

CONTROL DEL MILDIU POLVORIENTO EN CALABAZA (*CUCURBITA PEPO* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Control of powdery mildew on pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under greenhouse conditions

¹Jorge Francisco León de la Rocha^{1*}, ²Nazario Francisco Francisco¹, ¹Juan Antonio Juárez Cortez¹,
¹Humberto Rafael Bravo Delgado¹, ¹Irma García Cruz², ¹Yusimy Reyes Duque²

¹Universidad Tecnológica de Tehuacán (UTT). Prolongación de la 1 No. 1101, San Pablo Tepetzingo C.P. 75859 Tehuacán, Puebla, México

²Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Carretera de Tapaste y Autopista Nacional. San José de la Lajas, Mayabeque, Cuba

RESUMEN: El presente trabajo tuvo como objetivo definir las concentraciones y momentos óptimos para las aplicaciones de aceites, sales minerales y agentes de control biológico, para el manejo de la enfermedad mildiu polvoriento en calabaza (*Cucurbita pepo* L. cv. 'Grey Zucchini'), en condiciones de invernadero. Una vez que germinaron las semillas, a los siete días, se eliminaron las hojas verdaderas de las plántulas para dejar los cotiledones, sobre los cuales se realizó la inoculación del hongo patógeno y aplicaciones de los productos con tres concentraciones, en dos momentos, preventivo y curativo. Las aplicaciones preventivas no mostraron efecto sobre la enfermedad para ningún producto (aceites, sales minerales y agentes de control biológico) a las dosis evaluadas, donde la severidad no mostró diferencias significativas respecto al testigo. Los tratamientos curativos evidenciaron una severidad de la enfermedad de 41,67 y 71,43 % respecto al testigo, que fue de 80,93 % con diferencias significativas a concentraciones medias para los aceites y bajas para las sales (10 mL.L⁻¹) y (2 g.L⁻¹), respectivamente. Sobre esta base, se seleccionaron las aplicaciones curativas para los aceites y las sales, con la concentración intermedia (10 mL.L⁻¹) para los primeros y la concentración mínima para la segunda (2 g.L⁻¹, 2 mL.L⁻¹).

Palabras clave: aceites, antagonistas, *Podosphaera xanthii*, sales.

ABSTRACT: The objective of this study was to define the optimal concentrations and timing of applications of oils, mineral salts, and biological control agents for powdery mildew management in squash (*Cucurbita pepo* L. cv. 'Grey Zucchini') under greenhouse conditions. After seven days of seed germination, the true leaves of the seedlings were removed and only the cotyledons remained. They were then inoculated with the pathogenic fungus, and three concentrations of the products were applied at two time: preventively or curatively. At the doses evaluated, the preventive applications of any of the products (oils, mineral salts, or biological control agents) showed some effect on the disease, and the disease severity did not significantly differ from the control. Compared with the control, which showed 80.93%, the curative treatments showed 41.67% and 71.43% disease severity with significant differences at medium concentrations for oils and low concentrations for salts (10 mL.L⁻¹) and (2 g.L⁻¹), respectively. On this basis, the curative applications for oils and salts were selected, with the intermediate concentration (10 mL.L⁻¹) for the former and the minimum concentration for the latter (2 g.L⁻¹, 2 mL.L⁻¹).

Key words: antagonists, oils, *Podosphaera xanthii*, salts.

INTRODUCCIÓN

La calabaza (*Cucurbita pepo* L.) es una de las hortalizas con mayor demanda en el mundo, de la cual se consumen el fruto, las flores, brotes tiernos y semillas (1). La amplia aceptación que tiene en la población se debe a sus aportes nutricionales y beneficios a la salud, al ser muy rica en vitaminas, fibras y antioxidantes (2).

El cultivo de la calabaza tiene como principal limitante, para su producción, las afectaciones por diferentes organismos nocivos, como insectos y agentes patógenos, siendo las enfermedades foliares de origen fúngico las más importantes, destacándose el mildiu polvoriento causado por *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff, que provoca grandes pérdidas económicas (3, 4, 5).

*Autor para correspondencia: E-mail: jfrleon@gmail.com, jorge.leon@uttehuacan.edu.mx

Recibido: 25/03/2025

Aceptado: 24/06/2025

Conflicto de intereses: los autores refieren no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Jorge francisco león de la rocha: conceptualización, investigación, curación de datos, análisis formal, escritura - borrador original. Nazario francisco francisco: investigación, curación de datos, escritura. Juan antonio juárez cortez: investigación, curación de datos.

Humberto rafael bravo delgado: análisis formal y recursos. Irma garcía cruz: redacción: revisión y edición. Yusimy reyes duque: conceptualización, investigación, análisis formal, escritura - borrador original. Redacción: revisión y edición.



Para el manejo del mildiu polvoriento, a nivel mundial, se utilizaron diferentes vías, aunque el control químico es el más empleado. Sin embargo, su uso causa efectos negativos sobre la biodiversidad de los agroecosistemas, provocando daños irreversibles en el ambiente, incremento de los costos de producción y la aparición de la fungorresistencia, por lo que es necesaria la búsqueda de alternativas al uso de fungicidas (6).

En este sentido, se obtuvieron buenos resultados en el control de diversas enfermedades, incluyendo el mildiu polvoriento, con aplicaciones de sales minerales y otros compuestos inorgánicos (7, 8). Adicionalmente, diversos aceites esenciales y productos naturales pueden utilizarse como parte de una estrategia integrada de manejo de enfermedades (4, 6, 9). Los fungicidas botánicos presentan ventajas como su bajo impacto sobre el ambiente, eficacia, selectividad y ser más asequibles, en comparación con los fungicidas sintéticos (10).

Otra de las alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas, es la aplicación de antagonistas microbianos. Los bioplaguicidas están ganando mucha importancia debido a su sostenibilidad, naturaleza no tóxica y acción específica contra las especies objetivo (11). Se demostró la efectividad sobre el mildiu polvoriento de varias especies de bacterias, incluyendo *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) y de hongos como *Ampelomyces quisqualis* Cesati ex Schlecht (Cepa AQ-10), *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y W. Gams y *Trichoderma* spp. Persoon ex Gray, entre otros (5, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

En Tehuacán, México, no existen antecedentes sobre la evaluación de estas alternativas, por ello el trabajo tuvo como objetivo definir concentraciones y momentos óptimos para las aplicaciones de aceites, sales minerales y agentes de control biológico, para el manejo del agente causal del mildiu polvoriento en calabaza, en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el invernadero de la Universidad Tecnológica de Tehuacán (UTT), ubicada en la localidad de San Pablo Tepetzingo (N 18° 25' 32"; O 97° 20' 24"), a 1409 m.s.n.m.

Se estableció el cultivo de calabaza susceptible a mildiu polvoriento, cultivar 'Grey Zucchini', para lo cual, las semillas se sembraron en un sustrato compuesto por suelo y materia orgánica en proporción 1:1 (Tierra preparada (Nutrigarden), sin tratamientos previos, en bandejas multiceldas de 200 cavidades. A los siete días de la germinación se eliminaron, de las plántulas, las hojas verdaderas para dejar solo los cotiledones. A los 10 días de edad de las plantas se realizó el trasplante a macetas de capacidad de 0,5 kg con el sustrato mencionado anteriormente, las cuales se colocaron al azar sobre mesas de acero inoxidable. Los ensayos se iniciaron 24 horas después del trasplante. Las condiciones de temperatura y humedades relativas medias (mínimas - máximas), que prevalecieron durante la investigación en la casa de cultivo fueron de 20 - 37°C y 22 - 34 %, respectivamente, el registro de estas variables se hizo con un termómetro higrómetro (Thermopro Tp50 Digital). El riego se realizó en días alternos, aplicando 100 ml en agua en la maceta, de forma manual.

La inoculación del patógeno, sobre los cotiledones de las plantas de calabaza, se realizó frotando en la parte central de los cotiledones (parte adaxial) discos foliares (5) de 0,5 cm de diámetro extraídos de hojas con signos de mildiu polvoriento, tomadas de la fuente de inóculo (conidios) conservado en la casa de cultivo. Para la aplicación de los tratamientos a base de aceites, sales y productos biológicos, se definieron dos momentos (preventivo y curativo) y tres concentraciones. Se trabajó con plántulas de 16 días. Los aceites empleados fueron: naranja (Na), oliva (Ol) y soya (So), a las concentraciones de 5, 10, y 15 ml.L⁻¹ de agua; mientras que, las sales fueron bicarbonato de potasio (BK), fosfito de potasio (PK) y boro (Bo, complejo multiquelato de boro), a las concentraciones de 2, 4 y 6 g.L⁻¹ las primeras, y 2, 4 y 6 ml.L⁻¹ el último; y los antagonistas *Bacillus subtilis* (Bs), *Lecanicillium lecanii* (Ll) y *Trichoderma viride* (Tr), a las concentraciones de 10⁵, 10⁷ y 10¹⁰ unidades formadoras de colonias (ufc). ml⁻¹ de agua. En todos los casos se empleó un testigo (con aplicación de agua).

Como momento preventivo, se consideró la aplicación previa a la inoculación del patógeno, el cual se inoculó 12 horas después, y como curativo, la aplicación posterior a la aparición de los signos iniciales de la enfermedad. La inoculación, para ambos tratamientos, se realizó al unísono, sobre la parte central de los cotiledones (parte adaxial) y en plántulas de 16 días de germinadas. La evaluación del efecto de los tratamientos se realizó en, cada caso, 7 días posteriores a la aplicación del tratamiento.

Los productos utilizados en la investigación (sales, aceites y agentes de control biológico), proceden de casas comerciales de Tehuacán y se conservaron, según las recomendaciones de las etiquetas del fabricante, hasta el inicio del ensayo. Las aplicaciones de los diferentes tratamientos se realizaron con un atomizador manual hasta el "punto de goteo".

Para evaluar la enfermedad se utilizaron 25 plantas seleccionadas al azar, previo a la aparición de los síntomas, y se etiquetaron tres hojas de acuerdo al desarrollo de la planta, las que se reemplazaron una vez que llegaron a la senescencia. El desarrollo de la enfermedad, por planta, se determinó mediante la evaluación de las variables incidencia y severidad, haciendo las observaciones en el envés de la hoja.

Para la determinación de la incidencia y la severidad de la enfermedad se realizaron muestreos semanales, tomando como primera evaluación, el día del trasplante.

Incidencia de la enfermedad: para el cálculo de esta variable se utilizó la fórmula:

$$I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas}} \times 100$$

Severidad de la enfermedad: para el análisis de esta variable se aplicó la escala de siete grados, donde: 0= Sin síntomas, 1= 1 - 2,5 %; 2 = 2,6 - 5 %; 3 = 6 - 10 %; 4 = 11 - 25 %; 5 = 26 - 50 %; 6 = 51 - 75 % y 7 = 76 - 100 %, de la superficie dañada de la hoja.

Para el cálculo del porcentaje de severidad (S) se aplicó la fórmula:

$$S = \frac{\sum(a * b)}{(N * K)} * 100$$

Donde: a= grado de la escala; b= número de hojas por planta en cada grado de la escala; N= número total de hojas evaluadas por planta y K= mayor grado de la escala.

El ensayo se montó bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones por cada tratamiento. Los datos fueron transformados por la expresión $2 \arcsen(p)^{1/2}$ y se compararon mediante análisis de varianza bifactorial, seguido de la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 95 %. Se utilizó IBM SPSS Statistics para el procesamiento (18).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los aceites, la interacción entre el momento y las concentraciones de aplicación resultó significativa.

Los aceites aplicados de forma preventiva, para el manejo de *P. xanthii* en calabaza bajo condiciones de casa de cultivo, no mostraron efectividad sobre la enfermedad, sin diferencias significativas entre las concentraciones, ni respecto al testigo. En estos tratamientos, el patógeno mostró una severidad superior al 80 %. La aplicación posterior a la aparición de los primeros síntomas (curativa) alcanzó mayor efectividad, donde la severidad varió de 38,09 a 71,43 %, con diferencias significativas respecto a los tratamientos preventivos y al testigo. Las concentraciones intermedias (10 ml) y altas (15 ml) mostraron una menor severidad en todos los casos en los tratamientos preventivos de aceite de olivo y soya, y superior en naranja (Tabla 1).

Tabla 1. Severidad de *Podosphaera xanthii* en cultivar de calabaza ('Grey Zucchini'), con aplicaciones de tres aceites, a tres concentraciones, de forma curativa y preventiva. / Severity of *Podosphaera xanthii* in a pumpkin cultivar ('Grey Zucchini'), with applications of three oils, at three doses in a curative and preventive manner.

Momento	Aceites-concentraciones (x L ⁻¹ de agua)	Severidad (%)	
		\bar{x} Original	\bar{x} Transfor.
Preventivo	Na-5 ml	85,71	1,18 e
	Na-10 ml	84,52	1,16 e
	Na-15 ml	88,1	1,22 e
	So -5 ml	85,71	1,18 e
	So -10 ml	86,9	1,2 e
	So -15 ml	88,09	1,22 e
	Ol -5 ml	86,9	1,20 e
	Ol -10ml	85,71	1,10 e
	Ol -15ml	85,71	1,18 e
	Curativo	Na -5ml	70,24
Na -10 ml		61,9	0,91 bc
Na -15 ml		66,67	0,97 bc
So -5 ml		71,43	1,01 cd
So -10 ml		59,52	0,88 bc
So -15 ml		66,67	0,73 a
Ol -5 ml		57,14	0,86 b
Ol -10 ml		41,67	0,70 a
Ol -15 ml		38,09	0,66 a
Testigo		Agua	80,95
	ES \bar{x}		0,026

Medias con letras diferentes difieren significativamente, según Duncan ($p \leq 0,05$).

Leyenda: Naranja (Na), Soya (So), Oliva (Ol)

Los valores de severidad alcanzados para los aceites, corroboraron lo informado por Deresa y Diriba (10), en cuanto al efecto fungicida que pueden poseer muchos derivados de plantas, incluyendo resultados sobre *P. xanthii* en pepino (*Cucumis sativus* L.), en invernadero. En particular, el efecto protector de diversos aceites contra este hongo fitopatógeno fue demostrado, anteriormente, por otros autores, en trabajos de laboratorio y campo (4, 9), y sugirieron que esos aceites esenciales podrían utilizarse para proteger las plantas de pepino contra la enfermedad del mildiú polvoriento, ya sea solos o como parte de un programa de manejo integrado de plagas.

Para las sales minerales, hubo interacción entre el momento y las tres concentraciones de aplicación ($p = 0,037$). Al igual que los tratamientos con aceites, las sales mostraron diferencias significativas entre los momentos, y respecto al testigo, para las aplicaciones curativas. En ambos casos, las concentraciones evaluadas para las sales de bicarbonato de potasio, fosfito de potasio y boro no presentan diferencias entre sí. En este ensayo, la disminución en la severidad de la enfermedad está más relacionada con el momento de aplicación que al producto y la dosis empleada, donde la manifestación de la enfermedad es inferior en las aplicaciones curativas (Tabla 2).

Tabla 2. Severidad de *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff en cultivar de calabaza ('Grey Zucchini'), con aplicaciones de tres sales, a tres concentraciones, de forma curativa y preventiva. / Severity of *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff in a pumpkin cultivar ('Grey Zucchini'), with applications of three salts, at three doses in a curative and preventive manner.

Momento	Sales-concentraciones (x L ⁻¹ de agua)	Severidad (%)	
		\bar{x} Original	\bar{x} Transfor.
Preventivo	BK - 2 g	80,95	1,12 cd
	BK - 4 g	84,52	1,16 de
	BK - 6 g	83,33	1,15 cd
	FK - 2 g	82,14	1,14 cd
	FK - 4 g	84,52	1,16 de
	FK - 6 g	78,57	1,09 bc
	B - 2 ml	85,71	1,18 de
	B - 4 ml	88,1	1,22 e
	B - 6 ml	83,33	1,15 cd
	Curativo	BK - 2 g	73,81
BK - 4 g		73,81	1,04 ab
BK - 6 g		71,43	1,01 a
FK - 2 g		73,81	1,04 ab
FK - 4 g		71,43	1,01 a
FK - 6g		71,43	1,01 a
B - 2 ml		73,81	1,04 ab
B - 4 ml		71,43	1,01 ab
B - 6 ml		70,24	1,00 a
Testigo		Agua	80,95
	ES \bar{x}		0,010

Medias con letras diferentes difieren significativamente (columna), según Duncan ($p \leq 0,05$)

Leyenda: Bicarbonato de potasio (BK), fosfito de potasio (FK), boro (B)

Los resultados obtenidos para los tratamientos con sales coinciden con los notificados por Yáñez *et al.* (19), quienes informaron que al aplicar sales para combatir *Oidium* sp. en pepino en invernadero, con aplicaciones curativas al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad,

se logró disminuir, favorablemente, la incidencia y severidad del patógeno, principalmente con nitrato de calcio y fosfito de potasio.

Otros estudios demostraron el efecto de diversas sales de magnesio, calcio y potasio, y otros elementos minerales como el fósforo, en la reducción de la severidad del mildiú polvoriento y otras enfermedades fúngicas, sugiriéndose la ocurrencia de inmunidad inducida en la planta hospedante (7, 8).

Para los agentes de control biológico, el análisis bifactorial (momento - concentración) evidenció interacción entre el momento y las tres concentraciones de aplicación (0,0066), por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza simple con el testigo de referencia.

En este caso, la severidad de la enfermedad en calabaza, con la aplicación de los medios biológicos, presentó un comportamiento similar para los momentos y concentraciones de la aplicación con los tres antagonistas en estudio (*B. subtilis*, *L. lecanii* y *T. viride*) (Tabla 3). En todos los casos, la severidad fue superior al 85 %, llegando hasta 94 % en las concentraciones mínima e intermedia cuando se aplicó *L. lecanii*. La menor severidad se observó para la aplicación de *T. viride* a la concentración máxima (10^{10} ufc.ml⁻¹ de agua) de forma preventiva.

Tabla 3. Severidad de *Podosphaera xanthii* en cultivar de calabaza ('Grey Zucchini'), con aplicaciones de agentes de control biológico, en tres concentraciones, de forma curativa y preventiva. / Severity of *Podosphaera xanthii* in a pumpkin cultivar ('Grey Zucchini'), with applications of biological control agents, under three doses in a curative and preventive manner.

Momento	ACB-concentraciones (ufc.mL ⁻¹ de agua)	Severidad (%)	
		\bar{x} Original	\bar{x} Transfor.
Preventivo	Bs - 10^5	85,71	1,18abc
	Bs - 10^7	85,71	1,18abc
	Bs - 10^{10}	85,71	1,18abc
	Ll - 10^5	85,71	1,18abc
	Ll - 10^7	84,52	1,16ab
	Ll - 10^{10}	85,71	1,18 abc
	Tr - 10^5	85,71	1,18 abc
	Tr - 10^7	85,71	1,18 abc
	Tr - 10^{10}	85,71	1,18 abc
	Curativo	Bs - 10^5	84,52
Bs - 10^7		80,95	1,12 ab
Bs - 10^{10}		86,9	1,2 abc
Ll - 10^5		90,48	1,27 cd
Ll - 10^7		94,05	1,33 d
Ll - 10^{10}		86,9	1,2 abc
Tr - 10^5		85,72	1,19 abc
Tr - 10^7		86,9	1,2 bc
Tr - 10^{10}		79,76	1,11 a
Testigo		Agua	80,95
	ES \bar{x}		0,008

Medias con letras diferentes difieren significativamente (columna), según Duncan ($p \leq 0,05$).

Leyenda: ACB (Agentes de control biológico): *Bacillus subtilis* (Bs), *Lecanicillium lecanii* (Ll), *Trichoderma viride* (Tr)

De manera general, el efecto de los tratamientos con los medios biológicos no estuvo relacionado con el momento o las concentraciones utilizadas. Estos resultados no fueron alentadores, ni se corresponden con lo referido por otros

autores para estas tres especies de antagonistas, respecto a *P. xanthii* en las cucurbitáceas, en condiciones de laboratorio, invernadero y campo abierto (5, 12, 13, 14, 15, 16, 20).

Xie et al. (21) informaron que *B. subtilis*, a una concentración de 4×10^5 ufc.ml⁻¹ manifestó un efecto de control significativo sobre el mildiú polvoriento del trigo (*Triticum* spp.), y logró inhibir la germinación de los conidios y el desarrollo normal de los apresorios e inducir resistencia en el hospedante ante la enfermedad. Asimismo, Emmanuel et al. (13) expresaron que los antagonistas de los géneros *Trichoderma*, *Bacillus* y *Pseudomonas* inducen resistencia sistémica en las plantas.

Las condiciones ambientales en la zona donde se realizó la investigación, las cuales se corresponden con un clima seco semiárido con baja humedad relativa y escasas lluvias pudieran explicar, en alguna medida, los resultados obtenidos con los agentes de control biológico en este ensayo.

La falta de información sobre las estrategias óptimas para el uso de agentes microbianos contra las enfermedades de las plantas puede dar lugar a una variabilidad de su eficacia en el campo, lo que podría dificultar su adopción, por lo que debe trabajarse en la obtención de la cantidad requerida de conocimiento publicado sobre los factores que gobiernan la eficacia de dichos agentes microbianos, y que esta información resulte adecuada para los proyectos prácticos de desarrollo (22, 23).

A modo de conclusiones se puede afirmar que las aplicaciones de forma curativa a concentraciones de 10 mL.L⁻¹ para aceites, y de 2 g.L⁻¹, para sales minerales resultaron efectivas para el manejo de *Podosphaera xanthii* en calabaza, en condiciones de casa de cultivo. Los productos evaluados, a base de agentes de control biológico (*Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* y *Lecanicillium lecanii*) no disminuyeron la severidad del patógeno sobre el cultivo de calabaza en las mismas condiciones, estos resultados podrían estar dados porque las cepas empleadas son del estado de Puebla, México, pero no de la región de Tehuacán y las condiciones de temperaturas y humedad relativa medias varían, así como el tipo de suelo, estos son aspectos que deben considerarse para investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFIA

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). FAOSTAT: Producción de calabazas en el mundo [Internet]. Roma: FAO; 2024 [citado 5 mar 2025]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat>
2. Kpodo FM, Jato J, Adjei CNA, Walter A, Agbenorhevi JK, Duah J, et al. Physicochemical and functional properties of pulp and pectin from agro-waste of three Cucurbitaceae species. Food Chemistry Advances. 2023;3:100530. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100530>
3. Gregorio R, González D, Félix R, Chacón S. Morphological and molecular identification of new records and new host plants of powdery mildews (Erysiphaceae) from Mexico. Botany. 2022; 100 (7): 533-49. <https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0209>

4. Elagamey E, Abdellatef M, Haridy M, Abdelaziz E. Evaluation of natural products and chemical compounds to improve the control strategy against cucumber powdery mildew. *European Jour. Plant Pathology*. 2023; 165: 385-400. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02612-9>
5. Ünlü E, Çalış Ö, Say A, Karim AA, Yetişir H, Yılmaz S. Investigation of the effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus thuringiensis* as bio-agents against powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) disease in zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *Microbial Pathogenesis*. 2023; 185: 106430. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106430>
6. Santiago M, Sánchez G, Pariona N, Hernández LG, Chiquito R. ¿La nueva terapia para las plantas? - Los aceites esenciales para control de enfermedades en agricultura. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*. 2024. 120 (2): 116-132. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.005>
7. Barnea D, Yermiyahu U, Rav-David D, Elad Y. Effect of mineral nutrition and salt spray on cucumber downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*). *Plants (Basel)*. 2022; 11(8): 1007. <https://doi.org/10.3390/plants11081007>
8. Elad Y, Barnea D, Rav-David D, Yermiyahu U. Nutrient status of cucumber plants affects powdery mildew (*Podosphaera xanthii*). *Plants (Basel)*. 2021; 10 (10): 2216. <https://doi.org/10.3390/plants10102216>
9. Mostafa Y, Hashem M, Alshehri A, Alamri S, Eid E, Ziedan ES, *et al*. Effective management of cucumber powdery mildew with essential oils. *Agriculture*. 2021; 11: 1177. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111177>
10. Deresa EM, Diriba TF. Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Heliyon*. 2023; 9(3): e13810. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13810>
11. Chaudhary R, Nawaz A, Khattak Z, Butt MA, Fouillaud M, Dufossé L, *et al*. Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest management in agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024; 18: 101421. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101421>
12. Elgamal NG, Ali Khalil MS. First report of powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii* on *Luffa cylindrica* in Egypt and its control. *Jour. Plant Protection Research*. 2020; 60 (3): 311-9. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133954>
13. Emmanuel OVM, Vieira V, Costa C, Silva-Mann R. Unlocking plant defenses: Harnessing the power of beneficial microorganisms for induced systemic resistance in vegetables - A systematic review. *Biological Control*. 2024; 188: 105428. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105428>
14. Trupo M, Magarelli RA, Martino M, Larocca V, Giorgianni A, Ambrico A. Crude lipopeptides from culture of *Bacillus subtilis* strain ET-1 against *Podosphaera xanthii* on *Cucumis melo*. *Journal of Natural Pesticide Research*. 2023; 4: 100032. <https://doi.org/10.1016/j.napere.2023.100032>
15. Abo-Elyousr KAM, Seleim MA, Almasoudi NM, Bagy HM. Evaluation of native bacterial isolates for control of cucumber powdery mildew under greenhouse conditions. *Horticulturae [Internet]*. 2022; 8 (12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121143>
16. Eid NA, Abutaha MM, Fahmy WGE, Ahmed FA, Zaki KI. Exploiting endophytic bacteria towards managing squash powdery mildew disease. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2024; 133: 102375. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102375>
17. Prahl RE, Khan S, Deo RC. *Ampelomyces* mycoparasites of powdery mildews - a review. *Canadian Jour. Plant Pathology*. 2023; 45 (4): 391-404. <https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2206378>
18. IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 30.0 [Software]. Armonk (NY): IBM Corp.; 2024
19. Yáñez M, Ruvalcaba L, Zavaleta E, Tafoya F, Alcaraz T, Valdés T. Sales minerales para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017; 7: 1551-1561. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.149>
20. Quesada E, Garrido I, González N, Yousef M. Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes. *Jour. Invertebrate Pathol*. 2023; 201: 108015. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.108015>
21. Xie D, Cai X, Yang C, Xie L, Qin G, Zhang M, *et al*. Studies on the control effect of *Bacillus subtilis* on wheat powdery mildew. *Pest management science*. 2021; 77 (10): 4375-82. <https://doi.org/10.1002/ps.6471>
22. Pressecq T, Nicot P, Bourgeay J, Rousselin A, Goillon C, Bardin M, *et al*. Using microbial biocontrol for disease control in French vegetable production: An analysis of the perspectives of farmers and farm advisors. *Crop Protection*. 2024; 180: 106648. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106648>
23. Pressecq T, Nicot PC, Bourgeay JF, Rousselin A, Goillon C, Tchamitchian M, *et al*. Can available scientific information be mobilized to ensure the efficacy of microbial biocontrol agents against plant diseases in the field? *Crop Protection*. 2025; 190: 107115. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107115>