خواص قارچ کشی کودهای معدنی

گردآوری و تالیف :
صالح پناهنده
بی تا والی زاده

حفاظت گیاهان
با کودها

Fungicidal effects of inorganic Fertilizers

Saleh Panahandeh _ Bita Valizadeh

آنچه که ما از مصرف ترکیبات کودی علیه بیماری های گیاهی و حتی آفات می دانیم بدین گونه است:

عناصر غذایی روی بیماری های مختلف، اثرات مختلف دارند. به عنوان مثال، پتاسیم برخی بیماری ها را افزایش و برخی را کاهش می دهد. نوع عنصر، فرمولاسیون، مقدارمصرف، مواد همراه و شرایط محیطی، مهم ترین عوامل تعیین کننده میزان تاثیر آنها هستند. با مجموعه کتاب های فیدار فصل گلخانه همراه شوید .

فیدار فصل گلخانه

Fidar.crop.protection
ffg-natupestic.ir
info@ffg-natupestic.ir

انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی
خیابان انقلاب، بعد از خیابان ۱۲ فروردین، پاساژ قروقچی، طبقه سوم، واحد ۱۱
شماره تلفن ثابت : ۶۶۴۰۳۴۵۲ - ۶۶۴۱۲۶۰۹
همراه : ۰۹۱۹۶۳۵۷۷۱۵ - ۰۹۱۲۷۳۷۰۶۳۱
www.eatk.ir

9786226633406

خواص قارچ‌کشی کودهای معدنی

گردآوری و تالیف:

صالح پناهنده

مشاور تکنولوژی مبارزه شیمیایی

(شرکت فیدار فصل گلخانه)

بی‌تا والی‌زاده

دکتری گیاه‌پزشکی (سم‌شناسی)

بهار ۱۴۰۰

سرشناسه	:	پناهنده، صالح، ۱۳۷۱-
عنوان و نام پدیدآور	:	خواص قارچ‌کشی کودهای معدنی/ گردآوری و تالیف صالح پناهنده، بی‌تا والی‌زاده.
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	۹۴ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	:	978-622-6633-43-7
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه : ص. [۸۲] - ۹۴.
موضوع	:	قارچ‌کش‌ها
موضوع	:	Fungicides
موضوع	:	گیاهان -- بیماری‌های قارچی
موضوع	:	Fungal diseases of plants
موضوع	:	گیاهان -- اثر نمک
موضوع	:	Plants -- Effect of salt on
موضوع	:	کود
موضوع	:	Fertilizers
شناسه افزوده	:	والی‌زاده، بی‌تا، ۱۳۶۸-
رده بندی کنگره	:	SB۹۵۱/۳
رده بندی دیویی	:	۶۳۲/۹۵۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۷۶۳۸۹۹۱
وضعیت رکورد	:	فیپا

انتشارات آموزش وترویج کشاورزی

نام کتاب: خواص قارچ‌کشی کودهای معدنی
تالیف وگردآوری: صالح پناهنده، بی‌تا والی‌زاده
ناشر: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی
سال و نوبت چاپ: ۱۴۰۰- چاپ اول
شابک: ۷-۴۳-۶۶۳۳-۶۲۲-۹۷۸
قیمت: ۵۸۰۰۰ تومان
شمارگان: ۱۰۰۰نسخه

روبروی دانشگاه تهران، بین خ ۱۲ فروردین و خ فخر رازی، پاساژ ظروفچی، طبقه سوم، واحد ۱۱
تلفن: ۶۶۹۶۳۱۲۶ تلفن همراه :۰۹۱۲۷۳۷۰۶۳۱ دورنگار۶۶۴۰۳۴۵۲

www.eatk.ir email eatk_ir@yahoo.com

حق چاپ برای انتشارات آموزش وترویج کشاورزی محفوظ است.

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۷

فصل اول: مقدمه و تاریخچه ۹

۱-۱ مقدمه ۹

۱-۲ تاریخچه استفاده از نمک‌های معدنی در مدیریت بیماری‌های قارچی ۱۴

فصل دوم: ترکیبات معدنی ۱۷

۲-۱ نمک‌های معدنی با قابلیت قارچ‌کشی ۱۷

۲-۲ نمک‌های بی‌کربنات ۱۸

۲-۲-۱ افزایش کارایی بی‌کربنات‌ها با استفاده از روغن‌ها ۲۲

۲-۳ سیلیکات‌ها ۳۳

۲-۳-۱ استفاده از سیلیکات‌ها در کنترل بلاست و شیت بلایت برنج ۳۵

۲-۳-۲ بررسی اثر سیلیسیوم در کنترل برخی از بیماری‌های خیار ۳۶

۲-۳-۳ کنترل سفیدک پودری توت‌فرنگی با استفاده از سیلیس ۳۷

۲-۴ فسفات‌ها ۳۸

۲-۵ فسفیت و فسفونات‌ها ۴۰

۲-۵-۱ فعالیت ضدمیکروبی فسفیت‌ها در مقابل بیمارگرهای مختلف سیب‌زمینی ۴۲

۲-۵-۲ مزایای فسفیت پتاسیم در مقایسه با سایر سموم رایج ۴۴

۲-۶ کلریدها ۴۴

۲-۷ کنترل بیماری‌های پس از برداشت سیب‌زمینی با استفاده از نمک‌های معدنی ۴۷

۲-۷-۱ پوسیدگی خشک سیب‌زمینی (Dry rot) ۴۷

۲-۷-۲ لکه نقره‌ای (Silver scurf) ۴۹

۲-۷-۳ پوسیدگی نرم (Soft rot) ۵۰

۲-۷-۴ کنترل پوسیدگی نرم گوجه‌فرنگی با استفاده از نمک‌های معدنی ۵۱

۵-۷-۲ کنترل بیماری‌های خیار با استفاده از نمک‌های معدنی ۵۲
۶-۷-۲ کنترل کپک خاکستری(Gray mold) در محصولات مختلف با استفاده از نمک‌های معدنی ۵۴
فصل سوم: مکانیسم عمل ترکیبات معدنی ۵۷
۳- مکانیسم عمل نمک‌ها در کنترل بیماری‌های گیاهی ۵۷
۳-۱ بیکربنات‌ها ۵۷
۳-۲ سیلیکات‌ها ۵۷
۳-۲-۱ مکانیسم عمل سیلیس در کنترل سفیدک پودری توت‌فرنگی ۶۰
۳-۳ فسفات‌ها ۶۱
۳-۴ فسفیت‌ها و فسفونات‌ها ۶۲
۳-۵ کلریدها ۶۴
۳-۶ بررسی اثر منابع کلسیم روی گونه‌های *Phytophthora* sp. ۶۶
فصل چهارم: آشنایی با بعضی مفاهیم قارچ‌کش‌های آلی و مصنوعی ۶۹
۴-۱ عوامل متعدد عدم کارایی قارچ‌کش‌ها ۶۹
۴-۱-۱ کیفیت پایین ابزار پاشش و مصرف قارچ‌کش‌ها ۷۰
۴-۱-۲ کیفیت پایین آب مصرفی جهت سم‌پاشی ۷۰
۴-۱-۳ بروز مقاومت عامل بیماری به قارچ‌کش ۷۰
۴-۲ ویژگی‌های مهم قارچ‌ها ۷۱
۴-۳ ساختمان قارچ‌ها ۷۱
۴-۳-۱ غشا سیتوپلاسمی Plasma membrane ۷۲
۴-۴- مفاهیم اولیه ۷۲
۴-۵ طبقه‌بندی قارچ‌کش‌ها ۷۲
۴-۶ گروه‌های مختلف قارچ‌کش‌های بر اساس موارد مصرف عمومی ۷۳
۴-۷ طبقه‌بندی قارچ‌کش‌ها بر اساس ترکیبات شیمیایی ۷۳

۴-۷-۱ گوگرد یکی از قدیمی‌ترین آفت‌کش‌های تاریخ ۷۴
۴-۸ قارچ‌کش‌های سیستمیک ۷۵
۴-۹ قارچ‌کش‌هایی که روی چند نقطه اثر دارند Multisite Action ۷۷
۴-۱۰ قارچ‌کش‌های با محل تاثیر ویژه ۷۸
۴-۱۱ قارچ‌کش‌های ثبت شده علیه سفیدک داخلی پیاز (*Cynthia ocamb*) ۷۸
منابع ۸۰

پیشگفتار

با افزایش روز افزون جمعیت جهان نیاز به تامین مواد غذایی، بهداشت، خدمات، فراورده‌های صنعتی و غیره بیش‌تر احساس می‌شود. در این رابطه توجه به عوامل کاهش‌دهنده، بازدارنده و مخرب فرآورده‌های کشاورزی، دامی، صنعتی و بهداشتی مانند آفات گیاهی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. پیامدهای ناگوار زیست محیطی که جهان کنونی با آن روبه‌رو است ناشی از برخورد غیرمعقول انسان با محیط زیست و استفاده از منافع پایه است، به‌طوری‌که به جای ژرف‌اندیشی و در نظرگیری منافع درازمدت، با هجوم بی‌وقفه و تاراج منابع، عواید کوتاه مدت را ترجیح داده و با تداوم این خط مشی، مسیر زوال آن را برای خویش رقم زده است. امروزه در کشور ما در مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی که یکی از دستاوردهای کشاورزی رایج است نوعی تجدیدنظر در حال جریان است، زیرا مشکلات زیست محیطی، کاهش تنوع زیستی، سلامت بوم نظام‌ها و کاهش کیفیت و بالاخره اثر سوء آن‌ها بر سلامت انسان غیرقابل انکار است. در این ارتباط در نشست سران کشورهای جهان که بنا به دعوت سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد در سال ۱۹۹۶ در خصوص امنیت غذایی تشکیل گردید، همه کشورها از جمله ایران نسبت به اجرای تعهدات هفت‌گانه اجلاس در زمینه تامین غذای سالم و کافی برای همه مردم متعهد شدند. بنابراین لازم است مواد غذایی تولیدی، عاری از هر نوع آلاینده بوده و علاوه بر آن غنی از عناصر معدنی مفید برای ارتقاء سلامت جامعه باشند. در این میان و با توجه به ضرورت وجود محصولات کشاورزی سالم در سبد غذایی خانوار، تلاش گردید به‌طور مختصر به بررسی تغذیه کودی و قارچ‌کش‌های معدنی روی محصولات برای کشاورزی پایدار پرداخته شود. در این کتاب نویسندگان علیرغم علاقه و تشخیص خود مبنی بر لزوم تمرکز متون علمی و آکادمیک روی مسائل منحصرا کاربردی و میدانی، برخی مفاهیم نظری را نیز بیان داشته است. از آنجا که مصرف کودهای معدنی برخلاف پیشینه تاریخی دراز مدتی که در زمینه کنترل آفات و بیماری‌های

گیاهی دارند، هنوز حتی در کشورهای پیشرفته شکل منظم و کاربردی به خود نگرفته است، لازم و ضروری است پس از طرح میزان تاثیر کودهای معدنی در کنترل بیماری‌های گیاهی در این کتاب، در مجموعه دیگری به توضیح راجع به نوع فرمولاسیون آن‌ها پرداخته و ضمن بحث پیرامون نکات فنی منطبق بر بازار و این صنعت بزرگ، دیدگاه‌های شرکت های تولید کننده و همچنین نظرات مختلف کارشناسان و کشاورزان محترم را نیز بررسی نماید. بنابراین نویسندگان حاضر قصد دارند در آینده‌ای نزدیک و با حمایت شرکت فیدار فصل گلخانه یک مجموعه تماما کاربردی را با مشخصات و محتویات اخیر، تقدیم علاقمندان، بهره‌برداران و متخصصین محترم نمایند.

صالح پناهنده

مشاور تکنولوژی مبارزه شیمیایی

بهار ۱۴۰۰

فصل ۱

مقدمه و تاریخچه

۱-۱ مقدمه

توسعه سیستم‌های تولید پایدار یک چالش اساسی برای تحقیقات کشاورزی است. یکی از مولفه‌های مهم پایداری در کشاورزی، مدیریت آفات و بیماری‌ها با بهره‌برداری از سیستم‌های تنظیم داخلی اکوسیستم‌های کشاورزی است. تولید سبزیجات به‌طور خاص به کاربرد سموم دفع آفات بستگی دارد. بنابراین استفاده از ترکیبات معدنی و اسیدهای آلی خطرات زیست محیطی را برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان کاهش می‌دهد. ترکیبات معدنی از طریق افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرها و افزایش تحمل گیاهان نسبت به بیماری گیاه را در برابر بیماگرهای مختلف حفظ می‌کند. گیاهانی که با ترکیبات معدنی تقویت شده‌اند، مقاومت بیشتری نسبت به گیاهانی که از کمبود مواد معدنی رنج می‌برند در برابر بیمارگرها دارند. گیاهان بسته به نوع مواد معدنی، عملکردهای مختلفی برای افزایش مقاومت نسبت به بیمارگرها دارند (Conway *et al*. 1998; Pagel & Heitefuss 1989).

بیماری‌های گیاهی در بیشتر اوقات باعث ایجاد زیان‌های اقتصادی جبران‌ناپذیر روی محصولات مختلف و کاهش کیفیت این محصولات می‌گردند، بنابراین مدیریت بیماری‌های گیاهی یک مؤلفه حیاتی برای بازدهی بیشتر محصول می‌باشد. قارچ‌های بیمارگر از خسارت‌زاترین عوامل

بیماری‌زای گیاهی در دنیا محسوب می‌شوند، از طرف دیگر تمام بیماری‌های قارچی به اندازه کافی توسط قارچ‌کش‌ها قادر به کنترل عامل بیماری نیستند.

اولین گام در توصیه یک قارچ‌کش و اعمال هر گونه مبارزه شیمیایی، تشخیص دقیق عامل بیماری است. هیچ کدام از قارچ‌کش‌های مصنوعی بجز ترکیبات مسی و آنتی‌بیوتیک‌های دو منظوره قارچ‌کش- باکتری‌کش روی بیماری‌های باکتریایی تاثیر رضایت بخش ندارند. در راستای مبارزه شیمیایی علیه بیماری‌های بوته میری، کشت قارچ و تشخیص دقیق نوع بیماری اهمیت ویژه‌ای دارد. به‌عنوان مثال قارچ‌کش‌های گروه تری آزول مانند پروپیکونازول (تیلت) و تبوکونازول (فولیکور) که روی *Fusarium* spp. موثر هستند، روی بیمارگر *Pythium* spp. موثر نیستند. این موضوع اهمیت تشخیص دقیق عامل بیماری را می‌رساند.

کارشناسان و مسئولین فنی فروشگاه‌های سموم آفت‌کش باید به این سطح درک از بکارگیری تکنیک‌های مدیریت بیماری و مبارزه شیمیایی برسند که مصرف آفت‌کش (در این کتاب کلمه آفت‌کش به حشره‌کش و قارچ‌کش اطلاق شده است) هیچگاه تنهاترین و حتی اولین راه کنترل و درمان بیماری نیست. درک نوع همبستگی با فاکتورهای محیطی نظیر دما، رطوبت، میزان تهویه و نور و ..... نیز از مهمترین مراتب اعمال اقدامات مدیریتی است. بسیاری مواقع ممکن است کشاورزان یک عارضه فیزیولوژیک را با خسارت برخی آفات و بیماری‌ها به اشتباه تشخیص دهند. پیشنهاد من این است تا حد امکان فرد توصیه کننده آفت‌کش، سطح خسارت بیماری یا آفت را در همان مزرعه کشاورزی که درخواست خرید آفت‌کش دارد، بررسی نمایند. در بسیاری مواقع اطلاعات غلط از عامل دقیق بیماری یا آفت سبب می‌شود توصیه آفت‌کش بار فنی مناسب نداشته و نتواند مشکل کشاورز را حل کند. این موضوع افزون بر افزایش هزینه‌های زیست محیطی و افزایش هزینه ریالی مدیریت مزرعه، روی اعتبار فنی فرد توصیه کننده نیز تاثیر منفی خواهد داشت.

یادگیری نام‌های محلی عوامل بیماری‌ها و آفات توسط کارشناسان مقیم همان منطقه به تشخیص بیماری و توصیه دقیق آفت‌کش کمک شایانی خواهد نمود اما در زمان توصیه آفت‌کش هرگز شنیدن تنها نام محلی قابل اعتماد و اتکا نیست. به این مثال ساده توجه کنید تا در هیچ زمان برای توصیه یک آفت‌کش تنها به شنیدن نام محلی اکتفا نکنید:

در بخش‌هایی از سیستان و بلوچستان و همچنین جنوب کرمان، برخی کشاورزان محترم از نام آتشک برای سفیدک داخلی خیار، لکه برگی آلترناریایی گوجه و خیار و حتی علائم گیاهسوزی

حاصل از اختلاط سموم استفاده می‌کنند. حال آنکه در اولین لحظات شنیدن این نام شما ممکن است باکتری *Erwinia amylovora* را بخاطر بیاورید که روی درخت گلابی بیماری آتشک را ایجاد می‌کند و هیچ ارتباطی به موارد اخیر ندارد.

طبق نظرسنجی‌های عمومی که در سال ۲۰۰۶ میلادی در مورد سلامت یا ایمنی مواد غذایی از سوی اروپا صورت گرفت، مشخص شد که باقی‌مانده سموم شیمیایی در محصولات مختلف مانند میوه، سبزیجات و غلات بسیار بالاست. به‌طوری‌که برای محصولات مختلف حتی سبزیجات برگی نیز گزارش‌هایی از باقی‌مانده قارچ‌کش‌ها در سطوح بالاتر از حد مجاز وجود دارد (PSD 2003; Gonzalez-Rodriguez *etal*. 2008).

ظهور مقاومت عامل مهمی در محدود شدن کارایی قارچ‌کش‌ها است. به‌طور کلی، قارچ‌کش‌های جذبی و سیستمیک نسبت به قارچ‌کش‌های محافظتی بیشتر با مقاومت روبه‌رو می‌شوند (زال و مستوفی زاده قلمفرسا، ۱۳۹۲). مقاومت قارچ می‌تواند پایدار باشد و به نسل‌های بعد از آن نیز منتقل شود که این حالت می‌تواند منجر به محدود شدن کارایی و عمر مفید قارچ‌کش شود و مدیریت بیماری را با شکست مواجه کند (Brent & Hollomon 2007a)

از همه مهم‌تر این‌که جدایه‌های مقاوم قارچ می‌توانند سازگارتر از جدایه‌های حساس باشند و در مقایسه با آن‌ها به مدت طولانی‌تری در محیط باقی بمانند و مشکلاتی را در مدیریت بیماری به وجود آورند (Ma & Michailides 2005). در واقع به علت مقاومت قارچ‌های بیمارگر گیاهی به قارچ‌کش‌ها، دسترسی به قارچ‌کش‌های مؤثر با مشکل جدی مواجه شده است. به‌طوری‌که شواهد حاکی از افزایش مقاومت بسیاری از این قارچ‌ها به قارچ‌کش‌هایی مانند بنزومیدازول‌ها و دی‌کربوکسامیدها می‌باشد (Ma & Michailides 2005; Kuck & Gisi 2007).

اولین قارچ‌کش‌های گروه DMI[1] (قارچ‌کش‌های بازدارنده‌ی جدا شدن بنیان متیل در تشکیل ارگوسترول) در سال ۱۹۷۰میلادی مورد استفاده قرار گرفت اما از سال ۱۹۸۰ گزارش‌هایی از مقاومت چندین قارچ بیمارگر به این قارچ‌کش‌ها منتشر شد (Wood *et al.* 2001).

استفاده از قارچ‌کش‌هایی مانند تری آزول‌ها در کنترل برخی از بیماری‌های قارچی غلات و مانکوزب در سیب‌زمینی[2] (*Solanum tuberosum*) سبب افزایش مشکلاتی در زمینه مدیریت

[1] Demethylation inhibitor fungicides

[2] Potato

مقاومت به این قارچ‌کش‌ها و همچنین کاهش قابل توجهی در عملکرد محصول و در نهایت افزایش قیمت این محصولات گردیده است (Richardson 2009).

بنابراین با توجه به استفاده بیش از حد از قارچ‌کش‌های شیمیایی، آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده از آن‌ها، باقی ماندن آن‌ها در محصولات کشاورزی و همچنین توسعه مقاومت در بیمارگرهای هدف، تحقیق و توسعه روش‌های کنترل مؤثر و پایدار عوامل بیماری‌زای قارچی ضروری به‌نظر می‌رسد (Fallik *et al.* 1997; Oliver *et al.* 1999; Huck & Gisi 2007; Greaves 2009).

استفاده از ترکیبات معدنی به جای قارچ‌کش‌های شیمیایی برای کنترل بیماری‌های قارچی می‌تواند به‌صورت بالقوه خطر ابتلا به سرطان را کاهش دهد و برای سلامت انسان و محیط زیست بسیار مفید می‌باشند (Hasanuzzaman *et al.* 2010; Wu *et al.* 2014).

استفاده از نمک‌های معدنی از جمله نمک‌های آمونیوم، آلومینیوم، سدیم، پتاسیم، مس، سیلیسیوم و کلسیم از روش‌های جدید کنترل بیماری‌های گیاهی و جایگزینی برای قارچ‌کش‌های مصنوعی محسوب می‌شود (Mecteau & Tweddell 2002; Mills *et al.* 2004).

شایان ذکر است که ترکیبات معدنی اخیر همیشه سبب کنترل بیماری‌ها نمی‌شوند و استثنا زیادی در این رابطه وجود دارد. به‌عنوان مثال عنصر مهم و پرمصرفی چون پتاسیم روی برخی از بیماری‌ها اثر افزایشی دارد. مصرف پتاسیم سبب افزایش شدت بیماری جرب معمولی سیب‌زمینی (*Streptomyces scabies*) می‌شود، حال آنکه تصور عمومی بر آن است که این عنصر سبب افزایش مقاومت گیاه سیب‌زمینی و کاهش شدت این بیماری می‌شود (بنی هاشمی، ۱۳۹۲).

بنابراین ترکیبات معدنی و کودی به‌طور ذاتی روی تمام بیماری‌ها اثر کاهشی یا افزایشی قاطع ندارند. این تاثیر بسته به نوع عنصر، نوع میزبان و البته نوع فرمولاسیون آن ترکیب می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان مثال عنصر ازت در نظر عموم یکی از عوامل افزاینده شدت بیماری‌های مختلف است. این در حالی است که فرمولاسیون‌ها و انواع مختلف آن روی بیماری‌ها اثر کاملا متفاوت دارند. پوسیدگی فوزاریومی ریشه گوجه‌فرنگی با مصرف نیترات کاهش و با آمونیوم افزایش می‌یابد (بنی هاشمی، ۱۳۹۲).

در آزمایشی جامع استفاده از ۳۴ نمک معدنی (به‌ویژه بی‌کربنات‌ها، فسفات‌ها، سیلیکات‌ها، کلریدها و فسفیت‌ها) موجب کاهش شدت ۴۹ بیماری قارچی در گیاهان مختلف شده است.

بنابراین کارایی نمک‌های معدنی در کنترل بیماری‌های قارچی نیازمند تحقیقات و نوآوری‌های بیشتر در آینده نزدیک است (Deliopoulos *et al.* 2010).

مواد معدنی به‌صورت بخشی از محیط شیمیایی سیستم خاک-گیاه هستند و تغذیه گیاه با استفاده از این ترکیبات، رشد و تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب تغییراتی در الگوی رشد، ریخت‌شناسی و خصوصیات ترکیب شیمیایی گیاه می‌گردد. به عبارت دیگر به‌عنوان فاکتورهای مهمی در ارتباط با واکنش‌های زیستی گیاه می‌باشند که برای رشد آن بسیار مفید و مؤثر هستند. این مواد می‌توانند سبب کاهش یا افزایش تحمل گیاهان به بیمارگرها و آفات شوند و به‌عنوان عوامل مهم در کنترل بیماری‌ها مطرح می‌شوند، بنابراین مدیریت آن‌ها قابلیت زیادی در کنترل بیماری‌های گیاهی دارد (Datnoff *et al.* 2007; Marschner 2011; Cabot *et al.* 2013).

از مهم‌ترین مزایای این نمک‌های معدنی ساده می‌توان به ایمن بودن آن‌ها برای انسان و سمیت کم برای سایر پستانداران نام برد. به‌طوری‌که بعضی از این نمک‌ها به‌صورت گسترده در فرآوری مواد غذایی و افزایش نگهداری آن‌ها به‌عنوان عوامل ضدمیکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال از بی‌کربنات سدیم ($NaHCO_3$) برای تهیه سودا یا اب گازدار استفاده می‌شود. به‌دلیل قیمت پایین این نمک‌ها، گنجاندن آن‌ها در برنامه مدیریتی به‌منظور کاهش استفاده متداول از قارچ‌کش‌ها از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشد (Reuveni 1995; Oliver 1999; Kuepper *et al.* 2001).

تحقیقات اخیر در ارتباط با اثر مواد معدنی بر مقاومت و تحمل گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا بسیار درخور توجه است (Boyd 2007; Fones *et al.* 2010; Hörger *et al.* 2013). مواد معدنی بخصوص مس، آهن، روی، منگنز و بر تأثیر بسیار زیادی روی عوامل بیماری‌زای گیاهی دارند (Dordas 2008; Yao *et al.* 2012; Fones & Preston 2013).

اگرچه هدف از کاربرد سموم شیمیایی کاهش جمعیت آفات یا کنترل بیماری گیاهی است، اما این حجم سموم خطرناک که در حال حاضر مصرف می‌شوند، تنها آفت‌کش نیستند بلکه ممکن است خطرات زیست‌محیطی فراوانی ایجاد نموده که توسط بشر قابل پیش‌بینی نباشد. فاکتور مهم در مسمومیت مزمن سموم دارا بودن تجمع طولانی مدت آن‌ها در بدن است و این تجمع مواد سمی در بدن در تمامی افراد به واسطه تماس مستقیم وحتی به‌طور غیرمستقیم از طریق غذا، تنفس یا جذب پوستی به چشم می‌خورد. واقعیت این است که تقریباً ۹۰ درصد کلیه

قارچ‌کش‌های مورد مصرف در کشاورزی در مدل‌های حیوانی سرطان‌زا می‌باشند. هنوز این مسئله بزرگ توجه عمومی را به خود جلب نکرده است. یک بررسی روی یازده نوع از قارچ‌کش‌ها نشان داده است که هرچند این مواد تنها ۱۰ درصد از مواد شیمیایی مورد استفاده به‌عنوان آفت‌کش را در سال تشکیل می‌دهند ولی در کل عامل ۶۰ درصد از سرطان‌های شایع دستگاه گوارش هستند. دربعضی از محصولات کشاورزی سمومی مثل کاپتان، مانکوزب[۱]، بنومیل[۲]، تری دمورف[۳]، پروپیکونازول[۴]، سایپروکونازول[۵] و... هرچند مسمومیتی که قابل دیدن باشند را دارا نیستند ولی درکل در درازمدت ریسک سرطان‌زایی دارند و بهتر است با برنامه ریزی دقیق و جایگزین نمودن آن‌ها با مواد کم خطر، از سبد مصرفی آفت‌کش‌ها توسط کشاورزان حذف شوند.

۲-۱ تاریخچه استفاده از نمک‌های معدنی در مدیریت بیماری‌های قارچی

استفاده از نمک‌های معدنی یک روش نوین در حفاظت از محصولات کشاورزی در برابر قارچ‌های بیمارگر نمی‌باشد. در واقع نیاکان ما از سیلیس (SiO_2) جهت حفاظت خیار[۶] (*Cucumis sativus*) در برابر *Pythium ultimum* عامل مرگ گیاهچه[۷] و *Podosphaera fuliginea* عامل سفیدک سطحی در این گیاه، استفاده می‌کردند (Bélanger *et al.* 1995).

مدت‌ها قبل از آنکه دانشمندان به نقش سدیم یا کلر در تولید محصولات کشاورزی و کنترل بیماری‌های گیاهی پی ببرند، کشاورزان برای بهبود و افزایش محصولاتشان، در مورد محصولاتِ زراعی متحمل به شوری، به‌طور مرتب از کلرید سدیم استفاده می‌کردند (Elmer 2003b).

در اواخر دهه۱۶۰۰ کشاورزان انگلیسی برای کاهش آلودگی بذورگندم[۸] (*Triticum aestivum*) به قارچ *Tilletia caries* عامل سیاهک پنهان گندم، آن‌ها را با محلول کلرید سدیم ضدعفونی می‌کردند (Agrios 2005).

---

[1] Dithan M®
[2] Benlate®
[3] Calixin®
[4] Tilt®
[5] Alto®
[6] Cucumber
[7] Damping off
[8] Wheat

اولین باری که به استفاده از کلرید سدیم در کنترل محصولات اشاره شد، توصیه‌ای بود در اوایل دهۀ ۱۸۰۰ مبنی بر استفاده از نمک به عنوان کود سطحی برای محصول جُو[1] (*Hordeum vulgare*) برای جلوگیری از ایجاد شرایطی به نام «جاگیری» وضعیتی که به بیماری‌های ریشه می‌انجامد (Tottingham 1919).

مس نیز باعث مقاومت گیاه در برابرنفوذ ریسه‌های قارچ می‌شود. در اوایل دهه ۱۸۰۰ پرووست مشاهده کرد سولفات مس یا کات کبود ($CuSO_4$) قادر به از بین بردن ساختارهای قارچ *T. caries* می‌باشد (Russell 2006).

مدت‌ها قبل از اینکه بیماری سفیدک داخلی در اروپا تهدیدی برای کشاورزان باشد، انگورکاران در تاکستان‌های فرانسه برای ممانعت از خورده شدن انگورها[2] (*Vitis vinifera*) توسط رهگذران در راه‌های اصلی و فرعی اطراف تاکستان‌ها، چند هفته قبل از رسیدن انگورها مخلوطی از هیدروکسید کلسیم و سولفات مس می‌پاشیدند که مزه تلخ و گسی روی میوه ایجاد می‌کرد و رهگذران دیگر تمایلی به دست زدن به محصولات پیدا نمی‌کردند.

در سال ۱۸۷۸ میلادی قارچ مولد سفیدک داخلی *Plasmopara viticola* از آمریکا به اروپا رسید و در مدت کوتاهی اهمیت بیماری آشکار شد. بیماری در شرایط مساعد می‌توانست در یک فصل تمامی تاکستان‌ها را آلوده کند. در آن زمان تنها قارچ‌کش متداول گوگرد بود که اثری روی بیماری نداشت.

در سال ۱۸۸۱ استاد گیاه شناسی دانشکده علوم شهر بردو فرانسه به نام میلاردت Millardet که می‌دانست تاکستان‌های منطقه شدیداً به بیماری سفیدک داخلی آلوده شده و برگ‌های آن‌ها ریخته است، متوجه شد برخی ردیف‌های کنار جاده به بیماری آلوده نشده‌اند. روی برگ‌ها با ماده آبی رنگی پوشیده شده بود که معلوم شد این ماده رنگی، ترکیب مسی‌ای است که برای ممانعت از دزدی پاشیده شده است.

دو سال بعد پروفسور میلاردت موفق به کشف خاصیت قارچ‌کشی فلز مس برای کنترل سفیدک داخلی در تاکستان‌ها گردید. ترکیب قارچ‌کشی که پروفسور میلاردت کشف کرد، سولفات مس ($CuSO_4$) و هیدروکسید کلسیم ($Ca(OH)_2$) بود که با توجه به محل کشف، ترکیب بردو نامیده شد و تا امروز استفاده از آن ادامه دارد. در واقع این ترکیب از اولین قارچ کش‌های مورد

[1] Barley
[2] Grape

استفاده وسیع در دنیا می‌باشد که خاصیت قارچ‌کشی آن به یون مس (Cu^{+2}) مربوط می‌شود (Schneiderhan 1933).

علاوه‌بر این در سال ۱۹۳۳ گزارش شد که ترکیب بی‌کربنات سدیم ($NaHCO_3$) در کنترل قارچ *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* عامل سفیدک پودری رز[1] (*Rosa* spp.) مؤثر است (Hottes 1933).

[1] Rosa

فصل ۲

ترکیبات معدنی

۲-۱ نمک‌های معدنی با قابلیت قارچ‌کشی

اسیدهای معدنی و نمک‌ها نقش مهمی در القای مقاومت گیاهان در برابر قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی دارند، از طرفی به‌عنوان ماده نگهدارنده مواد غذایی استفاده می‌شوند. بنابراین می‌توان بدون نگرانی از خطرات زیست‌محیطی این ترکیبات را جایگزین قارچ‌کش‌های شیمیایی کرد (El-Mohamedy *et al.* 2013). ترکیبات معدنی باعث کاهش نفوذ بیمارگر به گیاه و ایجاد عفونت می‌شوند و از طرفی مقاومت گیاه را افزایش می‌دهند. ترکیبات معدنی روی، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم، کلسیم، آهن، منگنز و مس با افزایش رشد گیاه، مقاومت گیاه را در برابر پوسیدگی ناشی از گونه‌های پیتیوم را افزایش می‌دهد. به‌عنوان مثال روی برای کنترل *Glomus intraradices* و *P. deliense* قابل استفاده است. این ترکیبات بر بیمارگرهای مختلف مانند *Sclerotium rolfsii* روی بادام زمینی، *Verticillium dahlie* روی بادمجان، *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* روی گوجه‌فرنگی، *Rhizoctonia solani* روی نخود، *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* و *F. oxysporum* f. sp *radicis-lycopersici* و *Phytophthora nicotianae* var. parasitica روی گوجه‌فرنگی و *Phytophthora capsici* روی فلفل نیز اثر دارد (Marschner 2001،

Streeter *et al*. 1995). عناصر معدنی بر آزادسازی زئوسپور، جوانه‌زنی زئوسپور، رشد میسلیوم و تشکیل اسپورانژیم *Pythium aphanidermatum* مؤثر است (Koohakan *et al*. 2002). تأثیر روی، نیتروژن، پتاسیم، منگنز، کلسیم، آهن، منگنز و مس بر *P. deliense* روی گیاه خیار بررسی شد. نیتروژن باعث ایجاد مقاومت القایی گیاهان در برابر پراکسیداز و کیتیناز می‌شود. روی با افزایش ضخامت دیواره‌ی سلولی و یکپارچگی ساختاری غشاها باعث مهار *Pythium* sp. می‌شوند. این مواد همچنین بر *Sclerotium rolfsii*، *Verticillium dahlie*، *Rhizoctonia solani*، *Phytophthora nicotianae*، *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* و *Phytophthora capsici* تاثیر دارند. کلسیم و پتاسیم بر کاهش رشد میسلیوم گونه‌های فایتوفتورا مؤثر هستند (Sugimoto *et al*. 2007).

اثر اسیدها و نمک‌های معدنی، یعنی سالیسیلیک، اسیدهای سوربیک، سربات پتاسیم، کربنات پتاسیم بر مهار رشد میسلیوم بیمارگرهایی مثل *Fusarium oxysporum radicis-lycopersici*، *F. oxysporum lycopersici*، *F. solani*، *Rhizoctonia solani* *Sclerotium rolfsii Macrophomina phaseolinae*, *Pythium* sp. & *Phytophthora* sp. روی گیاه گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت (El-Mohamedy *et al*. 2013).

تحت شرایط آزمایشگاهی و در سطح مزرعه و گلخانه، اثر چندین نمک معدنی بر جلوگیری از رشد و گسترش قارچ‌های بیمارگر در طیف وسیعی از محصولات کشاورزی مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است و برخی از این نمک‌ها کاهش معنی‌داری را در کاهش بیماری نشان داده‌اند.

۲-۲ نمک‌های بی‌کربنات

از بین نمک‌های معدنی متعلق به این گروه دو نمک بی‌کربنات پتاسیم ($KHCO_3$) و سدیم ($NaHCO_3$) به‌طور گسترده علیه قارچ‌های مولد سفیدک پودری در محصولات مختلف مانند: خیار، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، فلفل[1] (*Capsicum annuum*)، طالبی[2] (*Cucumis melo*)، کدو مسمایی یا کدوسبز[3] (*Cucurbita pepo*)، انگور و گیاهان زینتی

[1] Pepper
[2] Muskmelon
[3] Courgette

مورد استفاده قرار گرفته‌اند. علاوه‌بر سفیدک‌های پودری گزارش‌هایی از کنترل بیماری‌هایی از قبیل: زنگ برگی، لکه برگی و بلایت‌ها توسط این ترکیبات وجود دارد جدول (۲-۱) (Greenway 1999).

جدول ۲-۱. کنترل برخی از بیماری‌های قارچی توسط بی‌کربنات‌ها

Plant	Disease	Causal agent
Apple	Scab	*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter 1875
Bean	Rust	*Uromyces appendiculatus* F. Strauss 1833
Camellia	Flower blight	*Ciborinia camelliae* L.M. Kohn 1979
Courgette	Powdery mildew	*Erysiphe cichoracearum* DC. 1805
Cucumber	Leaf spot	*Ulocladium cucurbitae* (Letendre & Roum.) E.G. Simmons 1982
Cucumber	Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginea* (Schltdl.) Pollacci 1913
Euonymus	Powdery mildew	*Oidium euonymi-japonici* E.S. Salmon
Grape	Grey mould	*Botrytis cinerea* Pers. 1794
Grape	Powdery mildew	*Uncinula necator* (Schwein.) Burrill 1892
Orange	Greasy spot	*Mycosphaerella citri* Whiteside 1972
Pepper	Powdery mildew	*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud 1921
Potato	Late blight	*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary 1876
Potato	Silver scurf	*Helminthosporium solani* Durieu & Mont. 1849
Rose	Black spot	*Diplocarpon rosae* F.A. Wolf 1912
Wheat	Leaf rust	*Puccinia triticina* Erikss. 1899 (*P. recondita* Dietel & Holw. 1857)

این نمک‌ها با دارا بودن خاصیت تماسی[1] و ریشه کنی[2] توانایی مهار آلودگی را در سطح گیاه بعد از پیشرفت علایم بیماری را دارند. علاوه‌بر این، این دو بی‌کربنات دارای خاصیت حفاظتی[3] نیز می‌باشند (HDC[4] 2005). محلول‌پاشی این بی‌کربنات‌ها روی برگ می‌تواند جوانه‌زنی اسپورهای قارچی، طول عمر لوله تندشی[5] و در نهایت توانایی تشکیل کلنی‌های اسپورزای قارچ را کاهش دهد (Yildirim *et al.* 2002; Ilhan *et al.* 2006; Karabulut *et al.* 2006).

میزان مقاومت قارچ‌های بیمارگر نسبت به بی‌کربنات‌ها به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر از قارچ‌کش-های مصنوعی می‌باشد (HDC 2005). به‌دلیل تأثیر بی‌کربنات پتاسیم در کنترل بیماری سفیدک پودری این ماده به نام‌های تجاری مختلف توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات

[1] Contact
[2] Eradicant
[3] Protectant
[4] Horticultural Development Company
[5] Germ-tube

متحده آمریکا[1] (EPA) جهت استفاده در محصولات سالم و ارگانیک ثبت و توصیه شده است (Kupper *et al.* 2001).

سیلیس و نمک‌های سدیم و پتاسیم و آمونیوم از اجزای اصلی مدیریت سفیدک پودری جالیز می‌باشند (Blanger & albbe 2002; Hector & Belanger 2006).

سفیدک پودری جالیز از مهم‌ترین بیماری‌های گیاهان خانواده کدوئیان می‌باشد و از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است (Roberts *et al.* 2005). گونه‌های *Sphaerotheca fuliginea* و *Erysiphe cichoracearum* به‌عنوان سفیدک پودری جالیز شناخته شده‌اند که در این میان گونه *S. fuliginea* گسترش بیش‌تری داشته و از قدرت تهاجمی بالاتری برخوردار است (Mc Grath 1996).

پژوهشی در مورد اثر تلفیق قارچ کش‌های کروزکسیم متیل و تتراکونازول با بی‌کربنات سدیم در کنترل بیماری سفیدک پودری جالیز در شرایط گلخانه ای در سال ۲۰۱۲ صورت گرفت، به این صورت که مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز، با هدف استفاده از مواد بی‌خطر و سازگار با محیط زیست روی میزبان خیار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای، تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های مختلف سم‌پاشی با قارچ‌کش‌های کروزکسیم متیل[2]، تتراکونازول[3] و بی‌کربنات پتاسیم[4] همراه با سولفور[5] به‌عنوان قارچ‌کش استاندارد و شاهد بدون سم پاشی بودند. نتایج حاصل، امکان استفاده از بی‌کربنات پتاسیم با غلظت پنج در هزار را به‌عنوان جزئی از رژیم سم‌پاشی در مدیریت بیماری سفیدک پودری خیار در شرایط گلخانه تایید کرد. هم‌چنین استفاده از قارچ‌کش‌های کروزکسیم متیل و تتراکونازول به تناوب و با فاصله سم پاشی هفت روزه بیماری را نسبت به شاهد تا ۹۴/۲۹ درصد کاهش داد. دو نوبت استفاده از بی‌کربنات پتاسیم پس از تتراکونازول و کروزکسیم متیل به‌عنوان سم‌پاشی-های سوم و چهارم و یا سم‌پاشی‌های دوم و چهارم به‌ترتیب باعث کاهش ۸۷/۸۶ و ۸۶/۴۳ درصد در میزان بیماری نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی گردید. سه نوبت استفاده از بی‌کربنات پتاسیم، پس از سم‌پاشی با کروزکسیم متیل و یا با تتراکونازول به‌عنوان سم‌پاشی‌های دوم، سوم و چهارم

[1] United States Environmental Protection Agency®
[2] Strobilurin®
[3] Domark®
[4] caliban®
[5] Thiovit®

به‌ترتیب موجب ۷۵/۷۱ و ۷۴/۲۹ درصد کاهش مقدار بیماری نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی شد. بنابراین استفاده از این نمک معدنی می‌تواند ضمن کاهش مقدار مصرف قارچ‌کش‌ها به کاهش شدت بیماری و خسارت‌های ناشی از آن‌ها کمک کند (Azimi 2012).

ارسلان و همکاران (Arslan *et al.* 2006) تأثیر سدیم، پتاسیم و آمونیوم بی‌کربنات (NH_4HCO_3) را در کنترل زنگ برگی گندم ناشی از قارچ (*Puccinia triticina*) و زنگ لوبیا[1] (*Phaseolus vulgaris*) که توسط قارچ (*Uromyces appendiculatus*) ایجاد می‌شود، مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیقات نشان داد که نمک‌های مذکور در غلظت‌های مختلف جوانه زنی یوریدیوسپورها و رشد لوله تندشی این دو گونه قارچ را به‌طور کامل مهار کردند. علاوه‌بر این مشخص شد که استفاده از این‌گونه نمک‌ها هیچ‌گونه سمیتی در گندم و لوبیا ایجاد نمی‌کند (Arslan *et al.* 2006).

یلدیریم و همکاران (Yildirim *et al.* 2002) اثربخشی سدیم بی‌کربنات را در کنترل سفیدک پودری انگور ناشی از قارچ (*Uncinula necator*) مورد بررسی قرار دادند. آزمایش-های گلخانه‌ای نشان داد که اسپری سدیم بی‌کربنات مخلوط با سورفکتانت آلکیل فنول در مرحله‌ی ۷-۶ برگی انگور توانایی تشکیل اسپور توسط این گونه قارچ به میزان ۸۳ درصد کاهش می‌دهد. در آزمایش‌های میدانی استفاده از این ترکیب تولید اسپور را به میزان ۳۵ درصد کاهش داد و آلودگی خوشه‌ها به‌طور میانگین ۷۷ درصد کاهش یافت و هیچ‌گونه تغییری در ترکیب یا محتوی قند میوه‌ها مشاهده نشد. علاوه‌بر این مشخص گردید که این نمک معدنی هیچ‌گونه سمیتی در انگور ایجاد نمی‌کند (Yildirim *et al.* 2002).

پتاسیم بی‌کربنات در کنترل سفیدک پودری توت فرنگی[2] (*Fragaria* spp.) که توسط قارچ *Podosphaera aphanis* ایجاد می‌شود، تأثیر خوبی دارد (Cross & Berrie 2006; Dodegson *et al.* 2007). تأثیر این نمک به‌صورت تماسی می‌باشد، بنابراین پوشش مناسب برگ‌های این گیاه با این نمک برای دست‌یابی به کنترل بهینه این بیماری بسیار ضروری است. و یک ترکیب ایده‌آل برای استفاده در هنگام برداشت میوه می‌باشد (Dodegson *etal*. 2008).

در کشور مکزیک اثر نمک‌های بی‌کربنات سدیم و پتاسیم بر علیه قارچ‌های *Botrytis* ، *Aspergillus niger*،*Alternaria* spp. ،*Colletotrichum musae*

[1] Beans
[2] Strawberry

Sclerotinia cinerea، *Colletotrichum gloeosporoides*، *sclerotiorum*، *Sclerotium cepivorum*، *Venturia inaequalis* و همچنین قارچ‌های مولد سفیدک پودری مانند: *Sphaerotheca fusca*، *Shaerotheca pannosa*، *Sphaerotheca fuliginea*، *Leveillula taurica* و *Oidium lycopersicum* گزارش شده است (Fallik *et al.* 1997; McGrath & Shishkoff 1999; Sivakumar *et al.* 2002; Dik *et al.* 2003; Karabulut *et al.* 2003; Bombelli & Wright 2006; Ilhan *et al.* 2006; Ordóñez *et al.* 2009; Ortega *et al.* 2011; De Costa & Gunawardhana 2012).

۱-۲-۲ افزایش کارایی بی‌کربنات‌ها با استفاده از روغن‌ها

بررسی‌های انجام شده نشان داده است که افزودن سورفکتانت‌ها مانند روغن به بی‌کربنات‌ها سبب افزایش کارایی آن‌ها در کنترل بیماری‌های قارچی می‌گردد. به‌عنوان مثال اگر ۱ - ۰/۵ درصد روغن به بی‌کربنات پتاسیم اضافه گردد، تأثیر آن در کنترل سفیدک پودری جالیز افزایش خواهد یافت (Kupper *et al.* 2001).

در مطالعه گلخانه‌ای سه نمک بی‌کربنات سدیم، پتاسیم و آمونیوم با روغن مخلوط شدند و تأثیر آن‌ها برکنترل چهار بیماری قارچی در گیاهان خانواده کدوئیان[1]، به‌صورت محلول‌پاشی روی روی برگ‌های آلوده مورد بررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که اسپری محلول سدیم یا پتاسیم بی‌کربنات به‌طور معنی‌داری، گسترش قارچ مولد سفیدک پودری *Sphaerotheca fuliginea* را در کدوحلوایی[2] (*Cucurbita pepo*) کاهش داد. در حالی‌که آمونیوم بی‌کربنات روی این بیمارگر بی اثر بود. مشاهدات میکروسکپی سطح بالایی برگ‌های آلوده، شش روز پس از تیمار با سدیم بی‌کربنات نشان داد که تعداد کنیدی‌ها در سطح برگ کاهش پیدا کرده است، در صورتی‌که ۱۰ روز بعد هیچ‌گونه کنیدیوفور و کنیدی روی برگ‌های آلوده مشاهده نگردید. لازم به ذکر است که این محلول سه هفته پس از آلودگی شدید گیاه به این قارچ روی برگ‌ها اسپری شد.

اما آمونیوم بی‌کربنات در کنترل بیماری لکه برگی خیار ناشی از *Ulocladium cucurbitae*، بلایت برگی در طالبی که در اثر قارچ *Alternaria cucumerina* ایجاد

[1] Cucurbitaceae
[2] Pumpkin

می‌شود و بیماری بلایت صمغی ساقه ناشی از *Didymella bryoniae*، مؤثرتر بود. بنابراین ترکیب آمونیوم بی‌کربنات همراه با روغن به‌طور معنی‌داری سبب کاهش این سه بیماری گردید (Ziv & Zitter 1992).

روی

روی در تولید و سم‌زدایی رادیکال‌های اکسیژن و پراکسید هیدروژن نقش دارد و مقاومت گیاه را افزایش می‌دهد. روی باعث مهار *Fusarium solani* و *Rhizoctonia solani* می‌شود. روی برای کنترل *Phytophthora capsici* روی فلفل و مهار *Pythium* sp. روی خیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی روی باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Veena & Sarma 2000 & Küçükyumuk *et al*. 2014).

ترکیبات معدنی مانند روی ارزان و پایدار است و می‌تواند فعالیت ضد قارچی قوی داشته باشد. بعضی از ترکیبات روی به‌عنوان مکمل‌های غذایی قابل استفاده هستند و برای تقویت غذاها مجاز هستند. ترکیبات روی باعث ایجاد تغییرات مورفولوژیکی ریسه و تولید گونه‌های اکسیژن فعال شده و در نتیجه مانع رشد *F. verticillioides* می‌شود (Savi *et al*. 2013). خواص ضد قارچی ترکیبات روی، برای مهار *Fusarium graminearum*، *Penicillium citrinum* و *Aspergillus flavus* مورد ارزیابی قرار گرفته است. این ترکیبات روی در تولید کنیدیوم، تغییرات مورفولوژیکی ریسه‌ها و کاهش تولید اکسیژن فعال مؤثر است. نانو ذرات اکسید روی ZnO، سولفات روی $ZnSO_4$ و پرکلرات روی $Zn(ClO_4)_2$ بر قطر رشد پرگنه قارچ تأثیر دارد، سولفات روی $ZnSO_4$ و پرکلرات روی $Zn(ClO_4)_2$ به‌طور کامل رشد قارچ و توانایی آن‌ها در تولید مایکوتوکسین‌ها را هدف قرار می‌دهد و باعث ایجاد تغییر در ساختار سلولی قارچ می‌شوند (Savi *et al*. 2013). سولفات روی گیاه را نسبت به پوسیدگی ریشه در برابر گونه‌های *Pythium* مقاوم می‌کند (Zhiqun *et al*. 2012). میزان رشد *P. sojae* در اثر استفاده از روی کاهش می‌یابد این ترکیب در تولید اُاُسپور، تحرک زئووسپورها و جوانه‌زنی اسپورانژیوم اختلال ایجاد کرده و مراحل مختلف چرخه زندگی بیمارگر را درگیر می‌کند (Wang *et al*. 2009). کاربرد روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد و وزن خشک گره‌ها، عملکرد گیاهان یونجه می‌شود در نتیجه مقاومت گیاه را افزایش داده و پوسیدگی ریشه ناشی از بیمارگر

Phytophthora megasperma f. sp. *medicaginis* را کاهش می‌دهد (Grewal 2001).

نانو ذرات مس-روی برای کنترل *P. infestans* مؤثر است. مس و روی هر دو ریز مغذی اساسی هستند که توسط گیاهان به‌عنوان ماده تقویت کننده رشد استفاده می‌شوند (Manna *et al*. 2017). کارآیی ترکیبات روی مانند سولفات روی $ZnSO_4$ و اکسید روی ZnO در گیاه گندم و مهار رشد بیمارگر *Fusarium graminearum* اثبات شده است (Savi *et al*. 2017). نانو ذرات اکسید روی برای مهار رشد میسلیوم دو گونه قارچی *F. oxysporum* و *P. expansum* مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmed 2013 Yehia *et al*. 2013;). روی باعث عملکرد شاخساره، نفوذپذیری ریشه گندم شده و عفونت ناشی از *Fusarium solani* را کاهش می‌دهد (Khoshgoftarmanesh *et al*. 2010) روی و مس در کاهش پژمردگی ناشی از *Fusarium oxysporum* f. sp *ciceri* روی گیاه نخود نقش دارد (Saikia *et al*. 2009). بیمارگرهای گیاهی مانند *Fusarium graminearum* باعث خسارت شدید در محصولات غلات می‌شود، بنابراین اقدامات کنترلی مانند استفاده از روی باعث اسیدی شدن محیط رشد قارچ‌های گیاهی می‌شود (Dimkpa *et al*. 2013).

پتاسیم

فسفونات پتاسیم با فعال کردن واکنش‌های دفاعی گیاهان مانند افزایش سریع فعالیت سیتوپلاسمی، انتشار سوپراکسید، مرگ سلولی در محل آلودگی و تجمع بیشتر مواد فنلی، مقاومت گیاهان را افزایش می‌دهد (Daniel & Guest 2005). پتاسیم باعث افزایش مقاومت گیاهان در برابر سرمازدگی و توانایی تحمل بیماری در سیب‌زمینی می‌شود (Subhani *et al*. 2015). پتاسیم از رشد میسلیوم و جوانه‌زنی اسپور بیمارگرهایی مثل *Fusarium moniliforme*، *Rhizopus stolonifer* و *Alternaria* sp. جلوگیری می‌کند (Nikolov & Ganchev 2011). فسفونات پتاسیم بر رشد میسلیوم گونه‌های فایتوفتورا تأثیر گذاشته، برای مثال این ترکیب روی پوسیدگی ریشه‌ی کاهو و پوسیدگی توت‌فرنگی ناشی از *Phytophthora cactorum* مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rebollar-Alviter & Ellis 2005; Rebollar-Alviter *et al*. 2010). این ترکیب باعث مهار *Phytophthora cinnamomi* می‌شود (Ali *et al*. 2000). همچنین در مهار *P. cambivora* و *P.*

cinnamomi روی بلوط *P. palmivora* و پاپایا نقش دارد (Hardy *et al*. 2001; Vawdrey *et al*. 2004; Daniel *et al*. 2005; Vawdrey & Westerhuis 2007; Bekker *et al*. 2007; Gentile *et al*. 2009 & Solla *et al*. 2009).

فسفات پتاسیم با القای مقاومت به مرکبات از بیماری‌زایی گونه‌های فایتوفتورا مانند *Phytophthora citrophthora* و ایجاد پوسیدگی توسط این بیمارگر جلوگیری می‌کند (Oren & Yogev 2002). استفاده از سیلیکات پتاسیم برای مهار تأثیر عفونت *P. cinnamomi* در درختان آووکادو استفاده می‌شود (Tynan *et al*. 2001; Barrett *et al*. 2003; Bekker *et al*. 2007; Gentile *et al*. 2009; Akinsanmi & Drenth 2013). فسفیت پتاسیم با تولید پراکسید هیدروژن و آنیون سوپر اکسید در برگ‌های سیب-زمینی، پاسخ‌های دفاعی این گیاه نسبت به بیمارگرهای گیاهی مانند *Phytophtora infestans* را افزایش می‌دهد (Machin &iarena *et al*. 2012). فسفونات پتاسیم بر *Phytophthora syringae* و *P. Citrophthora* تأثیر دارد (Adaskaveg *et al*. 2015). فسفونات پتاسیم با تأثیر بر زئوسپور و میسلیوم *Phytophthora capsici* از ایجاد پوسیدگی روی فلفل جلوگیری می‌کند (Foster & Hausbeck 2010; Truong *et al*. 2012). فسفات پتاسیم روی *P. hibernalis*، *Phytophthora parasitica*، *P. citrophthora*، *P. syringae* تأثیر دارد (Adaskaveg *et al*. 2017). فسفونات پتاسیم بر *Phytophthora infestans* روی سیب‌زمینی موثر است (Liljeroth *et al*. 2016; Al-Mughrabi 2007). فسفونات پتاسیم بر *Phytophthora palmivora*، *P. citrophthora* و *P. nicotianae* موثر است.

فسفیت‌های مس، روی و پتاسیم بر رشد میسلیوم *P. nicotianae* موثر است (Lucero *et al*. 2012). فسفات پتاسیم بر مهار پوسیدگی ناشی از *Phytophthora palmivora* روی کاکائو مؤثر است (McMahon *et al*. 2010). سیلیکات پتاسیم هم بر *Phytophthora cinnamomi*، *P. capsici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Drechslera* spp., *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Alternaria solani*, *Colletotrichum coccodes*, *Verticillium fungicola*، *Curvilaria lunata* و *Stemphylium herbarum* مؤثر است (Kaiser *et al*. 2005).

نیترات پتاسیم باعث مهار رشد میسلیوم و انتشار زئوسپور گونه‌های فایتوفتورا می‌شود. این ترکیب با تجمع در دیواره‌ی سلولی مانع از نفوذ *P. sojae* در گیاه سویا می‌شود (Sugimoto

et al. 2009). فسفونات پتاسیم بر کنترل پوسیدگی سیب‌زمینی ناشی از *P. nicotianae* نقش دارد (Hong *et al*. 2004). سیلیکات پتاسیم به مهار رشد گونه‌های *Phytophthora* روی آووکادو کمک می‌کند (Bekker 2011). استفاده از محلول سیلیکات پتاسیم روی درختان آووکادو آلوده به *P. cinnamomi* از پیشرفت این بیمارگر جلوگیری می‌کند (Bekker *et al*. 2014).

پتاسیم بر *Fusarium oxysporum* و *F. proliferatum* مؤثر است (Tonshin *et al*. 2010; Domínguez-Hernández *et al*. 2010). پتاسیم و فسفر با تغییر pH در مهار *Fusarium solani* نقش دارند (Sanogo & Yang 2001). چندین نمک مانند بنزوات سدیم، سربات پتاسیم، تری سدیم فسفات و نمک‌های آلومینیوم، رشد میسلیوم و جوانه-زنی اسپور *F. sambucinum* را مهار می‌کنند (Mecteau *et al*. 2002). فسفیت پتاسیم با از بین بردن دیواره‌ی سلولی ریسه‌های قارچ در کنترل *Fusarium sulphureum* و *Fusarium kulmorum* نقش دارد (Hofgaard *et al*. 2010; Li *et al*. 2010). سیلیکات پتاسیم اثر مهار کننده بر *F. oxysporum* عامل پژمردگی موز دارد (Kidane & Laing 2008). نیترات کلسیم با تغییر سطح pH باعث کاهش رشد میسلیوم‌های *Fusarium solani* می‌شود (Ramteke & Kamble 2011). استات آلومینیم، کلرید آلومینیم، بنزوات سدیم و سولفت پتاسیم به‌طور کامل رشد میسلیوم *F. solani* را مهار می‌کند (Mecteau *et al*. 2008). ترکیبات مس، روی و پتاسیم در رشد قارچ و جوانه‌زنی کنیدیوم *Fusarium solani* بود (Santos e*t al*. 2019).

فسفیت پتاسیم بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی تأثیر می‌گذارد و آسیب‌های بیماری در گیاهان خیار تلقیح شده با *Pythium ultimate* را کاهش می‌دهد (Babaeizad 2016). پتاسیم و منگنز می‌توانند به‌عنوان جایگزین‌های متلاکسیل عمل کرده و در کنترل *Pythium aphanidermatum*، *Pythium irregulare* و *Pythium ultimate* مؤثر باشند (Cook *et al*. 2009; Carmona *et al*. 2018). نمک‌های پتاسیم بر سرعت و نحوه‌ی حرکت زئوسپورهای بیمارگرهای اُمیستی مانند *Pythium dissotocum*، *Pythium aphanidermatum* ، *Phytophthora palmivora*، *Phytophthora megakarya* و *Phytophthora infestans* نقش دارند (Appiah *et al*. 2005). محلول سیلیکات پتاسیم برای مهار رشد میسلیوم *Phytophthora cinnamomi* بکار می‌رود (Bekker *et al*. 2004). فسفیت پتاسیم بر مهار *P. ultimate* که یکی از مهمترین بیمارگرهای خیار

است، مؤثر بوده و از طرفی باعث افزایش رشد گیاه نیز می‌شود (Mofid *et al*. 2018؛ Nakhaei)، این ترکیب همچنین بر *P. aphanidermatum* و *P. capsici* مؤثر است (Cherif *et al*.1994; Cherif & Belanger 1995). پتاسیم سایر قارچ‌های بیمارگر مانند *Rhizoctonia solani* و *Fusarium oxysporum* f. sp. *nicotianae* را هم کنترل می‌کند (Nelson 2014).

همچنین در گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند، سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدارات‌ها با اختلال روبرو می‌شود. این اتفاق باعث تجمع ترکیبات آلی با وزن کم مولکولی شده که در نهایت باعث افزایش جذب بیمارگر به سمت گیاه می‌شود. در نتیجه، استفاده از پتاسیم باعث مقاومت گیاهان به بیمارگر می‌شود (Ollagnier & Renard 1976).

کلسیم

کلسیم از فعالیت آنزیم‌های پکتولیتیک بیمارگرها جلوگیری می‌کند. کلسیم با از بین بردن ریسه‌ها و مهار جوانه‌زنی کلامیدوسپور باعث کاهش جمعیت فیتوفتورا می‌شود (Giblin *et al*. 2005). اکسید کلسیم و کربنات کلسیم باعث کاهش آلودگی ناشی از *P. nicotianae* با کاهش تولید زئوسپور و زنده ماندن آن در خاک می‌شود. پروپیونات کلسیم و لاکتات کلسیم میزان این بیمارگر را در خاک کاهش می‌دهد (Lee *et al*. 2005). کلسیم تولید اسپورانژیوم، کلامیدوسپور و زئوسپورهای *P. cinnamomi* را مهار می‌کند (Serrano *et al*. 2012; Serrano *et al*. 2014).

کلسیم رشد و انتشار زئوسپورهای *Phytophthora sojae* را کنترل می‌کند (Sugimoto *et al*. 2008; Sugimoto *et al*. 2010). کلسیم پوسیدگی ریشه ناشی از *Phytophthora cinnamomi* روی درختان بلوط را کنترل می‌کند (Tani *et al*. 2004; Serrano *et al*. 2013). نیترات کلسیم، سولفات کلسیم و کربنات کلسیم پوسیدگی ریشه ناشی از *Phytophthora cinnamomi* روی درختان آوکادو را با کاهش تشکیل زئوسپور کنترل می‌کند (Messenger *et al*. 2000). کلسیم بیمارگر *Phytophthora erythroseptica* روی گیاه سیب‌زمینی را، مهار می‌کند (Benson *et al*. 2009). کلسیم باعث مهار *Phytophthora infestans* روی گیاه سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی می‌شود (Blanco *et al*. 2008; Ah-Fong *et al*. 2017).

استفاده‌ی همزمان از کلسیم برای خاک و فسفات روی برگ‌ها از پیشروی *Phytophthora cinnamomi* روی گیاه *Banksia leptophylla* جلوگیری می‌کند (Stasikowski *et al*. 2014). کلسیم بر زئوسپورهای *Phytophthora palmivora* مؤثر است (Dijksterhuis & Deacon 2003). کلسیم باعث کاهش اسپورانژیوم، زئوسپورها و جوانه‌زنی آن‌ها شده، همچنین اکسید کلسیم و هیدروکسید کلسیم باعث تغییر شکل اسپورانژیوم‌ها و ریسه‌های *P. pistaciae* روی درختان پسته می‌شود (Najarpour *et al*. 2018). کلسیم باعث تقویت دیواره‌های سلولی، حفظ یکپارچگی غشا و فرآیندهای غشایی می‌شود و گیاه را در برابر *Phytophthora* spp. *Erwinia* spp. و *Botrytis* spp. محافظت می‌کند (Napier & Combrink 2005).

کلرید کلسیم و سولفات کلسیم بر پوسیدگی ناشی از *P. pistaciae* مؤثر است. کلرید کلسیم باعث کاهش اندازه و حجم اسپورانژیوم، آنتریدی و اُگونیوم می‌شود. سولفات کلسیم همچنین باعث کاهش اندازه و حجم اسپورانژیوم می‌شود، اما تأثیر کمتری بر حجم اُگونیوم دارد و باعث افزایش اندازه آنتریدیوم و حجم می‌شود. علاوه بر این، نمک کلسیم باعث کاهش ترشح زئوسپور و جوانه‌زنی کیست می‌شود (Mostowfizadeh-Ghalamfarsa *et al*. 2018). کلسیم در کاهش انتشار زئوسپورها و رشد میسلیوم *Phytophthora sojae* نقش دارد (Sugimoto *et al*. 2005). کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در کاهش شدت *P. infestans* و بهبود عملکرد غده سیب‌زمینی مؤثر است (Seifu 2017). سیلیکات کلسیم و کربنات کلسیم نیز علائم *P. capsici*، روی فلفل را کاهش می‌دهد (French-Monar *et al*. 2010).

کلسیم نقش مهمی در کنترل رشد *Phytophthora capsici* دارد (Liu *et al*. 2016). سیانامید کلسیم را می‌توان جایگزین متیل‌برمید برای کنترل *Fusarium oxysporum* کرد (Shi *et al*. 2009). کلسیم در کنترل *Fusarium culmorum* روی گندم نقش دارد (Zielińska & Michniewicz 2001). کربنات کلسیم بر تولید کنیدیوم، جوانه‌زنی کنیدیوم و رشد میسلیوم قارچ‌های *Fusarium* spp. *viz*. *F. acuminatum*، *F. avenaceum*، *F.redolens*، *F. solani*، *F. graminearum* و *F. oxysporum* نقش دارد (Chittem *et al*. 2016). کلسیم بر رشد *Verticillium* sp. مؤثر است (Bletsos 2006). کلسیم مانع از جوانه‌زنی و کاهش دوام قارچ *Fusarium culmorum* می‌شود (Albertini *et al*. 2003). سیانامید کلسیم اثر مهارکنندگی بر بیماری‌های گیاهان توت فرنگی ناشی از *Rhizoctonia solani*، *Fusarium oxysporum* و *Verticillium dahliae* دارد

(Wang *et al*. 2007). نیترات کلسیم، سولفات آمونیوم، سولفات مس، کلرید پتاسیم، کلرید سدیم، بوراکس، سولفات آهنی و سولفات روی باعث مهار رشد *Fusarium oxysporum* می‌شود (Sanjeev & Eswaran 2008).

اصلاح خاک با ترکیباتی مانند $CaSO_4$ و $CaCO_3$ باعث مهار تولید زئوسپورها و کلامیدوسپورهای *Phytophthora cinnamomi* روی بلوط می‌شود (Ramírez-Gil & Serrano *et al*. 2017; Morales-Osorio 2020). کلسیم میزان تحرک زئوسپورها و جوانه‌زنی زئوسپورها را کاهش می‌دهد (Addepalli & Fujita 2002). کلسیم *Rhizoctonia* sp. و *Pythium* sp. را مهار می‌کند (Grichar *et al*. 2004). همچنین کلسیم از رشد میسلیوم و تشکیل اُاُسپور در *Pythium aphanidermatum* و *P. ultimate* روی گیاه نخود جلوگیری می‌کند (Lin *et al*. 2001).

منیزیم

منیزیم به‌عنوان یک عنصر معدنی اساسی برای گیاهان و بیمارگرها می‌تواند اثرات غیرمستقیم و مستقیم بر بیماری‌ها داشته باشد. تغذیه متعادل برای بیان مقاومت در برابر بیماری‌ها بسیار مهم است (Huber & Jones 2013). منیزیم باعث مهار جوانه‌زنی اسپورهای *Fusarium oxysporum* و *Fusarium solani* می‌شود (Hussein *et al*. 2017). کلسیم فسفونات، منیزیم فسفونات و پتاسیم فسفونات دارای نقش کنترلی در برابر رشد قارچ‌هایی مانند *Fusarium proliferatum*، *Altrenaria solani*، *Pythium debaryanum* و *Penicillium digitalatum* است (Habash *et al*. 2014). پوسیدگی ناشی از *Phytophthora erythroseptica* باعث از بین رفتن شدید قبل و بعد از برداشت محصول سیب زمینی می‌شود. pH خاک به عنوان یک عامل تأثیرگذار قوی در پیشرفت بیماری در نظر گرفته شده است (Benson *et al*. 2009). منیزیم بر رشد میسلیوم *Fusarium graminearum* و متابولیت‌های ثانویه‌ی این بیمارگر تأثیر دارد (Pinson-Gadais *et al*. 2008; Yokota *et al*. 2010). ذرات منیزیم، تغییرات مورفولوژیکی شدید روی مورفولوژی هیفال و شکل‌گیری بیوفیلم قارچ با آسیب قابل‌توجهی در یکپارچگی غشای قارچی ایجاد می‌کند (Abdel-Aziz *et al*. 2020). تأثیر سه فلز سنگین کبالت، مس و کادمیوم رشد قارچ *fusarium udum* و *fusarium oxysporum f. sp. ciceri* را کاهش می‌دهد

(Shukla & Mishra 2014). فعالیت ضد قارچی نانو ذرات اکسید منیزیم MgO و اکسید آهن FeO تهیه شده با روش بیوایمن برای *Penicillium expansum*، *Aspergillus niger*، *Alternaria alternata*، *Mucor plumbeus*، *Penicillium chrysogenum*، *Trichothecium roseum* و *Rhizoctonia solani* بررسی شده است. مطالعات نشان داده نانو ذرات باعث مهار جوانه‌زنی اسپور و رشد قارچ‌های عامل پوسیدگی می‌شوند (Koka *et al.* 2019).

سولفور

تأثیر نمک‌های حاوی گوگرد بر رشد بیمارگرهای قارچی یا اُمیستی مانند *Pythium sulcatum* که عامل پوسیدگی خشک سیب‌زمینی است، اثبات شده است. این ترکیب بر قارچ *Fusarium sambucinum* نیز مؤثر است. علاوه‌بر این، برخی نمک‌های حاوی سولفات مانند سولفات کلسیم و سولفات آمونیوم نیز به‌طور مستقیم در مهار *P. saulcatum* و سولفات سدیم برای مهار *F. sambucinum* نیز مؤثر هستند (Kolaei et al. 2012). گوگرد شدت خسارت وارد شده ناشی از *A. solani* را روی سیب‌زمینی کاهش می‌دهد (Abd-El-Kareem *et al.* 2009). اصلاح خاک توسط گوگرد باعث کاهش پوسیدگی ریشه ناشی از *Phytophyhora cinnamomi* و *Phytophthora infestans* و چند گونه دیگر *Phytophthora* sp. روی درختان می‌شود. این ترکیب باعث کاهش تولید اسپورانژیوم و کاهش pH خاک شده در نتیجه این بیمارگر را کنترل می‌کند (Richter 2009, Chinchilla *et al.* 2019; Cowles 2020).

مس

مس، باعث تحریک رشد گیاهان سالم می شود (Bogoeva & Nenova 2014). اسید سالیسیلیک، مس و سیلیکون در افزایش وزن خشک ریشه و شاخساره و کنترل بوته‌میری خیار ناشی از *Pythium aphanidermatum* مؤثر است (Samir 2007). مس در کنترل *Pythium aphanidermatum*، *P. ultimum* و *Pythium ultough* مؤثر است. این ترکیب در تولید سیب زمینی ارگانیک و کنترل *P. infestans* نقش دارد (Taimooz 2018

(Nechwatal & Zellner 2015; ریسه‌های *P. ultimate* و *P. aphanidermatum* نسبت به نانو ذرات مس حساس هستند (Zabrieski *et al.* 2015). سولفات مس در کنترل *Pythium ultimate*، *Phytophthora infestans*، *Sclerotinia sclerotiorum* و *Fusarium oxysporum* کاربرد دارد (Ghorbani *et et al.* 2009 *al.* 2005; Vagvolgyi). مس گیاهان گوجه‌فرنگی را در برابر گونه‌های *Phytophthora* محافظت می‌کند (Giannousi *et al.* 2013). این ترکیب معدنی در مهار مراحل مختلف چرخه زندگی *Phytophthora ramorum* عامل ایجاد مرگ ناگهانی در درختان بلوط و *Phytophthora cinnamomi* نقش دارد (Toppe & Thinggaard 2000; Garbelotto *et al.* 2013). همچنین سولفات مس و هیدروکسید مس برای کنترل *P. Cactorum* و *P. citrophthora* به‌کار گرفته می‌شود (Thomidis *et al.* 2002).

نقش قارچ‌کشی مس در سال ۱۸۰۷ علیه سیاهک گندم *Tilletia caries* مشخص گردید، اما مصرف آن به‌عنوان قارچ‌کش در سال ۱۸۸۵ بعد از کشف محلول بردو توسط میلاردت در فرانسه آغاز گردید. مخلوط سولفات مس + آهک روی سفیدک داخلی انگور با عامل *Plasmopora viticola* و همچنین بادزدگی سیب زمینی استفاده می‌شد. برخی از دیگر مشتقات مس را در زیر مشاهده کنید:

- **محلول بردو**

برای تهیه محلول ۱ درصد این ماده، ۱ کیلوگرم سولفات مس+ ۱ کیلوگرم آهک را به ۱۰۰ لیتر آب اضافه کنید. محلول بردو طیف بسیار وسیعی از بیماری‌ها را کنترل می کند. علاوه‌بر بیماری‌های اخیر روی برخی بیماری‌های برگی برخی مزارع و همچنین زنگ قهوه‌ای نیز موثر است.

- **خمیر بردو**

مخلوط ۱ کیلوگرم سولفات مس+ ۱ کیلوگرم آهک در ۱۰ لیتر آب، برای پوشاندن محل زخم‌ها و همچنین محل هرس بعد از حذف بافت‌های مرده.

- **محلول بورگاندی**

از اختلاط ۱ کیلو سولفات مس + ۱ کیلوگرم کربنات سدیم در ۱۰۰ لیتر آب بدست می‌آید.

- Cheshnut compound

از اختلاط ۲ واحد سولفات مس + ۱۱ واحد کربنات آمونیوم بدست می‌آید. این ماده به‌عنوان یک قارچ‌کش خاکی علیه بیماری‌های بوته میری با عامل پیتیوم و ریزوکتونیا مصرف می‌شود.

اکسی کلرید مس در مهار رشد گونه‌های *Phytophthora* روی گیاه فلفل اهمیت دارد (Jarial & Gupta 2010). یکی از بیماری‌های مهم کاکائو که عامل آن شبه قارچ *Phytophthora palmivora* است، توسط قارچ‌کش اکسید مس کنترل می‌شود (Aini *et al*. 2016). هیدروکسید مس اثر مهارکنندگی روی *Phytophthora capsici* و *Colletotrichum acutatum* در گیاه فلفل دارد. فعالیت ضد قارچی مس در مهار *Fusarium culmorum* اثبات شده است (Bogoeva *et al*. 2007). آهن و سولفات مس، قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* را کنترل می‌کند (Kanhed *et al*. 2014; Hernández-Monjaraz *et al*. 2018).

آهن

آهن باعث کنترل *Phytophthora infestans* روی گیاه سیب‌زمینی می‌شود (Mata *et al*. 2001). آهن روی *F. oxysporum* f.sp. *orthoceras* و *F. oxysporum* روی گیاه گوجه‌فرنگی مؤثر است (Lopez-Berges & Sauerbon 2007; Muller-Stover *et al*. 2012). آهن اثر کنترلی روی *F.oxysporum* f.sp. *lycopersici* دارد و شدت پژمردگی فوزاریومی را در غلظت بالای آهن و نیتروژن کاهش می‌دهد (Borrero *et al*. 2012). نمک‌های آهن مانند استیل اتوونات آهن، کلرید آهن و سولفات آهن بر گونه‌های فوزاریوم مانند *F. solani* اثر دارد (Aurioles-Lopez *et al*. 2016).

منگنز

منگنز و روی باعث کاهش رشد قارچ، جوانه‌زنی، تولید و انتشار اسپورانژیوم، رشد میسلیوم و زئوسپور *P. nicotianae* می‌شود (Luo *et al*. 2020). این بیمارگر باعث پوسیدگی ریشه و ساقه در مزارع سویا شده و از مهمترین علل خسارت اقتصادی به این محصول است. رشد میسلیوم قارچ‌های *Fusarium virguliforme*، *Fusarium tucumaniae*، *Sclerotinia sclerotiorum* و *Macrophomina phaseolina* توسط منگنز کنترل می‌شود (Carmona *et al*. 2017). منیزیم سوپراکسید دیسموتاز (MnSOD) در کنترل رشد میسلیوم، تولید زئوسپورها و جوانه‌زنی اسپورانژیوم گونه‌های *Photophthora nicotianae*، *P. ramorum*، *P. infestans* و *P. sojae* نقش دارد (Blackman *et al*. 2005).

منگنز در افزایش مقاومت گیاهان سویا در مقابله با *S. sclerotiorum* و فسفات با القای پاسخ دفاعی میزبان در مهار رشد گونه‌های فیتوفتورا، مؤثر هستتند (Scott *et al*. 2007). همچنین منگنز در کنترل *Fusarium* sp. مانند *Fusarium graminearum* نقش دارد (Furukawa *et al*. 2012; Jian-bing *et al*. 2017). فعالیت ضد قارچی نانوذرات اکسید روی ZnO و اکسید منیزیم MgO برای *Alternaria alternata*، *Fusarium oxysporum*، *Rhizopus stolonifer* و *Mucor plumbeus* بررسی شده است. نانوذرات MgO بیشترین تأثیر را در کاهش جوانه زنی اسپور نشان داده‌اند (Wani & Shah 2012).

۳-۲ سیلیکات‌ها

سیلیکون

سیلیسیم (سیلیکون) دومین عنصر فراوان در خاک است که در طبیعت بیشتر به صورت سیلیس یافت می‌شود (Bélanger *et al*. 1995; Fawe *et al*. 1998). اصلاح خاک با عناصر معدنی مانند سیلیکون مقاومت بسیاری از محصولات زراعی را در برابر عوامل بیماری‌زا بهبود می‌بخشد. از طرفی بیشبود این ماده برای گیاه ضرری ندارد، بنابراین برای کنترل بسیاری از بیمارگرهای گیاهی قابل استفاده است (Takahashi *et al*. 1990; Epstein 1999). این ماده نقش مهم تغذیه‌ای در گیاهان گوجه‌فرنگی و خیار دارد و مقاومت این گیاهان در برابر بیمارگرهایی مانند *Pythium aphanidermatum* و *Fusarium* sp. افزایش می‌دهد (Heine 2005).

ترکیب سیلیکون و ترکیبات فنلی باعث ایجاد لیگنین شده که این ماده نیز یک مانع فیزیکی در برابر رشد و نفوذ ریسه‌های قارچ‌ها است. همچنین این ترکیب باعث تجمع ترکیبات فنلی در

سلول‌های آلوده و سرکوب بیمارگرها می‌شود. برای مثال سرعت و مقدار آنزیم‌های دفاعی مانند کیتیناز، پراکسیداز و پلی‌فنولوکسیداز در برابر *Phytophthora infestans*، *Pythium aphanidermatum* یا *Pythium ultimum* در گیاهان خانواده Solanaceae به‌ویژه در خیار و گوجه‌فرنگی که با سیلیکون تغذیه شده‌اند نسبت به گیاهان عادی بیشتر است (Sanabria *et al*. 2018). سیلیکون با رسوب در دیواره‌ی سلولی اپیدرم و ایجاد یک پوشش روی برگ و شاخه‌های خیار و انگور مانع از نفوذ ریسه‌های قارچ شده و این گیاهان را در برابر سفیدک‌پودری محافظت می‌کند (Heine 2005).

سیلیس برخلاف فسفر به راحتی توسط ریشه‌های گیاه به فرم اسید سیلیسیک ($H4SiO_4$) مورد استفاده قرار می‌گیرد. و درون بافت‌گیاهی در دیواره‌ها، حفره‌ها و فضاهای بین سلولی ذخیره می‌شود (Epstein, 1994; Schuerger & Hammer, 2003). شواهد بسیار زیادی در ارتباط با نقش سیلیس در کنترل قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی مانند سفیدک‌های پودری وجود دارد (جدول۲-۲) (Bélanger *et al*. 1995).

غلظت‌های ۳ تا ۵ درصد سیلیسیم ممکن است حداقل سطح مورد نیاز بافت برای کنترل بیماری‌ها باشد به‌طوری که مقادیر بالای سیلیس موجود در گیاه می‌تواند اهمیت زیادی در رشد بیشتر و مقاومت به بیماری‌های قارچی داشته باشد. کاربرد سیلیس باعث افزایش حفاظت گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده از راه تحریک سازوکارهای دفاعی، افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده یا آنتی اکسیدانت (کیتیناز، پلی‌فنل اکسیدازها و پراکسیدازها) و تولید فیتوآلکسین ها (فنل‌ها و فلاونوها، فلاونوئیدها) در گیاه می‌شود (Epstein, 2009).

جدول۲-۲. کنترل برخی از بیماری‌های قارچی به وسیله سیلیکات‌ها

Plant	Disease	Causal agent	Reference
Bean	Anthracnose	*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Briosi & Cavara 1889	Moraes et al., 2009
Courgette	Powdery mildew	*Erysiphe cichoracearum* DC. 1805	Menzies et al., 1992
Cucumber	Damping-off	*Pythium ultimum* Trow 1901	Cherif and Bélanger, 1992
Cucumber	Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginea* (Schltdl.) Pollacci 1913	Adatia and Besford, 1986
Pea	Ascochyta blight	*Mycosphaerella pinodes* (Berk. & A. Bloxam) Vestergr. 1912	Dann and Muir, 2002
Potato	Dry rot	*Fusarium sulphureum* Schltdl. 1824	Li et al., 2009
Rice	Blast	*Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr 1977	Berni and Prabhu, 2003
Rice	Brown spot	*Cochliobolus miyabeanus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur 1942	Datnoff et al., 1991
Rice	Leaf scald	*Microdochium oryzae* (Hashioka & Yokogi) Samuels & I.C. Hallett 1983	Winslow, 1992
Rice	Sheath blight	*Rhizoctonia solani* J.G. Kühn 1858	Winslow, 1992
Rose	Black spot	*Diplocarpon rosae* F.A. Wolf 1912	Gillman et al., 2003
Soybean	Rust	*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. 1914	Rodrigues et al., 2009
Strawberry	Powdery mildew	*Sphaerotheca aphanis* var. *aphanis* (Wallr.) U. Braun 1982	Kanto et al., 2007
Wheat	Glume blotch	*Septoria nodorum* (Berk.) Berk. 1845	Leusch and Buchenauer, 1989
Wheat	Powdery mildew	*Blumeria graminis* (DC.) Speer 1975 (f. sp. *tritici*)	Rémus-Borel et al., 2005

همچنین نمک‌های سیلیکات سبب کاهش بیماری سفیدک پودری در بسیاری از محصولات شده‌اند (Bélanger *et al*. 1995). به‌عنوان مثال: گزارش‌هایی از کنترل بیماری سفیدک

پودری در گندم توسط نمک سدیم تری سیلیکات ($Na_2Si_3O_7$) منتشر شده است (Leusch & Buchenauer 1989).

نمک‌های سیلیکات علاوه‌بر بیماری سفیدک پودری در کنترل بسیاری از بیماری‌های قارچی در گیاهان مختلف مانند: برنج[1] (*Oryza sativa*)، توت فرنگی (*Fragaria ananassa*)، هلو[2] (*Prunus persica*)، نخود[3] (*Pisum sativum*)، خیار و گندم مورد استفاده قرار می‌گیرند (Deliopoulos *et al*. 2010).

۱-۳-۲ استفاده از سیلیکات‌ها در کنترل بلاست و شیت بلایت برنج

سیبولد و همکاران (Seedbold *et al*. 2000) به این نتیجه رسیدند که کاربرد سیلیس مقاومت میزبان نسبت به بیماری بلاست ناشی از قارچ *Magnaporthe grisea* و سوختگی برگ را افزایش داده و در نتیجه مصرف کودهای سیلیکاته در خاک‌هایی که با کمبود سیلیس مواجه هستند، یک راهکار مؤثر در کنترل و مدیریت بیماری‌های گیاه برنج می‌باشد (*et* Seedbold *al*. 2000).

برگ‌های جوان برنج سیلیس کمی دارند و نسبت به بیماری بلاست خیلی حساس هستند. برخی محققان در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده‌اند که بین محتوای سیلیس در برگ و میزان حساسیت به بیماری بلاست همبستگی منفی وجود دارد و هر برگ در مرحله خروج از غلاف بیشترین حساسیت را دارد و با افزایش سن حساسیت آن‌ها کم می‌شود و در مقابل بوته‌های برنجی که سلول‌های اپیدرمی آن‌ها، حاوی مقدار زیادی ترکیبات سیلیس بوده و سیلیکاته شده‌اند، از بیماری بلاست، کمتر خسارت می‌بینند و با افزایش سیلیس، بوته برنج مقاوم می‌شود. بر پایه گزارش سیبولد و همکاران، افزایش مصرف سیلیس باعث کاهش بلاست برگ و گردن در رقم‌های نیمه مقاوم و حساس برنج می‌شود. ضمن اینکه باعث کاهش تعداد لکه‌های اسپورزایی در برگ برنج نیز شده است. به‌طوری که طبق یافته این محققان مصرف سیلیس اندازه و ابعاد هر لکه اسپورزایی و نیز تعداد آن را در مناطق آلوده به بلاست به میزان ۴۵-۳۰ درصد کاهش داد (Seedbold *et al*. 2000).

---

[1] Rice
[2] Peach
[3] Pea

علاوه‌بر این رودریگرز و همکاران (Rodrigues *et al*. 2003) گزارش کردند مصرف سیلیکات کلسیم باعث کاهش میزان خسارت بیماری سوختگی غلاف گیاه برنج در برزیل شده است (Rodrigues *et al*., 2003).

۲-۳-۲ بررسی اثر سیلیسیوم در کنترل برخی از بیماری‌های خیار

اثرات مفید سیلیس بر کنترل برخی از بیماری‌ها در خیار به‌خوبی مشخص گردیده است، به‌طوری که شواهد بسیاری در مورد کنترل بیماری سفیدک پودری با استفاده از سیلیکات‌ها وجود دارد (Kim *et al*. 2002).

ماریز و همکاران (Mariez *et al*. 1992) اثر سیلیسیوم را در گسترش سفیدک سطحی در خیار مورد بررسی قرار دادند، نمک‌های سیلیکاتی که مورد استفاده قرار گرفت، نمک سیلیکات پتاسیم (K_2O_3Si) و پتاسیم متا سیلیکات (K_2SiO_3) بود که به محلول غذایی خیار هیدروپونیک اضافه گردید، همچنین در غلظت‌های مختلف جهت اسپری روی برگ تهیه شدند و به‌صورت قابل‌توجهی سبب کنترل این بیماری شدند، به‌طوری که میانگین کاهش شدت بیماری ۷۲ درصد بود. در واقع نتایج تحقیقات نشان داد که اضافه کردن پتاسیم متاسیلیکات به محلول غذایی و جذب توسط ریشه سبب تحریک مقاومت گیاه میزبان در مقابل بیماری سفیدک پودری می‌شود (Mariez *et al*. 1992).

به‌منظور بررسی اثر سیلیسیوم و پوسیدگی ناشی از *P. drechsleri* روی دو رقم خیار *C. Sativus* cv. *Dominus* و *C. sativus* cv. *Super Dominus* که در کشت هیدروپونیک انجام گرفت، مشخص شد که طول ریشه، ارتفاع بوته و وزن تر ریشه به‌طور معنی‌داری به وسیله بیمارگر کاهش و این کاهش به‌طور معنی‌داری با تغذیه گیاهان با یک میلی‌مولار محلول سیلیسیوم کاهش می‌یابد. در این مطالعه افزایش سطح سیلیسیوم در محلول غذایی با افزایش جذب آن در گیاه همراه است. همچنین میزان نقل و انتقال منگنز در گیاهان آلوده به بیمارگر در مقایسه با گیاهان غیرآلوده پایین بود و تغذیه با میسیلیوم موجب بهبود رشد محصول به‌ویژه در شرایط تنش شده و همچنین موجب افزایش جذب عناصر کم مصرف توسط خیار می‌شود. بنابراین نقش سیلیسیوم در بهبود رشد گیاهان در نتیجه‌ی ارتباط سیلیسیوم یا دیواره‌های یاخته از طریق افزایش استحکام دیواره یاخته‌ای گیاهان است (Khoshgoftarmanesh 2012).

تلفیق و ترکیب سیلیسیوم در دیواره‌ی یاخته‌ای حداقل دو اثر مطلوب را به همراه دارد:

۱- نقش سیلیسیوم مشابه با لیگنین به‌عنوان جزئی از ساختار مقاوم برای فشرده‌سازی دیواره-های یاخته‌ای است.

۲- وجود این عنصر در گیاه موجب افقی شدن موقعیت برگ‌ها شده که از این طریق جذب نور و انجام فرایند فتوسنتز به نفع گیاه بهبود پیدا می‌کند. مقدار کلروفیل در برگ‌هایی که میزان سیلیسیوم در آن‌ها بالاست ۵۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد مشاهده شده است.

بنابراین این احتمال وجود دارد که بسیاری از اثرات مثبت سیلیسیوم بر رشد گیاه به دلیل افزایش جذب کل انرژی از طریق مناسب شدن موقعیت برگ‌ها باشد (Jones & H & reck 1967; Yoshida *et al.* 1962; Raven 1983; Adatia & Besford 1986).

۳-۳-۲ کنترل سفیدک پودری توت فرنگی با استفاده از سیلیس

سفیدک‌های پودری یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در بسیاری از محصولات زراعی مانند گندم، درختان میوه مانند انگور و توت فرنگی و بسیاری از سبزیجات مانند سیب‌زمینی و گیاهان زینتی می‌باشند و علی‌رغم تحقیقات گسترده در مورد عامل بیماری، اپیدمیولوژی و کنترل آن، هنوز آلودگی گیاهان به این نوع بیماری، مهم‌ترین مشکل بیماری‌شناسان در سراسر جهان می‌باشد (Belanger & Labbe 2002).

کشاورزان معمولاً برای کنترل این بیماری از قارچ کش‌ها استفاده می‌کنند، اما با توجه به اثرات نامطلوب این ترکیبات، تحقیقات زیادی جهت یافتن روش‌های جدید و غیرشیمیایی برای کنترل این سفیدک‌های پودری صورت گرفته است (Anon 2005). از سیلیس، سایر نمک‌ها، روغن‌ها و عصاره‌های گیاهی در برابر سفیدک‌های پودری، در محصولات مختلف استفاده شده است (Kiss 2003; Pertot *et al.* 2008).

سیلیس علاوه‌بر کاهش حساسیت گیاهان به بیماری‌های قارچی باعث افزایش عملکرد و تحمل گیاه در برابر تنش‌های مختلف می‌شود، به‌عنوان مثال اسپری محلول سیلیس روی شاخ و برگ توت فرنگی، ایجاد یکسری تغییرات متابولیکی در گیاه می‌کند. به‌طوری‌که کاربرد آن باعث افزایش کلروفیل، اسیدهای آلی و در نهایت افزایش رشد گیاه می‌گردد. همچنین سیلیس باعث افزایش باروری گرده گل و متعاقب آن افزایش تولید میوه در توت فرنگی می‌گردد (Takahashi 1986; Wang & Galletta 1998; Ma & Yamaji 2006).

قارچ *P. aphanis* که باعث ایجاد سفیدک پودری در توت فرنگی می‌گردد، از نظر اقتصادی دارای اهمیت می‌باشد زیرا این بیماری بر عملکرد و کیفیت میوه تأثیر می‌گذارد و از مخرب‌ترین بیماری‌های توت فرنگی است (Belanger & Labbe 2002).

کانتو و همکاران (Kanto *et al.* 2004) نشان دادند که میزان شیوع سفیدک پودری با استفاده از محلول سیلیکات پتاسیم به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند، در واقع سیلیس در توت فرنگی سبب مقاومت این گیاه در برابر این بیماری می‌گردد (Kanto *et al.* 2004).

علاوه‌بر این طبق مطالعاتی که این محققین در سال ۲۰۰۷ انجام دادند مشخص شد که افزودن نمک‌های سیلیکات به محلول غذایی توت فرنگی هیدروپونیک باعث کاهش جوانه زنی کنیدی‌های قارچ مولد سفیدک پودری (*S. aphanis* var. *aphanis*) می‌شود. به‌طوری‌که این نمک‌ها سبب کاهش ۶۰ درصدی بیماری از طریق ممانعت از تشکیل اپرسوریوم[1] و درنهایت جلوگیری از نفوذ قارچ شدند (Kanto *et al.* 2007). نانو ذرات سیلیس برای کنترل *Fusarium oxysporum* روی گیاه گوجه‌فرنگی استفاده می‌شود (Kannan *et al.* 2015).

سیلیکون با تأثیر بر زئوسپورهای *Pythium aphanidermatum*، از پیشروی زئوسپورها در ریشه‌های گیاهان گوجه‌فرنگی و کدو جلوگیری می‌کند (Heine *et al.* 2007). سیلیکون بر رشد و عملکرد گیاهان گیلاس، خیار و کدو سبز و مقاومت آن‌ها در برابر بیمارگرها و آفات اهمیت دارد (Mattson & Leatherwood 2010).

آلومینیوم

آلومینیوم بر *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* روی موز مؤثر است (Kristiawati et al. 2014). نمک های سدیم روی رشد میسلیوم *Fusarium oxysporum f.sp. cepae* عامل پوسیدگی پیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Turkkan *et al.* 2014).

۲-۴ فسفات‌ها

[1] Appresorium

فسفات

فسفات عنصر معدنی دیگری است که مقاومت گیاهان را در برابر بیمارگرها به‌ویژه اُاُومیست‌ها افزایش می‌دهد. فسفات برای کنترل اُاُومیست‌ها در طیف وسیعی از گیاهان باغی و زراعی در سراسر جهان استفاده می‌شود. برای مثال فسفات با سالیسیک اسید، اثرات فیتوتوکسیک و حساسیت گیاه را به بیمارگر کاهش داده و گونه‌ی *Phytophthora cinnamomi* را کنترل می‌کند (Jackson *et al*. 2000; Groves *et.al*. 2015). فسفات با کاهش pH خاک میزان عناصر غذایی در دسترس بیمارگر مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم را کاهش داده، همچنین مقدار کم فسفونات پتاسیم باعث کاهش خسارت ناشی از گونه‌های *Phytophthora* در گیاهان می‌شود (Erson *et al*. 2012). وجود فسفات برای سلول‌های گیاهی حیاتی است زیرا بخشی از ساختار آدنوزین تری‌فسفات (ATP[1])، نوکلئیک اسیدها، کوآنزیم‌ها، فسفولیپیدها می‌باشد و نقش اساسی در ذخیره و انتقال انرژی دارد (Barker & Pilbeam 2007).

رئوونی و همکاران استفاده از نمک‌های فسفات را به‌دلیل جذب سریع توسط گیاه و تحرک بالا در درون بافت‌های گیاهی، به‌عنوان بهترین روش برای مدیریت بیماری‌های گیاهی معرفی کرده‌اند (Reuveni *et al*. 1996a).

نمک‌های فسفات که خاصیت ضد قارچی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است، شامل فسفات پتاسیم (K_3PO_4)، دی پتاسیم هیدروژن فسفات (K_2HPO_4)، دی هیدروژن پتاسیم فسفات (KH_2PO_4)، آمونیوم دی هیدروژن فسفات ($NH_4H_2PO_4$) می‌باشد، که سبب کنترل بیماری سفیدک پودری در خیار و سایر گیاهان از قبیل سیب[2] (*Malus domestica*)، انبه[3] (*Mangifera indica*)، هلو[4] (*Prunus persica* var. *nectarina*)، رز[5] (*Rosa hybrida*)، فلفل و انگور می‌شود. علاوه‌بر این نمک‌های فسفات سبب کاهش بیماری‌های قارچی مانند آنتراکنوزها و زنگ‌ها شده‌اند (جدول۲-۳).

جدول۲-۳. کنترل برخی از بیماری‌های قارچی توسط فسفات‌ها

[1] Adenosine triphosphate
[2] Apple
[3] Mango
[4] Peach
[5] Rosa

Plant	Disease	Causal agent	Reference
Apple	Powdery mildew	*Podosphaera leucotricha* (Ellis & Everh.) E.S. Salmon 1900	Reuveni et al., 1998b
Barley	Powdery mildew	*Blumeria graminis* (DC.) Speer 1975 (f. sp. *hordei*)	Mitchell and Walters, 2004
Cucumber	Anthracnose	*Colletotrichum lagenarium* (Pass.) Ellis & Halst. 1893	Gottstein and Kuc, 1989
Cucumber	Gummy stem blight	*Didymella bryoniae* (Fuckel) Rehm 1881	Mucharromah and Kuc, 1991
Cucumber	Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginea* (Schltdl.) Pollacci 1913	Reuveni et al., 2000
Cucumber	Scab	*Cladosporium cucumerinum* Ellis & Arthur 1889	Mucharromah and Kuc, 1991
Faba bean	Rust	*Uromyces vicia-fabae* (Pers.) J. Schröt. 1875	Walters and Murray, 1992
Grape	Powdery mildew	*Uncinula necator* (Schwein.) Burrill 1892	Yildirim et al., 2002
Maize	Common rust	*Puccinia sorghi* Schwein. 1832	Reuveni et al., 1996b
Maize	Northern leaf blight	*Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs 1974	Reuveni et al., 1996b
Mango	Powdery mildew	*Oidium mangiferae* Berthet 1914	Reuveni and Reuveni, 1995b
Nectarine	Powdery mildew	*Sphaerotheca pannosa* var. *persicae* Woron. 1914	Reuveni and Reuveni, 1998a
Pepper	Powdery mildew	*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud 1921	Reuveni et al., 1998c
Rice	Blast	*Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr 1977	Manandhar et al., 1998
Rose	Powdery mildew	*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* Woron. 1914	Reuveni et al., 1994

۲-۵ فسفیت و فسفونات‌ها

فسفیت‌ها و فسونات‌ها از استرهای اسید فسفونیک یا اسید فسفروس (H_3PO_3) می‌باشند و با فسفات‌ها تفاوت دارند و می‌توانند به‌عنوان جایگزین کودهای فسفات مورد استفاده قرار بگیرند (McDonald *et al.* 2001; Rickard, 2000). این نمک‌ها به‌دلیل اثرات بسیار زیادی که در کنترل بیماری‌های گیاهی دارند، به‌طور گسترده در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (McDonald *et al.* 2001; Lovatt & Mikkelsen 2006).

در واقع استفاده از فسفیت‌ها به‌عنوان یک استراتژی در جهت مدیریت بیماری‌های گیاهی، کاهش استفاده از قارچ‌کش‌ها و همچنین کاهش هزینه‌های تولید در نظر گرفته شده است (2010 Lobato *et al.*). به‌طوری‌که از این نمک‌ها، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک جایگزین برای کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی مورد مطالعه قرار گرفته و اثر بخشی آن‌ها علاوه‌بر اامیست‌ها یا شبه قارچ‌ها روی برخی از قارچ‌ها، باکتری‌ها و نماتدها به اثبات رسیده است (جدول۲-۴) (Lobato *et al.* 2010; Amiri & Bompeix 2011; Monsalve *et al.* 2012; Pinto *et al.* 2012; Quintero & Castaño 2012; Akinsanmi & Dreth 2013; Costa *et al.* 2014; Yáñez *et al.* 2014; Monchiero *et al.* 2015). در واقع این نمک‌ها می‌توانند حساسیت گیاه را نسبت به بیماری‌هایی که توسط شبه قارچ‌ها یا اامیست‌ها ایجاد می‌شود کاهش دهند (Agrios 2005). از مزیت‌های فسفیت‌ها نسبت به فسفات‌ها این است که این گونه نمک‌ها می‌توانند اثرات مستقیمی روی قارچ‌های بیمارگر داشته باشند (Hardy *et al.* 2001; Barrett *et al.* 2003).

کارایی فسفات‌ها در پیشگیری یا جلوگیری از بروز بیماری (preventatively) بیشتر از اثرات مداواکنندگی (curatively) آن‌ها می‌باشد (L&schoot & Cook 2005). این ترکیبات می‌توانند از طریق محلول پاشی، تیمار بذور، تزریق در تنه درختان، از طریق آبیاری

قطره‌ای و افزودن به درون محلول غذایی در کشت هیدروپونیک جهت کنترل عوامل بیماری‌زا به‌کار برده شوند (Forster *et al*. 1998; Hardy *et al*. 2001; Cook & Little 2002; Oren & Yogev 2002; Johnson *et al*. 2004; Abbasi & Lazarovits. 2006a; Dorn *et al*. 2007).

جدول۲-۴.کنترل برخی از بیماری‌های قارچی توسط فسفیت و فسفونات‌ها

Plant	Disease	Causal agent	Reference
Apple	Mouldy core	*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. 1912	Reuveni et al., 2003
Banksia	Dieback	*Phytophthora cinnamomi* Rands 1922	Barrett et al., 2003
Cabbage	Clubroot	*Plasmodiophora brassicae* Woronin 1877	Abbasi and Lazarovits, 2006a
Cucumber	Damping-off	*Pythium ultimum* Trow 1901	Abbasi and Lazarovits, 2006b
Grape	Downy mildew	*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni 1888	Speiser et al., 2000
Lupin	Dieback	*Phytophthora cinnamomi* Rands 1922	Smillie et al., 1989
Maize	Downy mildew	*Peronosclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C.G. Shaw 1978	Panicker and Gangadharan, 1999
Orange	Brown rot	*Phytophthora citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian 1906	Orbović et al., 2008
Papaya	Fruit rot	*Phytophthora palmivora* (E.J. Butler) E.J. Butler 1919	Smillie et al., 1989
Pepper	Crown and root rot	*Phytophthora capsici* Leonian 1922	Förster et al., 1998
Potato	Late blight	*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary 1876	Cooke and Little, 2002
Potato	Pink rot	*Phytophthora erythroseptica* Pethybr. 1913	Johnson et al., 2004
Strawberry	Leather rot	*Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt. 1886	Rebollar-Alviter et al., 2007
Tangelo	Brown spot	*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. 1912	Yogev et al., 2006
Tobacco	Black shank	*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan 1896	Smillie et al., 1989

فسفیت پتاسیم، سمی سیستمیک عالی علیه عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی خاکزاد و هوازاد بوده که به‌صورت دو طرفه از بالا به پایین و از پایین به بالا حرکت کرده و دارای خاصیت پیشگیری، ایمن سازی و مداوا کنندگی می‌باشد. جوارز و همکاران (Juárez *et al*. 2018) اثر فسفیت پتاسیم را روی تولید زیست توده[1]، رشد شعاعی میسیلیوم و تولید اسکلروت توسط *Athelia rolfsii* و تولید اسپور در *Pythium aphanidermatum* مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج این آزمایش نشان داد که فسفیت پتاسیم یک ترکیب بسیار مؤثر برای کاهش میسیلیوم، زیست توده و تولید اسکلروت در *A. rolfsii* و تولید اسپور در *P. aphanidermatum* می‌باشد (Juárez *et al*. 2018).

قارچ‌کش‌های فسفونات مانند نمک فسفونات آلومینیوم یا فوزتیل آلومینیوم، با نام تجاری الیت برای کنترل بیماری‌های ناشی از اامیست‌ها مانند *Phytophthora*، *Plasmopara* و *Pythium*به‌طور گسترده استفاده می‌شوند (Guest & Grant, 1991).

عباسی و همکاران (Abbasi *et al*. 2005) تأثیر یکی از فرمولاسیون‌های فسفونات بنام AG3 را بر کنترل بیماری مرگ گیاهچه پیتیومی روی خیار در شرایط مزرعه و آزمایشگاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات نشان داد که تیمار بذرهای خیار با استفاده از این ترکیب

[1] Biomass

سبب کاهش بروز و شدت مرگ گیاهچه ناشی از گونه‌های *Pythium ultimum*، *P. aphanidermatum* و *P. irregulare* در خیار می‌گردد (Abbasi *et al.* 2006b).

این محققین همچنین عملکرد این ترکیب فسفونات را روی شدت بیماری ریشه گرزی کلم[1] (*Brassica oleracea*) که عامل آن *Plasmodiophora brassicae* است، را مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد که AG3 سبب کاهش این بیماری در گیاهان خانواده کلم[2] مانند کلم برگ (*Brassica oleracea* var. *capitata*) می‌گردد (Abbasi *et al.*2006b).

۱-۵-۲ فعالیت ضد میکروبی فسفیت‌ها در مقابل بیمارگرهای مختلف سیب‌زمینی

تولید سیب‌زمینی در دنیا بدون استفاده از قارچ‌کش‌ها امکان پذیر نمی‌باشد و استفاده از این ترکیبات علاوه‌بر افزایش هزینه‌های تولید سبب آلودگی محیط زیست می‌گردد اما استفاده از نمک‌های فسفیت به جای این ترکیبات علاوه‌بر کنترل عوامل بیماری‌زای سیب‌زمینی فاقد خطرات زیست محیطی می‌باشد (Laboto *et al.* 2010).

کوک و همکاران (Cook *et al.* 2002) اثر فسفیت پتاسیم (H_2KO_3P) را روی حساسیت سیب‌زمینی نسبت به بیماری بادزدگی یا سفیدک داخلی که در اثر *Phytophthora infestans* ایجاد می‌شود، در شرایط مزرعه (به مدت۴سال) مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که این نمک به‌طور معنی‌داری سبب کاهش آلودگی غده‌ها به این بیمارگر می‌شود. علاوه‌بر این در شرایط گلخانه‌ای دو بار محلول‌پاشی با این ترکیب به فواصل ۷ روز میزان این بیماری در ارقام King و Bintje به‌ترتیب به میزان ۵۰،۳۳ و ۶۰ درصد کاهش داد (Cook & littlel 2002).

همچنین محققین در طی یک دوره سه ساله در مکان‌های مختلف ایالات متحده در مزارع سیب‌زمینی تأثیر فاسترول در برابر این بیماری مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که سه بار محلول پاشی با فاسترول میانگین بروز و پوسیدگی غده‌ها توسط *P. infestanse* به‌طور کامل (۱۰۰درصد) کنترل گردید. علاوه‌بر این تأثیر فاسترول روی گونه *P.*

[1] Cabbage
[2] Cruciferae

erythroseptica مورد آزمایش قرار گرفت و این نمک توانست شدت بیماری را به میزان ۵۴ درصد کنترل نماید (Johnson *et al.* 2004).

فاسترول یک ترکیب تجاری آمریکایی و یکی از معدود اسیدهای فسفره است که به‌عنوان قارچ‌کش استفاده می‌شود. pH خنثی، نیازی به بافر ندارد و امکان ارتباط با بسیاری از قارچ-کش‌های دیگر را فراهم می‌کند. این صفات امکان سازگاری در مخزن را فراهم می‌کنند و فاسترول را به‌عنوان یک برنامه عالی برای هر برنامه مدیریت بیماری تبدیل کرده است.

لابوتو و همکاران (Laboto *et al.* 2006) اثر فسفیت کلسیم و پتاسیم را روی چندین بیمارگر سیب‌زمینی شامل *Phytophtora infestans*، *Fusarium solani* و *Rhizoctonia solani* مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیقات نشان داد که تیمار غده‌های بذری سیب زمینی با این فسفیت‌ها سبب افزایش مقاومت غده‌های بذری نسبت به این بیمارگرها می‌گردد. اثر حفاظتی آن‌ها روی *P. infestans* متوسط و در برابر *F. solani* و *R. solani* کم بود. از طرف دیگر محلول‌پاشی کلسیم فسفیت و پتاسیم فسفیت روی شاخ و برگ سیب‌زمینی سبب حفاظت این گیاه به *P. infestans* می‌گردد (Laboto *et al.* 2006).

این محققین (Laboto *et al.* 2010) جهت درک بهتر و بیشتر عملکرد فسفیت‌ها بر عوامل بیماری‌زای سیب‌زمینی و تعیین عوامل شیمیایی دخیل در اثرات ضدمیکروبی این ترکیبات، آزمایش‌های مختلفی را انجام دادند. این محققین حساسیت سیب‌زمینی را نسبت به این سه بیمارگر (*P. infestans*، *F. solani* و *R.solani*) و *Streptomyces scabies*، بعد از تیمار با فسفیت کلسیم، پتاسیم و مس مورد آزمایش قرار دادند. نتایج تحقیقات نشان داد که تمامی این نمک‌ها توانایی مهار این بیمارگرها را دارند. اما توانایی این ترکیبات در کنترل *P. infestans* بیشتر از *F. solani*، *R. solani* و *S. scabies* است. از طرف دیگر نمک فسفیت مس در مقایسه با فسفیت پتاسیم و سدیم کارایی بیشتری در مقابل این بیمارگرها دارد. و در این میان فسفیت پتاسیم و سدیم فعالیت ضد میکروبی مشابهی داشتند (Laboto *et al.* 2010).

به منظور ادامه مطالعات قبلی لابوتو و همکاران (۲۰۱۰) اثرات مفید فسفیت‌ها را در حفاظت از غده‌های سیب‌زمینی پس از برداشت در برابر عوامل بیماری‌زا و همچنین تأثیر آن‌ها در افزایش عملکرد محصول مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد که پتاسیم فسفیت سبب کاهش حساسیت غده‌های سیب‌زمینی به *P. infestans*، *F.solani* و باکتری *Erwinia caratovora* پس

از برداشت می‌شود. زمانی‌که نمک فسفیت پتاسیم روی غده‌های آلوده محلول‌پاشی شد، میزان فیتوالکسین‌ها، آنزیم کیتیناز، آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنول اکسیداز در غده‌های آلوده به *P. infestans* افزایش یافت. همچنین پس از اندازه‌گیری وزن کل غده‌ها و ماده خشک مشخص شد که استفاده از فسفیت پتاسیم هیچ‌گونه تأثیر سویی بر میزان عملکرد سیب‌زمینی نمی‌گذارد بلکه سبب بهبود عملکرد و مسبب تاخیر در پیری محصول می‌گردد که نشان دهنده این است که فعال‌سازی پاسخ دفاعی گیاه توسط این نمک برای رشد گیاه مضر نمی‌باشد. اثر فسفیت‌ها در جلوگیری از جوانه‌زنی اسپورهای *F. solani* نشان دهنده این است که در این مورد اثر این ترکیبات اندازه تاثیر قارچ‌کش‌های سنتتیک است (Laboto *et al*. 2010).

۲-۵-۲ مزایای فسفیت پتاسیم در مقایسه با سایر سموم رایج

محدودیت زمانی جهت ورود این نمک به مزرعه پس از محلول پاشی تنها ۴ ساعت بوده و دوره کارنس آن صفر است. عاری از هرگونه ترکیب سیستمیک می‌باشد. دارای درجه سمیت بسیار کم و LD_{50} آن حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و هیچ‌گونه اثر سوء روی انسان، ماهی و زنبور و حیات وحش ندارد. هیچگونه باقی مانده‌ای در طبیعت بر جای نمی‌گذارد.

۲-۶ کلریدها

نقش کلریدها در عملکرد گیاه و کنترل بیماری‌های گیاهی بسیار مهم و ضروری است. از بین نمک‌های معدنی کلرید، نمک‌های کلرید پتاسیم (KCl)، کلرید سدیم یا نمک طعام ($NaCl$)، آلومینیوم کلرید ($AlCl_3$)، آمونیوم کلراید (NH_4Cl)، کلسیم کلرید ($CaCl_2$) و منگنز کلرید ($MnCl_2$)، توانایی کنترل بیماری‌های قارچی را دارند (جدول۲-۵).

جدول۲-۵. کنترل برخی از بیماری‌های قارچی به‌وسیله‌ی کلریدها

Plant	Disease	Causal agent	Reference
Asparagus	Crown and root rot	*Fusarium oxysporum asparagi* S.I. Cohen 1946	Elmer, 2003a
Barley	Powdery mildew	*Blumeria graminis* (DC.) Speer 1975 (f. sp. *hordei*)	Kettlewell et al., 1992
Cucumber	Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginea* (Schltdl.) Pollacci 1913	Reuveni et al., 1997
Cyclamen	Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum cyclaminis* Gerlach 1954	Elmer, 2002
Peach	Cytospora canker	*Leucostoma persoonii* (Nitschke) Höhn. 1928	Riggs et al., 1994
Potato	Dry rot	*Fusarium sambucinum* Fuckel 1870	Mercteau et al., 2002
Rice	Aggregate sheath spot	*Rhizoctonia oryzae-sativae* (Sawada) Mordue 1974	Williams and Smith, 2001
Rice	Stem rot	*Sclerotium oryzae* Catt. 1879	Williams and Smith, 2001
Soybean	Sudden death syndrome	*Fusarium solani* (Mart.) Sacc. 1881 (f.sp. *glycines*)	Sanogo and Yang, 2001
Wheat	Leaf rust	*Puccinia triticina* Erikss. 1899 (*P. recondita* Diesel & Holw. 1857)	Melgar et al., 2001
Wheat	Glume blotch	*Septoria nodorum* (Berk.) Berk. 1845	Kettlewell et al., 1990
Wheat	Powdery mildew	*Blumeria graminis* (DC.) Speer 1975 (f. sp. *tritici*)	Kettlewell et al., 2000
Wheat	Septoria blotch	*Septoria tritici* Berk. & M.A. Curtis 1874	Mann et al., 2004
Wheat	Tan spot	*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler 1923	Melgar et al., 2001
Wheat	Yellow rust	*Puccinia striiformis* Westend. 1854	Russell, 1978

اثر نمک‌های کلریدی روی بیماری‌های گندم بیش از سایر محصولات موردمطالعه قرار گرفته است. مطالعات مختلف نشان داد که سدیم‌کلراید و پتاسیم‌کلراید، بیماری زنگ ساقه گندم را که توسط (*Puccinia striiformis*) ایجاد می‌شود، کاهش می‌دهد (Russell, 1978).

محققان دانشگاه هارپر آدامز انگلستان به مدت ۲۰ سال اثر نمک‌های معدنی را در کاهش بیماری‌های قارچی در گندم و جو (*Hordeum vulgare*) مورد تحقیق و بررسی قرار داده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که محلول‌پاشی پتاسیم کلرید روی برگ‌ها به‌طور معنی‌داری لکه‌های ایجاد شده روی برگ‌ها، در اثر بیماری سوختگی گلوم یا سوختگی سنبله گندم که در اثر قارچ *Septoria nodorum* ایجاد می‌شود را در گندم‌های پاییزه کاهش داد. همچنین نتایج تحقیقات این دانشمندان در سال ۱۹۹۲ نشان داد که پتاسیم کلرید سبب کاهش خسارت ناشی از سفیدک پودری روی برگ‌های پرچمی[1] و افزایش وزن دانه‌ها در اواخر فصل کشت می‌گردد (Kettlewell *et al.* 1990).

مشاهدات کوک (Cook 1997) نشان داد که اسپری پتاسیم کلرید روی برگ گندم سبب مهار بسیار زیاد بیماری سپتوریوز گندم ناشی از قارچ *Septoria tritici* و سفیدک سطح گندم ناشی از قارچ *B. graminis* fsp. *Tritic*، می‌گردد. در واقع میزان جوانه‌زنی اسپور سفیدک پودری در اثر این نمک کاهش پیدا کرد (Cook 1997).

ویلیام و اسمیت (Williams & Smith 2001) استفاده از کودهای پتاسیم کلرید در خاک را جهت کنترل بیماری‌های برنج مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که استفاده از این کودها، علاوه‌بر افزایش عملکرد محصول، علائم ناشی از قارچ *Sclerotium oryzae* و لکه

[1] Flag leaves

موجی که در اثر قارچ *Rhizoctonia oryzae-sativae* ایجاد می‌گردد را کاهش می‌دهد (Williams & Smith, 2001).

طبق تحقیقات ملگار و همکاران (۲۰۰۱) کوددهی خاک با پتاسیم کلرید در مرحله شیری شدن دانه گندم، سبب کاهش بیماری زنگ برگی و لکه خرمایی گندم که به‌ترتیب توسط قارچ‌های *Puccinia recondita* و *Pyrenophora tritici-repentis* ایجاد می‌شوند، می‌گردد (Melgar *et al.* 2001).

هاشم و راسل کاهش معنی‌داری را در میزان شدت زنگ برگی گندم، در بذور و گیاهان بالغ گندم پس از ۷ روزکاربرد کلسیم کلراید و سدیم کلراید (نمک طعام)، در خاک مشاهده کردند. در حالی‌که محلول‌پاشی این ترکیبات روی برگ در کاهش شدت بیماری تأثیری نداشت (Hashim & Russell 1982).

تحقیقات مختلف نشان داده است که نمک طعام سبب کاهش پوسیدگی ریشه‌ی چغندر قند[1] (*Beta vulgaris*) در اثر قارچ *R. solani* می‌گردد (Elmer 1997).

کلر

کلر در مهار گونه‌های *Phytophthora* و *Fusariam* نقش دارد. کلر بر زئوسپورها و ریسه‌های *P. nicotianae*، *P. citrophthora*، *P. capsici* و *F. graminearum* مؤثر است (Hong *et al.* 2003; Miller & Ivey 2013; Sun *et al.* 2017; Van Niekerk *et al.* 2019). این ترکیب به‌طور قابل توجهی مانع از جوانه‌زنی اسپور و رشد میسلیوم *F. sulphureum* روی سیب‌زمینی می‌شود (Mei *et al.* 2017). همچنین دی اکسید کلر گازی، رشد قارچ‌های *Fusarium fujikuroi*، *F. verticillioides* و *F. proliferatum* را به‌شدت سرکوب می‌کند (Jeon *et al.* 2014). کلر با تغییر pH زئوسپور گونه‌های *Pythium aphanidermatum* و *P. dissotocum* را کاهش می‌دهد (Lang *et al.* 2008).

[1] Beet

مولیبدن

مولیبدن روی *Rhizoctonia solani* و *Fusarium oxysporum* تأثیر دارد (El-Hersh *et al*. 2011).

بر

بر در مهار رشد اسپورانژیوم و زئوسپور *P. nicotianae* که یکی از مهم‌ترین بیمارگرهای گیاهی خاک‌زاد است و سایر گونه‌های فیتوفتورا نقش دارد (Misra *et al*. 2007; Qiao *et al*. 2017). آهن و بر میزان جوانه‌زنی کنیدیوم و رشد قارچ‌های *F. oxysporum f sp lactucae*، *Fusarium oxysporum* و *F. oxysporum* f. sp *lycopersici* را روی کاهو و گوجه-فرنگی تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ahmad *et al*. 2016; Dong *et al*. 2016).

۲-۷ کنترل بیماری‌های پس از برداشت سیب‌زمینی با استفاده از نمک‌های معدنی

۲-۷-۱ پوسیدگی خشک سیب‌زمینی (Dry rot)

بیماری پوسیدگی خشک سیب‌زمینی توسط گونه‌های مختلف قارچ فوزاریوم (*Fusarium* spp.) مانند *Fusarium sambucinum* و *Fusarium solani* var. *coeruleum* ایجاد می‌شود. این بیماری یکی از مهم‌ترین بیماری‌های پس از برداشت سیب‌زمینی است که سبب ایجاد خسارت‌های شدید و اقتصادی به این محصول در سراسر جهان می‌گردد (Stevenson *et al*. 2001). به‌طوری‌که این بیماری سبب کاهش کمیت و کیفیت غده‌های بذری می‌شود (Rowe 1993).

از جمله قارچ‌کش‌هایی که به‌طور گسترده علیه این بیماری مورد استفاده قرار می‌گیرد تیابندازول[1] می‌باشد. اما استفاده از این قارچ‌کش پس از برداشت سیب‌زمینی تأثیر چندانی روی کنترل این بیماری ندارد. از طرف دیگر بسیاری از سویه‌های[2] این بیمارگر به این قارچ‌کش مقاوم شده‌اند. که نتیجه آن افزایش بروز و شدت بیماری پوسیدگی خشک می‌باشد (Holley &

[1] Tecto®
[2] strain

Desjardins *et al.* Kawchuk 1996; Platt 1997; Secor & Gudmestad 1999 (1993;

قارچ *F. sambucinum* یک نوع توکسین به نام تریکوتوکسین تولید می‌کند که برای سلامتی انسان‌ها و حیوانات بسیار خطرناک است (Secor & Gudmestad 1999).

ملانی و همکاران (Mélanie *et al.* 2001) با انجام یکسری از آزمایشات نشان دادند که چندین نمک مانع از رشد میسیلیوم و اسپورزایی قارچ *F. sambucinum* می‌شوند و از آن‌ها می‌توان برای کنترل این بیماری استفاده کرد. بر طبق این تحقیقات کاربرد آلومینیوم کلرید، سدیم متابی سولفیت، سدیم کربنات و سدیم بی‌کربنات به میزان زیادی سبب کاهش گسترش بیماری پوسیدگی خشک در غده‌های سیب‌زمینی می‌شوند. که در میان این نمک‌ها آلومینیوم کلرید تأثیر بیش‌تری در کنترل این بیماری دارد (Mélanie *et al.* 2001).

مطالعه دیگری در سال ۲۰۱۹ توسط این محققین به‌منظور ارزیابی تأثیر نمک‌های مختلف بر توسعه و گسترش *Fusarium solani* var. *coeruleum* صورت گرفت، مشخص شد که آلومینیوم کلراید، آلومینیوم استات، سدیم بنزوات، سدیم متابی سولفیت، پتاسیم سوربات و تری سدیم فسفات به‌طور کامل از رشد میسیلیوم این قارچ جلوگیری کردند. همچنین آلومینیوم استات، پتاسیم سوربیت، سدیم بنزوات، سدیم متابی سولفیت و تری سدیم فسفات باعث از بین رفتن تمامی کنیدی‌های قارچ عامل این بیماری شدند. شدت بیماری در یک دوره ۷ روزه ارزیابی شد. به‌طور کلی نتایج این تحقیقات نشان داد که استفاده از آلومینیوم کلرید برای کنترل بیماری پوسیدگی نرم سیب‌زمینی بسیار مؤثر و کارآمد می‌باشد (Mélanie *et al.* 2019).

قدیری و همکاران (Ghadiri *et al.* 2013) تأثیر نمک‌های آمونیوم فسفات، پتاسیم کربنات، پتاسیم بی‌کربنات، سدیم کربنات و سدیم بی‌کربنات روی میزان رشد *F. solani* که سبب بیماری پوسیدگی خشک می‌گردد، مورد آزمایش قرار دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که تمامی این نمک‌های مورد آزمایش میزان رشد این گونه‌های قارچ را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. به‌طوری که آمونیوم فسفات به میزان ۹۲/۲۱ درصد میزان رشد این بیمارگر را کاهش داد و پس از آن پتاسیم کربنات (به میزان ۹۲/۵۴ درصد)، بی‌کربنات پتاسیم (۴۶/۱۴ درصد)، کربنات پتاسیم (۴۲/۶۰ درصد) و بی‌کربنات سدیم (۴۲/۳۳ درصد) میزان رشد عامل این بیماری را کاهش دادند. در مدت زمان دو ماه پس از ذخیره‌سازی غده‌های سیب‌زمینی درون انبار نمک آمونیوم فسفات بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش گسترش بیماری پوسیدگی خشک داشت. بنابراین

نتایج این تحقیقات ثابت کرد که نمک آمونیوم فسفات به‌دلیل اثربخشی زیادی که بر کاهش رشد این بیمارگر دارد، می‌تواند در کنترل کارآمد این نوع از بیماری مورد استفاده قرار بگیرد (*et al.* Ghadiri 2013).

۲-۷-۲ لکه نقره‌ای (Silver scurf)

بیماری لکه نقره‌ای که توسط قارچ *Helminthosporium solani* ایجاد می‌شود، از مخرب‌ترین بیماری‌های پس از برداشت سیب‌زمینی محسوب می‌شود و دارای اهمیت اقتصادی بسیار بالایی است (Gore 2017). کنترل این بیماری به‌وسیله‌ی قارچ‌کش تیابندازول صورت می‌گیرد، اما به‌دلیل اینکه بسیاری از سوشه‌ها یا استرین‌های *H. solani* نسبت به این قارچ‌کش مقاوم شده‌اند، بنابراین کنترل شیمیایی این بیماری به‌وسیله این قارچ‌کش با شکست مواجه شده است (Kawchuk *et al.* 1994; Platt *et al.* 1997; Secor 1999).

قارچکش‌هایی مانند ایمازالیل[1]، فلودیوکسونیل[2] و مانکوزب برای ضدعفونی غده‌های بذری مورد استفاده قرار گرفتند، اما این قارچ‌کش‌ها فقط در شرایط آزمایشگاهی سبب کنترل این بیماری شدند (Hall & Hide 1992; Collet-Elimane & Jouan 1993; LeCorre *et al.* 1993; Frazier *et al.*1998). بنابراین استفاده از روش‌های دیگر جهت کنترل این بیماری ضروری به‌نظر می‌رسد (Errampalli *et al.* 2001).

مطالعات متعددی تأثیر نمک‌های معدنی را در کنترل بیماری‌های پس از برداشت در درختان میوه مانند مرکبات و سبزیجات نشان داده است (Punja & Gaye 1993; Smilanick *et al.* 1999).

اورلانا و همکاران نشان دادند که استفاده از پتاسیم سوربات ($C_6H_7KO_2$)، کلسیم پروپینوات ($C_6H_{10}CaO$)، سدیم کربنات، پتاسیم کربنات، پتاسیم بی‌کربنات و آمونیوم کربنات در غلظت ۰/۲ مولار سبب کاهش علایم ناشی از بیماری لکه نقره‌ای می‌شوند (Orellana *et al.* 1975).

[1] Fungaflor®

[2] ® Celest

هرویو و همکاران (Hervieux *et al.* 2002) تأثیر برخی از نمک‌ها را در گسترش *H. solani* مورد آزمایش و بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که آلومینیوم کلراید، لاکتات آلومینیوم ($C_9H_{15}AlO_9$)، سوربات پتاسیم ($C_6H_7KO_2$)، کربنات سدیم (Na_2CO_3)، سدیم متابی سولفیت و تری سدیم فسفات (Na_3PO_4)، به میزان قابل‌توجهی سبب کاهش شدت بیماری از طریق کاهش رشد میسیلیوم و جوانه‌زنی اسپور عامل بیماری می‌شوند.

استات آمونیوم ($C_2H_3O_2NH_4$)، کلرید کلسیم ($CaCl_2$)، بنزوات سدیم ($NaC_6H_5CO_2$)، سدیم سیترات ($Na_3C_6H_5O_7$) و سدیم فرمیت (HCOONa HS) سبب کاهش شدت بیماری به میزان ۲۰ درصد شدند (Hervieux *et al.* 2002).

۳-۷-۲ پوسیدگی نرم (Soft rot)

بیماری پوسیدگی نرم یکی از بیماری‌های باکتریایی مهم سیب زمینی محسوب می‌شود که سبب خسارت‌های قابل توجهی در سراسر جهان روی غده‌های سیب‌زمینی ذخیره شده در انبار می‌گذارد (Sharga *et al*. 1998; Stevenson *et al.* 2001).

این بیماری عمدتاً توسط باکتری‌های گرم منفی *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (که قبلا تحت عنوان *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* نام‌گذاری شده بود) و *Pectobacterium trosepticum* (که قبلا تحت عنوان *Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica* نام‌گذاری شده بود) ایجاد می‌گردد (Hauben *et al*. 1998; Gardan *et al.* 2003).

در یک مطالعه قابلیت ۲۱ نمک معدنی و آلی جهت کنترل بیماری پوسیدگی نرم در غده‌های سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت (جدول۲-۶).

جدول۲-۶. نمک‌های مورد آزمایش در کنترل بیماری پوسیدگی نرم سیب‌زمینی

salt	disease inhibition (%)[a]	
	P. atrosepticum	*P. carotovorum* subsp. *carotovorum*
aluminum dihydroxy acetate	28.0 bc[b]	7.6 cd
aluminum chloride	41.3 a	57.6 a
aluminum lactate	30.7 bc	29.6 b
ammonium acetate	20.0 cd	6.8 cd
ammonium chloride	10.0 e	0.0 e
ammonium hydrogen phosphate	14.0 e	22.4 bc
calcium chloride	21.3 cd	0.0 e
potassium chloride	11.0 e	3.6 de
potassium sorbate	18.7 de	13.6 c
sodium acetate	18.7 de	3.0 de
sodium benzoate	33.3 b	33.5 b
sodium bicarbonate	14.0 e	0.0 e
sodium carbonate	16.0 de	0.0 e
sodium chloride	16.0 de	3.8 de
sodium formate	15.3 de	0.0 e
sodium lactate	16.7 de	7.9 cd
sodium metabisulfite	42.0 a	52.8 a
sodium hydrogen phosphate	17.0 de	0.0 e
sodium propionate	16.0 de	0.0 e
sodium tartrate dibasic	17.0 de	0.0 e
trisodium phosphate	15.0 de	4.2 de

استفاده از کلرید آلومینیوم و سدیم متابی سولفیت به‌طور معنی‌داری در کنترل این بیماری مؤثر بود. آلومینیوم لاکتات، سدیم بنزوات، پتاسیم سوربات و سدیم پروپینوات به میزان کمتری توانایی کنترل این بیماری را از خود نشان دادند.

هنگامی که کارایی این نمک‌ها جهت پیشگیری از بروز بیماری مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت مشخص شد که کلرید آلومینیوم، سدیم متابی سولفیت، سدیم بنزوات، لاکتات آلومینیوم و پتاسیم سوربات به میزان زیادی در پیشگیری از آلودگی غده‌ها به این باکتری‌ها مؤثر بودند. نمک‌های کلرید کلسیم، استات آمونیوم و سدیم پروپینوات به میزان کم‌تری در پیشگیری از بروز بیماری مؤثر بودند و سایر نمک‌ها تأثیر چندانی در این زمینه نداشتند.

هنگام غوطه‌ورسازی غده‌های آلوده به این دو باکتری در محلول نمک‌های مورد آزمایش کلرید آلومینیوم، سدیم متابی سولفیت و سدیم بنزوات میزان بیماری را در این غده‌ها کاهش دادند و سایر نمک‌ها تأثیری در کاهش آلودگی غده‌ها نداشتند. به‌طور کلی نتایج تحقیقات نشان داد که نمک‌های کلرید آلومینیوم، سدیم متابی سولفیت، به دلیل داشتن بالاترین میزان تأثیر در کاهش آلودگی غده‌ها به این بیمارگرها، پتانسیل بالایی در کنترل بیماری پوسیدگی نرم سیب‌زمینی دارند (Yaganza & Tweddell 2014).

۴-۷-۲ کنترل پوسیدگی نرم گوجه‌فرنگی با استفاده از نمک‌های معدنی

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک محصول مهم و اقتصادی در دنیا محسوب می‌شود و بیماری پوسیدگی نرم که توسط باکتری (*P. Carotovorum*) *E. Carotovora* ایجاد می‌شود، باعث ایجاد خسارت‌های بسیار زیادی پس از برداشت این محصول می‌گردد. آلودگی به این باکتری در هنگام حمل و نقل، بسته‌بندی و یا در طول نگهداری گوجه‌فرنگی در انبار رخ می‌دهد (Bartz & Wei 2002; Gardan *et al.* 2003; Charkoweski 2007). خسارت کمی ناشی از پوسیدگی نرم در گوجه‌فرنگی بیش‌تر از سایر بیماری‌های باکتریایی است (Bhat *et al.* 2010).

پتاسیم تترابورات تتراهیدرات یا PTB[1] ($B_4K_2O_7.4H_2O$) در کشاورزی و صنعت به عنوان یک ترکیب ایمن[2] در کنترل بسیاری از قارچ‌ها و آفات استفاده می‌شود (Qin *et al.* 2007). همچنین شواهدی مبنی بر اثر پتاسیم تترابورات تتراهدرات در کنترل برخی بیماری‌های باکتریایی پس از برداشت وجود دارد. بنابراین استفاده از این ترکیب، جایگزینی مناسب برای آنتی بیوتیک‌ها بوده و از همه مهم‌تر اینکه هیچ‌گونه خطری روی سلامتی انسان ندارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که میزان بیماری پوسیدگی نرم به‌طور معنی‌داری توسط پتاسیم تترا بورات تتراهیدرات کاهش می‌یابد (Ahmed *et al.* 2017).

۵-۷-۲ کنترل بیماری‌های خیار با استفاده از نمک‌های معدنی

سفیدک پودری خیار از شایع ترین بیماری‌های خیار محسوب می‌شود. این بیماری توسط قارچ *Erysiphe cichoracearum* یا *Sphaerotheca fuliginea* ایجاد می‌شود (Félix *et al.* 2005; An *et al.* 2008; González *et al.* 2010; Bojórquez *et al.* 2012). بیش‌تر به صورت فرم غیرجنسی (*Oidium* sp.) در گیاه ایجاد آلودگی می‌کند (McGrath 2001; Stadnik 2001). از روش‌های اولیه کنترل این بیماری استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی است. اما این ترکیبات به‌طور قابل ملاحظه‌ای دارای عوارضی مانند: کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی، مقاومت سویه‌های قارچ به قارچ‌کش‌ها، باقی ماندن این ترکیبات در درون محصولات کشاورزی، مشکلات زیست محیطی و در نهایت به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها می‌باشد. بنابراین استفاده از روش‌های کنترلی که سبب کاهش بروز یا شدت بیماری گردد و از

[1] tetraborate tetrahydrate Potassium
[2] Safe

طرف دیگر سبب افزایش تولید محصولات کشاورزی شده و همچنین دارای کم‌ترین خطر برای محیط زیست و انسان باشد، مدنظر قرار گرفته است، ضروری به نظر می‌رسد.

رئوونی و همکاران دریافتند که فسفات پتاسیم در کاهش آلودگی بوته‌های خیار به سفیدک پودری مؤثر می‌باشد. در واقع نتایج تحقیقات آنان نشان داد که مکانیسم پتاسیم فسفات در حفاظت برگ‌های خیار در برابر این بیماری به این صورت است که این ترکیبات باعث افزایش ۵۰ درصدی کلسیم در برگ‌ها می‌گردند و یون کلسیم در تولید اسید سالیسیلیک و کیتیناز تقش مهمی دارد و هر دو این ترکیبات ارتباط نزدیکی با القای مقاومت سیستمیک دارند، در واقع این ترکیبات از طریق القای این نوع از مقاومت در کنترل عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه قارچ‌ها نقش دارند (Reuveni *et al.* 2000).

جهت تعیین اثر بی‌کربنات پتاسیم و سدیم در کنترل سفیدک پودری روی خیار، تحقیقی تحت شرایط گلخانه روی رقم خیار Poinsettv6 در مکزیک انجام گردید. نتایج تحقیقات نشان داد که بی‌کربنات پتاسیم نسبت به بی‌کربنات سدیم در کاهش میزان و شدت سفیدک پودری خیار مؤثرتر می‌باشد و این نمک می‌تواند به‌عنوان جایگزین قارچ‌کش‌های شیمیایی در کنترل این بیماری استفاده شود (Yáñez *et al.* 2014).

علاوه‌بر این در کشور مکزیک اثر نمک‌های بی‌کربنات سدیم و پتاسیم بر علیه قارچ‌هایی نظیر: *Alternaria* spp.، *Aspergillus niger*، *Botrytis cinerea*، *Colletotrichum gloeosporoides*، *Colletotrichum* sp.، *Sclerotinia sclerotiorum*، *Sclerotium cepivorum* و *Venturia inaequalis* و همچنین قارچ‌های مولد سفیدک پودری مانند: *Leveillula taurica*، *Oidium lycopersicum* و *Sphaerotheca fuliginea*، *Sphaerotheca fusca* و *Shaerotheca pannosa*، گیاهی گزارش گردیده است. (Fallik *et al.* 1997; Shishkoff & McGrath 1999; Sivakumar *et al.* 2002; Fallik Dik *et al.* 2003; Karabulut *et al.* 2003; Bombelli & Wright 2006; Ilhan *et al.* 2006; Ordóñez *et al.* 2009; Ortega *et al.* 2011; De Costa & Gunawardhana 2012).

۶-۷-۲ کنترل کپک خاکستری (Gray mold) در محصولات مختلف با استفاده از نمک‌های معدنی

بیماری پوسیدگی خاکستری که توسط قارچ *Botrytis cinerea* ایجاد می‌گردد، یکی از مهم‌ترین بیماری‌های پس از برداشت سبزیجات و درختان میوه در سراسر جهان محسوب می‌شود (Qin *et al.* 2010; Youssef & Roberto 2014). آلودگی گیاه به این قارچ می‌تواند سبب زیان‌های اقتصادی در مراحل قبل و بعد از برداشت محصول گردد (Soylu *et al.* 2010; Cabot *et al.* 2013).

در یک آزمایش جامع استفاده از نمک‌های مختلف در کنترل بیماری کپک خاکستری گوجه فرنگی که از مخرب‌ترین بیماری‌های قارچی این گیاه می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیقات نشان داد که استفاده از ماده‌ی EDTA[1] و ترکیباتی مانند سولفات مس، سدیم متابی سولفیت، به‌طور کامل تولید اسپور توسط این قارچ را مهار می‌کند. علاوه‌بر این کربنات آمونیوم ($(NH_4)_2CO_3$)، کربنات پتاسیم (K_2CO_3)، بی‌کربنات سدیم، کربنات سدیم (Na_2CO_3)، نیتریت سدیم ($NaNO_2$)، سدیم سالیسیلات ($C_7H_5NaO_3$) و سولفات روی ($ZnSO_4$)، به‌طور کامل مانع رشد میسیلیوم قارچ شدند. فسفات پتاسیم و کلرید پتاسیم رشد میسیلیوم را به میزان ۸۰ درصد کاهش دادند که در این میان فسفات پتاسیم در مقایسه با کلرید پتاسیم مؤثرتر بود زیرا کلرید پتاسیم با وجود اینکه مانع رشد کلنی قارچ گردید، اما اثر تحریک کننده در تولید اسپور داشت (Alaoui *et al.* 2017).

کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و هیپوکلریت کلسیم ($Ca(ClO)_2$) هیچ اثری روی جلوگیری از رشد میسیلیوم *B. cinerea* نداشتند، اما به‌طور کامل تولید اسپور را در این قارچ مهار کردند.

هیپوکلریت کلسیم، سولفات مس، کربنات پتاسیم، کربنات سدیم ، سولفیت سدیم و مولیبدات آمونیوم ($(NH_4)_2MoO_4$) به‌طور کامل ازجوانه زنی کنیدی‌ها جلوگیری کردند و بی‌کربنات سدیم، نیتریت سدیم و سولفات روی میزان جوانه‌زنی اسپورها را به میزان بالاتر از ۸۹ درصد کاهش دادند. EDTA و سدیم سالیسیلات دارای اثر مهارکنندگی بالایی بر رشد میسیلیوم *B. cinerea* داشتند اما هیچ گونه اثری بر جوانه زنی این قارچ نشان ندادند. از همه مهم‌تر اینکه فراوانی و شدت این بیماری به‌طور کامل (۱۰۰ درصد) با استفاده از EDTA، پتاسیم کربنات،

[1] Ethylene diamine tetraacetic acid

سدیم بی‌کربنات، سدیم متابی سولفیت و سدیم سالیسیلات کنترل می‌شود (*et al.* 2017 Alaoui).

وو و همکاران اظهار کردند (Wu *et al.* 2016) سلنیوم توانایی زیادی در کنترل کپک خاکستری گوجه‌فرنگی و دیگر سبزیجاتی که به این بیماری آلوده می‌شوند را دارد. در این تحقیق تأثیر نمک سلنیوم روی جوانه‌زنی اسپورهای این قارچ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مطالعات نشان داد که این نمک تأثیر معنی‌داری در جلوگیری از جوانه‌زنی اسپورهای قارچ دارد. مکانیسم-هایی که سلنیوم توسط آن‌ها باعث کاهش کپک خاکستری می‌شود، ارتباط مستقیمی با آسیب-های غشای پلاسمایی کنیدی‌ها و از بین رفتن مواد سیتوپلاسمی ریسه‌های[1] قارچ دارد (Wu *et al.* 2016).

تحقیقات مختلف نشان داده است که بی‌کربنات سدیم توانایی زیادی در کنترل قارچ *B. cinerea* در درختان میوه مانند انگور، سیب، گیلاس[2] (*Prunus avium*) و گیاهان زینتی مانند شمعدانی[3] (*Pelargonium* spp.) دارد (Palmer *et al.* 1997; Drobye *et al.* 2003; Ippolito *et al.* 2005; Nigro *et al.* 2006). علاوه‌بر بی‌کربنات سدیم، کربنات پتاسیم هم در کنترل پوسیدگی خاکستری در انگور و شمعدانی مؤثر است (Palmer *et al.* 1997). سدیم متابی سولفیت نیز قابلیت کنترل این بیماری را در میوه گلابی دارد (Sheikh-Aly *et al.* 1998).

این نتایج نشان داد که این نمک‌ها به‌عنوان ترکیبات GRAS[4] (ترکیباتی که اضافه کردن آن‌ها به غذا از نظر تشخیص امر ایمن باشد و آزمایشات سازمان غذا و داروی آمریکا را با موفقیت پشت سر گذاشته باشد) برای کنترل *B.cinerea* در میوه گوجه‌فرنگی مفید می‌باشند (Palou *et al.* 2002; Nigro *et al.* 2006).

[1] Hyphe
[2] Cherry
[3] Rosageranium
[4] Generally Recognized As Safe

فصل ۳

مکانیسم عمل ترکیبات معدنی

۳- مکانیسم عمل نمک‌ها در کنترل بیماری‌های گیاهی

۳-۱ بی‌کربنات‌ها

نمک‌های بی‌کربنات از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند فروریختگی دیواره سلولی به علت بهم خوردن تعادل یون پتاسیم (K^+) یا دهیدراته کردن (از دست دادن آب) اسپور قارچ اثرات ضدقارچی خود را اعمال می‌کنند (HDC 2005).

۳-۲ سیلیکات‌ها

سیلیسیوم به‌عنوان یک عنصر فعال و مفید شناسایی شده است (Richmond & Sussman 2003). حال برخی از منافع به‌صورت گسترده‌ای توسط برخی از پژوهش‌گران بررسی شده است که عبارتند از:

۱- رسوب سیلیسیوم به صورت سیلیکا، به فرم غیر متبلور ($SiO_2.nH_2O$) یا اوپال در دیواره‌ی یاخته‌ای بسته به ژنوتیپ و شرایط زیست محیطی گیاه (Epstein 1994; Schaerger & Hammer 2003)

۲- اثرات عمده بر جذب و انتقال چندین عنصر کم‌مصرف و پرمصرف (Marchner *et al.* 1990; Koshgoftarmanesh *et al.* 2012)

۳- اثرات مثبت بر رشدونمو بسیاری از گیاهان، بیش‌تر به دلیل افزایش قدرت مکانیکی دیواره‌های یاخته‌ای برگ‌ها در افقی نگه داشتن برگ‌ها و جذب حداکثر نور و انجام فتوسنتز (Jone & Hundreck 1967; Yoshiida *et al.* 1969; Revenl 1983; Adatia & besford 1986)

۴- کاهش تعرق ناشی از تشکیل رسوب سیلیسیوم در زیر کوتیکول، مقاومت به تنش‌ها از جمله عوارض جانبی بیش از حد فسفر و فلزات سنگین (غلظت بالای منگنز و آلومینیوم) یا شوری (Ahmad *et al.* 1992; Iwasaki *et al.* 2002; Wang *et al.* 2004; Khoshgoftarmanesh *et al.* 2012)

۵- کاهش غلظت سدیم در گیاهان با اضافه کردن سیلیسیوم به محلول غذایی (Bradbury & Ahmad 1990)

۶- افزایش رشد گیاه (Hossain *et al.* 2002; Khoshgoftarmanesh *et al.* 2012)

۷- اثرات مثبت بر تولید مثل گیاهی (Gali & Smith 1992)

۸- اعطای مقاومت مکانیکی و استحکام یاخته‌های گیاهی در نتیجه اشباع دیواره‌ی یاخته‌ای با سیلیسیوم و چوب‌شدگی آن و افزایش مقاومت گیاهان به حملات قارچ‌ها، باکتری‌ها، گیاهان انگل و گیاه‌خواران از جمله حشرات برگ‌خوار (Ma 2004; Ma & Yamaji 2008)

با وجود این امتیازها حذف سیلیسیوم در محلول غذایی ممکن است منجر به نتایج سویی در تغذیه معدنی گیاه، رشد و نمو و پاسخ به تنش‌های محیطی شود (Epstein 1994).

نحوه عمل سیلیکات‌ها در کاهش بیماری‌های قارچی به‌طور گسترده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. اولین مطالعه در مورد نحوه عمل سیلیکات‌ها در ارتباط با بیماری سفیدک پودری خیار صورت گرفت و مشخص شد که افزایش رسوب و پلیمریزاسیون اسید سیلیسیک

(H_4SiO_4) در سلول‌های اپیدرمی برگ‌های خیار سبب کاهش آلودگی خیار به سفیدک پودری می‌گردد (Wagner 1940).

طبق تحقیقات بسیاری از دانشمندان مشخص شده است که مقدار تجمع ترکیبات سیلیس و همچنین فنولی در دیواره سلولی برگ بخصوص در نقاطی که قارچ عامل سفیدک پودری نفوذ می‌کند، بسیار زیاد است. در واقع سیلیس سبب تجمع فنول در برگ‌های خیار می‌شود، علاوه‌بر این تجمع سیلیس روی سطح برگ از نفوذ قارچ مولد سفیدک پودری جلوگیری می‌کند (Menzies *et al*. 1995; Samules *etal*. 1991).

فیو و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که اضافه کردن سیلیس به محلول غذایی خیار در کشت هیدروپونیک سبب تولید فیتوآلکسین در خیار می‌گردد و در نتیجه سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا می‌شود (Fawe *et al*. 1998).

دایف و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند علاوه‌بر گیاهان خانواده سیب‌زمینی و غلات، گیاه خیار هم می‌تواند فیتوالکسین‌هایی را تولید کند که دارای خاصیت قارچ‌کشی می‌باشد (Daayf *et al*. 1997).

به‌طور کلی هاچسون (Hutcheson 1998) سه دسته از سازو کارهای دفاعی سیلیس فعال شناخته شده را با توجه به پاسخ معرفی کرد:

۱) پاسخ اولیه که در یاخته‌های آلوده به بیمارگر رخ می‌دهد.

۲) پاسخ ثانویه ناشی از انگیزاننده‌ها[1] و محدود به یاخته‌های مجاور جایگاه اولیه عفونت (Hutcheson 1998).

سیلیس با تغییر در ساختار دیواره‌ی یاخته‌ای (رسوب سیلیس روی بافت روپوست یا اپیدرم) می‌تواند بازدارنده‌ای برای نفوذ بیمارگر باشد (Bosse *et al*. 2011).

معمول‌ترین شکل مورداستفاده سیلیس، پتاسیم سیلیکات است که از راه افزایش تولید ترکیب‌های ضد قارچی، آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز [2](PAL) و ترکیب‌های فنلی، موجب کاهش بیماری می‌شود (Tarabih *et al*. 2014).

[1] Elicitors

[2] Phenyl alanin ammonia lyase

مطالعات نشان داده است که تغذیه گیاه با استفاده از سیلیسیوم سبب افزایش مقاومت آن در برابر گونه های *Pytium* spp. می‌گردد (Fawe *et al.* 2001). در واقع افزایش تجمع سیلیسیوم در دیواره سلولی گیاه می‌تواند به‌عنوان یک مانع فیزیکی علیه گسترش این شبه قارچ در ریشه باشد (Heine *et al.* 2005).

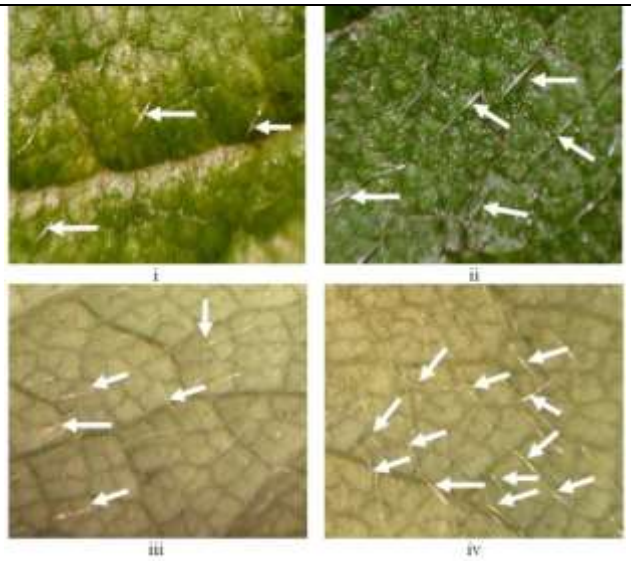
بنابراین سرکوب بیماری‌های قارچی توسط سیلیس با تحریک سیستم دفاعی گیاه و تقویت دیواره سلولی که در واقع یک مانع طبیعی برای نفوذ قارچ‌ها را ایجاد می‌کند، در ارتباط است (Fawe *et al.* 1998).

۱-۲-۳ مکانیسم عمل سیلیس در کنترل سفیدک پودری توت‌فرنگی

کانتو و همکاران (Kanto *et al.* 2006) مکانیسم یا نحوه عملکرد سیلیس را در برابر سفیدک پودری توت فرنگی *Sphaerotheca aphanis* var.*aphanis* مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد که اسپری محلول سیلیس روی برگ‌ها باعث افزایش تعداد و طول کرک در سطح رویی و زیرین برگ‌های توت‌فرنگی می‌گردد. درحالی‌که در برگ‌هایی که از محلول سیلیکات روی آن‌ها استفاده نشده بود، هیچ گونه کرکی روی برگ آن‌ها مشاهده نگردید. علاوه‌بر این سیلیس سبب کاهش جوانه‌زنی کنیدی‌های این قارچ بین ۴۰-۶۰ درصد شد.

نتایج این تحقیقات نشان داد که کاربرد سیلیس روی برگ‌های توت فرنگی آلوده به *P. aphanis* باعث افزایش تعداد و طول کرک‌های برگ (مطابق شکل ۳-۱)، کاهش تعداد کلنی‌ها، تشکیل اپرسوریوم، جوانه‌زنی کنیدی‌ها و تولید آسکوسپور این قارچ می‌شود.

در واقع فرض بر این است که مکانیسم سیلیس در جلوگیری از بروز سفیدک پودری در این گیاه، بدین صورت است که این نمک به دلیل بهبود ساختار برگ مانند، افزایش تولید کرک‌ها در هر دو طرف سطح برگ و همچنین جلوگیری از تشکیل اپرسوریوم که قارچ عامل بیماری از طریق آن به درون گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند. از ورود قارچ به درون گیاه جلوگیری می‌کند (Kanto *et al.* 2006).



شکل۳-۱. مشاهدات میکروسکپی از سطح برگ، تعداد کرک‌های برگ در i) سطح فوقانی بدون تیمار با سیلیس ii) سطح فوقانی با سیلیس (استاندارد) iii) سطح زیرین بدون تیمار سیلیس iv) سطح زیرین تیمار با سیلیس (استاندارد). کرک‌های برگ توسط فلش نشان داده شده است.

۳-۳- فسفات‌ها

فسفات‌ها با القای مقاومت سیستمیک اکتسابی (SAR)[1] فعالیت ضد قارچی را نشان می‌دهند. ویژگی‌های اصلی این نوع مقاومت به شرح زیراست:

۱) به مدت طولانی از گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا، محافظت می‌کند.
۲) در برابر بسیاری از عوامل بیماری‌زا مؤثر است.
۳) توسط سالیسیلیک اسید القا می‌شود.

به بیان دیگر مقاومت اکتسابی سیستمیک القا شده توسط سالیسیلیک اسید ($C_7H_6O_3$) باعث مقاومت طولانی مدت گیاهان به طیف وسیعی از بیمارگرها از جمله قارچ‌ها می‌گردند (Vallad & Goodman 2004; Walters *et al.* 2005; Walters & Fountaine 2009).

[1] Systemic acquired resistance

ریوونی و همکاران (۲۰۰۰) اظهار کردند که مکانیسم فسفات پتاسیم در حفاظت از برگ‌های خیار در برابر سفیدک پودری بدین صورت است که این نمک سبب افزایش میزان کلسیم در درون برگ‌های این گیاه می‌گردد (Reuveni *et al.* 2000).

از آن‌جا که یون کلسیم در تولید سالیسیلیک اسید و آنزیم کیتیناز نقش مهمی دارد. این دو ترکیب ارتباط نزدیکی با القای مقاومت SAR دارند، بنابراین می‌توان گفت که فسفات پتاسیم از طریق القای این نوع از مقاومت، در کنترل این بیماری نقش دارد (Schneider-Müller *et al.* 1994; Reuveni & Reuveni 1995a; Reuveni *et al.* 2000).

والتر و بینگام (Walters & Bingham 2007) دریافتند که نمک‌های فسفات سبب مقاومت سیستمیک خیار در برابر بیماری آنتراکنوز (که در اثر قارچ *Colletotrichum lagenarium* ایجاد می‌شود) می‌گردد. همچنین نشان دادند که استفاده از فسفات سبب جذب کلسیم از راه آپوپلاستی، تغییر یکپارچگی غشای سلولی می‌شود و بر فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی گالاکتروناز تأثیر می‌گذارد (Walters & Bingham 2007).

اثرات مستقیم فسفر بر تکثیر (تولیدمثل)، گسترش و بقاء بیمارگر و همچنین متابولیسم و واکنش‌های دفاعی گیاه از دیگر مکانیسم‌های فسفر در کنترل بیماری‌ها می‌باشد (Perrenoud 1990).

۳-۴ فسفیت‌ها و فسفونات‌ها

فسفیت‌ها به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم عوامل بیماری‌زای گیاهی را کنترل می‌کنند، اثر مستقیم آن‌ها از طریق محدود کردن تولید اسپور و در نهایت کاهش سرعت رشد و گسترش بیمارگر می‌باشد و از طریق تحریک مکانیسم دفاعی غیر میزبان، مانند تقویت و استحکام دیواره سلولی و تحریک ترشح فیتوالکسین‌ها سبب افزایش مقاومت میزبان در مقابل ورود و حمله عوامل بیماری‌زا می‌گردد. در واقع از این راه‌ها اثرات غیر مستقیم خود را بر علیه بیمارگر اعمال می‌کنند (Jackson *et al.* 2000; Hardy *et al.* 2001; Pibeam *et al.* 2011; Cerioni *et al.* 2013; Lime *et al.* 2013).

تأثیر فسفیت‌ها در مقابل اومیست‌ها در گیاهان مختلف به‌عنوان میزبان این بیمارگرها متفاوت است (Cooke & Little 2002; Brown *et al.* 2004; Vawdrey & Westerhuis 2007).

تأثیر مستقیم فسفیت‌ها بر امیست‌ها شامل مهار رشد میسیلیوم، اختلال در متابولیسم فسفر و تجمع پلی فسفات و پیروفسفات در درون بیمارگرها که مهم‌ترین عامل در به هم ریختن واکنش‌های آنابولیستی پیروفسفوریلاز و تجمع پیروفسفات می‌باشد. از سوی دیگر تجمع فسفیت مانع از فعالیت چند آنزیم در مسیر فرایند تولید گلیکوتیک پنتوزفسفات و اکسیداتیو پنتوز فسفات در این شبه قارچ‌ها می‌باشد.

فسفیت مشابه انگیزنده‌های بیمارگر اجزای دیواره سلولی قارچی، از طریق ایجاد تغییر در مسیر شیکمیک اسید ($C_7H_{10}O_5$)[1] گیاه را تحریک به تولید مواد دفاعی فیتو الکسین بر علیه عوامل بیماری‌زای گیاهی، می‌کند. فیتوالکسین‌ها ترکیبات ضدمیکروبی با وزن ملکولی پایین هستند که به مقدار قابل‌توجه و تنها پس از تحریکات ناشی از عوامل بیماری‌زا و زخم‌های ناشی از عوامل فیزیکی و شیمیایی، توسط سلول‌های سالم مجاور سلول‌های مرده و آسیب دیده، پدید می‌آیند. مقاومت علیه عامل بیماری‌زا هنگامی پدید می‌آید که غلظت فیتو آلکسین به اندازه‌ای برسد که از رشد و توسعه بیمارگر ممانعت کند. در مجموع فیتوالکسین‌ها با ایجاد تغییرات در ساختمان دیواره سلولی میزبان، محدود نمودن دسترسی ضروری و ایجاد تغییراتی در سرعت متابولیسم میزبان به نحوی که گیاه در موقعیت بهتری از دفاع خود در برابر بیمارگر قرار گیرد، موجب افزایش مقاومت میزبان در برابر بیمارگر و در نهایت تقلیل میزان آلودگی می‌شود (Stehmann & Grannt 2000).

تجزیه و تحلیل‌های پروتئومیکس (دانش بررسی بیان پروتئین‌ها) نشان داد که در برگ‌های سیب‌زمینی آلوده به *P. infestans* که توسط فسفیت‌ها تیمارشده بودند، تغییرات گسترده‌ای علیه این پاتوژن ایجاد می‌گردد. در واقع فسفیت‌ها باعث تغییرات پیچیده‌ای در برگ‌های سیب-زمینی می‌شوند که این تغییرات سبب مقاومت این گیاه در برابر بیمارگر می‌گردد. در این مطالعه از پروتئومیکس کمی برای بررسی اثرات این نمک‌ها، قبل و بعد از آلودگی با *P. infestans* استفاده شد. علاوه‌بر این جهت تکمیل مطالعات از آنالیزهای فراساختاری برگ پس از آلودگی به این بیمارگر استفاده شد. به‌طوری‌که داده‌های حاصل از پروتئومیکس و همچنین مطالعات

[1] Shikimic acid

میکروسکپی نشان داد که فسفیت‌ها یک نوع واکنش فوق حساسیت (Hypersensitivity) که سبب مقاومت برگ‌های سیب‌زمینی نسبت به *P. infestans* می‌شود را ایجاد می‌کنند (Lim *et al.* 2012).

مکانیسم سدیم متابی سولفیت از طریق واکنش با گروه‌های پروتئین دی سولفید، در مهار رشد بیمارگرها موثر است (Cooperstein 1993; Ough 1993; Russell & Could 1991).

مهار فعالیت آنزیم‌ها از طریق غیر فعال کردن کوفاکتورها مانند تیامین پیروفسفات یا غیرفعال کردن کوآنزیم‌ها مانند NAD[1] ($C_{21}H_{27}N_7O_{14}P_2$) و کاهش سریع سطح آدنوزین تری فسفات (ATP)، از دیگر مکانیسم‌های این نمک در جلوگیری از رشد بیمارگرها می‌باشد (Shinkai & Kunitake 1977; Parker *et al.* 1978; Trommer & Glöggler 1979; Russell & Could 1991).

همچنین سدیم متابی سولفیت ممکن است مانند سایر سولفیت‌ها با باز پیریمیدین اسیدنوکلئیک واکنش نشان دهد که می‌تواند منجر به آسیب ژنتیکی و در نهایت مرگ سلول گردد (Shapiro & Weisgras 1970).

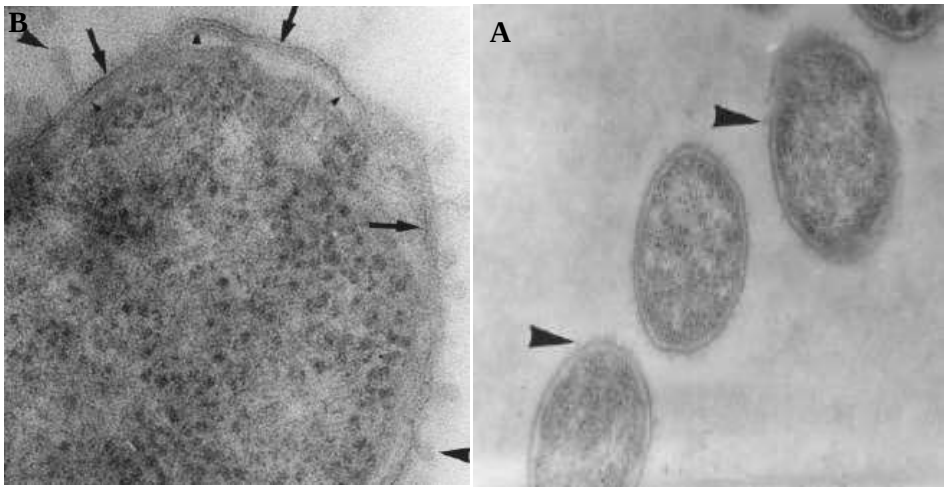
۳-۵ کلریدها

یک مطالعه فراساختاری روی باکتری *Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica* پس از قرار گرفتن به مدت ۲۰-۰ دقیقه در غلظت‌های مختلف از این نمک‌ها، با استفاده از میکروسکپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. و مشخص گردید که در هنگام تماس سلول باکتری با این دو نمک (به‌ویژه غلظت ۰/۲ مولار) غشای سلولی آن به شدت آسیب دیده و هیچ‌گونه وزیکول خارج سلولی مشاهده نشد. اما سدیم متابی سولفیت آسیب کمی به غشای سلولی وارد می‌کند و اثر خود را به‌صورت درون سلولی اعمال می‌کند.

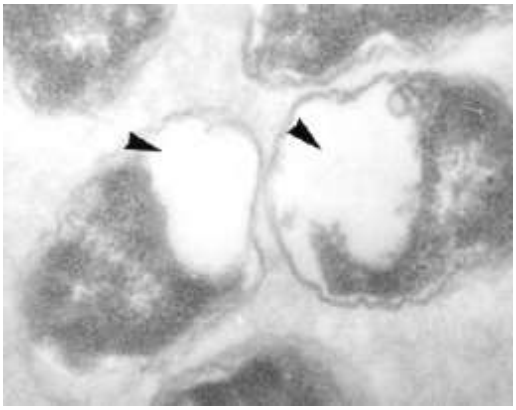
مکانیسم‌هایی که آلومینیوم کلراید از طریق آن‌ها میکروارگانیسم‌ها را تحت تأثیر می‌دهد، شامل: اتصال به دیواره سلولی بیمارگرها، اختلال در نفوذپذیری غشای سلولی و ضعیف یا سست کردن دیواره سلولی آن‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که در این آزمایش، دیواره سلولی باکتری بلافاصله

[1] Nicotinamide adenine dinucleotide

پس ازقرار گرفتن در غلظت ۰/۲ مولار این نمک ضعیف یا سست گردید و سلول باکتری بدون وجود وزیکول خارج سلولی شد (شکل ۳A-۲ و ۳B-۲) (Elian-Simplice *et al.* 2004).



شکل ۳ A-۲. مشاهدات میکروسکپ الکترونی از سلول باکتری *Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica* قبل از قرار گرفتن در معرض کلراید آلومینیوم (A: دیواره سلولی سالم و B: وجود وزیکول‌های خارج سلولی)



شکل ۳ B-۲ مشاهدات میکروسکپ الکترونی از سلول باکتری *Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica* بعد از قرار گرفتن در معرض کلراید آلومینیوم

۶-۳ بررسی اثر منابع کلسیم روی گونه‌های *Phytophthora* sp.

نتایج بررسی نقش کلسیم در چسبندگی و تندش سیست‌های زئوسپورهای *Pytium* spp. نشان می‌دهد که احتمالاً زمان سیست شدن، Ca^{+2} نقش محوری در چسبیدن و تندش سیست‌ها دارد. به‌طوری‌که زئوسپورها هنگام از دست دادن تاژک‌ها و سیست شدن روی ریشه‌ی گیاه میزبان، مستقیماً از طریق گیرنده‌های Ca^{+2} در سطح خود با چسبیدن به میزبان از نقطه‌ای ثابت، تندش می‌کنند. اگرچه اسیدآمینه‌ها در این امر ضروری نیستند اما ظاهراً این فرایند از طریق گیرنده‌های متصل شونده‌ی خاصی تسهیل می‌شوند که جذب یا سیگنال Ca^{+2} را افزایش دهد (Donaldson & Deacon 1992).

در مطالعه‌ای در مورد بازدارنده‌های نمو زئوسپورهای *P. infestans*، نقش پروتئین کینازها و کلسیم در این فرایند مشخص شد. این مطالعه منجر به کشف ژنی شد که در طول زئوسپورزایی القا می‌شود، این ژن پروتئینی را رمز می‌کند که شبیه به نوعی از پروتئین کینازهای حاوی سرین اترئونین است که با کلسیم و کالمودولین تنظیم می‌شود.

مسدودکننده‌های کانال کلسیم مانند وراپامیل و تریفلوریرازین که بازدارنده‌ی کالمودولین است، از مهارکننده‌های زئوسپورزائی و سیست شدن زئوسپورها هستند. ممانعت کننده‌های پروتئین کیناز مانند KN-93 و K-252a از آزادسازی و سیست شدن زئوسپورها و تندش سیست‌ها جلوگیری می‌کنند. ممانعت کننده‌ی K-252a، زیستایی زئوسپورها را کاهش می‌دهد. در مقابل این ممانعت‌کننده‌ها، تأثیری بر تندش مستقیم اسپورانژیوم‌ها در محیط کشت ندارند (Judelson & Roberts 2002).

همچنین اثر کلسیم بر رشد جدایه‌های پوده رست و بیماری‌زایی شبه قارچ *P. cinnamomi* نیز مطالعه شده است. در این مطالعه رشد پوده رستی بیمارگر با استفاده از کلسیم به میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرد، با این‌حال، بیماری‌زایی این بیمارگر کاهش یافت (Duvenhage & Kotze 1991).

بالا بودن غلظت کلسیم در خاک موجب کاهش تولید اسپورانژیوم می‌شود. سطح بهینه کلسیم، تولید اسپورانژیوم را به حداکثر می‌رساند (Halsall & Forrester 1997).

از طرفی اروین و ریبیرو (1996) نشان دادند، توانایی *P. cinnamomi* در آلوده کردن ریشه میزبان به رشد پوده رستی آن بستگی ندارد بلکه به توانایی کلامیدوسپورهای خاک برد برای

تندش و تولید زئوسپورهای بیماری‌زا از طریق تولید اسپورانژیوم بستگی دارد (Erwin & Ribeiro 1996).

با توجه به این نظریه، اصلاحات کلسیمی چندین مرحله زیست‌شناسی زئوسپورهای گونه‌های فیتوفتورا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Von Broembsen & Deacon 1997). به‌عنوان مثال استفاده از کودهای کلسیمی محلول از جمله کلرید و نیترات کلسیم، چندین مرحله مهم رفتار زئوسپور *P. parasitica* را که مربوط به عفونت و گسترش بیماری است، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sharon *et al.* 1997). آزاد شدن زئوسپورها از اسپورانژیوم با استفاده از غلظت Ca^{+2} در دامنه‌ی ۱۰ تا ۱۵ میلی اکیوالان کاهش می‌یابد. این غلظت همچنین تحرک زئوسپورها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، غلظت Ca^{+2} در ۱۰ تا ۳۰ میلی اکیوالان، سیست‌ها را به تندش تحریک و آزادسازی زئوسپورها را از سیست‌های تندش نکرده سرکوب می‌کند. همچنین غلظت نیترات کلسیم در ۱۰ تا ۳۰ میلی مولار آلودگی فیتوفتورائی را از طریق آب به شدت کنترل می‌کند (Sharon *et al.* 1997).

به‌طور کلی مکانیسم نمک‌های معدنی در کنترل قارچ‌ها به شکل زیر است:

۱) بی کربنات‌ها: افزایش PH و دهیدراته کردن اسپور قارچ‌ها
۲) فسفات‌ها: القای مقاومت سیستمیک
۳) سیلیکات‌ها: تجمع فیتوالکسین‌ها روی برگ‌های آلوده
۴) کلریدها: تنظیم فشار اسمزی
۵) فسفیت‌ها: مهار اسپورزایی قارچ و تحریک مکانیسم دفاعی گیاه

فصل ۴

آشنایی با بعضی مفاهیم قارچ‌کش‌های آلی و مصنوعی

مختصری از عبارات و مفاهیم قارچ‌کش‌های آلی و مصنوعی و آنچه که خواننده بهتر است قبل از مطالعه این کتاب، پیرامون قارچ‌کش‌ها بداند.

۴-۱ عوامل متعدد عدم کارایی قارچ‌کش‌ها:

۱- عدم تشخیص دقیق عامل بیماری
۲- عدم انتخاب قارچ‌کش مناسب
۳- کیفیت پایین برخی ترکیبات موجود در بازار
۴- کیفیت پایین ابزار پاشش و مصرف سموم
۵- کیفیت پایین آب مصرفی جهت سم‌پاشی و محلول‌پاشی برگی
۶- بروز مقاومت عامل بیماری نسبت به برخی قارچ‌کش‌ها
۷- تاثیر برخی عوامل محیطی مانند درجه حرارت، شاخص ماورا بنفش و رطوبت در زمان سم‌پاشی

اهمیت موارد ۱ و ۲ به اختصار در فصل‌های قبلی شرح داده شد.

۴-۱-۱ کیفیت پایین ابزار پاشش و مصرف قارچ‌کش‌ها

در برخی بیماری‌ها مانند سفیدک داخلی پیاز Downy mildew پوشش کامل ذرات حاوی قارچ‌کش روی اندام هوایی پیاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برخی از ابزارهای مورد استفاده ممکن است توانایی لازم برای ایجاد پوشش مناسب ذرات قارچ‌کش روی اندام هوایی را نداشته باشند. در زمان مصرف سمومی که در لیبل استاندارد به‌صورت تزریق در سیستم آبیاری توصیه شده است، چنانچه واحد موردنظر کشاورزی به سیستم آبیاری تحت فشار یا قطره‌ای مجهز نباشد، امکان مصرف مناسب آن ترکیب در سیستم آبیاری غرقابی فراهم نخواهد بود.

۴-۱-۲ کیفیت پایین آب مصرفی جهت سم‌پاشی

در اکثر نقاط جنوبی کشور ایران بخصوص مناطق شمالی استان کرمان، بخش‌هایی از یزد و سیستان و بلوچستان (بخصوص در مناطق پسته کاری) کیفیت آب مصرفی به دلیل شوری و سختی بالا و همچنین قلیایی بودن، مناسب عملیات سم‌پاشی نیست. این در حالی است که بسیاری از قارچ‌کش‌های مصنوعی متعلق به گروه‌های مختلف قارچ‌کش‌ها نسبت به محیط قلیایی بشدت حساس بوده و تنها بعد از چند دقیقه ممکن است هیدرولیز شوند و اثر آن‌ها از بین برود. به‌عنوان مثال قارچ‌کش کاپتان در pH= ۷ کمتر از ۱۰ دقیقه دوام دارد اما در pH = ۵/۵ بیش از ۴۸ ساعت دوام دارد. یعنی حدود ۲۸۸ برابر بیشتر از حالت قبل.

از آنجا که pH یک رابطه لگاریتمی داشته و هر یک واحد آن نشانگر ۱۰ برابر تغییر است، تغییرات این فاکتور در میزان تاثیر بسیار قابل ملاحظه و متفاوت است.

۴-۱-۳ بروز مقاومت عامل بیماری به قارچ‌کش

بدیهی است تدوام مصرف غیر فنی ترکیبات شیمیایی روی عوامل بیماری‌زا سبب بروز مقاومت بیمارگر به ترکیب خاص مصرف شده و یا حتی در مواردی به تمام ترکیبات آن گروه می‌شود (اصل مقاومت تقاطعی).

از این‌رو بسیاری محققین به بررسی نوع و میزان بروز مقاومت در بیمارگرهای مختلف پرداخته‌اند. اثبات بروز مقاومت سفیدک پودری و سفیدک داخلی خیار به گروه استروبیلورین (Azoxystrobin) در ژاپن نمونه‌ای از این تحقیقات است (ISHII 2006).

اصل مقاومت تقاطعی بیان می‌کند اگر یک عامل بیمارگر به یک قارچ‌کش خاص مقاومت نشان دهد، احتمال بروز مقاومت به سایر ترکیبات در همان گروه یا با نحوه اثر یکسان، بالا است.

۴-۲ ویژگی‌های مهم قارچ‌ها

تنوع در قارچ ها آنقدر زیاد است که بیان یک تعریف واحد مشکل است اما عموما ویژگی های زیر را دارا می‌باشند:

۱- هتروتروف‌اند و تنها از مواد آلی آماده استفاده می‌کنند.
۲- فتوسنتز ندارند چون فاقد کلروفیل هستند.
۳- تکثیر به‌صورت جنسی و غیرجنسی دارند.
۴- دارای واحد تولیدمثلی بنام اسپور که با آن تکثیر می‌شوند.

به‌طور کلی قارچ‌ها غیرمتحرک هستند اما برخی در مرحله‌ای خاص از زندگی اسپورهای تاژکدار (Zoospore) دارند و به‌واسطه آن متحرک می‌شوند (Lori & etal 2014).

۴-۳ ساختمان قارچ‌ها

ساختمان قارچ‌ها شامل تالوس، هیف یا ریسه، دیواره سلولی، هسته و غشا سیتوپلاسمی، واکوئل، هیدروژنوزوم، فیلازوم، سانتریول و سیستم ترشحی است، که از این میان با توجه به گستردگی مطالب و سطح نیاز خواننده محترم و حفظ ارزش کاربردی مطالب این کتاب و از طرفی نقش مهم غشا سیتوپلاسمی در نحوه اثر قارچ‌کش‌های مختلف، تنها به شرح غشا سیتوپلاسمی خواهیم پرداخت.

۴-۳-۱ غشا سیتوپلاسمی Plasma membrane

غشا سیتوپلاسمی قارچ‌ها مانند سایر یوکاریوت‌ها شامل یک لایه فسفولیپید، پروتئین‌های مربوطه و استرول است. استرول اصلی غشا در قارچ‌ها ارگوسترول است و بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها و قارچ‌کش‌ها به‌طور اختصاصی روی این ترکیب و یا مسیر سنتز آن اثر دارند.

۴-۴- مفاهیم اولیه

برای درک بهتر گروه‌های مختلف قارچ‌کش‌ها بهتر است ابتدا با عبارات زیر آشنا شوید:

قارچ‌کش: به هر ماده‌ای که توانایی کشتن قارچ را داشته باشد، قارچ‌کش می‌گویند. طبق این تعریف باید اشعه ماورا بنفش و درجه حرارت بالا را نیز قارچ‌کش نامید اما واقعیت امر این است این تعریف به‌طور معمول برای مواد شیمیایی بکار می‌رود.

Fungistat: برخی از مواد قارچ‌ها را نمی‌کشند و تنها از رشد آن‌ها جلوگیری می‌کنند.

Antisporulant: این عبارت برای موادی بکار می‌رود که بدون اثر گذاشتن روی رشد رویشی هیف‌ها، از تولید اسپور جلوگیری می‌کند.

۴-۵ طبقه‌بندی قارچ‌کش‌ها

قارچ‌کش‌ها عموما بر اساس نحوه تاثیر Mode of action، مصرف عمومی General use و همچنین ساختار شیمیایی Chemical composition به گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند.

قارچ‌کش‌های حفاظتی: این ترکیبات همانطور که از نامشان برمی‌آید، در رفتار خود نقش پیشگیری کننده دارند. زینب و گرد روان ریز گوگرد مثال بارزی از این نوع مواد است.

قارچ‌کش‌های با اثر درمانی Therapeutant: قارچ‌کش‌هایی که پس از آلوه شدن گیاه به عامل بیماری، قادرند آن را ریشه‌کن کنند. کاربوکسین، اکسی کربوکسین و آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند Aureofungin، عموما قارچ‌کش‌های با قوه درمانی سیستمیک هستند.

Eradicant: ترکیباتی که قارچ بیمارگر را از محل آلودگی حذف می‌کنند. گوگرد آلی و محلول کالیفرنی (سولفور آهک) می‌تواند اثر ریشه‌کنی داشته باشند. تاثیر این مواد ممکن است برای مدتی در گیاه باقی بماند.

۴-۶ گروه‌های مختلف قارچ‌کش‌های بر اساس موارد مصرف عمومی

قارچ‌کش‌های ضدعفونی‌کننده بذر

کاپتان، تیرام، جیوه آلی، کاربندازیم و کاربوکسین

قارچ‌کش‌های با مصرف خاکی (قبل از کشت)

محلول بردو، اکسی کلرور مس، کلروپیکرین، فرمالدهید و واپام که مصرف این سه مورد بعد از کاشت گیاه، ممکن است منجر به خسارت شدید و خشک شدن گیاه شود.

مواد با مصرف خاکی (بعد از کاشت)

محلول بردو، اکسی کلرور مس، تیرام

مصرف برگی

تیرام، کاپتان، کلروتالونیل و فربام و ... مواردی چون محلول کالیفرنی می‌تواند اثر ریشه‌کنی نیز داشته باشد.

۴-۷ طبقه‌بندی قارچ‌کش‌ها بر اساس ترکیبات شیمیایی

صدها مواد با بار کنترلی روی بیماری‌های گیاهان شناخته شده است. اما روشن است که این مواد از نظر ایمن بودن، میزان تاثیر و شهرت برابر نیستند. بیشتر این ترکیبات قارچ‌کش نمک فلزات سمی و اسیدهای آلی هستند. مشتقات آلی گوگرد و جیوه، مس، قلع و نیکل از این دسته مواد هستند.

۱-۷-۴ گوگرد یکی از قدیمی‌ترین آفت‌کش‌های تاریخ

کاربرد گوگرد به شکل آلی و معدنی احتمالا قدیمی‌ترین روش مبارزه علیه بیماری‌های گیاهی است. گوگرد معدنی تحت عنوان محلول کالیفرنی به بازار عرضه می‌شود. محلول کالیفرنی از اختلاط گوگرد با آهک و جوشاندن آن بدست می‌آید. افزودن آهک به گوگرد به‌دلیل خنثی‌کردن خاصیت گیاه‌سوزی گوگرد انجام می‌شود. گوگرد معدنی علاوه‌بر فرمولاسیون مایع محلول کالیفرنی به دو شکل گرد روان‌ریز و همچنین پودر نیز تولید و عرضه می‌شود. بیشتر شهرت گوگرد در تاریخ آفت‌کش‌ها به دلیل تاثیر آن روی سفیدک پودری یا حقیقی است اما همچنین روی زنگ ها، بلایت برگ و همچنین برخی بیماری‌های میوه توصیه می‌شود.

مشتقات آلی گوگرد به‌طور گسترده این روزها مصرف می‌شوند. همه این ترکیبات تحت عنوان قارچ‌کش‌های کاربامات نامیده می‌شوند که از دیتیوکاربامیک اسید مشتق می‌شوند.

دی‌تیوکاربامات‌ها از نظر مکانیسم عمل به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. مونوآلکیل دی‌تیوکاربامات‌ها: زینب، مانب، مانکوزب و واپام
۲. دی‌آلکیل‌دی‌تیوکاربامات‌ها: تیرام، زیرام و فربام

مونوآلکیل دی‌تیوکاربامات

هگزاتان ۷۵ درصد

زینب (Zinc ethylene bisdithiocarbamate): زینب حاوی عنصر روی و همچنین علیه لکه برگی آلترناریایی و همچنین عامل *Phytophthora* spp. روی سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی و همچنین بلاست برنج و زنگ غلات توصیه شده است.

مانب (Manganese ethylene bisdithiocarbamate): نام تجاری مانزیت و همچنین دیتان‌ام ۲۲ برای این قارچ‌کش بکار می‌رود.

مانکوزب (مانب+ روی): دیتان‌ام ۴۵ و مانزب دو نام تجاری این قارچ‌کش هستند. از افزودن روی به قارچ‌کش مانب بدست می‌آید. دو قارچ‌کش مانب و مانکوزب هر دو حفاظتی هستند و علیه

بسیاری از بیماری‌ها در گیاهان زراعی و همچنین گیاهان زینتی مصرف دارد. مانکوزب از جمله قارچ‌کش‌های غیر سیستمیک است که روی زنگ‌ها و آنتراکنوز سبزیجات نیز موثر است.

واپام Vapam: سدیم متیل دی تیوکاربامات: یک قارچ‌کش و نماتدکش که به روش فومیگاسیون بکار می‌رود. این ترکیب در خاک گاز ایزوتیوسیانات متیل تولید می‌کند که بشدت برای علف‌های هرز، نماتدها و قارچ‌ها خطرناک است.

دی‌آلکیل دی‌تیوکاربامات

زیرام (Zinc dimethyl dithiocarbamate): روی جرب سیب کاربرد دارد. زیرام اثر گیاه-سوزی بجز در گیاهان حساس به عنصر روی ندارد. روی آنتراکنوز و زنگ لوبیا موثر است.

فربام (Ferric dimethyl dithiocarbamate) روی عامل *Taphrina deformans* هلو اثر قابل ملاحظه‌ای دارد. آنتراکنوز مرکبات، سفیدک داخلی توتون و همچنین جرب سیب را کنترل می‌کند.

تیرام Thiram: با دو فرمولاسیون پودر و دوغاب برای ضدعفونی بذر بکار می‌رود. همچنین تیرام روی عامل پوسیدگی خاکستری روی میوه‌های مختلف و همچنین پیتیوم و ریزوکتونیا موثر است.

ترکیبات نیتروژنی هتروسیکلیک

مهم‌ترین و معروف‌ترین ترکیب در این گروه قارچ‌کش کاپتان است. کاپتان قارچ‌کشی حفاظتی و غیر سیستمیک است. این ترکیب روی سفیدک پودری تاثیری ندارد اما روی سفیدک داخلی موثر است. همچنین مصرف کاپتان به‌صورت ضدعفونی بذر نیز امکان پذیر است.

۸-۴ قارچ‌کش‌های سیستمیک

این ترکیبات از اواخر سال ۱۹۶۰ بیشتر شناخته شدند. هر ترکیبی که بتواند بعد از نفوذ به گیاه به‌طور آزادانه در شیره گیاه حرکت کند را سیستمیک می‌گویند. از مهم‌ترین مزایای قارچ‌کش

سیستمیک این است که این ترکیبات قادرند آلودگی که از قبل در گیاه انتشار پیدا کرده را از بین ببرند و به‌طور همزمان از آلودگی نقاط جدید نیز جلوگیری کنند.

قارچ‌کش‌های سیستمیک رایج عبارتند از:

بنزیمیدازول‌ها، تیوفانات‌ها، اکساتیلین‌ها و مشتقات آن‌ها، مورفولین‌ها و ترکیبات ارگانوفسفره و همچنین Miscellaneous group

گروه اکساتالین و مشتقات

اکساتالین جز اولین قارچ‌کش‌های پیشرفته بودند. این گروه از قارچ‌کش‌ها تحت عنوان کاربوکسامید، کاربوکسیلیک اسید آنیلید و همچنین کاربوکسانیلید و حتی ساده تر آنیلیدها نامیده می‌شوند که تنها روی قارچ‌های بیمارگر بازیدیومیست و همچنین ریزوکتونیا موثر هستند. کربوکسین از جمله مهم‌ترین قارچ‌کش‌های این گروه است که با فرمولاسیون پودر و با نام تجاری ویتاواکس ۷۵ درصد پودر وتابل، به عنوان یک ضدعفونی کننده بذر و همچنین سیاهک و زنگ غلات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بنزیمیدازول‌ها

این گروه روی طیف وسیعی از قارچ ها موثر است. مشتقات این گروه از قارچ‌کش‌ها عبارتند از:

- گروه اول مرتبط با تیابندازول و فوبریدازول
- گروه دوم عبارت از متیل بنزیمیدازول کاربامات MBC که برخی مانند بنومیل ترکیبی هستند و برخی مانند کاربندازیم که MBC هستند.

بنومیل:

این ترکیب اکنون در لیست مجاز سموم ایران نیست. سیستمیک است و روی طیف بسیار وسیعی از قارچ‌ها موثر است. در گذشته با نام تجاری بنلیت و با فرمولاسیون پودر ۵۰ درصد علیه جرب سیب، سفیدک پودری، ورتیسیلیوم و همچنین ریزوکتونیا مصرف می‌شد. بنومیل ترکیبی خطرناک و تراتوژن است. از مصرف آن بشدت پرهیز کنید.

کاربندازیم

قارچ‌کش سیستمیک با نام تجاری باویستین و با فرمولاسیون ۵۰ درصد پودر وتابل علیه برخی بیماری‌های خاکزاد، بیماری‌های قارچی موز مانند لکه برگی سیگاتوکا موز و همچنین به‌عنوان عامل ضدعفونی بذر نیز استفاده می‌شود.

تیابندازول: طیف بسیار وسیعی از قارچها از جمله عامل پوسیدگی خاکستری، آنتراکنوز، فوزاریوم، اسکلروتینیا و ورتیسیلیوم را کنترل می‌کند.

گروه تیوفانات‌ها

تیوفانات

نام تجاری توپسین و با فرمولاسیون ۵۰ درصد پودر به بازار عرضه شد. این ترکیب سیستمیک با طیف بسیار وسیع است که علیه پوسیدگی اسکلروتینیایی، پوسیدگی خاکستری و همچنین سفیدک پودری توصیه شده است.

تیوفانات متیل:

تفاوت این ترکیب با قارچ‌کش تیوفانات در استخلاف متیل است. همچنین این ترکیب با فرمولاسیون پودر ۷۰ درصد به بازار عرضه شد. لکه برگی سرکوسپورا را به‌خوبی کنترل می‌کند.

گروه مورفولین‌ها

تریدیمورف با نام تجاری کالکسین با فرمولاسیون EC25 درصد از مهمترین ترکیبات این گروه است. سیستمیک و موثر روی سفیدک پودری غلات و همچنین گیاهان زینتی

۹-۴ قارچ‌کش‌هایی که روی چند نقطه اثر دارند Multisite Action

- گوگرد، مس و جیوه
- محلول بردو (سولفات مس+ آهک)
- جیوه آلی

- دی‌تیوکاربامات‌ها
- فتالمیدها (کاپتان)
- فتالونیتریل‌ها

۴-۱۰ قارچ‌کش‌های با محل تاثیر ویژه

- بنزیمیدازول (گروه ۱)
- دی کربوکسیمید (گروه ۲)
- فنیل پیرول‌ها (گروه ۱۲)
- هیدروکسی آنیلید (گروه ۱۷)
- کربوکسامید (گروه ۷)
- فنیل آمید (گروه ۴)
- فسفونات (گروه ۲۱)
- ترکیبات مانع متیلاسیون (گروه ۳)
- مورفولین‌ها (گروه ۵)
- استروبیلورین‌ها (گروه ۱۱)
- کینولین Quinoline (گروه ۱۳)

قارچ‌ها عموما از طریق تغییر در محل حساس (محل تاثیر) و تجزیه قارچ‌کش نسبت به ترکیبات مختلف واکنش نشان می‌دهند.

۴-۱۱ قارچ‌کش‌های ثبت شده علیه سفیدک داخلی پیاز (*Cynthia ocamb*)

- آلیت (فوزتیل آلومینیوم)
- مانب
- متالاکسیل+کلروتالونیل
- ریدومیل (متالاکسیل+ مانکوزب)

چند توصیه فنی مهم

- هرگونه توصیه، توزیع و فروش آفت‌کش‌ها بار حقوقی زیادی دارد. قوانین مصرف، توصیه و فروش را بخوبی بدانید و هرگز تخلف نکنید. اگر مسئول فنی فروشگاه آفت‌کش‌ها هستید، نام و نشانی دقیق خریداران آفت‌کش‌ها را روزانه یادداشت کنید.

- از مصرف سموم در مناطق مسکونی و شهری بشدت پرهیز کنید.

- کشاورزی دانش بسیار گسترده ایست. هیچکس به تمام امور آگاه و فصل الخطاب نیست. مشورت کنید و تلاش کنید عوارض جانبی را دقیق تر بسنجید.

- هرگز عوامل محیطی اثرگذار در شدت یک بیماری را فراموش نکنید. بدون مدیریت فاکتورهای محیطی اعمال مبارزه شیمیایی رضایت بخش نخواهد بود.

- به ارقام مقاوم نسبت به بیماری ها توجه کنید. کشت و پرورش ارقام مقاوم می تواند تا حد زیادی شدت خسارت بیمارگر را کاهش دهد.

- قارچ‌کش‌های معدنی را بصورت حفاظتی، تقویتی و تلفیق با قارچ‌کش‌های مصنوعی استفاده نمایید.

- از اختلاط کودها با سموم آفت‌کش مصنوعی پرهیز کنید مگر اینکه تمام عوارض جانبی را از قبل پیش‌بینی کرده باشید. انجام یک تست کوچک قبل از تیمار تمام مزرعه، لازم و ضروری است.

- هیچ کودی نمی‌تواند روی تمام بیماری‌ها اثر کنترلی داشته باشد. حتی عنصر پرکاربردی مانند پتاسیم ممکن است روی برخی بیماری‌ها اثر افزایشی و برخی کاهشی داشته باشد.

- اثر قارچ‌کشی مصرف برگی و محلول پاشی کودهای معدنی عموما بیشتر از مصرف خاکی همان کودها است. اما در مواردی بخصوص راجع به بیماری‌های خاکزی ممکن است شرایط متفاوت باشد.

- همه فرمولاسیون‌های کودهای مختلف مناسب مصارف قارچ‌کشی نیستند. شرکت‌های تولید کننده نیز از مواد و منابع مختلف برای تهیه کودها استفاده می‌کنند. فرمولاسیون، مشخصات فیزیکی و شیمیایی همه در میزان تاثیر روی شدت قارچ‌کشی کودها دخیل هستند.

منابع

بنی هاشمی، ض. (۱۳۹۲). تغذیه معدنی و بیماری های گیاهی،۴۲-۴۳

زال، م. و مستوفی زاده فلمفرسا، ر. (۱۳۹۲). ردیابی مولکولی مقاومت قارچ‌های بیمارگر گیاهان به قارچ‌کش‌ها. دانش بیماری شناسی گیاهی ۳(۱): ۵۳-۳۷.

عظیمی، ح. (۱۳۹۱). اثر تلفیق قارچ‌کش‌های کروزکسیم متیل و تتراکونازول با بی‌کربنات پتاسیم در کنترل بیماری سفیدک پودری جالیز در شرایط گلخانه‌ای.۱(۱): ۶۵-۵۷.

Abbasi, P. A., & Lazarovits, G. (2006a). Effect of soil application of AG3 phosphonate on the severity of clubroot of bok choy & cabbage caused by Plasmodiophora brassicae. *Plant disease*, *90*(12), 1517-1522.

Abbasi, P. A., & Lazarovits, G. (2006b). Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses Pythium damping-off of cucumber seedlings. *Plant Disease*, *90*(4), 459-464.

Ahmed, F. A., Arif, M., & Alvarez, A. M. (2017). Antibacterial effect of potassium tetraborate tetrahydrate against soft rot disease agent Pectobacterium carotovorum in tomato. *Frontiers in microbiology*, *8*, 1728.

Boyd, R. S. (2007). The defense hypothesis of elemental hyper accumulation: status, challenges & new directions. *Plant & Soil*, *293*(1-2), 153-176.

Akinsanmi, O. A., & Drenth, A. (2013). Phosphite & metalaxyl rejuvenate macadamia trees in decline caused by Phytophthora cinnamomi. *Crop Protection*, *53*, 29-36.

Alaoui, F. T., Askarne, L., Boubaker, H., Boudyach, E. H., & Aoumar, A. A. B. (2017). Control of gray mold disease of tomato by postharvest application of organic acids & salts. *Plant Pathol. J*, *16*, 62-72.

Abdel-Aziz, M. M., Emam, T. M., & Elsherbiny, E. A. (2020). Bioactivity of magnesium oxide nanoparticles synthesized from cell filtrate of endobacterium Burkholderia rinojensis against *Fusarium oxysporum*. *Materials Science & Engineering: C*, *109*, 110617.

Adaskaveg, J. E., Förster, H., Hao, W., & Gray, M. (2017). Potassium phosphite resistance & new modes of action for managing *Phytophthora* diseases of citrus in the United States. *Modern Fungicides & Antifungal Compounds VIII*

Adaskaveg, J. E., Hao, W., & Förster, H. (2015). Postharvest strategies for managing *Phytophthora* brown rot of citrus using potassium phosphite in combination with heat treatments. *Plant disease*, *99*(11), 1477-1482.

Ah-Fong, A. M., Kim, K. S., & Judelson, H. S. (2017). RNA-seq of life stages of the oomycete *Phytophthora infestans* reveals dynamic changes in metabolic, signal transduction, & pathogenesis genes & a major role for calcium signaling in development. *BMC genomics*, *18*(1), 198.

Ahmed, A. I., Yadav, D. R., & Lee, Y. S. (2016). Applications of nickel nanoparticles for control of *Fusarium* wilt on lettuce & tomato. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*, *5*, 7378-7385.

Ahmed, A. I., Yadav, D. R., & Lee, Y. S. (2016). In Vitro Evaluation of Nickel Nanoparticles against Various Pathogenic *Fusarium* Species. *International Journal of ChemTech Research*, *9*(6), 174-183.

Aini, F. N., Santoso, T. I., & Sudarsianto, S. (2016). Application of copper fungicide & row covers to control *Phytophthora* seedling blight disease on cocoa. *Pelita Perkebunan*, *32*(2), 83-90

Aurioles-López, V., Polo-López, M. I., Fern&ez-Ibanez, P., López-Malo, A., & B&ala, E. R. (2016). Effect of iron salt counter ion in dose–response curves for inactivation of *Fusarium solani* in water through solar driven Fenton-like processes. *Physics & Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *91*, 46-52.

Bhat, K. A., Masood, S. D., Bhat, N. A., Bhat, M. A., Razvi, S. M., Mir, M. R., ... & Habib, M. (2010). Current status of post harvest soft rot in vegetables: a review. *Asian Journal of Plant Sciences*, *9*(4), 200.

Bojórquez, R. C.; León, F. J.; Allende, M. R.; Muy, R. M. D.; Carrillo, F. J. A.; Valdez, T. J. B.; López, S. F. S. & García, E. R. S. (2012). Characterization of powdery mildew in cucumber plant under greenhouse conditions in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. Afr. J. Agric. Res. 7(21):3237-3248.

Bombelli, E. C., & Wright, E. R. (2006). Efecto del bicarbonato de potasio sobre la calidad del tomate y acción sobre Botrytis cinerea en poscosecha. *Ciencia e Investigación Agraria*, *33*(197-203).

Bosse, R. J., Bower, J. P., & Bertling, I. (2011). Pre-& post-harvest treatments on 'Fuerte'avocados to control anthracnose (Colletotrichum gloeosporioides) during ripening. *S. Afr. Avocado Grower Assoc. Yearb*, *34*, 65-69.

Bangemann, L. W., Westphal, A., Zwerger, P., Sieling, K., & Kage, H. (2014). Copper reducing strategies for late blight (*Phytophthora infestans*) control in organic potato (*Solanum tuberosum*) production. *Journal of Plant Diseases & Protection*, *121*(3), 105-116

Bekker, T. F. (2011). *Efficacy of water soluble silicon for control of Phytophthora cinnamomi root rot of avocado* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).

Bekker, T. F., Kaiser, C., & Labuschagne, N. (2006). Efficacy of water soluble silicon against *Phytophthora cinnamomi* root rot of avocado: A progress report. *South African Avocado Growers1 Association Yearbook*, *29*, 58-62.

Bekker, T. F., Labuschagne, N., Aveling, T., Regnier, T., & Kaiser, C. (2014). Effects of soil drenching of water-soluble potassium silicate on commercial avocado (Persea americana Mill.) orchard trees infected with *Phytophthora cinnamomi* R&s on root density, canopy health, induction & concentration of phenolic compounds. *South African Journal of Plant & Soil*, *31*(2), 101-107.

Bekker, T., Aveling, T., Kaiser, C., Labuschagne, N., & Regnier, T. (2007). Accumulation of total phenolics due to silicon application in roots of avocado trees infected with *Phytophthora cinnamomi*. In *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*.

Bekker, T., Labuschagne, N., Aveling, T., & Kaiser, C. (2007). Inhibition of *Phytophthora* root rot of avocado with potassium silicate application. In *Book of Abstracts of the VI World Avocado Congress* (pp. 12-16).

Borrero, C., Trillas, M. I., Delgado, A., & Avilés, M. (2012). Effect of ammonium/nitrate ratio in nutrient solution on control of *Fusarium* wilt of tomato by *Trichoderma* asperellum T34. *Plant Pathology*, *61*(1), 132-139.

Bramhanwade, K., Shende, S., Bonde, S., Gade, A., & Rai, M. (2016). Fungicidal activity of Cu nanoparticles against *Fusarium* causing crop diseases. *Environmental Chemistry Letters*, *14*(2), 229-235**.**

Cabot, C., Gallego, B., Martos, S., Barceló, J., & Poschenrieder, C. (2013). Signal cross talk in Arabidopsis exposed to cadmium, silicon, & Botrytis cinerea. *Planta*, *237*(1), 337-349.

Cerioni, L., Rapisarda, V. A., Doctor, J., Fikkert, S., Ruiz, T., Fassel, R., & Smilanick, J. L. (2013). Use of phosphite salts in laboratory & semicommercial tests to control citrus postharvest decay. *Plant Disease*, *97*(2), 201-212.

Carmona, M. A., Sautua, F. J., Grijalba, P. E., Cassina, M., & Pérez-Hernández, O. (2018). Effect of potassium & manganese phosphites in the control of *Pythium* damping-off in soybean: a feasible alternative to fungicide seed treatments. *Pest management science*, *74*(2), 366-374.

Carmona, M. A., Simonetti, E., Ravotti, M. E., Sc&iani, M. M., Luque, A. G., Formento, N. A., & Sautua, F. (2017). In vitro antifungal/fungistatic activity of manganese phosphite against soybean soil-borne pathogens.

Chinchilla, D., Bruisson, S., Meyer, S., Zühlke, D., Hirschfeld, C., Joller, C., Ĺ Harodon, F., Méne-Saffrané, L., Riedel, K., & Weisskopf, L. (2019). A sulfur-containing volatile emitted by potato-associated bacteria confers protection against late blight through direct anti-oomycete activity. *Scientific Reports*, *9*(1), 1-15.

Chittem, K., Khan, M. F., & Goswami, R. S. (2016). Efficacy of precipitated calcium carbonate in managing *fusarium* root rot of field pea. *Phytoparasitica*, *44*(3), 295-303.

Choi, S., & Hassanzadeh, N. (2019). BSFL Frass: A Novel Biofertilizer for Improving Plant Health While Minimizing Environmental Impact.

Cowles, R. S. (2020). Sulfur Amendment of Soil Improves Establishment & Growth of Firs in a Field Naturally Infested with *Phytophthora*. *Journal of Environmental Horticulture*, *38*(1), 15-21.

Dorn, B., Musa, T., Krebs, H., Fried, P. M., & Forrer, H. R. (2007). Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber & laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology*, *119*(2), 217-240.

Daniel, R., Wilson, B. A., & Cahill, D. M. (2005). Potassium phosphonate alters the defence response of *Xanthorrhoea australis* following infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Australasian Plant Pathology*, *34*(4), 541-548

DE NOVAES, M. I. C. (2016). *Physiological & Biochemical Aspects of Soybean Sprayed with Manganese Phosphite for the White Mold Control* (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).

Dimkpa, C. O., McLean, J. E., Britt, D. W., & &erson, A. J. (2013). Antifungal activity of ZnO nanoparticles & their interactive effect with a biocontrol bacterium on growth antagonism of the plant pathogen *Fusarium graminearum*. *Biometals*, *26*(6), 913-924.

Domínguez-Hernández, J. D., Negrín-Medina, M. A., & Rodríguez-Hernández, C. M. (2010). Potassium selectivity in transported volcanic soils (sorribas) under banana cultivation in relation

to banana-wilt expression caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Communications in soil science & plant analysis*, *41*(14), 1674-1692

Dong, X., Wang, M., Ling, N., Shen, Q., & Guo, S. (2016). Effects of iron & boron combinations on the suppression of *Fusarium* wilt in banana. *Scientific reports*, *6*, 38944.

dos Santos, R. A. A., D'Addazio, V., Silva, J. V. G., Falqueto, A. R., da Silva, M. B., Schmildt, E. R., & Fern&es, A. A. (2019). Antifungal Activity of Copper, Zinc & Potassium Compounds on Mycelial Growth & Conidial Germination of *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. *Microbiology Research Journal International*, 1-11

Epstein, E. (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, *155*(2), 155-160.

Errampalli, D., Saunders, J. M., & Holley, J. D. (2001). Emergence of silver scurf (Helminthosporium solani) as an economically important disease of potato. *Plant Pathology*, *50*(2), 141-153.

Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society (APS Press).

El-Hersh, M. S., El-Hai, K. A., & Ghanem, K. M. (2011). Efficiency of molybdenum & cobalt elements on the lentil pathogens & nitrogen fixation. *Asian J. Plant Pathol*, *5*, 102-114.

El-Mohamedy, R. S., Abdel-Kader, M. M., Abd-El-Kareem, F., & El-Mougy, N. S. (2013). Essential oils, inorganic acids & potassium salts as control measures against the growth of tomato root rot pathogens in vitro. *Journal of Agricultural Technology*, *9*(6), 1507-1520.

Fawe, A. B. O. U. Z. A. I. D., Abou-Zaid, M., Menzies, J. G., & Bélanger, R. R. (1998). Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. *Phytopathology*, *88*(5), 396-401.

Félix-Gastélum, R., Apodaca-Sánchez, M. Á., del Carmen Martínez-Valenzuela, M., & Espinosa-Matias, S. (2005). Podosphaera (Sect. Sphaerotheca) xanthii (Castagne) U. Brawn y N. Shishkoff en cucurbitáceas en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *23*(2), 162-168.

Fones, H., & Preston, G. M. (2013). The impact of transition metals on bacterial plant disease. *FEMS Microbiology Reviews*, *37*(4), 495-519.

Furukawa, T., Yoshinari, T., & Sakuda, S. (2017). Intracellular superoxide level controlled by manganese superoxide dismutases affects trichothecene production in *Fusarium graminearum*. *FEMS microbiology letters*, *364*(21), fnx213

Gentile, S., Valentino, D., & Tamietti, G. (2009). Control of ink disease by trunk injection of potassium phosphite. *Journal of Plant Pathology*, 565-571.

Ghadiri, M. R., Dalili, A., Frotan, A., Zaker, M., Rahmanifard, B., & Dalili, M. (2013). Study on antifungal activity of some salts on growth & dry rot development of Fusarium solani (Mart.) Sacc. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, *13*(5), 668-672.

Giannousi, K., Avramidis, I., & Dendrinou-Samara, C. (2013). Synthesis, characterization & evaluation of copper based nanoparticles as agrochemicals against *Phytophthora infestans*. *RSC advances*, *3*(44), 21743-21752**.**

Gisi, U., & Sierotzki, H. (2015). Oomycete fungicides: Phenylamides, quinone outside inhibitors, & carboxylic acid amides. In *Fungicide Resistance in Plant Pathogens* (pp. 145-174).

Göre, M. E. (2017). Fungal seedborne pathogens infecting potato seed tubers from Turkey, 2011–2014. *Journal of Plant Diseases & Protection*, *124*(6), 539-551.

Grant, B. R., Dunstan, R. H., Griffith, J. M., Niere, J. O., & Smillie, R. H. (1990). The mechanism of phosphonic (phosphorous) acid action in Phytophthora. *Australasian Plant Pathology*, *19*(4), 115-121.

Greaves, J. (2009). Biopesticides, regulatory innovation & the regulatory state. *Public Policy & Administration*, *24*(3), 245-264.

Groves, E., Howard, K., Hardy, G., & Burgess, T. (2015). Role of salicylic acid in phosphite-induced protection against *Oomycetes*; a *Phytophthora cinnamomi*-Lupinus augustifolius model system. *European Journal of Plant Pathology*, *141*(3), 559-569.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2014). Silicon & selenium: two vital trace elements that confer abiotic stress tolerance to plants. In *Emerging technologies & management of crop stress tolerance* (pp. 377-422). Academic Press.

Hassan, R., El-Kadi, S., & S&, M. (2015). Effect of some organic acids on some fungal growth & their toxins production. *Int J Adv Biol*, *2*(1), 1-11.

Hauben, L., Moore, E. R., Vauterin, L., Steenackers, M., Mergaert, J., Verdonck, L., & Swings, J. (1998). Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae. *Systematic & applied microbiology*, *21*(3), 384-397.

Hermida-Montero, L. A., Pariona, N., Mtz-Enriquez, A. I., Carrión, G., Paraguay-Delgado, F., & Rosas-Saito, G. (2019). Aqueous-phase synthesis of nanoparticles of copper/copper oxides & their antifungal effect against *Fusarium oxysporum*. *Journal of hazardous materials*, *380*, 120850.

Hernández-Monjaraz, W. S., Caudillo-Pérez, C., Salazar-Sánchez, P. U., & Macías-Sánchez, K. L. (2018). Influence of iron & copper on the activity of laccases in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *brazilian journal of microbiology*, *49*, 269-275.

Hofgaard, I. S., Ergon, Å., Henriksen, B., & Tronsmo, A. M. (2010). The effect of potential resistance inducers on development of Microdochium majus & *Fusarium culmorum* in winter wheat. *European journal of plant pathology*, *128*(2), 269-281.

Huang, X., Wen, T., Zhang, J., Meng, L., Zhu, T., & Cai, Z. (2015). Toxic organic acids produced in biological soil disinfestation mainly caused the suppression of Fusarium oxysporum f. sp. cubense. *BioControl*, *60*(1), 113-124.

Huber, D. M., & Jones, J. B. (2013). The role of magnesium in plant disease. *Plant & Soil*, *368*(1-2), 73-85.

Hussein, H. Z., Abdul-Karim, E. K., & Mutar, S. S. (2017). Possibility of using nanoparticles (ZnNPs, MgONPs) in keeping cucurbit fruit from infection by *Pythium aphanidermatum*. *Int J Sci Res*, *6*(5), 837-839.

Hutcheson, S. W. (1998). Current concepts of active defense in plants. *Annual review of phytopathology*, *36*(1), 59-90.

Ivey, M. L., & Miller, S. A. (2013). Assessing the efficacy of pre-harvest, chlorine-based sanitizers against human pathogen indicator microorganisms & *Phytophthora capsici* in non-recycled surface irrigation water. *Water research*, *47*(13), 4639-4651.

Jabnoun-Khiareddine, H., Abdallah, R., El-Mohamedy, R., Abdel-Kareem, F., Gueddes-Chahed, M., Hajlaoui, A., & Daami-Remadi, M. (2016). Comparative efficacy of potassium salts against soil-borne & air-borne fungi & their ability to suppress tomato wilt & fruit rots. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, *8*(2), 45-55.

Jeon, Y. A., Lee, S., Lee, Y., Lee, H. S., Sung, J. S., & Kim, Y. G. (2014). Disinfection of *Fusarium*-infected rice seeds by gaseous chlorine dioxide. *Seed Science & Technology*, *42*(3), 322-331.

Jian-bing, C., Xiao-ming, L., Yu-zhu, O., Wei, Z., Dong-bo, W., Ting-ting, S., ... & Qi, Y. (2012). Manganese-electrolysed slag treatment: bioleaching of manganese by *Fusarium* sp. *Environmental technology*, *33*(11), 1307-1312.

Jin, J. H., Zhang, H. X., Tan, J. Y., Yan, M. J., Li, D. W., Khan, A., & Gong, Z. H. (2016). A new ethylene-responsive factor CaPTI1 gene of pepper (Capsicum annuum L.) involved in the regulation of defense response to Phytophthora capsici. *Frontiers in plant science*, *6*, 1217.

Johnson, D. A., Inglis, D. A., & Miller, J. S. (2004). Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. *Plant Disease*, *88*(10), 1153-1159.

Juárez, M. G. Y., Tafoya, F. A., Ruvalcaba, L. P., Alcaraz, T. D. J. V., Angulo, T. P. G., & López, R. M. (2018). Efecto in vitro de fosfito de potasio sobre Athelia rolfsii y Pythium aphanidermatum. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *9*(7), 1532-1538.

Judelson, H. S., & Roberts, S. (2002). Novel protein kinase induced during sporangial cleavage in the oomycete Phytophthora infestans. *Eukaryotic cell*, *1*(5), 687-695.

Kaiser, C., Van der Merwe, R., Bekker, T. F., & Labuschagne, N. (2005). In-vitro inhibition of mycelial growth of several phytopathogenic fungi, including *Phytophthora cinnamomi* by soluble silicon. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, *28*(1), 70-74.

Kanhed, P., Birla, S., Gaikwad, S., Gade, A., Seabra, A. B., Rubilar, O., Duran, N & Rai, M. (2014). In vitro antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi. *Materials Letters*, *115*, 13-17.

Kannan, M., Sangareswari, K. U., Suganya, P., Ganesan, R., & Rajarathinam, K. (2015). Biobased approach for the synthesis, characterization, optimization & application of silica nanoparticles by fungus *Fusarium oxysporum*. *Pharmaceut. Biol Eval*, *2*, 223-233.

Khoshgoftarmanesh, A. H., Mohaghegh, P., Sharifnabi, B., Shirvani, M., & Khalili, B. (2012). Silicon nutrition & Phytophthora drechsleri infection effects on growth & mineral nutrients concentration, uptake, & relative translocation in hydroponic-grown cucumber. *Journal of plant nutrition*, *35*(8), 1168-1179.

Koka, J. A., Wani, A. H., & Bhat, M. Y. (2019). Evaluation of antifungal activity of Magnesium oxide (MgO) & Iron oxide (FeO) nanoparticles on rot causing fungi. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, *9*(2-s), 173-178.\

Kolaei, E. A., Tweddell, R. J., & Avis, T. J. (2012). Antifungal activity of sulfur-containing salts against the development of carrot cavity spot & potato dry rot. *Postharvest biology & technology*, *63*(1), 55-59.

Kristiawati, Y., Sumardiyono, C., & Wibowo, A. (2014). Uji pengendalian penyakit layu Fusarium pisang (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) dengan asam fosfit dan aluminium-fosetil. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, *18*(2), 103-110.

Kuck, K. H., & Gisi, U. (2007). FRAC mode of action classification & resistance risk of fungicides. *Modern crop protection compounds*, 415-432.

Küçükyumuk, Z., Özgönen, H., Erdal, I., & Eraslan, F. (2014). Effect of zinc & Glomus intraradices on control of *Pythium* deliense, plant growth parameters & nutrient concentrations of cucumber. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *42*(1), 138-142.

Liljeroth, E., Lankinen, Å., Wiik, L., Burra, D. D., Alex&ersson, E., & &reasson, E. (2016). Potassium phosphite combined with reduced doses of fungicides provides efficient protection against potato late blight in large-scale field trials. *Crop Protection*, *86*, 42-55.

Lim, S., Borza, T., Peters, R. D., Coffin, R. H., Al-Mughrabi, K. I., Pinto, D. M., & Wang-Pruski, G. (2013). Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by

phosphites & a complex indirect mode of action against Phytophthora infestans. *Journal of proteomics*, *93*, 207-223.

Liu, P., Gong, J., Ding, X., Jiang, Y., Chen, G., Li, B. & Chen, Q. (2016). The L-type Ca2+ Channel Blocker Nifedipine Inhibits Mycelial Growth, Sporulation, & Virulence of *Phytophthora capsici*. *Frontiers in microbiology*, *7*, 1236.

Lucero, G., Boiteux, J., Pizzuolo, P., & Hapon, M. V. (2012, September). Effect of copper, zinc & potassium phosphites on the mycelium growth of *Phytophthora nicotianae* in olive tree dry branch disease. In *VII International Symposium on Olive Growing 1057* (pp. 437-442).

Luo, Y., Yao, A., Tan, M., Li, Z., Qing, L., & Yang, S. (2020). Effects of manganese & zinc on the growth process of *Phytophthora nicotianae* & the possible inhibitory mechanisms. *PeerJ*, *8*, e8613.

Manna, S., Ghosh, A., Rajak, R., Sarkar, A., Das, S., Laha, R., Tanmoy, P., Isita, P., Sudipto, G & M&al, S. M. (2017). Control of late blight of potato using plant micronutrients copper & zinc bimetallic nanoparticle. *Advanced Science, Engineering & Medicine*, *9*(11), 971-976.

Mei, L., Shilong, T., Jin, S., Xizhuo, W., Jianxin, C., Shouqiang, L., Xia, G & Jiachun, T. (2017). Effects of chlorine dioxide on morphology & ultrastructure of *Fusarium sulphureum* & its virulence to potato tubers. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, *10*(5), 242-250.

Melgar, R., Magen, H., Camozzi, M. E., & Lav&era, J. (2000). Potassium chloride application in wheat in the Pampean region, Argentina. Response to potassium or to chloride. In *Proceedings of the World Fertilizer Congress, 3e9 August*.

Melgar, R., Magen, H., Camozzi, M.E., Lav&era, J., (2001). Potassium chloride application in wheat in the Pampean region, Argentina. Response to potassium or to chloride? In: Proceedings of the World Fertilizer Congress, 3e9 August 2000, Beijing, China.

Messenger, B. J., Menge, J. A., & Pond, E. (2000). Effects of gypsum on zoospores & sporangia of *Phytophthora cinnamomi* in field soil. *Plant disease*, *84*(6), 617-621.

Mills, A. A. S., & Hurta, R. A. R. (2006). Sensitivity of Erwinia spp. to salt compounds in vitro & their effect on the development of soft rot in potato tubers in storage. *Postharvest Biology & Technology*, *41*(2), 208-214.

Mills, A. A. S., Platt, H. W., & Hurta, R. A. R. (2004). Effect of salt compounds on mycelial growth, sporulation & spore germination of various potato pathogens. *Postharvest Biology & Technology*, *34*, 341-350.

Mirzadeh, S., Darezereshki, E., Bakhtiari, F., Fazaelipoor, M. H., & Hosseini, M. R. (2013). Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. *Materials science in semiconductor processing*, *16*(2), 374-378.

Miyake, N., & Nagai, H. (2017). Efficacy of phosphonate in controlling white powdery rot of fig caused by *Phytophthora palmivora*. *Journal of general plant pathology*, *83*(6), 390-397.

Mofid Nakhaei, M., Abdossi, V., Dehestani, A., Pirdashti, H., & Babaeizad, V. (2018). Enhanced defense responses in *Pythium ultimum*-challenged cucumber plants induced by potassium phosphite. *Journal of Plant Molecular Breeding*, *6*(1), 24-33

Mofidnakhaei, M., Abdossi, V., Dehestani, A., Pirdashti, H.,& Babaeizad, V. (2016). Potassium phosphite affects growth, antioxidant enzymes activity & alleviates disease damage in cucumber plants inoculated with *Pythium ultimum*. *Archives of Phytopathology & Plant Protection*, *49*(9-10),. 207-221

Monchiero, M., Gullino, M. L., Pugliese, M., Spadaro, D., & Garibaldi, A. (2015). Efficacy of different chemical & biological products in the control of Pseudomonas syringae pv. actinidiae on kiwifruit. *Australasian Plant Pathology*, *44*(1), 13-23.

Monsalve, J. V., Rosero, S. E. V., Cárdenas, N. J. R., & Duarte, F. O. T. (2012). Efectos del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl+ mancozeb en el control de Mildeo velloso (Peronospora destructor Berk) en cebolla de bulbo (Allium cepa L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, *65*(1), 6317-6325.

Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R., Hussaini, K., & Ghasemi-Fasaei, R. (2018). Effects of calcium salts in controlling *Phytophthora pistaciae*, the causal agent of pistachio gummosis. *European Journal of Plant Pathology*, *151*(2), 475-485.

Müller-Stöver, D., & Sauerborn, J. (2007). A commercial iron fertilizer increases the survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* propagules in a wheat flour-kaolin formulation. *Biocontrol science & technology*, *17*(6), 597-604.

Najarpour, H., Hasanzadeh Davarani, F., & Moradi, M. (2018). Efficacy of calcium salts on controlling *Phytophthora pistaciae*, the cause of Pistachio (Pistacia vera L.) gummosis. *Journal of Nuts*, *9*(2), 123-134.

Nechwatal, J., & Zellner, M. (2015). Potential suitability of various leaf treatment products as copper substitutes for the control of late blight (*Phytophthora infestans*) in organic potato farming. *Potato research*, *58*(3), 261-276.

Nenova, V., & Bogoeva, I. (2014). Separate & combined effects of excess copper & *Fusarium culmorum* infection on growth & antioxidative enzymes in wheat (Triticum aestivum L.) plants. *Journal of plant interactions*, *9*(1), 259-266.

Nikolov, A., & Ganchev, D. (2011). In vitro antifungal examination of potassium sorbate towards some phytophatogens. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *17*(2), 191-194.

Noël, G. M. A. M., Madrid, E. A., Bottini, R., & Lamattina, L. (2001). Indole acetic acid attenuates disease severity in potato-Phytophthora infestans interaction & inhibits the pathogen growth in vitro. *Plant Physiology & Biochemistry*, *39*(9), 815-823.

Ortega-Aguilar, B. L., Alarcón, A., & Ferrera-Cerrato, R. (2011). Effect of potassium bicarbonate on fungal growth & sclerotia of Sclerotium cepivorum & its interaction with Trichoderma. *Revista mexicana de micologia*, *33*, 53-61.

Palou, L., Smilanick, J. L., & Crisosto, C. H. (2009). Evaluation of food additives as alternative or complementary chemicals to conventional fungicides for the control of major postharvest diseases of stone fruit. *Journal of food protection*, *72*(5), 1037-1046.

Panova, G. G., Grote, D., & Kläring, H. P. (2004). Population dynamics of *Pythium aphanidermatum* & response of tomato plants as affected by root-zone temperature. *Journal of Plant Diseases & Protection*, *111*(1), 52-63.

Park, S. J., Kim, G. H., Kim, A., Lee, H. T., Gwon, H. W., Kim, J. H., Lee, K. H. & Kim, H. T. (2012). Controlling effect of agricultural organic materials on *Phytophthora* blight & anthracnose in red pepper. *Research in plant disease*, *18*(1), 1-9.

Pertot, I., Zasso, R., Amsalem, L., Baldessari, M., Angeli, G., & Elad, Y. (2008). Integrating biocontrol agents in strawberry powdery mildew control strategies in high tunnel growing systems. *Crop protection*, *27*(3-5), 622-631.

Pilbeam, R. A., Howard, K., Shearer, B. L., & Hardy, G. E. S. J. (2011). Phosphite stimulated histological responses of Eucalyptus marginata to infection by Phytophthora cinnamomi. *Trees*, *25*(6), 1121-1131.

Pinson-Gadais, L., Richard-Forget, F., Frasse, P., Barreau, C., Cahagnier, B., Richard-Molard, D., & Bakan, B. (2008). Magnesium represses trichothecene biosynthesis & modulates Tri5, Tri6, & Tri12 genes expression in *Fusarium graminearum*. *Mycopathologia*, *165*(1), 51-59.

Qiao, Y., Yang, S., Wang, H., & Li, Z. (2017). Effect of boron on mycelial growth, sporangiogenesis & zoosporogenesis of *Phytophthora nicotianae* & the possible inhibitory mechanisms. *European journal of plant pathology*, *149*(4), 945-952.

Qin, G., Tian, S., Chan, Z., & Li, B. (2007). Crucial role of antioxidant proteins & hydrolytic enzymes in pathogenicity of Penicillium expansum: analysis based on proteomics approach. *Molecular & Cellular Proteomics*, *6*(3), 425-438.

Quintero-Vargas, C., & Castaño-Zapata, J. (2012). Evaluación de inductores de resistencia para el manejo de nematodos fitoparásitos en plántulas de plátano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *36*(141), 575-586.

Rachniyom, H., & Jaenaksorn, T. (2008). Effect of soluble silicon & *Trichoderma harzianum* on the in vitro growth of *Pythium aphanidermatum*. *Journal of Agricultural Technology*, *4*(2), 57-71.

Ramírez-Gil, J. G., & Morales-Osorio, J. G. M. (2020). Integrated proposal for management of root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado cv. Hass crops. *Crop Protection*, 105271**.**

Ramteke, P. K., & Kamble, S. S. (2011). Physiological studies in *Fusarium solani* causing rhizome rot of ginger (Zingiber officinale Rosc.). *The Bioscan*, *6*(2), 195-197.

Saikia, R., Varghese, S., Singh, B. P., & Arora, D. K. (2009). Influence of mineral amendment on disease suppressive activity of *Pseudomonas fluorescens* to Fusarium wilt of chickpea. *Microbiological research*, *164*(4), 365-373.

Sanabria, K., Pérez, W., Sanchez, D., & &rade-Piedra, J. L. (2018). Resistance inductors for potato late blight management in Peru.

Savi, G. D., Bortoluzzi, A. J., & Scussel, V. M. (2013). Antifungal properties of Zinc-compounds against toxigenic fungi & mycotoxin. *International journal of food science & technology*, *48*(9), 1834-1840.

Savi, G. D., Piacentini, K. C., de Souza, S. R., Costa, M. E., Santos, C. M., & Scussel, V. M. (2015). Efficacy of zinc compounds in controlling *Fusarium* head blight & deoxynivalenol formation in wheat (Triticum aestivum L.). *International journal of food microbiology*, *205*, 98-104.

Scheuerell, S. J., & Mahaffee, W. F. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, *94*(11), 1156-1163.

Schneiderhan, F.J., 1933. The discovery of Bordeaux mixture. Phytopathol. Classics 3, 1e25.

Schneider-Müller, S., Kurosaki, F., & Nishi, A. (1994). Role of salicylic acid & intracellular Ca2+ in the induction of chitinase activity in carrot suspension culture. *Physiological & Molecular Plant Pathology*, *45*(2), 101-109.

Schuerger, A. C., & Hammer, W. (2003). Suppression of powdery mildew on greenhouse-grown cucumber by addition of silicon to hydroponic nutrient solution is inhibited at high temperature. *Plant disease*, *87*(2), 177-185.

Seebold, K. W., Datnoff, L. E., Correa-Victoria, F. J., Kucharek, T. A., & Snyder, G. H. (2000). Effect of silicon rate & host resistance on blast, scald, & yield of upl& rice. *Plant disease*, *84*(8), 871-876.

Seifu, Y. W. (2017). Reducing Severity of Late Blight (*Phytophthora infestans*) & Improving Potato (Solanum tuberosum L.) Tuber Yield with Pre-Harvest Application of Calcium Nutrients. *Agronomy*, *7*(4), 69.

Serrano, M. S., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Hernández, M. E. S. (2012). Calcium fertilizers induce soil suppressiveness to *Phytophthora cinnamomi* root rot of Quercus ilex. *European Journal of Plant Pathology*, *132*(2), 271-279.

Serrano, M. S., Fernández-Rebollo, P., De Vita, P., & Sánchez, M. E. (2013). Calcium mineral nutrition increases the tolerance of Quercus ilex to *Phytophthora* root disease affecting oak rangel& ecosystems in Spain. *Agroforestry Systems*, *87*(1), 173-179.

Serrano, M. S., Leal, R., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez, M. E. (2014). Control of *Phytophthora cinnamomi* by soil application of calcium fertilizers in a Dehesa ecosystem in Spain. *IOBC-WPRS Bulletin*, *101*, 139-143.

Serrano, M. S., Ríos, P., González, M., Romero, M. Á., Fernández, P., & Sánchez, M. E. (2017). A review of integrated control of *Phytophthora* root rot in oak rangel& ecosystems. *IOBC-WPRS Bulletin*, *127*, 139-146.

Shearer, B. L., Fairman, R. G., & Grant, M. J. (2006). Effective concentration of phosphite in controlling *Phytophthora cinnamomi* following stem injection of Banksia species & Eucalyptus marginata. *Forest Pathology*, *36*(2), 119-135.

Shi, K., Wang, L., Zhou, Y. H., Yu, Y. L., & Yu, J. Q. (2009). Effects of calcium cyanamide on soil microbial communities & *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumberinum*. *Chemosphere*, *75*(7), 872-877.

Shukla, A., & Mishra, R. K. (2014). Efficacy of Heavy Metals in Management of *Fusarium* Udum & *Fusarium Oxysporum* F. Sp. Ciceri. *Innovative Energy Technology Systems & Environmental Concerns: A Sustainable Approach. Research India Publications*, 57-62.

Solla, A., García, L., Pérez, A., Cordero, A., Cubera, E., & Moreno, G. (2009). Evaluating potassium phosphonate injections for the control of Quercus ilex decline in SW Spain: implications of low soil contamination by *Phytophthora cinnamomi* & low soil water content on the effectiveness of treatments. *Phytoparasitica*, *37*(4), 303-316.

Soylu, E. M., Kurt, Ş., & Soylu, S. (2010). In vitro & in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent Botrytis cinerea. *International Journal of Food Microbiology*, *143*(3), 183-189.

Stadnik, M. (2001). História e Taxonomia de oidios. *Oidios. Brasil: Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 391-418.

Stasikowski, P. M., McComb, J. A., Scott, P., Paap, T., O'Brien, P. A., & Hardy, G. S. J. (2014). Calcium sulphate soil treatments augment the survival of phosphite-sprayed Banksia leptophylla infected with *Phytophthora cinnamomi*. *Australasian Plant Pathology*, *43*(4), 369-379.

Stehmann, C., & Grant, B. R. (2000). Inhibition of enzymes of the glycolytic pathway & hexose monophosphate bypass by phosphonate. *Pesticide Biochemistry & Physiology*, *67*(1), 13-24.

Stevenson, W. R. (2001). Compendium of Potato Diseases.(pp. 1-106). St. Paul, MN.

Stevenson, W., Loria, R., Franc, G. D., & Weingartner, D. P. (2001). Compendium of potato diseases, 2nd editio edn. *American Phytopathological Society Press, St Paul, USA*.

Subhani, M. N., Sahi, S. T., Ali, L., Rehman, A., & Wakil, W. (2015). Genotypic variations in potassium contents of potato leaves infested with late blight of potato incited by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *J Environ Agric Sci*, *2*(6).

Sugimoto, T., Watanabe, K., Furiki, M., Walker, D. R., Yoshida, S., Aino, M., ... & Irie, K. (2009). The effect of potassium nitrate on the reduction of *Phytophthora* stem rot disease of soybeans, the growth rate & zoospore release of *Phytophthora sojae*. *Journal of phytopathology*, *157*(6), 379-389.

Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Furiki, M., Shiono, M., Matoh, T., & Biggs, A. R. (2010). Field application of calcium to reduce Phytophthora stem rot of soybean, & calcium distribution in plants. *Plant disease*, *94*(7), 812-819.

Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Irie, K., Matoh, T., & Biggs, A. R. (2008). Select calcium compounds reduce the severity of *Phytophthora* stem rot of soybean. *Plant Disease*, *92*(11), 1559-1565.

Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Matsuyama, M., Maekawa, K., & Irie, K. (2007). The effects of inorganic elements on the reduction of *Phytophthora* stem rot disease of soybean, the growth rate & zoospore release of Phytophthora sojae. *Journal of Phytopathology*, *155*(2), 97-107.

Sun, C., Zhu, P., Ji, J., Sun, J., Tang, L., Pi, F., & Sun, X. (2017). Role of aqueous chlorine dioxide in controlling the growth of *Fusarium graminearum* & its application on contaminated wheat. *LWT*, *84*, 555-561.

Tadege, M., Bucher, M., Stähli, W., Suter, M., Dupuis, I., & Kuhlemeier, C. (1998). Activation of plant defense responses & sugar efflux by expression of pyruvate decarboxylase in potato leaves. *The Plant Journal*, *16*(6), 661-671.

Taimooz, S. H. (2018). Behavior of some nanomaterials in improving the growth of onion plant, Allium cepa & its effect on *Pythium aphanidermatum*. *Plant Archives*, *18*(1), 857-862.

Tarabih, M. E., El-Metwally, E. E., & El-Eryan, M. A. (2014). Physiological & pathological impacts of potassium silicate on storability of anna apple fruits. *American Journal of Plant Physiology*, *9*(2), 52-67.

Thomidis, T., Elena, K., & Tsipouridis, C. (2002). Persistence & fungicidal activity of four fungicides applied to peach trunks to control phytophthora crown rot/Persistenz und fungizide Wirkung von vier Fungiziden gegen *Phytophthora*-Kragenfäule nach Applikation an Stämme von Pfirsichbäumen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases & Protection*, 401-409**.**

Tonshin, A. A., Teplova, V. V., &ersson, M. A., & Salkinoja-Salonen, M. S. (2010). The *Fusarium* mycotoxins enniatins & beauvericin cause mitochondrial dysfunction by affecting the mitochondrial volume regulation, oxidative phosphorylation & ion homeostasis. *Toxicology*, *276*(1), 49-57.

Toppe, B., & Thinggaard, K. (2000). Influence of Copper Ion Concentration & Electrical Conductivity of the Nutrient Solution on *Phytophthora cinnamomi* in Ivy grown in Ebb-&-Flow Systems. *Journal of Phytopathology*, *148*(11-12), 579-585.

Tottingham, W. E. (1919). 1782601. A preliminary study of the influence of chlorides on the growth of certain agricultural plants. *Agronomy journal*, *11*(1), 33-47.

Trommer, W. E., & Glöggler, K. (1979). Solution conformation of lactate dehydrogenase as studied by saturation transfer ESR spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Enzymology*, *571*(2), 186-194.

Truong, N. V., Burgess, L. W., & Liew, E. C. (2012). Greenhouse & field evaluations of potassium phosphonate: the control of *Phytophthora* foot rot of black pepper in Vietnam. *Archives of phytopathology & plant protection*, *45*(6), 724-739.

Türkkan, M. U. H. A. R. R. E. M., & Erper, I. (2014). Evaluation of antifungal activity of sodium salts against onion basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Plant Protection Science*, *50*(1), 19-25.

Tynan, K. M., Wilkinson, C. J., Holmes, J. M., Dell, B., Colquhoun, I. J., McComb, J. A., & Hardy, G. S. J. (2001). The long-term ability of phosphite to control *Phytophthora cinnamomi* in two native plant communities of Western Australia. *Australian Journal of Botany*, *49*(6), 761-770.

Ushiwata, S. Y., Amemiya, Y., & Inubushi, K. (2009). Inhibition of in vitro growth of Rhizoctonia solani by liquid residue derived from steam-treated grass clippings. *Journal of general plant pathology*, *75*(4), 312-315.

Vágvölgyi, C., Körösi, K., Antal, Z., Turoczi, G., & Manczinger, L. (2009). The effect of copper on the effectiveness of biocontrol bacterium strains. *Cereal Research Communications*, *37*, 589-592.

Vallad, G. E., & Goodman, R. M. (2004). Systemic acquired resistance & induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop science*, *44*(6), 1920-1934.

Van Niekerk, J. M., Basson, E., Olivier, C., Carelse, G. L., & Guarnaccia, V. (2019). Chlorine & mefenoxam sensitivity of *Phytophthora nicotianae* & Phytopthora citrophthora from South African citrus nurseries. *Phytopathologia Mediterranea*, *58*(3), 629-638.

Vawdrey, L. L., & Westerhuis, D. (2007). Field & glasshouse evaluations of metalaxyl, potassium phosphonate, acibenzolar & tea tree oil in managing Phytophthora root rot of papaya in far northern Queensl&, Australia. *Australasian plant pathology*, *36*(3), 270-276.

Vawdrey, L. L., Grice, K. E., Peterson, R. A., & De Faveri, J. (2004). The use of metalaxyl & potassium phosphonate, mounds, & organic & plastic mulches, for the management of *Phytophthora* root rot of papaya in far northern Queensl&. *Australasian Plant Pathology*, *33*(1), 103-107.

Veena, S. S., & Sarma, Y. R. (2000). Uptake & persistence of potassium phosphonate & its protection against *Phytophthora capsici* in black pepper. In *Spices & aromatic plants: challenges & opportunities in the new century. Contributory papers. Centennial conference on spices & aromatic plants, Calicut, Kerala, India, 20-23 September, 2000* (pp. 243-248). Indian Society for Spices.

Viet, P. V., Nguyen, H. T., Cao, T. M., & Hieu, L. V. (2016). *Fusarium* antifungal activities of copper nanoparticles synthesized by a chemical reduction method. *Journal of Nanomaterials*, *2016*.

Walters, D. R., & Bingham, I. J. (2007). Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Annals of Applied Biology*, *151*(3), 307-324.

Walters, D. R., & Fountaine, J. M. (2009). Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. *The Journal of Agricultural Science*, *147*(5), 523-535.

Walters, D., Walsh, D., Newton, A., & Lyon, G. (2005). Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology*, *95*(12), 1368-1373.

Wang, Q., Ma, Y., Yang, H., & Chang, Z. (2014). Effect of biofumigation & chemical fumigation on soil microbial community structure & control of pepper *Phytophthora* blight. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, *30*(2), 507-518.

Wang, S. Y., & Galletta, G. J. (1998). Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition*, *21*(1), 157-167.

Wang, Y., Dou, D., Wang, X., Li, A., Sheng, Y., Hua, C., Cheng, B., Chen, X., Zheng, x., & Wang, Y. (2009). The PsCZF1 gene encoding a C2H2 zinc finger protein is required for growth, development & pathogenesis in *Phytophthora sojae*. *Microbial pathogenesis*, *47*(2), 78-86**.**

Wani, A. H., & Shah, M. A. (2012). A unique & profound effect of MgO & ZnO nanoparticles on some plant pathogenic fungi. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *2*(3), 4.

Wasti, S., Mimouni, H., Smiti, S., Zid, E., & Ben Ahmed, H. (2012). Enhanced salt tolerance of tomatoes by exogenous salicylic acid applied through rooting medium. *Omics: a journal of integrative biology*, *16*(4), 200-207

Williams, J., & Smith, S. G. (2001). Correcting potassium deficiency can reduce rice stem diseases. *Better crops*, *85*(1), 7-9.

Wood, P. M., & Hollomon, D. W. (2003). A critical evaluation of the role of alternative oxidase in the performance of strobilurin & related fungicides acting at the Qo site of complex III. *Pest management science*, *59*(5), 499-511.

Wu, Zhilin, Xuebin Yin, Gary S. Bañuelos, Zhi-Qing Lin, Zhu Zhu, Ying Liu, Linxi Yuan, & Miao Li. "Effect of selenium on control of postharvest gray mold of tomato fruit & the possible mechanisms involved." *Frontiers in microbiology* 6 (2016): 1441.

Yaganza, E. S., Tweddell, R. J., & Arul, J. (2014). Postharvest application of organic & inorganic salts to control potato (Solanum tuberosum L.) storage soft rot: plant tissue–salt physicochemical interactions. *Journal of agricultural & food chemistry*, *62*(38), 9223-9231.

Yáñez Juárez, M. G., Ayala Tafoya, F., Partida Ruvalcaba, L., Velázquez Alcaráz, T. D. J., Godoy Angulo, T. P., & Días Valdéz, T. (2014). Efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (Oidium sp.) en pepino (Cucumis sativus L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *5*(6), 991-1000.

Yáñez, J., Ayala, T., Partida, R., Velázquez, A., Godoy, A., & Días, V. (2014). Effect of bicarbonates on the control of powdery mildew (Oidium sp.) in cucumber (Cucumis sativus L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *5*(6), 991-1000.

Yao, Y. A., Wang, J., Ma, X., Lutts, S., Sun, C., Ma, J., ... & Xu, G. (2012). Proteomic analysis of Mn-induced resistance to powdery mildew in grapevine. *Journal of experimental botany*, *63*(14), 5155-5170.

Yasmin, F., Othman, R., Sijam, K., & Saad, M. S. (2009). Characterization of beneficial properties of plant growth-promoting rhizobacteria isolated from sweet potato rhizosphere. *Afr J Microbiol Res*, *3*(11), 815-821.

Yehia, R. S., & Ahmed, O. F. (2013). In vitro study of the antifungal efficacy of zinc oxide nanoparticles against *Fusarium oxysporum* & *Penicilium expansum. African Journal of Microbiology Research*, *7*(19), 1917-1923.

Yildirim, I., Onogur, E., & Irshad, M. (2002). Investigations on the efficacy of some natural chemicals against powdery mildew [Uncinula necator (Schw.) Burr.] of grape. *Journal of Phytopathology*, *150*(11-12), 697-702.

Yokota, K., Teraoka, T., Suzuki, H., Murakami, K., Miwa, E., & Higuchi, K. (2010). Effect of inorganic ions on bud cell formation by *Fusarium oxysporum* in potato dextrose broth. *Journal of general plant pathology*, *76*(5), 331-335.

Yoshida, S., Ohnishi, Y., & Kitagishi, K. (1962). Chemical forms, mobility & deposition of silicon in rice plant. *Soil Science & Plant Nutrition*, *8*(3), 15-21.

Yu, W. Y., Jia, X. J., Wang, J. X., Chen, C. J., & Zhou, M. G. (2011). Effective of Carbendazim-oxine-copper, a novel fungicide against *Phytophthora capsici*. *Agrochemicals*, (8), 20.

Zabrieski, Z., Morrell, E., Hortin, J., Dimkpa, C., McLean, J., Britt, D., & &erson, A. (2015). Pesticidal activity of metal oxide nanoparticles on plant pathogenic isolates of *Pythium. Ecotoxicology*, *24*(6), 1305-1314.

Zhang, X. M. (2016). Chemical & Non-Chemical Control of Potato Pink Rot.

Ziv, O., & Zitter, T. A. (1992). Effects of bicarbonates & film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. *Plant disease (USA)*.

انتقادات و پیشنهادات خود را به ایمیل info@fidar.company ارسال نمایید.