



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD DE TALCA**

**CÁNCER BACTERIAL (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) EN CEREZO.
ALTERNATIVAS DE CONTROL.**

MEMORIA DE TITULO

MAIRA PATRICIA LILLO TAPIA

TALCA, CHILE

2020

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, 2021

Aprobación:



Profesor Guía: Ing. Agr. Mg. Cs. Dr. Claudio Sandoval B.

Profesor Asistente

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias



Ing. Agr. Fernanda Nuñez A.

Profesor informante: Ing. Agr. Mg. Fernanda Núñez A.

Profesor informante

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer de manera muy especial a Fernanda Núñez, quien me guió durante en el ensayo y estuvo ahí para resolver cada una de mis dudas, siempre con buena disposición a enseñar, al igual que el profesor Claudio Sandoval, junto con el equipo del Laboratorio de Sanidad vegetal, estoy muy agradecida de ellos.

A todos esos profesores que durante los primeros años de formación nos contaban como Agronomía los había enamorado, como esta carrera podía aportar y sobre todo como la misión del Agrónomo era “alimentar al mundo”, déjenme decirles que ahora más que nunca les doy la razón y les agradezco inmensamente por cada una de sus palabras, las cuales han sido motivación para mí y me han hecho darme cuenta que una de las mejores decisiones que he tomado, ha sido justamente haberme insertado en esta área.

Y no podían faltar los agradecimientos a mis padres y a mi hermano por su apoyo, guía y confianza en mí, fue lo que me motivó aún más a luchar por mis sueños y no decepcionarlos. Y por esas palabras de aliento que tantas veces necesité y tuvieron para mí.

Finalmente agradecer a Dios por poner en mi camino a todas esas personas que estuvieron presentes en mi vida durante esta hermosa etapa independiente si no están actualmente, fueron parte de este proceso y se los agradezco.

RESÚMEN

El cáncer bacterial del cerezo causado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, sin duda en la actualidad en Chile y en la mayoría de los países productores de cerezas en el mundo constituye un problema patológico de importancia. Históricamente para su control, son usados fungicidas cúpricos, sin embargo, actualmente se buscan nuevas alternativas de control de modo de acción diferente. Por esto se evaluó un producto nuevo para el control a esta enfermedad. Se trata de un análogo estructural y funcional del ácido salicílico (AS), el Acibenzolar-S-metilo (Bion), el cual es un activador de la Resistencia sistémica adquirida (ASM)., A través de este ensayo se midió su efecto en reducir la incidencia y severidad de cáncer bacterial causado por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo. El ensayo realizado en el sombreadero de la Universidad de Talca se estableció utilizando un DCA con 7 tratamientos, 5 repeticiones y 3 unidades experimentales. La formulación se aplicó de manera foliar en 3 de los tratamientos en dosis de: 5g/100L; 10g/100L; 20g/100L con 4 aplicaciones cada 10 días y luego en 3 tratamientos distintos se realizaron aplicaciones vía drench en las dosis de: 50g/ha; 100g/ha; 200g/ha con aplicación única, dejando un tratamiento como testigo absoluto. Las evaluaciones se realizaron 15, 30, 60, 90 y 120 días posterior a la inoculación. Los análisis estadísticos realizados sobre los resultados indicaron que: la incidencia de la enfermedad en el tratamiento T3 (Bion foliar 10 g/hL) fue la menor en todas las evaluaciones. Para la severidad de la enfermedad no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Además, respecto a la necrosis tisular medida como avance (mm) no se observaron diferencias entre tratamientos. Los mayores niveles de incidencia (%) se observaron en T2 seguido de T7 y el tratamiento testigo.

Palabras clave: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, acibenzolar-S-Metilo, incidencia, severidad, cáncer bacterial, cerezo.

ABSTRACT

Bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*, constitutes an important disease in Chile and in most of the cherry-producing countries in the world. Historically, cupric fungicides have been used for their preventive control, however, it seems important look for new alternatives. For this reason, a new product was evaluated in a field assay. This correspond to a structural and functional analog of the salicylic acid (AS), Acibenzolar-S-methyl (Bio), which is an activator of acquired systemic resistance (ASM). Through this field experiment the effect of this product on the reduction of the incidence and severity of bacterial canker was measured on cherry plants. The test took place at the experimental field of the plant pathology laboratory, at Universidad de Talca. A DCA experimental design was used, with 7 treatments, 5 repetitions and 3 plants for each experimental unit. The formulation was applied to the foliage in 3 of the treatments in the following concentrations: 5g / 100L; 10g / 100L; 20g / 100L four times, every 10 days. In the other 3 treatments, the applications were made via drench at: 50g / ha; 100g / ha; 200g / ha just one time. A treatment with no application was includes as absolute control. The evaluations were carried out 15, 30, 60 and 120 days after inoculation. The statistical analyses performed to the results, indicated that: the incidence of the disease in treatment 3 (foliar Bion 10 g / hL) was lower compare to the other treatments, in all of the evaluations. For the severity of the disease, there were no statistical differences between the treatments. In addition, regarding to tissue necrosis, measured as increase in mm, the treatments did not show differences. Finally, the highest values for incidence (%) were obtained by T2 followed by T7 and the control.

Key words: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, acibenzolar-S-Methyl, incidence, severity, bacterial cancer, cherry.

INDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivo general.	3
1.2.3. Objetivos específicos.	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Generalidades del cerezo	4
2.1.1. Antecedentes del cultivo	4
2.1.2. Características morfológicas y taxonómicas	4
2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos	
2.1.4. Producción nacional y mundial del cerezo	7
2.1.5. Principales enfermedades en el cerezo	8
2.2. Cáncer bacterial en cerezo	8
2.2.1. Agente causal	8
2.2.2. Desarrollo de la enfermedad	9
2.2.3. Sintomatología	11
2.2.4. Control integrado de cáncer bacterial	12
2.2.5. Productos en base a cobre	14
2.2.6. Resistencia sistémica adquirida (SAR)	15
2.2.7. Acibenzolar-S-metilo (ASM)	16
3. Materiales y métodos	19
3.1. Ubicación de ensayo	19
3.2. Establecimiento del ensayo	19
3.3. Descripción del ensayo	20
3.4. Evaluaciones	21
3.5. Análisis estadístico	22
4. Resultados y discusión	24

4.1. Evaluación del largo de ramillas	24
4.2. Evaluación muerte de ramillas	25
4.3.Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, para disminuir incidencia en brotes y yemas causadas por <i>pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en plantas de cerezo.	26
4.4. Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, para disminuir severidad en brotes y yemas causadas por <i>pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en plantas de cerezo.	28
4.5. Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, para disminuir severidad en brotes y yemas causadas por <i>pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en plantas de cerezo.	31
4.6. Efecto de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, sobre la exudación de goma causada por <i>pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en plantas de cerezo.	32
5. Conclusiones	33
6. BIBLIOGRAFÍA	34

INDICE DE FIGURAS

Páginas

Figura 2.1. Comparación de los principales productores en toneladas de cerezas a nivel mundial para 2018 6

Figura 2.3. Evolución anual de la superficie nacional (HA) de cerezo durante las últimas temporadas 7

Figura 3.1. Imagen satelital de la ubicación del ensayo (Google Maps)..... 19

Figura 4.1: Comparación del largo de ramillas de los tratamientos inoculados con la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* utilizando dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.....24

Figura 4.2: Muerte de ramillas de cerezo causados por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* utilizando dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.....25

INDICE DE CUADROS

Páginas

Cuadro 3.1. Tratamientos de control preventivo para cáncer bacterial de cerezo, con Acibenzolar-S-methyl (Bion), sombreadero, Laboratorio de sanidad vegetal, Universidad de Talca, campus Talca. Temporada 2019/2020.....	20
Cuadro 3.2. Fórmula utilizada para medición de la incidencia sobre yemas y brotes muertos en el ensayo.....	21
Cuadro 3.3. Escala de medición del grado de severidad de yemas infectadas con <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	22
Cuadro 3.4. Escala de medición del color de la gomosis observada en el ensayo.....	22
Cuadro 4.1: Incidencia (%) de cáncer bacterial (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>) en cerezos, bajo dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis, para las evaluaciones de 15 y 30 DDA.....	26
Cuadro 4.2: Incidencia (%) de cáncer bacterial (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>) en cerezos, bajo dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis, para las evaluaciones de 60, 90 y 120 DDA.....	27

Cuadro 4.3: Grado de severidad causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos, mediante dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.

Evaluaciones	de	15	y	30
DDA.....				28

Cuadro 4.4: Grado de severidad causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos, mediante dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.

Evaluaciones	de	60,	90	y	120
DDA.....					29

Cuadro 4.5: Incidencia de necrosis (%) causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo, con aplicaciones de Acibenzolar-S-metilo (Bion) en diferentes dosis, mediante dos métodos de aplicación.....31

Cuadro 4.6: Avance de necrosis (mm) causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo, con aplicaciones de Acibenzolar-S-metilo (Bion) en diferentes dosis, mediante dos métodos de aplicación.....32

1. INTRODUCCIÓN

El cerezo o guindo dulce (*Prunus avium* L.) pertenece a la especie de las Drupáceas y a la familia de las Rosáceas. Su origen ha sido trazado a la región de los mares Negro y Caspio como también el de su especie predecesora, *P. fruticosa* Pall (Gil, 2012).

La producción mundial de cerezas en la temporada 2014/15 alcanzó 2,41 millones de toneladas. El principal país productor fue Turquía, con 20,7% de la producción mundial en la última temporada. La siguen Estados Unidos (16,4%), China y Ucrania (9,1% cada una), Polonia (8,3%) y, en sexto lugar, Chile, con una participación de 4,6% en la producción mundial de cerezas de la temporada (ODEPA, 2015).

En Chile el cultivo de cerezo ha tenido un fuerte crecimiento debido a su alto valor comercial en exportaciones destinadas principalmente a China y Estados Unidos. De esta forma la superficie plantada de este frutal alcanza actualmente las 40.000 hectáreas, estimándose para cada año un incremento en promedio del 10% manteniendo tasas históricas de aumento (ODEPA, 2019). Las principales zonas productoras de cerezo se localizan en Región de O'Higgins y del maule con 13.699,17 y 17.655,60 ha, respectivamente (ODEPA, 2020).

La producción de cerezas presenta actualmente varios problemas asociados a patógenos como fitoplasmas, bacterias y hongos entre otros (Latorre, 2018). Sin embargo, la más importante y severa es la bacteriosis 'cáncer bacterial' causado por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Latorre, 2004; 2018). Es más, es considerada la principal patología a nivel mundial en frutales de carozo (incluyendo cerezos) a nivel mundial y en Chile (Ogawa, 1996; Kennelly *et al.*, 2007; Latorre, 2018). *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causa en la planta, canchros y atizonamiento (necrosis) de flores, como la muerte de yemas y ramillas. Los síntomas de la enfermedad incluyen la explosión de la flor y la muerte espontánea, hojas y frutos lesiones, canchros con gomosis asociada de tejido leñoso, muerte de yemas, ramillas e incluso plantas, con una disminución de la producción de fruta (Kennelly *et al.*, 2007; INIA, 2019).

Las condiciones ambientales (precipitaciones) juegan un papel fundamental en la diseminación e infección del patógeno el que es capaz de ingresar a la planta a través de aberturas naturales o heridas causadas heladas, podas u otras prácticas a nivel del huerto, que

no son apropiadamente protegidas. A través de estas lesiones es por donde la bacteria tiene fácil acceso a los tejidos iniciando el proceso de infección (INIA, 2019).

El control de esta enfermedad al igual que en la mayoría de las enfermedades bacterianas se realiza con compuestos de cobre, pero existen varias limitaciones para su uso como la resistencia de algunas cepas, la dificultad en el tiempo, la falta de actividad sistémica y la fitotoxicidad (Kennelly *et al.*, 2007).

Entre las nuevas alternativas de tratamientos para el cáncer bacterial se encuentra el Acibenzolar S- El metilo (ASM, nombre comercial Actigard en los Estados Unidos y Bion en Europa) es un compuesto que mejora las defensas naturales de las plantas al inducir resistencia sistémica adquirida (SAR). Las plantas deben tratarse con ASM antes de la infección para que se induzca resistencia antes del ataque del patógeno (Kennelly *et al.*, 2007).

1.1. Hipótesis

El producto comercial estimulante de mecanismos de defensa BION 50 WG (Acibenzolar– S-metilo) es capaz de reducir la severidad de Cáncer bacterial en plantas de cerezo.

1.2. Objetivo general.

Evaluar el efecto activador de mecanismos de defensa del producto comercial BION 5 (Acibenzolar– S-metilo) mediante dos métodos de aplicación, sobre la reducción de la severidad y la incidencia causada por el cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*) en plantas de Cerezo.

1.2.3. Objetivos específicos.

- 1- Determinar el efecto estimulante de mecanismos de defensa del producto comercial BION 50WG (Acibenzolar– S-metilo) frente la inoculación previa de la bacteria causante del Cáncer bacterial, en cuanto a reducción en la severidad de la enfermedad.

2- Estimar el efecto de la formulación de Acibenzolar-S-metilo (BION 50 WG) sobre otros parámetros como crecimiento, necrosis y gomosis.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del cerezo

2.1.1. Antecedentes del cultivo

El origen del cerezo (*Prunus avium* L.) ha sido trazado a la región de los mares Negro y Caspio (Gil, 2012). Antecedentes de la especie se conocen desde la antigüedad; por ejemplo, en Grecia, Teofrasto (300 a.C.) ya escribía sobre el cerezo, y se cree que la especie era cultivada aún con anterioridad (Loewe, 2001).

El *prunus avium* es usado en la actualidad principalmente para la producción de frutos, pero también se le considera forestalmente idóneo, debido a que bajo manejos tiene tendencia a crecer formando un eje central cilíndrico y recto, sin defectos, y una copa bien desarrollada, siendo posible obtener fustes libres de ramas de 6 a 7 m; es apto para su empleo en pequeños grupos, puro o en mezclas, cortinas cortaviento y plantaciones en hileras, así como también para el enriquecimiento de bosques (Crave, 1992; Loewe, 2001).

2.1.2. Características morfológicas y taxonómicas

Esta especie es perteneciente a la familia de las Rosáceas, subfamilia Prunoideae y al género *Prunus* (Gil, 2012), dentro del cual es uno de los más importantes en términos económicos en el ámbito de plantas leñosas, el cual a su vez está conformado por 5 subgéneros: *Prunophora*, *Amygdalus*, *Cerasus*, *Padus* y *Laurocerasus* (Loewe, 2001).

Morfológicamente el cerezo se puede describir como un árbol que generalmente alcanza hasta 20 m de altura, presenta un crecimiento acrotónico, por lo cual el crecimiento de sus yemas en posición apical inhibe el de sus yemas laterales. Además, posee dos tipos de yemas florales, las cuales pueden ser yemas aisladas sobre la base de la madera de un año, variando de uno a seis por rama, o pueden encontrarse yemas ubicadas en dardos, los cuales se encuentran constituidos por una yema vegetativa central rodeada por hasta nueve yemas florales, esta última estructura se puede mantener viable por hasta 5 años (Lemus, 2005). Combina una espléndida

floración con la producción de madera de calidad, por lo que se perfila como la especie más importante dentro del género *Prunus* (Loewe, 2001).

2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

El cerezo es descrito como un frutal de clima templado con amplio rango de adaptabilidad a diferentes condiciones. Presenta buenas condiciones de desarrollo en zonas tan diversas como Canadá o norte de Europa y sur de España o norte de África (INIA, 2005).

Esta especie se caracteriza por presentar una sensibilidad media a las heladas, en la cual varía su nivel de resistencia de acuerdo con las etapas de desarrollo en las que se encuentre. El receso invernal es la etapa en la cual no debiera exponerse a temperaturas inferiores a 0 °C. Pero también la falta de frío en este periodo invernal hace que la floración y brotación se retrasen y sean deficientes, por lo cual se afectaría la cuaja y produciría desprendimiento de frutos (INIA, 2005).

Respecto a los requerimientos nutricionales del cerezo, durante la etapa productiva, uno de los macronutrientes que comienza a tener más importancia es el potasio, el cual presenta una función muy importante en la producción de fruta de calidad. En esta etapa de formación de frutos, es recomendable realizar análisis foliares, luego de las cosechas, para corregir las deficiencias o excesos de macro y microelementos. Como regla general se debe considerar que el nitrógeno se debe aplicar a fines de invierno y en verano en postcosecha (40% y 60% de la dosis anual respectivamente). Para las aplicaciones de potasio se recomienda aplicarlo a fines de invierno junto con la dosis de nitrógeno, al igual que el fósforo. Para los demás microelementos (Zinc, Calcio, Magnesio, Manganeso, Boro, etc.) se aplican con atomizadoras o pulverizadoras y el momento de aplicación depende de cuál de ellos se trate. La mayoría de estos se aplica a partir de yema hinchada (en algunos casos en más de una aplicación) y el Boro se aplica luego de la cosecha. Las dosis para aplicar de cada uno de ellos dependerán del resultado del análisis foliar (Guerendiain, 2004).

Los terrenos que se recomiendan utilizar para establecer huertos de cerezos no deben ser excesivamente arcillosos y compactos, debido a que este tipo de suelos presenta una escasa aireación y los árboles comienzan a disminuir la velocidad de su desarrollo, además considerar

que en primavera se puede ver retrasada su brotación y la posterior caída de hojas puede ser más tardía. También, en los terrenos compactos, sobre todo en años muy lluviosos, los árboles estarían más propensos a sufrir asfixias radiculares, sobre todo para el caso de los portainjertos más sensibles como Mahaleb, lo cual pueden incluso llegar a provocar la muerte de los árboles. Además, también considerar los peligros que producen los encharcamientos, debido a que causan asfixias temporáneas donde los síntomas no se perciben inmediatamente y esto incide sobre la nutrición y repercute negativamente sobre diversas funciones fisiológicas del árbol (Ellena *et al.*, 2012).

2.1.4. Producción nacional y mundial del Cerezo

La producción mundial de cerezas en las últimas décadas ha tendido a ir en aumento y como se observa (Figura 2.1.) los principales productores de esta fruta son Turquía alcanzando casi 800 toneladas en lo que fue la temporada 2018, seguida por Estados Unidos con alrededor de 300 toneladas de fruta producidas, el resto de los países productores alcanzan entre las 100 toneladas (FAOSTAT, 2020). Cabe destacar que a pesar de que Turquía lidera como productor de cereza, es además el principal consumidor de esta materia prima, por lo que no se presenta como un gran exportador, se dedica prácticamente a satisfacer sus necesidades internas de consumo, lo mismo para Estados Unidos (ODEPA, 2015).



Figura 2.1. Comparación de los principales productores en toneladas de cerezas a nivel mundial para 2018.

Respecto a las exportaciones de cereza han incrementado proporcionalmente con el aumento de superficie en hectáreas. Donde los principales países de destino de la fruta han sido China, Corea del sur y Brasil. Siendo el mercado chino el principal destino, alcanzando un 94,04% de las exportaciones chilenas para la temporada de 2020 (ODEPA, 2020).

Chile se ha consolidado como el principal productor y exportador de cerezas del hemisferio sur, explicado, entre otras razones, por las favorables condiciones edafoclimáticas y fitosanitarias que presenta nuestro país (Mené y Andreu, 2014; Iglesias *et al.*, 2016; Macarulla y Escartín, 2016). Además, para el año 2018 (Figura 2.1.) Chile llegó a ser el cuarto productor de cerezas del mundo (FAOSTAT, 2020).

En cuanto a la superficie de hectáreas de cerezo (Figura 2.3) se observa que en Chile han aumentado significativamente los últimos años y se prevé que esto siga en aumento, debido a que el mercado de cerezas está siendo muy atractivo para el sector agrícola.

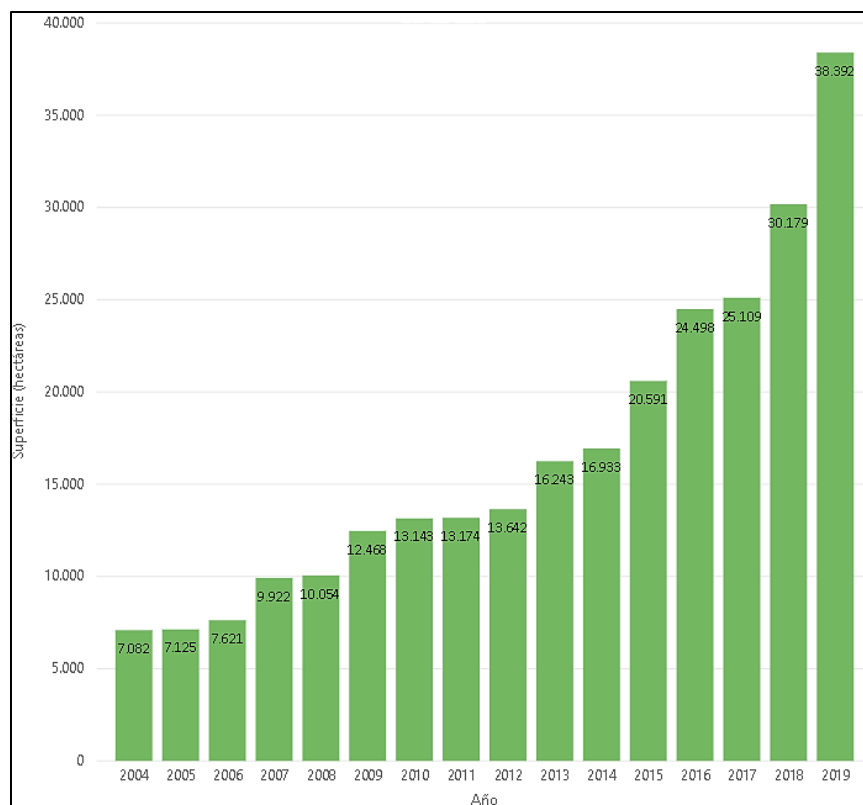


Figura 2.3. Evolución anual de la superficie nacional (HA) de cerezo durante las últimas temporadas. (Fuente: Catastro frutícola ODEPA-CIREN, 2019).

2.1.5. Principales enfermedades en el cerezo

En la actualidad existen más de 50 enfermedades descritas que afectan al cerezo (*Prunus avium*) y guindo (*P. cerasus*), las cuales son producidas por hongos y pseudohongos, bacterias, virus, fitoplasmas, nemátodos y plantas parásitas. Pero, sin embargo, los problemas patológicos reconocidos en Chile son relativamente bajos y pocas de estas enfermedades tienen real importancia económica para nuestro país (Latorre, 2008).

Dentro de las enfermedades con mayor importancia en Chile se encuentran las agallas de la corona, el cáncer bacteriano, tizón de la flor (Botrytis y Moniliasis), pudrición del cuello y de las raíces. En condiciones de postcosecha son frecuentes las pudriciones causadas por *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Monilia laxa*, *Penicillium expansum* y *Rhizopus stolonifer* (Latorre, 2008).

2.2. Cáncer bacterial en cerezo

El cáncer bacterial es una enfermedad importante que afecta al cerezo, debido a que es capaz de generar pérdidas significativas de rendimiento, calidad y población de plantas. Por lo que se describe como la principal amenaza al potencial productivo del cerezo en Chile. En los frutales carozos, como el cerezo el agente causal de esta enfermedad son variantes genéticas de la bacteria *Pseudomonas syringae* conocidas como patovares, y que corresponden a *P. syringae* pv. *syringae* (Pss) y *P. syringae* pv. *morsprunorum* las cuales en Chile ambas son consideradas cuarentenarias por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (Donoso *et al.*, 2008).

2.2.1 Agente causal

Las *Pseudomonas* son organismos unicelulares cuyo tamaño oscila entre 0,3 y 1,0 μm de ancho y 0,6 y 4,5 μm de largo. Su reproducción es mediante el proceso asexual que se conoce como fisión binaria (Gonzales, 1985). Corresponde a una bacteria gram negativa, que oficialmente en Chile tiene varios patovares (SAG, 2013).

La bacteria presenta un cuerpo con forma de bacilo, con uno o varios flagelos polares y que forman colonias blancas o amarillas (INIA, 2020). Se denominan *Pseudomonas* fluorescentes

debido a que, al crecer en un medio nutritivo con bajo contenido de hierro producen pigmentos fluorescentes, de color verde amarillo y con capacidad de difundirse (Lemus *et al.*, 2020).

Esta bacteria puede encontrarse sola, en pares o en cortas cadenas. Frecuentemente, produce una fitotoxina denominada siringomicina (Agrios, 2005). Estas fitotoxinas generalmente producen inducciones a clorosis (coronatina, phaseolotoxina y toxina de tabulación) o necrosis (siringomicina y siringopeptina) en las plantas huéspedes. Algunas de estas fitotoxinas pueden, en cambio, actuar modificando los procesos metabólicos del huésped de manera que la actividad nociva se manifieste sólo a nivel bioquímico. Aunque las fitotoxinas no son necesarias para la patogenicidad en *P. syringae*, generalmente funcionan como factores de virulencia para este patógeno, y su producción da lugar a un aumento de la gravedad de la enfermedad, así como también pueden contribuir al movimiento sistémico de las bacterias en la planta, al tamaño de la lesión y a la multiplicación del patógeno en el huésped. Las fitotoxinas producidas por *P. syringae* pueden aumentar considerablemente la virulencia de los patógenos productores, aunque puede producirse alguna enfermedad en su ausencia (Bender *et al.*, 1999).

Por lo general estos frutales tienen la capacidad de no congelarse por debajo de 0°C sin presencia de solutos minerales u orgánicos en su protoplasma. Esta capacidad se ve disminuida por la presencia de estas bacterias que favorecen la formación de cristales de hielo (Steven *et al.*, 1982; Santibañez, 2013). En el caso de *P. syringae*, la formación de cristales de hielo en los hospederos provoca o acentúa el efecto de una helada, con el consecuente daño en flores, lo que se facilita la entrada de la bacteria y la de otros patógenos (Torres *et al.*, 2006). Esta propiedad estaría asociada a la presencia de proteínas INA (Ice Nucleation Active) en el protoplasma de estas bacterias (Mohler, *et al.*, 2008; Santibañez, 2013).

2.2.2. Desarrollo de la enfermedad

La particularidad de esta bacteria, es que cuando no actúa como patógeno o cuando se encuentra sin infectar la planta, ésta es capaz de vivir epífitamente sobre las partes aéreas, por esto es que también puede ser aislada desde esas partes aéreas de muchas plantas leñosas no hospederas, residuos de plantas, y desde la superficie de malezas sanas del huerto, que si bien, no afectan de manera directa, estas cumplen un rol importante en el ciclo de la enfermedad, ya que las bacterias son capaces de multiplicarse y desde ahí ser diseminadas por la lluvia hasta los sitios de infección adecuados (Torres *et al.*, 2006).

La infección de la bacteria es favorecida con alta humedad ambiental y temperaturas de entre -0,5 °C a -2 °C, con un rango óptimo de 15 °C a 25°C para el desarrollo de síntomas. Temperaturas menores de 15° C disminuyen la actividad bacteriana y mayores a 28° C la deprimen notablemente (SAG, 2013; Agrios, 2005). La humedad libre influye en las poblaciones epífitas de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* se informó recientemente para la cereza dulce. Sin embargo, según estudios se obtuvo un efecto significativo de la duración de la humedad libre solo cuando se usó una concentración baja de inóculo (103 ufc ml * ') y se obtuvo una respuesta lineal significativa solo a 10 ° C. La humedad libre puede facilitar la distribución de nutrientes y, por lo tanto, promover un rápido crecimiento bacteriano en tejidos aparentemente sanos. Sin embargo, las lesiones también pueden proporcionar suficiente humedad para la infección y, en consecuencia, en tales casos, la humedad libre externa tendría poco o ningún efecto si las poblaciones epífitas de la bacteria estuvieran por encima del umbral necesario para la infección (Latorre *et al.*, 2002).

Cuando se generan condiciones de estrés en las plantas, la bacteria logra infectar tejidos leñosos, generando la formación de canchales, pasando a tener un cáncer (Pinilla, 2010). En estos canchales la bacteria es capaz de reproducirse, siendo estos puntos de dispersión de la infección para las otras plantas cercanas, y además se generan las toxinas sirigomicinas, que facilita la destrucción de los tejidos y disminuye el vigor de las plantas (Kennelly *et al.*, 2007).

El comienzo de la infección es principalmente en las ramas o yemas durante los periodos de bajas temperaturas como en las estaciones de invierno y otoño. Una vez que la bacteria ingresa al hospedero, pasa desde su fase epífita a la fase endófito, donde se comienza a propagar avanzando hacia la médula de los tejidos celulares, xilema y floema, degradando las células parenquimáticas para posteriormente moverse sistemáticamente dentro del hospedero (Agrios, 2006).

La bacteria además de persistir en forma epífita en yemas y ramillas aparentemente sanas de plantas cultivadas y en algunas malezas. También se mantiene asociada a canchales activos en brazos, ramas y ramillas y posiblemente en el tejido vascular de algunos hospederos. Estas poblaciones de la bacteria que permanecen de forma epífita en las plantas pueden fluctuar rápidamente desde niveles indetectables durante períodos cálidos y secos a poblaciones grandes

y fácilmente detectables ($> 10^6$ ufc g⁻¹ de tejido fresco) después de períodos fríos y húmedos (Latorre *et al.*, 2002; Latorre, 2004).

La diseminación de esta enfermedad ocurre en cortas distancias principalmente por el salpicado y el arrastre superficial producido por las lluvias (Latorre, 2002). Una vez ocurrida la diseminación, la bacteria es capaz de penetrar por aberturas naturales y por heridas, en especial por las heridas dejadas por las hojas al caer en el otoño (Latorre *et al.*, 2002; Latorre, 2004). Su movimiento en distancias mayores se asocia principalmente a la comercialización de árboles enfermos o con infecciones incipientes (Latorre, 2002).

2.2.3. Sintomatología

Por lo general los síntomas de la enfermedad en cerezos varían dependiendo de la parte de la planta infectada, la variedad, la cepa del patógeno y las condiciones ambientales al momento de la infección (Millas y France, 2017).

Dentro de los síntomas característicos de la *P. syringae*, se encuentran la presencia de canchales en las ramas y en el tronco del árbol, generalmente desarrollados a partir de infecciones en ramillas jóvenes. Cercano a los canchales, bajo la corteza se observan decoloraciones pardas que se extienden por toda el área afectada, pero que no profundizan en la madera y los canchales grandes interfieren en la circulación de sabia al interrumpir el funcionamiento de los haces vasculares de la planta, por consiguiente el extremo de la rama se seca. En cortes transversales de las ramas afectadas se puede observar un anillo pardo, inmediatamente bajo la corteza. Las partes más necrosadas de la corteza forman canchales con abundante exudación de goma amarillenta que ocurre en invierno y primavera, la cual suele extenderse desde los canchales y de los brotes muertos temprano en la temporada de crecimiento. Presencia de tejidos subcorticales acuosos, con márgenes difusos, amarillos o café. Muerte parcial de ramas y brazos precedidos por una marchitez, clorosis y desecamiento del follaje durante el verano. Atizamiento de brotes y flores, confundibles con daños por heladas. Muerte de yemas y brotación desuniforme. Los árboles enfermos suelen rebrotar desde las raíces. (Millas y France, 2017; Latorre, 2004; Latorre, 2002).

Las hojas infectadas presentan lesiones acuosas en la superficie, las cuales luego se tornan pardo rojizas y finalmente se desprenden, asemejándose al daño de “tiro de munición

“causado por Corineo (*Wilsonmyces carpophilus*) (Millas y France, 2017), por lo que este síntoma no se reconoce como característico de *P. syringae*.

2.2.4. Control integrado para la enfermedad

Dentro de los primeros manejos que se debería hacer en un huerto, previo a la plantación es su caracterización de acuerdo con las características físicas del lugar, textura del suelo, drenaje, pendiente, método de riego, etc. Estos datos que son de utilidad para asesores y análisis de laboratorio, todo esto con el fin de evitar la ocurrencia de enfermedades, como también para considerar los posteriores manejos que se debieran realizar para evitarlas (Vásquez *et al.*, 2012).

Para el caso del control del cáncer bacterial, dentro de las medidas de control integrado se encuentran el establecer los viveros en zonas semiáridas, las cuales son desfavorables al desarrollo de la enfermedad. Además, se recomienda propagar yemas obtenidas desde árboles madre libres de cáncer bacteriano. Al plantar, seleccionar plantas sanas, libres de yemas muertas, canchales o de exudación gomosa. También es importante la eliminación de los canchales y realizar podas en días secos, con posterior tratamiento de la herida con alguna pasta protectora que pueda reducir la entrada o incidencia y daños por cáncer bacteriano. De ser posible se recomienda utilizar portainjertos resistentes y evitar los portainjertos susceptibles (Latorre, 2004). Por otra parte, en suelos ligeros, arenosos y en algunos suelos pesados, se ha logrado reducir la presencia de la enfermedad a través de la desinfección de suelo previo a la plantación. Esto se asociaría al control de nematodos cuya presencia predispone al árbol a cáncer bacteriano (Adaskaveg *et al.*, 2009).

En la actualidad, el control de la *P. syringae* se basa en un enfoque preventivo, ya que no existen controles curativos efectivos que permitan erradicar la enfermedad una vez que la bacteria colonizó endófitamente la planta. Principalmente se utilizan compuestos antimicrobianos basados en cobre (CABC), combinado con prácticas culturales, los cuales consisten principalmente en la eliminación de fuentes de inóculo de la enfermedad como las ramas secas y tejido infectado, extirpación de canchales y protección de heridas con pasta biocida. El control químico se basa en tratamientos foliares y protección de troncos con cobre CABC (óxido de cobre, caldo bórdales, oxiclورو de cobre, hidróxido de cobre), que representan el 80 % de los productos con autorización vigente en Chile. Sin embargo, estos productos en la actualidad no están

resultando efectivos para el control de esta enfermedad en algunas zonas de plantación de cerezo (Lemus *et al.*, 2020).

De acuerdo con el Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA), el éxito del control está dirigido a prevenir el desarrollo de canchales en el tronco, en el eje o en las ramas principales de un árbol durante los primeros años de vida. Un primer aspecto por considerar para mantener el huerto con niveles mínimos de cáncer bacteriano, es prevenir la entrada de la enfermedad con medidas culturales preventivas, tales como la elección de plantas sanas, donde se debe tener en cuenta que el árbol permanecerá muchos años en el huerto, por lo que se debe asegurar que provengan de un vivero reconocido y con registro en el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Así, además, se podrá optar por árboles de un vigor adecuado y sin daños aparentes. Sin embargo, resulta difícil detectar la presencia de la bacteria antes de efectuar la plantación, en plantas aparentemente sanas, los síntomas se desarrollan después de algunos meses en el huerto. Además, no se recomienda establecer huertos en zonas que se caractericen por heladas frecuentes en primavera durante el periodo de floración o en sectores bajos del huerto (Torres *et al.*, 2006).

Otro factor relevante para prevenir el cáncer bacteriano en un huerto, es mantener las plantas equilibradas nutricionalmente, en las cuales deficiencias o excesos de nutrientes incrementan la incidencia de plagas y enfermedades. También es relevante lograr un equilibrio de las plantas en cuanto a su relación entre el follaje y las raíces, para reducir los periodos de estrés (Vásquez *et al.*, 2012).

Los controles químicos son aplicados en forma preventiva, en viveros y huertos, durante los periodos críticos del cerezo, correspondientes a la caída de las hojas y brotación. En general se recomienda utilizar altos volúmenes (1500 a 2000 L/ha) con <10%, 50% y >80% hojas caídas, principalmente se sugiere usar bactericidas (g i.a./100L) compuestos de cobre: hidróxido de cobre, oxocloruro de cobre, óxido de cobre, sulfato de cobre pentahidratado. Además, agregar 0.5-1% de aceite mineral para mejorar la adhesión y cubrimiento de las aplicaciones en otoño. La aspersión de urea (4-5%) o de sulfato de zinc (2-4%) a inicios de la caída de las hojas, provoca una rápida defoliación, facilitando el control químico (Latorre, 2004).

Dentro de las alternativas biológicas actuales se encuentran las biotoxinas de diferentes microorganismos como *Bacillus* spp. con productos disponibles en el mercado como el “Serenade” por ejemplo, el cual contiene una cepa de *Bacillus subtilis* que es eficaz contra una variedad de bacterias patógenas, incluidas *Erwinia*, *Pseudomonas* y Cepas de *Xanthomonas* (Harsh, 2004).

2.2.5. Productos en base a cobre

Uno de los principales problemas de estos productos, es que el cobre es un bactericida y fungicida relativamente no específico y puede matar microorganismos naturales en las hojas, así como aquellos que se han aplicado como biocontroleros, incluidos *Bacillus* spp., *Trichoderma* y otros (Stone, 2009).

Otro problema de estos productos es su acumulación en los suelos. Se ha estudiado este problema en viñedos de Europa, en los cuales se ha presentado un uso intensivo de sulfato de cobre durante los últimos 100 años, encontrándose concentraciones de Cu en el suelo que varían de 100 a 1500 ppm (Besnard, 2001; Stone, 2009).

A pesar de lo anterior, estos productos son los mayormente utilizados en el control preventivo de enfermedades bacterianas, Sin embargo, ha habido una tendencia en toda la industria de reducir el Cu metálico en los bactericidas para limitar la contaminación con este elemento del suelo, el agua y reducir los costos de producción para el fabricante. Además, la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en exposición a fungicidas en base a cobre genera resistencia, la cual aumenta en generaciones posteriores, según ensayos realizados por la Universidad Estatal de Oregón (Scheck y Pscheidt, 1998).

En el proyecto de “Transferencia Control Cáncer Bacteriano en Huertos de Cerezos” se estudió la resistencia y susceptibilidad al cobre. Se evaluó la resistencia a Cu basados en el ensayo descrito por Cazorla *et al.*, (2002) que utiliza distintas concentraciones de sulfato de cobre pentahidratado, de lo cual resultó que un aislamiento que crece a concentraciones menor o igual que 0,8 mM se considera sensible y aquellos que logran crecer a concentración mayor que 0,8 mM se califican como resistentes al sulfato de cobre. Para corroborar los resultados del ensayo del desarrollo de colonias bacterianas en placas, posteriormente se evaluó la presencia de los genes *cop* (*copABCD*), los cuales están asociados al mecanismo más frecuente de resistencia al

cobre en bacterias. La acción de estos genes *cop* permite compartimentar y posteriormente eliminar el Cu de la célula bacteriana. De esa forma, un 80% de los aislamientos evaluados presentaron un alto grado de resistencia al sulfato de cobre, con valores de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) entre 0,8-3,6 mM (equivalente a 50 - 225 ppm de cobre). En la mayoría de los casos la resistencia se correlaciona con la existencia de determinantes génicos (INIA, 2020).

A nivel internacional, niveles elevados de cobre desde fuentes naturales e industriales también han sido reportados en varios países productores de este elemento como Chile, China, Indonesia, Rusia, Zambia y Australia (De Gregori *et al.*, 2003; Altimira *et al.*, 2012; INIA, 2020). En países de la UE para evitar estos problemas, los compuestos cuya sustancia activa es cobre se encuentran en la lista de candidatos a ser substituidos, de acuerdo con la regulación (EC) N° 1107/2009 (INIA, 2020).

Sin embargo estos productos aún se utilizan y algunos de ellos actualmente en Chile cuentan con autorización del SAG. Dentro de los productos con activos en base a cobre, se encuentra el caldo bordelés, hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre, óxido cuproso y sulfato de cobre pentahidratado del cual hay productos autorizados actualmente por el SAG todos del tipo bactericida-fungicida de contacto para el control preventivo de amplio espectro. Se recomienda aplicarlos en caída de hojas y yema hinchada los cuales son estados fenológicos de alta susceptibilidad del cerezo, especialmente para *P. syringae* (SAG, 2020).

El cobre está unido o adsorbido a materiales orgánicos y a superficies arcillosas y minerales. El grado de adsorción a los suelos depende de la acidez o alcalinidad del suelo. Debido a que el sulfato de cobre es altamente soluble en agua, se considera uno de los metales más móviles en los suelos. Sin embargo, debido a su capacidad de unión, su potencial de lixiviación es bajo en todos los suelos, excepto en los arenosos (Exttoxnet, 1996; Stone, 2010).

2.2.6. Resistencia sistémica adquirida (SAR)

Las plantas se encuentran interactuando constantemente con los patógenos (virus, bacterias, hongos, oomicetes) y plagas (insectos herbívoros, nemátodos) que las rodean, es por esto por lo que han desarrollado ciertos mecanismos que les permiten defenderse de éstos a través de un complejo sistema de protección. Esta protección puede ser física o química y

constitutiva o inducida. Como, por ejemplo, la pared celular es un tipo de defensa física constitutiva, mientras que la formación de callos sería una defensa física inducida. Al igual que las saponinas son una protección química constitutiva, mientras que las fitoalexinas y quitinasas son inducidas (Díaz, 2012). En base a esto es que actualmente adicional al manejo agronómico para disminuir la susceptibilidad, existen varios productos que generan una reacción de defensa natural en las plantas, produciendo lo que se denomina resistencia sistémica inducida o adquirida. Esta reacción la pueden producir compuestos químicos, extractos naturales, y microorganismos (Vásquez *et al.*, 2012).

La respuesta SAR es inducida naturalmente por la mayoría de los patógenos que causan necrosis tisular, ya sea como parte de una respuesta hipersensible (HR) o como síntoma de enfermedad. Una característica del SAR es el desarrollo de una mayor resistencia en los órganos vegetales distales no inoculados. Es reconocido que plantas con alta acumulación de ácido salicílico (SA) establecen mejores SAR en los tejidos. Por el contrario, plantas que no pueden acumular altos niveles de SA no presentan resistencia sistémica luego de la infección con patógenos necrotizantes, se presume que es debido a la destrucción de la señal SA (Conrath, 2006).

La Resistencia Sistémica Adquirida (SAR) protege a la planta de una infección secundaria por patógenos biotróficos, necrotróficos y hemibiotróficos. La inducción de SAR ocurre en dos etapas, en una primera la planta reconoce el patógeno e induce las respuestas locales de defensa a través de cascadas de señalización que conllevan a la acumulación intracelular de Ácido Salicílico (AS). Esta acumulación induce el aumento de los niveles de Especies Reactivas del Oxígeno (ERO) y a la expresión de genes relacionados a la patogenicidad (rp). Esta respuesta local promueve la segunda etapa de SAR, la inducción de resistencia en el tejido sistémico alejado del punto de infección. Se cree que el Salicilato de Metilo (SaMe), algunas Quinasas Activadas por Mitógenos (QAM) y el Óxido Nítrico (ON), entre otros, pueden tener un papel relevante como señales inductoras de la resistencia sistémica (Díaz, 2012). Los genes inducidos en las infecciones primarias causadas por el patógeno se expresan de manera local y/o sistémica en las plantas, son llamados genes SAR (Sha y Klessig, 1996).

2.2.7. Acibenzolar-S-metilo (ASM)

Debido a la rápida glicosilación de SA y su fitotoxicidad se ha impedido la eficacia de SA como producto químico fitosanitario. Por lo que para dar solución a este problema y abordarlo, se ha trabajado sintetizando varios análogos estructurales y funcionales estables y más eficientes de SA. Estos productos químicos no solo se dirigen a los componentes de la vía de señalización de SA, sino que también influyen en otras vías de defensa, como la vía del ácido jasmónico, para inducir resistencia. Entre ellos, se han descubierto compuestos de benzotriazol como Acibenzolar S-Metilo o ASM (CGA 245 704), el cual es el primer producto sintético más estudiado, desarrollado y comercializado tanto en Europa como en los Estados Unidos (Thripathi *et al.*, 2019).

ASM presenta un mecanismo de inducción a la SAR independiente de la acumulación de AS, este la induce mediante la acumulación de proteínas PR1, la cual actúa secuestrando los esteroides de la planta hospedera que el patógeno requiere para desarrollarse y crecer (Tripathi *et al.*, 2019).

Desde hace poco más de dos décadas fue descrita la estructura del Acibenzolar-S-metil, cuyas características se han asociado a las del ácido salicílico (AS), el cual tiene la capacidad de inducir a la resistencia sistémica adquirida (RSA). El ASM es el SAR más ampliamente investigado y con resultados exitosos en la defensa de las plantas (Vallad y Goodman, 2004). Sin embargo, la aplicación del AS hacia el manejo de enfermedades tuvo inicios solo a mediados de la década de los noventa. Fue liberado al mercado bajo el nombre comercial Bion en Europa y de Actigard en los E.E.U.U. (Riveros, 2010).

ASM induciría a algunas enzimas para el control de enfermedades bacterianas como la *Erwinia amylovora* en manzano. Mediante estudios se determinó la inducción de las enzimas β -1,3-glucanasas (y hasta cierto punto de peroxidasas) en las hojas superiores no tratadas demuestra la naturaleza sistémica de la acción de ASM en la manzana. La inducción sostenida de enzimas de manera local y sistémica durante 17 días, así como la protección obtenida en plantas inoculadas hasta 10 días después del tratamiento (las hojas jóvenes inoculadas probablemente no estaban presentes en el momento del tratamiento) sugieren que ASM proporciona una protección sostenida en manzana (Brisset *et al.*, 2000).

Mediante otro estudio se evaluó el comportamiento SAR de Acibenzolar, en complejos bacterianos como en el caso de *Xanthomonas vesicatoria*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en plantas de tomate. Las plantas que se rociaron con una mezcla de ASM: Bion + Score + Chess 500 WG; acibenzolar - s - metilo + difenoconazol; acibenzolar - s - metil + pimetrozina, resultaron con porcentajes de incidencia y severidad más bajos del complejo bacteriano, respecto a los testigos. Además, se comprobó que el tratamiento aumentó la concentración de algunas proteínas (Paradela *et al.*, 2001).

Varios estudios proteómicos mostraron que plantas de kiwi cvs. Hayward y Hort16A inoculadas con *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* presentaron una regulación positiva al inducir proteínas asociadas con defensa ASM (Petriccione *et al.*, 2013, 2014, 2015^a; Wurms *et al.*, 2017).

Tratamientos de ácido salicílico (SA) en cerezos, se registran su eficacia para inhibir el crecimiento micelial de *Monilia fructicola* en PDA. Esta inhibición fue reducida ligeramente con el aumento del tiempo de incubación; del cual resultó una inhibición de 64,1, 62,1 y 60,5% después de 48, 72 y 96 h, respectivamente. También inhibió significativamente la germinación de esporas de *M. fructicola* in vitro (Yao y Tian, 2005).

Universidad. Luego las plantas se ordenaron de acuerdo con los 7 tratamientos considerados en el ensayo, con 5 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo compuesta por tres plantas, estableciendo un diseño experimental completamente al azar (DCA).

3.3. Descripción del ensayo

Las plantas se establecieron en macetas de 1 x 1,5 m.

Luego se realizaron las aplicaciones de los formulados a inicios de brotación de hojas. Esto consideró 4 aplicaciones foliares en 3 de los tratamientos y una aplicación vía riego (drench) en los otros 3 tratamientos restantes, dejando un tratamiento sin aplicación como testigo.

Cuadro 3.1. Tratamientos de control preventivo para cáncer bacterial de cerezo, con Acibenzolar-S-methyl (Bion), sombreadero, Laboratorio de sanidad vegetal, Universidad de Talca, campus Talca. Temporada 2019/2020.

Tratamientos	Formulación	Dosis	Momento de Aplicación
T1	Testigo absoluto	-	-
T2	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	5 g/100L	Aplicación foliar cada 10 días hasta 4 aplicaciones
T3	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	10 g/100L	Aplicación foliar cada 10 días hasta 4 aplicaciones
T4	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	20g/100L	Aplicación foliar cada 10 días hasta 4 aplicaciones
T5	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	50 g/ha	Aplicación única en Drench considerando marco de 4x2,5 (1000 plantas/ha)
T6	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	100 g/ha	Aplicación única en Drench considerando marco de 4x2,5 (1000 plantas/ha)
T7	Acibenzolar-S-methyl (Bion)	200 g/ha	Aplicación única en Drench considerando marco de 4x2,5

			(1000 plantas/ha) 500 cc por planta
--	--	--	-------------------------------------

Luego se procedió a preparar el inóculo, en el laboratorio de sanidad vegetal de la Universidad de Talca, campus Talca. Para esto se utilizó una cepa aislada de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Pss 1), la cual era parte del cepario del Laboratorio y se encontraba guardada a -80°C. Dicha cepa se aisló y mantuvo en un medio de cultivo. Posterior a eso se realizó la prueba de patogenicidad de la bacteria en hojas de tabaco (hipersensibilidad). La suspensión bacteriana se utilizó en una concentración de 10⁶ conidias por ml.

Finalmente, pasados 7 días desde la primera aplicación de la formulación de Acibenzolar-S-metilo (Bion), se seleccionó un total de 8 yemas por cada unidad experimental, las cuales fueron inoculadas con la bacteria, dejando un tratamiento como testigo negativo el cuál fue inoculado con agua.

3.4. Evaluaciones

De cada unidad experimental se evaluaron las 8 yemas inoculadas con la bacteria (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*). Las evaluaciones consistieron en la medición del largo de yemas y brotes (cm), 3 de estas evaluaciones se realizaron previas a la inoculación y luego se realizaron evaluaciones posteriores. También se evaluó el grado de incidencia (Cuadro 3.2.) de la enfermedad considerando el número de yemas y brotes muertos por ramilla respecto al total (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Fórmula utilizada para medición de la incidencia sobre yemas y brotes muertos en el ensayo.

$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de yemas con síntomas} \times 100}{\text{Número total de yemas}}$

Posteriormente se evaluó la severidad de acuerdo con lo indicado en el Cuadro 3.3.). Las evaluaciones se realizaron durante un periodo de 120 días, de manera periódica a los 15, 30, 60, 90 y 120 días posteriores a la última aplicación del producto.

Cuadro 3.3. Escala de medición del grado de severidad de yemas infectadas con *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Escala	% de yemas infectadas con <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
1	0
2	1-25
3	26-50
4	51-75
5	76-100

Además, se evaluó la presencia de goma exudada mediante una escala de color (Cuadro 3.4.). Finalmente, al término del ensayo se cuantificó la presencia de necrosis en yemas y brotes.

Cuadro 3.4. Escala de medición del color de la gomosis observada en el ensayo.

Escala	Color de la gomosis
0	Sin exudados
1	Goma transparente
2	Exudado amarillo claro
3	Exudado amarillo oscuro
4	Exudado color rojizo

3.5. Análisis estadístico

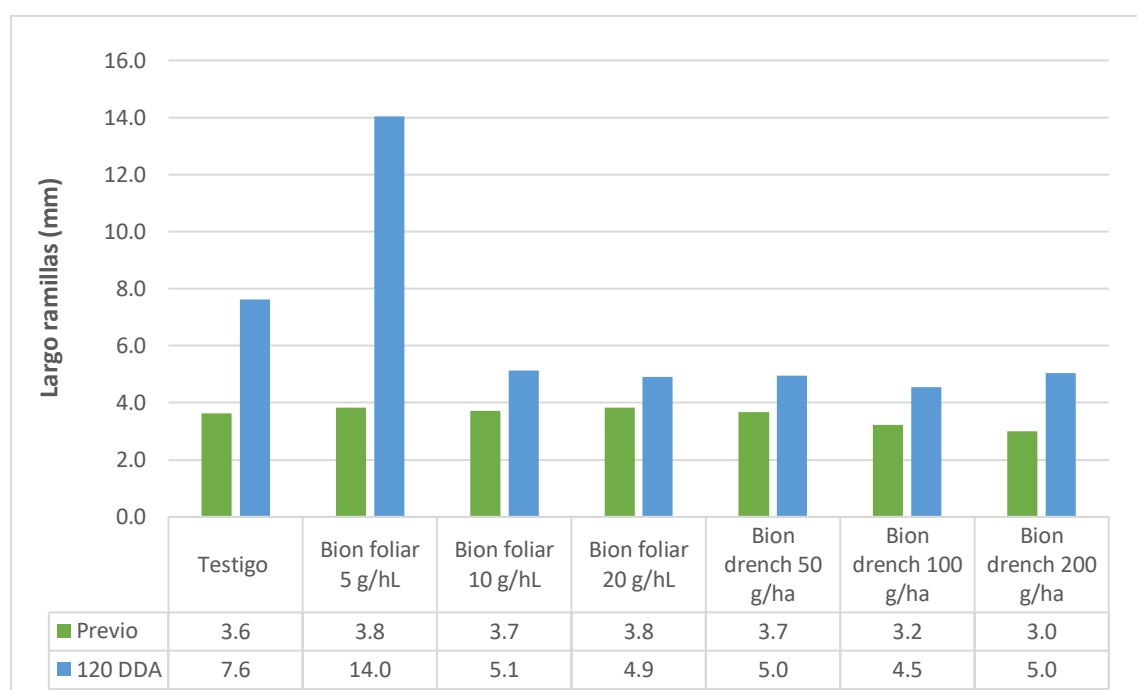
Los resultados de incidencia obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA simple). Para aquellos casos en que este resultó significativo, se procedió a comparar las medias a través de la prueba de Tukey, con un 5% de significancia.

En cuanto a severidad, los resultados fueron analizados a través del test de Kruskal Wallis y una prueba de separación de medias de Tukey (5% de significancia) en aquellos casos en que los datos resultaron significativos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del largo de ramillas

Para el largo de ramillas en la evaluación previa a la inoculación con la bacteria, se presentaron algunas diferencias significativas entre los tratamientos como se puede observar en la Figura 4.1, donde el tratamiento 7 (Bion drench 200 g/ha) presentó los menores resultados con un promedio de 3,0 mm. Sin embargo, en las evaluaciones realizadas a los 120 DDA, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para este parámetro.



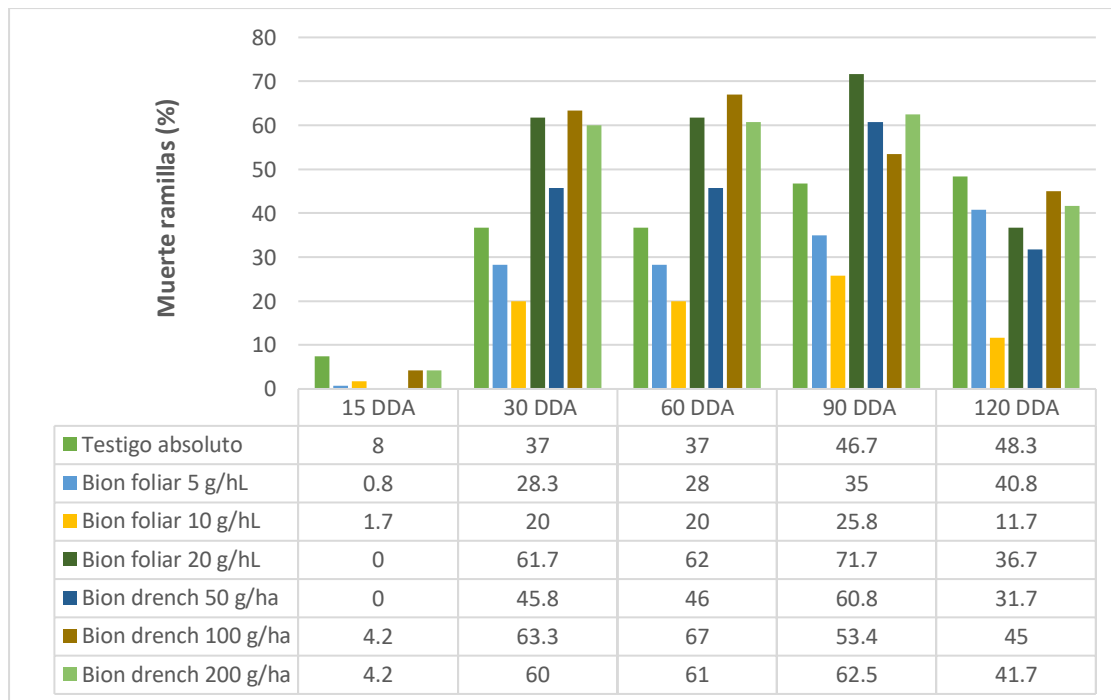
Evaluación	Testigo absoluto	Bion foliar 5 g/hL	Bion foliar 10 g/hL	Bion foliar 20 g/hL	Bion drench 50 g/ha	Bion drench 100 g/ha	Bion drench 200 g/ha	Significancia
Previo	ab	b	ab	b	ab	ab	a	**
120 DDA								n.s

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; ** altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

Figura 4.1: Comparación del largo de ramillas de los tratamientos inoculados con la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* utilizando dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.

4.2. Evaluación muerte de ramillas

La muerte de las ramillas para la evaluación de los 15 DDA no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en las siguientes, el tratamiento 3 (Bion foliar 10 g/hl) se diferenció, presentando en la evaluación final del ensayo 120 DDA, 11,7% de muerte de ramillas, a diferencia del tratamiento testigo el cual mostró un 48,3 % de muerte de ramillas.



Tratamiento	15 DDA	30 DDA	60 DDA	90 DDA	120 DDA
Testigo absoluto		ab	ab	ab	b
Bion foliar 5 g/hL		ab	ab	ab	b

Bion foliar 10 g/hL		a	a	a	a
Bion foliar 20 g/hL		b	b	b	ab
Bion drench 50 g/ha		ab	ab	ab	ab
Bion drench 100 g/ha		b	b	ab	b
Bion drench 200 g/ha		ab	ab	ab	b
Significancia	n.s	**	**	**	**

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo. *Evaluaciones realizadas 15, 30, 60, 90 y 120 después de la última aplicación foliar.

Figura 4.2: Muerte de ramillas de cerezo causados por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* utilizando dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis.

4.3. Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) utilizando dos métodos de aplicación, en la incidencia de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en brotes y ramillas de plantas de cerezo.

La incidencia de la bacteria en la primera evaluación correspondiente a los 15 DDA no presentó diferencias entre tratamientos. Para la evaluación de los 30 DDA, se puede observar en el Cuadro 4.1 como T3 (Bion foliar 10 g/hl) fue el único tratamiento que se diferenció estadísticamente de los demás, presentando la menor incidencia con 10,9%, mientras que el tratamiento testigo alcanzó el más alto porcentaje de incidencia con 37,5%.

Cuadro 4.1: Incidencia (%) de cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) en cerezos, bajo dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis, para las evaluaciones de 15 y 30 DDA.

Tratamiento	Formulación comercial	Incidencia (%)15DDA	Incidencia (%) 30 DDA
-------------	-----------------------	---------------------	-----------------------

T1	Testigo absoluto	8,3	37,5 b
T2	Bion foliar 5 g/hL	5,8	14,2 ab
T3	Bion foliar 10 g/hL	6,7	10,9 a
T4	Bion foliar 20 g/hL	5,8	15,0 ab
T5	Bion drench 50 g/ha	7,5	15,8 ab
T6	Bion drench 100 g/ha	7,1	20,6 ab
T7	Bion drench 200 g/ha	7,5	20,9 ab
Significancia		n.s	**

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

Cuadro 4.2: Incidencia (%) de cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) en cerezos, bajo dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis, para las evaluaciones de 60, 90 y 120 DDA.

Tratamiento	Formulación comercial	Incidencia (%) 60 DDA	Incidencia (%) 90 DDA	Incidencia (%) 120 DDA
T1	Testigo absoluto	55,8 c	64,2 b	67 b
T2	Bion foliar 5 g/hL	24,2 ab	35,7 ab	39,2 ab
T3	Bion foliar 10 g/hL	16,6 a	25,8 a	27,5 a
T4	Bion foliar 20 g/hL	43,3 bc	57,5 ab	62,5 b
T5	Bion drench 50 g/ha	33,3 abc	58,9 ab	62,5 b
T6	Bion drench 100 g/ha	28,5 ab	59,4 ab	60,8 ab
T7	Bion drench 200 g/ha	34,1 abc	62,5 b	64,2 b
Significancia		**	**	**

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

En la tercera evaluación a los 60 DDA, la que se presenta en el Cuadro 4.2, continuaron diferenciándose los tratamientos T3 y Testigo, presentando el tratamiento T3 la menor incidencia

con 16,6% y el Testigo la mayor con 55,8%. En las siguientes evaluaciones a los 90 DDA y 120 DDA, el tratamiento T3 continuó presentando la menor incidencia, terminando finalmente con un 27,5 % de incidencia en comparación al tratamiento testigo el cual finalizó con un 67% de incidencia. Lo anterior indicaría una respuesta en los mecanismos de defensa de la planta producto de la formulación aplicada contra el daño causado por la enfermedad a partir de los 60 DDA.

Estudios en plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum*) han revelado que plantas tratadas con Bion muestran menores síntomas causados por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. Además, revelaron que aplicaciones foliares de Bion disminuyen la incidencia y gravedad de enfermedades bacterianas (Valland y Goodman, 2004), por lo que se esperaba que, al comparar el testigo absoluto con los tratamientos con aplicación de Bion, en especial los foliares, estos últimos presentarían diferencias favorables.

4.4. Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) bajo dos métodos de aplicación, en la disminución de la severidad en brotes y yemas de cáncer bacterial en plantas de cerezo

Los grados de severidad que presentaron los tratamientos en las primeras evaluaciones correspondientes a los 15 y 30 DDA, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos como se observa en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Grado de severidad causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos, mediante dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis. Evaluaciones de 15 y 30 DDA.

Tratamiento	Formulación comercial	Grado severidad	Grado severidad
		15 DDA	30 DDA
T1	Testigo absoluto	1,53	1,53
T2	Bion foliar 5 g/hL	1,20	1,20
T3	Bion foliar 10 g/hL	1,46	1,46

T4	Bion foliar 20 g/hL	1,33	1,33
T5	Bion drench 50 g/ha	1,40	1,40
T6	Bion drench 100 g/ha	1,33	1,35
T7	Bion drench 200 g/ha	1,53	1,53
Significancia		n.s	n.s

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

Las evaluaciones del grado de severidad a partir de los 60 DDA, presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos como se observa en el Cuadro 4.4, resultando el tratamiento 3 (Bion foliar 10 g/hl) con un menor valor, Sin embargo, para la evaluación de 90 DDA los tratamientos no lograron diferenciarse estadísticamente entre ellos. No obstante, en la última evaluación correspondiente a 90 DDA los tratamientos si presentaron diferencias significativas entre ellos, como se observa en el Cuadro 4.4, resultando el tratamiento T3 con menor grado de severidad que el Tratamiento testigo y el resto de los tratamientos.

Cuadro 4.4: Grado de severidad causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos, mediante dos métodos de aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) a distintas dosis. Evaluaciones de 60, 90 y 120 DDA.

Tratamiento	Formulación comercial	Grado severidad (%) 60 DDA	Grado severidad (%) 90 DDA	Grado severidad (%) 120 DDA
T1	Testigo absoluto	3,6 b	3,60	3,67 ab
T2	Bion foliar 5 g/hL	2,26 ab	2,53	2,67 ab
T3	Bion foliar 10 g/hL	2 a	2,27	2,27 a
T4	Bion foliar 20 g/hL	3,13 ab	3,33	3,47 ab
T5	Bion drench 50 g/ha	2,6 ab	3,60	3,67 b
T6	Bion drench 100 g/ha	2,28 ab	3,33	3,47 ab

T7	Bion drench 200 g/ha	3,53 b	3,67	3,73 b
Significancia		**	n.s	**

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

Estudios de Michelotti *et al.*, (2018) demostraron la acción de Acibenzolar-S-metilo (Bion) en plantas de kiwi afectadas por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, actúa promoviendo genes que codifican las proteínas de resistencia (PR) y las enzimas asociadas a la cadena de síntesis del ácido salicílico (AS). También demostraron que produce cambios de importantes categorías funcionales de genes como la señalización, el equilibrio hormonal y la regulación transcripcional. Es reconocido que plantas con alta acumulación de AS establecen mejores resistencias sistémicas adquiridas (ASM) en los tejidos (Conrath, 2006). A través de los resultados de este ensayo, se pudo demostrar el efecto promotor de resistencia de Bion, hacia cáncer bacterial en cerezos causado por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Se ha determinado que el tiempo necesario para que se establezca la ASM depende tanto del patógeno como del hospedero (Mahesaniya, 2003). En este estudio en particular, se observó a través de la severidad del daño causado por la bacteria sobre las plantas de cerezo hospederas que, a partir de los 60 días posteriores a las aplicaciones con el producto, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con aplicaciones tanto foliares como drench y el tratamiento testigo, por lo que pareciera que a partir de esa cantidad de días Bion podría haber comenzado a activar los genes de defensa en las plantas. Sin embargo, otros investigadores muestran que se requieren aproximadamente 4 días para activar los mecanismos de defensa a través del uso de Bion antes de que la resistencia adquirida sea funcional (Benhamou y Belanger, 1998).

Estudios en tomate revelaron que aplicaciones foliares de Bion disminuyen la incidencia y gravedad de enfermedades bacterianas como el Fuego bacteriano causado por *Erwinia amylovora*, también el mismo estudio fue realizado en manzanas y se obtuvieron buenos resultados (Maxson *et al.*, 2002). Al analizar los resultados de este estudio, se puede observar

en el Cuadro 4.4 como los tratamientos T2 (Bion foliar 5 g/hl) y T3 (Bion foliar 10 g/hl) con aplicaciones foliares del producto, presentaron los menores porcentajes en el grado de severidad.

4.5. Efectividad de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, para disminuir la necrosis en ramillas causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo.

Como se puede visualizar en el Cuadro 4.5, la incidencia (%) de necrosis que presentaron los tratamientos luego de 120 días posterior a la última aplicaciones de la formulación con Bion, mostraron diferencias significativas entre ellos resultando con menor incidencia el tratamiento Testigo absoluto y el tratamiento T7 (Bion drench 200 g/ha) ambos con un 1,7 % de necrosis. Por otra parte, el tratamiento T2 (Bion foliar 5 g/hl) fue el que resultó con mayor incidencia 9,3% diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos.

Cuadro 4.5: Incidencia de necrosis (%) causada por *pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo, con aplicaciones de Acibenzolar-S-metilo (Bion) en diferentes dosis, mediante dos métodos de aplicación.

Tratamiento	Formulación comercial	Incidencia necrosis (%)
T1	Testigo absoluto	1,7 a
T2	Bion foliar 5 g/hL	9,3 b
T3	Bion foliar 10 g/hL	2,6 ab
T4	Bion foliar 20 g/hL	3,4 ab
T5	Bion drench 50 g/ha	3,5 ab
T6	Bion drench 100 g/ha	4,3 ab
T7	Bion drench 200 g/ha	1,7 a
Significancia		**

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

En cuanto al avance de la necrosis (mm), los resultados arrojaron que estadísticamente los tratamientos no obtuvieron diferencias significativas entre ellos incluyendo al tratamiento Testigo absoluto. Solo se puede observar hasta la última evaluación a los 120 DDA, como en el tratamiento Testigo absoluto con 0,9 mm y T2 (Bion foliar 5 g/hl) con 1,2 mm presentaron un avance levemente mayor a los demás tratamientos, en comparación de los tratamientos T3 y T7 que presentaron solo 0,2 mm.

Cuadro 4.6: Avance de necrosis (mm) causada por *pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo, con aplicaciones de Acibenzolar-S-metilo (Bion) en diferentes dosis, mediante dos métodos de aplicación.

Tratamiento	Formulación comercial	Avance necrosis (mm)
T1	Testigo absoluto	0,9
T2	Bion foliar 5 g/hL	1,2
T3	Bion foliar 10 g/hL	0,2
T4	Bion foliar 20 g/hL	0,4
T5	Bion drench 50 g/ha	0,4
T6	Bion drench 100 g/ha	0,7
T7	Bion drench 200 g/ha	0,2
Significancia		n.s

Promedios en una columna unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente. Test HSD ($p \leq 0,05$). * Significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$. n.s. no significativo.

4.6. Efecto de diferentes dosis de Acibenzolar-S- metilo (Bion) mediante dos métodos de aplicación, sobre la exudación de goma causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas de cerezo.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la goma exudada por los tratamientos en el transcurso de las evaluaciones.

5. CONCLUSIONES

- I) Para el largo de las ramillas (mm) sólo el tratamiento T2 (Bion foliar 5 g/ha) presentó diferencias significativas respecto a los demás tratamientos y al testigo absoluto.
- II) La muerte de las ramillas (%) en el transcurso de las evaluaciones se visualizó alta para todos los tratamientos excepto T3 (Bion foliar 10 g/ha), el cual presentó los resultados más bajos respecto a los demás tratamientos, diferenciándose estadísticamente de ellos.
- III) La incidencia (%) de la enfermedad fue significativamente menor en el tratamiento T3 en comparación a la presentada por el tratamiento testigo y los demás tratamientos.
- IV) En cuanto al grado de severidad, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.
- V) La incidencia de necrosis en la madera resultó mayor en el tratamiento T2, diferenciándose de los tratamientos Testigo absoluto y T7 los cuales presentaron menor incidencia de necrosis después de la última evaluación 120 DDA.
- VI) El avance de la necrosis en madera no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.
- VII) No se observó presencia de gomosis en ninguno de los tratamientos evaluados.

6. BIBLIOGRAFÍA

Adaskaveg, J; Caprile, J; Gubler, W; Teviotdale, B; Grant, J; Coates, W; Van Steenwyk, R; Daane, K; Westerdahl, B. 2009. Pest Management Guidelines: cherry. University of California Agriculture & Natural Resources UC-IPM, USA. Publication 3440.

Agrios, N. 2006. Fitopatología. Segunda edición. Limusa, ciudad de México.

Agrios, N. 2005. Fitopatología. Segunda edición. Limusa, ciudad de México.

ASOEX (Asociación de Exportadores de Frutas de Chile). 2019. [En línea]. Disponible en <<https://www.asoex.cl/seminario-cerezas-junio-2013/finish/11-seminario-cerezas-junio/26-actualizacion-de-variedades-y-portainjertos-experiencias-de-los-ultimos-10-anos.html>>. Consultado el 14 de julio de 2020.

Bender, C; Alarcón, F; Gross, D. 1999. *Pseudomonas syringae* Phytotoxins: Mode of Action, Regulation, and Biosynthesis by Peptide and Polyketide Synthetases. Microbiology and Molecular Biology Reviews, Departamento de Entomología y Patología Vegetal, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma y Departamento de Fitopatología, Universidad Estatal de Washington, Pullman, Washington, USA. 266-299 p.

Benhamou, N; Belanger, R. 1998. Benzothiadiazol-mediated induced resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* in tomato. *Plant Physiol.* 118: 1203-1212 p.

Brisset, M; Cesbron, S; Thomson, S. Jean-Pierre P. 2000. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. *European Journal of Plant Pathology.* 106: 529-536 p.

Conrath, U. 2006. Systemic acquired resistance. *Plant Signaling & Behavior.* 179-184 p.

Donoso, J; Bastías, R; Lemus, G; Silva, L. 2008. Comportamiento fenológico del cerezo (*Prunus avium L.*) en tres localidades de la VI región. INIA (Instituto De Investigación Agropecuaria). Boletín INIA 2008- 2 p.

Díaz, L. 2012. Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Colombia. Vol 10 N° 2. 257 – 267 p.

Diwaker Tripathi; Gaurav Raikhy; Dhirendra Kumar. 2019. Chemical elicitors of systemic acquired resistance: salicylic acid and its functional analogs. *Current Plant Biology* 17, 48-59 p.

Ellena, M. 2012. Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce. Boletín INIA No. 247. 76 p.

Fernández, R. 2018. Plantaciones frutales: planificación y diseño. Madrid, España. Mundi-Prensa libros. 3ra edición. 87 p.

Gil, G. 2009. Fruticultura. El potencial productivo. Cuarta Edición. Ediciones Universidad Católica, Santiago, Chile. 400 p.

Gonzales, L. 1985. Introducción a la fitopatología. Cuarta reimpresión Sn José, Costa rica. 39-43 p.

Guerendiain, F. 2004. Labores culturales en cerezos. Agencia de extensión rural INTA los Antiguos, Santa Cruz, Argentina. 35- 38 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2019. Cáncer bacteriano en cerezos: opciones de control de canchales [En línea]. Disponible en

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41664.pdf>. Consultado el 05 de junio de 2020.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2005. Establecimiento de huertos de cerezo. [En línea] Recuperado en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32851.pdf>. Consultado el 26 de junio de 2020.

Kennelly, M; Cazorla, F; De Vicente, A; Ramos, C; Sundin, G. 2007. *Pseudomonas syringae* Diseases of fruit trees. The American Phytopathological Society, Manhattan, USA. 14 p.

Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 638 p.

Latorre, B. 2018. Compendio de las enfermedades de las plantas. Primera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 733 p.

Latorre, B. 2004. Compendio de las enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 137-139 p.

Latorre, B. 2008. Cerezos saludables. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Agronomía y Forestal N°34. 8 – 11 p.

Latorre, B; Lillo, C; Rioja, M. 2002. Effects of temperature, free moisture duration and inoculum concentration on infection of sweet cherry by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytoparasitica* (30). Article number: 410.

Lemus, G; France, A.; Millas P; Beltrán, M; Sagredo, B; Osorio, V; Otárola, J; Correa, F; Donoso, J. 2020. Cáncer Bacterial del Cerezo: epidemiología de la enfermedad y estrategias de control. IINIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), INIA- Rayentué 2020. Boletín 420.

Lemus, G. 2005. El Cultivo del cerezo. Santiago, Chile: INIA (Instituto De Investigaciones Agropecuarias).

Loewe, V; Pineda, G; Delard, C. 2001. Cerezo común: una alternativa para producir madera de alto valor. INFOR (Instituto Forestal), Chile.

Mahesaniya, A. 2003. Paclobutrazol and acibenzolar-S-methyl induced tomato seedling growth response and resistance to bacterial speck. 6 th Edition. American psychological.

Maxson, S; Sheng-YH; Hammerschmidt, R; Jones, A. 2002. Effect of Treating Apple Trees with Acibenzolar- S Methyl on Fire Blight and Expression of Pathogenesis-Related Protein Genes. Plant Disease - PLANT DIS. 86. 785-790 p.

Mene, R; Andreu, J. 2014. Variedades muy tempranas de cerezo. Revista de Fruticultura, Chile.38 p.

Millas, P; France, A. 2017. Enfermedades en frutales: cáncer bacteriano en cerezo. Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Quilamapu. Ficha técnica 60.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2020. Estadísticas productivas. [En línea] Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/06/Sup-plantada-nacional-web0520.xlsx>>. Consultado el 11 de junio del 2020.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015. Cerezas: frutas en expansión. [En línea] Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Cerezas2015.pdf>>. Consultado el 11 de junio del 2020.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2020. Catastros frutícolas nueva. [En línea] Recuperado en:

<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiODBiY2E0YjltZjJmMC00YTZmLTkzOWQtM2RiODk4NTk3ZDY3liwidCI6IjMzYjdmNzA3LTZlNmYtNDJkMi04ZDZmLTk4YmZmOWZiNWZhMCI6ImMiOjR9>>. Consultado el 13 de julio del 2020.

Ogawa, J. Compendium of stone fruit diseases. Second edition. The Press, the American Phytopathological Society, Minnesota, USA. 98 p.

FAOSTAT (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). 2020. Datos-cultivos. [En línea]. Recuperado en :<<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>>. Consultado el 13 de Julio del 2020.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2013. Manual: Manejo de bacteriosis en viveros. [En línea]. Disponible en http://www.sag.cl/sites/default/files/manual_manejo_bacteriosis_en_viveros_7may12_0.pdf. Recuperado el 05 de Julio, 2020.

Sha, J; Klessig, D. 1996 Identification of a salicylic acid-responsive element in the promoter of the tobacco pathogenesis-related β 1,3-glucanase gene, PR-2d. Plant Journal. 10: 1089- 1101.

Pal Bais, H; Fall, R; Vivanco, J. 2004. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of *Arabidopsis* roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. Plant Physiology 134:307-3019 p.

Paradela, A; Scachetti, A; Munhoz, R; Borim, J; Calafiori, M; Galli, M. 2001. Eficiência de Bion (acibenzolar-S-methyl) como indutor de resistência para o complexo bacteriano (*Xanthomonas vesicatoria*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* e *Clavibacter michiganense* subsp., *michiganense*) e insetos vetores de fitoviroses na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Revista Ecosystema* 26:17-22 p.

Pinilla, B; Corvalán, C. 2010. Importancia de la protección de troncos de cerezos, con pinturas fungicidas para el control de cáncer bacterial causado por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. XIX Congreso Nacional de Fitopatología, Pucón, Chile.

Santibañez, F. 2013. Origen, dinámica, daño y control de las heladas. Santiago, Chile. Revista frutícola. NR 3, Chile.15 p.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2020. Lista de Plaguicidas Autorizados. [En línea]. Disponible en :<<http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/registros>> Recuperado el: 12-07-2020.

Vásquez, C; Céspedes, C; Paillán, H; Vargas, S. 2012. Producción Hortofrutícola Orgánica. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), INIA-Quilamapu, Chile. Boletín 2012- 232: 27 p.

Scheck, H; Pscheidt, J. 1998. Effect of Copper Bactericides on Copper-Resistant and -Sensitive Strains of *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*. Plant Dis. 82:397-406 p.

Triadani, C. 2019. Informe técnico: Caldo Bordelés. Instituto Nacional de Tecnología, Argentina. Agropecuaria, INTA.

Stone, A. 2009. Organic management of late blight of potato and tomato (*Phytophthora infestans*). eOrganic article. Oregon State University, USA.

Torres, A; Lolas, M; Labra, E. 2006. Cerezos: principales enfermedades presentes en la región del Maule. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), INIA- Raihuén, Villa alegre, Chile. Boletín 2006-141:38-39 p.

Tripathi, D; Raikhy, G; Kumar, D. 2019. Chemical elicitors of systemic acquired resistance—Salicylic acid and its functional analogs. *Current Plant Biology*. Vol 17. 48-59 p.

Vallard, G; Goodman, R. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Sci* 44:1920–1934 p.

Wurms, K; Hardaker, A; Chee, A; Bowen, J; Phipps, J; Taylor, J; Jensen, D; Cooney, J; Wohlers, M; Reglinski, T. 2017. Phytohormone and Putative Defense Gene Expression Differentiates the Response of 'Hayward' Kiwifruit to Psa and Pfm Infections. *Front. Plant Sci.* 8:1366 p.

Yao, H; Tian, S. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 253–262 p.