مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱
صفحات ۱۵۴-۱۴۵

بررسی تغییرات جوانه زنی، رشد ریشه و ساقه در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا تحت تنش کادمیوم

Evaluation of germination, root and shoot growth under cadmium stress for different bean genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.)

رامین بهمنی*[۱]، محمد رضا بی همتا[۲]، داود حبیبی[۳]، پیمان فروزش[۳]

چکیده

کادمیوم جزء فلزات سنگین طبقه‌بندی می‌شود که در گیاهان تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کند. این یون سمیت بالایی برای گیاهان و حیوانات دارد. این پژوهش به منظور بررسی اثر تنش کادمیوم بر پارامترهای رشدی در گیاهچه‌های لوبیا انجام گرفت. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی طراحی گردید و بذور ۲۵ ژنوتیپ لوبیا در شرایط آزمایشگاه در محیط حاوی کلرید کادمیوم دارای غلظت‌های صفر (شاهد) و mg/lit□□ رشد کردند. سنجش پارامترهای رشدی پس از ۸ روز انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح کادمیوم واثرات متقابل ژنوتیپ در کادمیوم در سطح احتمال ۱ % اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که در تیمارهایشامل کادمیوم در تمامی ژنوتیپ‌ها میزان صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، درصد جوانه زنی و وزن‌تر نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که این موارد کاهش یافته می‌تواند آثاری از آسیب‌های وارد شده به گیاهان در اثر تنش کادمیوم باشد. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که کاهش کمتری در صفات مورد مطالعه دارند می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش کادمیوم در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: تنش کادمیوم، لوبیا، ژنوتیپ، تنش اکسیداتیو، پارامترهای رشدی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه اصلاح نباتات، کرج، البرز، ایران
۲- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، البرز، ایران
* نویسنده مسئول:

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

آلودگی‌های محیطی به وسیله عناصر سنگین به دلیل فعالیت‌های صنعتی و پیشرفت کشاورزی در اواخر قرن ۱۹ و در ادامه در قرن ۲۰ افزایش یافته است. در این میان آلودگی خاک‌ها از این عناصر منجر به تهدید سلامتی انسان‌ها از طریق زنجیره‌های غذایی شده است (McLaughlin *et al*, 1999). اخیراً دانشمندان و محققان به تولید تکنولوژی‌های کارآمد و ارزان نظیر استفاده از میکروارگانیسم‌ها وگیاهان زنده جهت پاکسازی مناطق آلوده روی آورده‌اند (Wasayetal, 1998). در بین فلزات سنگین، کادمیوم یکی از سمی‌ترین عناصر برای اندام‌های زنده است که نقش زیستی ندارد. کادمیوم یک عنصر غیرضروری بوده دوام بیولوژیکی بالایی دارد و سبب لوله‌ای شدن برگ‌ها، کلروز و کاهش رشد ریشه و ساقه می‌شود (Smeetset al, 2005, Mishra *et al*, 2006). همچنین گزارش شده است که کادمیوم فرآیند جوانه‌زنی و رشد و توسعهٔ گیاهچه را محدود می‌کند (Rascioet al, 1993). سیروکا و همکاران (۲۰۰۴)گزارش کردند که تیمار کادمیوم ۱μM به مدت ۲۴ ساعت میزان رشد ریشه را ۳۰%کاهش داد و این بازدارندگی همبستگی مثبتی با کاهش زنده‌مانی سلول‌های ریشه داشت. یکی از آسیب‌های مهم بافتی که در اثر قرارگیری گیاهان در معرض فلزات سنگین از جمله کادمیوم رخ می‌دهد افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر و ایجاد تنش اکسیداتیو است (Cho and Park, 2000)که نتیجه آن افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت زوال غشاها می‌باشد (Zhang *et al*, 2003). به علاوه فتوسنتز به کادمیوم حساس بوده و کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در تثبیت Co2 از اهداف مهم کادمیوم هستند.

(Gadallah, 1995, Stoyanova and Tchakalova, 1997)

کمبود پروتئین یا عدم توازن بین مصرف پروتئین و هیدرات کربن از مشخصات رژیم غذایی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است. بنابراین یکی از نیازهای اساسی کشور در زمینه تولید محصولات کشاورزی تأمین پروتئین گیاهی است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱). در اکثر کشورهایی که با کمبود پروتئین مواجه هستند کمیت و کیفیت پروتئین مساله اساسی تغذیه می‌باشد. مطالعات حاکی از آن است که ترکیب مناسبی از پروتئین گیاهی می‌تواند سوء تغذیه و کمبود پروتئین را مرتفع سازد و قسمتی از کمبود پروتئین را می‌توان به وسیله مصرف حبوبات جبران نمود (کوچکی، ۱۳۷۶). حبوبات با داشتن بیش از ۲۰ درصد پروتئین نقش مهمی را در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان دارند و مکمل غذایی طبیعی و بسیار مطلوبی برای غلات محسوب می‌شوند. لوبیا یکی از مهمترین حبوبات است که در ایران سطح کشتی بالغ بر ۱۲۴۰۰۰ هکتار دارد (غفاریخلیق، ۱۳۷۹). ارزش بالای این محصول شامل ۲۵ % پروتئین و ۶۰ % کربوهیدرات سبب شده است تا سهم عمده‌ای را در جیرهٔ غذایی انسان به خود اختصاص دهد. در ایران گسترش اماکن صنعتی اطراف شهرهایی نظیر ورامین و اراک و استفاده از پساب‌های صنعتی حاوی عناصر سنگین باعث آلودگی خاک در این مناطق که از مناطق مهم کشت لوبیا هستند، شده است. لذا انتخاب گیاه زراعی مناسب و تولید ژنوتیپ‌های جدید که در این شرایط بتوانند رشد نمایند و بازده اقتصادی مناسبی را داشته باشند از اهداف کشاورزی است و شناخت ارقام متحمل و مطالعه مکانیسم‌های تحمل به تنش عناصر سنگین امری ضروری می‌باشد. در این مطالعه اثر کادمیوم کلرید بر پارامترهای رشدی ژنوتیپ‌های مختلف گیاه لوبیا بررسی شده است. در نگاه اول به نظر می‌رسد که این ارقام به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی می‌بایست از لحاظ واکنش به کادمیوم متفاوت باشند و مطالعه بر روی این ارقام می‌تواند بستر مناسبی را برای مطالعات بعدی در این زمینه فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام گرفت. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر

www.SID.ir

پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. در این آزمایش فاکتور اول □(□) فلز سنگین کادمیوم در ۲ سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۴ میلی گرم در لیتر (کلرید کادمیوم) و فاکتور دوم (□) ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا بود. بذرهای ۲۵ ژنوتیپ لوبیا (جدول۱) از مرکز تحقیقات حبوبات (خمین) تهیه گردیده و بذرهای یکسان از نظر اندازه و شکل انتخاب، با کمک هیپوکلرید سدیم ضد عفونی، سپس با آب مقطر شست وشو داده شدند. تعداد ۱۲ عدد بذر از هر رقم روی کاغذ کشت بفواصل یکسان گذاشته شد، سپس یک کاغذ کشت به همان ابعاد روی آن قرار داده و در مرحلهٔبعد نمونه‌ها بدقت به شکل رول درآورده و آنها را در داخل ظروف مخصوص کشت محتوی محلول کلرید کادمیوم و آب مقطر (شاهد) قرار گرفت. سطح محلول و آب مقطر بر روی ظروف علامت‌گذاری شد و بازبینی روزانه جهت کاهش احتمالی این سطح انجام گرفت. برای مهیا کردن درجه حرارت اپتیمم مورد نیاز رشد گیاه لوبیا، میانگین دمای روزانه در طول این آزمایش ۲۴ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. بعد از ۸ روز شاخص‌های مورد نظر برای گیاهچه‌های هر تیماربه طور جداگانه مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، نسبت طول ریشه به ساقه (R/S)، درصدجوانه زنی، وزن تر□

پس از سپری شدن دوره تیمار، ریشه و اندام هوایی گیاهچه‌ها جدا شده و طول، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، درصد جوانه زنی و وزن‌تر به طور مجزا مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. طول اندام‌ها با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی‌متر بدست آمد و میانگین بدست آمده از ۱۲ گیاهچه هر رقم برای هر تکرار یادداشت گردید، پس از آن اقدام به محاسبه نسبت طول ریشه به ساقه (R/S) شد. همچنین وزن‌تر گیاهچه‌ها با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم بدست آمد و برای هر تکرار میانگین‌گیری شد. برای تعیین درصد جوانه‌زنی تعداد بذرهای جوانه زده در پایان دوره تیمار محاسبه و در نهایت اقدام به محاسبه درصد جوانه‌زنی گردید. علت اندازه‌گیری صفات مذکور پس از ۸ روز به این دلیل بود که در لوبیا بعد از ۸ روز گیاه به برگ رفته و اندازه‌گیری صفات می‌بایست حتماً قبل از به برگ رفتن گیاه انجام شود. تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها بااستفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال۱% صورت گرفت. جهت ترسیم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج وبحث

رشد طولی ریشه وساقه، نسبتطول ریشه به ساقه (R/S)

نتایج تجزیه واریانس برای صفات فوق نشان می‌دهد که بین ارقام در اثر تیمار با کادمیوم و نیز اثرات متقابل ارقام و کادمیوم در سطح احتمال ۱% اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲) به طوری که شامل کادمیوم باعث کاهش میانگین رشد طولی ریشه، ساقه ونسبت طول ریشه به ساقه R/S به ترتیب به میزان ۹۶/۸۳ %، ۶۶. ۲۹ %، ۵۲. ۲۷ % نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱و ۲). در بین ارقام مورد مطالعه، ارقام Emerson و Wa4502-1 بیشترین و ارقام شکوفا و پاک کمترین مقدار رشد طولی ریشه را دارا می‌باشند (شکل۵). همچنین از لحاظ رشد طولی ساقه ارقام Jules و Ks-41126 در بیشترین و ارقام شکوفا و G-11867 در کمترین میزان قرار دارند (شکل۶). برای صفت نسبت طول ریشه به ساقه بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به ارقام دانشکده و پاک می‌باشد (شکل۷). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کادمیوم به عنوان یک عامل بازدارنده بر روی رشد طولی ریشه و ساقه بوده و اثر کادمیوم بر روی رشد طولی ریشه مشهودتر از اندام هوایی بوده است. این یافته‌ها با نتایج بسیاری از تحقیقات انجام شده در رابطه با اثر کادمیوم بر محدودیت و کاهش رشد گونه‌های گیاهی مطابقت دارد.

(Sandalioet al, 2001, Kabata, 2001, Costa and Spitz, 1997)

سایر محققان کاهش رشد طولی ساقه در نتیجه کاربرد کادمیوم را در لوبیا (Chaouiet al, 1997, Bhardwajet al, 2009)،

Archive of SID

www.SID.ir

گندم (Veselovet al, 2003) و یونجه (Aydinalp and Marinova, 2009) گزارش کرده‌اند. میهالسکو و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که تجمع کادمیوم باعث کاهش طول ریشه و ارتفاع در ذرت می‌شود. به علاوه آنها استنباط کردند که این کاهش به طور مستقیم متناسب با افزایش تجمع فلزات در گیاه می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققان که کاهش طول ریشه در اثر تیمار با کادمیوم را در لوبیا (Bhardwajet al, 2009) و یونجه (Aydinalp and Marinova, 2009) را گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد. یک دلیل برای کاهش رشد گیاهچه‌ها در اثر تیمار با فلزات سنگین، که در این تحقیق نیز بارز بود، می‌تواند در نتیجه کاهش سلول‌های مریستمی در ناحیه غشای سلولی و برخی آنزیم‌ها در کوتیلدون و آندوسپرم باشد. سلول‌ها فعال شده و شروع به ذخیره غذا می‌کنند. این غذا به فرم محلول تبدیل شده و به واسطه آنزیم آمیلاز، که نشاسته را به قند تبدیل می‌کند وعمل پروتئازی بر روی پروتئین‌ها دارد، به ریشه‌های اولیه و نوک ریشه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین وقتی فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک به واسطه عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می‌گیرد غذا به ریشه‌های اولیه و اندام هوایی نمی‌رسد و در نتیجه طول گیاهچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kabiret al, 2008). این در حالی است که بعضی از محققان دیگر بیان کردند که کاهش در طول ریشه در اثر فلزات سنگین ممکن است به دلیل دخالت این عناصر در فرآیند تقسیم سلولی و در ادامه آن انحراف کروموزومی و میتوز غیر طبیعی باشد. (Jiang *et al*, 2001; Huillieret al, 1996; Radhaet al, 2010; Liu *et al*, 2003)

درصد جوانه‌زنی و وزن تر

نتایج تجزیه واریانس برای این صفات در جدول (۲) منعکس می‌باشد. با توجه به این جدول برای صفات مذکور بین ارقام در اثر تیمار با کادمیوم در سطح احتمال ۱ % اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود و اثرات متقابل ارقام و تیمار کادمیوم تنها برای صفت وزن معنی‌دار می‌باشد. میانگین وزن‌تر در ارقام تحت تنش کادمیوم ۴۲/۳۳ % نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان می‌دهد (شکل ۳). در شرایط تنش کادمیوم ارقام G-14088 و G-11867 به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را از نظر صفت وزن‌تر به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۸). مقایسه درصد جوانه‌زنی ارقام، ۹/۹۱ % کاهش را در ارقام تحت تنش کادمیوم نشان داد (شکل ۴) و از این حیث ارقام زودرس، پاک و Taylor بیشترین و رقم Jules کمترین درصد جوانه‌زنی را در تیمار با کادمیوم دارا بودند (شکل ۹) افزایش درصد جوانه‌زنی بذور در این تحقیق با نتایج سایر محققان همسو بود (Hoshmandfar and Moraghebi, 2011). همچنین رحمان و همکاران (۲۰۱۰) کاهش جوانه‌زنی را در حضور نیکل و کبالت گزارش کرده‌اند. بر طبق نظر شفیق و همکاران (۲۰۰۸) کاهش جوانه‌زنی بذور می‌تواند به دلیل تجزیه مواد غذایی ذخیره شده در دانه در اثر کاربرد کادمیوم باشد. رشد یکی از بهترین شاخص‌ها برای ارزیابی پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی می‌باشد. نتایج این تحقیق در رابطه با کاهش وزن‌تر گیاهچه‌ها در راستای نتایج بهاردواج و همکاران (۲۰۰۹) بود. وی کاهش در وزن کل و وزن‌تر گیاه لوبیا را در شرایطی که در خاک حاوی ۵/۱, ۲, ۵/۲ g Cd Kg-1 رشد کرده بودند را گزارش کرد. همچنین یافته‌های این بررسی با مشاهدات سایر محققان بر روی گندم (Ouzounidouet al,1997) و عدس (Mesmar and Jaber, 1991) مطابقت دارد. کاهش در وزن‌تر ممکن است در ارتباط با سمیت کلرید کادمیوم باشد. بدین صورت که این ماده سمی می‌تواند مکانیسم‌های فیزیولوژیکی نرمال را مختل کرده ودر نهایت از این طریق اثرات منفی بر بیوماس داشته باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که سمیت کادمیوم گیاهچه‌های لوبیا را تحت تاثیر قرارمی‌دهد. این اطلاعات می‌تواند گام مؤثری را در پیدا کردن آستانه تحمل ژنوتیپ‌های لوبیا که با غلظت ۴میلی گرم در لیترتیمار شده بودند را مطرح کند و این حقیقت را بیان می‌کند که پاسخ‌های

Archive of SID
www.SID.ir

رشدی گیاهچه‌های لوبیا به طور قوی به تنوع ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها بستگی دارد. ارزیابی داده‌های مربوط به پاسخ‌های رشدی در هر دو شرایط نرمال و تنش کادمیوم مشخص کرد که ژنوتیپ‌های Cos-16 و D-81083, Akhtar, Taylor, Naz نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها متحمل‌تر هستند. نتایج این بررسی می‌تواند شاخص‌های مفیدی برای کشت این ژنوتیپ‌ها در مناطق آلوده فراهم آورد. در پایان، تحقیقات در مناطق آلوده نیازمند تعیین سطوح مختلف عناصر سنگین در محیط و قسمت‌های مختلف گیاه می‌باشد.

جدول۱- کد ژنوتیپ‌های استفاده شده در مطالعه

Table 1-Code of genotypes used in this study.

ردیف	کد لاین	ردیف	کد لاین	ردیف	کد لاین	ردیف	کد لاین	ردیف	کد لاین
۱	G-11867	۶	ks_21198	۱۱	Jules	۱۶	ks-41124	۲۱	دانشکده
۲	شکوفا	۷	G-01437	۱۲	اختر	۱۷	گلی	۲۲	Emerson
۳	And-1007	۸	Taylor	۱۳	زودرس	۱۸	G-14088	۲۳	ks_21193
۴	صیاد	۹	پاک	۱۴	ks_21191	۱۹	درخشان	۲۴	ks_41126
۵	Cos_16	۱۰	D-81083	۱۵	Vs-31169	۲۰	ناز	۲۵	wa4502_1

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا در شرایط نرمال و تنش کادمیوم

Table 2-Analysis of Variance for different bean genotypes under normal and cadmium stress conditions.

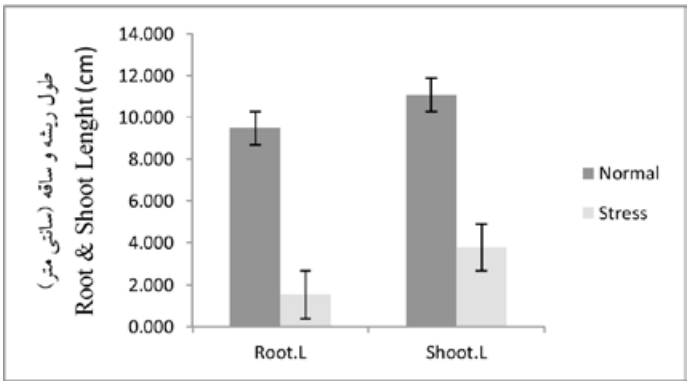
		Root length	Shoot length	R/S ratio	Seed germination	Fresh weight
		طول ریشه	طول ساقه	نسبت طول ریشه به ساقه	درصد جوانه زنی	وزن تر
S.O.V منابع تغییرات	Df درجه آزادی	میانگینمربعات.M.S				
تکرار(Replication)	2	$11.83^{n.s}$	$1.855^{n.s}$	$0.002^{n.s}$	$59.71^{n.s}$	$0.39^{n.s}$
فاکتور A(کادمیوم)	1	2376.2^{**}	2013.4^{**}	8.05^{**}	2334.1^{**}	2625.7^{**}
فاکتور B(ژنوتیپ)	24	8.51^{**}	6.98^{**}	0.068^{**}	748.48^{**}	60.93^{**}
AB	24	10.31^{**}	7.23^{**}	0.060^{**}	$174.27^{n.s}$	23.02^{**}
خطا(Error)	98	0.755	1.008	0.015	139.09	2.49
ضریبتغییرات(C.V%)		15.79	13.58	19.39	14.12	10.13

**و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ % و غیر معنی دار

** andn. s: Significant at the 1% level of probability and non significant, respectively

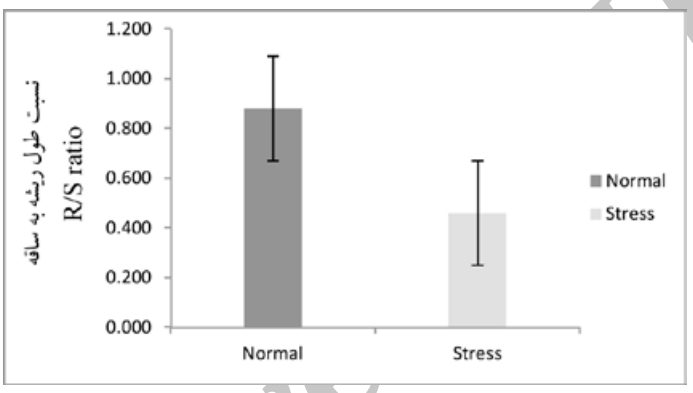
Archive of SID

www.SID.ir



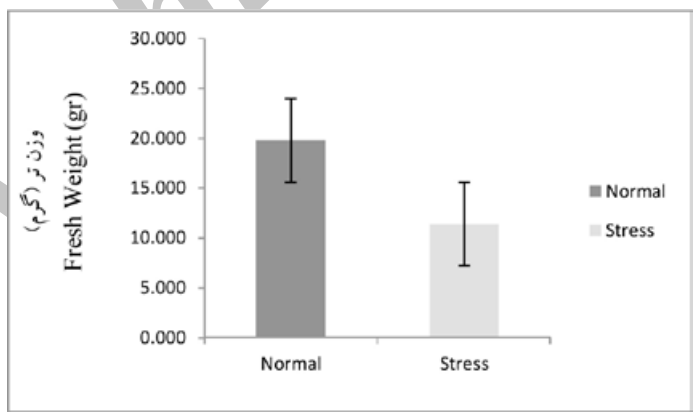
شکل۱- مقایسه طول ریشه وطول ساقه در دو تیمار نرمال و تنش (بارهای عمودی SE± در اطراف میانگین را نشان می‌دهد)

Fig1- Comparison of Root. L&Shoot. L in normal and stress conditions



شکل۲- مقایسه تغییرات نسبت طول ریشه به ساقه در دو تیمار نرمال و تنش (بارهای عمودی SE± در اطراف میانگین را نشان می‌دهد)

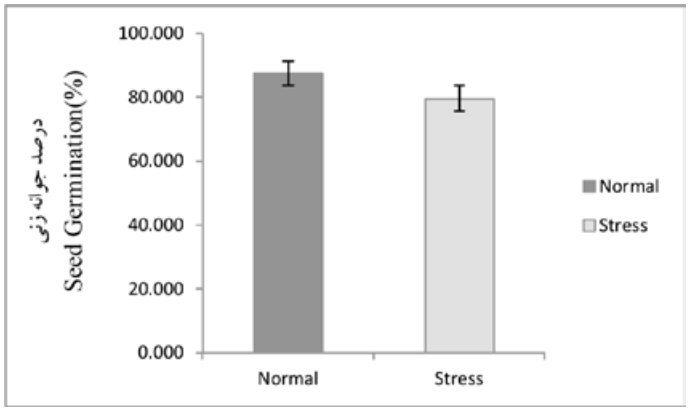
Fig2- Comparison of R/S ratio in normal and stress conditions.



شکل ۳- مقایسه وزن‌تر در شرایط نرمال و تنش (بارهای عمودی SE± در اطراف میانگین را نشان می‌دهد)

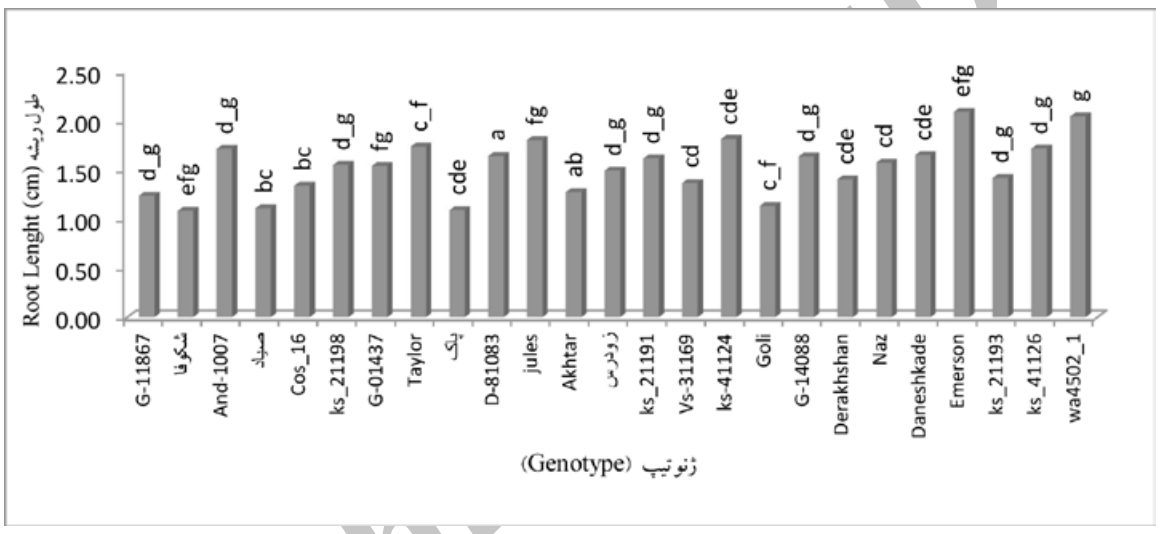
Fig3- Comparison of Fresh Weight in normal and stress conditions.

www.SID.ir



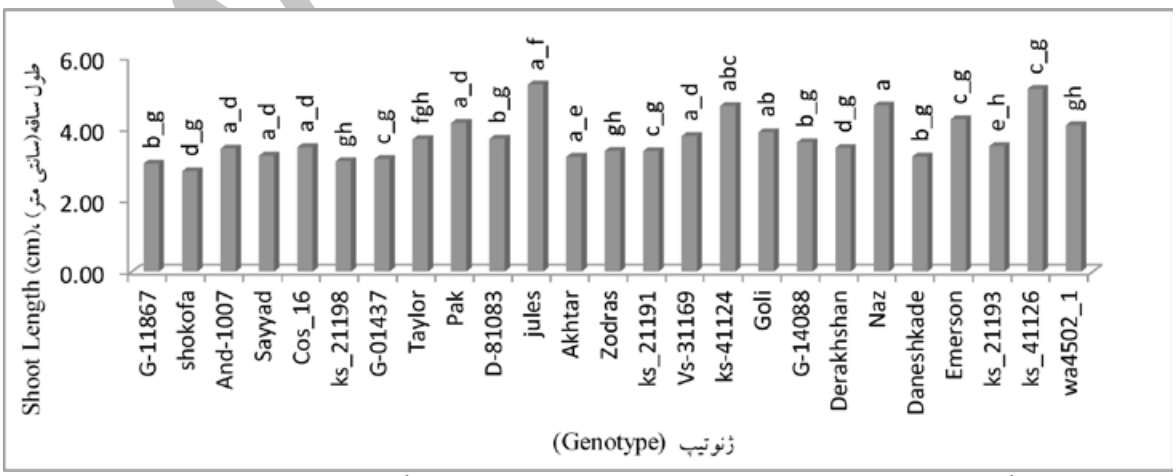
شکل ۴- مقایسه درصد جوانه زنی بذور در شرایط نرمال و تنش

Fig4- Comparison of Seed Germination in normal and stress conditions.



شکل۵- مقایسه میانگین طول ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط تنش کادمیوم (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

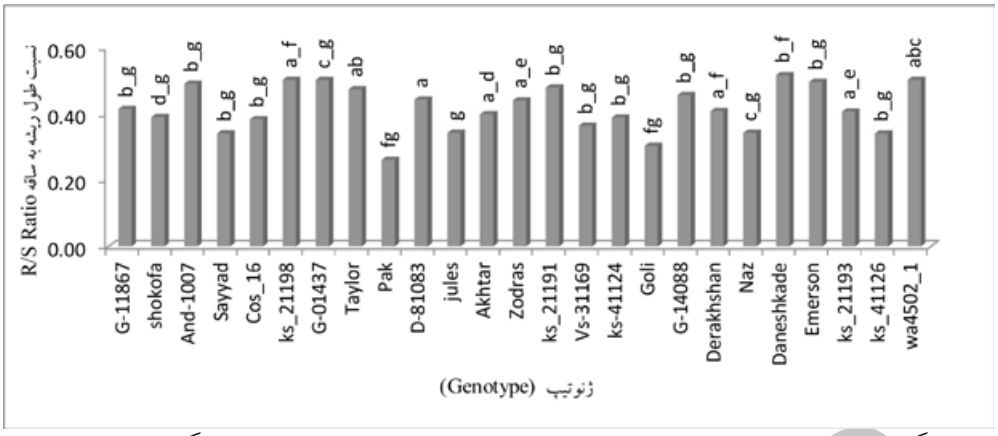
Fig5- Mean Comparison of Root length in different genotypes under stress condition. For a given means by the same letter are not significantly different at p =1% according to DMRT



شکل۶- مقایسه میانگین طول ساقه در ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط تنش کادمیوم (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

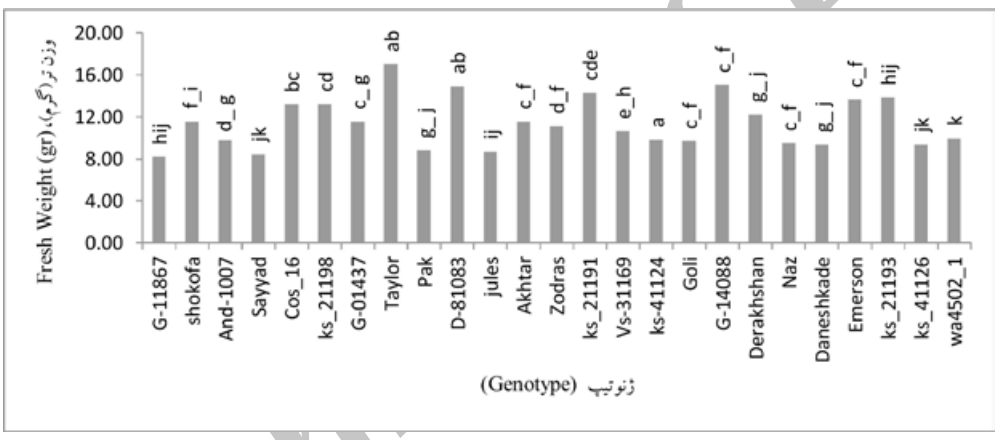
Fig6- Mean Comparison of shoot length in different genotypes under stress condition. For a given means by the same letter are not significantly different at p =1% according to DMRT

www.SID.ir



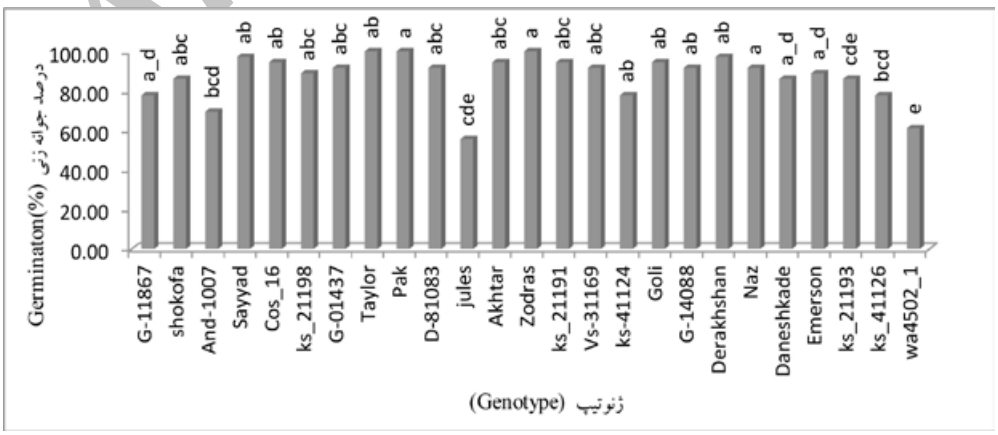
شکل۷- مقایسه میانگین نسبت طول ریشه به ساقه در ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط تنش کادمیوم (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

Fig7- Mean Comparison of shoot length in different genotypes under stress condition. For a given means by the same letter are not significantly different at p =1% according to DMRT



شکل۸- مقایسه میانگین وزن‌تر در ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط تنش کادمیوم (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

Fig8- Mean Comparison of fresh weight in different genotypes under stress condition. For a given means by the same letter are not significantly different at p =1% according to DMR



شکل۹- مقایسه میانگین درصد جوانه زنی در ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط تنش کادمیوم (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

Fig9- Mean Comparison of seed germination in different genotypes under stress condition. For a given means by the same letter are not significantly different at p =1% according to DMRT

www.SID.ir

منابع

References

کوچکی، ع ۱۳۷۶، زراعت در مناطق خشک، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

کوچکی، ع. و. بنایان اول، م. ۱۳۸۱. زراعت حبوبات، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

غفاری خلیق، ح ۱۳۷۹. پراکنش لوبیا در ایران، نشریه ترویجی، دفتر تولید و برنامه‌های ترویجی و انتشارات فنی، معاونت ترویج وزارت جهاد کشاورزی

Aydinalp C. and Marinova S. 2009. The effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (Medicago Sativa). Bulg. J. Agri. Sci., 15 (4), 347-350.

Bhardwaj p., Chaturvedi A. K. and Prasad P. 2009. Effect of enhanced lead and cadmium in soil on physiological and biochemical attributesofPhaselous vulgaris l. Nature and Science. 7 (8): 63-75.

Costa, G. and E. Spitz. 1997; Influence of cadmium on soluble carbohydrates, freeamino acids, protein content of in vitro cultured Lupinusalbus. Plant Sci. 128:131-140.

Chaoui A., Ghorbal M. H. and Ferjani E. 1997. Effects of Cadmium-zinc interactions on hydroponically grown bean (Phaseolus vulgaris L). Plant Sci., 126:21-28.

Cho, U. H. and Park J. O. 2000. Mercury-induced oxidative stress in tomato seedlings. Plant Sci. 156: 1-9.

Ebbs S. D., Kochian L. V. 1997. Toxicity of zinc and copper to Brassica species: implications for phytoremediation. J. Environ. Qual. 26, pp. 776-778.

Gadallah M. A. 1995. Effects of cadmium and kinetin on chlorophyll content, saccharides and dry matter accumulation in sunflower plants. Biol Plant, 37:233–40.

Hoshmandfar A. and Moraghebi F. 2011. Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc onseed germination and seedling growth of safflower. African Journal of Agricultural Research. 6 (5), pp. 1182-1187.

HuillierLL. ,Auzac JD. Durand M., Michaud Ferriere N. 1996. Nickel effects on two maize (Zea mays) cultivars: growth, structure, Ni concentration, and localization. Can. J. Bot., 74: 1547-1554.

Jiang W., Liu D., Liu X. 2001. Effects of copper on root growth, cell division, and nucleolus of Zea mays. Biol. Plant., 44 (1): 105-109.

Kabata-Pendias, A. 2001;Trace elements in soils and plants , 2 nd Ed. CRC Press. PP:143-156.

Kabir M., IqbalMZ. ,Shafigh M., Faroogi Z. R. 2008. Reduction in germination and seedling growth of Thespesiapopulnea L. caused by lead and cadmium treatments. Pak. J. Bot., 40 (6): 2419-2426.

Liu D., Jiang W., Gao, X. 2003. Effect of cadmium on root growth, cell division and nucleoli in root tip cells of garlic. Biol. Plant., 47 (1): 79-83.

McLaughlin M. J., Parker D. R. and Clarke J. M. 1999. Metals and micronutrients. Food safety issues. Field Crops Res. 60:143-163.

Mesmar M. N., Jaber K. 1991. The toxic effect of lead on seed germination, growth chlorophyll and protein content of wheat and lens. Acta Biol. Hung. 42:331-334.

Archive of SID

www.SID.ir

Mihalescu L., Mare-RoscaOE., Marian M. and Blidar CF. 2010. Research on the growth intensity of the Zea mays L. plantlets aerial parts under Cadmium treatment. AnaleleUniversitatii din Oradea, Ed. Universitatii din Oradea, Tom XVII/1. ISSN 1224 – 5119, pp:147-151.

Mishra S., Srivastava S., Tripathi P. D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in BaccopamonnieriL. Plant Physiol. Biochem. 44, 25-37.

Ouzounidou, G., M. Moustakas and E. P. Eleftheriou. 1997. Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticumaestivum* L.) leaves. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 32: 154-160.

Radha J., Srivastava S., Solomon S., Shrivastava A. K., Chandra A. 2010. Impact of excess zinc on growth parameters cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (Saccharumspp). Acta Physiol. Plant, 32: 979-986.

Rahman Khan M., Mahmud Khan M. 2010. Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea. Australian J. Basic and Appl. Sci., 4 (6): 1036-1046.

Rascio N., Vecchia F. D., Ferretti M., Merlo L. and Ghisi R. 1993. Some effects of cadmium in maize plants. Arc. Environ. Contam. Toxicol., 25, 244-249.

Sandalio, L. M., Dalurzo, H. C., Gomes, M., Remero-Puertas, M. C. and L. A. delRio2001;Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism ofpeaplants. J. Exp. Bot. 52:2115-2126.

Shafiq M., Iqbal, MZ. andAthar M. 2008. Effect of lead and cadmiumgermination and seedling growth of Leucaenaleucocephala. J. Sci. Environ. Manage., 12 (2): 61- 66.

Siroka, B., Huttova, J., Tamas, L., Simonoviva, M., Mistrik, I. 2004. Effect of cadmium on hydrolytic enzymes in maize root and coleoptile. Biologia. ,59, 513–517.

Smeets K., Cuypers A., Lambrechts A., Semane B., Hoet P., Laerve A. V., Vangronsveld J. 2005. Induction of oxidative stress and antioxidative mechanisms in Phaseolus Vulgaris after Cd application. J. Plant Physiol. Biochem. 43, 437-444.

Stoyanova D. P. and Tchakalova E. S. 1997. Cadmium-induced ultra Structural changes in chloroplasts in the leaves and Stems parenchyma in Myriophyllumspicatim. L. Photosynthetica, 34:241–8.

Veselov D., Kudoyarova G., Symonyan M. and Veselov St. 2003. Effect of Cadmium on ion uptake transpiration and cytokinin content in wheat seedlings. Blug. J. plant physiol. Special issue PP: 353-359.

Wasay, S. A., S. F. Barrington, and S. F. Tokunaga, 1998, Using Aspergillusnigerto biorremediate soils contaminated by heavy metals, Biorem. Journal, 2 (3), pp. 183-190.

Zhang F., Shi W., Jim Z. and Shen Z., 2003, Response of antioxidative enzymes in cucumber chloroplasts to cadmium toxicity, J. Plant Nutr. 26:1779-1788.

Archive of SID

www.SID.ir