Archive of SID

اثر زئولیت و DTPA بر ویژگی‌های زایشی گوجه‌فرنگی در خاک‌های آلوده به سرب

ندا دوستی خواه[۱و۲]، ابراهیم پناه پور[۲*]، حبیب نادیان قمشه[۳] و علی غلامی[۲]

[۱] ایران، اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، گروه خاکشناسی

[۲] ایران، اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، گروه خاکشناسی

[۳] ایران، اهواز، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۳

چکیده

بمنظور بررسی تأثیر زئولیت و DTPA (Di ethylene Tri amine Penta Acetic acid) بر ویژگی‌های زایشی گوجه‌فرنگی در خاک‌های آلوده به سرب آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در شهرستان مسجدسلیمان اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل غلظت سرب در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، زئولیت در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد و DTPA در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. اثر ساده غلظت سرب، کاربرد زئولیت و DTPA بطور معنی‌داری طول گل‌آذین، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد میوه در بوته را تحت تأثیر قرارداده، و نیز اثر ساده غلظت سرب و برهمکنش متقابل کاربرد زئولیت و DTPA بر وزن‌تر و خشک میوه معنی‌دار بود. افزایش غلظت سرب در خاک طول گل‌آذین، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد میوه در بوته و وزن خشک میوه را در مقایسه با شاهد بترتیب ۶۰، ۴۲، ۳۴ و ۴۹ درصد کاهش داد. کاربرد زئولیت و DTPA بر روی صفات مورد بررسی منجر به افزایش معنی‌دار گردید. همچنین، در سطوح با غلظت‌های بالاتر زئولیت و DTPA در خاک بر وزن‌تر و خشک میوه با افزایش معنی‌داری همراه بود.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، تعداد میوه در بوته، طول گل‌آذین، وزن خشک میوه، فلز سنگین

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۶۱۳۴۴۴۶۱۳۴ ، پست الکترونیکی: e.panahpour@gmail.com

مقدمه

یکی از مهمترین موضوعات زیست‌محیطی در جوامع بشری، بررسی مبحث آلودگی خاک با فلزات سنگین است که از مهمترین زیان‌های آن می‌توان به اثرات خسارت‌بار بر جمعیت جانوری و گیاهی خاک و نیز آلودگی آب‌های زیرزمینی که ناشی از آبشویی است، همچنین کاهش عملکرد گیاهان زراعی و باغی و پایین آمدن کیفیت محصول و نهایتاً به‌خطر انداختن سلامتی موجودات زنده اشاره کرد (۱۸). عناصر سنگین از آلوده کنندگان بسیار مؤثر محیط‌زیست هستند و سمیت آها یک مسئله فزاینده و مهم به لحاظ اکولوژیکی، تکاملی، غذایی و محیط زیستی بشمار می‌آید (۴). اگرچه فلزات سنگین می‌توانند بطور طبیعی از طریق هوازدگی سنگ‌ها و کانی‌ها و طی فرایند خاک‌سازی در خاک تجمع یابند، ولی این منبع طبیعی در مقایسه با آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی ازجمله احداث کارخانجات صنعتی، استخراج معادن، سوخت‌های فسیلی، مصرف کودهای شیمیایی و آلی، فاضلاب‌های صنعتی و لجن فاضلاب‌ها دارای اهمیت کمتری است (۱۵). براساس گزارش‌های متعدد، سرب مهمترین فلز آلاینده در محیط‌زیست است. که به‌آسانی در خاک و رسوبات انباشته می‌گردد. ازجمله مهمترین منابع آلاینده

www.SID.ir

Archive of SID

سرب می‌توان به فعالیت‌های معادن، صنایع، دود حاصل از فعالیت وسایل‌نقلیه، ترکیبات حاوی سرب مانند رنگ‌ها، گازوئیل و مواد منفجره اشاره کرد (۳).

خاک‌ها با سازوکارهای مختلف مانند رسوب، جذب سطحی و واکنش‌های احیایی، طبیعتاً ظرفیت کمتری برای دسترسی و حرکت فلزات دارند (۱۸). با افزایش غلظت فلزات سنگین، این آلاینده‌ها می‌توانند متحرک شده و درنتیجه آلودگی‌هایی برای محصولات کشاورزی و آب زیرزمینی ایجاد نمایند (۱۴). حذف و کنترل آلودگی‌های فلزات سنگین، به دلایل متعدد و متفاوت بودن منابع آلوده‌کننده بسیار مشکل است. بطوری که، هر منبع آلوده‌کننده، مستلزم فرایند تصفیه خاص خود می‌باشد. در سال‌های اخیر، فرایندهای مختلفی برای حذف فلزات سنگین توسعه یافته‌اند (۱). بیشتر روش‌های فیزیکی یا فیزیکوشیمیایی که برای بهسازی خاک‌های آلوده به کار می‌روند، نه‌تنها ساختمان فیزیکی خاک را تخریب نموده و فعالیت‌های زیستی خاک را متوقف می‌سازند، بلکه آلودگی‌های ثانویه‌ای در خاک ایجاد می‌کنند که خود نیازمند پالایش هستند (۱۸).

استفاده از ترکیباتی که دارای خصوصیات جذب سطحی و تبادل یونی بوده و از مواد طبیعی و سازگار با محیط باشند، برای کاهش آلودگی خاک به عناصر سنگین مطرح شده است (۱). دراین بین، مبادله‌کننده‌های معدنی نظیر زئولیت‌ها به دلایلی چون انتخابگری بالا نسبت به کاتیون‌های مختلف فلزات سنگین، پایداری شیمیایی، فیزیکی و حرارتی مطلوب، قیمت بسیار ارزان، دسترسی آسان و انحصاری نبودن آنها ترجیح داده می‌شوند (۱۶). زئولیت (مواد معدنی بلورین که به‌طور طبیعی در سنگ اصلی آتشفشان‌ها یافت می‌شود با فرمول شیمیایی $M_{2/n}O.Al_2O_3.xSiO_2.yH_2O$ با قابلیت تبادل یونی بالا و بار منفی یک گیرنده ایده‌آل برای کاتیون‌های با بار مثبت مثل سدیم، پتاسیم، باریم، کلسیم و ترکیبات مثبت مانند آب و آمونیاک است) (۱۲). یکی از مهمترین خصوصیات زئولیت، توانایی آن در از دست دادن و جذب آب بدون آسیب دیدن ساختمان کریستالی آن است که این خصوصیت زئولیت را به ترکیب مفیدی برای آلودگی‌زدایی از خاک‌ها تبدیل کرده است (۱). برخی از کاربردهای مهم زئولیت ها در کشاورزی شامل حاصلخیزی خاک و بهبود توزیع کودها، تهویه و اصلاح خاک، تهیه کودهای گیاهی، پرورش گل ها، ساخت حشره کش ها، قارچ کش ها و علف کش ها و جذب فلزات سنگین است که به موجب آن رشد رویشی و زایشی گیاه و بیومس آن نیز افزایش می یابد(۲). همچنین زئولیت ها موجب جلوگیری از خروج رطوبت خاک می شوند (۵).

علاوه بر زئولیت‌ها، دانشمندان از مواد شیمیایی دیگری نظیر کلات‌کننده‌های آلی و سنتزی مانند DTPA که باعث کاهش سمیت و جذب سرب در گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود جهت انحلال و استخراج فلزات سنگین خاک استفاده می‌کنند (۷). کلات‌کننده‌های سنتزی قدرت زیادی در جدا کردن فلزات سمی از ماتریکس خاک و وارد نمودن آنها به فاز محلول خاک‌دارند (۹). کلات کننده های سنتزی قدرت زیادی در جدا کردن فلزات سمی از ماتریکس خاک و وارد نمودن آنها به فاز محلول خاک دارند ترکیبات سبک‌وزن کلات‌کننده با عناصری مانند روی کمپلکس‌های قابل‌جذب تشکیل می‌دهند و بنابراین بر قابلیت جذب عناصر تأثیرگذار هستند (۹ و ۱۸).

گونه‌ها و ارقام گیاهی ازنظر توانایی در جذب، تجمع و مقاومت به فلزات سنگین (فلزاتی که وزن مخصوص آنها بیش از ۴/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد و به مفاهیمی چون سمیت و حضور پایدار در محیط‌زیست نیز استناد دارد) متفاوت می‌باشند. فلزات سنگین نظیر نقره(Ag)، کادمیم(Cd)، قلع(Sn)، جیوه(Hg)، سرب(Pb)، و همچنین فلزاتی که خاصیت الکترونگاتیویته زیادی دارند مانند مس، نیکل و کبالت، میل ترکیبی شدیدی با گروه‌های آمین و

www.SID.ir

Archive of SID

سولفیدریل(SH) دارند. آنزیم‌ها به‌وسیله این فلزات تجزیه‌شده و قدرت آنزیمی خود را از دست می‌دهند. گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین گیاهان باغی است که بطور مستقیم در زنجیره غذایی انسان قرار می‌گیرد، بنابراین غلظت فلزات سنگین در آن از اهمیت بالایی برخوردار است (۹). اما مطالعات کمتری راجع به تلفیق استفاده از زئولیت و DTPA در خصوص کاهش اثرات سوء عناصر فلزی سنگین انجام شده است.

لذا، این مطالعـه باهدف بررسی برخی خصوصیات زایشی گیاه گوجه‌فرنگی در خاک‌آلوده به سرب و مقایسه توانایی زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و کلات سنتزی DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید) بر کاهش تأثیر سوء این عنصر سنگین بر عملکرد گوجه‌فرنگی انجام شد.

مواد و روشها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ بصورت گلدانی در شهرستان مسجدسلیمان در فضای آزاد در آبان تا بهمن‌ماه (کشت دانه‌ها در خزانه آبان و انتقال نشاءها به گلدان در بهمن همان سال) اجرا شد، به هر گلدان ۳ بوته نشاء سالم انتقال داده و پس از استقرار کامل، ۱ بوته نگهداری و دو بوته‌ی دیگر وجین گردید. میانگین بارش سالانه این شهرستان حدود ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای آن در فصل زمستان به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد و در فصل تابستان به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل عنصر سنگین سرب در چهار سطح صفر(Pb_0)، ۵۰(Pb_1)، ۱۰۰(Pb_2) و ۱۵۰(Pb_3) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کاربرد زئولیت در سه سطح صفر(Z_0)، ۰/۵(Z_1) و ۱(Z_2) درصد و DTPA در سه سطح صفر (D_0)، ۵۰(D_1) و ۱۰۰(D_2) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. باتوجه به این‌که وزن خاک هر گلدان ۲ کیلوگرم بود، به ترتیب ۰، ۰/۱ و ۰/۲ گرم از نمک DTPA وزن گردید و با حل کردن در آب مقطر بطور یکنواخت بر روی خاک اسپری شد (قبل از انتقال خاک به گلدان، در مرحله‌ی آماده‌سازی). در این آزمایش از گوجه‌فرنگی هیبرید متین (*Solanum lycopersicum*) استفاده شد. زئولیت مورد استفاده در این آزمایش از شرکت افرازند تهیه شد. همچنین سرب نیز بصورت استات سرب ساخت شرکت مرک (Merck KGaA) و DTPA بکار رفته در این آزمایش نیز از شرکت صحاب شیمی پاسارگاد اصفهان تهیه و مورد استفاده قرارگرفت. خصوصیات شیمیایی زئولیت مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی زئولیت

سایر عناصر	لیتیم Li (%)	گوگرد S (%)	پتاسیم K (%)	سدیم Na (%)	منیزیوم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	تیتانیوم Ti (%)	آهن Fe (%)	آلومینیوم Al (%)	سیلیسیوم Si (%)
۲/۴۵	۱۱/۰۵	۰/۴۷	۴/۳۹	۳/۷۱	۰/۳۳	۱/۲۴	۰/۱۹	۰/۸۴	۱۰/۹۰	۶۴/۴۴

ابتدا از مزرعه‌ای در اطراف مرکز جهاد کشاورزی گلگیر از اعماق مختلف خاک نمونه‌برداری انجام شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده پس از تجزیه خاک تعیین شد (جدول ۲). باتوجه به اینکه ریشه گوجه‌فرنگی تا عمق حدود ۱ متر نفوذ دارد، بنابراین تا لایه ۱۲ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد و جهت انجام آزمایش از نمونه مرکب استفاده گردید. گلدان‌های پلاستیکی به حجم شش کیلوگرم تهیه گردید و سپس خاک الک شده به آن‌ها اضافه شد. میزان کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش آب‌وخاک مرکز تحقیقات محاسبه و تمام کود فسفر و پتاس و یک دوم کود نیتروژنه به‌صورت پایه به خاک گلدان اضافه شد. کود پایه بکار برده شده شامل سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بود. از ۵۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن باقیمانده ۲۵ درصد در مرحله ساقه‌روی و ۲۵ درصد در مرحله گلدهی بصورت سرک مصرف شد.

پس از توزین خاک بطور مساوی برای هر گلدان، آلوده‌سازی خاک با غلظت‌های مختلف سرب انجام گرفت. مقادیر سرب برای هر گلدان به‌صورت مجزا توزین و بطور کامل با خاک مخلوط شد. غلظت‌های مختلف DTPA نیز با خاک توزین شده برای هر گلدان بصورت جداگانه مخلوط شد. سپس مقادیر مختلف زئولیت بصورت جداگانه به خاک‌های توزین و مخلوط شده با سرب و DTPA مخلوط و گلدان‌ها با بسترهای تهیه شده در شرایط یکسان پر شدند. در ته هر گلدان مقادیر یکسانی سنگریزه بعنوان زهکش گلدان قرار داده شد. در تیمارهای شاهد از خاک مزرعه بدون اضافه کردن سرب، زئولیت و DTPA استفاده شد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Lead (mg/kg soil)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Available Potassium (mg/kg soil)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Available Phosphorus (mg/kg soil)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	واکنش خاک Soil Reaction (pH)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical Conductivity ($dS\ m^{-1}$)	درصد اشباع Saturation Percentage	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Depth of Sampling (cm)
۲۴/۱	۱۴۲	۴/۹	۱/۰۱	۶/۶	۳/۳	۳۸/۳	۰-۳۰
۲۰/۹	۷۲	۰/۳	۰/۱۴	۶/۷	۳/۴	۳۴/۹	۳۰-۶۰
۱۷/۷	۷۶	۰/۱	۰/۱۲	۶/۷	۳/۷	۳۹/۱	۶۰-۹۰

عملیات کاشت پس از آماده‌سازی بستر بذر در تاریخ اول آذرماه انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذر انجام شد. در هر گلدان تعداد پنج عدد بذر در عمق ۱/۵ سانتی‌متری خاک قرارداده شد. ۲۵ روز پس از کاشت بذر (مرحله ۴ تا ۶ برگی) عملیات تُنُک کردن انجام شد و درون هر گلدان سه بوته باقی ماند. در طول دوره آزمایش آبیاری براساس ظرفیت زراعی انجام گردید. برای تعیین میزان آب لازم برای رسیدن محیط کشت داخل گلدان‌ها به ظرفیت زراعی از روش وزن کردن استفاده شد. برای این منظور گلدان همراه با خاک داخل آن قبل از آبیاری (خشک‌شده در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) و پس از آبیاری (پس از خروج آب ثقلی و رسیدن به ظرفیت زراعی) وزن شد (لازم به توضیح است به‌منظور جلوگیری از ایجاد خطا در اثر تبخیر آب از سطح گلدان، سطح گلدان با پلاستیک پوشانده شد و برای اطمینان از خروج کامل آب ثقلی از گلدان چندین بار با فواصل ۲ تا ۳ ساعت وزن شد تا زمانی که وزن ثابت شود) که اختلاف وزن موجود برابر است با مقدار آب نگهداری شده در مرحله ظرفیت زراعی. در طول دوره آزمایش در شرایط باد و باران گلدان‌ها توسط پوشش پلاستیک بعنوان محافظ محصور می‌شدند.

در این آزمایش اولین ظهور گل در تاریخ دهم بهمن و اولین برداشت میوه در تاریخ ۲۲ بهمن صورت گرفت و تا اواخر اسفندماه ادامه داشت. تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین در هر سه بوته از هر تیمار تا زمان ظهور آخرین گل شمارش گردید. تعداد میوه در هر بوته نیز در طول آزمایش شمارش و ثبت شد. طول گل‌آذین با استفاده از خط‌کش و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. در هر تیمار پنج میوه بعنوان بزرگترین میوه پس از رسیدن انتخاب شده و وزن‌تر آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم توزین شد و میانگین آنها بعنوان وزن تک میوه ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، میوه‌ها درون پاکت مجزا قرارگرفته و بمدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک آنها توزین شد و میانگین وزن خشک ۵ میوه

www.SID.ir

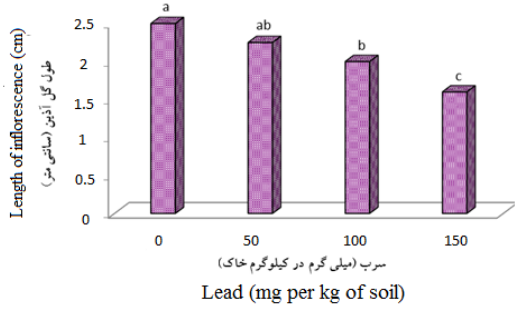
Archive of SID

بعنوان وزن خشک تک میوه در نظر گرفته شد.

در پایان آزمایش، تجزیه‌وتحلیل و تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و سپس میانگین‌های بدست آمده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

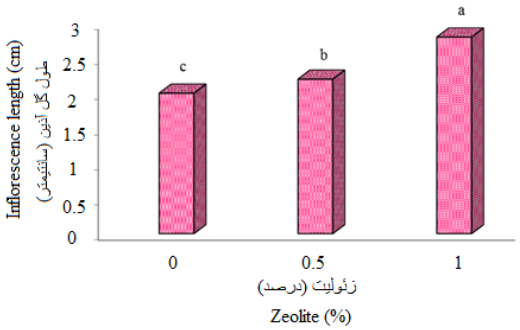
نتایج

نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف عنصر سنگین سرب، زئولیت و DTPA بر خصوصیات زایشی گیاه گوجه‌فرنگی در جدول ۳ ارائه‌شده است. باتوجه به اینکه اثر بلوک در هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود، آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی تجزیه شد. اثر ساده غلظت سرب، کاربرد زئولیت و DTPA بطور معنی‌داری طول گل‌آذین، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد میوه گوجه‌فرنگی را تحت تأثیر قرارداد. طول گل‌آذین گوجه‌فرنگی با افزایش غلظت سرب در خاک کاهش یافت، بطوریکه با رسیدن غلظت سرب به ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (۱/۵ سانتی‌متر) در حدود ۶۰ درصد نسبت به شاهد (۲/۵ سانتی‌متر) کاهش نشان داد (شکل ۱).



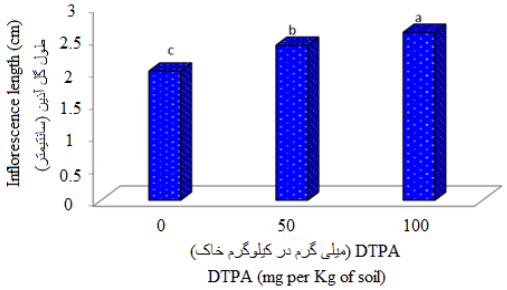
شکل ۱-اثر تیمار سرب بر طول گل‌آذین

بااین‌حال، اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و همچنین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب در خاک مشاهده نشد (شکل ۱). برخلاف سرب، افزایش غلظت زئولیت تا ۱ درصد منجر به افزایش طول گل‌آذین شد، بطوریکه بیشترین و کمترین طول گل‌آذین بترتیب با میانگین ۳ و ۲ سانتی‌متر در تیمارهای ۱ درصد زئولیت و شاهد بدون کاربرد زئولیت مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲-اثر تیمار زئولیت بر طول گل‌آذین

کاربرد DTPA نیز منجر به افزایش طول گل‌آذین گوجه‌فرنگی شد، بطوریکه این صفت از ۲ سانتی‌متر در شرایط بدون مصرف DTPA به ۲/۶ سانتی‌متر در شرایط مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم DTPA رسید (شکل۳).



شکل ۳-اثر تیمار DTPA بر طول گل‌آذین

افزایش غلظت سرب تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باعث کاهش ۴۲ درصدی تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین شد. دراین تیمار بیشترین تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین بترتیب با میانگین ۵/۱ و ۳/۵ مربوط به غلظت صفر سرب یا شاهد بود. بین دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم سرب ازلحاظ تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

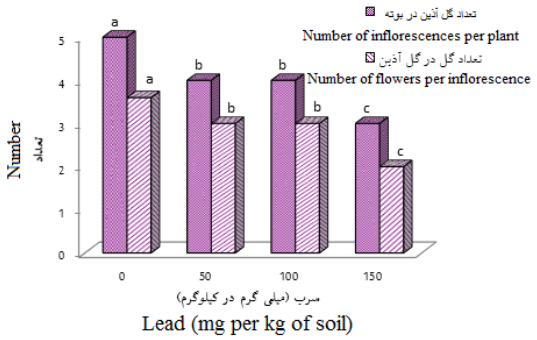
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سرب، زئولیت، DTPA و برهمکنش آن‌ها بر ویژگی های زایشی گیاه گوجه‌فرنگی

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square					
		طول گل آذین Inflorescence length (cm)	تعداد گل آذین در بوته Number of inflorescences per plant	تعداد گل در گل آذین Number of flowers per inflorescence	تعداد میوه در بوته The number of fruits per plant	وزن‌تر میوه Fruit fresh weight (g)	وزن خشک تک میوه Fruit dry weight (g)
سرب Lead	۳	۱/۵۱*	۲/۳۶**	۰/۳۹**	۱/۵*	۱۷/۲۱**	۱/۵۸**
زئولیت Zeolite	۲	۷/۹۵**	۱۴/۰۳**	۱/۵۹**	۵۳/۴**	۹۶۱/۶**	۷۱/۶۱**
DTPA	۲	۲/۴**	۹/۳**	۳/۳۰**	۵۹/۱**	۱۲/۷*	۱/۵*
Lead× Zeolite	۶	۰/۴ns	۰/۱۲ns	۰/۰۳ns	۰/۳۰ns	۱/۴ns	۰/۰۸۷ns
Lead× DTPA	۶	۰/۴۱ns	۰/۰۱ns	۰/۰۴ns	۰/۱۹ns	۹/۹ns	۰/۶۵ns
Zeolite× DTPA	۴	۰/۳۲ns	۰/۱۶ns	۰/۰۲ns	۰/۹۰ns	۶۹/۷**	۴/۶۱**
Lead× Zeolite ×DTPA	۱۲	۰/۵ns	۰/۱ns	۰/۰۲ns	۰/۱۴ns	۳/۴ns	۰/۲۷ns
خطا Error	۷۰	۰/۴۳	۰/۱۲۷	۰/۰۸	۰/۵۰۳	۶/۳۲	۰/۴۱۲
Coefficient of variation		۸/۲	۵/۵	۹/۴۳	۵/۶	۸/۵	۱۰/۳

ns، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد را نشان می دهند.

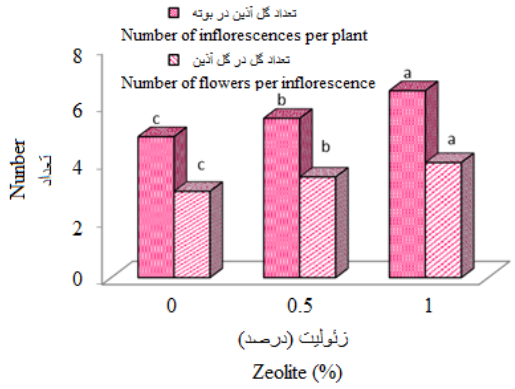
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴-اثر تیمار سرب بر تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین

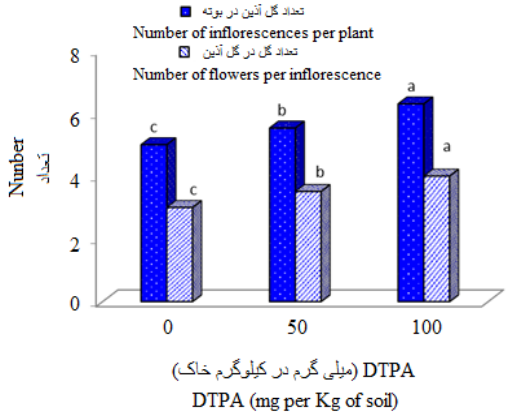
کاربرد زئولیت در غلظت ۱ درصد تعداد گل‌آذین در بوته را به میزان ۳۴ درصد و تعداد گل در گل‌آذین را به میزان ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۵).



شکل۵-اثر تیمار زئولیت بر تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین

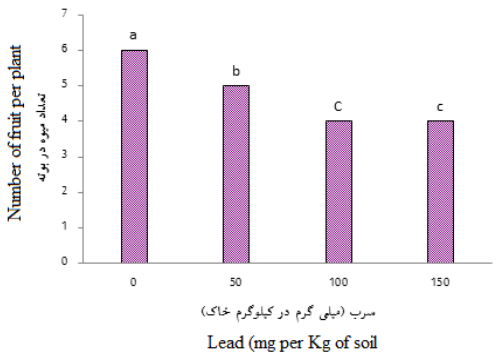
همچنین، بیشترین تعداد گل‌آذین و تعداد گل در گل‌آذین در شرایط مصرف غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم DTPA در کیلوگرم خاک مشاهده شد. کاربرد این غلظت تعداد گل‌آذین در بوته را به میزان ۲۴ درصد و تعداد گل در گل‌آذین را به میزان ۳۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۶).

بیشترین تعداد میوه در بوته (با میانگین ۶) به تیمار شاهد مربوط بود. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک تعداد میوه در بوته را به میزان ۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.



شکل ۶-اثر تیمار DTPA بر تعداد گل‌آذین در بوته و تعداد گل در گل‌آذین

همچنین، اختلافی معنی‌داری بین دو غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک ازلحاظ تعداد میوه در بوته مشاهده نشد (شکل ۷).



شکل ۷-اثر تیمار سرب بر تعداد میوه در بوته

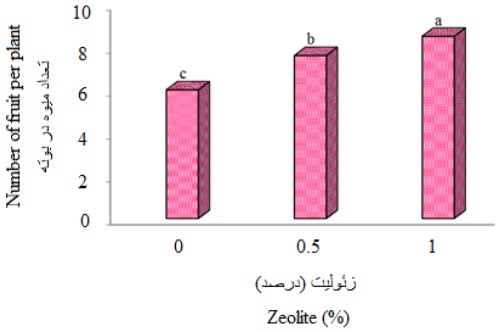
کاربرد زئولیت نه‌تنها طول و تعداد گل‌آذین، بلکه تعداد گل و همچنین تعداد میوه در بوته را افزایش داد. بطوریکه کاربرد غلظت ۰/۵ و ۱ درصد زئولیت به ترتیب باعث افزایش ۳۱ و ۲۳ درصدی تعداد میوه در بوته شد (شکل ۸).

همچنین، افزایش معنی‌داری در تعداد میوه در بوته با افزایش غلظت DTPA مشاهده شد. غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم DTPA در کیلوگرم خاک تعداد میوه در بوته را

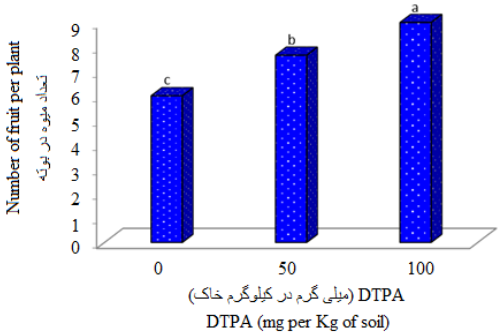
www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به شاهد به ترتیب ۳۴ و ۲۴ درصد افزایش داد (شکل ۹).



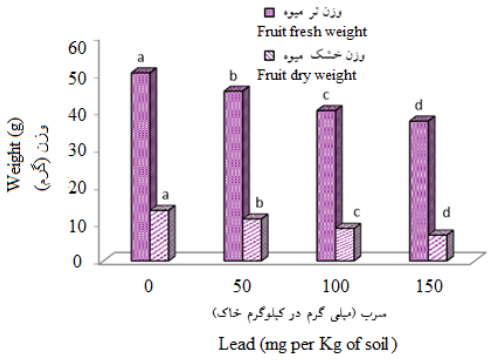
شکل ۸-اثر تیمار زئولیت بر تعداد میوه در بوته



شکل ۹- اثر تیمار DTPA بر تعداد میوه در بوته

اثر ساده تیمار سرب، زئولیت و DTPA و نیز تأثر متقابل زئولیت و DTPA بر وزن‌تر و خشک تک میوه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن‌تر و خشک تک میوه در تیمار شاهد آزمایشی بترتیب با ۵۱ گرم و ۱۳/۵ گرم بدست آمد. افزایش غلظت سرب از صفر به ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک وزن‌تر و خشک تک میوه را بترتیب حدود ۲۸ و ۴۹ درصد کاهش داد (شکل ۱۰).

در شرایط بدون کاربرد زئولیت کمترین وزن‌تر و خشک میوه در تیمار بدون کاربرد DTPA بدست آمد (جدول ۴). دراین شرایط، اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم DTPA در کیلوگرم خاک ازنظر وزن‌تر و خشک میوه مشاهده نشد. بااین‌حال، در شرایط کاربرد غلظت‌های ۰/۵ و یک درصد زئولیت افزایش غلظت کاربرد DTPA با افزایش معنی‌دار وزن‌تر و خشک میوه همراه بود (جدول ۴).



شکل ۱۰-اثر تیمار سرب بر وزن‌تر و خشک تک میوه

جدول ۴- اثر تیمار DTPA بر وزن‌تر و خشک تک میوه

وزن میوه (گرم) Fruit fresh weight (g)	DTPA (mg Kg^{-1} of soil)	زئولیت Zeolite (%) ۰	۰/۵	۱
وزن‌تر Fresh weight	۰	۴۲/۸۶ b	۴۴/۹۵ c	۴۸/۳۷ c
	۵۰	۴۵/۷۹ a	۵۰/۸۹ b	۵۶/۱۴ b
	۱۰۰	۴۸/۵۲ a	۵۴/۸۸ a	۶۳/۵۹ a
وزن خشک Dry weight	۰	۱۱/۵۸ b	۱۲/۱۷ c	۱۳/۱۸ c
	۵۰	۱۲/۴۰ a	۱۳/۷۴ b	۱۵/۱۹ b
	۱۰۰	۱۳/۱۸ a	۱۴/۷۲ a	۱۷/۲۱ a

بحث

در گیاهان اثرات مختلف سمیت سرب، از قبیل اثر تنش اکسیداتیو و ممانعت از جذب مواد (۷)، جلوگیری از رشد و سنتز کلروفیل (۶)، شکستگی کروموزومی و تغییرات ژنی (۱۰) و نقصان سیستم فتوسنتزی و تنفسی (۱۷)، ممانعت از فعالیت آنزیمی، برهم زدن تعادل مواد معدنی و قهوه‌ای شدن ریشه‌های جوان (۱۸)، تغییر در مراحل تکوین تخمک و کیسه رویانی، تغییر شکل تخمک و کاهش تعداد آن‌ها، واکوئوله شدن سلول‌های بافت خورش و مرگ سلولی، سقط گل و ریزش آن‌ها و همچنین کاهش گل و میوه (۱۳) گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

فلز سرب موجب کاهش رشد بخش‌های هوایی گیاه، تعداد گل (۴۲ درصد)، طول گل‌آذین (۶۰ درصد)، وزن‌تر و خشک میوه (۲۸ و ۴۹ درصد) و تعداد میوه (۳۴ درصد) شد. کاهش رشد اندام‌های زایشی پس از کاهش رشد سایر قسمت‌های گیاه نیز پاسخ عمومی گیاه به محیط حاوی فلز سنگین از جمله سرب می‌باشد (۱۸). یکی از دلایل کاهش ۴۲ درصدی گل‌آذین و تعداد گل با افزایش غلظت سرب ممکن است کاهش ارتفاع بوته دراین آزمایش باشد. به‌طوری‌که به دنبال کاهش ارتفاع بوته، تعداد برگ تشکیل‌شده و به دنبال آن تعداد گل‌آذین و تعداد گل در گل‌آذین کاهش یافت. وزن‌تر و خشک میوه به دلیل سمیت سرب به ترتیب ۲۸ و ۴۹ درصد کاهش یافت. اثر کاهش تعداد گل و میوه و رشد آن‌ها در اثر مسمومیت با سرب در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است. از طرفی زئولیت به واسطه ایجاد شرایط مناسب در خاک می تواند باعث افزایش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد و اندازه گل وعملکرد محصول و وزن میوه شود (۸).

نتیجه‌گیری

دراین پژوهش تأثیر زئولیت و DTPA بر ویژگی‌های زایشی گوجه‌فرنگی در خاک‌های آلوده به سرب مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد کاربرد زئولیت و DTPA با افزایش معنی‌داری در رشد بخش‌های زایشی از قبیل طول گل‌آذین (۳۳ درصد)، تعداد گل و میوه و وزن‌تر و خشک آن‌ها همراه است. مصرف زئولیت از طریق ایجاد شرایط مناسب برای ریشه گیاه، جذب آب توسط ریشه و DTPA از طریق جذب بیشتر عناصر غذایی توسط ریشه گیاه رشد رویشی گیاه را بهبود بخشیده که این امر ممکن است به دلیل کمک به افزایش تقسیم و طویل شدن سلول‌های رأسی و رشد اندام هوایی و زیرزمینی گیاه باشد، که منجر به افزایش قابل‌توجهی در اندام‌های زایشی و تشکیل گل و میوه می‌شود.

زئولیت با ساختار داربستی که دارد یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب را در خود نگهداری می‌کند و به‌صورت واکنش‌های برگشت‌پذیر و جایگزینی باز پس می‌دهد. خاصیت زئولیت همچنین به‌واسطه ایجاد شرایط مناسب در خاک می‌تواند باعث افزایش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد و اندازه گل و عملکرد محصول و وزن میوه شود (۸).

کاربرد زئولیت باعث افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه شد.

کاربرد مقادیر مختلف زئولیت طبیعی بر رشد گیاه نشان داد که با مصرف زئولیت، تعداد گل، اندازه گل، تعداد بذر، تعداد، طول، قطر، وزن‌تر و وزن خشک ریشه و همچنین تعداد و اندازه برگ، وزن‌تر و وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش‌یافته است و کاربرد ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک بیشترین تأثیر بر رشد را نشان داد.

DTPA نیز از طریق جذب راحت‌تر عناصر غذایی توسط ریشه منجر به بهبود رشد گیاه و همچنین تجمع عناصر در گیاه می‌شوند و در شرایط مناسب از بروز علائم کمبود عناصر غذایی ممانعت کرده و شرایط رشد مناسبی را برای گیاه فراهم می‌کند. دراین آزمایش افزایش غلظت DTPA منجر به افزایش تعداد گل، اندازه گل، وزن‌تر و خشک میوه و سایر صفات موردبررسی گردید. افزایش تعداد گل و اندازه آن‌ها و همچنین تعداد میوه و وزن آن‌ها هم‌زمان با کاربرد DTPA ممکن است به این دلیل باشد که این کلیت کننده ضمن جذب و انتقال بهتر عناصر غذایی در خاک توسط ریشه گیاه، باعث افزایش رشد رویشی ازجمله ارتفاع بوته، اندازه برگ و تعداد برگ شد. افزایش رشد و تعداد برگ علاوه برافزایش فتوسنتز و ذخیره مواد هیدروکربنی در گیاه، انتقال مواد فتوسنتزی و شیره پرورده به مخزن اصلی گیاه یعنی گل و میوه را افزایش داده است که فراهمی این شرایط منجر به افزایش تعداد و اندازه گل و به دنبال آن صفات مربوط به میوه ازجمله تعداد میوه و

www.SID.ir

Archive of SID

وزن‌تر و خشک شده است. کاربرد DTPA نه‌تنها جذب و انتقال سرب را به داخل گیاه افزایش داد بلکه منجر به افزایش خصوصیات رویشی و زایشی و همچنین وزن‌تر و خشک گیاه و تعداد نیام تشکیل شده گردید.

درمجموع می‌توان این‌گونه بیان کرد، افزایش غلظت عنصر سرب در خاک تأثیر منفی بر ویژگی‌های زایشی گوجه‌فرنگی داشت و منجر به کاهش معنی‌دار آن‌ها شد. بااین‌حال، کاربرد زئولیت و DTPA منجر به رشد بهتر بوته‌های گوجه‌فرنگی و بهبود ویژگی‌های زایشی گوجه‌فرنگی شد.

منابع

۱- خداوردی‌لو، ح. ۱۳۸۵. مدل‌سازی پالایش سبز خاک‌های آلوده به سرب و کادمیم. پایان نامه دکتری خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۸۹ ص.

۲- خوشبخت، د.، ف، شاکری، پ، مدرس، و ب، بانی نسب. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد زئولیت در بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد تربچه. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۳۹۶ ص.

۳- چهرگانی راد، ع.، فرزان، س.، و شیرخانی.، ز، 1396 . مطالعه اثر تیمار سرب بر برخی شاخص های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی، گیاه اطلسی، مجله پژوهشهای گیاهی، دوره 30 ، شماره ۱، صفحات243 – ۲۲۶.

۴- رنجبر، ا.، و موسوی، س، ع.، 1396 . اثرات تابش اشعه ماوراءبنفش و عنصر فلزی سنگین کادمیوم بر برخی ویژگی های، فیزیولوژیکی گیاه کاهو، مجله پژوهش های گیاهی، دوره 30شماره4 ، صفحات989 – ۹۷۸.

۵- قلی‌زاده، آ. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی. نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۱۱۳صفحات ۱۰۲-۹۶.

6- Ewais E.A. 1997. Effects of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. Biol. Plant. 39: 403-410.

7- Geebelen, W., J. Vangronsveld, D.C. Adriano, L.C.V. Poucke, and H. Clijsters. 2002. Effects of Pb-EDTA and EDTA on oxidative stress reactions and mineral uptake in *Phaseolus vulgaris*. Physiol. Plant. 115:377-384.

8- Ghorbani, H., and A. Babaei. 2008. The effect of natural zeolite on ions adsorption and reducing solution electrical conductivity Na and K solutions. International meeting on soil fertility land management and agroclimatology. Turkey, pp: 974-955.

9- Gupta, P.K. 2007. Soil, plant, water and fertilizer analysis. 2thd ed., Agrobios (India), 366 pp.

10- Han, W.Y., Y.Z. Shi, L.F. Ma, J.Y. Ruan, and F.J. Zhao. 2007. Effect of liming and seasonal variation on lead concentration of tea plant (*Camellia sinensis L. (O. Kuntze*)). Chemosphere. 66: 84–90.

11- Hart, J.J., R.M. Norvel, and W.A: Kochian. 2002. Transport interaction between cadmium-zinc in roots of bread wheat seedling. Physiol plant. 116: 73-78.

12- Machado, L., and E.D. Caldas, 2003. Influence of Zeolite on Cadmium Absorption in Medicinal Herbs in Brazil. College of Health Science Publication, Brazil. 42(4):599-603.

13- Malayeri, B.E., A. Chehregani, F. Mohsenzade, and R. Golmohammadi. 2005. Effect of heavy metals on the developmental stages of ovule and embryonic sac in *Euphorbia cheiradenia*. Pak J Biol Sci. 8: 622-625.

14- Mendaso, F. 2002. Cadmium uptake by plants. J. Environ. Qual. 270: 4721-4728.

15- Mensah, E., H.E. Allen. R. Shoji, S.N. Odai, N. Keyi-Baffour. 2008. Cadmium and lead concentrations effects on yields of some vegetables due to uptake from irrigation water in Ghana. J. Agri Reaserch. 3: 243-251.

16- Polat, E., M. Karaca, H. Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornam. Plant Res. 12: 183 -189.

17- Ruley, A.T., C.S. Nilesh, V.S. Shivendra, R.S. Shree, and S.S. Kenneth. 2006. Effects of lead and chelators on growth, photosynthetic activity

www.SID.ir

Archive of SID

and Pb uptake in *Sesbania drummondii* grown in soil. Environ. Pollut. 144:11-18.

18- Sharma, P., and R.S. Dubey. 2005. Lead toxicity in plants. Braz. J. Plant Physiol. 17:35-52.

Investigating the Effect of Zeolite and DTPA on Tomato Production Characteristics in Pb-Contaminated Soils

Doostikhah N.[1,2] Panahpour E.[2] Nadian H.[2,3] and Gholami A.[2]

[1] Dept. of Soil Science, Khouzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, I.R. of Iran

[2] Dept. of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, I.R. of Iran

[3] Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, I.R. of Iran

Abstract

In order to investgate the effects of zeolite and DTPA on reproductive traits of tomato in soil contaminated with lead a factorial experiment in a completely randomized design with three replications in Masjed Soleyman city was conducted in 2015. Factors studied consisted the concentration of lead in four levels of zero, 50, 100 and 150 mg per kg of soil, zeolite in three levels of zero,0.5 and 1% and DTPA in three levels of zero, 50 and 100 mg per kg of soil. The effects of lead concentrations, the use of zeolite and DTPA significantly affected the length of inflorescence, number of inflorescences per plant, number of flowers per inflorescence and the number of fruits per plant. Also, the effect of lead concentration and interaction of zeolite and DTPA significantly affect fresh and dry weight of fruit. Spike length, number of inflorescences per plant, number of fruits per plant and fruit dry weight reduced about 60, 42, 34 and 49%, respectively by increasing the lead concentration in the soil compared with control. However, the use of zeolite and DTPA caused a significant increase in measured traits. Also, the use of higher concentrations of zeolite along with higher levels of DTPA increased fresh and dry weight of tomato fruits.

Key words: Number of fruits per plant; heavy metal; length of inflorescence, fruit dry weight

www.SID.ir