



Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo

Use of biostimulants in chickpea cultivation

^{ID}Indira López-Padrón*, ^{ID}Lisbel Martínez-González, ^{ID}Geydi Pérez-Domínguez,
^{ID}Yanelis Reyes-Guerrero, ^{ID}Miriam Núñez-Vázquez, ^{ID}Juan A. Cabrera-Rodríguez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700.

RESUMEN: El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es una de las leguminosas más importantes del mundo con una producción que ronda los 9 millones de toneladas. El cultivo es sensible a varios estreses abióticos como son: la salinidad, las temperaturas extremas y el exceso o deficiencia de humedad en el suelo; además, puede ser afectado por varias plagas y enfermedades. Los efectos adversos del uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura, ha propiciado el uso de diversos bioestimulantes en el garbanzo como alternativa segura al empleo de los mismos, ya sea para el aporte de nutrientes a las plantas como para el control y manejo de plagas y enfermedades; así como para la inducción de tolerancia a estreses abióticos. El uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) como biofertilizantes, ha sido una de las prácticas más utilizadas en este cultivo, aunque también se han empleado los hongos micorrízicos arbusculares, la coinoculación de bacterias de diferentes géneros y de bacterias y hongos. Además, se ha informado el empleo de otros bioestimulantes como los productos a base de algas o quitosano, para incrementar el rendimiento y la calidad de los granos. El objetivo de esta revisión bibliográfica es dar una visión actualizada sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo, haciendo énfasis en aquellos basados en microorganismos benéficos, extractos de algas y quitosano.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, rizobacterias, micorrizas, algas, quitosano.

ABSTRACT: Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important legumes in the world with a production of around 9 million tons. The crop is sensitive to several abiotic stresses such as: salinity, extreme temperatures and excess or deficiency of soil moisture; in addition, it can be affected by several pests and diseases. Adverse effects of the indiscriminate use of chemical products in agriculture have led to the use of various biostimulants in chickpea as a safe alternative to the use of these products, both for the supply of nutrients to plants and for the control and management of pests and diseases, as well as for the induction of tolerance to abiotic stresses. The use of plant growth-promoting bacteria (PGPB) as biofertilizers has been one of the most widely used practices in this crop, although arbuscular mycorrhizal fungi, co-inoculation of bacteria of different genera and of bacteria and fungi have also been used. In addition, the use of other biostimulants such as algae or chitosan-based products has been reported to increase grain yield and quality. The aim of this literature review is to give an updated view on biostimulant use in chickpea cultivation, with emphasis on those based on beneficial microorganisms, algal extracts and chitosan.

Key words: *Cicer arietinum*, rhizobacteria, mycorrhizae, algae, chitosan.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es considerado una de las legumbres más importantes del mundo por su alto valor nutritivo (1), al ser rico en proteínas, carbohidratos, minerales (2), almidón y lípidos; sobre todo en los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico y no poseer cantidades significativas de colesterol (1).

Es un cultivo cuyo rendimiento varía, en gran medida, dependiendo del cultivar, las condiciones edafoclimáticas y

de las atenciones culturales que reciba en el lugar donde se desarrolle (1,3,4). En dicho rendimiento también tiene gran influencia, el esquema de manejo que se siga para el control de plagas y enfermedades, las que pueden ocasionar cuantiosas pérdidas en el cultivo (1).

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), busca promover políticas y prácticas que apoyen la integración de los sectores agrícolas y productivos y que aseguren el manejo responsable y la disponibilidad de recursos naturales a largo plazo (5,6).

*Autor para correspondencia: shari@inca.edu.cu

Recibido: 10/09/2020

Aceptado: 06/04/2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Como se proyecta en la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030; en la actualidad es evidente la necesidad de una Agricultura Sostenible (5,6).

El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura; ya sea fertilizantes o fungicidas, ha afectado severamente los agroecosistemas, contribuyendo a la contaminación del suelo, el agua, los alimentos y hasta de los agricultores (7,8). Además ha producido desequilibrios nutricionales en las plantas y ha afectado el equilibrio ecológico, impidiendo el desarrollo de bacterias del suelo (7,8). El desarrollo de plagas resistentes a los pesticidas e incluso al surgimiento de nuevas especies también ha sido observado (7,8). Todo esto ha propiciado el aumento del uso de bioestimulantes en la agricultura (7,9,10).

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el propósito de estimular la eficiencia en la nutrición, la tolerancia a estreses abióticos y la calidad del cultivo, con independencia de su contenido de nutrientes (11).

De acuerdo con la definición anterior, dentro de las categorías de bioestimulantes se encuentran los extractos de algas marinas y de plantas, hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen N, las sustancias húmicas, el quitosano y otros biopolímeros, y bacterias y hongos beneficiosos (11).

El objetivo central de esta revisión bibliográfica es brindar una visión general y actualizada sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo, fundamentalmente aquellos basados en microorganismos benéficos, extractos de algas y quitosano.

GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL GARBANZO

En el mundo se cultivan alrededor de 12 millones de hectáreas de garbanzos, con una producción que ronda los 9 millones de toneladas. Los países más productores son India, Turquía, Pakistán, Irán, México, Australia y Canadá, mientras que los principales exportadores son Turquía y Australia (1).

Su rendimiento varía, en gran medida, dependiendo del cultivar, las condiciones edafoclimáticas y el manejo fitotécnico en el lugar donde se desarrolle (1,3,4). Por ejemplo; en un estudio realizado en Montecillo, México, en dos suelos de textura diferente, se observó que los niveles de urea afectaron la biomasa, el índice de cosecha, el rendimiento y sus componentes (4). Por otra parte, diversas variedades cubanas cultivadas en un suelo Ferralítico Rojo, entre los años 1998-1999, mostraron rendimientos que oscilaron desde 0,48 t ha⁻¹ hasta 2,36 t ha⁻¹ (3).

Se puede aplicar *Rhizobium* del garbanzo a la semilla, normalmente la simbiosis con bacterias fijadoras de Nitrógeno es suficiente para proveer cantidades necesarias de N, no obstante, se puede aconsejar la distribución de pequeñas cantidades de N (12). También, se plantea que este cultivo demanda altos niveles de azufre (13), aunque todavía no existen estudios exhaustivos sobre este tema (14,15).

Las principales plagas que afectan al garbanzo, a nivel mundial, en las áreas de cultivo son: *Liriomyza cicerina* (1),

Heliothis armigera (1), *Bruchus* sp. (16), *Plusia orichalcea* (16) y *Helicoverpa pagelotopoeon* (17), estando las dos primeras entre las principales plagas asociadas a este cultivo en Cuba (1).

En el caso de las enfermedades, las principales son las conocidas como la rabia del garbanzo, causada por *Ascochyta rabiei* (18,19) y la fusariosis (causada mayormente por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*), esta última, a nivel mundial, es uno de los principales factores limitantes del rendimiento del cultivo (1,20). También, se pueden encontrar otras como las pudriciones de las raíces (19,20) y la caída de almácigos o "damping off", la cual tiene como principales agentes causales a *Rhizoctonia* spp. y *Botritis* (21).

En cuanto a los estreses abióticos, el garbanzo es un cultivo sensible al estrés salino (1,22-24), a la sequía (22,24,25), al exceso de humedad (24) y a las bajas (22,24-26) y altas temperaturas (24,25). El uso de diversos bioestimulantes en la agricultura como alternativa segura al empleo de productos químicos se ha venido diversificando, ya sea para el aporte de nutrientes a las plantas, el control y manejo de plagas y enfermedades o para la inducción de tolerancia a estreses abióticos (7,9,11). En el cultivo del garbanzo también se ha ido incrementando el uso de algunos de estos productos con diferentes propósitos.

BIOESTIMULANTES MÁS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DEL GARBANZO

Entre los bioestimulantes más utilizados en el cultivo del garbanzo se encuentran los microorganismos benéficos, los extractos de algas y en los últimos años, las nanopartículas de quitosano, tanto solas como cargadas con algunos metales u otras sustancias. También, se han utilizado las sustancias húmicas y el Fitomas-E, entre otros.

Microorganismos benéficos

Diversos trabajos han demostrado la influencia de los microorganismos benéficos en la nodulación, el crecimiento y el rendimiento (27-32), en el contenido de proteínas de los granos (27,28,33) y en la biofortificación (33). Además, ellos estimulan la absorción de N, P, K, la actividad de las enzimas antioxidantes SOD y POD y el aumento de las concentraciones de ácidos orgánicos, con lo que reducen el pH de la rizosfera (34). Estos efectos se asocian a la capacidad de estos microorganismos de producir sideróforos y HCN (35), solubilizar minerales como el fósforo (35,36), aumentar la exudación de las raíces (34,37), quelatar el hierro (38), fijar nitrógeno atmosférico (35,38,39), sintetizar fitohormonas (35,38,40) e inhibir la infección por fitopatógenos (27,37,41,42).

Entre estos microorganismos, el uso de bacterias que promueven el crecimiento vegetal (BPCV), se ha convertido en una de las opciones más atractivas para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en muchas partes del mundo, debido a su respeto por el medio ambiente, el bajo costo de producción y el uso reducido de recursos no renovables (38); encontrándose como una de las prácticas más utilizadas en el cultivo del garbanzo (43).

Dentro de estas bacterias, las fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* son las más utilizadas en este cultivo (39,40,43-47). La aplicación de bacterias de este género a las semillas de garbanzo, normalmente ha sido suficiente para proveer cantidades necesarias de N a las plantas; no obstante, se aconseja el suministro de pequeñas cantidades de este mineral (44).

En estudio previo se reportó que con la aplicación de dos cepas cubanas de *Mesorhizobium* sp., a partir de una suspensión en agua a razón de 1:10 (v:v), se favoreció, tanto el crecimiento (altura, diámetro, masa total de la planta y masa seca de los nódulos), como el rendimiento (número y masa de vainas y número y masa de granos por planta) (39). Resultados similares se obtuvieron en España, con dos cepas aisladas del género *Mesorhizobium* (FCAP 26 y FCAP 04), que fueron capaces de aumentar el número de nódulos y favorecer el desarrollo de las plantas en condiciones de invernadero y de campo, así como de incrementar la producción de granos (46).

En Montecillo, Estado de México, la inoculación de las semillas de garbanzo con *Rhizobium etli*, estimuló el índice de área foliar, el índice de verdor y el rendimiento de granos (48).

Además de los efectos anteriores, se ha demostrado que las cepas de *Rhizobium* producen compuestos volátiles que inhiben el crecimiento de algunos patógenos del suelo como *R. solani* (27).

Otras bacterias también han mostrado sus efectos positivos en el cultivo del garbanzo. De esta forma, se comprobó que el uso de bacterias de las especies *Azotobacter vinelandii* y *Burkholderia cepacia*, en un suelo laterítico sódico de textura arcillosa de México, degradado y compactado, con un contenido de materia orgánica de 1,5 % y N orgánico 39 kg ha⁻¹ y con un 50 % de fondo nitrogenado, estimuló el crecimiento y el desarrollo de las plantas (49). En la India, biofertilizantes líquidos comerciales que contienen cepas de *Azotobacter* o solubilizadores de fosfato, mostraron efectos beneficiosos en la germinación y la longitud promedio del brote en entornos controlados y en el rendimiento en condiciones controladas y de campo (36).

En estudios realizados para el control del *Fusarium oxysporum* en el garbanzo, se comprobó que aislados de *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*, además de disminuir la incidencia de la marchitez por *Fusarium* (50), mejoraron la germinación de las semillas (50,51), estimularon indicadores del crecimiento de las plantas como la longitud de las raíces y los brotes (51) y la masa seca (50), así como el rendimiento (50,51). Por otra parte, en Argentina, al evaluar la actividad biocontroladora de *Trichoderma atroviride* frente a patógenos del suelo, se comprobó una menor incidencia de enfermedades durante el ciclo de cultivo, donde se observa un mayor poder biocontrolador cuando se usa en la semilla junto a un biopolímero, aunque también se observaron estos resultados al ser utilizado sólo en la semilla y aplicado al suelo (52).

Las bacterias del género *Pseudomonas* también son muy utilizadas para la estimulación del crecimiento y el rendimiento en el garbanzo y se ha demostrado su

efectividad para disminuir el uso de fertilizante químico (53), además de reducir en pruebas *in vitro* el crecimiento de *Rhizoctonia bataticola* y *Sclerotinia clerotiorum* y aplicadas a las semillas, reducen en pruebas de campo la incidencia de la enfermedad de pudrición de la raíz seca y pudrición del tallo causadas por estos hongos (54). También se demostró que *Pseudomonas aeruginosa*, suprimió la marchitez y la pudrición de la raíz causadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* y *Rhizoctonia solani*, respectivamente (40). La especie *Pseudomonas fluorescens* influyó sobre el marchitamiento vascular del garbanzo causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (55) y especies del género *Pseudomonas* tolerantes a la sal, han incrementado la sanidad del garbanzo sometido a estrés por salinización, observándose que *Pseudomonas putida* RA, moduló la expresión de genes sensibles al estrés por sal (56).

En otro estudio, dos cepas bacterianas solubilizadoras de P-Zn (*Bacillus* sp. cepa AZ17 y *Pseudomonas* sp. cepa AZ5), incrementaron el rendimiento de granos, el número de nódulos, la masa seca de los nódulos y la absorción de Zn y P en dos tipos de garbanzos cultivados en suelo fertilizado y no fertilizado, obteniéndose mejores resultados con la cepa de *Pseudomonas* sp. (31). También, se ha informado que las cepas de *Pseudomonas putida* NBRIRA y *Bacillus amyloliquefaciens* NBRISN13, tanto solas como en consorcio, fueron capaces de mejorar el estrés provocado por la sequía en cultivares sensibles y tolerantes de garbanzo; obteniéndose una mejor respuesta cuando se emplearon las cepas en consorcio (57).

La inoculación con dos aislados del género *Bacillus*, de la rizosfera de plantas de garbanzo, promovió el crecimiento de las plantas en condiciones de invernadero y presentaron un fuerte antagonismo *in vitro* ante *F. oxysporum*, *F. solani* y *R. solani*, además de la producción de sideróforos en medio CAS, solubilización de fósforo inorgánico y producción de ácido giberélico (18). Se ha comprobado que *Bacillus subtilis*, influyó sobre el marchitamiento vascular del garbanzo causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (55).

Otros resultados han mostrado que, aislados de *Serratia marcescens* aumentaron el rendimiento de granos del cultivo en suelos fértiles de áreas con irrigación y suelos deficientes de nutrientes en áreas de secano (58) y cepas de *Streptomyces* sp. exhibieron mayor número y masa de nódulos, así como mayor masa de raíces y de brotes a los 30 días después de la siembra (DAS) e incrementó el número y la masa de vainas, el área foliar, las masas de hojas y tallos a los 60 DAS y por consiguiente, en la cosecha, el rendimiento en granos fue superior (38).

Así mismo, la inoculación con una cepa de *Azospirillum lipoferum* (FK1), mejoró la tolerancia a la salinidad de plantas de garbanzo, expresado mediante la estimulación significativa de la absorción de nutrientes, la biomasa, la síntesis de pigmentos fotosintéticos, el intercambio gaseoso, el contenido de fenoles, flavonoides y los niveles de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. Además, las plantas inoculadas revelaron porcentajes más bajos de flujo de electrolitos, de H₂O₂ y MDA y exhibieron altos niveles de expresión de los genes relacionados con la tolerancia a la sal (59).

Por otra parte, una cepa de *Aneurinibacillus migulanus* (FSZ 28) aislada de nódulos de *Cicer arietinum* L. cultivados en un suelo de la localidad de Fuentesauco en Zamora (España), presentó la capacidad de inhibir el crecimiento de diferentes especies de *Fusarium* (46). Más recientemente, se aisló de la rizosfera de las plantas de garbanzo una cepa de rizobacteria promotora del crecimiento vegetal identificada como *Cedecea davisae* RS3, la cual mejoró el comportamiento del cultivo bajo condiciones de déficit de nitrógeno (60).

Resultados favorables se han encontrado, también, con la coinoculación de BPCV. De esta forma, en ensayos de invernadero, se encontró que la coinoculación con *Mesorhizobium* sp. FCAP 26 y *Bacillus halotolerans* FSZ 47, estimuló el crecimiento y desarrollo de las plantas y la producción de semillas. Además, al realizar un ciclo de rotación con trigo se aumentó el contenido de carbono y nitrógeno en el suelo (46).

Otros resultados mostraron que la coinoculación con *Bacillus lentus*, *Pseudomonas putida* y *Trichoderma harzianum*, produjo el mayor rendimiento en granos, además, propició un mayor contenido de N, P₂O₅, K₂O, Fe y Mg en las hojas y los granos, nutrientes que juegan un papel fundamental en la síntesis de clorofilas y en la fotosíntesis (61). Por otra parte, la coinoculación con *Rhizobium* y bacterias solubilizadoras de fosfato estimuló la acumulación de masa seca, el rendimiento y el contenido de proteínas de los granos (62).

También, se han utilizado, en este cultivo, microorganismos a base de hongos micorrízicos arbusculares, HMA (27,33,47), los cuales estimularon la productividad de los cultivos (33) y mejoraron la absorción de P, Mn, K, Cu y Fe en las plantas (63).

La inoculación del garbanzo con los hongos micorrízicos arbusculares *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus irregularis*, aumentó la biomasa y el rendimiento de las plantas y fueron efectivos para mejorar el valor nutricional del grano estimulando la concentración de proteínas, Fe y Zn, siendo mayores estos resultados cuando se utilizó un inóculo de origen local en lugar de uno foráneo (33).

Se ha comprobado que la inoculación con HMA y la coinoculación HMA + *Rhizobium etli*, incrementó la altura, el número y la masa de los granos por planta (64), mientras que la coinoculación con *Rhizobium*, HMA y bacterias solubilizadoras de fosfato mejoró significativamente los indicadores de crecimiento y rendimiento de las plantas (45).

Los resultados expuestos demuestran la efectividad de la inoculación de las semillas de garbanzo tanto con rizobacterias promotoras del crecimiento (RPCV) como con HMA o con la combinación de ellos para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que se traduce en un incremento del rendimiento y además en una mejor calidad nutricional de los granos. Por otra parte, se estimula la tolerancia de las plantas a estreses abióticos, así como se inhibe el crecimiento de diferentes patógenos causantes de enfermedades en el cultivo del garbanzo.

Productos a base de algas

El uso de algas y productos elaborados a partir de estas se ha extendido a diferentes cultivos (65-68) y en el garbanzo, también se informa su uso para estimular el rendimiento y contrarrestar los efectos dañinos inducidos por plagas, enfermedades y estreses abióticos (69-71).

Dos aplicaciones de 1 mL L⁻¹ de extracto de algas marinas, indujeron efectos promotores significativos sobre el crecimiento y el rendimiento e indujo cambios favorables en la calidad de la semilla y el perfil del patrón proteico del garbanzo. Además, indujo cambios favorables en la estructura anatómica de hojas y tallos, debido principalmente a un incremento marcado en el grosor de los tejidos de la corteza, el floema y el xilema (69).

Resultados similares muestran que, la aplicación foliar de extractos preparados a partir de las algas *Kappaphycus alvarezzi* y *Gracilaria* sp. al 10 %, mejoraron significativamente el rendimiento y sus componentes (13).

Por otra parte, la inoculación con la cianobacteria *Anabaena laxa* y la coinoculación de una biopelícula de *Anabaena laxa-Rhizobium*, han estimulado el contenido de leghemoglobina de los nódulos, así como la fijación de nitrógeno, el nitrógeno disponible y la actividad microbiana del suelo, lo que repercutió favorablemente sobre el crecimiento de la planta y el rendimiento en granos, obteniéndose el mejor resultado con la inoculación de *Anabaena laxa* (2).

Al tratar plantas de garbanzo con la microalga *Chroococcus minutus* y efluentes de destilería, se observó un mejor porcentaje de germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas (72). También se ha observado que el uso de las cianobacterias *Nostoc commune* y *Anabaena circinalis* aisladas en el sudeste de Iraq, incrementó la habilidad de las plantas para fijar nitrógeno, lo cual influyó en el crecimiento y rendimiento del cultivo, ayudando a una reducción de 30-50 % del fertilizante químico (73).

En tejidos de garbanzo tratados con preparaciones de polisacáridos de *Hypnea musciformis* (algas rojas), *Padina tetrastratica* (algas pardas) y *Ulva lactulus* (algas verdes), se identificaron fitoalexinas inducidas (67). También se comprobó que un inductor de resistencia a estrés biótico (k-carragenano), obtenido de *Hypnea musciformis*, indujo fitoalexinas en los tejidos de las semillas (74). Además, la aplicación de una solución de este polisacárido alrededor de las semillas, en el momento de la siembra, estimuló los indicadores de crecimiento, indujo una floración temprana y produjo un alto contenido de metabolitos secundarios asociados a la resistencia a enfermedades en hojas, tallos y granos de las plantas (75).

Otros resultados muestran que extractos fenólicos de *Spirulina* presentan actividad antifúngica contra *Fusarium graminearum* (76,77). Por otra parte, extractos de *Sargassum muticum* y *Jania rubens*, mejoraron los indicadores de crecimiento en plantas de garbanzo sometidas a estrés salino y estimularon las actividades de las enzimas superóxido dismutasa y peroxidasa.

A la vez se identificaron en estos extractos, cuatro aminoácidos claves, incluyendo serina, treonina, prolina y ácido aspártico a partir de sus raíces, los cuales contribuyen a mejorar la tolerancia ante un estrés salino (78).

Además, se ha recomendado el uso de extractos de *Ascophyllum nodosum* para reducir los efectos negativos del estrés por sequía en la germinación de semillas de garbanzo (71). Los productos formulados a base de algas en el garbanzo, no sólo presentan efectos sobre la estimulación de la germinación, el crecimiento y el rendimiento, sino también ayudan a mejorar la calidad de las cosechas y estimulan la tolerancia a diferentes estreses abióticos, además de presentar propiedades antifúngicas.

Productos a base de quitosano

El quitosano es un biopolímero que actúa como promotor del crecimiento vegetal en algunos cultivos, incrementa la producción y protege a las plantas contra patógenos. Tiene un efecto significativo sobre el crecimiento de raíces y tallos y estimula la floración y el número de flores. Estas moléculas son fuertemente hidrofílicas y atenúan el daño provocado por el estrés en las células vegetales (79). Por estas razones ha sido utilizado por los agricultores como biopesticida y biofertilizante desde la década del 80 del pasado siglo y para esto se ha aplicado como enmienda del suelo, por aspersión foliar, a frutos y semillas, tanto solo como en combinación con otros tratamientos para prevenir el desarrollo de enfermedades en las plantas o acelerar las defensas innatas de las mismas contra patógenos (80-83).

En el cultivo del garbanzo se ha comprobado que, durante la germinación, semillas tratadas con quitosano excretaron varias proteínas, que tienen un efecto inhibitorio *in vitro* sobre el crecimiento del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* y, por ende, estos exudados protegen a las semillas de los patógenos del suelo, durante la germinación (84). Más recientemente, se identificaron 325 proteínas y 65 metabolitos asociados a la respuesta inmune estimulada por el quitosano ante *Fusarium* en este cultivo, los cuales están relacionados con la producción de especies activas de oxígeno, el movimiento estomático, el desarrollo de los nódulos y la arquitectura de las raíces (85).

En los últimos años, se ha comprobado que las nanopartículas de quitosano pueden actuar como estimuladores del crecimiento y como agentes antimicrobianos contra hongos patógenos y bacterias en la agricultura. Además, pueden actuar como nanoconductores para otros agroquímicos existentes (86). Así, se ha demostrado que nanocompuestos de quitosano y de quitosano-metales mostraron una buena actividad antifúngica contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* en el cultivo del garbanzo y además, estimularon el crecimiento de las plantas, en comparación con las plantas control. Se destacaron los nanocompuestos quitosano-CuO y quitosano-ZnO en la reducción de la enfermedad provocada por el patógeno (87).

También, nanopartículas de quitosano-Ag mostraron un efecto promotor sustancial del crecimiento, dado por una estimulación en la germinación de las semillas, en la longitud y masa fresca y seca de las plantas. Se encontró un incremento en el contenido de clorofilas y en las actividades

de las enzimas ascorbato peroxidasa, catalasa y peroxidasa, lo que abre la posibilidad de usar estas nanopartículas como estimuladores del crecimiento en el cultivo del garbanzo (88). Un efecto positivo en la germinación, el crecimiento y en la inducción de enzimas defensivas de plantas de garbanzo, se encontró además, cuando se utilizaron nanopartículas de quitosano cargadas con tiamina (89).

Todos estos resultados revelan las potencialidades de los productos a base de quitosano para ser usados como estimuladores del crecimiento y el rendimiento y como bioprotectores ante el ataque de determinados patógenos en el cultivo del garbanzo.

Otros bioestimulantes

Varios resultados han mostrado que la aplicación de determinadas dosis de ácidos húmicos al suelo en el momento de la siembra y en prefloración, estimuló el crecimiento y el rendimiento en granos (90), así como el rendimiento en proteínas de plantas de garbanzo de la variedad 'Çağatay' en Turquía (91). Resultados similares fueron informados, posteriormente, en cuanto a la estimulación del rendimiento y sus componentes en plantas sometidas a diferentes regímenes de riego (92).

Además, la aspersión foliar de ácidos húmicos y ácido naftalenacético (ANA) estimuló el crecimiento de las plantas a través del incremento de indicadores como la altura, el número de ramas, el área foliar, la masa seca total, así como componentes del rendimiento como el número de vainas por planta, la masa de 100 semillas y el rendimiento de semillas por hectárea (93).

Por otra parte, se ha informado, también, la eficacia de los ácidos húmicos en reducir la severidad del marchitamiento de las plantas de garbanzo cv. Giza 3, causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (94).

En Cuba, el uso de Fitomas-E, a razón de 0,5 L ha⁻¹ en plantas de garbanzo variedad N-27, incrementó el número de vainas y granos por planta, la masa de 100 granos y el rendimiento, en condiciones normales y bajo estrés por sequía (23).

El tratamiento de semillas de garbanzo sometidas a estrés osmótico leve, con ácido elágico (50 ppm), aislado y purificado a partir de *Padina boryana* Thivy, aceleró la germinación y el crecimiento de las plántulas; además, estimuló la capacidad antioxidante total, a través del incremento de algunos metabolitos y enzimas antioxidantes (95).

CONCLUSIONES

- El uso de bioestimulantes para incrementar los rendimientos agrícolas y para la prevención y el tratamiento de plagas y enfermedades en las plantas se ha extendido en diferentes cultivos y el garbanzo no ha sido la excepción. Los más utilizados han sido los basados en microorganismos benéficos, con énfasis en las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y dentro de éstas las del género *Rhizobium*, que pueden sustituir entre 50-100 % del fertilizante nitrogenado, mediante la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

No obstante, los resultados expuestos demostraron que la inoculación con rizobacterias de otros géneros también ha sido beneficiosa.

- En los últimos tiempos, la coinoculación con bacterias de diferentes géneros, ha sido muy utilizada, ya que ha resultado una forma efectiva de incrementar los rendimientos y disminuir la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo. Por otra parte, se ha empleado también la coinoculación de RPCV y HMA, ya que se ha demostrado que las rizobacterias favorecen la infección micorrízica de las plantas, lo que repercute en una mayor absorción de agua y nutrientes y, por ende, en una estimulación del crecimiento y desarrollo de las mismas.
- De forma general, es muy conveniente el empleo de estos bioestimulantes microbianos, ya que, evita la degradación de los suelos, contribuye a restablecer el equilibrio microbiano y reduce la contaminación ambiental al disminuir el uso de agroquímicos. Por otra parte, se incrementa el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, promoviendo el crecimiento, el rendimiento y la disminución del efecto dañino que provocan diferentes estreses abióticos. Además se protege el sistema radical de la infección de patógenos presentes en el suelo, mediante la activación de los mecanismos defensivos de las plantas.
- En la actualidad existen numerosos bioestimulantes a nivel internacional basados en extractos de algas; los cuales han sido utilizados en diversos cultivos con resultados beneficiosos. De igual forma, el quitosano ha sido ampliamente utilizado en la agricultura, dadas sus características no sólo de estimular el crecimiento y el rendimiento, sino también a su capacidad para estimular la respuesta defensiva de las plantas ante el ataque de determinados patógenos. En el cultivo de garbanzo, si bien en los últimos años se le ha prestado atención al uso de nanopartículas de quitosano, es necesario incrementar más aun la utilización de todos estos bioestimulantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabeza RC, Escobar IH, Zayas IU, Robaina FR, Gil MED, Dubergel EF, et al. El cultivo de algunas legumbres para la producción local de alimentos y la mitigación del cambio climático PARTE I. El cultivo del frijol carita o caupí (*Vigna unguiculata* Lin). Anuario Ciencia en la UNAH [Internet]. 2018 [cited 24/08/2021];16(1). Available from: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/994>
2. Bidyarani N, Prasanna R, Babu S, Hossain F, Saxena AK. Enhancement of plant growth and yields in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) through novel cyanobacterial and biofilmed inoculants. Microbiological Research [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];188- 189:97-105. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.04.005>
3. Shagarodsky T, Chiang ML, López Y. Evaluación de cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. Agronomía Mesoamericana [Internet]. 2001;12(1):95-8. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712113.pdf>
4. Barrios MA, Estrada JASE, González MTR, Barrios PA. Rendimiento de garbanzo en función del tipo de suelo y niveles de nitrógeno. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [Internet]. 2015;2:295-9. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263141553035.pdf>
5. Commission Regulation. Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety [Internet]. OJ L, 32002R0178 CONSIL, EP; Feb 1, 2002. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32002R0178&qid=1629823328145>
6. Colglazier W. Sustainable development agenda: 2030. Science [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021]; 349(6252): 1048-50. <https://doi.org/10.1126/science.aad2333>
7. García-González JE. Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica y su relación con América Latina. Manejo Integrado de Plagas [Internet]. 2002;(64):116-24. Available from: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IisScript=oet.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=024515>
8. Shaikh SS, Sayyed RZ. Role of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Their Formulation in Biocontrol of Plant Diseases. In: Arora NK, editor. Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets [Internet]. New Delhi: Springer India; 2015 [cited 24/08/2021]. p. 337-51. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2068-8_18
9. Dias GA, Rocha RHC, Araújo JL, Lima JF, Guedes WA. Growth, Yield, And Postharvest Quality In Eggplant Produced Under Different Foliar Fertilizer (*Spirulina platensis*) Treatments. Semina: Ciências Agrárias [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];37(6):3893-3902. Available from: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/323726>
10. Doimeadiós Reyes Y, Sánchez Llanes A. Productividad y eficiencia en la economía cubana: una aproximación empírica. Economía y Desarrollo [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];153:90-107. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0252-85842015000100006&lng=es&nrm=iso&tlang=es
11. du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];196:3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
12. Miramontes JAÁ, Zaldo GP, Heredia DM, Santoyo FJR, Espericueta MÁC, Murrieta PO. Respuesta de algunos componentes del rendimiento del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación de *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la región agrícola de La Costa de Hermosillo. BIOTecnica. 2015;17(3):3-8.
13. Yadav SL, Verma A, Nepalia V. Effect of phosphorus, sulphur and seaweed sap on growth, yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Research on Crops [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];17(3):496. <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2016.00082.6>

14. Vargas-Blandino D, Cárdenas-Travieso RM. Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático. Cultivos Tropicales [Internet]. 2021;42(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362021000100009&script=sci_art-text&lng=pt
15. Del Moral, J.; Mejías A. y López, M. El cultivo del garbanzo. Diseño para una agricultura sostenible. Hojas divulgadoras No. 12/94HD. [Internet]. Ministerio de agricultura Pesca y Alimentación: España. 1996;23. Available from: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibur.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001883>
16. Gaur PM, Tripathi S, Gowda CL, Ranga Rao GV, Sharma HC, Pande S, et al. Chickpea seed production manual. International Crops Research Institute for the Semi- Arid Tropics. 2010;28.
17. Balcazar G, Garelli I, Gerez G, Molina J, Sánchez N. Incidencia de *Helicoverpa pagelotopoeon* Dyar. sobre el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el NE de Córdoba. [Internet]. Métodos cuantitativos para la investigación agropecuaria. 2017. [cited 24/08/2021]. Available from: <http://hdl.handle.net/11086/6589>
18. Herrera EF, Rentería MEM, Salazar SFM, Peña NJ, Bustos IIR. Bacteria of the chickpea rhizosphere with antagonistic capacity to phytopathogenous fungi and plant growth promotion. Tropical and Subtropical Agroecosystems [Internet]. 2018 [cited 24/08/2021];21(3). Available from: <https://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2548>
19. de Lisi V, Reznikov S, Henriquez DD, Aguaysol NC, Acosta ME, Gonzalez V, et al. Situación sanitaria del cultivo de garbanzo en la provincia de Tucumán y detección de rabia (*Ascochyta rabiei*) en la provincia de Catamarca. 2013 [cited 24/08/2021]; Available from: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/7321>
20. Fierros Leyva GA, Acosta Gallegos JA, Ortega Murrieta PF, Padilla Valenzuela I, Álvarez Bravo A, Ramírez Soto M, et al. Distribución de hongos asociados a pudriciones de raíz del garbanzo. Revista mexicana de ciencias agrícolas [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];10(1):131-42. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1730>
21. Barbuy MV, Rodríguez AV, Cordes G. Caída de almagicos "Damping Off" en garbanzo. 2019 [cited 24/08/2021]; Available from: <http://repositorio.in-ta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/6413>
22. Mantri NL, Ford R, Coram TE, Pang ECK. Evidence of unique and shared responses to major biotic and abiotic stresses in chickpea. Environmental and Experimental Botany [Internet]. 2010 [cited 24/08/2021];69(3):286-92. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.003>
23. Meriño-Hernández Y, Rodríguez-Hernández P, Cartaya-Rubio O, Dell'Amico- Rodríguez JM, Boicet-Fabré T, Shagarodsky-Scul T, et al. Acumulación de iones y tolerancia a la salinidad en diferentes cultivares cubanos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Cultivos Tropicales [Internet]. 2018 [cited 24/08/2021];39(4):42-50. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362018000400006&lng=es&nrm=iso&lng=pt
24. Jha UC, Chaturvedi SK, Bohra A, Basu PS, Khan MS, Barh D. Abiotic stresses, constraints and improvement strategies in chickpea. Plant Breeding [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];133(2):163-78. <https://doi.org/10.1111/pbr.12150>
25. Kaloki P, Devasirvatham V, Tan DK. Chickpea abiotic stresses: combating drought, heat and cold. Abiotic and Biotic Stress in Plants [Internet]. 2019; Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/65127>
26. Nayyar H, Bains TS, Kumar S. Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. Environmental and Experimental Botany [Internet]. 2005 [cited 24/08/2021];54(3):275-85. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.09.007>
27. Rahman GM, Monira S. Performance of Biofertilizers on Growth and Yield of Chickpea. 2018; Available from: <http://bsmrau.edu.bd/seminar/wp-content/uploads/sites/318/2018/05/Seminar-Paper-Sirajum-Munira.pdf>
28. Saini R, Dudeja SS, Giri R, Kumar V. Isolation, characterization, and evaluation of bacterial root and nodule endophytes from chickpea cultivated in Northern India. Journal of Basic Microbiology [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];55(1):74-81. <https://doi.org/10.1002/jobm.201300173>
29. El-Mokadem MT, Helemish FA, Abou-Bakr ZYM, Sheteawi SA. Associative effect of *Azospirillum lipoferum* and *Azotobacter chroococcum* with *Rhizobium* spp. on mineral composition and growth of chickpea (*Cicer arietinum*) on sandy soils. Zentralblatt für Mikrobiologie [Internet]. 1989 [cited 24/08/2021];144(4):255-65. [https://doi.org/10.1016/S0232-4393\(89\)80087-3](https://doi.org/10.1016/S0232-4393(89)80087-3)
30. Martínez-Hidalgo P, Hirsch AM. The Nodule Microbiome: N₂-Fixing Rhizobia Do Not Live Alone. Phytobiomes Journal [Internet]. 2017 [cited 24/08/2021];1(2):70-82. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-12-16-0019-RVW>
31. Zaheer A, Malik A, Sher A, Mansoor Qaisrani M, Mehmood A, Ullah Khan S, et al. Isolation, characterization, and effect of phosphate-zinc-solubilizing bacterial strains on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth. Saudi Journal of Biological Sciences [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];26(5):1061-7. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.04.004>
32. Kumari N, Mondal S, Mahapatra P, Meetei TT, Devi YB. Effect of Biofertilizer and Micronutrients on Yield of Chickpea. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences [Internet]. 2019;8(01):2389-97. Available from: <https://www.ijcmas.com/8-1-2019/Nirma-la%20Kumari,%20et%20al.pdf>
33. Pellegrino E, Bedini S. Enhancing ecosystem services in sustainable agriculture: Biofertilization and biofortification of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biology and Biochemistry [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];68:429-39. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.030>

34. Israr D, Mustafa G, Khan KS, Shahzad M, Ahmad N, Masood S. Interactive effects of phosphorus and *Pseudomonas putida* on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth, nutrient uptake, antioxidant enzymes and organic acids exudation. Plant Physiology and Biochemistry [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];108:304-12. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.07.023>
35. Verma J, Yadav J. Evaluation of plant growth promoting rhizobacteria and their effect on plant growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture production. Int. J. Res. Eng. IT Soc. Sci. [Internet]. 2012;2:51-7. Available from: https://www.researchgate.net/publication/285880641_Evaluation_of_plant_growth_promoting_rhizobacteria_and_their_effect_on_plant_growth_and_grain_yield_of_chickpea_Cicer_arietinum_L_under_sustainable_agriculture_production
36. Ansari MF, Tipre DR, Dave SR. Efficiency evaluation of commercial liquid biofertilizers for growth of *Cicer arietinum* (chickpea) in pot and field study. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];4(1):17-24. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.09.010>
37. Akrami M, Khiavi HK, Shikhlinski H, Khoshvaghtei H. Biocontrolling 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 Agricultural Science Research [Internet]. 2012;1(3):41-5. Available from: <https://www.internationaljournalofagriculturalscience.com/articles/bio-controlling-two-pathogens-of-chickpea-fusarium-solani-and-fusarium-oxysporum-by-different-combinations-of-trichoderma.pdf>
38. Gopalakrishnan S, Srinivas V, Alekhya G, Prakash B, Kudapa H, Rathore A, et al. The extent of grain yield and plant growth enhancement by plant growth-promoting broad-spectrum *Streptomyces* sp. in chickpea. SpringerPlus [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];4(1):31. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0811-3>
39. Ortega García M, Shagarodsky Scull T, Dibut Álvarez BL, Ríos Rocafull Y, Tejeda González G, Gómez Jorrián LA. Influencia de la interacción entre el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y la inoculación con cepas seleccionadas de *Mesorhizobium* spp. Cultivos Tropicales [Internet]. 2016;37:20-7. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362016000500003&script=sci_art-text&tlng=pt
40. Yadav J, Verma JP. Effect of seed inoculation with indigenous Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria on nutrients uptake and yields of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Soil Biology [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];63:70-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.05.001>
41. Echevarría A, Triana A, Rivero D, Rodríguez A, Martínez B. Generalidades del cultivo de garbanzo y alternativa biológica para el control de la Marchitez. Cultivos Tropicales [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];40(4). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362019000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
42. Albuquerque da Silva Campos M. Bioprotection by arbuscular mycorrhizal fungi in plants infected with *Meloidogyne nematodes*: A sustainable alternative. Crop Protection [Internet]. 2020 [cited 24/08/2021];135:105203. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105203>
43. Dibut B, Shagarodsky T, Martínez R, Ortega M, Ríos Y, Fey L. Biofertilización del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con *Mesorhizobium cicerii* cultivado sobre suelo Ferralítico Rojo. Cultivos Tropicales [Internet]. 2005;26(1):5-9. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215916001.pdf>
44. Cota AG, Yañez GA, Esquer EJ, Anduaga R, Barrón JM. Efecto de la variedad y la fertilización en indicadores de calidad proteica in-vitro de dos variedades y una línea de garbanzo (*Cicer arietinum*). Revista chilena de nutrición [Internet]. 2010;37(2):193-200. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182010000200008&script=sci_arttext&tlng=n
45. Pramanik K, Bera AK. Response of biofertilizers and phytohormone on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Crop and Weed [Internet]. 2012;8(2):45-9. Available from: <https://www.cro-pandweed.com/archives/2012/vol8issue2/10.pdf>
46. Cruz González XA. Análisis genotípico, fenotípico y funcional de bacterias aisladas de nódulos de *Cicer arietinum* L. para la evaluación de su potencial como biofertilizantes agrícolas en cultivos de garbanzo y trigo. 2018 [cited 24/08/2021]; <https://doi.org/10.14201/gre-dos.139493>
47. Solaiman ARM, Rabbani MG, Hossain D, Hossain GMA, Alam MS. Influence of phosphorus and inoculation with Rhizobium and AM fungi on growth and dry matter yield of chickpea. Bangladesh Journal of Scientific Research [Internet]. 2012;25(1):23-32. Available from: https://www.researchgate.net/publication/325145221_Influence_of_phosphorus_and_inoculation_with_Rhizobium_and_AM_fungi_on_growth_and_dry_matter_yield_of_chickpea
48. Barrios MMA, Estrada JASE, González MMTR, Barrios PA. Rendimiento de garbanzo verde en función de la densidad de población, biofertilización y fertilización foliar. Academia Journals. 2017;6(2):129. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Apaez-Barrios/publication/322939694_RENDIMIENTO_DE_GARBANZO_VE_RDE_EN_FUNCION_DE_LA_DENSIDAD_DE_POBLACION_BIOFERTILIZACION_Y_FERTILIZACION_FOLIAR/links/5a78b1c2a6fdcc4ffe90b1ed/RENDIMIENTO-DE-GARBANZO-VERDE-EN-FUNCION-DE_LA_DENSIDAD_DE_POBLACION_BIOFERTILIZACION_Y_FERTILIZACION_FOLIAR.pdf
49. Sánchez-Yañez JM, Villegas-Moreno J, Vela-Muzquiz GR, Marquez-Benavides L. Respuesta del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación con *Azotobacter vinelandii* y *Burkholderia cepacia* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. Scientia Agropecuaria [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];5(3):115-20. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.01>

50. Shabir-U-Rehman, Dar WA, Ganie SA, Bhat JA, Mir GH, Lawrence R, et al. Comparative efficacy of *Trichoderma viride* and *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* causing wilt of chickpea. African Journal of Microbiology Research [Internet]. 2013 [cited 24/08/2021];7(50):5731-6. <https://doi.org/10.5897/AJMR2013.6442>
51. Dubey SC, Suresh M, Singh B. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* for integrated management of chickpea wilt. Biological Control [Internet]. 2007 [cited 24/08/2021];40(1):118-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.06.006>
52. Caballero WA, Senés PJ, Toumanian AG. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma atroviride* en el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) [Internet]. 2016. Available from: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4847>
53. Joshi D, Chandra R, Suyal DC, Kumar S, Goel R. Impacts of Bioinoculants *Pseudomonas jesenii* MP1 and *Rhodococcus qingshengii* S10107 on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Yield and Soil Nitrogen Status. Pedosphere [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];29(3):388-99. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(19\)60807-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(19)60807-6)
54. Patel DB, Singh HB, Shroff S, Sahu J. Antagonistic efficiency of *Pseudomonas* strains against soil borne disease of chickpea crop under *in vitro* and *in vivo*. Elixir Agriculture [Internet]. 2011;30:1774-7. Available from: [https://www.elixirpublishers.com/articles/1351083604_30%20\(2011\)%201774-1777.pdf](https://www.elixirpublishers.com/articles/1351083604_30%20(2011)%201774-1777.pdf)
55. Ramezani H. Efficacy of some fungal and bacterial bioagents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on chickpea. Plant Protection Journal. 2009;1(1):108-113
56. Jatan R, Chauhan PS, Lata C. *Pseudomonas putida* modulates the expression of miRNAs and their target genes in response to drought and salt stresses in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Genomics [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];111(4):509-19. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2018.01.007>
57. Kumar M, Mishra S, Dixit V, Kumar M, Agarwal L, Chauhan PS, et al. Synergistic effect of *Pseudomonas putida* and *Bacillus amyloliquefaciens* ameliorates drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Signaling & Behavior [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];11(1):e1071004. <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1071004>
58. Zaheer A, Mirza BS, Mclean JE, Yasmin S, Shah TM, Malik KA, et al. Association of plant growth-promoting *Serratia* spp. with the root nodules of chickpea. Research in Microbiology [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];167(6):510-20. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2016.04.001>
59. El-Esawi MA, Al-Ghamdi AA, Ali HM, Alayafi AA. *Azospirillum lipoferum* FK1 confers improved salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) by modulating osmolytes, antioxidant machinery and stress-related genes expression. Environmental and Experimental Botany [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];159:55-65. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.12.001>
60. Mazumdar D, Saha SP, Ghosh S. Isolation, screening and application of a potent PGPR for enhancing growth of Chickpea as affected by nitrogen level. International Journal of Vegetable Science [Internet]. 2020 [cited 24/08/2021];26(4):333-50. <https://doi.org/10.1080/19315260.2019.163240>
61. Mohammadi K, Ghalavand A, Aghaali Khani M. Effect of organic matter and biofertilizers on chickpea quality and biological nitrogen fixation. World Academy of Science, Engineering and Technology [Internet]. 2010;44:1154-9. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.294.2140&rep=rep1&type=pdf>
62. Jat RS, Ahlawat IPS. Direct and Residual Effect of Vermicompost, Biofertilizers and Phosphorus on Soil Nutrient Dynamics and Productivity of Chickpea-Fodder Maize Sequence. Journal of Sustainable Agriculture [Internet]. 2006 [cited 24/08/2021];28(1):41-54. https://doi.org/10.1300/J064v28n01_05
63. Farzaneh M, Vierheilig H, Lössl A, Kaul HP. Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. Plant, Soil and Environment [Internet]. 2011;57(10):465-70. Available from: https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/133_2011-PSE.pdf
64. Borbón-Gracia A, Pérez-Márquez J, García-Camarena MG, Ramírez-Soto M. Aplicación de biofertilizantes en el cultivo de garbanzo en Sinaloa. In: Primer Simposio Internacional de Agricultura Ecológica. México: INIFAP. Memoria Científica Número 1. p. 287-291 [Internet]. yumpu.com. 2009 [cited 19/09/2021]. Available from: <https://www.yumpu.com/es/document/read/13989131/primer-simposio-internacional-de-agricultura-ecologica>
65. Povero G, Mejia JF, Di Tommaso D, Piaggese A, Warrior P. A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. Frontiers in Plant Science [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];7:435. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00435>
66. Battacharyya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae [Internet]. 2015 [cited 24/08/2021];196:39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
67. Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, et al. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. Journal of Plant Growth Regulation [Internet]. 2009 [cited 24/08/2021];28(4):386-99. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
68. Renuka N, Guldhe A, Prasanna R, Singh P, Bux F. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. Biotechnology Advances [Internet]. 2018 [cited 24/08/2021];36(4):1255-73. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.004>
69. Beghdady MS. Influence of foliar spray with seaweed extract on growth, yield and its quality, profile of protein pattern and anatomical structure of chickpea plant (*Cicer arietinum* L.). Middle East Journal of Applied Sciences [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];6(1):207-221. Available from: <http://www.publications.zu.edu.eg/Pages/PubShow.aspx?ID=34150&pubID=18>

70. Bi F, Iqbal S. Estimation of induced secondary metabolites in chickpea tissues in response to elicitor preparation of seaweeds. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. 2000;43(2):123-6.
71. Ahmadpour R, Salimi A, Armand N, Hosseinzadeh SR. The effects of *Ascophyllum nodosum* extract on the stimulation of germination indices in chickpea (*Cicer arietinum*) under drought stress. *Nova Biologica Reperta* [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];6(2):206-16. <https://doi.org/10.29252/nbr.6.2.206>
72. Murugesan S, Padmapriya C, Kotteswari M, Shanthi N. Effects of distillery effluent and micro alga (*Chroococcus minutes*) treated effluent on germination and seedling growth of *Cicer arietinum* L. *International Journal of Applied Research* [Internet]. 2017 [cited 24/08/2021];3(10):95-101. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-distillery-effluent-and-micro-alga-on-of-Murugesan-Padmapriya/41e36add67267c17ddc8c689be16583deb4cc7c9>
73. Sanaa j B, Jawad A latif M, Al-Ani NK. Effect of Two Species of Cyanobacteria as Biofertilizers on Characteristics and Yield of Chickpea Plant. *Iraqi Journal of Science* [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];55(2Supplement). Available from: <https://www.iasj.net/iasj/article/91918>
74. Arman M. LC-ESI-MS characterisation of phytoalexins induced in chickpea and pea tissues in response to a biotic elicitor of *Hypnea musciformis* (red algae). *Natural Product Research* [Internet]. 2011 [cited 24/08/2021];25(14):1352-60. <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.553952>
75. Arman M. Carrageenan as an elicitor of induced secondary metabolites and its effects on various growth characters of chickpea... *Journal of Saudi Chemical Society* [Internet]. 2011;15:269-73. Available from: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50686815/Carrageenan_as_an_elicitor_of_induced_se20161202-16827-dpg3he-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1632536358&Signature=fqnTjxgnvr42mW5voun6QlSp9UhqTOngvEkDB1CaEjYY1BT6ooJp2IZkhrNX1YQivQToT7if8pH3tt~CBuCFeKW5FEMJYF7o62VuxEBcNNyKcxmcawmTNEczMk7Jtnrebfl09NQPDHPPQ5N1R4mB2Q1W~Nx63~po7m1jkaMBtBTM2h79z21GPY~FKG68nTb8nc2ApsmxNQ-dkw-28fQ1qgvxu67Ee4JzggXqq2Su0-txHYPTCqgEpz5JfGKaQlPwUAYD4Nadn14xruXp5rSCzpl eMNBEM6~7AVNDxfZHbNWPqEwEVtooyGM5eOARf10S wJ9-nir0Z2kROIXTfmpa-Q&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
76. Pagnussatt FA, Kupski L, Darley FT, Filoda PF, Ponte ÉMD, Garda-Buffon J, et al. *Fusarium graminearum* growth inhibition mechanism using phenolic compounds from *Spirulina* sp. *Food Science and Technology* [Internet]. 2013;33:75-80. Available from: <https://www.scielo.br/j/cta/a/mkt7HrHsZDSnHgGfZy4rZPm/?lang=en&format=pdf>
77. Pagnussatt FA, de Lima VR, Dora CL, Costa JAV, Putaux J-L, Badiale-Furlong E. Assessment of the encapsulation effect of phenolic compounds from *Spirulina* sp. LEB-18 on their antifusarium activities. *Food Chemistry* [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];211:616-23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.098>
78. Abdel Latef AAH, Srivastava AK, Saber H, Alwaleed EA, Tran L-SP. *Sargassum muticum* and *Jania rubens* regulate amino acid metabolism to improve growth and alleviate salinity in chickpea. *Scientific Reports* [Internet]. 2017 [cited 24/08/2021];7(1):10537. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07692-w>
79. Pandey P, Verma MK, De N. Chitosan in agricultural context-A review. *Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci* [Internet]. 2018;7:87-96. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Priyal-Pandey/publication/326682315_Chitosan_in_agricultural_context_-_A_review/links/5b72ddc792851ca6505d7c61/Chitosan-in-agricultural-context-A-review.pdf
80. Malerba M, Cerana R. Recent Applications of Chitin and Chitosan-Based Polymers in Plants. *Polymers* [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];11(5):839. <https://doi.org/10.3390/polym11050839>
81. da Silva JM, Medeiros M do BCL, Oliveira JTC, de Medeiros EV, de Souza- Motta CM, Moreira KA. Resistance inducers and biochemical mechanisms in the control of anthracnose in cowpea. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*. 2018;45(3):290-300.
82. El-Mohamedy RS, Abdel-Kareem F, Daami-Remadi M. Chitosan and *Trichoderma harzianum* as fungicide alternatives for controlling *Fusarium crown* and root rot of tomato. *Management* [Internet]. 2014;3(4):5-6. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Riad-El-Mohamedy/publication/285023312_Chitosan_and_Trichoderma_harzianum_as_Fungicide_Alternatives_for_Controlling_Fusarium_Crown_and_Root_Rot_of_Tomato/links/56a28b5408aef91c8c0f110a/Chitosan-and-Trichoderma-harzianum-as-Fungicide-Alternatives-for-Controlling-Fusarium-Crown-and-Root-Rot-of-Tomato.pdf
83. Jabnoun-Khiareddine H, El-Mohamedy RSR, Abdel-Kareem F, Abdallah RAB, Gueddes-Chahed M, Daami-Remadi M. Variation in chitosan and salicylic acid efficacy towards soil-borne and air-borne fungi and their suppressive effect of tomato wilt severity. *J Plant Pathol Microbiol*. 2015;6(325):2.
84. Anusuya S, Sathiyabama M. Identification of defence proteins from the seed exudates of *Cicer arietinum* L. and its effect on the growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. ciceri. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* [Internet]. 2014 [cited 24/08/2021];47(13):1611-20. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.853457>
85. Narula K, Elagamey E, Abdellatef MAE, Sinha A, Ghosh S, Chakraborty N, et al. Chitosan-triggered immunity to *Fusarium* in chickpea is associated with changes in the plant extracellular matrix architecture, stomatal closure and remodeling of the plant metabolome and proteome. *The Plant Journal* [Internet]. 2020 [cited 24/08/2021];103(2):561-83. <https://doi.org/10.1111/tjp.14750>
86. Maluin FN, Hussein MZ. Chitosan-Based Agronanochemicals as a Sustainable Alternative in Crop Protection. *Molecules* [Internet]. 2020 [cited 24/08/2021];25(7):1611. <https://doi.org/10.3390/molecules25071611>

87. Kaur P, Duhan JS, Thakur R. Comparative pot studies of chitosan and chitosan- metal nanocomposites as nano-agrochemicals against fusarium wilt of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology [Internet]. 2018 [cited 24/08/2021];14:466-71. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.04.014>
88. Anusuya S, Banu KN. Silver-chitosan nanoparticles induced biochemical variations of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology [Internet]. 2016 [cited 24/08/2021];8:39-44. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.08.005>
89. Muthukrishnan S, Murugan I, Selvaraj M. Chitosan nanoparticles loaded with thiamine stimulate growth and enhances protection against wilt disease in Chickpea. Carbohydrate Polymers [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];212:169-77. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.037>
90. Kahraman A. Effect of humic acid applications on the yield components in chickpea. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University [Internet]. 2017;34(1):218-22. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Ali-Kahraman-8/publication/316446044_Humik_Asit_Uygulamalarinin_Nohutta_Verim_Bilesenleri_Uzerine_Etkileri/links/59cac8e2aca272bb0507977f/Humik-Asit-Uygulamalarinin-Nohutta-Verim-Bilesenleri-Uzerine-Etkileri.pdf
91. Kahraman A. Managing the Humic Acid Fertilizing of Chickpea and Protein Status. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences [Internet]. 2020 [cited 24/08/2021];34(1):107-10. <https://doi.org/10.15316/SJA.FS.2020.202>
92. Abhari A, Gholinezhad E. Effect of humic acid on grain yield and yield components in chickpea under different irrigation levels. Journal of Plant Physiology and Breeding [Internet]. 2019 [cited 24/08/2021];9(2):19-29. <https://doi.org/10.22034/jppb.2019.10441>
93. Kapase PV, Deotale RD, Sawant PP, Sahane AN, Banginwar AD. Effect of foliar sprays of humic acid through vermicompost wash and NAA on morpho-physiological parameters, yield and yield contributing parameters of chickpea. Journal of Soils and Crops [Internet]. 2014;24(1):107-14. Available from: <https://www.ascrsnagpur.com/DemoPaper/botony.pdf>
94. Abdel-Monaim MF, Morsy M K, Zyan AH. Efficacy of some organic compounds in controlling Fusarium wilt disease, growth and yield parameters in Chickpea plants. Egyptian Journal of Agricultural Research [Internet]. 2018;96(2):351-64. Available from: https://ejar.journals.ekb.eg/article_132936_c86bccaf9568ec257c34ed7acb3a5d55.pdf
95. El-Soud WA, Hegab MM, AbdElgawad H, Zinta G, Asard H. Ability of ellagic acid to alleviate osmotic stress on chickpea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry [Internet]. 2013 [cited 24/08/2021];71:173-83. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.07.007>