

Manejo Integrado del Tizón foliar y Pudrición de Corona de la Fresa causada por *Neopestalotiopsis rosae*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO CENTRO OCCIDENTE



Dr. Angel Rebollar Alviter
M.C. Uriel Acosta González
Dra. Hilda V. Silva Rojas



CAMPO
SECRETARÍA DEL CAMPO



CRUCCO



Directorio

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Ángel Garduño García

Rector

Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Caballeros

Directora General de Investigación

Dr. Benigno Rodríguez Patrón

Director del Sistema de Centros Regionales Universitarios

Dr. Ángel Rebollar Alviter

Subdirector del Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO)
Morelia, Mich.

Secretaría del Campo

Ing. Marisol Suárez Correa

Secretaria del Campo de Guanajuato

Arq. Rodolfo Alejandro Ponce Ávila

Subsecretario para el Desarrollo y Competitividad Agroalimentaria

M.C. Felipe de Jesús Rivera Palacios

Director General Agrícola

Dr. Fernando Tamayo Mejía

Director de Sanidad Vegetal

Índice

Tema	Pag.
I.- Introducción.....	7
II.- Antecedentes de la Enfermedad	8
III.- Importancia y Distribución	10
IV.- Síntomas de la Enfermedad	12
V.- El agente Causal de la Enfermedad	15
VI.- Epidemiología y Ciclo de la enfermedad	16
VII.- Respuesta de variedades a la Infección de <i>N. rosae</i>.....	25
VIII.-Importancia de la Calidad Fitosanitaria del Material Propagativo	25
IX.- Estrategias de Manejo de la Enfermedad en campo	28
X.- Sugerencias para la Prevención de Daños por <i>Neopestalotiopsis rosae</i> en Plantaciones Comerciales de Fresa	33
XI.- Sugerencias para la Prevención de Infecciones por <i>Neopestalotiopsis rosae</i> en Plantaciones Comerciales de Fresa.	35



I.- Introducción.

La fresa es un cultivo de alto valor comercial en México, siendo los estados de Michoacán, Baja California y Guanajuato, los principales estados productores en la República Mexicana. Entre las principales limitantes en la producción, se encuentran las enfermedades con origen en el suelo, destacando las causadas por los hongos *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* f sp. *fragariae*, *Rhizoctonia fragariae*, *Cylindrocarpon destructans*, *Verticillium dahliae* y oomycetes como *Phytophthora* sp. *Pythium* sp. En México estos hongos y oomycetes pueden presentarse asociados causando síntomas comúnmente conocidos como “secadera de la fresa”. Aunque esta enfermedad ha sido previamente reportada causando pérdidas importantes en zonas productoras como Irapuato Gto., la emergencia de nuevos patógenos ha llamado la atención por las pérdidas reales y potenciales que pueden ocasionar a la producción de fresa en México.

Otras especies de hongos asociados al cultivo de fresa que han emergido como causantes de pérdidas importantes en las zonas productoras en el mundo en los últimos años, son los hongos pestalotioides, entre los que se reportan con mayor frecuencia a los del género *Neopestalotiopsis*; patógenos capaces de causar pudriciones de raíz y corona, manchas foliares, tizón de hojas y pudrición de frutos (Chamorro *et al.*, 2016; Rebollar-Alviter *et al.*, 2020; Shi *et al.*, 2021; Baggio *et al.*, 2021).

A partir de la temporada 2017-2018 en el valle de Zamora-Jacona en Michoacán se observaron plantaciones de fresa con un alto nivel de mortalidad debido a un colapso de las plantas similares a las ocasionadas por *Phytophthora* spp., o *Colletotrichum* spp., en corona comúnmente asociados con la presencia de uno o más hongos. Sin embargo, múltiples análisis indicaron que a dichos síntomas se asociaban la presencia de hongos del género, similar al género *Pestalotia* sp. Estudios posteriores basado en la secuenciación de ADN y mediante la reconstrucción filogenética indicaron que el género asociado a dichos síntomas era *Neopestalotiopsis* spp. Sin embargo, dado el impacto de la enfermedad en todas las regiones, especialmente en Guanajuato, el nombre inicial se ha mantenido entre los productores como el tizón foliar y pudrición de corona por “*Pestalotia*”.



Al inicio de la ocurrencia de las epidemias en Michoacán, los estudios realizados se enfocaron a completar las pruebas de patogenicidad y confirmar el agente causal, el origen de las infecciones, mecanismos de dispersión y a diseñar estrategias efectivas para el manejo de la enfermedad basadas en conocimiento epidemiológico. Paralelamente, al desarrollo de investigación y generación de conocimiento, se ha realizado una gran actividad de difusión entre los productores de fresa producto de los diferentes estudios e investigaciones, las cuales han enfatizado la generación de información aplicada enfocada a la comprensión y reconocimiento de la enfermedad para diseñar estrategias efectivas de manejo desde una perspectiva integrada, priorizando el uso de herramientas biológicas y bioracionales y colocando solo herramientas químicas en momentos críticos en el desarrollo de la enfermedad. La implementación de este enfoque integrado traducido en acciones concretas para los productores ha sido uno de los factores que ha contribuido a la reducción significativa del impacto de la enfermedad en las últimas 2 temporadas de producción.

En este documento se resumen la información más importante que brinda las bases del conocimiento del agente causal, las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad y las sugerencias para su manejo basadas en estudios previamente realizados en la Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) y complementados con las experiencias generadas en la ejecución de dos proyectos aplicados de investigación y transferencia de tecnología financiados por el gobierno de Guanajuato mediante la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR). El propósito es poner a disposición de los técnicos y productores la información más relevante de la enfermedad que les permita de manera práctica implementar las experiencias y conocimientos generados durante la ejecución de estos estudios y contribuir a reducir el impacto negativo de la enfermedad en la producción de fresa.

II.- Antecedentes de la enfermedad.

A partir del 2016, en diferentes países productores de fresa, han emergido enfermedades de asociadas a hongos del género *Pestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis* causando diferentes síntomas y daños que van desde manchas foliares y tizones hasta marchitez y secadera de plantas (Chamorro *et al.*, 2016; Rebollar-Alviter *et al.*, 2020; Baggio *et al.*, 2021; Hidrobo *et al.*, 2021). En México, el tizón foliar, pudrición de raíz y corona fue reportada por primera vez por Rebollar-Alviter *et al.*, (2020) asociada a pérdidas de entre 1500 a 2000 millones de pesos. Cuando las condiciones son favorables al desarrollo de la enfermedad, las pérdidas pueden variar entre un 30 al 80% de la producción.



En México la enfermedad se detectó por primera vez en el valle de Zamora-Jacona en estado de Michoacán en la temporada 2017-2018. Los estudios posteriores dirigidos a la identificación del agente causal evidenciaron la asociación del hongo *Neopestalotiopsis rosae*, un patógeno emergente en el mundo como causante de manchas foliares y pudrición de corona en fresa. En la búsqueda de las fuentes de infección primaria, los estudios realizados en Michoacán indicaron que el origen de las infecciones se asoció a los viveros establecidos en suelo en campo abierto, pero no se pudo establecer cómo el patógeno se introdujo a México o si dicha especie ya estaba presente sin que se tuviera conocimiento de ello. La ocurrencia de epidemias similares se observó también en otros países, especialmente en Estados Unidos, casi al mismo tiempo que en México. El hecho de haber evidenciado que el agente causal se puede mover desde los viveros hacia las parcelas comerciales, fue un gran avance, ya que esto permitió iniciar la construcción de protocolos de prevención de la enfermedad y alinear acciones para reducir el impacto en la producción agrícola, al informar a los productores de la importancia de reducir la distribución de plantas enfermas hacia las parcelas comerciales y tomar acciones preventivas que pusieran en riesgo su plantación.

Los reportes de hongos similares a *Pestalotiopsis* en el cultivo de fresa, han sido frecuentes a lo largo de los años. Una de las especies primeramente reportadas como patógenas en fresa fue *Pestalotia longisetula* por Howard y Albregts (1973). Sin embargo, más tarde fue renombrada como *Pestalotiopsis longisetula*, que se asociaba con la pudrición de la fruta (Camili *et al.*, 2002). Basado en los estudios realizados por Steyaert (1949) y posteriormente por Maharachchikumbura *et al.*, (2014), *Pestalotiopsis* ha tenido reclasificaciones a lo largo de los años, aceptándose actualmente a *Neopestalotiopsis* como una segregación de *Pestalotiopsis*, en la cual, algunas especies de *Pestalotiopsis* fueron identificadas erróneamente, por lo que se incluyeron en *Neopestalotiopsis* (Baggio *et al.*, 2021).

En México, ya se habían reportado especies de *Pestalotia* spp., asociadas a fresa, sin embargo, siempre fueron considerados como patógenos débiles y oportunistas y de poca importancia. De hecho, en el ámbito académico, hasta antes de la ocurrencia de esta epidemia, se continuaban considerando como de igual manera, lo cual influyó en buena medida, para que tanto en la academia, los laboratorios de diagnóstico como en el sector oficial, se reconociera su importancia como agente causal de epidemias de importancia económica en fresa, como las observadas desde el 2017. Esta experiencia, nos enseña que la emergencia de epidemias poco comunes a partir de patógenos que anteriormente considerábamos como débiles y de poca importancia, podría darse en cualquier momento, dada las condiciones ambientales cambiantes y la dinámica en la oferta de variedades de fresa y el movimiento de material propagativo a nivel global. Ante estos escenarios, es importante que los productores, industria y



empresas que se dedican a la propagación de material vegetativo, mantengan un monitoreo continuo de sus unidades de producción a fin de detectar cualquier emergencia de enfermedades fuera de lo convencional y de esta forma, estar prevenidos para evitar pérdidas de alto impacto económico como la ocurrida causadas por *N. rosae*.

III.- Importancia y distribución.

Los primeros reportes a nivel internacional que llamaron la atención por el impacto en la producción de fresa fueron realizados por Chamorro *et al.*, (2016), en el cual se evidenció. como agente causal de la pudrición de raíz y corona de fresa en España, así mismo, Obregón *et al.*, (2018), la reportó en Argentina. Posteriormente, una serie de reportes en varios países como Uruguay (Machín *et al.*, 2019), Corea del Sur (Park *et al.*, 2019) e Italia (Gilardi *et al.*, 2019; Sigillo *et al.*, 2020) evidenciaron brotes similares. Asimismo, en la India se reportó como el agente causal de manchas foliares y pudrición de fruto (Mahapatra *et al.*, 2018) y en China como agente causal del tizón del cáliz y receptáculo (Shi *et al.*, 2021). En todos los casos, la identificación se basó en la descripción de las características morfológicas y en la identificación por PCR mediante secuenciación. Aunque *N. clavispora* se reportó por algún tiempo como responsable de manchas foliares y pudrición de corona. Los reportes posteriores coinciden en que la identificación se realizó mediante morfología y secuenciación de las regiones ITS de ADN ribosomal, región que no discrimina adecuadamente las especies en este género. En Egipto se realizó el primer reporte mundial de *N. rosae* asociado a la pudrición de raíz y corona (Essa *et al.*, 2018), estudio en el cual, además utilizar la región ITS, se amplificaron las regiones TEF y β - tubulina, lo que permitió, asociar por primera vez a *N. rosae* con los síntomas descritos. Posteriormente en México se reportó a la misma especie como agente causal de pudrición de raíz, corona, mancha foliar y frutos de fresa (Rebollar-Alviter *et al.*, 2020). Después de estos reportes, otros países registraron la ocurrencia de epidemias asociadas al mismo patógeno como fue el caso de Taiwán (Wu *et al.*, 2020), China (Sun *et al.*, 2021), Canadá (Goldenhar y Pate, 2021) y Estados Unidos, donde también se reportó como responsable de manchas foliares y pudrición de fruto en los estados de Florida (Baggio *et al.*, 2021) y Ohio (Rotondo *et al.*, 2022) y en California como agente causal de pudrición de corona y raíz (Lawrence *et al.*, 2022). En todos los casos, los autores reportaron la identificación multilocus mediante secuenciación de la región ITS y parcial de los genes TEF y β -Tubulina. Es probable que los reportes previos de *N. clavispora*, basados solo en la región ITS, en realidad correspondan a *N. rosae*, debido a que la región ITS no es lo suficientemente robusta para separar ambas especies. Recientes



investigaciones han demostrado que *N. clavispora* reportada por Chamorro *et al.*, (2016) debe considerarse como *N. rosae* con base en el análisis filogenético que considera secuencias de varios aislamientos de fresa de Florida en Estados Unidos (Baggio *et al.*, 2021) y que también coincide con las secuencias previamente reportadas en Brasil (Camili *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2015).

Aunque con menor frecuencia, otras especies de *Neopestalotiopsis* se han reportado como agentes causales de la pudrición en corona y raíz en el cultivo de fresa; entre ellas se encuentra a *N. mesopotamica* y *N. iranensis*, reportadas en Irán (Ayoubi y Soleimani, 2016) y Ecuador (Hidrobo *et al.*, 2021; Intriago-Reyna *et al.*, 2021) y recientemente a *N. fragariae* en China (Prematunga *et al.*, 2022). *Neopestalotiopsis iranensis*, *N. mesopotamica*, *N. rosae*, y *N. fragariae* son muy similares y solo se diferencian mediante análisis filogenético, los síntomas causados por estas especies son difíciles de separar en condiciones de campo. Recientemente, *N. iranensis*, *N. mesopotamica* y otras especies de *Pestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis* sp., han sido encontradas en las regiones productoras de Michoacán y Guanajuato, aunque en muy baja proporción en comparación con *N. rosae* (no publicado), por lo que se confirma que esta es la especie principal, pero no se descarta que en algunas regiones, otras especies puedan encontrarse presentes y los resultados de la implementación de estrategias de manejo que incluyan fungicidas, pudieran no resultar con la eficacia esperada. Con base en el muestreo de las principales regiones productoras de fresa en México (Valle de Zamora-Jacona y Maravatío, Michoacán e Irapuato, Guanajuato) y la identificación mediante reconstrucción filogenética a partir de la secuenciación de las regiones ITS, TEF y β -Tubulina, así como la implementación de metodologías como HRM (*High Resolution Melt Analysis*) en colaboración con la Universidad de Florida, se confirmó que el *Nesopestalotiopsis rosae* es la especie más común asociada a los síntomas observados durante las epidemias ocurridas en México, sin embargo, también se han aislado otras especies encontradas en menor proporción (Acosta-González *et al.*, 2024).

Aunque la enfermedad fue inicialmente reportada en el valle de Zamora (incluyendo los municipios de Jacona y Tangancicuaro), los reportes posteriormente se expandieron hacia otras zonas productoras de Michoacán como el valle de Maravatío, Puebla y diferentes municipios de Guanajuato y Estado de México. Actualmente, la enfermedad se encuentra distribuida en prácticamente todas las zonas productoras de fresa de México incluyendo Baja California, aunque en este último estado, el impacto no ha sido de importancia como en el centro de México, quizá por las condiciones ambientales presentes en dicha zona y por sistema de producción y origen de la planta.



IV.- Síntomas de la enfermedad.

El hongo infecta diferentes partes de la planta incluyendo, hojas, peciolo, estolones, frutos, raíces y coronas. En las hojas, la enfermedad se manifiesta como pequeños puntos de color café oscuro de aproximadamente 1 mm, que progresan en forma concéntrica, llegando a cubrir gran parte de la hoja, resultando en un tizón foliar que puede alcanzar el peciolo de la hoja (Fig. 1). En los peciolo se desarrollan lesiones café oscuras de aspecto hundido, similares a las causadas por *Colletotrichum* spp., aunque más oscuras, las cuales progresan hacia la base del peciolo, vía a través de la cual, puede llegar a la corona y progresar hacia la parte inferior de la misma. Las manchas en hojas y peciolo son producto del salpique de la lluvia cuando las plantas ya están establecidas en campo, o bien, cuando las plántulas se están desarrollando en vivero, este salpique es producto del riego por aspersión. Por esta razón, en condiciones de campo, a partir de que las plantaciones se cubren con plástico (macrotúnel) el tizón foliar deja de ser un problema, no así los síntomas que provienen de infecciones en raíz y corona, para los que de no hacerse los tratamientos correspondientes, progresarán hasta causar la muerte de la planta. Es evidente que las plantaciones de baja tecnología que no cuentan con macrotúnel, son las que registran mayores pérdidas en el primer mes después del trasplante, en especial si estas plantaciones tienen historial de epidemias en las temporadas anteriores debido a la presencia de residuos de plantas de fresa en los cuales puede sobrevivir el hongo.

Figura 1. Síntomas típicos causados por *Neopestalotiopsis rosae* en condiciones de campo. A) Manchas foliares y tizones, B) Daños en peciolo de la hoja, C) Daños en plántula producto de infecciones foliares, D) Síntomas típicos en frutos.





Aunque las infecciones en hojas son muy importantes dado que puede ocasionar tizones foliares y muerte de las mismas cuando las plantas están expuestas a la presencia de lluvia, el impacto de la enfermedad es mayor cuando el hongo ataca las raíces y la corona de la planta. Las raíces infectadas se tornan de color oscuro; cuando el daño alcanza la corona a partir de infecciones que provienen de raíces, los daños se observan inicialmente en los márgenes de las coronas a manera de un color café rojizo. Posteriormente, cuando el daño avanza hacia el interior de la corona, se forman manchas irregulares con borde rojizo o marrón y el centro claro, dando un aspecto aperlado o marmoleado. A consecuencia de estos daños en raíz y corona, las plantas manifiestan inicialmente coloraciones púrpuras que inician por el margen de las hojas que a medida que la infección progresa en la raíz y corona, esta coloración se extiende hacia toda la lámina de hoja el resto de las hojas de la planta. En estados más avanzados de la enfermedad, estas hojas pueden manifestar un aclaramiento de venas que contrastan con el color púrpura y posteriormente café de las hojas, acompañado de un marchitamiento y finalmente muerte de la planta. Cuando el daño es mayor en la corona en general, las plantas pueden adquirir una coloración marrón o púrpura que progresa inicialmente de afuera hacia dentro y que culmina con el colapso de las plantas (Fig. 2).



Figura 2. Síntomas y daños ocasionados por infecciones en corona y raíz. **A y B)** Síntomas en hojas originadas por infecciones en raíz y corona, **C)** Planta con alto nivel de severidad, **D)** Síntomas típicos en corona afectado por *N. rosae*, **E).** Parcela de fresa altamente afectada por pudrición de corona, originada por establecimiento de planta infectada.



En general las coloraciones púrpuras son el síntoma más común, algunas variedades pueden manifestar un colapso rápido de la planta debido al daño en el sistema vascular que inicia generalmente con el secamiento de las hojas más externas y progresa hacia las hojas más jóvenes, las cuales son las últimas en morir. Aunque, los síntomas pueden variar dependiendo del hongo u oomiceto con el que *N. rosae* esté asociado, en general, es más común observar los típicos síntomas asociados al color púrpura o marrón de la planta. Asimismo, en general, las plantas enfermas muestran un crecimiento reducido, y cuando vienen infectadas desde el vivero o se infectan al establecimiento en la parcela, producto de inóculo de la temporada anterior, las plantas mueren aproximadamente entre 3 a 4 semanas después del trasplante, dependiendo de la variedad, pero los primeros síntomas (coloraciones púrpuras en el margen de las hojas) puede aparecer en los primeros 10 a 14 días después del trasplante.

Aunque el desarrollo de síntomas foliares, de raíz y corona pueden verse altamente favorecidos por la presencia de lluvia y excesos de humedad dada la presencia de inóculo en residuos vegetales, las pérdidas de plantas en el primer mes después del trasplante, generalmente se asocian al establecimiento de plantas infectadas proveniente del vivero (Fig. 3). Lo anterior no significa que el establecimiento de planta sana en parcelas con inóculo sobreviviente de la temporada anterior no pueda iniciar infecciones y resultar en altos niveles de severidad. Por esta razón, la eliminación de residuos de plantas de temporadas anteriores o la rotación de parcelas por al menos 3 años, es una práctica altamente recomendable para reducir el riesgo de infecciones.



Figura 3. Plantaciones establecidas en campo, bajo diferentes sistemas de producción mostrando daños significativos a consecuencia de infecciones de raíz y corona.



V.- El agente causal.

Antes de realizar los estudios detallados para confirmar la identidad del agente causal de la enfermedad (pruebas de patogenicidad), el hongo se identificaba como *Pestalotia* sp., la difusión de estos resultados entre los productores y técnicos contribuyó a que erróneamente se estableciera como el agente causal y en general se subestimara su importancia como patógeno asociado a los síntomas analizados. Al respecto, es importante resumir las diferencias taxonómicas entre géneros similares para contribuir de esta manera al diagnóstico correcto por parte de los laboratorios de diagnóstico fitosanitario.

El género *Pestalotia* De Not., fue descrito por primera vez por De Notaris en 1839, basado en *Pestalotia pezizoides* De Not. Aislado de hojas de *Vitis vinifera* en Italia (Maharachchikumbura *et al.*, 2011). Sin embargo, más tarde Steyaert (1949), basado en características morfológicas (número de células, color y número de apéndices), dividió a *Pestalotia* en los géneros *Pestalotia*, *Pestalotiopsis* y *Truncatella*, cada una con diferentes características. La división de *Pestalotia* con *Pestalotiopsis* y *Truncatella* la realizó basada en la distinción de cuerpos fructíferos que se mencionaban hasta ese momento entre las mismas especies de *Pestalotia* y en la agrupación de las especies con conidios de 3 y 4 septas (4 y 5 células), lo cual marcó la pauta para reagrupar las especies en los géneros *Pestalotiopsis* y *Truncatella*. En específico, el género *Pestalotia* estuvo conformado por cepas con conidios de 6 células, las cuatro células medias con una coloración marrón oliváceo, con las células terminales hialinas y apéndices simples o ramificados. Para el género *Pestalotiopsis* se consideraron conidios con 5 células y para el género *Truncatella* conidios de 4 células (Maharachchikumbura *et al.*, 2014). Estos mismos autores propusieron los géneros, *Neopestalotiopsis* y *Pseudopestalotiopsis* para el grupo de conidios versicóloros (células centrales claras y oscuras). *Neopestalotiopsis* se puede distinguir fácilmente de *Pestalotia* y *Pestalotiopsis* por las células medianas versicolores, y *Pseudopestalotiopsis* se distingue de *Pestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis* solo mediante secuenciación del ADN, (Maharachchikumbura *et al.*, 2014).

En resumen, la morfología conidial se puede distinguir fácilmente a nivel microscopio, pero solo a nivel de género de la siguiente manera: *Truncatella*, conidios de 4 células, dos centrales de igual pigmentación; *Pestalotia* conidios de 6 células, 4 centrales de igual pigmentación; *Pestalotiopsis* conidios de 5 células, 3 centrales concoloras (coloración uniforme) y *Neopestalotiopsis* conidios de 5 células, 3 centrales versicóloras (colores variados). En el caso de las células de los extremos son hialinas para todos los géneros.



De acuerdo con la morfología de las colonias de *Neopestalotiopsis* sp., éstas producen micelio blanco algodonoso con abundantes acérvulos de color oscuro, con presencia de conidios 10 días después de la siembra. Los acérvulos producen conidios fusiformes a elipsoidales de cinco células, con las tres células centrales versicolas y las células de los extremos hialinas con variación en el número de apéndices (Fig. 4).



Figura 4. Morfología de *N. rosae*. A) Crecimiento de la colonia en medio PDA; B) Acérvulos; C) Conidios de *N. rosae*.

VI.- Epidemiología y ciclo de la enfermedad.

El conocimiento epidemiológico es la base para el diseño de estrategias efectivas para el manejo de la enfermedad. Para ello es necesario integrar información básica del patógeno, el hospedante (el cultivo), el ambiente y cómo influye el componente humano en el desarrollo de la enfermedad. El enfoque basado solo en la aplicación de productos químicos o biológicos sin el conocimiento del papel que tienen cada uno de estos elementos en el desarrollo de la enfermedad, generalmente no conduce a buenos resultados y derivan en pérdidas económicas.

A partir de que esta enfermedad sobresalió como una enfermedad de impacto económico en el cultivo de fresa en la temporada 2017-2018, en la Universidad Autónoma Chapingo en su Centro Regional Morelia, abrió una línea de investigación dirigida a generar información que brindara las bases y el conocimiento para diseñar estrategias efectivas para el manejo de la enfermedad. A partir de una serie de estudios de diagnóstico que incluyeron desde el análisis regional de la intensidad de la enfermedad, pruebas de patogenicidad e identificación molecular, se determinó que el agente causal de



la pudrición de raíz y corona y tizones foliares de la fresa era *Neopestalotiopsis rosae*, patógeno emergente no reportado previamente en México y que, hasta ahora, no se conoce cómo entró al país, pues previo a este reporte solo se había registrado en Egipto. Es muy probable que los reportes que consignaban a *N. clavispora* como agente causal de dichos síntomas en España y otros países de Europa, América y Asia, en realidad se trataran de *N. rosae*, como ha sido confirmado en los últimos años. Por lo anterior, la identificación molecular debe incluir la amplificación y secuenciación de las regiones ITS, TEF y β -Tubulina del ADN a fin de separar de otras especies como *N. clavispora*.

El reto inicial a nivel regional, fue identificar la fuente de inóculo primario, es decir de donde provenían las primeras infecciones que detonaban las epidemias en las parcelas comerciales. Después de realizar múltiples muestreos en viveros comerciales, así como después de dar seguimiento a las plantaciones que provenían de dichos viveros mediante la secuenciación de regiones específicas del ADN, se determinó que las plantas infectadas en los viveros eran una fuente importante de infección primaria. Ante estos hallazgos, como primer componente del diseño de una estrategia de manejo, implicaba prevenir la infección de las plántulas en los viveros, independientemente del nivel de tecnología que dicho vivero implementara. Estos hallazgos motivaron la implementación de protocolos para mejorar los procesos de producción de planta sana en los viveros comerciales. Afortunadamente, a lo largo de estos últimos 5 a 6 años, la calidad fitosanitaria de la plántula se ha mejorado significativamente. Sin embargo, ante la falta de regulaciones para la producción de planta de vivero libre de enfermedades, aún sigue existiendo la oferta de planta de dudosa calidad fitosanitaria, lo que contribuye significativamente a la dispersión de la enfermedad en las parcelas comerciales en todo el país, en especial cuando hay escasez de planta. La experiencia en estos años, indica que aún con los fungicidas más efectivos, partir plantas con niveles altos de la enfermedad, pone en riesgo la plantación, pues las plantas con raíces infectadas severamente, rara vez se recuperan.

En la figura 5 se ilustra el ciclo de *Pestalotiopsis* spp., propuesto por Nag Raj (1985) y otros autores. En este ciclo es importante resaltar la sobrevivencia del patógeno en residuos y su dispersión en las parcelas comerciales. En México, aún no se conoce la formación de la fase sexual, y su papel en el inicio de las infecciones primarias en campo. Lo que se ha confirmado, es que el patógeno sobrevive en tejido de la temporada anterior sobre el cual se forman acérvulos que contienen conidios que por efecto de la lluvia se dispersa hacia hojas de plantas recién establecidas.

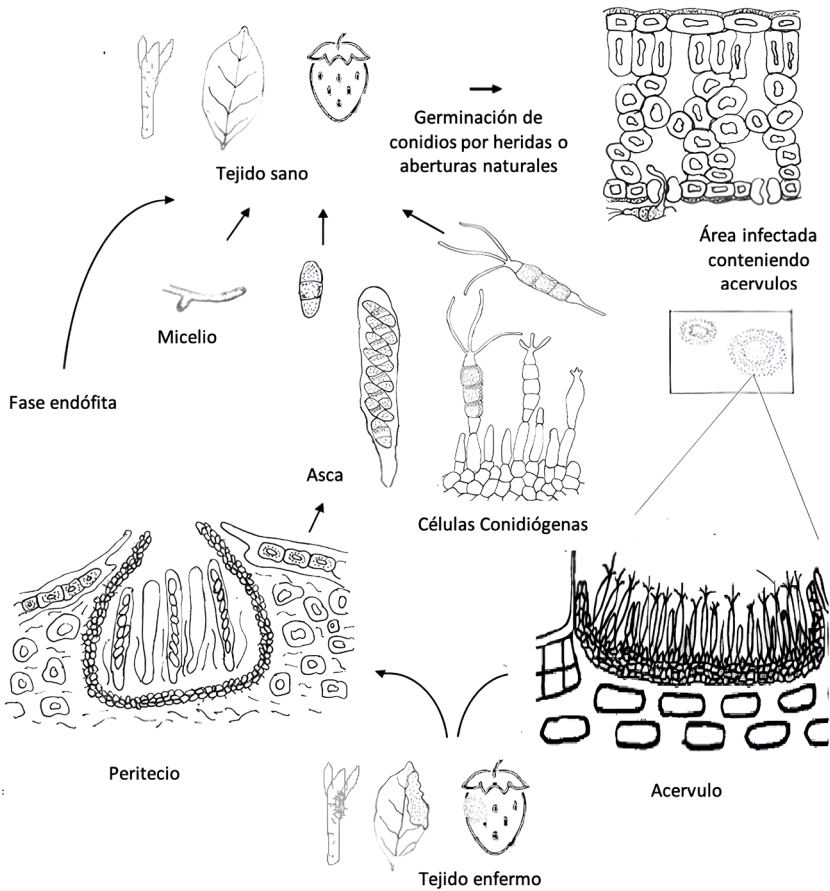


Figura 5. Ciclo de vida de *Pestalotiopsis* spp., propuesto por Nag Raj (1985); Kobayashi *et al.*, (2001); Maharachchikumbura *et al.*, (2011) y modificado por Acosta-González *et al.*, (2024).

En relación con el rango de hospedantes, *Neopestalotiopsis* no es un patógeno específico ya que se ha reportado causando enfermedades en múltiples especies vegetales. Este grupo de hongos se pueden encontrar como saprófitos, endófitos o como patógenos de plantas que pueden causar una gran variedad síntomas, incluyendo manchas foliares, muertes regresivas, tizones, pudriciones de corona, tallos, raíces y frutas en diversos cultivos con impacto variable dependiendo de la interacción patógeno-cultivo (Deshmukh *et al.*, 2017). En campo, se ha aislado *Neopestalotiopsis* sp., de la planta conocida como lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) pero aún no se han realizado estudios exhaustivos



respecto al rango de hospedantes las plantas hospederas en México, más allá de comprobar que la misma especie que ataca a fresa, también causa muerte de puntas en blueberry. El mismo género ha sido también aislado de zarzamora y frambuesa.

En la perspectiva del control o reducción de fuentes de infección primaria para las plantaciones comerciales, un reto mayor lo representan las pequeñas parcelas de propagación establecidas por los pequeños productores. Debido al riesgo de dispersión de esta y otras enfermedades hacia las parcelas comerciales, la atención personalizada de este sector de productores es muy necesaria a fin de reducir el riesgo y el impacto de la enfermedad no solo en la etapa de propagación, sino también en la parcela comercial. Los programas de gobierno para apoyo a pequeños productores son de gran relevancia en esta etapa. (Fig. 6).



Figura 6. Viveros de baja tecnología de pequeños productores a campo abierto.



Desde la perspectiva epidemiológica, base para un diseño efectivo un programa preventivo de manejo de la enfermedad, los viveros y parcelas de propagación de planta de fresa de cualquier nivel tecnológico representan una fuente de infección primaria que podría continuar en la parcela comercial cuando esta aún no tiene antecedentes de la enfermedad (Fig. 7). Por lo anterior, los productores deben poner especial atención en la calidad fitosanitaria de la planta que adquieren. En específico, el productor no debería establecer plantas con presencia de síntomas foliares, o raíces necróticas con síntomas similares a los causados por *N. rosae* sin realizar un tratamiento pre-trasplante. Al respecto, es muy importante que el productor cuente con la asesoría de un técnico capacitado para que evaluar la calidad fitosanitaria de la planta a establecer. Previo al trasplante se sugiere realizar un muestreo de plantas y por lo menos categorizar la enfermedad en grados de severidad tales como baja, media y alta. La experiencia indica que las plantas con severidad de media a alta (tanto en raíz como en hojas) tiene alto riesgo de no establecerse o morir en los primeras 3 a 4 semanas después del trasplante. Identificar los síntomas iniciales en planta de vivero en hojas y raíces puede ser un reto. Por lo anterior, es necesario que los productores confirmen si los síntomas observados realmente corresponden a *Neopestalotiopsis* sp., sobre todo cuando estos no son característicos en las etapas de desarrollo del síntoma.

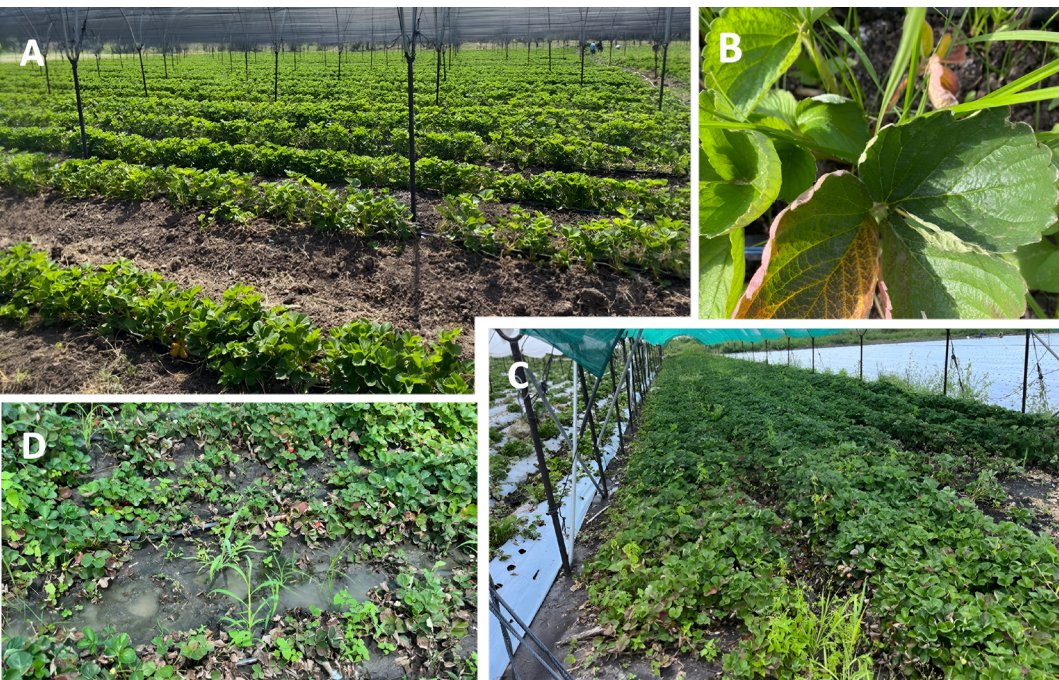


Figura 7. Campos de propagación de planta. A y B) Manifestación de síntomas iniciales producto de infecciones en raíz en vivero comercial a campo abierto, C y D) Tizones foliares producto de salpique y síntomas en hojas por daños en raíz y corona en viveros de pequeños productores de fresa.



Por su parte, los viveros comerciales medianos a grandes deben realizar un control de calidad, evitando dispersar la enfermedad a zonas donde no existe, y poner en riesgo a los productores por pérdida de plántula. En especial, en el primer mes después del trasplante, es notoria que las plantas que vienen infectadas del vivero pueden resultar en altos porcentajes de mortalidad, pero los síntomas iniciales pueden presentarse a partir de los 10 a 14 días después del trasplante. Similar al cultivo en campo, los viveros encargados de propagación de la planta deben implementar protocolos estrictos para evitar la introducción de planta infectada con patógenos que pongan en riesgo la producción de fresa en el país. Aunque en su mayor parte las regulaciones nacionales se enfocan a enfermedades causadas por virus, la posible introducción de *N. rosae* en material propagativo proveniente de otros países, no se descarta. Por esta razón, los análisis fitopatológicos en la planta madre, deben ser estrictos y los resultados deben ser comparados con las enfermedades más comunes en el país; en caso de que los resultados evidencien la presencia de algún patógeno no reportado en México (aún cuando la autoridad regulatoria no lo enliste como amenaza), la empresa debe consultar a un especialista o a la autoridad fitosanitaria para evaluar el posible riesgo.

Previo al establecimiento, es de gran importancia que los productores inspeccionen la planta, incluso, de ser posible, realicen visitas a los viveros para conocer la calidad de la planta que se está adquiriendo y busquen asesoría de expertos que les auxilien en la identificación de los síntomas iniciales de la enfermedad antes del establecimiento en campo.

Debido a que la dispersión de la enfermedad a largas distancias se ha debido a la distribución de plántula infectada y sintomática, es necesario la responsabilidad de los viveros en el control de calidad fitosanitaria y así evitar distribuir lotes de plantas sintomáticas a diversas partes del país. Aunque el hongo puede estar como endófito y no manifestar síntomas, por lo menos evitar la distribución de plantas sintomáticas, contribuye en buena medida a reducir el riesgo de inicio de epidemias en campo, o se reduce la intensidad de la enfermedad que con la adecuada selección de herramientas biológicas y químicas, es factible su manejo si alcanzar altos niveles severidad (Fig. 8).

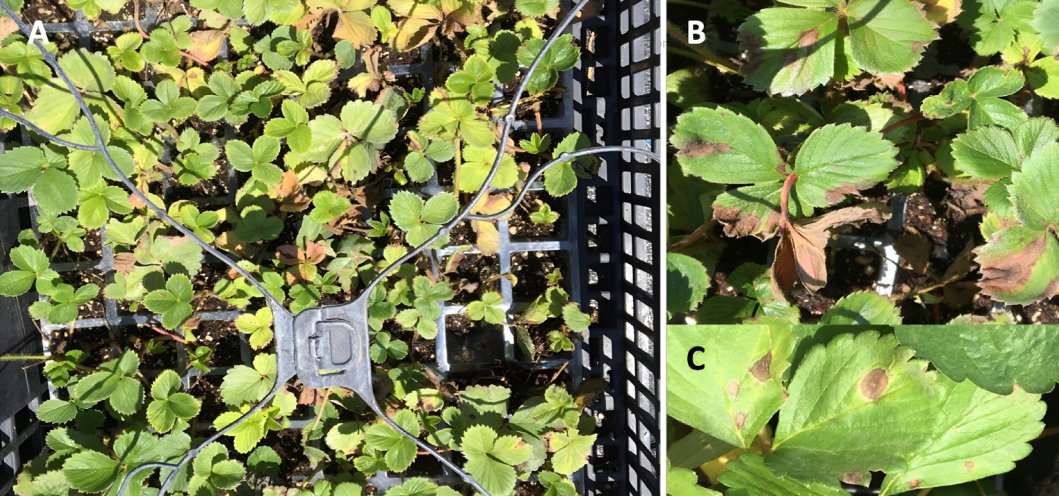
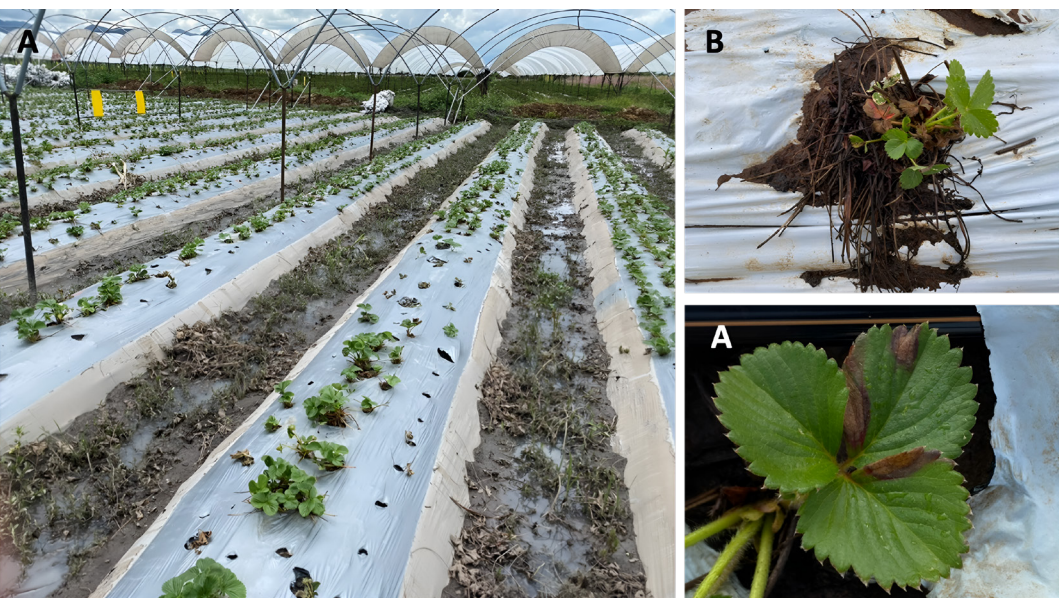


Figura 8. Síntomas de *Neopestalotiopsis* sp. en plántulas de cepellón provenientes de viveros comerciales. Establecer plantas lo más sanas posible, reduce significativamente el riesgo pérdidas económicas en la plantación comercial.

Además de que el patógeno se puede mover vía planta infectada desde los viveros, el hongo también puede sobrevivir en la parcela en residuos vegetales de la temporada anterior como saprófito. Al respecto, se estima que puede sobrevivir entre 2 a 3 años en residuos vegetales. Por lo anterior, es muy importante que el productor elimine los residuos de plantas de temporadas anteriores o realice rotación de parcelas por al menos 3 años cuando le es posible, siempre buscando eliminar fuentes de infección primaria que pudieran contribuir al inicio del desarrollo de la enfermedad posterior al trasplante (Fig. 9). Afortunadamente, los productores y viveros ya pueden solicitar que los laboratorios de diagnóstico les reporte la presencia o ausencia de *Neopestalotiopsis* sp., ya sea en sustrato o en suelo, e incluso en material vegetativo de la temporada anterior, mediante el uso de un medio semiselectivo.





Adicional al riesgo de introducir el patógeno por planta de vivero infectada, ya sea en raíces o en hojas, la sobrevivencia del patógeno en residuos de la temporada anterior pueden ser también el inicio de las infecciones. Debido a que el patógeno se dispersa por salpique producto de los eventos de lluvia, los conidios producidos en residuos sirven como infecciones iniciales de las plántulas recién establecidas en el campo (Fig. 10). A partir de estas infecciones, se producen manchas y tizones foliares que contribuyen a las infecciones secundarias hasta que el problema se dispersa en toda la parcela. Esta dispersión favorecida por lluvia puede ser drásticamente reducida cuando las plantaciones se establecen en parcelas con el plástico colocado antes del trasplante. Por esta razón es que se recomienda a los productores que puedan colocar macrotúnel en sus parcelas, lo hagan lo más cercano al trasplante. En caso de no estar en condiciones de colocar el plástico, el productor debe realizar aplicaciones preventivas continuas (cada 8 a 10 días), iniciando el programa de aplicaciones previo antes de la lluvia a fin de prevenir el desarrollo de la enfermedad. Las infecciones del patógeno en hojas se ven favorecida por temperaturas que van de los 23 a 27 °C y de 95-100 % de humedad relativa (Rebollar-Alviter *et al.*, 2020). En condiciones *in vitro* la temperatura óptima para el desarrollo y esporulación van de 21-30 °C (Rebollar-Alviter *et al.*, 2020; Baggio *et al.*, 2021). En estas condiciones, la infección ocurre entre 24 a 72 h, y los primeros síntomas pueden ocurrir en las entre las 48 a las 72 h. Estos síntomas inician a manera de pequeños puntos necróticos sobre las hojas. Este tiempo varía dependiendo de la susceptibilidad de las variedades. Algunas fitotoxinas que ayudan al desarrollo del patógeno para causar enfermedad son las pestalopironas, hidroxipestalopironas y pestalosidos, las cuales son factores de patogenicidad que aceleran la destrucción de los tejidos y contribuyen a la intensidad de la enfermedad (Evidente *et al.*, 2012).

La sobrevivencia de *Neopestalotiopsis* spp. se puede dar en diversas partes de la planta o sustratos y actuar como fuente de inóculo primario. Otros géneros y especies similares a *Neopestalotiopsis* spp., pueden sobrevivir en la planta madre, suelo, bandejas de propagación usadas, *ground cover*, polvo de pasillos de invernadero, así como en restos de cultivo (McQuilken y Hopkins, 2001, 2004). Mantener las áreas de propagación lo más limpio posibles, así como la maquinaria, herramientas, y reducir el flujo del personal en estos sitios, es altamente recomendable para evitar la dispersión del patógeno en el interior de las parcelas o áreas de propagación.

Figura 9. Residuos de fresa de temporadas anteriores e inicio de síntomas foliares en plantaciones a cielo abierto después del trasplante. La exposición de la planta de fresa a la lluvia después del trasplante favorece el inicio de las infecciones por *N. rosae*.



Otro medio de dispersión es el viento, aunque en menor frecuencia comparada con el salpique de agua. El material propagativo obtenido de los viveros es el medio de dispersión más efectivo a largas distancias. Se especula que éste ha sido el principal medio por el cual la enfermedad se ha dispersado a varias partes del mundo y en México a las diferentes zonas productoras de fresa.



Figura 10. Síntomas en hojas y reducción de crecimiento provenientes de salpique de agua en el área de las estacas de los macrotúneles. El exceso de humedad entre las camas y la acción de la lluvia contribuyen a la dispersión de los conidios hacia las hojas y a favorecer el desarrollo de la enfermedad en raíz y corona.

Estudios recientes, también evidencian la influencia del sustrato en la supervivencia del patógeno, lo que es de gran importancia para los viveros que se dedican a la propagación de planta. Los sustratos orgánicos como la fibra de coco y peat moss tienden a ser más favorables para la sobrevivencia del patógeno, en comparación con aquellos de origen inorgánico. Esta condición debe ser considerada a la hora de reusar los sustratos o realizar la sanitización de las charolas y sustratos en general. El peróxido de hidrógeno+ácido peroxiacético en una de las mejores alternativas para la desinfestación de sustratos y charolas durante la propagación de planta.



Como ya ha sido indicado, éste no es un patógeno específico de fresa, alguno hospedantes alternos incluyendo el arándano pueden ser atacados por este hongo, por lo que el productor debe estar pendiente de la presencia de otras plantas que potencialmente puedan hospedar el este hongo.

VII.- Respuesta de variedades a la infección de *N. rosae*.

La experiencia a lo largo de estos años con la presencia de esta enfermedad, han evidenciado la susceptibilidad de las variedades de fresa más comunes en condiciones de campo, esta respuesta observada se ha podido corroborar en condiciones de laboratorio e invernadero. De estas observaciones se ha concluido que, entre las variedades más susceptibles, resaltan la Albión, Festival, Camino real, Fortuna, y con nivel intermedio, las variedades Sayulita, Fronteras, San Andreas, Rociera, Sensation, Pameritas, entre otras. Mas recientemente, han surgido algunas variedades que muestran mayor tolerancia a la enfermedad como la variedad UCD Victor, pero que tienden a ser muy susceptibles a la bacteria *Xanthomonas fragariae*, causante de la mancha angular de la fresa, la cual también se dispersa por salpique y puede fácilmente transmitirse por estolones a las plantas hijas.

La oferta de variedades de fresa es muy amplia y año con año se están introduciendo nuevos materiales. La recomendación es que el productor visite los campos de prueba (*test plots*) de las compañías o realice sus propias pruebas para ver la respuesta a los patógenos locales, en comunicación con los promotores de dichas variedades, a fin de prevenir pérdidas que pongan en riesgo su economía. Es recomendable que los productores consulten con los distribuidores de las variedades, el nivel de resistencia o susceptibilidad a los patógenos de alto impacto como es el caso de *Neopestalotiopsis rosae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, *Macrophomina phaseolina* y *Verticillium dahliae*, *Phytophthora cactorum*.

VIII.- Importancia de la calidad fitosanitaria del material propagativo.

Como se indicó previamente, los viveros que propagan el material vegetativo que son proveedores de planta de fresa para la producción comercial pueden representar una fuente importante de infección inicial. Aunque existen diferentes niveles tecnológicos en estos viveros, que van desde los pequeños productores que propagan su propia planta, hasta aquellos que reproducen



planta en sistemas de producción de alta tecnología, en todos los casos, el objetivo final debe ser el mismo: entregar al productor de fresa, planta libre de la enfermedad que ponga en riesgo la plantación comercial y, por lo tanto, la economía del productor. Las acciones realizadas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG) dirigidas a atender a los pequeños productores y verificar la sanidad en los grandes viveros comerciales son acciones preventivas que han contribuido significativamente a reducir el riesgo de dispersión de la enfermedad hacia las parcelas comerciales y el impacto de la enfermedad en la producción.

Los pequeños productores que establecen viveros para sus propias parcelas comerciales, deben poner especial atención a las sugerencias de técnico. Siguiendo los mismos principios de prevención de infecciones en la parcela comercial, el productor de planta debe asegurarse que la planta madre que va a establecer, esté libre de la enfermedad del país de importación. Para ello, se sugiere realizar un muestreo y enviar a analizar las plantas a un laboratorio confiable. De preferencia, los campos de propagación deben establecerse en parcelas que no tengan antecedentes de presencia de la enfermedad en las temporadas anteriores. Previo al trasplante, se sugiere que las plantas madre se sumerjan por 2 segundos en una suspensión de fungicidas como el ciprodinil+fludioxonil, tiabendazol, pydiflumetofen+fludioxonil o procloraz, y realice una segunda aplicación a la base de la planta, 10 a 14 días después del trasplante. Las aplicaciones de sanitizantes como peróxido de hidrógeno + ácido peracético, brindan resultados variables cuando se aplican directamente sobre el suelo, pero podrían contribuir a reducir las infecciones iniciales. Debido a que los estolones se van insertando en la cama, si la parcela tiene antecedentes de la enfermedad, las nuevas plantas eventualmente se van a infectar, en especial si se dejaron residuos de la temporada anterior. Es por esta razón que dichas plántulas, también deben ser protegidas con aplicaciones de fungicidas o productos biológicos (previamente probados en su eficacia) a medida que van emergiendo, de tal manera que se mantenga la sanidad de las nuevas plantas hijas hasta antes del establecimiento de la parcela comercial.

Recomendaciones similares aplican para los productores que establecen plantaciones bajo el sistema semidirecta como es caso del sur de Guanajuato y Maravatio Michoacán (Fig. 11).



Figura 11. Campos de propagación de planta con síntomas iniciales y avanzados asociados a *N. rosae*.

Los viveros comerciales que propagan planta en superficies mayores a raíz desnuda o en sistemas protegidos para planta en cepellón, deben identificar los puntos críticos en los cuales se les pueden infectar las plantas. En especial, es de gran importancia identificar primeramente si las plantas madre importadas del país de origen, están libres de la enfermedad. Posteriormente, hay que considerar que el patógeno puede sobrevivir en residuos de la temporada anterior, en plásticos, *ground cover* o charolas de propagación. Lo anterior obliga a realizar acciones de saneamiento de las instalaciones, sustratos, canaletas antes del establecimiento de las plantas madre. Estas plantas madre deben ser tratadas antes del trasplante como se indicó arriba. Posteriormente, las charolas usadas para el enraizamiento también deben desinfectarse previo al trasplante mediante el uso de compuestos sanitizantes como peróxido de hidrógeno+ácido peracético, sales cuaternarias de amonio entre otros, en especial cuando las charolas de propagación se reúsan. Al desprender la planta hija de los estolones y pasarla a enraizar a la charola con sustrato, se sugiere también realizar un tratamiento con fungicida y reforzar 2 o 3 semanas después, previo a la distribución a las parcelas comerciales. Este tratamiento contribuye a reducir el riesgo de infecciones en el vivero y podrían continuar en la parcela comercial. Aún no se conoce si el hongo puede moverse de manera endófito a través de los estolones y pasar de la planta madre a la hija como ocurre con *F. oxysporum* f sp. *fragariae*



En la reproducción de planta a raíz desnuda, es importante considerar las posibles fuentes de infección, como maquinaria, trabajadores, herramientas de trabajo, agua de riego incluyendo la planta madre o residuos en el suelo de la temporada anterior. En la producción de planta de cepellón, el sustrato es otra de las posibles fuentes de infección, pues el patógeno puede sobrevivir por largos periodo de tiempo en materiales como fibra de coco, peat moss etc., y menos en los sustratos inorgánicos.

En resumen, es altamente recomendable que los viveros, cuenten con protocolos de reproducción de planta en los cuales dejen claramente establecido los puntos críticos en los cuales se tomen acciones dirigidas a reducir el riesgo de infecciones a fin de proveer al productor de plantas de fresa libres de patógenos que pongan en riesgo su inversión.

IX.- Estrategia de manejo de la enfermedad en campo.

Considerando la información de los componentes que influyen en el desarrollo de la enfermedad, previamente explicados previamente, que incluyen los aspectos generales del patógeno, las condiciones ambientales que favorecen la infección, las prácticas de manejo y el papel del hospedante (las variedades), ahora es importante integrar esa información para prevenir daños en la parcela comercial.

Primeramente, es importante considerar el historial de parcela donde se va a establecer el cultivo. Como se indicó previamente, es necesario reducir en la medida de lo posible las fuentes de infección inicial, es decir los residuos de la temporada anterior que pudieran estar dentro de la parcela, o muy cercanos a la misma. Es común que se dejen los residuos en las orillas de la parcela y permanezcan por mucho tiempo después del establecimiento de la nueva plantación; incluso, es común encontrar parcelas en las cuales, se dejan las plantas del ciclo anterior o residuos de podas que entran en contacto con las nuevas plantas (Fig. 9). Ésta es una práctica que no es recomendable realizar, en especial cuando las nuevas plantas están desprotegidas y la lluvia contribuye al salpique del inóculo que se encuentra en dichos residuos, lo que propicia el inicio a las nuevas infecciones que se propagan rápidamente entre el tejido nuevo. Considerando entonces que se debe reducir al máximo las infecciones que provienen de los residuos, es necesario enfatizar la revisión de la parcela previo al establecimiento, y de ser posible realizar un análisis fitopatológico dirigido a la detección de *Neopestalotiopsis* sp., mediante el uso de medios de cultivo semiselectivos. Adicionalmente, se recomienda realizar un muestreo de la plántula de vivero previo al trasplante para detectar posibles



infecciones latentes o en los primeros estados de desarrollo y enviarla a revisar a un laboratorio confiable que verifique que está libre de la enfermedad. Sin embargo, es común la escasez de planta a partir de iniciada la temporada de plantación, lo que muchas veces obliga al productor a aceptar plantas de mala calidad fitosanitaria. En este caso, lo que se sugiere es que se reduzca al máximo la introducción de plantas sintomáticas en raíz y hojas y se seleccione aquellas con la más baja severidad de la enfermedad. Una vez que se ha seleccionado la planta a establecer, es muy importante realizar el tratamiento en inmersión de las plántulas, previo al trasplante (Fig. 12).

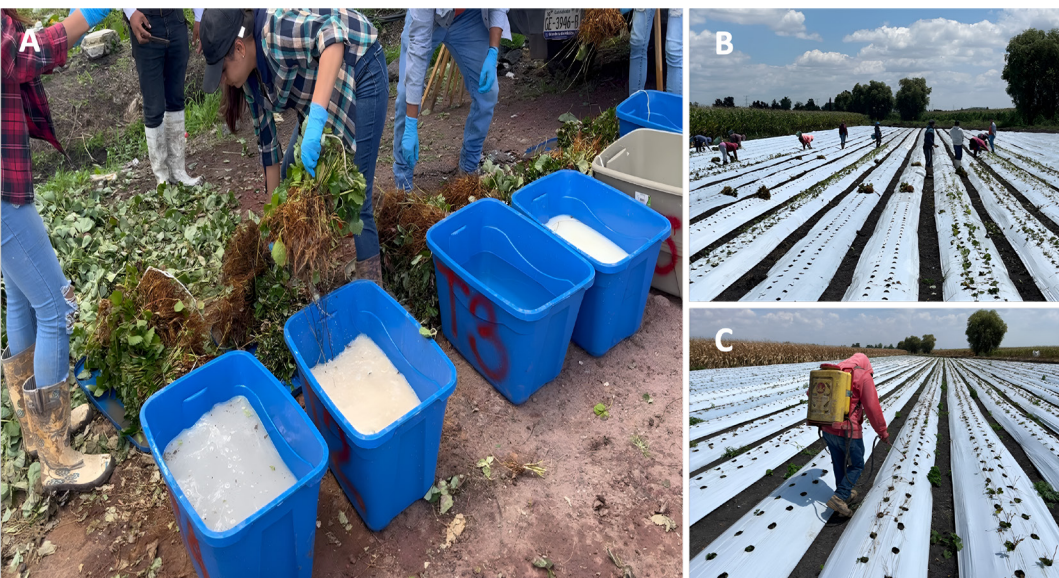


Figura 12. Tratamiento en inmersión con fungicida por 2 a 3 segundos (A), Trasplante (B) y refuerzo en *drench* 10 a 14 días después del trasplante.

Al respecto, la experiencia indica que ni los mejores fungicidas tendrán un efecto aceptable cuando las plantas a establecer tienen una severidad intermedia, de aquí el énfasis en establecer planta lo más sana posible. Con base en estudios realizados en condiciones de invernadero y en parcelas comerciales en campo (Cuadro 1, Fig. 13), entre los mejores tratamientos para inmersión, se encuentra el ciprodinil+fludioxonil, procloraz, tiabendazol, difenoconazol y pydiflumetofen+fludioxonil, seguido de ingredientes como iprodiona, captan, thiram, entre otros. Con estos ingredientes es posible realizar diferentes programas de manejo, que pueden incluir la secuencia de 3 aplicaciones (una en inmersión y dos en *drench*, después del trasplante) a intervalos de 10 a 14 días.



Es importante enfatizar que debido a que puede haber daños por fitotoxicidad de fungicidas cuando se aplican en inmersión, las plantas no deben permanecer por periodos largos de tiempo en la solución del fungicida. El objetivo es que las raíces se mojen con dicha solución. Los experimentos y trabajos de campo indican que es suficiente con introducir por 2 ó 3 segundos a las plantas a ésta solución e inmediatamente se deben trasplantar. Si el productor no está seguro de este método de aplicación, puede realizar la aspersión directa a las raíces de las plantas, pero debe asegurar buena cobertura de lo contrario podría tener fallas en la protección.

Cuadro 1. Evaluación de diferentes programas de manejo de pudrición de corona por *N. rosae* en Irapuato, Gto. Temporada 2022-2023.

	Fecha: 12 de septiembre	8DDT	23 DDT	38DDT	53DDT	68 DDT
Tratamiento	Pre-transplante	Refuerzo	3	4	5	6
1	Procloraz	Procloraz	Iprodiona	Thiram	Iprodiona	<i>B. amyloliquefaciens</i>
2	Ciprodinil+Fludioxonil	Ciprodinil+Fludioxonil	Iprodiona	Thiram	Iprodiona	<i>B. amyloliquefaciens</i>
3	Himexazol	Himexazol	Iprodiona	Thiram	Iprodiona	<i>B. amyloliquefaciens</i>
4	Iprodiona	Iprodiona	Thiram	Captan	Iprodiona	<i>B. amyloliquefaciens</i>
5	Azoxystrobin+Difenoconazol	Azoxystrobin+Difenoconazol	Iprodiona	Thiram	Iprodiona	<i>B. amyloliquefaciens</i>
6	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.
7	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i>
8	<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>B. amyloliquefacien</i>	<i>B. amyloliquefacien</i>
9	Control Absoluto	Control Absoluto	Control Absoluto	Control Absoluto	Control Absoluto	Control Absoluto

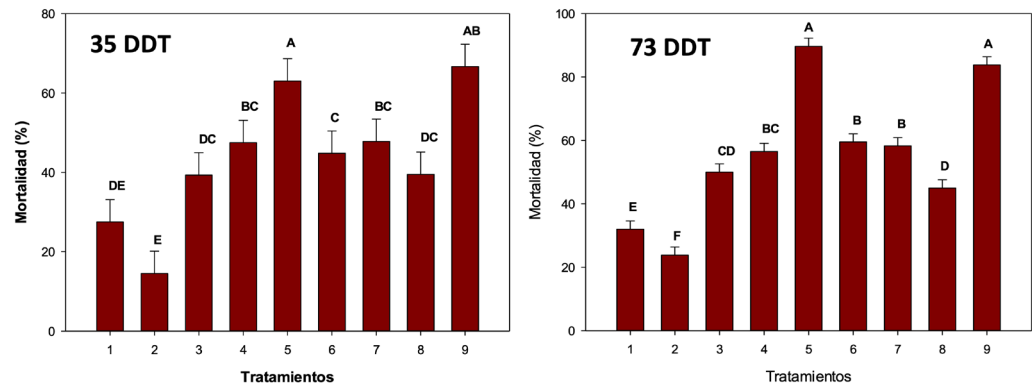


Figura 13. Efecto de tratamientos (programas de manejo, cuadro 1) en la mortalidad de plantas de fresa a los 35 y 73 días después del trasplante (DDT). Las plantas establecidas en este experimento estaban infectadas por *N. rosae* desde el vivero del productor.



Estas primeras aplicaciones pueden realizarse en mezcla con productos dirigidos a reducir el efecto de oomycetos como *Phytophthora* spp., y *Pythium* spp., o con enraizadores, bioestimulantes e inductores de resistencia. A partir de la tercera aplicación después del trasplante, el productor puede incorporar productos a base de microorganismos, que promuevan una mayor masa radical, contribuyan a solubilizar nutrientes, promuevan el control biológico, la bioestimulación y las respuestas inmunes de las plantas, promoviendo una salud integral de las mismas. En el mercado hay una gran oferta de consorcios microbianos (mezclas de microorganismos benéficos) que favorecen las funciones indicadas.

La experiencia en la temporada de producción 2023-2024 indicó que las mezclas de rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR) como *Bacillus velezensis*, *B. licheniformis*, *B. pumilis* y *B. safensis*, incrementaron significativamente el crecimiento y área foliar de las plantas (Fig. 14). También existe una gran oferta de productos a base de *Trichoderma* spp. y *B. amyloliquefasciens*, sin embargo, es necesario probarlos previamente, pues algunos estudios realizados en campo e invernadero también han evidenciado falta de eficacia, por lo que se sugiere realizar pruebas previo a la incorporación en el programa de manejo. La experiencia en el manejo de esta enfermedad y diferentes experimentos en campo e invernadero nos ha indicado que los mejores resultados se obtienen cuando se aplica un enfoque integral, que parte de establecer planta lo más sana posible, realizar tratamientos pre-trasplante (inmersión) de fungicidas y refuerzo 10 a 14 días después del trasplante. Estas aplicaciones permiten posponer el inicio de la enfermedad por más de 40 días después del trasplante, pero a partir de este tiempo, es necesario continuar con las aplicaciones dirigidas a la base de la planta para prevenir el desarrollo de la enfermedad y llegar a la etapa de producción sin la manifestación de síntomas en la planta.

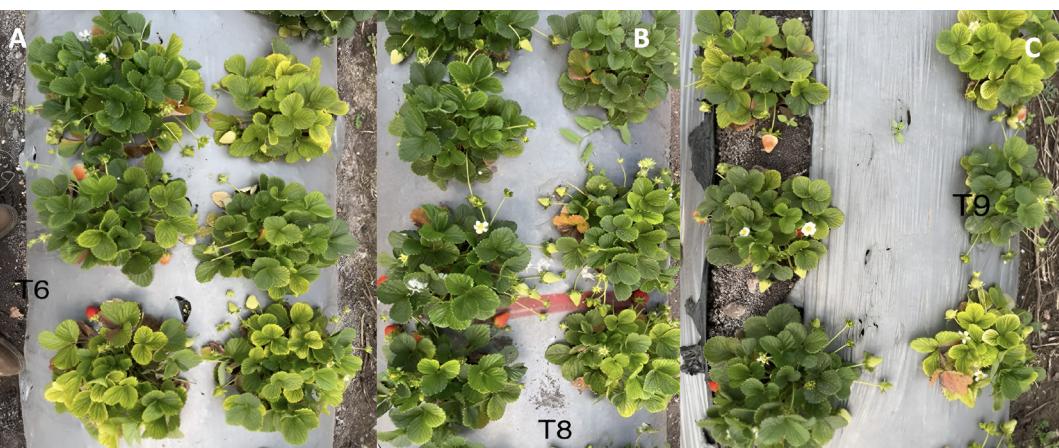


Figura 14. Efecto de un consorcio de bacterias a base de *Bacillus velezensis*, *B. licheniformis*, *B. pumilis* y *B. safensis* (A) y un producto a base de *Trichoderma asperellum* (B) y un control (C).



Adicionalmente, no está demás enfatizar la necesidad de evitar el estrés abiótico y biótico de las plantas. En especial, los excesos de sales, sobre-fertilización con fuentes amoniacales, altas poblaciones de araña roja (*Tetranychus urticae*) que predisponen a la planta al ataque de este hongo. Las aplicaciones frecuentes de productos que induzca las respuestas inmunes como aquellas basadas en algas marinas, fosfito de potasio, quitosano y mezclas de compuestos bioestimulantes con moléculas que promuevan respuestas inmunes (proteínas PR) son altamente recomendables para prevenir las infecciones o reducir la intensidad de la enfermedad. Los estudios realizados en invernadero con productos que promueven la inmunidad vegetal indicaron que las aplicaciones a base de compuestos que contiene una mezcla de glicina botaina y aminoácidos entre otros componentes que estimulan respuestas inmunes estructurales y bioquímicas, así como las aplicaciones de fosfitos redujeron significativamente la severidad de la enfermedad.

La integración de las diferentes herramientas químicas y biológicas considerando la información epidemiológica y el comportamiento de la enfermedad entorno a las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, así como el nivel de tolerancia/resistencia de las variedades es la clave para mantener las plantaciones libres o en niveles de severidad bajos de la enfermedad, siempre con un enfoque preventivo, y no mediante acciones reactivas que incrementan significativamente los costos sin resultados satisfactorios.

Finalmente, es importante resaltar la importancia de mantener las plantas libres de insectos que afectan la corona como la palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* y el fungus gnat, *Bradysia* spp., (Sciaridae), que requieren del diseño e implementación de un plan de manejo integrado de plagas (MIP) que involucra el uso de feromonas sexuales, trampas cromáticas, el uso del control biológico, tecnologías bioracionales, y químicas cuidadosamente planeadas y cuyo uso debe basar en el monitoreo de poblaciones y entorno a la fenología del cultivo. Estos insectos ocasionan daños a raíces y corona de las plantas que puede favorecer la infección de hongos como *Fusarium* spp., *Neopestalotiopsis* spp., y oomicetos como *Pythium* sp., y *Phytophthora* spp., entre otros.

Como resumen, a continuación, se enlistan una serie de acciones en forma de protocolo para contribuir a prevenir y reducir los daños de la enfermedad en parcelas comerciales. En este enfoque, no se recomienda dejar que las plantas muestren síntomas y posteriormente se busque “curar”, mediante tecnologías con poco soporte científico, pues el productor puede terminar incrementando los costos del cultivo, sin lograr el control satisfactorio de la enfermedad. Las ofertas enfocadas a “controlar” la enfermedad con enfoque curativo con tecnologías poco validadas, deben tomarse con precaución. Estas herramientas primeramente deben probarse y evaluarse antes de realizar cualquier inversión que podría no resolver el problema.



X.- Sugerencias para la prevención de infecciones por *Neopestalotiopsis rosae* en plantaciones comerciales de fresa.

Con base en diferentes estudios realizados en laboratorio, invernadero y campo por la Universidad Autónoma Chapingo y los obtenidos en este estudio con financiamiento del Gobierno de Guanajuato a través de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR) en coordinación con el CESAPEG, de manera resumida se recomienda lo siguiente:

1. Siempre inicie su plantación comercial con planta de fresa **lo más sana posible**. No adquiera planta de viveros que manifiestan síntomas de la enfermedad. Realice un análisis fitopatológico en laboratorios confiables previo al trasplante. La eficacia de los tratamientos que aplique dependerá en gran medida de la sanidad de la planta y el nivel de resistencia de la variedad.
2. Si usted produce su propia planta, busque la asesoría de técnicos capacitados y actualizados en el manejo de esta y otras enfermedades de fresa. Recuerde que el objetivo es producir planta SANA, pues de esta depende en gran medida el éxito de su plantación comercial.
3. Previo al trasplante, realice un tratamiento en inmersión de las plantas, sumergiendo toda la planta por 2 a 3 segundos en los siguientes ingredientes activos: ciprodinil+fludioxonil, procloraz, pydiflumetofen+fludioxonil, thiram o iprodiona. El procloraz no está en la lista de productos autorizados, pero por su eficacia solo se recomienda usarlo en vivero o en pre-trasplante. Dichos ingredientes los puede mezclar con algunos productos a base de *Bacillus amyloliquefasciens* y otros consorcios de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y bioestimulantes. No todos los productos comerciales a base de estas bacterias tienen la misma eficacia. Otros tratamientos pueden diseñarse en función del caso específico. Consultar a su técnico del CESAPEG o a la UACH-Morelia, Mich.
4. Realice un tratamiento de refuerzo en *drench* a los 10 a 14 días después del trasplante.
5. El efecto de estos tratamientos puede ser variable en función del nivel de daño en la planta, la susceptibilidad de la variedad y las condiciones ambientales.
6. De ser posible, coloque el plástico (macrotúnel) lo antes posible después del trasplante, pues el patógeno puede afectar de manera severa las hojas al dispersarse por salpique producto de la lluvia.
7. Evite en lo posible la acumulación de agua entre las camas por periodos largos más de 6 a 12 h.



8. En general no se recomienda el uso de fungicidas del grupo de las estrobilurinas (QoI) o Metil-tiofanato pues los estudios indican que el hongo es resistente debido a mutaciones en su genoma que lo hacen insensible a estas moléculas.
9. Después de la aplicación de refuerzo, continúe con aplicaciones de thiram o iprodiona al suelo cada 3 semanas, en función de las condiciones ambientales. Dichas aplicaciones pueden ser sustituidas por consorcios microbianos o *B. amyloliquefasciens* y otras bacterias benéficas que hayan sido previamente probados y el proveedor tenga evidencia de su eficacia. De preferencia realizar aplicaciones alternadas con aplicaciones de fungicidas. Los microorganismos benéficos tienen múltiples funciones que contribuyen a mejorar la salud general del cultivo y debe promoverse su uso de la mejor manera.
10. Las aplicaciones de *Trichoderma* spp., que tengan evidencias de su eficacia en campo, se recomiendan después de la segunda aplicación de refuerzo, 2 a 3 semanas después de esta aplicación. Para conocer la compatibilidad de los productos biológicos con fungicidas, consulte con un técnico capacitado.
11. En los sistemas de producción orgánica, al igual que los integrales, lo más importante es partir de planta sana y conocer el nivel de resistencia de la variedad. Los mismos principios, pero mediante el uso de herramientas biológicas probadas en su eficacia aplican. Los intervalos de aplicación de los productos biológicos se acortan a 8 días, sobre todo cuando las condiciones son favorables al desarrollo de la enfermedad.
12. En general, no se recomienda realizar aplicaciones “**Curativas**” cuando ya se observan síntomas muy avanzados de la enfermedad, pues el costo puede ser muy alto y la eficacia de los tratamientos se reduce significativamente. Es mejor adoptar una estrategia preventiva que inicie por lo menos desde el trasplante, estableciendo plantas lo más sanas posible.



XI.- Referencias selectas.

- Acosta-González, U., Leyva-Mir, S.G., Silva-Rojas H.V., Rebollar-Alviter, A. 2024. Preventive and Curative Effects of Treatments to Manage Strawberry Root and Crown Rot Caused by *Neopestalotiopsis rosae*. Plant Disease. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-23-0958-RE>
- Ayoubi, N., and Soleimani, M. J. 2016. Morphological and molecular identification of *Neopestalotiopsis asiatica* causing leaf spot on sweet almond. J. Plant Pathol. 98: 321-325.
- Baggio, J. S., Forcelini, B. B., Wang, N. Y., Ruschel, R. G., Mertely, J. C., and Peres, N. A. 2021. Outbreak of leaf spot and fruit rot in Florida strawberry caused by *Neopestalotiopsis* spp. Plant Dis. 105: 305-315.
- Camili, E. C., Carbonari, M., and de Souza, N. L. 2002. Characterization of *Pestalotiopsis longisetula* and its pathogenicity in strawberry. Summa Phytopathol. 28: 213-214.
- Chamorro, M., Aguado, A., and De los Santos, B. 2016. First report of root and crown rot caused by *Pestalotiopsis clavispora* (*Neopestalotiopsis clavispora*) on strawberry in Spain. Plant Dis. 100: 1495.
- De Notaris, G. 1839. Micromycetes italiei Dec II. Mere R Acad Sci Torino II, 3, 80-81.
- Deshmukh, S. K., Prakash, V., and Ranjan, N. 2017. Recent advances in the discovery of bioactive metabolites from *Pestalotiopsis*. Phytochem Rev. 16: 883-920.
- Essa, T. A., Kamel, S. M., Ismail, A., and El-Ganainy, S. 2018. Characterization and chemical control of *Neopestalotiopsis rosae* the causal agent of strawberry root and crown rot in Egypt. Egypt. J. Phytopathol. 46: 1-19.
- Evidente, A., Zonno, M. C., Andolfi, A., Troise, C., Cimmino, A., and Vurro, M. 2012. Phytotoxic α -pyrones produced by *Pestalotiopsis guepinii*, the causal agent of hazelnut twig blight. J. Antibiot. 65: 203-206.
- Gilardi, G., Bergeretti, F., Gullino, M. L., and Garibaldi, A. 2019. First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing root and crown rot on strawberry in Italy. Plant Dis. 103: 2959-2959.
- Goldenhar, K., and Pate, E. 2021. Pest Alert: *Neopestalotiopsis* – an emerging strawberry disease in North America. Available online <https://onfruit.ca/2021/03/11/pest-alert-neopestalotiopsis-an-emerging-strawberry-disease-in-north-america/>.
- Hidrobo, J., Ramirez-Villacis, D., Barriga-Medina, N., Herrera, K., and Leon-Reyes, A. 2021. First report of *Neopestalotiopsis mesopotamica* causing root and crown rot on strawberry in Ecuador. Plant Dis. 106: 1066.



- Howard, C. M., and Albregts, E. E. 1973. Strawberry fruit rot caused by *Pestalotia longisetula*. *Phytopathol.* 63: 862-863.
- Intriago-Reyna, H. O., Rivas-Figueroa, F. J., Rivera-Casignia, Á. M., and Álvarez-Romero, P. I. 2021. Outbreaks of crown rot in *Fragaria* × *ananassa* caused by *Neopestalotiopsis mesopotamica* in Ecuador. *Emir J. Food Agric.* 33: 520-527.
- Kobayashi, T., Ishihara, M., and Ono, Y. 2001. A new species of *Pestalospheeria*, the teleomorph of *Pestalotiopsis neglecta*. *Mycoscience.* 42: 211-216.
- Lawrence, D., Brittain, G., Aglave, B., and Sances, F. 2022. First Report of *Neopestalotiopsis rosae* Causing Crown and Root Rot of Strawberry in California. *Plant Disease*, 107(2) 566.
- Machín, A., González, P., Vicente, E., Sánchez, M., Estelda, C., Ghelfi, J., and Silvera-Pérez, E. 2019. First report of root and crown rot caused by *Neopestalotiopsis clavispora* on strawberry in Uruguay. *Plant Dis.* 103: 2946-2946.
- Mahapatra, S., Banerjee, J., Kumar, K., Pramanik, S., Pramanik, K., Islam, S., and Das, S. 2018. Leaf spot and fruit rot of strawberry caused by *Neopestalotiopsis clavispora* in Indo-Gangetic plains of India. *Ind. Phytopathol.* 71: 279-283.
- Maharachchikumbura, S. S., Guo, L. D., Chukeatirote, E., Bahkali, A. H., and Hyde, K. D. 2011. *Pestalotiopsis*—morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Divers.* 50: 167-187.
- Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Groenewald, J. Z., Xu, J., and Crous, P. W. 2014. *Pestalotiopsis* revisited. *Stud. Mycol.* 79: 121-186.
- McQuilken, M. P., and Hopkins, K. E. 2001. Sources, survival and management of *Pestalotiopsis sydowiana* on *Calluna vulgaris* nurseries. *Crop Prot.* 20: 591-597.
- McQuilken, M. P., and Hopkins, K. E. 2004. Biology and integrated control of *Pestalotiopsis* on container-grown ericaceous crops. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science.* 60: 135-142.
- Nag Raj, T. R. 1985. Redisposals and redescription in the *Monochaetia-Seiridium, Pestalotia-Pestalotiopsis* complexes. II. *Pestalotiopsis besseyii* (Guba) comb. nov. and *Pestalospheeria varia* sp. nov. *Mycotaxon* (USA).
- Obregón, V. G., Meneguzzi, N. G., Ibañez, J. M., Lattar, T. E., and Kirschbaum, D. S. 2018. First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing root and crown rot on strawberry plants in Argentina. *Plant Dis.* 102: 1856-1856.
- Park, K., Han, I., Lee, S. M., Choi, S. L., Kim, M. C., and Lee, H. 2019. Crown and root rot of strawberry caused by *Neopestalotiopsis clavispora* in Korea. *Korean. J. Mycol.* 47: 427-435.



- Prematunga CJ, You LQ, Gomdola D, Balasuriya A, Yang YH, Jayawardena RS, Luo M 2022. An Addition to pestalotioid fungi in China: *Neopestalotiopsis fragariae* sp. nov. causing leaf spots on *Fragaria* × *ananassa*. Asian Journal of Mycology 5(2), 220–238, Doi 10.5943/ajom/5/2/10.
- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Fuentes-Aragón, D., Acosta-González, U., Martínez-Ruiz, M., and Parra-Robles, B. E. 2020. An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. Plant Dis. 104: 2054-2059.
- Rodrigues, F. A., Silva, I. T., Antunes Cruz, M. F., and Carré-Missio, V. 2014. The Infection Process of *Pestalotiopsis Longisetula* Leaf Spot on Strawberry Leaves. J. Phytopathol. 162: 690-692.
- Rotondo, F., Klass, T. L., Scott, K., McCartney, M., Jacobs, J. M., and Lewis Ivey, M. L. 2022. First Report of *Neopestalotiopsis* Disease in Ohio caused by an emerging and novel species of *Neopestalotiopsis* on Strawberry. Plant Disease, 107(3),940.
- Shi, J., Zhang, X., Liu, Y., Zhang, Z., Wang, Z., Xue, C., Ma, Y., and Wang, F. 2021. First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing calyx and receptacle blight on strawberry in China. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1376-PDN>
- Sigillo, L., Ruocco, M., Gualtieri, L., Pane, C., and Zaccardelli, M. 2020. First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing crown rot in strawberry in Italy. J. Plant Pathol. 102: 281-281.
- Steyaert, R. L. 1949. Contribution à l'étude monographique de *Pestalotia* de Not. et *Monochaetia* Sacc. (*Truncatella* gen. nov. et *Pestalotiopsis* gen. nov.). Bulletin du Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles/Bulletin van den Rijksplantentuin, Brussel. 285-347.
- Sun, Q., Harishchandra, D., Jia, J., Zuo, Q., Zhang, G., Wang, Q., Yan, J., Zhang, W., and Li, X. 2021. Role of *Neopestalotiopsis rosae* in causing root rot of strawberry in Beijing, China. Crop Protection, 147, 105710.347.
- Teixeira, M. A., Martins, R. M. S., Vieira, R. F., Vildoso, C. I. A., Adami, A. A. V., and Ferreira, A. C. 2015. In vitro identification and control of *Pestalotiopsis longisetula* fungus, pathogens strawberry crop. Rev. Agrogeoam. 7: 59-65.
- Wu, H. Y., Tsai, C. Y., Wu, Y. M., Ariyawansa, H. A., Chung, C. L., and Chung, P. C. 2020. First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. Plant Dis. 105: 487-487.



CAMPO

SECRETARÍA DEL CAMPO

Contacto

Avenida Irrigación 102-A, Interior 4,
Colonia Monte Camargo, 38010
Celaya, Gto.

Teléfono: 461-662-6500

secam.guanajuato.gob.mx

