

تأثیر pH، مواد کلات کننده آهن و کلسیم روی بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ناترک

ناشی از قارچ *Fusarium solani*

حمید علوانی پور^{۱*}، رضا فرخی نژاد^۲ و مصطفی چرم^۳

*- نویسنده مسوول: کارشناس ارشد بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
(alvani_2006@yahoo.com)

۲- استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱

چکیده

یکی از مهم ترین معضلات کشت ناترک در استان خوزستان بیماری های پوسیدگی طوقه و ریشه می باشد. عمده ترین عامل بیماری در این استان قارچ *Fusarium solani* است. در گلخانه ضمن مطالعه بیماری زایی قارچ *F. solani* روی ناترک، اثرات سطوح مختلف pH (۶ و ۸)، کلات کننده EDDHA (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر) و کلسیم (صفر و ۱۲ میلی اکی والان بر لیتر) روی صفات مختلف (میانگین وزن خشک و تر بخش هوایی گیاه، وزن تر ریشه و شدت بیماری) بررسی گردید. نتایج آزمایش اثر pH و سطوح مختلف کلات کننده بر صفات مختلف نشان داد که در سطوح مختلف غلظتی EDDHA (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر) اختلاف معنی داری بین pH=۸ و pH=۶ وجود داشت. در صورتی که در هر دو pH بین سطوح غلظتی ۱۰ و ۲۰ اختلاف معنی داری وجود نداشت؛ به طوریکه با افزودن ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA بیماری به ترتیب به ۴۰٪ و ۳۳٪ در pH=۶ و ۱۳٪ و ۶٪ در pH=۸ کاهش یافت. بین سطح ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر کلات کننده و سطح صفر در هر دو pH نیز اختلاف معنی داری وجود داشت. همچنین نتایج بررسی اثر کلسیم و غلظت های مختلف EDDHA بر صفات مختلف فوق گویای آن بود که اختلاف معنی داری بین تیمارهای دریافت کننده کلسیم + غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر کلات کننده و سایر تیمارها وجود دارد؛ به طوریکه تیمار کلسیم + غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر باعث کاهش شدت بیماری تا ۶٪ گردید. علاوه بر این، نتایج حاکی از آن بود که کاربرد غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر کلات کننده به تنهایی و نیز کلسیم به تنهایی هیچ گونه تفاوتی با هم نداشتند؛ ضمناً نتایج مبین آن بود که کاربرد کلسیم یا کلات کننده اختلاف معنی داری با عدم کاربرد آن ها داشت.

کلید واژه ها: ناترک، EDDHA، کلرید کلسیم، شدت بیماری، *Fusarium solani*

مقدمه

می شود همچنین با داشتن خواص دارویی به عنوان یک گیاه دارویی نیز به شمار می رود (پیرزاد و همکاران، ۲۰۱۰؛ راجامانیکام و همکاران، ۲۰۱۰).

در سال های اخیر عارضه پوسیدگی ریشه و طوقه عمده ترین معضل کاشت ناترک در استان خوزستان بوده و باعث اضمحلال این گیاه مفید و حذف و جایگزینی

ناترک با نام علمی *Dodonaea (L.) Jac viscosa* گیاه زینتی مهمی از خانواده Sapindaceae بوده که بومی مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر است (ثابتی، ۱۳۸۵). در خوزستان این گیاه جهت پرچین منازل و تزئین پارک ها و فضای سبز شهری و بلوارها کاشته

علوانی پور و همکاران: تأثیر pH، مواد کلات کننده آهن و کلسیم...

خالص سازی قارچ‌ها به روش تک اسپور و نوک ریشه صورت گرفت (برگیس و همکاران، ۱۹۹۴).

تهیه خاک با pH=۸

به منظور تهیه خاک با pH=۸ چند نمونه خاک از نقاط مختلف دانشگاه شهید چمران اهواز مورد آزمایش قرار گرفت و مشخص شد که خاک منطقه عملیات کشاورزی دانشکده کشاورزی که قبلاً آب‌شویی شده بود دارای pH=۸ می‌باشد در نتیجه برای انجام آزمایشات این تحقیق از این نمونه خاک استفاده به عمل آمد. بعد از تهیه، خاک در دو روز متوالی با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه سترون گردید.

تهیه خاک با pH=۶

در خاک pH=۸ به دلیل وجود میزان بالای کربنات کلسیم قدرت بافرینگ خاک نیز بالا بوده، لذا از اسید جهت افزایش حلالیت کلسیم کربنات و آزاد شدن یون کلسیم و تعدیل pH استفاده شد. در این تحقیق برای تعدیل pH از اسید سولفوریک ۱ مولار استفاده شد. برای جلوگیری از تغییر pH در این نوع خاک، گیاهان طی دوره رشد با آبی که pH آن با استفاده از HCl ضعیف به ۶ تعدیل شده بود آبیاری می‌شدند. آزمایش مربوط به اثرات کلسیم فقط برای این نوع خاک (۶ pH) انجام گرفت.

اندازه‌گیری کلسیم

عمل اندازه‌گیری کلسیم، توسط ورسین (EDTA) و براساس تشکیل کمپلکس یون‌های فلزی با ماده EDTA صورت گرفت (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵).

آزمایش اثر کلسیم

با توجه به اینکه در اثر افزایش اسید به خاک ۸ pH= (به منظور تهیه خاک pH=۶) میزان کلسیم خاک افزایش یافت؛ لذا جهت بررسی اثرات غلظت‌های مختلف EDDHA در دو pH و اثر کلسیم و EDDHA در pH=۶ بر شدت بیماری و سایر صفات گیاه، بعد از تعیین میزان کلسیم خاک‌های اسیدی و بازی

آن با سایر گیاهان زینتی در اکثر مناطق شده است. بررسی‌ها نشان داده که عامل اصلی این بیماری *Fusarium solani* است (کاوای‌پی، ۱۳۷۷؛ مهمان-نواز، ۱۳۴۸؛ میناسیان، ۱۳۵۱). فوزاریوم قارچی است که گسترش جهانی داشته و در تمام نقاط دنیا وجود دارد؛ و عامل اصلی در بروز بیماری‌های مختلفی در طیف وسیعی از گیاهان و جانوران است. تحقیقات نشان داده است که بیماری‌های ناشی از قارچ فوزاریوم در خاک‌های اسیدی شدت بیشتری پیدا می‌کنند (شر و بیکر، ۱۹۸۰). با توجه به اینکه میزبان، پاتوژن و شرایط محیطی سه جزء لازم و ضروری در ایجاد بیماری هستند لذا در بسیاری از موارد با ایجاد تغییر در شرایط محیطی مثلاً تغییر pH یا از دسترس خارج نمودن عناصر ضروری مورد نیاز جوانه زنی و رشد واحدهای تکثیر^۱ می‌توان به کنترل بیماری کمک نمود. مواد کلات کننده موادی هستند که با خارج نمودن عنصر آهن از دسترس قارچ در مدیریت و کنترل بیماری فوزاریوم می‌توانند نقش داشته باشند لذا این تحقیق با اهداف ذیل انجام شد. ۱) بررسی اثر pH های مختلف خاک (اسیدی و بازی) روی بیماری (۲) بررسی اثر ماده کلات کننده EDDHA و کلسیم در خاک روی این بیماری.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری، جدا و خالص سازی قارچ‌ها

به منظور جداسازی عامل بیماری، از طوقه و ریشه‌های گیاهانی که دچار زردی و خشکیدگی تدریجی شده بودند نمونه‌برداری به عمل آمد. تکه‌هایی از این اندام‌ها به طول ۱-۰/۵ سانتیمتر به وسیله اسکالپل جدا و با محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ و ۱٪ به ترتیب به مدت ۳۰ ثانیه و ۱ دقیقه یا الکل اتیلیک ۷۰٪ به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی سطحی شده و سپس در محیط کشت Nash & Snyder و PDA، کشت داده شدند.

زمان تلقیح، صفات مورد نظر در گیاهان مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه‌های آماری

این تحقیق در دو آزمایش فاکتوریل (۲×۳) و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار برای چهار متغیر وزن تر و خشک بخش هوایی، وزن تر ریشه و شدت بیماری و در وسط گلخانه (جایی که حداقل شیب تغییرات وجود دارد) صورت گرفت. در آزمایش اول فاکتور ۱ شامل دو سطح pH ۶ و ۸ و فاکتور ۲ شامل ۳ سطح غلظتی (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر) کلات کننده EDDHA بود. در آزمایش دوم نیز فاکتور اول دو سطح کلسیم (سطوح صفر و ۱۲ میلی‌اکسی‌والان بر لیتر کلسیم) و فاکتور دوم سه سطح غلظتی (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر) EDDHA بود. شدت بیماری گیاهان با استفاده از روش اصلاح شده کیم و همکاران (۱۹۹۷) به صورت زیر ارزیابی شد.

۰= گیاهان سالم بدون هیچ‌گونه علائم آلودگی

۲۰٪= لکه‌های سوخته سطحی و بدون شانکر

۴۰٪= کمتر از ۲۰٪ ریشه‌ها دارای شانکر قهوه‌ای تپیک

۶۰٪= بیش از ۲۰٪ ریشه‌ها دارای شانکرهای تپیک

۸۰٪= بیش از ۴۰٪ ریشه‌ها دارای شانکرهای تپیک

۱۰۰٪= مرگ گیاه

نتایج و بحث

جدایه‌های *F. solani* جدا شده از ناترک

در این بررسی پنجاه و پنج جدایه قارچ *F. solani* از نقاط مختلف استان خوزستان از ریشه و طوقه ناترک جدا و خالص‌سازی گردید. یکی از جدایه‌هایی که شدیدترین علائم را در ناترک ایجاد کرده بود برای انجام آزمایشات انتخاب شد.

آزمایش اول: (اثرات pH و سطوح مختلف

کلات کننده بر صفات مختلف گیاه ناترک)

مطالعه تفاوت میان دو pH نمایان ساخت که وزن تر و خشک بخش هوایی، وزن تر ریشه و شدت بیماری

(که به ترتیب معادل ۲۶ و ۱۴ میلی‌اکسی‌والان بر لیتر بود) با اضافه کردن ۱۲ میلی‌اکسی‌والان بر لیتر کلسیم به خاک بازی، میزان کلسیم دو خاک متعادل گردید. برای این کار از کلرید کلسیم (CaCl₂. 2H₂O) ۱ مولار به میزان ۸۷۶ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. به طوری که در نهایت دو خاک با pH= ۸ و pH= ۶ ولی با میزان کلسیم مساوی به دست آمد. کلرید کلسیم نمکی است با بنیان اسیدی، لذا بر خلاف ترکیبات کربنات و بی‌کربنات تا حدودی باعث کاهش pH هم می‌شود. در آزمایش دوم جهت بررسی اثر کلسیم بر بیماری‌زایی قارچ فوزاریوم ۱۲ میلی‌اکسی‌والان بر لیتر کلرید کلسیم ۱ مولار به خاک با pH=۶ این آزمایش افزوده شد.

آزمایش اثر EDDHA

به دو خاک آماده شده در مرحله قبل (pH= ۸ و pH= ۶) بعد از کشت نهال‌ها در گلدان‌ها دو سطح غلظتی (۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر) از EDDHA قبل و بعد از مایه‌زنی فوزاریوم و در طول دوره رشد گیاهان افزوده شد. جهت مایه‌زنی فوزاریوم به گیاه از روش بذر گندم استفاده شد.

تهیه زاد مایه قارچ *F. solani* با استفاده از بذر گندم

به منظور تهیه مایه تلقیح، ۲۵۰ گرم بذر گندم در یک ارلن ریخته شد و پس از اضافه کردن ۱۰ میلی‌لیتر آب، بذور در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه و در دو روز متوالی سترون شدند. پس از آن جدایه‌های *F. solani* از محیط کشت یک هفته PDA به این دانه‌ها مایه زنی شده و بعد از پوشش کامل بذور توسط قارچ از آن‌ها به عنوان مایه تلقیح استفاده شد.

آزمون بیماری‌زایی درون گلخانه‌ای

گلدان‌های ناترک ۶ ماهه که حاوی ۹۸۵ گرم خاک سترون بودند با ۱۵ گرم مایه تلقیح فوزاریوم (بذر گندم آلوده به قارچ)، مایه‌زنی شدند. بعد از گذشت ۷۰ روز از

علوانی پور و همکاران: تأثیر pH، مواد کلات کننده آهن و کلسیم...

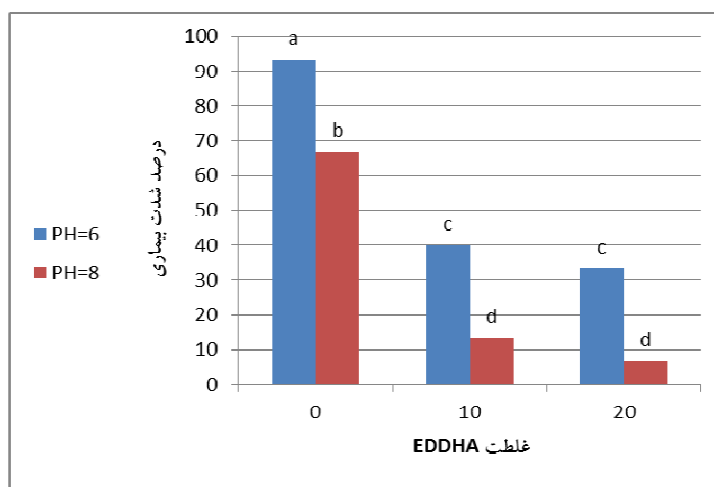
های صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA میان دو pH تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد؛ و در هر ۳ غلظت، pH=۸ وزن خشک و تر بخش هوایی و وزن ریشه بالاتر و شدت بیماری کمتری را نشان داد. در هر دو pH تفاوت معنی داری بین غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA وجود ندارد و بالاترین میانگین وزن خشک و تر بخش هوایی و وزن تر ریشه و کمترین شدت بیماری مربوط به pH=۸ و غلظت ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA و کمترین میانگین وزن خشک و تر بخش هوایی و وزن تر ریشه و بیش ترین شدت بیماری مربوط به سطح غلظت صفر در pH=۸ یا عدم کاربرد EDDHA می باشد (شکل ۱).

گیاهان تیمار شده در pH=۸ اختلاف معنی داری با گیاهان تیمار شده با pH=۶ دارند (جدول ۱) و با ملاحظه اثرات اصلی کلات کننده EDDHA بر صفات یاد شده مشخص شد که هر چند که بیش ترین میانگین وزن خشک و تر بخش هوایی و وزن تر ریشه و همچنین کمترین شدت بیماری مربوط به سطح غلظتی ۲۰ میلی مول در لیتر بوده لیکن براساس آزمون کمترین اختلاف معنی دار ($P < 0/05$, LSD)، اختلاف معنی داری بین این سطح و سطح غلظتی ۱۰ میلی مول در لیتر وجود ندارد ضمناً کاربرد این دو سطح غلظت اختلاف معنی داری با عدم کاربرد EDDHA (سطح غلظتی صفر) دارد. بررسی اثرات pH و سطوح غلظتی مختلف EDDHA بر صفات ذکر شده نشان داد که در غلظت-

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای pH و کلات کننده بر صفات مختلف

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک (هوایی)	وزن تر (هوایی)	وزن تر ریشه	شدت بیماری
تیمار	۵				
pH	۱	۱/۵۷*	۱۳/۳۶*	۸/۷۲*	۸*
کلات کننده	۲	۲/۸۱*	۱۷/۰۹*	۱۰/۱۶*	۱۶/۲۲*
کلات کننده* pH	۲	۰/۰۰۹۶	۰/۳۷	۰/۴۹	۰
خطا	۱۲	۰/۰۵۴	۰/۲۲	۰/۱۳	۱۱۱/۱
ضریب تغییرات	-	۱۳/۶۷	۱۱/۷۸	۱۷/۴۵	۲۴/۹۶

* معنی داری در سطح ۵ درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین شدت بیماری در غلظت های مختلف EDDHA و در دو pH

محیط خاک نیز pH و کلسیم و رقابت برای جذب آهن از مهم ترین عوامل موثر در تعاملات میزبان-بیمارگر به شمار می آیند؛ بنابراین با ایجاد تغییرات در این محیط (خاک) و اجزاء مهم آن نظیر pH، کلسیم و آهن می توان خیلی از بیماری ها را تحت تأثیر قرار داد و شدت و یا وقوع آن ها را کم نمود.

در آزمایش اول این پژوهش مشخص شد که در تمام صفات بررسی شده بین دو pH اختلاف معنی داری وجود دارد و مشخص گردید که شدت بیماری در گیاهان $pH=8$ اختلاف معنی داری با شدت بیماری در گیاهان $pH=6$ دارد و این شدت در $pH=8$ کمتر از $pH=6$ می باشد که این نتایج با نتایج جونز و همکاران (۱۹۹۰) و ولتز و همکاران (۱۹۹۲) مطابقت دارد. در مطالعات مایکل (۱۹۹۷) نیز مشخص شد که شدت بیماری پوسیدگی فوزاریومی طوقه و ریشه گوجه فرنگی در $pH=8$ بسیار کمتر از $pH=6$ بوده و شدت این بیماری در این دو pH اختلاف معنی داری با هم دارد. مطالعات فرخی نژاد (۱۹۹۳) نیز نشان داد که علیرغم کاهش شدت بیماری پژمردگی فوزاریومی نخودفرنگی در $pH=8$ ، لیکن بین $pH=8$ و $pH=6$ اختلاف معنی داری از نظر شدت بیماری وجود ندارد.

بسیاری از محققین رقابت برای جذب آهن را به عنوان مکانیزم دخیل در بازدارندگی^۱ از فوزاریوم دخیل دانسته و معتقدند در اثر این رقابت قدرت فوزاریوم در کلونیزه شدن کاهش می یابد (ایلاد و بیکر، ۱۹۸۵).

شر و بیکر (۱۹۸۲) با ارائه دلایلی ضرورت Fe^{3+} جهت ایجاد بیماری توسط پاتوژن فوزاریوم را نشان دادند.

فرخی نژاد (۱۹۹۳) نیز کاهش شدت بیماری پژمردگی فوزاریومی نخودفرنگی در اثر استعمال کلات کننده را ناشی از رقابت برای یون فریک عنوان کرد.

آزمایش ۲: اثر افزودن و عدم افزودن کلسیم در غلظت های مختلف EDDHA

مقایسه میانگین اثرات اصلی دو سطح کلسیم نشان داد که این دو سطح اختلاف معنی داری با هم در سطح ۵ درصد دارند (جدول ۲). همچنین بررسی اثرات اصلی سطوح مختلف کلات کننده نشان داد که سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر با هم تفاوت معنی داری نداشته و این دو سطح با سطح صفر کلات کننده تفاوت معنی دار دارند. مقایسه میانگین اثر افزودن و عدم افزودن کلسیم در غلظت های مختلف EDDHA بر صفات مختلف با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی دار بیانگر آن بود که در سطح ۵ درصد بین تیمارهای کلسیم+غلظت ۱۰ و کلسیم+غلظت ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA اختلاف معنی داری وجود ندارد و این دو تیمار از نظر میانگین صفات یاد شده با کلیه تیمارها اختلاف معنی دار داشتند. تیمارهایی که تنها غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی مول در لیتر کلات کننده را دریافت کرده بودند و آنهایی که تنها کلسیم دریافت کرده بودند نیز فاقد تفاوت معنی دار با یکدیگر بودند. تیمارهای کلسیم+غلظت ۱۰ و کلسیم+غلظت ۲۰ میلی مول در لیتر EDDHA بیش ترین میانگین وزن تر و خشک بخش هوایی، وزن تر ریشه و کمترین شدت بیماری را داشتند و کمترین میانگین وزن تر و خشک بخش هوایی، وزن تر ریشه و بیش ترین شدت بیماری مربوط به تیماری بود که هیچ گونه کلات کننده یا کلسیمی دریافت نکرده بود. این تیمار با کلیه تیمارها در تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری داشت (شکل ۲).

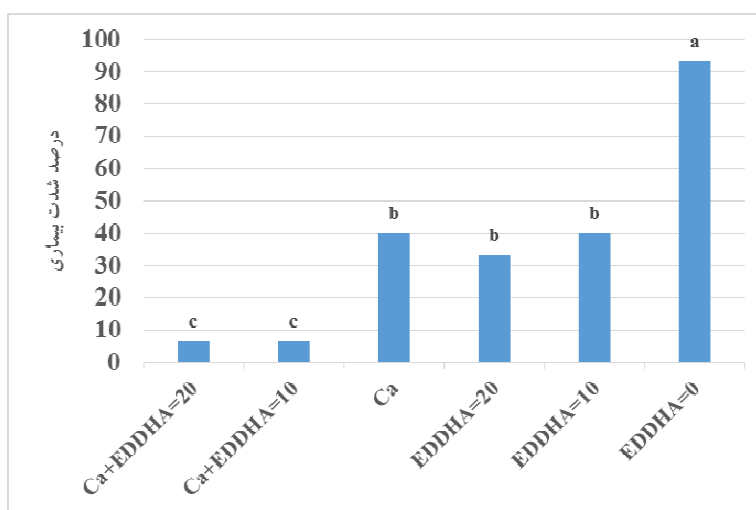
سه عامل محیط، پاتوژن و میزبان نقش تعیین کننده ای در ایجاد بیماری دارند و عدم حضور هر کدام از این عوامل به معنای عدم وقوع بیماری است. لذا در اکثر مواقع می توان با ایجاد تغییر در محیط شرایط را در جهت تضعیف عامل بیماری زا و یا تقویت میزبان سوق داد. یکی از مهم ترین اجزاء محیط که محل تعامل اکثر پاتوژن ها و میزبان های گیاهی است خاک می باشد. در

علوانی پور و همکاران: تأثیر pH، مواد کلات کننده آهن و کلسیم...

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلسیم و کلات کننده بر صفات مختلف

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک (هوایی)	وزن تر (هوایی)	وزن تر ریشه	شدت بیماری
تیمار	۵				
کلسیم	۱	۲/۳*	۱۹/۳۲*	۵/۴۵*	۱۶/۰۵*
کلات کننده	۲	۱/۷*	۱۱/۸۹*	۳/۵۲*	۱۰/۱۷*
کلات	۲	۰/۲۱	۱/۵۳	۰/۴	۰/۷۲
کننده* کلسیم					
خطا	۱۲	۰/۰۵۹	۰/۵۲	۰/۱۸	۰/۲۲
ضریب تغییرات	-	۱۳/۷۹	۱۷/۲۴	۲۱/۹۱	۲۵/۷۱

* معنی داری در سطح ۵ درصد



شکل ۲ - مقایسه میانگین‌های شدت بیماری تیمارهای حضور و عدم حضور کلسیم در غلظت‌های مختلف EDDHA

مواد کلات کننده مورد استفاده در این تحقیق (EDDHA) دارای ثابت پایداری ($\log_{10}K=39/9$) می‌باشد. حال آنکه سیدروفور ترشح شده از فوزاریوم که از گروه هیدروکسیمات‌ها^۱ است، دارای ثابت پایداری معادل $\log_{10}K=29$ است (مایکل، ۱۹۹۷؛ شر و بیکر، ۱۹۸۲) با توجه به این موضوع پر واضح است که قدرت باند شدن سیدروفور هیدروکسیمات بسیار کمتر از EDDHA خواهد بود؛ در نتیجه قارچ فوزاریوم توانایی

پاتوژن فوزاریوم تحت شرایط کمبود آهن اقدام به تولید سیدروفور جهت انتقال آهن به درون سلول خود می‌نماید. براساس تحقیقات شر و بیکر (۱۹۸۲) در صورت اضافه نمودن مواد کلات کننده EDDHA یا فرم آهن دار آن به خاک، تنها میکروارگانیسم‌هایی قادر خواهند بود از این آهن استفاده نمایند که ثابت پایداری بالاتری نسبت به این لیگاند داشته باشند. به دلیل کمتر بودن ثابت پایداری سیدروفور ترشح شده از فوزاریوم نسبت به EDDHA، پاتوژن از دسترسی به آهن محروم مانده و در نتیجه طبیعتاً بازدارندگی ایجاد خواهد شد.

1- Hydroxamate

EDDHA باعث کنترل شدت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طوقه گوجه‌فرنگی در pH=۶ می‌گردد.

در تحقیق حاضر همچنین مشخص شد بین pH=۸ و pH=۶ در دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار EDDHA اختلاف معنی‌داری در کلیه صفات وجود دارد. حال آنکه اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار در دو pH وجود ندارد. مطالعات شر و بیکر (۱۹۸۲) نیز نشان داد که کاربرد کلات کننده Fe-EDDHA در دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرو گرم بر گرم میخک و تربچه هیچ‌گونه تفاوتی از نظر کاهش شدت این بیماری‌ها نداشتند. مطالعات مایکل (۱۹۹۷) روی بیماری پوسیدگی فوزاریومی طوقه و ریشه گوجه‌فرنگی نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف (۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میکرو لیتر) EDDHA در دو pH=۶ و pH=۸ وجود ندارد.

در خاک‌های اسیدی وجود یون‌های فعال H^+ ، Al^{+3} و Fe^{+3} مانع حضور یون کلسیم، در خاک می‌شود (شستشوی کاتیون‌های بازی در خاک‌های اسیدی) اما در خاک‌های بازی مناطق خشک و نیمه خشک، یون کلسیم در صورتیکه شرایط محیطی مناسب باشد (آب کافی جهت حلالیت) به میزان کافی در خاک وجود خواهد داشت. در خوزستان که در اکثر مناطق pH خاک ۸ است میزان غلظت یون آزاد کلسیم به دو دلیل کم است (۱) رقابت با زیادی یون Na (۲) تشکیل ترکیبات کربناتی مانند کلسیم کربنات، دولومیت و فسفات‌های کلسیمی؛ بنابراین در این نوع خاک با کاهش pH و یا استفاده از آب فراوان می‌توان میزان حلالیت یون آزاد کلسیم را افزایش داد.

بسیاری از پاتولوژیست‌ها معتقدند کلسیم با اتصال به بستره پکتین و تشکیل پکتات کلسیم (که نسبت به فعالیت آنزیم‌های پکتولیکی مقاوم است) سبب القاء مقاومت می‌گردد. براساس این نظریه با افزایش میزان

جذب آهن را نخواهد داشت (شر و بیکر، ۱۹۸۲). کاهش قدرت بیمارگری فوزاریوم در اثر کاربرد کلات کننده در این تحقیق، ناشی از محرومیت یا کاهش توان فوزاریوم در جذب آهن بوده که این امر با نتایج سایر محققین ذکر شده کاملاً مطابقت دارد.

آهن قابل دسترس^۱ خاک جهت رشد گیاه و میکروارگانیزم‌ها طبق واکنش تعادلی زیر مشخص می‌شود.



بدیهی است که در معادله فوق pH نقش اساسی داشته و عامل تعیین کننده در بازدارنده یا هادی^۲ بودن خاک می‌باشد. براساس این معادله قلیایی بودن زیاد خاک منجر به کاهش دسترسی به Fe^{+3} می‌گردد در نتیجه pH خاک می‌تواند در دسترسی یا عدم دسترسی پاتوژن به Fe^{+3} و یا هادی و بازدارنده بودن خاک موثر باشد (شر و بیکر، ۱۹۸۲).

نتایج این پژوهش با تحقیقات فرخی نژاد (۱۹۹۳) که نشان داده بود افزودن کلات کننده Fe-EDDHA سبب کاهش معنی‌دار بیماری پژمردگی نخودفرنگی در دو pH=۸ و pH=۶/۵ می‌شود، مطابقت داشت. شر و بیکر (۱۹۸۲) نیز چنین نتایجی را با کاربرد کلات کننده EDDHA و فرم آهن‌دار آن Fe-EDDHA (که ثابت پایداری بالاتری نسبت به سیدروفور فوزاریوم دارند) علیه پژمردگی فوزاریومی میخک به دست آورده‌اند. همان محققین با کاربرد EDDHA و فرم آهن‌دار آن Fe-EDDHA بر علیه *F. oxysporum* و *f. sp. cucumerinum* نشان دادند که از نظر وقوع بیماری بین خاک بخار داده شده و خاک خام هیچ‌گونه تفاوتی وجود ندارد و در هر دو خاک وقوع بیماری پژمردگی فوزاریومی خیار به طور معنی‌داری کاهش یافت. مایکل (۱۹۹۷) نیز نشان داد که کاربرد

1- Fe availability

2- Conductive

همچنین مشخص شد کاربرد کلسیم همراه با کلات کننده آهن اختلاف معنی داری با کاربرد کلسیم بدون کلات کننده دارد. تأثیر بیشتر در کاهش بیماری در تیمارهایی که هم کلسیم و هم کلات کننده دریافت کرده بودند ناشی از رقابت ایجاد شده برای آهن توسط کلات کننده و تشکیل پکتات کلسیم و ممانعت از فعالیت آنزیم‌های پلی گالاکتورونازها توسط کلسیم، به طور همزمان است که به طور قطع از کاربرد به تنهایی این مواد و عملکرد منفرد آن‌ها (رقابت برای آهن یا تشکیل پکتات و ممانعت از آنزیم‌های پلی-گالاکتورونازها) موثرتر است. فرخی نژاد (۱۹۹۳) نیز ضمن بررسی اثر کلرات کلسیم بر بیماری پژمردگی فوزاریومی نخودفرنگی نشان داد که کاربرد این ماده تأثیر معنی داری در کنترل شدت بیماری دارد. اورت و بلازکوئز (۱۹۶۷) نیز نشان دادند که کاربرد کربنات کلسیم در کاهش شدت بیماری پژمردگی فوزاریومی هندوانه موثر است هر چند که به نظر این محققین افزایش pH در اثر این ماده عامل اصلی در کنترل این بیماری است.

کلسیم در گیاه از فعالیت پلی گالاکتورونازها ممانعت می‌شود که در نتیجه این امر بر خصوصیات بیماری‌زایی بیمارگر اثر منفی خواهد گذاشت. به عنوان مثال کوردن (۱۹۶۵) با بررسی پژمردگی گوجه‌فرنگی اظهار نمود که کمبود کلسیم بعد از مرحله تلقیح قارچ باعث افزایش شدت بیماری می‌گردد (صرف نظر از وضعیت کلسیم قبل از تلقیح). از طرف دیگر اگر نقصان کلسیم بعد از مرحله آلودگی اتفاق بیفتد و بعد از آن با میزان کافی از کلسیم جبران شود پیشرفت بیماری کاهش خواهد یافت. کوردن (۱۹۶۵) اظهار نمود کلسیم از فعالیت پلی-گالاکتورونازها که برای بیماری‌زایی فوزاریوم لازم و ضروری هستند جلوگیری به عمل می‌آورد. کن و ساکستون (۱۹۷۰) با مطالعه اثر کلسیم بر بیماری پژمردگی میخک نتایج مشابه کوردن را گزارش کردند. این محققین نشان دادند در صورتی که سطح زیادی از کلسیم در طول آزمایش یا در هنگام تلقیح وجود داشته باشد وقوع بیماری به طور معنی داری کاهش می‌یابد. در این تحقیق نیز مشخص شد که افزودن کلسیم با یا بدون ماده کلات کننده آهن تأثیر معنی داری بر صفات بررسی شده و کاهش بیماری‌زایی فوزاریوم دارد.

منابع

۱. ثابتی، ح. ۱۳۸۵. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد.
۲. غازان‌شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه. تألیف پاولس، ج. م.، وان رنست، ی.، ورلو، م. و ام وندو، ز. انتشارات آییز. تهران. ۲۷۲ ص.
۳. کاویان پی، ع. ۱۳۷۷. جداسازی و تشخیص قارچ‌های مولد پوسیدگی ریشه و مرگ گیاهچه و نهال در خزانه‌های درختان جنگلی در خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران. اهواز.
۴. مهمان نواز، ح. ۱۳۴۸. بررسی بیماری‌های مرگ گیاهچه و بوته‌میری ناترک در خوزستان. مکمل دروس جهت دریافت دانشنامه مهندسی کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه جندی شاپور.
۵. میناسیان، و. ۱۳۵۱. گزارش مطالعات دو ساله روی بیماری‌های گیاهی در خوزستان. انتشارات دانشگاه جندی شاپور، نشریه شماره ۵۱، ۵۲/۱۰، ص.

6. Burgess, L.W., Summerell, B.A., Bullock, S., Gott, K.P., and Backhouse, D. 1994. Laboratory manual for *Fusarium* research. 3rd Edition. *Fusarium* research laboratory department of crop sciences, University of Sydney and Royal Botanic Gardens. 133 pp.
7. Corden, M.E. 1965. Influence of calcium nutrition on *Fusarium* wilt of tomato and polygalacturonase activity. *Phytopathology*, 76: 401-406.
8. Elad, Y., and Baker, R. 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamyospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 75: 1053-1059.
9. Everett, P.H., and Blazquez, C.H. 1967. Influence of lime on the development of *Fusarium* wilt of watermelons. *Florida State Horticultural Society*, 2845: 143-148.
10. Farokhi Nejad, R. 1993. Induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt disease of pea. Ph.D. Dissertation. Colorado State University.
11. Jones, J.P., Woltz, S.S., and Scott, J.W. 1990. Factors affecting development of *Fusarium* crown and root rot. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 103: 142-148.
12. Keane, E.M., and Sackston, W.E. 1970. Effects of boron and calcium nutrition of flax on *Fusarium* wilt. *Plant Science*, 50: 415-422.
13. Kim, D.S., Cook, R.J., and Weller, D.M. 1997. *Bacillus* sp. L324-92 for biological control of three root diseases of wheat grown with reduced tillage. *Phytopathology*, 87: 551-558.
14. Michael, M.M. 1997. Control of *Fusarium* crown and root rot on tomato seedlings using synthetic iron chelators and phenolic compounds found in lettuce roots. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Department of Plant Sciences, The University of Western Ontario London, Ontario.
15. Pirzad, A.J., Shaikh, W., Usmanghani, K., and Mohiuddin, E. 2010. Antifungal activity of *Dodonaea viscosa* extract on pathogenic fungi isolated from superficial skin infection. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23 (3): 337-340.
16. Rajamanickam, V., Rajasekaran, A., Anandarajagopal, K., Sridharan, D., Selvakumar, K., and Stephen Rathinaraj, B. 2010. Anti-diarrheal activity of *Dodonaea viscosa* root extracts. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 1: 182-185.
17. Scher, F.M., and Baker, R. 1980. Mechanism of biological control in *Fusarium* suppressive soil. *Phytopathology*, 70: 412-417.
18. Scher, F.M., and Baker, R. 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology*, 72: 1567-1573.
19. Woltz, S.S., Jones, J.P., and Scott, J.W. 1992. Sodium chloride, nitrogen source, and lime influence *Fusarium* crown and root rot severity in tomato. *HortScience*, 27: 1087-1088.