichoderma*

Especie: *Trichoderma* spp.

El género *Trichoderma* en su estado vegetativo presenta micelio en su inicio de color blanco, que se tornan a verde oscuro o amarillento, con esporulación densa ⁽³⁶⁾. El micelio es ralo en su mayoría, y visto al microscopio es fino, los conidióforos son ramificados y parecen un árbol pequeño. Los mismos se presentan como penachos compactados que forman anillos con un sistema de ramas irregulares de manera piramidal. Estos, terminan en fiálides donde

se forman las esporas asexuales o conidios, de gran importancia para la identificación taxonómica a nivel de especie y para asegurar las generaciones del hongo durante gran parte del período vegetativo de las plantas ⁽³⁶⁾. Son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos ⁽³⁷⁾. En los conidióforos, se pueden producir sobre fiálides que emergen directamente del micelio. Produce clamidosporas unicelulares. Estas estructuras son de vital importancia para la sobrevivencia del hongo en el suelo bajo condiciones adversas ⁽³⁷⁾.

La relación entre la temperatura y el desarrollo de *Trichoderma*, depende de la especie y del propio aislamiento, aunque de manera general esta varía entre 25 y 30 °C ⁽³⁸⁾. Sin embargo, a 30 °C, la actividad antagonista de esta especie es casi nula ⁽³⁸⁾. Todo lo cual constituyen evidencias de que la temperatura óptima para el crecimiento no necesariamente coincide con la de su actividad antagonista, y que existe estrecha relación entre aislamiento, antagonismo y temperatura ⁽³⁹⁾.

Las especies más usadas como agentes de control biológico hasta hace unos años fueron *Trichoderma virens* (Miller, Giddens & Foster) Arx, *T. viride* y fundamentalmente *T. harzianum*, que es antagonista de hongos fitopatógenos y de hongos vectores de virus ^(40,41). Actualmente diversas especies del género, y entre ellas *T. asperellum* ⁽⁴²⁾, son empleadas en el manejo de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en diversos cultivos de importancia económica (arroz, frijol, tomate, entre otros), con resultados positivos sobre algunos patógenos del suelo (*R. solani* y *S. rolfii*), en casas de cultivo y en campo ⁽⁴³⁻⁴⁵⁾.

Mecanismos de acción de *Trichoderma* como agente de control biológico

Trichoderma presenta diferentes mecanismos de acción, con efectos directos e indirectos. Entre los principales se encuentran la competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógeno ^(39,46). Además se informan otros, cuya acción biorreguladora es de forma indirecta, como la inducción de mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos, relacionados con la activación en la planta de compuestos afines con la resistencia (Inducción de Resistencia) ⁽³⁷⁾, la detoxificación de toxinas excretadas por patógenos y la desactivación de enzimas de estos durante el proceso de infección; la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas. Tienen la capacidad, además de crear un

ambiente favorable al desarrollo radical, lo que aumenta la tolerancia de la planta a estreses (37,39).

Mecanismo de acción directa

Competencia por espacio o por nutrientes

La competencia se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, lo cual reduce la cantidad de nutrientes y/o espacio disponible para los demás. De ahí que un factor esencial en la competencia es la limitación de un elemento (47).

La alta versatilidad en la utilización de sustratos por parte de las especies de *Trichoderma*, le permite colonizar el medio rápidamente y evitar la proliferación de otros microorganismos en el mismo hábitat. Posee una capacidad de movilización y toma de nutrientes del suelo superior a la de otros organismos, basada fundamentalmente, en la habilidad de obtener ATP a partir del metabolismo de diferentes azúcares o numerosos polímeros, presentes a diferentes concentraciones en entornos donde se desarrollan los hongos. Una de las explicaciones al respecto se debe a la presencia del transportador de glucosa de alta afinidad (Gtt1) en *T. harzianum* (CECT 2413), que le posibilita la obtención de energía a partir de polímeros hidrolizados y el rápido transporte del azúcar al interior de las células, cuando las concentraciones de glucosa son muy bajas (48).

Antibiosis

La antibiosis tiene lugar a través de interacciones que involucran componentes difusibles de bajo peso molecular o antibióticos producidos por aislamientos de *Trichoderma*, que inhiben el crecimiento de otros microorganismos (39,49,50).

La mayoría de las cepas de este género producen metabolitos tóxicos volátiles y no volátiles, muy diversos en cuanto a estructura y función, que impiden la colonización de los microorganismos patógenos (51). Entre estos compuestos se encuentran alquil-pironas (6-pentil- α -pirona), isonitrilos (isonitrina), poliquétidos (harzianolida), peptabioles (trichodermina, atroviridina, alameticina, suzucacilina y trichorzianina), dicetopiperacinas (gliovirina y gliotoxina), sesquiterpenos (ácido heptelídico) y esteroides (viridina), entre

otros. Una misma cepa puede producir simultáneamente varios antibióticos, lo que reduce el riesgo de aparición de microorganismos resistentes.

Micoparasitismo

El micoparasitismo consiste en un ataque directo de un hongo a otro, y conlleva a la modificación o la destrucción de alguna de las estructuras del hospedante (micelio, esporas, esclerocios u otras), con el consiguiente aprovechamiento de sus componentes como fuente de nutrientes.

El proceso micoparasítico es complejo y puede involucrar el crecimiento quimiotrófico de *Trichoderma* hacia el hospedante, estimulado por moléculas procedentes del mismo, como aminoácidos y azúcares; el reconocimiento mediado por lectinas; la formación de estructuras parecidas a apresorios que contienen altas concentraciones de solutos osmóticamente activos, como glicerol, y que facilitan la penetración; la secreción de enzimas hidrolíticas extracelulares; y finalmente la penetración y la muerte del hospedante ^(41,52,53). Se pueden apreciar cambios estructurales a nivel celular como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular ^(46,54,55).

Las enzimas que degradan las paredes celulares de los hongos fitopatógenos, pueden frecuentemente actuar de manera sinérgica en combinación con algunos compuestos tóxicos y/o metabolitos secundarios como los peptabioles, lo que facilita la entrada de la hifa de *Trichoderma* al lumen del hongo parasitado y la asimilación del contenido de la pared celular ⁽⁵⁶⁾. Estas enzimas se agrupan en diversas familias de quitinasas, glucanasas y proteasas.

Mecanismos de acción indirecta

La acción indirecta se basa, tanto en la capacidad que tiene el agente biocontrolador de estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas, como a la inducción de mecanismos de defensa de las plantas que incrementan su resistencia a una amplia gama de microorganismos fitopatógenos ^(37,39).

Trichoderma promueve el crecimiento vegetal, manifestado en la potenciación de la germinación seminal, crecimiento y desarrollo radical, toma y uso de nutrientes, resistencia a estrés abiótico, una floración más abundante y temprana, aumento de altura y peso de las

plantas, incluso un incremento en los rendimientos ^(56,57). Estos procesos están mediados por la síntesis o estimulación de la producción de fitohormonas por la planta debido a la interacción con algunas cepas de *Trichoderma*, como moléculas semejantes a citoquininas (zeatina) y giberelina GA3; así como por la acidificación del medio circundante debido a la excreción de ácidos orgánicos: glucónico, cítrico y fumárico, los que permiten la solubilización de fosfatos, micronutrientes y trazas minerales (hierro, manganeso y magnesio) ⁽³⁷⁾.

La inducción de resistencia local o sistémica por acción de *Trichoderma* es efectiva para muchos cultivos. Tiene semejanzas con la respuesta de hipersensibilidad (HR) y la resistencia sistémica adquirida (SAR).

Las especies de *Trichoderma* se han utilizado ampliamente en el control de patógenos del suelo, follaje y semillas. Entre los fitopatógenos controlados se encuentran: *R. solani*, *Fusarium* Schlecht. *oxysporum* f. sp. *dianthi* (Prill. & Del.) Snyder. & Hans, *Sclerotinia sclerotiorum* Lib., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., *S. rolfsii*, *Rosellinia bunodes* (Berk. & Br.) Sacc., *Phytophthora* sp. Heinrich Anton de Bary, *Phytophthora cinnamomi* Rands, *Phytophthora cactorum* (Lebert et Cohn) Schröter, *B. cinerea*, *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kumm., *Pythium* sp. Pringsh, y *Cryptonectria parasitica* (Murr.) Barr., entre otros ^(36,55).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La Marchitez o fusariosis del garbanzo, es la enfermedad de mayor importancia económica en este cultivo, y está distribuida a nivel mundial. Esta es causada por diferentes especies del género *Fusarium*, por lo que disponer de una correcta identificación del patógeno y la selección precisa de agentes de control biológico como alternativas para su control, constituyen elementos esenciales para la realización de un manejo más eficiente, que puedan combinarse con las restantes medidas de manejo de las enfermedades. Teniendo en cuenta que para reducir las afectaciones de la Marchitez, se recomiendan reiteradas e insuficientes aplicaciones de pesticidas, contar con cepas *Trichoderma asperellum* como microorganismo antagonista efectivos, además de reducir en gran medida las afectaciones de la enfermedad, se logra el ahorro de recursos por concepto de aplicación de productos químicos y a su vez, se reduce la fuerza de trabajo del personal dedicado a estas labores, lo que conlleva a un

menor grado de toxicidad en la salud humana, mejorando de la calidad de vida y por consiguiente, nos permite ajustarnos al desarrollo de una agricultura más ecológica y sostenible, considerando a su vez que *Trichoderma* no solo tiene la función de actuar como antifúngico, sino que también, es estimulador del crecimiento y desarrollo del cultivo y por ende los rendimientos serían altamente considerables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maessen LJG. *Cicer arietinum* L, a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation [Internet] [phd]. [Wageningen]: Veenman; 1972 [cited 28/04/2019]. 342 p. Available from: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/421726>
2. Chenea G, Crispín A, Larrea E. El cultivo del Garbanzo. In: Revisión Bibliográfica del Cultivo del Garbanzo. México: Limusa; 1975. p. 469–99.
3. Marichal R. Curso de mejora genética de leguminosas grano. CIEAM-IAMZ; 1988.
4. INFOAGRO. Agricultura. El cultivo del garbanzo. [Internet]. 2005. [cited 04/07/2011]. Available from: <https://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>
5. Valenzuela IP, Valenzuela RIV, Castro CMA, Pérez LMR, Sánchez EAS. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 2008;31(4):43–9.
6. Singh O, Rheen HA van, Rupela OP. Inheritance of a New Nonnodulation Gene in Chickpea. *Crop Science*. 1992;32(1):41–3. doi:10.2135/cropsci1992.0011183X003200010009x
7. Simorte T, Alarcón R, Lacasta C. Perspectivas de nuevas variedades de garbanzo. In: *Agricultura, Ecología y Desarrollo rural*. 2003. [cited 28/04/2019]. Available from: <http://www.agroecología.net/congresos/pamplna/43pdf>.
8. FAO. Seguimiento del Mercado de los cultivos de granos. [Internet]. 2010. [cited 28/04/2019]. Available from: <http://www.fao.org/search/es/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=Seguimi>

ento+del+Mercado+de+los+cultivos+de+granos%2C+2010&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fhome%2Fes%2F&ref=www.google.com%2F&ss=

9. Marginet C. El garbanzo y sus perspectivas. 2002. [cited 04/01/2004]. Available from: <http://www.alimentaciónsana.com.ar>.
10. Del Moral J. El garbanzo, un cultivo para el siglo XXI. 1998. [cited 16/01/2004] Available from: <http://www.juntaex.es>.
11. Shagarodsky T, Chiang ML, Cabrera M, Chaveco O, López MR, Dibut B, et al. Manual de instrucciones técnicas para el cultivo del garbanzo *Cicer arietinum* L) en las condiciones de Cuba. INIFAT-ETIAH, MINAG, Holguín. 2005:24.
12. Shagarodsky T, Morffi L, Chiang ML, Dueñas M, Vega M, López MR, et al. Producción de semilla de Garbanzo *Cicer arietinum* L.). Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT). 2007.
13. Shagarodski T. Informe de una mutación en la colección cubana de garbanzo *Cicer arietinum* L.). Cultivos Tropicales. 2004;25(4):75–6.
14. InfoAgro. El cultivo del garbanzo [Internet]. 2002 [cited 28/04/2019]. Available from: <https://infoagro.com/>
15. Aguaysol NC, de Lisi V, Muñoz L, Gonzalez V, Fogliata G, Ploper LD. Marchitamiento de plantas en cultivos de garbanzo *Cicer arietinum* del norte argentino, causado por *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia* sp. Avance Agroindustrial. 2013;34(4):25-7.
16. Nene Y, Sheila VK, Sharma SB. Important problems of Kabuli chickpea. In: Proceedings of the Consultative Meeting on Breeding for Diseases Resistance in Kabuli Chickpea. Syria: ICARDA, Aleppo; 1989. p. 1–23.
17. INIFAT. Propuesta de manejo para el cultivo del garbanzo en las condiciones de Sancti Spíritus. MINAGRI; 1999.
18. Singh KB, Reddy MV. Advances in disease-resistance breeding in chickpea. Advances in Agronomy. 1991;45:191–222.
19. INIFAT. Instrucciones técnicas para el cultivo del garbanzo *Cicer arietinum* L.) bajo las condiciones de Cuba. INIFAT; 1996.
20. García JL, González L, Shagarodsky T. Enfermedades del garbanzo, su importancia y posibles medidas de control. In: Resultados de las investigaciones para el desarrollo

presente y futuro del garbanzo en Cuba. VIII FORUM de Ciencia y Técnica, INIFAT-MINAGRI, Cuba. 1993. p. 42–52.

21. Tay UJ. Manual para la producción de garbanzo, recomendaciones para la siembra en suelos arcillosos. Boletín INIA. 2006;(143):108.
22. Haware MP, Nene YL. Races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri*. Plant Disease. 1982;66(9):809–10.
23. Martínez E, Barrios G, Rovesti L, Santos R. Manejo integrado de plagas. Manual práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal, Cuba. 2007;526.
24. AGRI-NOVA. Productos para Agricultura [Internet]. 2010 [cited 06/11/2019]. Available from: <http://www.agri-nova.com/>
25. Trapero Casas A, Jiménez Díaz RM. Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in southern Spain. Phytopathology. 1985;75:1146–51.
26. García JMD, Shagarodsky T, Fresneda JA, Fundora YH, González J. Caracterización de especies del género *Fusarium* en el cultivo del garbanzo *Cicer arietinum* en las provincias Ciudad Habana y la Habana. Temas de Ciencia y Tecnología. 2007;32(11):63–6.
27. Haware MP, Nene YL, Mathur SB. Seed-borne Diseases of chickpea. The Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Copenhagen, Denmark. No (ICRISAT), 1986
28. Fernandez DJ. Estudio de la interacción de *Fusarium* spp. con cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) asociados a la Fusariosis Vascular mediante técnicas biotecnológicas [Internet] [Tesis en acceso abierto]. [España]: Universidad de Córdoba; 2011 [cited 28/04/2019]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=56783>
29. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database [Internet]. 2009 [cited 28/04/2019]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
30. Guerrero A. Garbanzos. In: Cultivos Herbáceos Extensivos. 6ª edición. Mundi-Prensa, Madrid. 1999. [cited 28/04/2019]. 638 p. Available from: <http://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471147974/cultivos-herbaceos-extensivos->
31. Akrami M, Khiavi HK, Shikhlinski H, Khoshvaghtei H. Bio controlling two pathogens of chickpea *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum* by different combinations of

- Trichoderma harzianum, Trichoderma asperellum and Trichoderma virens under field condition. International Journal of Microbiology Research. 2013;1(2):52–5.
32. Merkuz A, Getachew A. Getachew A. Epidemic of Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. ciceri) of chickpea at wilt sick plot in Adet-Ethiopia. International Journal of Current Research. International Journal of Current Research. 2012;4(5):135–41.
33. Druzhinina I, Kubicek CP. Species concepts and biodiversity in Trichoderma and Hypocrea: from aggregate species to species clusters? Journal of Zhejiang University. Science. B. 2005;6(2):100–12. doi:10.1631/jzus.2005.B0100
34. Arenas V. Trichoderma pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. 2005;
35. Rifai MA. A revision of the genus Trichoderma. Mycological Papers. [Internet]. 1969 [cited 28/04/2019]. Available from: <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Link=T&TableKey=14682616000000061&Rec=2936&Fields=All>
36. Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology. 2004;2(1):43–56. doi:10.1038/nrmicro797
37. Rodríguez I, Arcia A. Efecto de doce aislamientos de *Trichoderma* spp., sobre el número, tiempo de formación y porcentaje de parasitismo de esclerocios de *Sclerotium rolfsii*, en cuatro temperaturas diferentes. Resumen). Fitopatol Venezol. 1993;6(2):54.
38. Martínez B, Infante D, Reyes Y. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista de Protección Vegetal. 2013;28(1):1–11.
39. Benítez T, Rincón AM, Limón MC, Codón AC. Control mechanisms of Trichoderma strains. International microbiology. 2004;7(4):249–60.
40. Samuels GJ, Lieckfeldt E, Nirenberg HI. *Trichoderma asperellum*, a new species with warted conidia, and redescription of *T. viride*. Sydowia. 1999;51(1):71–88.
41. Hoyos-Carvajal L, Orduz S, Bissett J. Genetic and metabolic biodiversity of Trichoderma from Colombia and adjacent neotropic regions. Fungal Genetics and Biology. 2009;46(9):615–31.
42. Martínez B, Reyes Y, Infante D, González E, Baños H, Cruz A. Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de Rhizoctonia sp. en arroz. Revista de Protección Vegetal. 2008;23(2):118–25.

43. Reyes Y, Martínez B, Infante D. Evaluación de la actividad antagonica de trece aislamientos de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia* sp. *Revista de Protección Vegetal*. 2008;23(2):112–7.
44. Harman GE. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant disease*. 2000;84(4):377–93.
45. Delgado-Jarana J, Moreno-Mateos MA, Benítez T. Glucose uptake in *Trichoderma harzianum*: role of gtt1. *Eukaryotic cell*. 2003;2(4):708–17.
46. Kubicek CP, Bissett J, Druzhinina I, Kullnig-Gradinger C, Szakacs G. Genetic and metabolic diversity of *Trichoderma*: a case study on South-East Asian isolates. *Fungal genetics and biology*. 2003;38(3):310–9.
47. Chet I, Inbar J. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1994;48(1):37–43. doi:10.1007/BF02825358
48. Tronsmo HL, Hjeljord A. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control, and overview. *Trichoderma and Gliocladium*. 1998;2:131–45.
49. Sid Ahmed A, Ezziyyani M, Pérez Sánchez C, Candela ME. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper *Capsicum annuum* plants. *European Journal of Plant Pathology*. 2003;109(6):418/26. doi:10.1023/A:1024734216814
50. Vey A, Hoagland RE, Butt TM. Toxic Metabolites of Fungal Biocontrol Agents. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (ed). *Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential*. CAB International, 2001: 311-46.
51. Viterbo A, Montero M, Ramot O, Friesem D, Monte E, Llobell A, et al. Expression regulation of the endochitinase chit36 from *Trichoderma asperellum* (T. harzianum T-203). *Current genetics*. 2002;42(2):114–22.
52. Ezziyyani M, Sánchez CP, Ahmed AS, Requena ME, Castillo MEC. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento *Capsicum annuum* L.). In: *Anales de biología*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia; 2004. p. 35–45.
53. Woo SL, Scala F, Ruocco M, Lorito M. The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi, and plants. *Phytopathology*. 2006;96(2):181–5.

54. Wiest A, Grzegorski D, Xu B-W, Goulard C, Rebuffat S, Ebbole DJ, et al. Identification of peptaibols from *Trichoderma virens* and cloning of a peptaibol synthetase. *Journal of Biological Chemistry*. 2002;277(23):20862–8.
55. Kim D-J, Baek J-M, Uribe P, Kenerley CM, Cook DR. Cloning and characterization of multiple glycosyl hydrolase genes from *Trichoderma virens*. *Current genetics*. 2002;40(6):374–84.
56. Benitez T. Biofungicides: *Trichoderma* as a biocontrol agent against phytopathogenic fungi. *Recent Research Developments in Microbiology*. 1998;2:129–50.
57. Stacey G, Keen NT, editors. *Plant-Microbe Interactions*. *Biologic Plantarum*. 2000;43(4):610. doi:10.1007/978-1-4613-1213-0