بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده زیست شناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زیست شناسی (گرایش فیزیولوژی گیاهی)

عنوان:

بررسی اثرات سالیسیلیک اسید در کاهش تنش کلرید کادمیوم بر برخی از پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شیرین بیان

توسط:

صفیه ابراهیمی

استاد راهنما:

دکتر مهری بهنام نیا

استادان مشاور:

دکتر مهدی خورشیدی

دکتر تقی لشکر بلوکی

شهریور ۱۳۹۲

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده زیست شناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زیست شناسی (گرایش فیزیولوژی گیاهی)

بررسی اثرات سالیسیلیک اسید در کاهش تنش کلرید کادمیوم بر برخی از پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شیرین بیان

توسط:

صفیه ابراهیمی

استاد راهنما:

دکتر مهری بهنام نیا

استادان مشاور:

دکتر مهدی خورشیدی

دکتر تقی لشکر بلوکی

شهریور ۱۳۹۲

به نام خدا

بررسی اثرات سالیسیلیک اسید در کاهش تنش کلرید کادمیوم بر برخی از پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شیرین بیان

به وسیله‌ی:

صفیه ابراهیمی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی: زیست شناسی

گرایش: فیزیولوژی گیاهی

از دانشگاه علوم پایه دامغان

ارزیابی و تأیید شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر ..... استاد رشته و گرایش ..... دانشکده ..... دانشگاه ..... (استاد راهنما)

دکتر ..... دانشیار رشته و گرایش ..... دانشکده ..... دانشگاه.....(استاد داور)

دکتر .....استادیار رشته و گرایش .....دانشکده .....دانشگاه ..... (استاد داور)

دکتر ..... استادیار رشته و گرایش .....دانشکده ..... دانشگاه ..... (نماینده تحصیلات تکمیلی)

شهریور ۹۲

تقدیم به

آستان پر مهر

آقا علی ابن موسی الرّضا

تقدیم به پدر و مادر عزیزم؛

که نهال دانش و دوستی را در دلم پروراندند.

تقدیم به خواهران و برادر مهربانم؛

عطیه ای برای آنها که موفقیت و سربلندی شان، سرفرازی و آرزوی من است.

سپاسگزاری

سپاس ایزد منان را به پاس اینکه در لحظه لحظه این دوران پر تلاش، رهایم نکرده و دست لطف و کرمش، کوشش مرا به ثمر رساند. بی شک در شکر این لحظه ی شیرین، این بخشش بی نهایت و این عطای فانوس دانش در تاریکی و ظلمت دنیا، این مسافر زمان سجده اش می کند، سجده ای که هیچ گاه بدین روشنی وجوب آن را درک نکرده بود.

بی شائبه ترین سپاس خویش را نثار خانواده ی خود می نمایم که همواره همراه و مشوق من بودند و حمایت های ایشان، انگیزه ی تلاش و کوشش را در من تداوم بخشید.

مراتب قدردانی و سپاس خود را به استاد محترم راهنما، سرکار خانم دکتر بهنام نیا که ایشان را به تلاش و بخشش بی نهایت در علم و دانش می شناسم و از راهنمایی های ارزنده شان در راستای بهبود کیفیت پژوهش حاصل بهره برده ام، اهدا می نمایم.

از جناب آقای دکتر خورشیدی و جناب آقای دکتر لشکر بلوکی اساتید محترم مشاور که در تمام مدت انجام این پروژه از هیچ گونه مساعدت، همفکری و راهنمایی فروگذار ننموده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از جناب آقای دکتر پوزش و جناب آقای دکتر بیابانی که داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند، سپاسگزارم.

از سرکار خانم عالمی، کارشناس محترم آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی که تجربیات ارزشمند شان را بی دریغ در اختیارم نهادند، سپاسگزاری می کنم.

از جناب آقای فلاحتی، منشی محترم گروه زیست شناسی، و همچنین جناب آقای کوشا و تمامی مسئولین و کارکنان محترم دانشکده، بخش اداری، آموزش، کتابخانه، انتظامات به خاطر همراهیشان متشکرم.

از تمامی دوستان و همکلاسی های خوبم، خانم ها اکرم شنوایی، شیوا رضایی، فاطمه حامدی، آزاده شرافتمند جور، منیره ابوالحسنی، مریم رازقندی، عاطفه ابویسانی و سایر عزیزانی که با رفتار و گفتار سرشار از صفا و صمیمیتشان تلاش مرا وسعت بخشیدند، صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان از تمامی سرورانی که به نوعی در نگارش این نوشتار مرا یاری فرمودند، کمال امتنان و سپاس را داشته، برایشان آرزوی بهروزی و موفقیت دارم.

چکیده

بررسی اثرات سالیسیلیک اسید در کاهش تنش کلرید کادمیوم بر برخی از پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شیرین بیان

به وسیله‌ی:

صفیه ابراهیمی

پیشرفت‌های صنعتی روز به روز سبب افزایش غلظت فلزات سنگین درمحیط زیست می‌شود ، از این رو به منظور تعیین سطح مقاومت گیاه شیرین بیان به تنش فلزات سنگین درصدد برآمدیم از کلرید کادمیوم که سبب ایجاد تنش فلزی برای گیاه می‌شود استفاده کنیم. همچنین برای افزایش مقاومت و توانایی گیاه برای مقابله با تنش فلز سنگین از هورمون سالیسیلیک اسید به عنوان یک محرک رشد استفاده گردید. کادمیوم یک عنصر غیر ضروری بالقوه سمی و یک آلوده کننده‌ی مهم محیطی می‌باشد. کادمیوم از طریق فعالیت‌های کشاورزی، صنعت، معدنکاری، استفاده از آفت کش‌های محتوی فلز و کودهای شیمیایی وارد خاک‌های کشاورزی می‌شود. در این راستا در تحقیق حاضر، تاثیر کلرید کادمیوم و سالیسیلیک اسید و همچنین برهمکنش آنها روی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه شیرین بیان مورد بررسی قرار گرفت، برای اعمال تنش از کلرید کادمیوم در غلظت‌های صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار و سالیسیلیک اسید در غلظت‌های صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲میلی مولار استفاده شد.

نتایج نشان داد که گیاهان رشد یافته در محیط حاوی کادمیوم، کاهش معنی داری در وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، و میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها نشان دادند. در عین حال میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، آنتوسیانین، مالون دآلدهید، ترکیبات فنولی، آنزیم گایاکول پراکسیداز و پراکسید هیدروژن و انباشت کادمیوم در ریشه و بخش هوایی افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت. تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۰۲ میلی مولار، در غلظت‌های پایین کلرید کادمیوم سبب بهبود تنش شد ولی در غلظت‌های بالا تاثیر چندانی در بهبود تنش نداشت. در این پژوهش نشان داده شد که گیاه شیرین بیان ایرانی قادر است تا حدود ۴۰ میکرومولار کادمیوم را در محلول غذایی تحمل کند ولی غلظت‌های بالاتر کادمیوم سبب کلروز در برگ‌ها و ایجاد تنش می‌شود، همچنین این گیاه قادر است مقادیر بالایی از عنصر کادمیوم را از محیط به داخل بافت‌های خود جذب کند.

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱ فلزات سنگین ۲
۱-۱-۱ آثار سمی فلزات سنگین در گیاهان ۲
۱-۱-۱-۱ اثر بر رشد ۴
۱-۱-۱-۲ اثر بر تشکیل کروموزوم ۴
۱-۱-۱-۳ اثر بر فرا ساختار سلولها ۵
۱-۱-۱-۴ اثر بر غشای سلولی ۵
۱-۱-۱-۵ اثر بر سیستم فتوسنتزی و محتوای کلروفیل ۷
۱-۱-۱-۶ اثر بر فعالیت آنزیم ها ۸
۱-۱-۱-۷ اثر بر محتوای پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه ۸
۱-۱-۱-۸ اثر بر تثبیت CO_2 فتوسنتزی ۹
۱-۱-۱-۹ اثر بر جذب عناصر غذایی ۹
۱-۲ کادمیوم ۹
۱-۲-۱ خواص فیزیکی و شیمیایی عنصر کادمیوم ۱۰
۱-۲-۲ نقش بیولوژیکی کادمیوم ۱۰
۱-۲-۳ منابع کادمیوم ۱۱
۱-۲-۳-۱ منابع اتمسفری ۱۱
۱-۲-۳-۲ منابع آبی ۱۱
۱-۲-۳-۳ منابع زمینی ۱۲
۱-۲-۳-۴ منابع صنعتی ۱۲
۱-۲-۴ جابه جایی، جذب و انتقال کادمیوم ۱۲
۱-۲-۵ مکانیسم سمیت کادمیوم ۱۴
۱-۲-۶ اثرات کادمیوم بر سیستم‌های فتوسنتزی ۱۵
۱-۲-۷ استرس اکسیداتیو و تولید ROS بوسیله‌ی کادمیوم ۱۷
۱-۲-۸ فیزیولوژی و بیوشیمی سمیت زدایی کادمیوم ۱۹
۱-۲-۸-۱ متالوتیونین ۱۹

عنوان **صفحه**

۱-۲-۸-۲ فیتوکلاتین ۲۰
۱-۳ گیاهان دارویی ۲۲
۱-۳-۱ گیاه شیرین بیان ۲۳
۱-۳-۱-۱ شرح گیاه شیرین بیان ۲۳
۱-۳-۱-۲ اسامی مختلف ۲۳
۱-۳-۱-۳ مشخصات گیاه شناسی شیرین بیان ۲۴
۱-۳-۱-۴ انواع واریته‌های شیرین بیان ۲۵
۱-۳-۱-۵ نیازهای اکولوژیکی ۲۵
۱-۳-۱-۶ خواص دارویی شیرین بیان ۲۶
۱-۴ تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ۲۹
۱-۴-۱ سالیسیلیک اسید (SA) ۲۹
۱-۴-۲ بیوسنتز سالیسیلیک اسید ۳۰
۱-۴-۳ متابولیسم سالیسیلیک اسید ۳۲
۱-۴-۴ اعمال فیزیولوژیکی سالیسیلیک اسید ۳۳
۱-۴-۴-۱ تاثیر SA بر رشد گیاه ۳۳
۱-۴-۴-۲ تاثیر SA بر فتوسنتز ۳۴
۱-۴-۴-۳ تاثیر SA بر متابولیسم نیترات ۳۵
۱-۴-۴-۴ تاثیر SA بر تولید اتیلن ۳۵
۱-۴-۴-۵ تاثیر SA بر مواد مغذی معدنی ۳۶
۱-۴-۴-۶ تاثیر SA بر تولید گرما ۳۶
۱-۴-۴-۷ تاثیر SA بر گلدهی ۳۶
۱-۴-۵ سالیسیلیک اسید و مقاومت به تنش‌های غیر زیستی ۳۷
۱-۴-۵-۱ SA و تنش خشکی ۳۷
۱-۴-۵-۲ SA و تنش شوری ۳۸
۱-۴-۵-۳ SA و تنش گرما ۳۹
۱-۴-۵-۴ SA و تنش سرما ۴۰
۱-۴-۵-۵ SA و تنش ازن ۴۱
۱-۴-۵-۶ SA و تشعشعات ماوراء بنفش ۴۲
۱-۴-۵-۷ SA و تنش فلزات سنگین ۴۲

عنوان **صفحه**

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱ مرحله‌ی گیاهچه ای ۴۶
۲-۱-۱ کشت بذرها جهت انتقال به محیط کشت هیدروپونیک ۴۶
۲-۱-۲ محیط کشت هیدروپونیک ۴۶
۲-۲ اندازه گیری پارامترهای بیوشیمیایی ۴۷
۲-۲-۱ اندازه گیری محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ۴۷
۲-۲-۲ سنجش کربوهیدرات ۴۸
۲-۲-۲-۱ تهیه عصاره گیاهی ۴۸
۲-۲-۲-۲ تهیه محلولهای مورد نیاز ۴۸
۲-۲-۲-۳ طریقه استفاده از این محلولها در سنجش میزان قندها ۴۸
۲-۲-۲-۴ رسم منحنی استاندارد ۴۹
۲-۲-۳ استخراج پروتئین از گیاه ۴۹
۲-۲-۴ سنجش پرولین ۵۰
۲-۲-۴-۱ روش اندازه گیری پرولین ۵۰
۲-۲-۵ سنجش آنتوسیانین ۵۱
۲-۲-۶ سنجش مالون دآلدهید(MDA) ۵۲
۲-۲-۷ سنجش سایر آلدهیدها ۵۲
۲-۲-۸ سنجش ترکیبات فنولی ۵۳
۲-۲-۹ سنجش آنزیم گایاکول پراکسیداز (POD) ۵۳
۲-۲-۱۰ روش اندازه گیری پراکسید هیدروژن ۵۴
۲-۲-۱۱ سنجش کادمیوم در ریشه و بخش هوایی ۵۴
تجزیه و تحلیل آماری ۵۵

فصل سوم: نتایج

۳-۱ تغییر صفات مورفولوژیکی گیاه شیرین بیان تحت تیمار کلرید کادمیوم و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید ۵۷
۳-۱-۱ تغییرات وزن تر ریشه ۵۷
۳-۱-۲ تغییرات وزن تر بخش هوایی ۵۸
۳-۱-۳ تغییرات وزن خشک ریشه ۵۹

عنوان **صفحه**

۳-۱-۴ تغییرات وزن خشک بخش هوایی ۶۰
۳-۲ تغییرات بیوشیمیایی گیاه شیرین بیان تحت تیمار کلرید کادمیوم و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید ۶۱
۳-۲-۱ اثر بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ۶۱
۳-۲-۱-۱ تغییرات کلروفیل a ۶۱
۳-۲-۱-۲ تغییرات کلروفیل b ۶۲
۳-۲-۱-۳ تغییرات کلروفیل کل ۶۲
۳-۲-۱-۴ تغییرات کاروتنوئید ۶۴
۳-۲-۲ تغییرات غلظت قندهای محلول در ریشه ۶۵
۳-۲-۳ تغییرات غلظت قندهای محلول دربخش هوایی ۶۶
۳-۲-۴ تغییرات پروتئین ریشه ۶۷
۳-۲-۵ تغییرات پروتئین بخش هوایی ۶۸
۳-۲-۶ تغییرات پرولین ریشه ۶۹
۳-۲-۷ تغییرات پرولین بخش هوایی ۷۰
۳-۲-۸ تغییرات آنتوسیانین ریشه ۷۱
۳-۲-۹ تغییرات آنتوسیانین بخش هوایی ۷۲
۳-۲-۱۰ تغییرات MDA ریشه: ۷۳
۳-۲-۱۱ تغییرات MDA بخش هوایی ۷۴
۳-۲-۱۲ تغییرات سایر آلدهیدها در ریشه ۷۵
۳-۲-۱۳ تغییرات سایر آلدهیدها در بخش هوایی ۷۶
۳-۲-۱۴ تغییرات ترکیبات فنولی ریشه ۷۷
۳-۲-۱۵ تغییرات ترکیبات فنولی بخش هوایی ۷۸
۳-۲-۱۶ تغییرات آنزیم گایاکول پراکسیداز ریشه ۷۹
۳-۲-۱۷ تغییرات آنزیم گایاگول پراکسیداز بخش هوایی ۸۰
۳-۲-۱۸ تغییرات میزان H_2O_2 در ریشه ۸۱
۳-۲-۱۹ تغییرات میزان H_2O_2 در بخش هوایی ۸۲
۳-۲-۲۰ تغییرات تجمع کادمیوم در ریشه ۸۳
۳-۲-۲۱ تغییرات تجمع کادمیوم در بخش هوایی ۸۴

عنوان **صفحه**

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

۴-۱ اثر تیمار کلرید کادمیوم و سالیسیلیک اسید بر پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شیرین بیان ۸۷
۴-۱-۱ اثر بر وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی ۸۷
۴-۱-۲ اثر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ۸۸
۴-۱-۳ اثر بر میزان قندهای محلول ۸۹
۴-۱-۴ اثر بر میزان پروتئین ۹۱
۴-۱-۵ اثر بر میزان پرولین ۹۱
۴-۱-۶ اثر بر میزان آنتوسیانین ۹۲
۴-۱-۷ اثر بر میزان MDA و سایر آلدهیدها ۹۳
۴-۱-۸ اثر بر میزان ترکیبات فنولی ۹۴
۴-۱-۹ اثر بر میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز ۹۵
۴-۱-۱۰ اثر بر میزان H_2O_2 ..... ۹۶
۴-۱-۱۱ اثر بر انباشتگی کادمیوم ۹۷
نتیجه گیری ۹۹
پیشنهادات ۱۰۰
منابع ۱۰۲

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل ۱- ۱. تولید رادیکال‌های اکسیژن واکنش گر تحت استرس فلزات سنگین ۱۸
شکل ۱- ۲: مسیرهای بیوسنتر سالیسیلیک اسید در گیاهان..... ۳۲
شکل ۱- ۳: متابولیسم سالیسیلیک اسید..... ۳۳

نمودار ۳-۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر وزن تر ریشه ۵۷
نمودار ۳-۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر وزن تر بخش هوایی..... ۵۸
نمودار ۳-۳- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر وزن خشک ریشه..... ۵۹
نمودار ۳-۴- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر وزن خشک بخش هوایی ۶۰
نمودار ۳-۵- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر کلروفیل a..... ۶۱
نمودار ۳-۶- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر کلروفیل b..... ۶۲
نمودار ۳-۷- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر کلروفیل کل..... ۶۳
نمودار ۳-۸- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر کاروتنوئید ۶۴
نمودار ۳-۹- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان غلظت قندهای محلول ۶۵
نمودار ۳-۱۰- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان غلظت قندهای محلول ۶۶
نمودار ۳-۱۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان پروتئین ریشه ۶۷
نمودار ۳-۱۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان پروتئین بخش هوایی ۶۸

نمودار ۳-۱۳- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان پرولین ریشه ۶۹
نمودار ۳-۱۴- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان پرولین بخش هوایی ۷۰
نمودار ۳-۱۵- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان آنتوسیانین ریشه..... ۷۱
نمودار ۳-۱۶- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان آنتوسیانین بخش هوایی ۷۲
نمودار ۳-۱۷- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان MDA ریشه ۷۳
نمودار ۳-۱۸- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان MDA بخش هوایی ۷۴
نمودار ۳-۱۹- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان سایر آلدهیدها در ریشه..... ۷۵
نمودار ۳-۲۰- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان سایر آلدهیدها در بخش هوایی .. ۷۶
نمودار ۳-۲۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان ترکیبات فنولی ریشه..... ۷۷
نمودار ۳-۲۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان ترکیبات فنولی بخش هوایی ۷۸
نمودار ۳-۲۳- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان آنزیم گایاگول پراکسیداز ریشه .. ۷۹
نمودار ۳-۲۴- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان آنزیم گایاگول پراکسیداز بخش هوایی ۸۰
نمودار ۳- ۲۵- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان H_2O_2 ریشه..... ۸۱
نمودار ۳- ۲۶- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان H_2O_2 بخش هوایی ۸۲

نمودار ۳- ۲۷- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان تجمع کادمیوم ریشه ۸۳
نمودار ۳- ۲۸- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر ، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و برهمکنش آن با سالیسیلیک اسید (صفر ، ۰/۰۲ و ۰/۲ میلی مولار) بر میزان تجمع کادمیوم بخش هوایی ۸۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱ فلزات سنگین

به طور کلی، فلزات سنگین عناصری هستند که در غلظت‌های کم در کده‌های مختلف اکوسیستم‌ها وجود دارند. بسیاری از آنها جزء عناصر غذایی کم مصرف ضروری برای گیاهان، جانوران و انسان می‌باشند [۱۳۸]. فلزات سنگین با عنوان فلزاتی با تراکم بیشتر از 5 g cm-3 مشخص می‌شوند. بر اساس حلالیت در شرایط فیزیولوژیکی، ۱۷ فلز سنگین ممکن است وجود داشته باشد که برای اکوسیستم‌ها و موجودات زنده اهمیت دارند. در بین این فلزات، آهن، مولیبدن و منگنز به عنوان عناصر غذایی کم مصرف اهمیت دارند. روی، نیکل، مس ، وانادیم، کبالت و کروم عناصر سمی هستند و بیشتر به عنوان عناصر کمیاب اهمیت دارند. آرسنیک، جیوه، نقره، کادمیوم و سرب به عنوان عناصر غذایی، عمل مشخصی ندارند و به نظر می‌رسد که کم و بیش سمی باشند [۱۱۷]. گاهی مقادیر بالای فلزات موجود در خاک، ناشی از فرایندهای زمین شناختی است؛ ولی معمولا غلظت‌های زیاد فلز، ناشی از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی انسان است [۱۴۳].

۱-۱-۱ آثار سمی فلزات سنگین در گیاهان

فلزات سنگین اثرات مختلفی بر فرایندهای متابولیکی گیاه اعمال می‌کنند. فراهم بودن (قابل دسترس بودن) آنها توسط مجموعه‌ای از فاکتورهای زنده و غیرزنده تحت تاثیر قرار می‌گیرد. فاکتورهای غیرزنده موثر بر فراهم بودن و سمیت فلزات سنگین شامل حلالیت در آب، توانایی تشکیل کمپلکس، PH و پتانسیل ردوکس محیط است. از جمله پارامترهای زنده می‌توان به پروتون و اسیدهای آلی آزاد شده ریزوسفر، همزیستی با میکوریز، مقدار اسیدهای هیومیک و حضور هوموس حاصل از تجزیه مواد آلی در خاک، اشاره کرد [۱۴۳].

گیاهان بر مبنای توانایی یا ناتوانی برای سازگاری با یون‌های فلزات سنگین به ۲ گروه حساس و مقاوم تقسیم می‌شوند.

اثرات آسیب زای فلزات سنگین ممکن است ناشی از مکانیسم‌های زیر باشد:

برخی از یون‌های فلزات سنگین به سادگی با یونهای فلزی ضروری در جایگاه فعال آنزیم‌ها (مثل Mg^{2+}، Zn^{2+}، Cu^{2+} و Co^{2+}) مبادله می‌شوند، بنابراین اثر بازدارنده فعالیت آنزیم‌های مهم دارند.

با ممانعت از فرایند پردازش، مانع بلوغ اسیدهای نوکلئیک شوند.

ممکن است رادیکال‌های آزاد تشکیل دهند که منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشا سلول می‌شوند و موجب از دست رفتن نفوذپذیری انتخابی غشا می‌شوند.

گونه‌های مقاوم به یون‌های فلزات سنگین مکانیسم‌های مختلفی برای حفظ بقا خود اعمال می‌کنند. ممانعت از جذب یون توسط ریشه، تغییرات بیوشیمیایی یا آنزیماتیک سطح ریشه، اتصال یون‌های فلزات به بخش‌هایی از دیواره سلول، ذخیره کمپلکس‌های فلزی در واکوئل، تشکیل ترکیباتی با سمیت کمتر از طریق فرایندهای متیلاسیون و دفع و ترشح یون‌های فلزات سنگین، از جمله این مکانیسم‌ها است. از جمله مهمترین پروتئین‌های درگیر در ایجاد مقاومت به فلزات سنگین می‌توان فیتوکلاتین‌ها و پروتئین‌های متصل شونده به فلزات را نام برد. فیتوکلاتین‌ها علاوه بر اینکه به واسطه ظرفیتشان برای اتصال به فلزات سنگین مهم هستند، این قابلیت را دارند که فلزات سنگین را از سیتوپلاسم به واکوئل منتقل کنند. در داخل واکوئل فلزات با اتصال به اسیدهای آلی به فرم غیر سمی ذخیره می‌شوند [۱۴۳].

اگرچه تثبیت یونی فلزات در خاک سبب کمبود عناصر غذایی می‌شود؛ اما این امر می‌تواند از ایجاد غلظت‌های زیاد و سمی یون‌ها در محلول اغلب خاک‌ها جلوگیری کند. غلظت‌های معرف مسمومیت در گیاهان برای اغلب گیاهان ناشناخته است و با شرایط رشد، تغییر می‌کند. فراهمی کاتیون‌های فلزی کمیاب با تغییر pH ، تغییر می‌کند. فراهم بودن آنیون‌های سمی مانند کروم با افزایش هیدروکسید آهن و آلومینیوم تا حدی کاهش و با افزایش pH تا حدی افزایش می‌یابد زیرا تثبیت آنیون‌ها به وسیله‌ی خاک، با افزایش pH کم می‌شود. فراهم بودن فلزات سنگین علاوه بر pH تحت تاثیر عواملی چون میزان مواد آلی و اسیدهای آمینه، برهمکنش با سایر عناصر، کوددهی و قارچ‌های میکوریز قرار می‌گیرد. مواد آلی و اسیدهای آمینه مانند اسید سیتریک، اسید تارتاریک، اسید اگزالیک، اسید سوکسینیک، اسید آسپارتیک و اسید گلوتامیک از ریشه‌های گیاهان دفع شده، کمپلکس‌های محلولی را با فلزات سنگین تشکیل می‌دهند و تحرک آنها را در خاک زیاد می‌کنند. کوددهی مداوم، فراهم بودن زیستی فلزات سنگین را برای گیاهان کاهش می‌دهد. در کودهای کمپوست، کربن آلی بیشتری وجود دارد؛ لذا در pH بالا، فلز سنگین کمتری برای گیاه فراهم است. قارچ‌ها نیز مقاومت گیاه را به فلزات سنگین افزایش می‌دهند و این مقاومت بسته به گونه‌ی گیاهی، نوع قارچ و شرایط محیطی متفاوت است[۳۸].

علایم سمیت در حضور مقادیر بیش از اندازه فلزات سنگین می‌تواند به علت طیفی از برهمکنش‌های سلولی-مولکولی باشد[۶۷]. علایم سمیت شدید فلزات سنگین شامل اثر بر

فرایندهای طبیعی فیزیولوژیکی مانند تعرق، تنفس و فتوسنتز است. ممانعت از رشد و نمو، اپی ناستی[1] و زرد شدگی[2] نیز از جمله علایم سمیت می‌باشند[۱۳۸]. مقادیر کم و زیاد فلزات سنگین، آثار متضادی بر فعالیت فیزیولوژیکی گیاه دارند. به این معنی که تنش فلزات سنگین به میزان کم می‌تواند یک واکنش تحریکی برای گیاهان باشد. در این صورت فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تسریع می‌شود و مقادیر زیادی فرآورده‌های متابولیزه شده مانند گلوتاتیون، اسیداگزالیک، هیستیدین، سیترات و پروتئین‌های متصل شونده به فلز برای ترکیب و اتصال با فلزات سنگین و سمیت زدایی آنها تولید می‌گردد. میزان بالای فلزات سنگین سبب متابولیسم سریعتر و افزایش ورود فلزات سنگین به سلول‌ها می‌گردد[۳۸]. **بطور کلی، تاثیر فلزات سنگین را در گیاهان می‌توان به چند دسته تقسیم کرد.**

۱-۱-۱-۱ اثر بر رشد

برخی فلزات سنگین برای گیاهان ضروری نیستند و در صورت انباشت مقادیر فراوان این فلزات در گیاهان، جذب و انتقال عناصر ضروری به طور نامطلوب تحت تاثیر قرار گرفته، با ایجاد اختلال در متابولیسم بر روی رشد و تولید مثل اثر می‌گذارند [۱۴۲]. تاثیر فلزات سنگین در مراحل مختلف رشد گیاه، متفاوت است و موجب کاهش نیروی حیاتی ریشه می‌شود[۳۸].

۱-۱-۱-۲ اثر بر تشکیل کروموزوم

سمیت ژنی[3] فلزات سنگین در گیاهان، سنتز و نسخه برداری DNA و لذا کروموزوم‌ها را به طور مستقیم تحت تاثیر قرار داده، اختلالات کروموزومی را القاء می‌کند. در بررسی انجام شده در گیاه جو نشان داده شده است که برخی فلزات سنگین (از جمله کادمیوم) با اسیدهای هسته‌ای ترکیب شده، سبب آسیب ساختار هسته، قطعه قطعه شدن کروموزوم و اختلالات کروموزومی می‌گردند[۱۴۵].

غلظت‌های زیاد فلزات سنگین در محیط، تبادل کروماتیدهای خواهری را در سلول‌های رأس ریشه تحت تاثیر قرار می‌دهد[۳۸].

---

[1]-Epinasti
[2]-Chlorosis
[3]-Genotoxicity