



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

EFICACIA DE LA MEZCLA DE DIFERENTES INGREDIENTES ACTIVOS DE DIFERENTE GRUPO QUIMICO SOBRE EL CONTROL DE *Alternaria solani* EN EL CULTIVO DE PAPA.

MEMORIA DE TITULO

CRISTIAN MATIAS CONTRERAS MOYA

TALCA, CHILE

2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

EFICACIA DE LA MEZCLA DE DIFERENTES INGREDIENTES ACTIVOS DE DIFERENTE GRUPO QUIMICO SOBRE EL CONTROL DE *Alternaria solani* EN EL CULTIVO DE PAPA.

Por

CRISTIAN MATIAS CONTRERAS MOYA

MEMORIA DE TITULO

Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TALCA, 2022

APROBACIÓN



Profesor Guía: Ing. Agr. M. Sc. Dr. Claudio Sandoval
Profesor Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca



Ing. Agr. Fernanda Nuñez A.

Profesor Informante: Ing. Agr. M. Sc. Fernanda Núñez
Facultad De Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha Defensa de Memoria de Título, 08 de Julio de 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Cristian y Karin por siempre brindarme el apoyo para dar este gran paso en mi vida, por el esfuerzo que han hecho para educarme y entregarme las herramientas para ser quien soy, ya que sin ellos no habría logrado nada de esto. gracias a mi hermano Camilo por el apoyo incondicional en cada momento. También, agradecer a mis abuelos y tía Carolina por demostrarme su cariño incondicionalmente a lo largo de mi carrera y acompañarme en cada logro.

Segundo, agradecer a mi profesor guía, Claudio Sandoval por darme la oportunidad de realizar este trabajo con su equipo y siempre estar a disposición para ayudarme. A Fernanda Núñez, muchas gracias por tu disposición y tiempo para ayudarme, enseñarme y corregirme en este proceso. Sin duda fue un agrado trabajar con ustedes.

Agradezco a mi pareja, María José, por el apoyo incondicional y su amor entregado hacia mi persona, por soportarme y subir el animo en los momentos más difíciles y disfrutar en los mejores, su apoyo fue fundamental para terminar este proceso.

También agradezco a mis amigos que sin duda fueron un gran apoyo desde el primer día, tantos momentos que pasamos juntos ya sea en lo académico, en lo deportivo, compartiendo un asado o simplemente una buena charla. Formamos un gran grupo he hicimos de nuestra etapa universitaria de la mejor forma posible.

Quiero agradecer a mi persona por siempre mantener el enfoque en terminar este proceso a pesar de lo difícil que fuera el camino.

Este logro va dedicado para cada uno de ustedes y para mi hermosa hija Josefa, que llegaste a mi vida finalizando este proceso y desde ese momento fuiste mi motor y motivación para titularme y seguir esforzándome en nuevos proyectos en mi carrera.

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de gran importancia económica ya que es parte de la dieta de casi todos los países del mundo y, como todo cultivo, esta propenso al ataque de plagas y enfermedades, las que pueden disminuir la calidad y los rendimientos significativamente. Dentro de estos patógenos se encuentran las enfermedades causadas por hongos. Entre las más importantes se reportan el tizón tardío de papa (*Phytophthora infestans*) y el tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani*.

El tizón temprano (*A. solani*) puede llegar a producir un 50% de pérdidas en producción. Este patógeno afecta tanto al follaje como a los tubérculos, la sintomatología de enfermedad aparece primero en hojas basales, presentando lesiones necróticas de color marrón a marrón oscuro con anillos concéntricos rodeadas de un halo clorótico.

Dentro de las alternativas de control de tizón temprano en papa se incluyen los manejos culturales como la eliminación de restos vegetales infestados, la rotación de cultivos con especies no hospederas del patógeno, entre otras. Por otro lado, el control químico es la alternativa más popular entre los productores.

Por lo anterior, se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar la efectividad de la mezcla de diferentes ingredientes activos en el control de la enfermedad tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani* en un cultivo de papa comercial. Así se evaluó la mezcla de fludioxonilo + ciprodinilo en dos dosis, fludioxonilo + pidiflumetofeno en dos dosis, pidiflumetofeno + difenoconazol, fluxapiroxad + difenoconazol y azoxistrobina + clorotalonilo. Estos fueron comparados entre sí y con un testigo sin control químico. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, efectuándose dos aplicaciones de estos con frecuencia de 14 días. La primera en inicio de floración y la segunda en caída de pétalos. Para asegurar la presencia del patógeno se realizó la inoculación en una oportunidad 7 días después de la primera aplicación. Para medir los efectos de los tratamientos se realizaron cuatro evaluaciones, en cada una de ellas se determinó incidencia y severidad de la enfermedad.

Los resultados obtenidos a partir de este ensayo demostraron que la mezcla de los diferentes ingredientes activos resultó efectiva sobre la disminución de la incidencia y severidad de la enfermedad tizón temprano. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos químicos.

ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is considered a crop of great economic importance since it is part of the diet at almost every country in the world. Like any crop, it is susceptible to the attack of many pests and diseases, which can reduce quality and yields significantly. Among these are diseases caused by fungi, being the most important late blight (*Phytophthora infestans*) and early blight (*Alternaria solani*).

Early blight (*A. solani*) can cause 50% production losses. This pathogen affects both foliage and tubers, the disease symptomatology first appears on basal leaves, presenting brown to dark brown necrotic lesions with concentric rings surrounded by a chlorotic halo.

Within the control alternatives for early blight in potatoes, it is possible to mention cultural management such as the elimination of infested plant debris, crop rotation with non-host species of the pathogen, among others. On the other hand, chemical control is the most popular alternative among growers.

Therefore, a field experiment was carried out to evaluate the effectiveness of the mixture of different active ingredients in the control of early blight disease caused by the fungus *Alternaria solani* in a commercial potato crop. Thus, the mixture of fludioxonil + cyprodinil in two doses, fludioxonil + pidiflumetofen in two doses, pidiflumetofen + difenoconazole, fluxapiroxad + difenoconazole and azoxystrobin + chlorothalonil were evaluated. All these treatments were compared with each other and with a control without chemical control. The treatments were distributed in a randomized block design, making two applications of these with a frequency of 14 days. The first at the beginning of flowering and the second at the fall of petals. To ensure the presence of the pathogen, inoculation was carried out once 7 days after the first application. To measure the effects of the treatments, four evaluations were carried out, and in each of them the incidence and severity of the disease it was determined.

The results obtained from this trial showed that the mixture of the different active ingredients was effective in reducing the incidence and severity of early blight disease. However, no statistically significant differences were observed between the different chemical treatments.

INDICE

| | Pag. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Hipótesis | 2 |
| 1.2. Objetivo general..... | 2 |
| 1.3. Objetivos específicos..... | 2 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA | 3 |
| 2.1. Importancia a nivel mundial y nacional del cultivo de la papa | 3 |
| 2.2. Botánica y establecimiento del cultivo | 4 |
| 2.3. Principales enfermedades del cultivo de la papa..... | 4 |
| 2.3.1. Tizón temprano de la papa (<i>Alternaria solani</i>) | 4 |
| 2.3.2. Manejo de tizón temprano de la papa..... | 5 |
| I. Control cultural..... | 5 |
| II. Control biológico | 5 |
| III. Control químico..... | 6 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 8 |
| 3.1. Ubicación del ensayo | 8 |
| 3.2. Materiales utilizados..... | 8 |
| 3.3. Tratamientos..... | 9 |
| 3.4. Inoculación | 9 |
| 3.5. Diseño experimental..... | 9 |
| 3.6. Aplicaciones y evaluaciones | 10 |
| 3.7. Aislar e identificar patógeno <i>Alternaria solani</i> | 11 |
| 3.8. Análisis de resultados | 11 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 12 |
| 4.1. Incidencia de <i>Alternaria solani</i> en papa | 12 |
| 4.2. Severidad de <i>Alternaria solani</i> en papa | 14 |
| 4.3. Aislamiento e identificación del patógeno..... | 15 |
| 5. CONCLUSION | 18 |
| 6. CITAS BIBLIOGRAFICAS | 19 |

INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Producción (%) de papa mundial año 2020 | 3 |
| Figura 2. Ubicación del ensayo | 8 |
| Cuadro 3.1. Tratamientos, ingredientes activos, formulación o dosis | 9 |
| Cuadro 3.2. Fecha de aplicaciones, inoculación y estados fenológicos del cultivo | 10 |
| Cuadro 3.3. Detalle de fechas de evaluaciones | 10 |
| Cuadro 3.4. Escala de severidad del ataque de <i>A. solani</i> | 11 |
| Cuadro 4.1. Incidencia (%) de tizón temprano | 12 |
| Cuadro 4.2. Severidad de tizón temprano | 14 |
| Figura 3. Identificación del patógeno | 16 |
| Figura 4. Identificación del patógeno | 17 |

1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) tiene su origen en América, donde se cultiva desde el suroccidente de Estados Unidos hasta el sur de Chile (Rodríguez *et al.*, 2009). Luego de la conquista española en el Perú este alimento se distribuye por Europa aumentando su interés de consumo y producción exponencialmente (FAO, 2008).

Este cultivo es de gran importancia económica, debido a que es parte de la dieta de casi todos los países del mundo. En el año 2020 se produjeron 359.071.403 toneladas a nivel mundial, siendo Asia con 178.599.864 toneladas y Europa con 107.685.637 toneladas las principales regiones productoras en el mundo., por otro lado, en este mismo año en América se produjo 44.922.456 toneladas de las cuales 1.288.154 toneladas fueron cosechadas en Chile (FAOSTAT, 2022).

En Chile, según el VII censo agropecuario publicado en 2007, anualmente se cultivaron 53.731 hectáreas de papa, donde gran parte de la producción pertenece a pequeños agricultores. Sin embargo, en los últimos años se observa una baja importante en la superficie cultivada. En la temporada 2019/2020 la superficie plantada fue de 44.145, posteriormente en la temporada 2020/2021 la superficie destinada a este alimento fue de 36.329, lo que corresponde a una baja del 17,7% Se debe considerar que la actual encuesta de superficie de INE se basa en el marco muestral del VII Censo Agropecuario del año 2007, lo que afecta la calidad de los resultados debido a la antigüedad de esta referencia con la cual se estiman los resultados (ODEPA, 2021).

La producción de papa se ve afectada por diversos problemas productivos, entre lo que destacan las enfermedades causadas por hongos. Entre las más importantes se reportan el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) y el tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani*. Este último patógeno ataca tanto el follaje como tubérculos de la planta (Latorre, 2004). El tizón temprano puede llegar a producir un 50% de pérdidas en producción (INIA, 2011). La sintomatología de la enfermedad aparece primero en hojas basales, presentando lesiones necróticas de color marrón a marrón oscuro con anillos concéntricos rodeadas de un halo clorótico (Acuña, 2008; Latorre, 2018). Las condiciones que favorecen su desarrollo son temperaturas entre 24 – 30 °C y alta humedad relativa (Acuña y Cádiz, 2011; Latorre, 2004).

Dentro de las alternativas de control de tizón temprano en papa se incluyen los manejos culturales como la eliminación de restos vegetales infestados, la rotación de cultivos con especies no hospederas del patógeno, entre otras (INIA, 2011). La alternativa de control químico corresponde a la aplicación de fungicidas siendo el método más popular en el control del hongo. Se utilizan ingredientes activos sintéticos como clorotalonilo, mancozeb, boscalid, piraclostrobin fluxapiroxad,

difenoconazol, azoxistrobin, entre otros (FRAC, 2021; Sandoval y Núñez, 2016). Sin embargo, este patógeno ha desarrollado una menor sensibilidad y resistencia a algunas moléculas en otras partes del mundo (Ding *et al.*, 2019).

En la actualidad se buscan alternativas y mejoras en el control de *A. solani* ya sea mediante nuevos ingredientes activos o mezcla de estos para así poder evitar los problemas de resistencia.

Por lo tanto, a continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio.

1.1. Hipótesis

Si bien la mezcla de ingredientes activos es eficaz en el control de *Alternaria solani*, aquellas que consideran ingredientes activos de diferentes grupos químicos como fludioxonilo (fenilpirroles) + pidiflumetofeno (SDHI) resultan significativamente más eficiente en el control de este patógeno en papa.

1.2. Objetivo general

Evaluar la eficacia de diferentes mezclas de ingredientes activos de distinto grupo químico en el control de *Alternaria solani* en el cultivo de la papa.

1.3. Objetivos específicos

1. Evaluar la eficacia de la mezcla de fludioxonilo + pidiflumetofeno sobre el control de *Alternaria solani*.
2. Determinar los efectos sobre la incidencia y severidad de distintas mezclas de ingredientes activos en un cultivo comercial de papa sobre el control de *Alternaria solani*.
3. Determinar la inocuidad de fludioxonilo + pidiflumetofeno al ser aplicado sobre un cultivo de papa.
4. Determinar las concentraciones efectivas de las mezclas de fludioxonilo + ciprodinilo y fludioxonilo + pidiflumetofeno evaluadas en el control del patógeno *Alternaria solani*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Importancia a nivel mundial y nacional del cultivo de la papa

La papa es el tercer cultivo de alimentación humana más importante del mundo después del arroz y el trigo, siendo fundamental en la dieta de casi todos los países (FAO, 2008). En el año 2020 se produjeron 359.071.403 toneladas a nivel mundial, siendo Asia con 178.599.864 toneladas y Europa con 107.685.637 toneladas las principales regiones productoras en el mundo con un 49,74% y 29,99% respectivamente, por otro lado, en este mismo año en América se produjo 44.922.456 toneladas (12,51%) de las cuales 1.288.154 toneladas fueron cosechadas en Chile (0,36%), como se muestra en la **figura 1** (FAOSTAT, 2022).

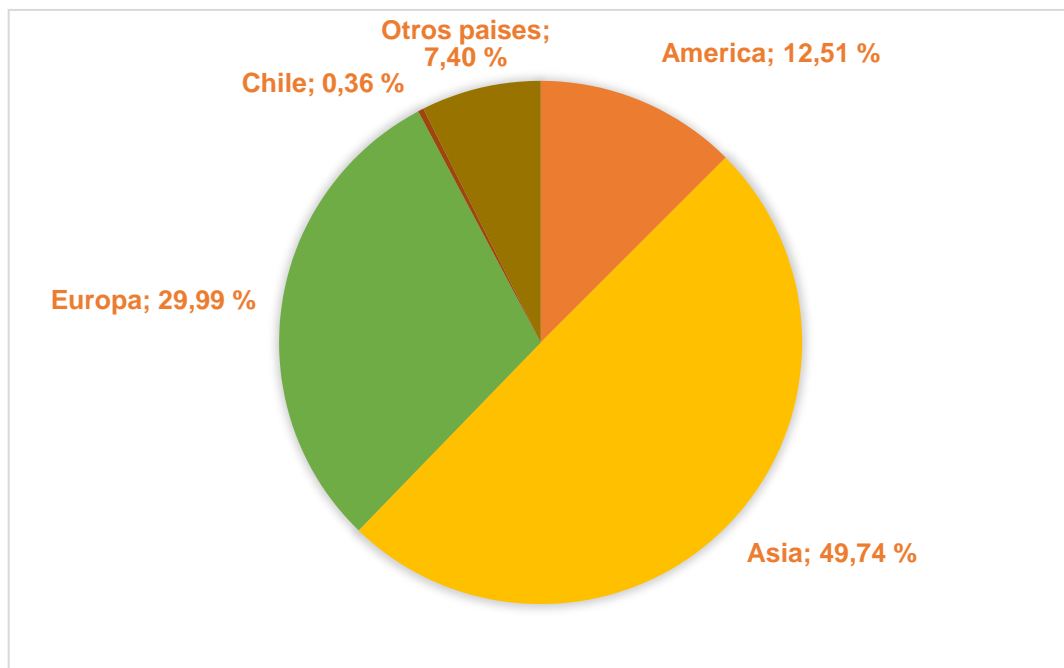


Figura 1. Producción (%) de papa mundial año 2020. (Fuente: FAOSTAT, 2022). Elaboración Propia.

En Chile, según el VII censo agropecuario publicado en 2007, se cultivaron 53.731 hectáreas de papa, destinadas en su mayoría a mercado interno. Debido a factores como el cambio climático y problemas de sequía en los últimos años se observa una baja importante en la superficie cultivada. En la temporada 2019/2020 la superficie plantada fue de 44.145, posteriormente en la temporada 2020/2021 la superficie destinada a este alimento fue de 36.329, lo que corresponde a una baja del 17,7% (ODEPA, 2021). Sin embargo, la disminución de la superficie cultivada no ha producido una baja en la producción de papa, debido a la mejora constante y aparición de cultivares mejor adaptados a condiciones restrictivas.

2.2. Botánica y establecimiento del cultivo

La papa (*Solanum tuberosum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas, tiene su origen en América, donde se cultiva desde el suroccidente de Estados Unidos hasta el sur de Chile (Rodríguez *et al.*, 2009).

La papa es un cultivo anual con hábito de crecimiento herbáceo, posee un sistema radical ramificado y fibroso, se multiplica principalmente de forma vegetativa a través de tubérculos (tallos modificados). Los tallos dependiendo del cultivar, pueden crecer de distintas formas, desde rastreros a erectos (Inostroza, *et al.*, 2009). Presenta hojas compuestas imparipinadas con 3 a 4 pares de foliolos de forma ovalada. (Maroto, 2002).

Las flores se encuentran en racimos terminales, estas son pentámeras, tienen un cáliz gamosépalo, con un estilo y estigma simple, poseen cinco estambres de color amarillo (Contreras, 2003). El fruto de la papa es una baya de coloración verde, esférica u ovalada que presenta numerosas semillas en su interior (Huamán, 1986). En el cultivo de la papa el órgano comestible es el tubérculo, que es muy rico en carbohidratos, pero posee una baja cantidad de proteínas (Contreras, 2002).

2.3. Principales enfermedades del cultivo de la papa

Durante su establecimiento la papa puede verse afectada por muchas enfermedades que atacan tanto a nivel foliar como a los tubérculos, siendo una de las principales limitantes en su cultivo, pudiendo ocasionar grandes pérdidas en cuanto a rendimiento y calidad del órgano comestible (INIA, 2011). En Chile, algunas de las principales enfermedades que afectan al cultivo de la papa son Tizón Tardío causado por *Phytophthora infestans*, Tizón Temprano causado por *Alternaria solani*, Sarna Común causado por *Streptomyces scabies*, Pudrición Gris causado por *Botrytis cinerea*, entre otros. (Latorre, 2004).

2.3.1. Tizón temprano de la papa (*Alternaria solani*)

El tizón temprano es un problema muy importante en muchas partes donde se cultiva papa, esta enfermedad es causada por el hongo *Alternaria solani*, generalmente ataca tejidos senescentes, aunque puede afectar tejidos jóvenes cuando están las condiciones para el desarrollo del patógeno (Acuña y Cádiz, 2011).

La sintomatología de esta enfermedad aparece primero en hojas basales, presentando lesiones necróticas de color marrón a marrón oscuro con anillos concéntricos rodeadas de un halo clorótico (Acuña, 2008; Latorre, 2018). Las condiciones que benefician al desarrollo de este patógeno son temperaturas entre 24 – 30 °C y alta humedad relativa (Acuña y Cádiz, 2011; Latorre, 2004).

Alternaria solani pertenece al Phylum Deuteromycota u hongos imperfectos, los que se caracterizan porque carecen de estructuras de reproducción sexual (Agrios, 2005).

2.3.2. Manejo de tizón temprano de la papa

El manejo integrado de enfermedades consiste en todas las practicas empleadas para mantener el nivel de daño causado por el patógeno por debajo del umbral económico aceptable, Dentro de las opciones de control de enfermedades existen las prácticas culturales, biológicas y químicas.

I. Control cultural

El control cultural de una enfermedad consiste en prácticas no químicas que se realizan antes y durante el establecimiento del cultivo para así disminuir las fuentes de inóculo del patógeno. Dentro de las alternativas de control cultural de tizón temprano en papa se encuentra: realizar una buena preparación de suelo, para favorecer la brotación, emergencia y desarrollo del cultivo. Otras prácticas son la eliminación de restos vegetales infectados de temporadas anteriores, la rotación de cultivos con especies no hospederas del patógeno, utilización de cultivares resistentes, entre otras (INIA, 2011; Sandoval y Núñez, 2016).

II. Control biológico

Bacterias del género *Bacillus* spp. con propiedades antagónicas se han utilizado como un bio-controlador desde mediados de la década de 1930 (Bravo *et al.*, 2011). Así a la fecha, se han encontrado múltiples aplicaciones en la agricultura. Se ha comprobado que cepas específicas de *Bacillus subtilis* actúan muy bien sobre el control de especies de *Alternaria* spp. como por ejemplo *Alternaria alternata* (Caulier *et al.*, 2018).

Al igual que *Bacillus* spp., *Trichoderma longibrachiatum* es otro bio-controlador el cual ha demostrado un efectivo control de patógenos del género *Alternaria* spp. Este ha presentado capacidad de colonización micelar sobre *A. alternata* (Sandoval y Núñez, 2016).

Como se menciona anteriormente, se conoce que existen algunos bio-controladores capaces de actuar de manera antagónica sobre varias especies de *Alternaria* spp,. Sin embargo, hasta el momento no se ha demostrado que su acción sobre la especie *Alternaria solani* sea considerablemente efectiva (Agris, 2005).

III. Control químico

La alternativa del control químico incluye los tratamientos de fungicidas que corresponden al método más popular en el control del hongo. Este consiste en términos simples, en aplicaciones de fungicidas al follaje. en que se utilizan ingredientes activos sintéticos como clorotalonilo, mancozeb, boscalid, piraclostrobin fluxapiroxad, difenoconazol, azoxistrobin, entre otros (FRAC, 2021; Sandoval y Núñez, 2016).

Estos ingredientes activos se clasifican por su modo de acción. Así, algunos fungicidas no presentan movilidad dentro de la planta, solo protegiendo las zonas recubiertas por la aplicación generando una capa protectora del tejido, siendo conocidos como de contacto con modo de acción preventivo. Debido a esto su aplicación debe ser antes de presentarse condiciones para el desarrollo del patógeno. Por otro lado, existen fungicidas que además de cumplir su función de contacto pueden penetrar los tejidos del cultivo, siendo llamados fungicidas sistémicos, presentando un modo de acción erradicante (previo a la aparición de síntomas) o curativa (actúa posterior a la aparición de los síntomas de la enfermedad) (Sandoval y Núñez, 2016).

Los ingredientes activos de interés para este estudio son:

Azoxistrobina: Pertenece al grupo químico de las estrobilurinas (metoxiacrilatos) perteneciente a los fungicidas **Qol** o inhibidores externos de quinona (FRAC), este ingrediente activo posee un modo de acción preventiva, curativa y erradicante actuando en la inhibición de la respiración mitocondrial de las células de los hongos patógenos, deteniendo la transferencia de electrones entre el citocromo b al c1 en el sitio de oxidación del ubiquinol, causando la no formación de ATP que es la fuente de energía para el trabajo celular. En el caso de hongos Oomicetos, evita además la movilidad de las zoosporas. Se recomienda su aplicación en mezcla con otros ingredientes activos para evitar desarrollo de resistencia, no debiendo utilizarse más de tres veces en la temporada de crecimiento (Brooks *et al.*, 1999).

Ciprodinilo: este fungicida pertenece al grupo de Anilino pirimidina (FRAC), posee un modo de acción sistémico con traslocación ascendente por el xilema y actividad fungicida muy amplia que incluye Ascomicetos, Basidiomicetos, Deuteromicetos y Oomicetos. Altera la síntesis de varios

aminoácidos entre ellos de la metionina. Inhibe la germinación de las esporas, el crecimiento del tubo germinativo, la penetración dentro de la planta, el crecimiento de los haustorios secundarios y del micelio tanto externo como intracelular, e impide la esporulación (Pohanish, 2014).

Clorotalonilo: Ingrediente activo perteneciente al grupo químico de cloronitrilo (FRAC), siendo un fungicida de contacto, con modo de acción preventivo, y un amplio espectro de control. Se recomienda el uso bajo un manejo integrado de enfermedades, realizando rotación de aplicación con otros ingredientes activos. Resulta eficiente en el control preventivo de enfermedades asociadas a *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia* spp., *Macrophomina phaseolina*, además de *Alternaria solani* y *A. alternata* entre otras (Agrospec, 2021).

Difenoconazol: Es un ingrediente activo perteneciente al grupo químico de los triazoles dentro de los Inhibidores de biosíntesis de esteroides de membrana (DMI) (FRAC). Este fungicida tiene acción preventiva y curativa inhibe en forma significativa el desarrollo subcuticular del micelio del hongo y previene el desarrollo de los síntomas de las enfermedades. Tiene propiedades sistémicas locales y gran capacidad translaminar. Es eficiente contra Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos (Pohanish, 2014).

Fludioxonilo: pertenece al grupo químico de los fenilpirroles siendo un fungicida de contacto, con acción preventiva y residual, molécula activa contra un amplio espectro de hongos superiores, Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos (Pohanish, 2014).

Fluxapiroxad: Ingrediente activo perteneciente al grupo químico de las Pirazolcarboxamidas (FRAC), se caracteriza por controlar un amplio espectro de enfermedades provocadas por hongos. Es de acción sistémica y translaminar, con doble efecto, ya sea protector o curativo, inhibiendo los principales estados en el crecimiento del hongo. Se recomienda principalmente en aplicaciones preventivas (Pohanish, 2014).

Pidiflumetofeno: es un fungicida de amplio espectro, perteneciente al Grupo de Inhibidores del succinato deshidrogenasa o SDHI (FRAC), el cual inhibe el Complejo II de la respiración donde actúa la SDHI. No posee resistencia cruzada con triazoles o estrobilurinas, por lo cual la mezcla con estos grupos químicos es recomendada para un mejor manejo de resistencia. Posee prolongada residualidad, asegurando la protección de las hojas (Syngenta, 2021).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del ensayo

Con la finalidad de evaluar la efectividad de la mezcla de ingredientes activos de diferentes grupos químicos fungicidas en el control de tizón temprano en papa, se estableció un ensayo en una plantación comercial de este cultivo, en el sector de Maule, provincia de Talca, Región del Maule (35°32'44.6"S 71°39'30.2"W), a mediados del mes de febrero de 2021.



Figura 2. Ubicación del ensayo (Fuente: Google Earth, 2021)

3.2. Materiales utilizados

El cultivo se estableció a partir de tubérculos semilla cv. Desirée. Esta variedad es originaria de Holanda, los tubérculos son de piel rosada, la pulpa es de color amarillo pálido y de forma oval alargada. Posee una madurez semitardía que va desde los 145 a 150 días (INIA, 2011).

Se utilizó bomba manual de espalda marca Solo con barra y boquillas cono lleno, se utilizó un mojamiento de 300 L/ha.

Para la inoculación se utilizó una cepa aislada de *Alternaria solani*, la que forma parte del cepario, del Laboratorio de Sanidad Vegetal y que se encuentra guardada a 4°C. Dicha cepa se mantuvo y

multiplicó en medio de cultivo. La suspensión utilizada tuvo una concentración de 10^6 conidias por ml.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos evaluados se resumen en el **cuadro 3.1**. En estos se incluyó un testigo, sin aplicación de ningún producto.

Cuadro 3.1. Tratamientos, ingredientes activos, formulación o dosis.

| Tratamiento | Ingrediente activo | Formulación | Dosis (g o ml/ha) |
|-------------|--------------------------------|-------------|-------------------|
| T1 | - | | 0 |
| T2 | Fludioxonilo + Ciprodinilo | WG | 750 |
| T3 | Fludioxonilo +Ciprodinilo | WG | 1000 |
| T4 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | SC | 750 |
| T5 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | SC | 1000 |
| T6 | Pidiflumetofeno + Difenconazol | SC | 1000 |
| T7 | Fluxapiroxad + Difenconazol | SC | 1000 |
| T8 | Azoxistrobina + Clorotalonilo | SC | 1700 |

3.4. Inoculación

Se realizó inoculación con *Alternaria solani*, para poder asegurar la presencia del hongo en el ensayo de papa, y así evaluar con mayor efectividad la acción de los distintos fungicidas. Para esto se asperjó la totalidad de las parcelas con una suspensión del hongo en concentración 10^6 c.f.u./ml. utilizando una bomba de espalda. La inoculación del patógeno (*Alternaria solani*) se realizó en una ocasión, siete días después de la primera aplicación (DDPA), como se muestra en el **cuadro 2**. Para ello se utilizó una cepa aislada de *Alternaria solani*, la que forma parte del cepario obtenida de un cultivo de papa de la temporada 19/20 en el sector de Maule, Dicha cepa fue mantenida en medio de cultivo y guardada a 4°C.

3.5. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se ordenaron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 5 por 4 metros (20 m²).

3.6. Aplicaciones y evaluaciones

Las aplicaciones se llevaron a cabo utilizando una bomba manual de espalda con barra y boquillas cono lleno.

Las aplicaciones de los productos se realizaron en dos oportunidades, además de la inoculación del patógeno las que se detallan en el **cuadro 3.2**.

Cuadro 3.2. Fecha de aplicaciones, inoculación y estados fenológicos del cultivo

| Fecha aplicaciones | Estado fenológico |
|---------------------------------|--------------------------|
| Primera aplicación (29.04.2021) | Inicio Flor (BBCH61) |
| Inoculación (06.05.2021) | Floración (BBCH65) |
| Segunda aplicación (14.05.2021) | Caída pétalos (BBCH69). |

Durante el desarrollo del ensayo se realizaron evaluaciones de acuerdo con las fechas señaladas en el **Cuadro 3.3**.

Cuadro 3.3. Detalle de fechas de evaluaciones.

| Fecha evaluaciones | DDPA* |
|---------------------------|--------------|
| 14-05-2021 | 14 |
| 21-05-2021 | 21 |
| 28-05-2021 | 28 |
| 04-06-2021 | 35 |

***DDPA:** Días después de primera aplicación.

En cada una de las evaluaciones se determinó incidencia de la enfermedad en 50 folíolos/parcela esta se midió de acuerdo con la metodología señalada por el Commonwealth Mycological Institute (CABI), de la siguiente manera:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de folíolos con síntomas de tizón temprano}}{\text{Número total de folíolos}} \times 100$$

En segundo lugar, se evaluó la severidad de la enfermedad en 50 folíolos/parcela. Esta se determinó de acuerdo con la escala presentada en el **cuadro 3.4**.

Cuadro 3.4. Escala de severidad del ataque de *A. solani* en papa en relación del porcentaje de folíolos con lesiones.

| Grados | Severidad de los síntomas |
|---------------|--|
| 0 | 0 folíolos afectados con <i>A. solani</i> . |
| 1 | 1-25% de folíolos afectados con <i>A. solani</i> . |
| 2 | 26-50% de folíolos afectados con <i>A. solani</i> . |
| 3 | 51-75% de folíolos afectados con <i>A. solani</i> . |
| 4 | 76-100% de folíolos afectados con <i>A. solani</i> . |

Finalmente, en cada fecha se evaluó síntomas de fitotoxicidad (selectividad) en el cultivo mediante inspección visual.

3.7. Aislar e identificar patógeno *Alternaria solani*.

Durante el ensayo se tomaron muestras de tejido foliar, las que fueron llevadas al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Talca, donde se procesaron con el fin de aislar el agente causal e identificarlo morfológicamente, para asegurarnos que este correspondía a *A. solani*.

3.8. Análisis de resultados

Los promedios obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA). Para aquellos casos en que este resultado significativo, se procedió a comparar las medias a través de la prueba de Tukey, con un 5% de significancia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incidencia de *Alternaria solani* en papa

Los resultados de las evaluaciones de incidencia de tizón temprano (*A. solani*) en papa se muestran en el **cuadro 4.1**. Donde se observa que en la evaluación 1 todos los tratamientos difieren del testigo (T1), presentando una incidencia muy por debajo de éste. En la evaluación 2, el testigo (T1) presentó el mayor porcentaje de incidencia, con un 17% de plantas afectadas por *A. solani*, el tratamiento Fludioxonilo + Ciprodinilo dosis 750 ml/ha, Pidiflumetofeno + Difenconazol dosis 1000 ml/ha y Fluxaproxad + Difenconazol dosis 1000 ml/ha presentaron un porcentaje de incidencia intermedio y los tratamientos que mostraron un menor porcentaje de plantas afectadas fueron Fludioxonilo + Ciprodinilo dosis 1000 ml/ha, Fludioxonilo + Pidiflumetofeno dosis 750 ml/ha y Fludioxonilo + Pidiflumetofeno dosis 1000 ml/ha y Azoxistrobina + Clorotalonilo dosis 1700 ml/ha. En la evaluación 3, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo (T1). Y finalmente en la evaluación 4, todos los tratamientos obtuvieron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo (T1), el que alcanzó a un 32% de plantas afectadas.

Cuadro 4.1. Incidencia (%) de tizón temprano (*Alternaria solani*) para diferentes tratamientos de control en papa. Maule, Temporada 2021-2022. Evaluación 1: 14-05-2021; Evaluación 2: 21-05-2021; Evaluación 3: 28-05-2021; Evaluación 4: 04-06-2021.

| Tratamiento | Ingrediente activo | Dosis (g o ml/há) | Incidencia 1 (%) | Incidencia 2 (%) | Incidencia 3 (%) | Incidencia 4 (%) |
|---------------|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| T1 | -- | 0 | 11,5 b | 17,0 b | 33,0 | 32,0 b |
| T2 | Fludioxonilo + Ciprodinilo | 750 | 3,0 a | 8,0 ab | 20,5 | 13,0 a |
| T3 | Fludioxonilo + Ciprodinilo | 1000 | 2,0 a | 7,0 a | 18,5 | 14,5 a |
| T4 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | 750 | 1,0 a | 7,0 a | 22,0 | 11,0 a |
| T5 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | 1000 | 1,0 a | 6,0 a | 23,0 | 14,5 a |
| T6 | Pidiflumetofeno + Difenconazol | 1000 | 2,0 a | 9,0 ab | 21,5 | 15,5 a |
| T7 | Fluxaproxad + Difenconazol | 1000 | 0,5 a | 9,5 ab | 20,5 | 11,5 a |
| T8 | Azoxistrobina + Clorotalonilo | 1700 | 2,5 a | 7,5 a | 23,5 | 14,5 a |
| Significancia | | | * | * | n.s | * |

*Los valores en la columna seguidos de letras iguales no presentan diferencia estadística significativa al nivel $p \leq 0,05$.

Un estudio preliminar realizado por Horsfield *et al.*, (2010), en Australia para evaluar estrategias de uso de fungicidas para el control de tizón temprano (*Alternaria solani*) en papa producida en invernadero y campo, concluyó que los ingredientes activos Boscalid, Azoxistrobina y difenoconazol fueron altamente efectivos cuando se aplicaron tres días antes o tres días después de la inoculación.

Mientras que en la aplicación de cinco días después de la inoculación, el difenoconazol fue el fungicida más efectivo. Además, se concluyó que los productos con una fuerte actividad curativa como el difenoconazol fueron más efectivos que los fungicidas protectores cuando las infecciones tempranas por tizón estaban bien establecidas en el cultivo (Horsfield *et al.*, 2010). Ese mismo año Issiakhem y Bouznad, en Argelia, realizaron un ensayo para evaluar la efectividad de difenoconazol y clorotalonilo en la germinación conidial y crecimiento micelial de *Alternaria alternata* y *Alternaria solani* in vitro. En este estudio los resultados mostraron que difenoconazol tuvo una mejor efectividad que clorotalonilo en los parámetros evaluados tanto de *A. alternata* como *A. solani* sin embargo esta última mostro una mayor sensibilidad que *A. alternata* a los fungicidas probados (Issiakhem y Bouznad, 2010).

En otro estudio realizado por Budde-Rodriguez *et al.* en 2022 para evaluar la sensibilidad de *Alternaria* spp. a pirimetanilo, ciprodinilo y fludioxonilo en papa, en Fargo, USA, los resultados indicaron que se observó una correlación significativa entre los valores de CE50 (concentración efectiva en la que el crecimiento fúngico se inhibe en un 50 %) de pirimetanil y ciprodinilo entre los aislados de *A. alternata*, no así para los otros fungicidas ni para *A. solani*. Además, en las evaluaciones de invernadero, se observó una pérdida significativa del control de la enfermedad para algunos aislados de *A. solani*, y esto fue más pronunciado en los fungicidas del grupo anilino pirimidina, pirimetanil y ciprodinilo. Sin embargo, no se observó una correlación significativa entre el valor de CE50 in vitro y el área bajo la curva de respuesta a la dosis según los ensayos de invernadero. Finalmente, en este ensayo se concluyó que fludioxonilo y ciprodinilo son potencialmente buenas adiciones en programas de rotación de fungicidas o como mezcla con otros ingredientes activos para el control de *Alternaria* spp. y el manejo de resistencia (Budde-Rodriguez *et al.*, 2022). Esto explica las diferencias observadas en nuestro caso en los tratamientos con estos ingredientes activos con relación al tratamiento testigo.

En otro estudio realizado por Pinochet en 2016, se evaluó la efectividad de la mezcla de izopirazam + azoxistrobin en el control de *Alternaria solani* y *Alternaria alternata* en tomate industrial. Este estudio fue realizado en San Clemente, región del Maule, Chile. Además de la mezcla izopirazam + azoxistrobin, se evaluó difenoconazol y trifloxistrobin + pirimetanil. Los resultados obtenidos en este ensayo en cuanto a la incidencia de *A. solani* en hojas mostraron que todos los tratamientos resultaron efectivos para el control preventivo, no observándose diferencias significativas entre ellos, pero sí de todos respecto al testigo (Pinochet, 2016). Los resultados de este autor concuerdan con los obtenidos en el presente ensayo ya que los tratamientos con azoxistrobin y difenoconazol resultaron eficientes en el control de tizón temprano, a excepción de la evaluación 2 donde los tratamientos con difenoconazol fueron similares al testigo y en la evaluación 3, en que el análisis estadístico no fue significativo.

4.2. Severidad de *Alternaria solani* en papa

Los resultados de las evaluaciones de severidad de Tizón temprano (*A. solani*) en papa se muestran en el cuadro 4.2. donde se observa que en las evaluaciones 1 y 2 no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo (T1). Posteriormente, en las evaluaciones 3 y 4, todos los tratamientos se diferencian del testigo (T1), presentando una severidad muy por debajo de este en ambas evaluaciones.

Cuadro 4.2. Severidad de tizón temprano (*Alternaria solani*) para diferentes tratamientos de control en papa. Maule, Temporada 2021-2022. Evaluación 1: 14-05-2021; Evaluación 2: 21-05-2021; Evaluación 3: 28-05-2021; Evaluación 4: 04-06-2021.

| Tratamiento | Ingrediente activo | Dosis | severidad 1 | severidad 2 | severidad 3 | severidad 4 |
|---------------|--------------------------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | -- | 0 | 1,00 | 1,25 | 3,25 b | 3,00 b |
| 2 | Fludioxonilo + Ciprodinilo | 750 | 0,75 | 0,75 | 1,00 a | 1,00 a |
| 3 | Fludioxonilo + Ciprodinilo | 1000 | 0,75 | 1,00 | 1,25 a | 1,00 a |
| 4 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | 750 | 0,25 | 1,00 | 1,00 a | 1,00 a |
| 5 | Fludioxonilo + Pidiflumetofeno | 1000 | 0,25 | 1,00 | 1,00 a | 1,00 a |
| 6 | Pidiflumetofeno + Difenconazol | 1000 | 0,25 | 1,00 | 1,00 a | 1,00 a |
| 7 | Fluxapiroxad + Difenconazol | 1000 | 0,25 | 1,00 | 1,00 a | 1,00 a |
| 8 | Azoxistrobina + Clorotalonilo | 1700 | 0,50 | 1,00 | 1,00 a | 1,00 a |
| Significancia | | | n.s | n.s | * | * |

*Los valores en la columna seguidos de letras iguales no presentan diferencia estadística significativa al nivel $p \leq 0,05$.

Al comparar las medias de los tratamientos se puede observar que no existen diferencias entre ellos, pero si con el testigo. Por lo tanto, todos controlan la severidad (nivel de daño) de la enfermedad en un grado similar. En un estudio realizado por Mantecón (2009), se evaluó la efectividad del ingrediente activo difenoconazol en diferentes dosis (0,25 l/ha semanalmente y 0,5 l/ha cada dos semanas) aplicadas 70 días después de la plantación, sobre la severidad del ataque del hongo *Alternaria solani*. Se concluyó que ambos tratamientos controlaron la enfermedad, sin embargo, difenoconazol en menor dosis fue menos eficaz en el control.

Un estudio reciente efectuado por Banyal *et al.* en 2020 en donde se evaluó el control de pidiflumetofeno 7,5% + difenoconazol 12,5% p/v en tomate contra tizón temprano (*Alternaria solani*) y oídio (*Leveillula taurica*), todos los tratamientos redujeron significativamente la gravedad de las

enfermedades a diferencia del tratamiento no tratado. El que mostró una menor incidencia de tizón temprano y oídio fue el de la aplicación foliar de 1,2 ml de pidiflumetofeno 7,5% + difenoconazol 12,5% p/v (200 SC), seguido de la aplicación de 1 ml de pidiflumetofeno 7,5% + difenoconazol 12,5% p/v (200 SC) (Banyal *et al.*, 2020).

En otro ensayo realizado por Leiva (2015) en la comuna de Maule, se evaluó la efectividad de diferentes mezclas y activos en el control de *Alternaria solani* en papa. En este estudio se realizó la evaluación de severidad en dos ocasiones, en la primera se obtuvo que los mejores tratamientos fueron boscalid y fluopiram + tebuconazol + surfactante. Por otra parte, difenoconazol resultó no ser distinto estadísticamente del testigo. Si bien, en la segunda evaluación difenoconazol fue uno de los tratamientos más eficientes en el control de *Alternaria solani* (Leiva, 2015). Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio se observa que los tratamientos con difenoconazol no fueron estadísticamente distintos al testigo en las evaluaciones 1 y 2 pero en las evaluaciones 3 y 4 presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento sin aplicación.

4.3. Aislamiento e identificación del patógeno

Durante el ensayo se tomaron muestras de tejido foliar, las que fueron llevadas al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Talca, donde se procesaron con el fin de aislar el agente causal e identificarlo morfológicamente, para asegurar que éste correspondiese a *A. solani*.

Primero se procedió a identificar plantas con síntomas de la enfermedad (Figura 3, A) y de estas se extrajeron foliolos con lesiones como se muestra en las imágenes B y C (Figura 3), posteriormente se realizaron cortes con tejido afectado por el hongo y tejido sano, los que fueron lavados y desinfectados (Figura 3, D) para evitar crecimiento de saprófitos, estas muestras fueron depositadas en un medio de cultivo agar papa dextrosa (APD), tres por placa, como se muestra en la Figura 3, E y F.

Estas placas fueron puestas en un ambiente óptimo para el desarrollo del patógeno y revisadas cada 7 días. Finalmente, a los 21 días se observó crecimiento (Figura 4, A), posterior a lo cual se aisló el crecimiento sospechoso de ser *A. solani* (Figura 4, B), desde el cual, después de 7 días se realizaron preparaciones con azul de lactofenol las que fue observadas bajo microscopio con aumento de 40x. De esta manera se corroboró la presencia de conidias de *Alternaria solani* (Figura 4, C y D).

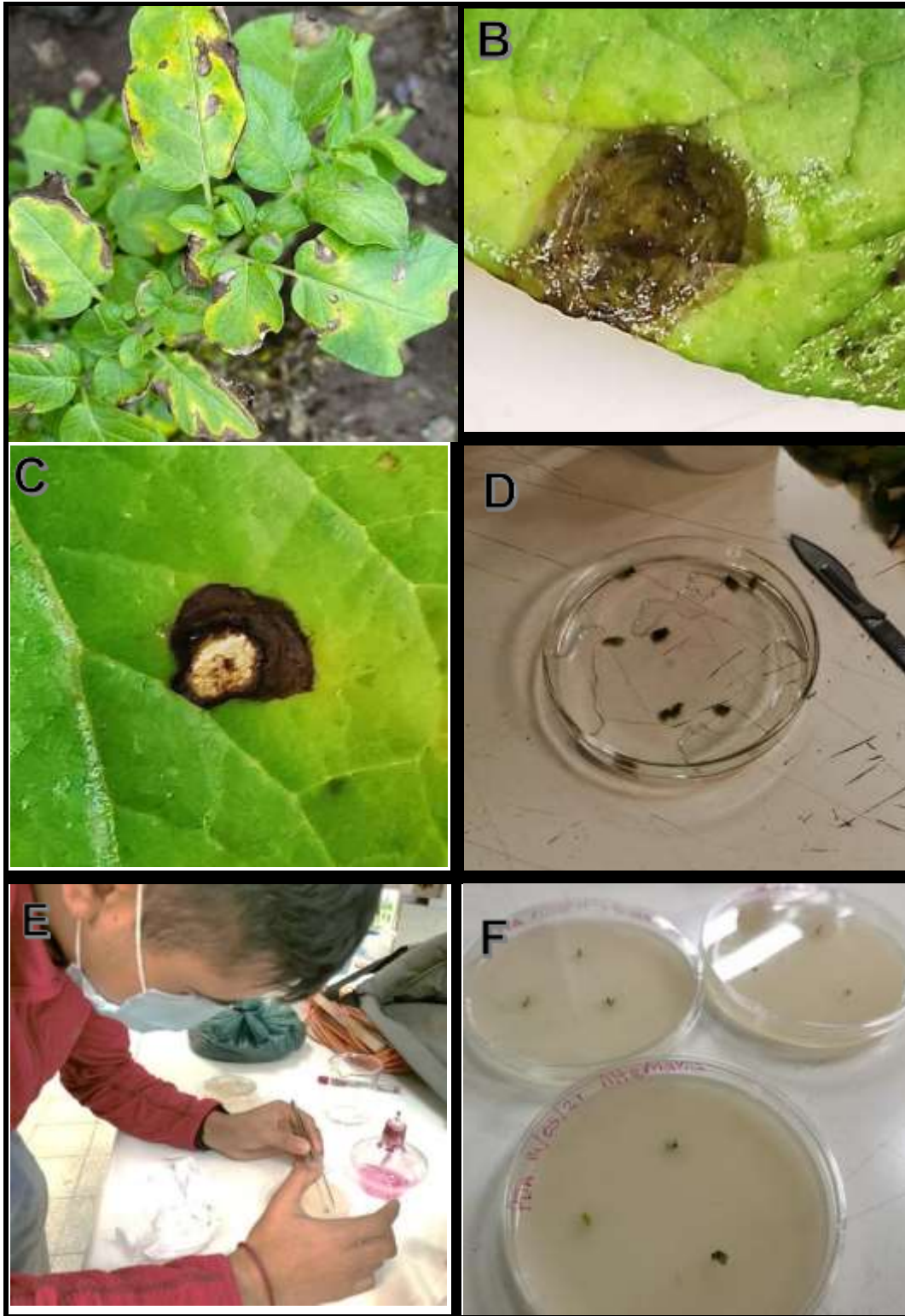


Figura 3. A: Planta de papa con síntomas de tizón temprano. B: lesión causada por *Alternaria solani*. C: Lesión causada por *Alternaria solani*. D: Lavado de muestras vegetales. E: Siembra de muestras en medio de cultivo APD. F: Placa final con muestras de posible patógeno.

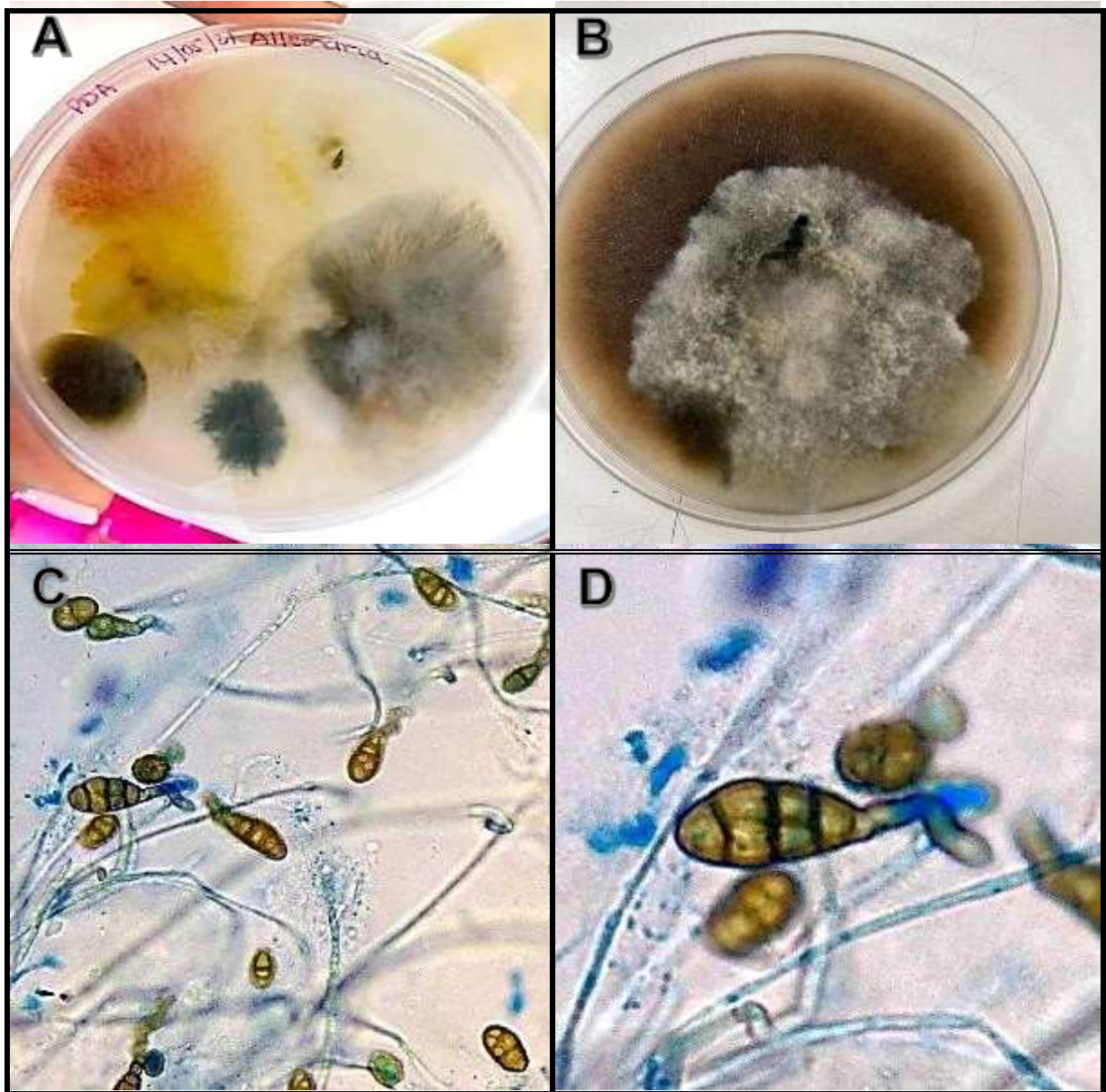


Figura 4. A: Placa con medio de cultivo con desarrollo de patógenos. **B:** Placa con medio de cultivo con patógeno *Alternaria solani*. **C:** Conidias de *Alternaria solani*. **D:** Conidias de *Alternaria solani*.

5. CONCLUSION

En cuanto al control de la incidencia de *Alternaria solani* en un cultivo comercial de papa, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con mezcla de ingredientes activos fungicidas. Sin embargo, todos estos ellos resultaron distintos del tratamiento testigo, sin control químico. Esto indica que todos los ingredientes activos utilizados tienen un control preventivo o erradicante sobre tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani*.

Por otro lado, en relación con la severidad de *Alternaria solani*, al igual que en la incidencia todos los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero si las presentaron respecto al testigo. Sin embargo, estas no se vieron reflejadas en todas las evaluaciones, salvo en la tercera y cuarta. Considerando que en la evaluación final la media de los tratamientos químicos para este parámetro fue 1 se puede señalar que todas las mezclas evaluadas fueron eficaces en el control de la severidad de tizón temprano en papa.

Al momento de evaluar fitotoxicidad, no se observaron síntomas atribuibles a este parámetro en ninguno de los tratamientos evaluados.

La mezcla de fludioxonilo + pidiflumetofeno resulta ser eficiente en el control de *Alternaria solani* en un cultivo comercial de papa, al igual que las demás mezclas de ingredientes activos utilizados, todas ella diferenciándose del tratamiento testigo sin control.

6. CITAS BIBLIOGRAFICAS

Acuña, I y Cádiz, F. 2011. Reconocimiento y manejo del tizón temprano de la papa [en línea]. INIA Remehue. N°. 82. Recuperado en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4735> (Consultado: 6 de octubre 2021).

Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5° edición. San Diego, California. Ediciones Elsevier Academic. 903p.

Agrospec. 2021, julio. Ficha técnica clorotalonil. Agrospec. Recuperado en: https://www.agrospec.cl/wp-content/uploads/2021/08/FT_CLOROTALONIL-500-SC_07.2021 (Consultado: 28 de noviembre 2021)

Banyal, D., Chatak, S., Malannavar, A., Thakur, A. and Singh A. 2020. Evaluation of bioefficacy of pydiflumetofen 7.5% + difenoconazole 12.5% w/v (200 SC) against early blight of potato. Plant Disease Research. Vol. 35. Department of Plant Pathology, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur. 67-69. Disponible en: DOI: 10.5958/2249-8788.2020.00014.1 (Consultado: 18 abril 2022)

Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, SS y Soberón, M. 2011. *Bacillus thuringiensis*: una historia de un bioinsecticida exitoso. Bioquímica de insectos. Mol. Biol. 41, 423–431. Recuperado en: doi: 10.1016 / j.ibmb.2011.02.006

Brooks, G., Roberts, T., Roberts, T., Royal Society of Chemistry (Great Britain), & International Union of Pure and Applied Chemistry.1999. Pesticide Chemistry and Bioscience. Royal Society of Chemistry. Recuperado en: <https://doi.org/10.1533/9781845698416.frontmatter>

Budde-Rodriguez, S., Pasche, j., Mallik, I. and Gudmestad, N. 2022 Sensitivity of *Alternaria* spp. from potato to pyrimethanil, cyprodinil, and fludioxonil. Crop Protection, Volume 152, 105855, Recuperado en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105855>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121942100325>) (Consultado: 14 de abril 2022)

Caulier, S., Gillis, A., Colau, G., Licciardi, F., Liépin, M., Desoignies, N., Modrie, P., Legrève, A., Mahillon, J. y Bragard, C. 2018. Versatile Antagonistic Activities of Soil-Borne *Bacillus* spp. Y *Pseudomonas* spp. against *Phytophthora infestans* and Other Potato Pathogens. Front. Microbiol. p9-143. Recuperado en: doi: 10.3389 / fmicb.2018.00143

Contreras, A. 2003. Papa. In *Faiguembaum*, H. Labranza, Siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago, Chile Ediciones Vivaldi y asociados. P 350-410

Ding, S., Halterman, D., Meinholz, K., Gevens, A. 2019. Plant Disease. Distribución y estabilidad de la resistencia al fungicida inhibidor externo de quinona en poblaciones de *Alternaria* spp. *Wisconsin* 2019 103: 8, 2033-2040

FAO, 2008. La papa: Orígenes - Año Internacional de la Papa 2008. [online] FAO. Recuperado en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes>. (Consultado el 28 de septiembre 2021)

FAOSTAT. 2022. Cultivos y productos de ganadería. FAOSTAT. Recuperado en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (Consultado: 21 de junio 2022)

FRAC. 2021. *FRAC CODE LIST 2021*. FRAC. Recuperado en: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2021--final.pdf?sfvrsn=f7ec499a_2. (Consultado: 26 de noviembre 2021)

Horsfield, A., Wicks, T., Davies, K., Wilson, D., & Paton, S. 2010. Effect of fungicide use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield. *Australasian Plant Pathology*. 39, 368-375. doi: <https://doi.org/10.1071/AP09090>

Huamán, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa (Vol. 6). International Potato Center.

Inostroza, J., Méndez, P., y Sotomayor, L. 2009. Botánica y morfología de la papa [en línea]. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 193p. Recuperado en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7281> (Consultado: 2 de noviembre 2021).

Issiakhem, F. And Bouznad, Z. 2010. In vitro evaluation of difenoconazole and chlorothalonil on conidial germination and mycelial growth of *Alternaria alternata* and *A. solani* causal agent of early blight in Algeria [en línea]. PPO-Special Report no. 14, 297 – 302 Disponible en: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/161688#page=297> (Consultado: 18 de abril 2022)

Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta edición. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 416-417 p

Leiva, C. 2015. Efectividad de la mezcla de Fluopyram + Tebuconazole en el control de *Alternaria solani* en papas. Memoria de título ingeniero Agrónomo. Talca, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. 14 pp.

Mantecón, J. 2009. Control of potato early blight with triazole fungicide using preventive and curative spraying, or a forecasting system. *Cienc. Inv. Agr.* [en línea]. 2009, vol.36, n.2, pp.291-296. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202009000200013>. (Consultado: 18 de abril 2022)

Maroto, JV. 2002. Horticultura herbácea especial. 5° edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-prensa. 702p

ODEPA, 2021. Cultivos anuales histórico. [en línea] Odepa.gob.cl. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2021/05/cultivosAnualesHistorico-04.05.2021.xls> (Consultado: 28 de septiembre 2021)

ODEPA, 2021. Boletín de la papa, septiembre 2021 - ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. [en línea] ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-la-papa-septiembre-2021>. (Consultado: 30 de septiembre 2021)

Pinochet, F. 2016. Efectividad de la mezcla de Izopirazam + Azoxystrobin en el control de *Alternaria solani* y *Alternaria alternata* en Tomate Industrial. Memoria de título ingeniero Agrónomo. Talca, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. 15 pp.

Pohanish, R. 2014. Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals. Elsevier Gezondheidszorg. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/book/9781455731480/sittigs-handbook-of-pesticides-and-agricultural-chemicals>

Rodríguez, F., Wu, F., Ané, C., Tanksley, S. and Spooner, D. 2009. Do potatoes and tomatoes have a single evolutionary history, and what proportion of the genome supports this history? *BMC Evolutionary Biology*, 9, 191. Recuperado en: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-9-191> (Consultado: 28 de septiembre 2021)

Sandoval, C. y Núñez, F. 2016. Centro Regional de Investigación Raihuen Control químico de Tizón temprano y pudrición de fruto [en línea]. Villa Alegre: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 338. Recuperado en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6555> (Consultado: 6 de octubre 2021).