بررسی اثرات متقابل سلنیوم و کادمیوم بر محتوای آلدئیدها، پراکسیدهیدروژن و فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهچه گندم رقم کویر

بتول کرامت[1*]، فاطمه دریایی[1] و محمد جواد آروین[2]

[1] کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

[2] کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۱۸

چکیده

کادمیوم (Cd)، ازجمله فلزات سنگین است که سبب ایجاد آلودگی محیطی شده و بر فعالیّت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی موجودات زنده به‌ویژه گیاهان تأثیر می‌گذارد. سلنیوم (Se) به‌عنوان یک عنصر ضروری، دارای اثرات مفیدی در افزایش تحمّل به تنش‌های زنده و غیر زنده در گیاهان است. در این بررسی از غلظت‌های ۰، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم و ۰، ۱/۵ و ۳ پی پی‌ام (میلی‌گرم در لیتر) سلنیوم به‌عنوان تیمار استفاده شد. نتایج حاصل نشان دادند که تنش کادمیوم باعث کاهش وزن خشک و تر گیاهچه‌ها و محتوای کلروفیل کل و کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شده و نیز افزایش محتوای مالون‌دآلدئید، سایر آلدئیدها و افزایش محتوای پراکسیدهیدروژن در این شرایط مشاهده شد. همچنین کاربرد سلنیوم باعث افزایش وزن خشک و تر گیاهچه‌ها، محتوای کلروفیل کل و نیز افزایش فعالیّت آنزیم کاتالاز در گیاهان تحت تیمار کادمیوم گردید. به‌طوری‌که کاهش محتوای مالون‌دآلدئید، سایر آلدئیدها و پراکسیدهیدروژن نیز از دیگر اثرات کاربرد سلنیوم می‌باشد. همچنین یافته‌های حاصل نشان دادند که تحت تیمار ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم و ۳ پی‌پی‌ام سلنیوم مقدار این عناصر در برگ نسبت به شاهد بیشتر بود. به‌طور کلی نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان دادند که سلنیوم باعث تخفیف خسارت ناشی از تنش کادمیوم در این رقم گندم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سلنیوم، کادمیوم، گندم

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۱۹۹۵۳۱۷ ، پست‌الکترونیکی: bkeramat@uk.ac.ir

مقدمه

کادمیوم، به‌عنوان یکی از فلزات سنگین آلاینده محیط زیست، بر روی فعالیّتهای فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی گیاهان تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش تولیدات کشاورزی شده (۳)، این فلز از طریق فرایندهای صنعتی و کودهای فسفاته وارد محیط زیست و زنجیره غذایی می‌شود (۲). کادمیوم براحتی از ریشه جذب گیاه شده و با تشکیل کمپلکس‌های پیچیده با ترکیبات آلی مانند پروتئین‌ها از فعالیّت ضروری سلولها جلوگیری می‌کند (۳۷). این عنصر از طریق کانالهای کلسیمی وارد ریشه گیاه شده و بعد از مسیر آوند چوبی به بخشهای هوایی منتقل می‌شود. البته تعرّق از سطح برگها این انتقال را افزایش می‌دهد (۵). سمیّت کادمیوم برای گیاهان و جانوران نتیجه‌ای از تمایل زیاد این یون برای تشکیل پیوند با گروه‌های سولفیدریل آنزیم‌ها و ساختمان پروتئین‌ها می‌باشد (۲). مکانیسم احتمالی دیگری که غلظت بالای فلزات سنگین ازجمله کادمیوم را قادر به بروز اثرات مخرّب بر بافت‌های گیاهی می‌کند، تحریک در تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن و در نتیجه بروز تنش اکسیداتیو می‌باشد (۳). فلزات سنگین به‌ویژه کادمیوم بر روی رشد اثر گذاشته و رشد ریشه و ساقه را کاهش داده و در نتیجه بر روی طول ساقه، وزن تر

ساقه و ریشه اثر منفی می‌گذارند (۸). علاوه بر این، تغذیه را با مشکل مواجه نموده، به‌خصوص جذب کاتیون‌هایی مثل آهن و منیزیوم را دچار اختلال می‌کند (۲). همچنین پمپ‌های پروتونی را مهار کرده و بر روی جذب مواد معدنی تأثیر گذاشته (۱۳) و با افزایش فعالیّت پروتئازها، مقدار پروتئین را کاهش می‌دهد (۱۵). روبیسکو (آنزیم اصلی چرخهٔ کالوین) تحت تأثیر شدید کادمیوم می‌باشد. این عنصر در واکنش فتولیز آب جانشین یون منگنز شده و مانع شکست کمپلکس آب می‌شود (۳۸).

سلنیوم، به‌عنوان یک متالوئید بین سولفور و تلوریوم در گروه ۶ و بینِ آرسنیک و برومین در دورهٔ ۴ جدول تناوبی قرار گرفته است (۶). این عنصر در برخی خصوصیّات شیمیایی شبیه سولفور می‌باشد (۴۰). گزارش شده که سلنیوم جزء مهمّ گلوتاتیون پراکسیداز ($GSH-P_X$) است که در مکانیسم‌های دفاع داخل سلولی علیه تنش اکسیداتیو از طریق جلوگیری از تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن شرکت می‌کند (۴). بنابراین، Se دارای خصوصیّات آنتی‌اکسیدانی بوده و می تواند مکانیسم‌های محافظی که کاهش‌دهندهٔ تنش اکسیداتیو هستند را از طریق راه‌های آنزیمی و غیرآنزیمی و نیز کاهش تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن فعّال کند (۵). به‌دلیل اهمیّت سلنیوم در رژیم غذایی سازمان جهانی غذا، ورود سلنیوم در محصولات گیاهی ازجمله گندم، جو، برنج و سیب‌زمینی را الزامی می‌داند (۳۹). سلنات (SeO_4) فرم قابل جذب این عنصر برای گیاهان می‌باشد. خاکهای غنی از Se با مقدار زیاد سلنات، در شرایط آب و هوای خشک یافت می‌شوند (۳۰). گزارش شده که افزودن سلنیوم به گیاهان در معرض تنش، باعث افزایش سنتز گلوتاتیون (GSH) می‌شود (۳۵). راه‌های استفاده از سلنیوم به‌عنوان خنثی‌کنندهٔ اثرات مخرّب ناشی از فلزات سنگین، کاربرد به‌صورت اسپری برگی و یا استفاده از کودهای سلنیوم، به‌صورت کودپاشی و اضافه کردن به خاک بوده که مهمترین این ترکیبات سلنات‌سدیم و سلنیت‌سدیم می‌باشد (۱۹). جذب سلنات فعّالانه و بوسیلهٔ یک مکانیسم مشترک با سولفات که به گرادیان Na^+وابسته است، انجام شده که این گرادیان توسط پمپ Na^+/k^+-ATP_aایجاد می‌شود ولی جذب سلنیت از طریق غیرفعّال صورت می‌گیرد (۲۶). سلنیوم با توجه به غلظت مصرفی، اثری دوگانه بر رشد گیاهان اعمال می‌کند. معمولاً در کمترین غلظت، رشد گیاهان را تحریک نموده و موجب تأخیر در روند پیری می‌شود (۹). درحالیکه در غلظت‌های بالا موجب بروز خسارت در گیاهان مثل توقّف رشد و زردی می‌شود (۹). در گزارشی که توسط Tamas در سال ۲۰۱۰ ارائه شد، غلظت‌های کم سلنیوم در گیاه گندم سبب افزایش تحمّل این گیاه در برابر تنش اکسیداتیو شده بود (۳۹). سلنیوم نقش مهمّی در خنثی کردن تنش‌های غیر زنده در گیاهان دارد که بوسیلهٔ سرما، خشکی، نور شدید، آب، شوری، دمای بالا، UV-B و فلزات سنگین ایجاد شده‌اند (۱۶). این نقش توسط مکانیسم‌هایی ایفا می‌شود که نسبتاً پیچیده و تقریباً ناشناخته‌اند. این مکانیسم‌ها عبارتند از: تنظیم گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن (ROS) و آنتی‌اکسیدان‌ها، جلوگیری از جذب و انتقال فلزات سنگین، تغییر در ویژگیهای فلزات سنگین، بازسازی غشای سلولی، ساختمان کلروپلاست و بهبود سیستم فتوسنتزی (۱۶). این پژوهش با توجّه به اهمیّت اقتصادی گندم و در راستای شناخت اثرات سمّی کادمیوم بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه گندم و نیز بررسی اثر سلنیوم در افزایش احتمالی تحمل گیاه به فلز سنگین کادمیوم انجام شد.

مواد و روشها

گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، گندم (رقم کویر) بود و بذرهای مورد نظر از مرکز تحقیقات غلات دانشگاه اصفهان تهیّه شد. برای انجام آزمایش از گلدانهایی که به نسبت ۲ به ۱ از شن و خاک پُر شده بودند (به‌وزن تقریبی ۱/۵ کیلوگرم) استفاده گردید. قبل از کاشت، بذرها را به مدّت ۶ ساعت در آب خیس کرده، و بعد کاشته شدند. گلدانها در شرایط گلخانه‌ای (دمای ۲۶ تا ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد و

رطوبت نسبی ۶۰ درصد؛ شرایط نوری: ۱۲ ساعت نور، ۱۲ ساعت تاریکی و شدت نور ۵۰۰ لوکس) نگهداری شدند. در ادامه گلدان‌ها هر ۲ روز یکبار آبیاری و به‌منظور تأمین املاح مورد نیاز گیاه، هر ۱۵ روز یک مرتبه، با محلول کود کامل (با رقّت ۴ میلی‌لیتر در لیتر آب) و همچنین محلول کود اوره (با رقّت ۵ گرم در لیتر آب) به‌صورت محلول‌پاشی تغذیه شدند. کود کامل در آزمایش‌های مختلف به جای محلول هوگلند و به‌روش محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفته و کارایی آن برای رشد و نمو گیاهان کاملاً مشخص شده است. ترکیبات این کود شامل: ازت ۴ درصد، فسفر ۴ درصد، پتاس ۴ درصد، آهن ۰/۱ درصد، روی ۰/۲ درصد، منگنز ۰/۰۵ درصد، مس ۰/۰۵ درصد، منیزیوم ۰/۰۵ درصد، بور ۰/۰۲ درصد و مولیبدن ۰/۰۲ درصد می‌باشد. ابتدا گیاهچه‌های ۱۸ سانتی‌متری که برگهای ردیف سوّم آنها رشد کردند براساس سیستم کُدبندی غلاّت (زیداکس) مرحله ۱۳ تحت تیمار سلنات‌سدیم با غلظت‌های ۰، ۱/۵ و ۳ پی‌پی‌ام به‌صورت محلول‌پاشی برگی قرار گرفته و پس از گذشت سه روز، تیمار کلریدکادمیوم با غلظت‌های ۰، ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار در ۳ روز متوالی و هر روز ۱۲۰ میلی‌لیتر به‌صورت آبیاری اعمال شد. بعد از ۲ هفته، نمونه‌ها برای انجام آزمایشهای فیزیولوژیکی برداشت و در نیتروژن مایع منجمد و به آزمایشگاه منتقل شدند. آزمایش در سال ۱۳۹۱ در گلخانه بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در هر تیمار انجام شد.

اندازه‌گیری وزن تر: برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی گیاه، پس از برداشت گیاهچه‌ها، نمونه‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شده و وزن آنها بر حسب گرم با ترازوی Sartorius مدل BPSIID با دقّت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری وزن خشک: برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، ابتدا نمونه‌ها بطور کامل در ورقه آلومینیومی پیچیده شده و به‌مدّت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و خشک شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، وزن آنها با ترازوی Sartorius مدل BPSIID با دقّت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی: اندازه‌گیری مقدار کلروفیل کل با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام شد. ۰/۲ گرم از برگهای منجمد شده انتهای گیاه (جوان‌ترین برگ انتهایی) با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از صاف کردن جذب آنها با اسپکتروفتومتر UV- Visible مدل Cary- 50 ساخت شرکت Varian در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و غلظت رنگیزه‌ها بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$chla = 12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8}$$

$$chlb = 21.21\ A_{646.8} - 5.1\ A_{663.2}$$

$$chlt = chla + chlb$$

سنجش غلظت مالون‌دآلدئید: اندازه‌گیری غلظت مالون‌دآلدئید به روش Heath و Packer (۱۹۶۸) انجام شد. بدین‌منظور ۰/۲ گرم از بافت تازهٔ برگی (جوان‌ترین برگهای انتهای ساقه) در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک‌اسید (TCA) ۱٪ سائیده شد. عصارهٔ حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به‌مدّت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید. به یک میلی‌لیتر از محلول حاصل از سانتریفیوژ، ۵ میلی‌لیتر محلول TCA۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک‌اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدّت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد حمّام آب‌گرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در حمّام یخ سرد و دوباره مخلوط به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید. غلظت مالون‌دآلدئید (MDA) در طول موج ۵۳۲ نانومتر و ضریب خاموشی معادل

$1.55\times10^{5}\times M^{-1}\ Cm^{-1}$ بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

سنجش سایر آلدئیدها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی‌متیل‌استال): برای سنجش سایر آلدئیدها ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۱٪ سائیده شد. عصارهٔ حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به‌مدّت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید. به یک میلی‌لیتر از محلول حاصل از سانتریفیوژ، ۵ میلی‌لیتر محلول ۲۰TCA درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدّت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد حمّام آب‌گرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در حمّام یخ سرد و دوباره مخلوط به‌مدّت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ g سانتریفیوژ شد. سپس شدّت جذب در طول موج ۴۵۵ نانومتر خوانده شد. به‌طوری‌که جذب سایر رنگیزه‌های غیراختصاصی در ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و از این مقدار کسر گردید.

برای محاسبه غلظت آلدئیدها از ضریب خاموشی معادل $0.457\times10^{5}\ M^{-1}Cm^{-1}$(۲۸) استفاده شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری بر حسب نانومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT): فعالیّت کاتالاز با روش اسپکتروفتومتری و براساس کاهش جذب پراکسیدهیدروژن در مدّت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری و واکنش با اضافه کردن H_2O_2 (پراکسید هیدروژن) آغاز شد. کاهش در جذب آب‌اکسیژنه در مدّت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری Cary500 ساخت شرکت Varian اندازه‌گیری شد. میزان فعالیّت آنزیم براساس غلظت آب‌اکسیژنه تجزیه شده، محاسبه شد. یک واحد فعالیّت آنزیمی مقداری است که یک میکرومول آب اکسیژنه را در مدّت یک دقیقه تجزیه کند. سپس بر اساس ضریب خاموشی غلظت کاتالاز اندازه‌گیری شد (۱۲).

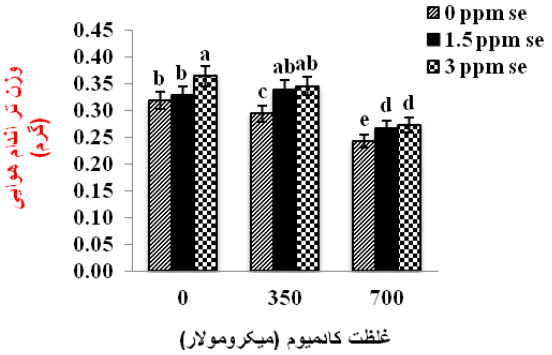
اندازه‌گیری محتوای پراکسیدهیدروژن: مقدار پراکسیدهیدروژن براساس واکنش پراکسیدهیدروژن با یدید پتاسیم (KI) تعیین شد. در این روش ۰/۵ گرم از بافت تازهٔ برگ (جوان‌ترین برگهای انتهای ساقه) در TCA ۰/۱ درصد سرد سائیده شد. عصارهٔ حاصل به مدّت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ g سانتریفیوژ شد. سپس به ۵۰۰ میکرولیتر از محلول رویی، ۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH 7) و ۲ میلی‌لیتر یدور پتاسیم ۱ مولار اضافه گردید. مخلوط واکنش به‌مدّت ۱ ساعت در تاریکی در دمای اتاق قرار داده شده، سپس جذب نمونه‌ها در ۳۹۰ نانومتر اندازه گیری شد (۱). برای محاسبهٔ مقدار پراکسیدهیدروژن از منحنی استاندارد استفاده شد.

اندازه‌گیری عناصر کادمیوم و سلنیوم: برای سنجش این عناصر از چهار تیمار شامل: کادمیوم ۷۰۰ میکرومولار، سلنیوم ۳ پی‌پی‌ام، سلنیوم ۳ پی‌پی‌ام به همراه کادمیوم ۷۰۰ میکرومولار و شاهد استفاده گردید. ابتدا گیاهچه‌های خشک را در هاون چینی بطور کامل پودر کرده و بعد مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه وزن و در لولهٔ آزمایش ریخته شد. سپس به هر کدام از لوله‌ها ۴ میلی‌لیتر اسیدنیتریک اضافه شده و پس از گذشت ۴۸ ساعت، برای تسریع در حل‌پذیری ترکیبات و نیز کمک به یونی کردن عناصر، لوله‌های مورد استفاده روی هیتر با دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد، زیر هود قرار گرفتند تا زمانیکه حجم محلول به ۰/۵ میلی‌لیتر رسید و اسید به‌صورت بخار از لوله‌ها خارج شد. پس از آن حجم محتوای لوله‌ها با آب مقطّر به ۵ میلی‌لیتر رسانده و محلول حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ ۱ صاف شد. غلظت کادمیوم و سلنیوم هر نمونه با دستگاه جذب اتمی GTALLO مدل Varian و با استفاده از محلول استاندارد بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد (۳۶).

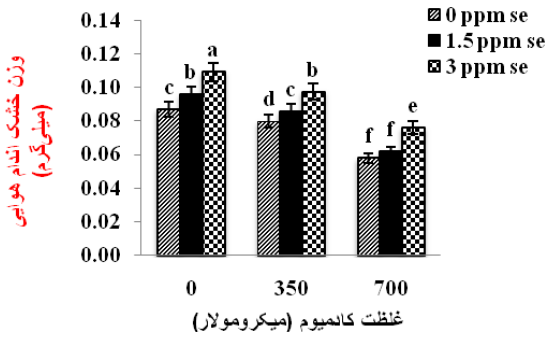
تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در هر تیمار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

اثر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر وزن تر و خشک گیاهچه‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط تنش کادمیوم، وزن تر و خشک گیاهچه‌ها کاهش می‌یابد که این کاهش در هر دو غلظت کادمیوم معنی‌دار بود. کاربرد سلنیوم، به‌خصوص غلظت ۳ پی‌پی‌ام، باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک گیاهان تحت تیمار در مقایسه با گیاهان شاهد شد (شکلهای ۱ و ۲).

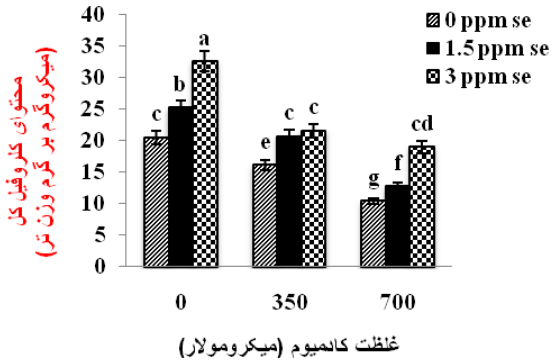


شکل ۱- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر وزن تر گیاهچه‌ها در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).



شکل ۲- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر وزن خشک گیاهچه‌ها در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).

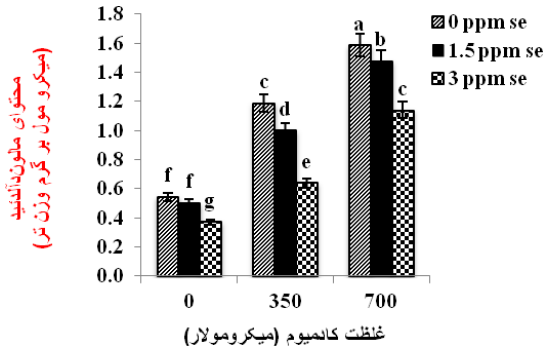
نتایج حاصل از تأثیر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای کلروفیل کل: نتایج حاصل از تأثیر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای کلروفیل کل در شکل ۳ نشان داده شده است. داده‌های بدست‌آمده از این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش کادمیوم، هر دو غلظت ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار کادمیوم باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل در مقایسه با شاهد شد. در شرایط بدون تنش کادمیوم (شاهد) در رقم کویر، کاربرد سلنیوم در غلظت‌های ۱/۵ و ۳ پی‌پی‌ام باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل نسبت به گیاهان شاهد گردید. در شرایط تنش کادمیوم، کاربرد سلنیوم در هر دو غلظت باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل در مقایسه با گیاهان تحت تیمار شد.



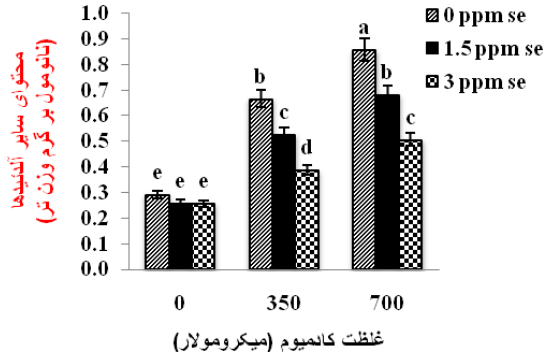
شکل ۳- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای کلروفیل کل در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).

اثر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر میزان مالون‌دآلدئید و سایر آلدئیدها: همانطور که در شکلهای ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، در شرایط تنش کادمیوم، هر دو غلظت ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار باعث افزایش محتوای مالون‌دآلدئید و سایر

آلدئیدها در مقایسه با گیاهان شاهد شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. کاربرد سلنیوم به‌ویژه در غلظت ۳ پی‌پی‌ام موجب کاهش معنی‌دار محتوای مالون‌دآلدئید و سایر آلدئیدها نسبت به گیاهان کنترل شد.

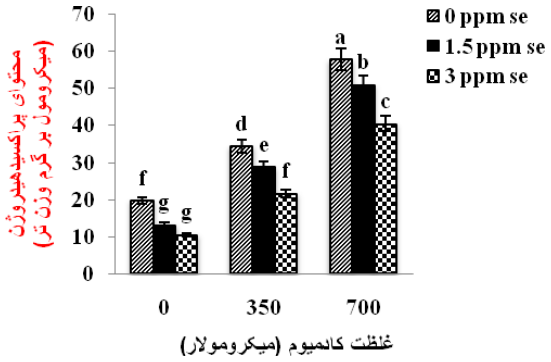


شکل ۴- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای مالون دآلدئید در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).



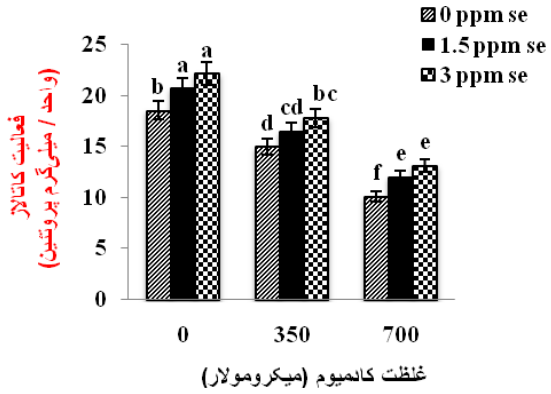
شکل ۵- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای سایر آلدئیدها در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).

تأثیر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای پراکسیدهیدروژن: نتایج حاصل از این برهم‌کنش در شکل ۶ نشان‌دهندهٔ آن است که در شرایط تنش کادمیوم در هر دو غلظت ۳۵۰ و ۷۰۰ میکرومولار آن مقدار بیشتری پراکسید هیدروژن در مقایسه با گیاهان شاهد تولید شده که این میزان تولید، از لحاظ آماری برای هر دو غلظت معنی‌دار است. همچنین سلنیوم توانسته است در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ پی‌پی‌ام خود به طور معنی‌داری از تولید پراکسیدهیدروژن بکاهد.



شکل ۶- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر محتوای پراکسید هیدروژن در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0.05$ است).

اثر تیمار سلنیوم و کادمیوم بر فعالیت آنزیم کاتالاز: داده‌های حاصل از این بررسی در شکل ۷ آورده شده و نشان می‌دهد که در شرایط تنش کادمیوم، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش می‌یابد که این کاهش در مقایسه با گیاهان شاهد در هر دو غلظت معنی‌دار بود. همچنین کاربرد سلنیوم سبب افزایش فعالیت این آنزیم در هر دو غلظت شد که این افزایش در غلظت ۳ پی‌پی‌ام معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش نیز کاربرد سلنیوم، فعالیت آنزیم کاتالاز را بطور معنی‌داری افزایش داد.



شکل ۷- اثر متقابل تیمار سلنیوم و کادمیوم بر فعالیت کاتالاز در گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار

انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است).

نتایج بدست آمده از سنجش عناصر سلنیوم و کادمیوم در برگ:

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های بدست آمده از سنجش عنصر کادمیوم در برگ گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است).

کادمیوم (میکرومولار)	سلنیوم (پی‌پی‌ام)	کادمیوم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
۰	۰	۰/۰۳۹[c]
۷۰۰	۰	۱/۵۲[a]
۷۰۰	۳	۰/۸۵[b]

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های بدست آمده از سنجش عنصر سلنیوم در برگ گندم رقم کویر (مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و با سه تکرار انجام شد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است).

کادمیوم (میکرومولار)	سلنیوم (پی‌پی‌ام)	سلنیوم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
۰	۰	۰/۰۰۲[c]
۰	۳	۰/۳۱[a]
۷۰۰	۳	۰/۲۱[b]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میزان کادمیوم و سلنیوم در برگ گندم رقم کویر

منابع تغییر	درجه آزادی	کادمیوم برگ	سلنیوم برگ
کادمیوم	۱	۱/۹۶۳**	۰/۰۱۰**
سلنیوم	۱	۰/۶۲۶**	۰/۰۲۰**
کادمیوم x سلنیوم	۱	۰/۵۴۲**	۰/۰۱۶**
خطا	۸	۱/۱۲۵ x ۱۰$^{-۶}$	۱/۲۵۰ x۱۰$^{-۷}$

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش ناشی از کادمیوم در گیاهان مورد آزمایش باعث کاهش در محتوای کلروفیل کل شد. آلودگی کادمیوم می‌تواند فرایندهای فتوسنتزی را بشدّت تحت تأثیر خود قرار دهد و موجب کاهش فتوسنتز گردد (۲۴). کاهش فتوسنتز می‌تواند به‌علّت تخریب فراساختار کلروپلاست، جلوگیری از سنتز کلروفیل، مسدود کردن مسیر انتقال الکترون و بازدارندگی آنزیم‌های چرخهٔ کالوین باشد (۴۱). مهار آنزیم لوولونیک سنتاز در حضور یون کادمیوم می‌تواند از دلایل مهمّ کاهش بیوسنتز کلروفیل در حضور Cd^{2+} باشد (۴۱). در این آزمایش، سلنیوم سبب افزایش محتوای کلروفیل در رقم کویر شد. افزایش سلنیوم در سطوح مناسب می‌تواند تا حدّی تخریب کلروپلاست‌ها را کاهش و محتوای کلروفیل‌ها را افزایش دهد (۱۷). گزارش شده است که در حضور سلنیوم دسترسی گیاه به آهن بیشتر شده که می‌تواند در حفظ محتوای کلروفیل مؤثر باشد (۷). Liu در سال ۲۰۰۴ گزارش کرد که واکنش سلنیوم با گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن، موجب کاهش اثرات منفی کادمیوم بر محتوای کلروفیل در برگهای برنج شد، زیرا رادیکالهای آزاد اکسیژن از اصلی‌ترین عواملی هستند که در شرایط تنش کادمیوم، باعث شکستن رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین‌های ساختاری دستگاه فتوسنتزی و خسارت به آنها می‌شوند. این اثر رادیکالهای آزاد اکسیژن در فتوسیستم ۲ و به‌خصوص بر پروتئین D_1 (جز اوّلین اهداف در تخریب اکسیداتیو در مرکز عمل فتوسیستم ۲ می‌باشد) اثبات شده است (۲۱). ترمیم فتوسنتز در گیاهان تحت تنش پس از کاربرد سلنیوم، ممکن است به سطوح کاهش یافته گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن مرتبط باشد (۳۳). با فعالیّت مجدّد آنتی‌اکسیدان‌ها، ساختمان تخریب شده کلروپلاست‌ها ترمیم شده و تولید دیگر متابولیت‌های حیاتی مانند گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-PX) و اجسام شبه تیول (SH-) زیاد می‌شود (۱۸). کادمیوم به دو صورت توسط سلنیوم سم‌زدایی می‌شود. افزایش سلنیوم، آنزیم‌های غشایی را فعّال نموده و نقل و انتقال متابولیت‌های مهم

برای عملکرد کلروپلاست را به‌حالت اوّل برمی‌گرداند. همچنین سلنیوم می‌تواند با کادمیوم بر سر جایگاه‌های ویژه ازجمله گروه‌های تیول سیستئین در پروتئین‌های پوششی غشاء رقابت کند (۱۷).

محققان گزارش کرده‌اند که غلظت ۰/۵ میکرومولار کادمیوم در محلول غذایی، به طور قابل توجهی، محتوای Zn^{2+} و Mn^{2+} را در ریشه و اندام هوایی گندم کاهش می‌دهد و بدنبال آن زی‌توده گیاه نیز به مقدار قابل توجّهی کاهش می‌یابد (۲۳). بنابراین به‌نظر می‌رسد، به‌دلیل اتّصال لیگاندهای آلی که در حضور فلزات سنگین سنتز می‌شوند، با کاتیون‌هایی مانند Fe^{2+} و Mn^{2+}، عملکرد این کاتیون‌های ضروری دچار اختلال می‌شود (۸). Lagriffoul و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که وزن خشک برگها و ریشه‌های گندم در حضور کادمیوم کاهش می‌یابد. گزارشهایی نیز وجود دارد که به‌علّت تغییر در وضعیت آبی گیاه، زی‌توده کاهش می‌یابد. کاهش در جذب و یا از دست رفتن آب به‌دنبال آسیب غشایی، از دلایل اصلی کاهش وزن گیاه می‌باشد (۲). در برخی گیاهان، تیمار سلنیوم از طریق افزایش فعالیّت زنجیره انتقال الکترون، رشد گیاه و رشد دانه‌های تیمار شده با سلنیوم را افزایش داده که این افزایش فعالیّت زنجیره انتقال الکترون در برگهای نخود نیز مشاهده می‌شود (۱۰). فعالیّت بیشتر زنجیره انتقال الکترون منجر به افزایش پتانسیل تنفّسی گیاه و نیز فعالیّت بیشتر GSH-PX میتوکندریایی می‌گردد که رشد بیشتر گیاه را سبب می‌شود (۳۲). همچنین از دلایل افزایش رشد در گیاهانی که با غلظت مناسب سلنیوم تیمار شده‌اند، می‌توان خنثی‌شدن فرایند پیری توسط آنتی اکسیدان‌های تولید شده را نام برد (۱۹).

نتایج حاصل از این پژوهش، کاهش محتوای مالون‌دآلدئید و سایر آلدئیدها را در شرایط کاربرد سلنیوم نشان داد. گزارش شده است که غلظت بهینهٔ سلنیوم با کاهش سطوح رادیکال سوپراکسید (O_2^-) و H_2O_2 خسارت وارده به چربیهای غشای سلولی را در گیاهان کاهش داده و از انباشتگی مالون‌دآلدئید جلوگیری می‌کند (۱۹). در این تحقیق فعالیّت آنزیم کاتالاز در اثر تیمار سلنیوم افزایش یافت. در آزمایشی که در شرایط گلخانه‌ای و توسط Nowak در سال ۲۰۰۴ بر روی گیاه گندم انجام شد، تیمار سلنیوم در غلظت‌های ۰/۰۵ $m\ mole\ kg^{-1}$ و ۰/۱۵ باعث افزایش ۱۰ درصدی فعالیّت کاتالاز شد. کاتالاز آنزیم مهم در مقابله با پراکسیدهیدروژن بوده (۲) و به‌نظر می‌رسد افزایش فعالیّت این آنزیم در گندم رقم کویر، نمایانگر توانایی این رقم برای تحمّل شرایط تنش کادمیوم باشد. کاتالاز قادر است، پراکسیدهیدروژن موجود در سلول را به H_2O و O_2 تبدیل کند (۲). افزایش میزان کاتالاز به کاهش تنفس نوری و کاهش نقطه جبرانی CO_2 نیز کمک می‌کند (۳). به اعتقاد Dixit و همکاران (۲۰۰۱) تجمّع H_2O_2، نتیجه تولید رادیکالهای فعّال اکسیژن و افزایش فعالیّت SOD (سوپراکسید دیسموتاز) در سلول می‌باشد. کاهش فعالیّت کاتالاز در برگهای برنج تیمار شده با کادمیوم نیز گزارش شده است (۸). این محقّقان علّت کاهش فعالیّت کاتالاز را مربوط به اثرات سمّی کادمیوم در افزایش تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن به‌ویژه پراکسیدهیدروژن در برگهای گیاه برنج دانسته‌اند (۲۹). در این آزمایش نیز افزایش میزان پراکسیدهیدروژن در گیاهان تحت تیمار کادمیوم می‌تواند دلیلی بر کاهش فعالیّت آنزیم کاتالاز باشد. در گیاهچه‌های انگور تیمار شده با سلنیوم که در معرض تنش کادمیوم قرار گرفته بودند، کاهش فعالیّت کاتالاز در غلظت ۶۰۰ میکرومولار کادمیوم و نیز افزایش فعالیّت این آنزیم‌ها در غلظت ۲ میکرومولار سلنیوم مشاهده شد. همچنین سلنیوم توانسته بود، فعالیّت این آنزیم را در شرایط تنش کادمیوم افزایش دهد (۱۸).

آزمایشهای مختلف نشان می‌دهند که تنش کادمیوم منجر به افزایش میزان پراکسیدهیدروژن شده، در حالیکه سلنیوم میزان H_2O_2 و خسارت ناشی از آن را کاهش می‌دهد (۲۲). سلنیوم می‌تواند از طریق تنظیم آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور

مستقیم یا غیرمستقیم، تولید و خاموشی گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن را کنترل کند (۴۲). تنظیم سطوح ROS به‌وسیلهٔ سلنیوم یک مکانیسم کلیدی برای خنثی‌کردن تنش‌های محیطی در گیاهان می‌باشد (۲۲). در شرایط نرمال نیز تولید ROS در سطوح پائین در سلولهای گیاهی وجود دارد. مقادیر کمتر از ۲۴۰ میکرومولار بر واحد سطح O_2^- و ۰/۵ میکرومولار بر واحد سطح H_2O_2 در کلروپلاست‌ها تولید می‌شود (۲۶). افزایش مقدار کمی از سلنیوم می‌تواند تولید بالای ROS، به‌خصوص O_2^- و H_2O_2 در گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی قرار گرفته‌اند را کاهش دهد (۲۶).

نتایج حاصل از سنجش عناصر سلنیوم و کادمیوم برگ گندم در این پژوهش نشان داد که کاربرد سلنیوم با غلظت ۳ پی‌پی‌ام باعث کاهش محتوای کادمیوم در برگ شد. براساس گزارش ارائه شده، ممکن است سلنیوم انباشته شده در برگ بتواند با فعّال کردن راه‌های آنزیمی و غیرآنزیمی و نیز افزودن بر میزان سنتز کلروفیل کل و افزایش فعّالیت ATP_{ase}های غشای پلاسمایی و در نتیجه پمپ کردن H^+ و انتقال همزمان آن با یونهای آلی و غیرآلی محلول موجب حفظ تمامیّت لیپیدهای غشای سلولی و نوسان pH و هموستازی Ca^{2+} شده و یونهای Ca^{2+} با یونهای Cd^{2+} برای ورود بداخل سلول‌های گیاهی از طریق کانال‌های یونی رقابت کنند (۱۴).

نتیجه‌گیری نهایی:

تنش‌های محیطی ازجمله فلز سنگین در سیستم‌های بیولوژیکی، موجب افزایش تولید گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن می‌شود. سلنیوم در غلظت مناسب تحمل گیاهان را بر علیه تنش اکسیداتیو افزایش داده و باعث افزایش رشد می‌شود. در گیاه گندم نیز سلنیوم خنثی‌کنندهٔ اثرات منفی ناشی از تنش کادمیوم می‌باشد.

منابع

1-Alexieva V., Sergei, I., Mapelli, S., Karanov, E. (2001) The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment. 24: 1337-1344.

2- Babula, P., Ryant, P. and Adam, V. (2009) The role of sulphur in cadmium ions detoxification demonstrated in invitro model: Dionaea muscipula. Environment Chemistry. 7: 353-361.

3- Baszynski, T., Wajda, L., Krol, M., Wolinska, D., Krupa, Z., Tukendorf, A. (1980)

Photosynthetic activities of cadmium-treated tomato plants. Physiologia Plantarum. 48: 365–370.

4- Beladel, B., Nedjimi, B. and Mansouri, A. (2012) Selenium content in wheat and estimation of the Selenium daily intake in different regions of Algeria. Journal Applied Radiation and Isotopic. 969-8043: 00498-8.

5- Broadly, R., Martin, F. and John, A. (2010) Selenium biofortification of high yielding winter wheat (*Triticum aestivum L.*) by liquid or granular Se fertilization. Plant Soil. 332: 5–18.

6- Cabrera, C., Lorenzo, ML., Demeans, C., López, MC. (1996) Chromium, copper, iron, manganese, selenium and zinc levels in dairy products: in vitro study of absorbable fractions. Journal Food Science Nutrition. 45:643–652.

7- Cao, F., Cai, Y., Cheng, W.D., Zhang, G.P., Wu, F.B. (2011) Modulation of exogenous glutathione in phytochelatins and photosynthetic performance against Cd stress in the two rice genotypes differing in Cd tolerance. Biology Trace Elemental. 143: 1159–1173.

8- Chen F., Wu F., Dong, J., Vance, E., Zhang, G.P., Wang, F., Huang, Y.Z., Wei, K. (2007) Cadmium translocation and accumulation in developing barley grains. Physiologia Plantarum. 227: 223–232.

9- Chen, F., Wang, F., Wu, F.B.,. Mao, W.H., Zhang, G.P., Zhou, M.X. (2010) Modulation of exogenous glutathione in antioxidant defense system against Cadmium stress in the two barley genotypes differing in Cadmium tolerance. Plant Physiology Biochemistry. 48: 663–672.

10- Clemens, M., Palmgren, G. and Kramer, U. (2002) A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. Trends in Plant Science. 7: 309–315.

11- Dixit, P., Mukherjee, K., Ramachandran V., Eapen, S. (2011) Glutathione transferase from Trichoderma vireos enhances cadmium tolerance without enhancing its accumulation in transgenic Nicotine tabacum. Plant Soil. 325: 198-207.

12- Dhindsa, R.S., Dhindsa, P. and Thorpe, T. (1981) Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid per oxidation and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Exprimental Botany. 32: 93- 101.

13- Dubey, R. (2011) Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants, in Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants. S. D. Gupta, Ed., pp. 177–203.

14- Duby, G. and Boutry, M. (2009) The plant plasma membrane proton pump ATPase: a highly Regulated P-type ATPase with multiple physiological roles. Europe Journal Physiology. 457: 645–655.

15- Efeoglu, B. (2009) Heat shock proteins and heat shock response in plants. Journal Science. 22: 67-75.

16- Feng, R., Wei, C. and Shuxin, T. (2012) The roles of selenium in protecting plant against abiotic stresses. Environmental and Experimental Botany. 98: 185-192.

17- Filek, M., Gzyl-Malcher, B., Zembala, M., Bednarska, E., Laggner, P., Kriechbaum, M. (2010) Effect of selenium on characteristics of rape chloroplasts modified by cadmium. Plant Physiology. 167: 28-33.

18- Filek Maria and Hartikainenc Helina (2008) The protective role of selenium in rape seedling ssubjected to cadmium stress, Journal of Plant Physiology. 165: 833-844.

19- Hartikainen, H., Xue, T. and Piironen, V., (2000) Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant Soil. 225: 193-200.

20- Heath, R.L., and Packer, L. (1968) Photo per oxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Biochemistry Biopsy. 125: 189-198.

21- Kim, S. H., Sicher, R. C., Bae, H. H., Gitz, D. C., Baker, J. T. (2006) Canopy photosynthesis, evapotranspiration, leaf nitrogen, and transcription profiles of maize in response to CO2 enrichment. Global Change Biology. 12: 588–600.

22- Labanowska, M., Filek, M., Kościelniak, J., Kurdziel, M., Kuliś, E., Hartikainen, H. (2012) The effects of short-term selenium stress on Polish and Finnish wheat seedlings-EPR, enzymatic and fluorescence studies. Plant Physiology. 169: 275–284.

23- Lagriffoul, M. and Delhaize, E. (1998) Comparison of plant uptake and plant toxicity of various ions in wheat. Plant Soil. 172: 167–173.

24- Landberg, T. and Greger, M. (1994) Influence of selenium on uptake and toxicity of copper and cadmium in pea (*Pisum sativum*) and wheat (*Triticum sativum*). Physiologia Plantarum. 90: 637–644.

25- Lichtenthaler, H.K (1987) Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzymatic. 148: 350-382.

26 - Lin, L., Weihui, Z., Huaxin, D., Fangbin, C., Zhang, G., Wu, F. (2012) Selenium reduces cadmium uptake and mitigates cadmium toxicity in rice. Science Direct. 10: 162-167.

27- Liu, Q., Wang, D., Jiang, X., Cao, Z. (2004) Effects of the interactions between selenium and phosphorus on the growth and selenium accumulation in rice (*Oryza sativa*). Environmental Geochemical Health. 26: 325–330.

28- Miers, P., Hada, S. and Aharoni, N. (1992) Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid per oxidation products detected during parsley by a newly developed method. Journal of American Science Horticultural. 117: 128-132.

29- Moya, J., Ros, R. and Picazo, I. (1993) Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. Photosynthesis Research. 36: 75–80.

30- Navarro Miguel and Cabrera Carmen (2008) Selenium in food and the human body. Science Direct. 400: 115 – 141.

31- Nowak, J., ˛klewski, K. and Ligocki, M. (2004) Influence of selenium on ox reductive enzymes activity in soil and in plants. Soil Biology Biochemistry. 36: 1553–8.

32- Ozbolt, L., Kreft, S., Kreft, I., Germ, M., Stibilj, V. (2008) Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation. Food Chemistry. 110: 691-696.

33 - Paciolla, C., Leonardis, S. and Dipierro, S. (2011) effects of selenite and selenate on the antioxidant systems in *Senecio scandens L*. Plant Biosystology. 145: 253-259.

34- Pedrero Z., Madrid, Y., Hartikainen, H., Cámara, C. (2008). Protective effect of selenium

in broccoli (*Brassica oleracea*) plants subjected to cadmium exposure. Agriculture Food Chemistry. 56(1): 266-271.

35- Rady, M. (2011) Effect of 2,4-epibrassinolide on growth, yield, antioxidant system and cadmium content of bean. Science Horticultural. 39: 180-186.

36- Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA, Syria, Scientific publishers.

37- Siedlecka, A., Krupa, Z.G., Samuelsson, Oquist, G., Gardestrom, P. (1997) Primary carbon metabolism in *Phaseolus vulgaris* plants under Cd/Fe interaction. Plant Physiology Biochemistry. 35(12): 951–957.

38- Stobar, A., Griffiths, W., Ameen-Bukhari, I., Sherwood, R. (1985) The effect of Cd^{2+} on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley. Physiologia Plantarum. 63: 293–298.

39- Tamas, M. and Mandoki, Zs. (2010) The role of selenium content of wheat in the human nutrition. Acta Universal. Sappi Aliment. 505-512.

40- Tinggi Ujang (2003) Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia. Toxicology Let. 137: 103-/110.

41- Vassilev, A. and Yordanov I. (1997) Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium-treated plants. Plant Physiology. 23: 114–133.

42- Xue, T and Hartikainen, H (2000) Association of antioxidative enzymes with synergistic effect of selenium and UV irradiation in enhancing plant growth. Agriculture Food Science. Finland. 9: 17-186.

43- Zhao F.J., Lopez-Bellido F.J., Gray, C.W., Whalley, W.R., Clark, L.J., McGrath, S.P. (2007) Effects of soil compaction and irrigation on the concentrations of selenium and arsenic in wheat grain. Science of the Total Environment. 372: 433-439.

Interaction of Selenium and Cadmium on aldehydes and hydrogen peroxide content and catalase activity in wheat seedlings (Kavir cv)

Keramat B.[1], Daryaei F.[1] and Arvin M.J.[2]

[1] Biology Dept., Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, I.R. of Iran

[2] Horticulture Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, I.R. of Iran

Abstract

Cadmium is a heavy metal which causes environmental pollution and effect on physiological and morphological activities of living organisms, especially plants. Selenium as an essential element has beneficial effects on enhancing plant tolerance against biotic and abiotic stresses. In this study of 0, 350, 700 µM of cadmium concentration and 0, 1.5, 3 ppm of selenium concentration as treatment have been used. The results showed that cadmium stress decreased dry and fresh weight of seedlings, total chlorophyll content and catalase activity. Also increase in content of malondialdehyde, other aldehydes and hydrogen peroxide in this condition was observed. Also selenium application increased dry and fresh weight of seedlings and total chlorophyll content and catalase activity in plants of under cadmium treatment. Decrease in contents of malondialdehyde, other aldehydes and hydrogen peroxide are the other effects of Selenium application. Our finding showed that under treatment of 700 µM Cadmium and 3 ppm Selenium, the amount of elements in leave were more than control plants. In general the results obtained of this research showed that Se mitigated the damage resulting from Cd-stress in cultivar of wheat.

Key words: Selenium, Cadmium, Wheat