Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۷
۷۳۷-۷۴۸
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.875.1172

تأثیر شوری و کادمیوم بر برخی مؤلفه‌های رشد و جذب عناصر ریزمغذی توسط گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

الهام نورعلی[1*]، حبیب اله نادیان[2]، سیروس جعفری[3]، مختار حیدری[4]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۲. استاد گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۳. دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۴. استادیار گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۱

چکیده

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تحت تأثیر تنش‌های محیطی متعدد، محدود می‌شود. حضور فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که می‌تواند منجر به کاهش رشد و تولید محصول شود. تنش شوری نیز از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاه، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، محسوب می‌گردد. به‌منظور بررسی واکنش گیاه گشنیز به تنش شوری و حضور کادمیوم در خاک ازنظر برخی مؤلفه‌های رشد و غلظت عناصر روی (Zn)، مس (Cu)، آهن (Fe) و کادمیوم (Cd)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شوری از نوع کلرید سدیم در سه سطح ۲ (شاهد)، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و کادمیوم از منبع کلرید کادمیوم در ۳ سطح ۰ (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی، بر صفات موردمطالعه اثر معنی‌داری داشتند. نتایج حاصل حاکی از کاهش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه با افزایش غلظت کادمیوم و شوری بود. همچنین تحت شرایط تنش شوری و حضور کادمیوم در خاک غلظت عناصر روی، مس و آهن اندام هوایی کاهش و غلظت کادمیوم آن افزایش یافت. بیشترین میزان کاهش مؤلفه‌های رشد و غلظت عناصر روی، مس و آهن در بالاترین سطح شوری خاک (۸) و بالاترین سطح کادمیوم (۱۰۰mg/kg) مشاهده گردید. بر اساس نتایج پژوهش حاضر وجود هم‌زمان دو تنش شوری و فلز سنگین کادمیوم در خاک، باعث کاهش رشد گیاه و بیش‌اندوزی فلز کادمیوم در این شرایط شده است.

***واژه‌های کلیدی*: تنش گیاهی، فاکتورهای رشد، فلزات سنگین، قابلیت جذب، کلرید سدیم.**

مقدمه:

آلوده شدن محصولات کشاورزی به فلزات سنگین ازیک‌طرف منجر به کاهش کیفیت محصولات و از طرف دیگر می‌تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، سلامت او را مورد تهدید قرار دهد، لذا از جنبه‌های زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت هستند. فلزات سنگین ترکیبات معدنی با چگالی بالا (بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مربع) و مسمومیت در غلظت کم هستند که وزن مخصوص آن‌ها ۴ تا ۵ برابر آب است (Raikwar et al., 2008). فلزات سنگین در محیط‌زیست پایدارند و برای موجودات زنده سمی بوده و تمایل دارند در بافت‌های گیاهی و جانوری تجمع یابند. زمین‌های کشاورزی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر روی سلامت عمومی از طریق غذا اثر می‌گذارند بنابراین حفاظت از این منبع و اطمینان از پایداری آن حائز اهمیت است. پیشرفت سریع صنعت و افزایش رهاسازی مواد شیمیایی مورداستفاده در کشاورزی به محیط‌زیست منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد پتانسیل تجمع فلزات سنگین در

* نگارنده پاسخگو: الهام نورعلی. پست الکترونیک: elham.nourali@yahoo.com.

www.SID.ir

Archive of SID

خاک‌های کشاورزی شده است. فلزات سنگین نیکل و کادمیوم به دلیل غیرقابل تجزیه بودن ازنظر بیولوژیکی و داشتن زیان‌های فیزیولوژیک بر جانداران اهمیتی ویژه در آلودگی زیست‌بوم دارند (Fiket et al., 2007). کادمیوم یکی از فلزات سنگین دو ظرفیتی است که به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا در ایجاد اغلب سرطان‌ها شناخته شده است و به نظر می‌رسد عامل اثرگذار در ایجاد بیماری‌های قلبی و فشارخون باشد. مطالعات نشان می‌دهد که بیش از ۹۰٪ از موجودی کادمیوم بدن از طریق مواد غذایی جذب می‌شود (Mohajeri et al., 2007). حداکثر مقدار کادمیومی که توسط سازمان بهداشت جهانی (۱۹۷۳) مجاز شمرده‌شده ۷۰ میکروگرم کادمیوم در روز است. مقدار مجاز کادمیوم برای کودکان ۱۵- ۰ میکروگرم در روز و برای بزرگ‌سالان ۲۵ میکروگرم در روز است (Mohajeri et al., 2007). میزان جذب کادمیوم به‌وسیله گیاه و ورود آن به زنجیره غذایی به قابلیت جذب این عنصر در خاک و عواملی چون pH، CEC، شوری، کانی‌شناسی و مواد آلی بستگی دارد.

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی مطرح در کشاورزی بوده که حدود ۲۰٪ از کل خشکی‌های زمین و نیمی از زمین‌های فاریاب با آن دست‌به‌گریبان می‌باشند (Silva and Geros, 2009). شور شدن خاک امری اجتناب‌ناپذیر بوده که به‌عنوان یک مشکل عمده به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است (Flowers et al., 2010). در خاک‌های شور و یا شور و سدیمی حلالیت عناصر کم‌مصرفی چون آهن، مس، روی، منگنز و مولیبدن معمولاً کم بوده و گیاهان در این شرایط اغلب کمبود عناصر فوق را نشان می‌دهند. کرمیان و عطایی‌برازنده (Karimian and Ataeibarazandeh, 2012) نشان دادند که شوری باعث کاهش میزان و سرعت جوانه‌زنی در سه گونه اسپرس گردید. آنان همچنین بیان کردند که تنش شوری به‌عنوان عامل محیطی مؤثر بر سرعت جوانه‌زنی علاوه بر مسمومیتی که در گیاه ایجاد می‌کند، جذب آب توسط بذر را نیز با مشکل روبرو می‌سازد. تنش شوری منجر به تغییرات بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک گسترده‌ای در گیاهان می‌شود و بر تمام مراحل نظیر فتوسنتز، رشد و توسعه اندام‌های متفاوت گیاه تأثیر می‌گذارد (Emam et al., 2013). اگر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد با سدیم اشباع شود اختلالات در جذب و انتقال عناصر غذایی ایجاد می‌گردد. افزایش سدیم، باعث کاهش کاتیون‌های دیگر در گیاه و به هم زدن تعادل کاتیونی گیاه می‌شود. این افزایش همچنین باعث کاهش میزان کلسیم، منیزیم و پتاسیم در گیاهان می‌گردد (Meybodi and Gharahyazi, 2002). خوشگفتار و همکاران (Khoshgoftar et al., 2004) نشان دادند که با افزایش شوری، غلظت کادمیوم در اندام هوایی متناسب با مقدار کلرید سدیم افزایش می‌یابد، چون یون کلر با کادمیوم ترکیباتی به شکل $CdCl_2$، $CdCl_3$ و $CdCl_4$ با حلالیت بالا ایجاد نموده و باعث انحلال کادمیوم می‌شود. گلاب و یوسمان (Ghallab and Usman 2007)، بیان نمودند که با افزایش غلظت کلرید سدیم، غلظت کل کادمیوم محلول در خاک بالا رفته و اثر معنی‌داری بر کاهش ماده خشک اندام هوایی ذرت و افزایش غلظت کادمیوم در اندام هوایی آن داشته است. برخی پژوهشگران (Shiyab, 2011; Emam et al., 2013) نیز سمیت یون‌ها و جذب بیش‌ازحد سدیم را علت کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری بیان نمودند؛ آن‌ها همچنین بیان کردند افزایش غلظت سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب پذیری یونی در غشا اثر دارد که منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد.

سبزی‌ها جزء مهمی از زنجیره‌ی غذایی انسان است؛ زیرا دارای کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و عناصر غذایی کم‌مصرف است. در سال‌های اخیر بخصوص در میان جوامع شهری، مصرف سبزی‌ها رو به افزایش است و این، ناشی از افزایش آگاهی مردم از ارزش مفید غذاهای حاوی سبزی‌ها است (Türkdoğan et al., 2003). سبزی‌ها، منبع خوبی از افزایش تجمع همه عناصر ضروری و سمی است و با تجمع بیش‌ازحد مجاز عناصر سنگین در آن‌ها، می‌تواند تهدیدی بر سلامتی انسان و درنهایت خطراتی را بر جوامع بشری وارد سازد. گشنیز گیاهی یک‌ساله، با نام علمی *Coriandrum sativum* L. و از خانواده چتریان (Apiaceae) است. گشنیز گیاهی علفی، بی کرک و به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، دارای ساقه راست، شفاف و کم‌وبیش شیاردار است. گشنیز یک سبزی فصل خنک است، در مناطقی که زمستان ملایم دارند، مانند خوزستان به‌راحتی به زندگی خود ادامه می‌دهد (Rodale et al., 1997). برگ گشنیز حاوی مواد کانی و ویتامین‌های مختلفی است. همچنین در بذر این گیاه ترکیبات گوناگونی وجود دارد که میزان آن‌ها نسبت به شرایط آب‌وهوایی

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه‌ای که گیاه در آن رشد می‌کند، متغیر است(Filippo et al., 2002). آلودگی سبزی‌ها به فلزات سنگین ممکن است به دلیل آبیاری با آب آلوده، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌های حاوی فلز، تولید گازهای گلخانه‌ای صنعتی باشد (Maleki and Zarasvand, 2008). استفاده از آب‌های نامتعارف و شور نیز به دلیل محدودیت منابع آبی باعث تجمع املاح و شور شدن خاک می‌شود. شور شدن خاک یکی از تنش‌های غیرزیستی است که در کنار آلودگی فلزات سنگین، خطر جدی برای امنیت غذایی بشر به شمار می‌آید، این پژوهش با هدف بررسی برهمکنش تنش شوری و کادمیوم بر برخی مؤلفه‌های رشد و جذب عناصر ریزمغذی در گیاه گشنیز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در گلخانه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در شهر ملاثانی با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و به ارتفاع ۵۱ متر از سطح دریا، اجرا شد. متوسط بارندگی سالانه شهر ملاثانی ۲۶۶ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی سالیانه هوای آن ۵۸/۵ درصد است. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت‌اند از: (۱) کادمیوم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از منبع کلرید کادمیوم. (۲) شوری در سه سطح (۲، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) از منبع کلرید سدیم. درمجموع این طرح شامل ۲۷ تیمار و ۸۱ گلدان اصلی بود.

وزن خاک هر گلدان حدود ۲۹۷۰ گرم شامل ۴۰ درصد خاک و ۶۰ درصد ماسه در نظر گرفته شد. بذرهای گشنیز به‌وسیله‌ی هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی شده و درون ظروف پتری‌دیش استریل جهت جوانه‌زنی در ژرمیناتور قرار داده شد. پس‌ازاینکه بذرهای موجود در پتری‌دیش جوانه زدند، گیاهچه‌ها به درون گلدان منتقل شدند و در هر گلدان ۸ گیاهچه قرار داده شد. سطوح تعیین‌شده‌ی کادمیوم به‌صورت جامد، قبل از استقرار گیاهچه‌های گشنیز کاملاً یکنواخت با خاک درون گلدان‌ها غیر از گلدان‌های شاهد مخلوط شد. تیمار شوری از ابتدای هفته سوم کاشت گیاهان (پس از استقرار کامل جوانه‌ها در خاک)، اعمال گردید. نحوه‌ی اعمال تنش شوری بدین نحو بود که محلول‌ها با سطوح شوری ۲، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر با حل کردن مقدار مشخص کلرید سدیم در آب تهیه و برای آبیاری گلدان‌ها مورداستفاده قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها بر اساس ظرفیت مزرعه (به‌علاوه ۲۵٪ سهم آبشویی) و از طریق توزین مداوم (بافاصله زمانی ۳-۴ روزه) آن‌ها و محاسبه مقدار آب موردنیاز تا رسیدن به سطح موردنظر صورت گرفت. در انتهای هفته هشتم، اندام هوایی و ریشه گیاه برداشت شد. ارتفاع هر گیاه از محل طوقه تا بالاترین نقطه گیاه توسط خط‌کش، اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، پاکت‌های حاوی گیاه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت درون آون قرار داده شدند. پس از خشک شدن، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. عناصر مس، روی، آهن و کادمیوم اندام هوایی گیاه گشنیز با روش جذب اتمی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Carl Ziess Yena Gensis 5FL اندازه‌گیری شدند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ انجام شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارها بر برخی مؤلفه‌های رشد گیاه گشنیز

نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار کادمیوم و شوری و یا اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). با انجام مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۲۸/۱۵ درصد کاهش یافت و با رسیدن مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۴۶/۶۱ درصد کاهش ارتفاع نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر کادمیوم در کاهش ارتفاع در سطح دوم به ۳۷/۶۸ و در سطح سوم به ۶۶/۲۴ درصد نسبت به شاهد رسید (شکل ۱).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کاهش شدیدی در ارتفاع گیاه گشنیز با افزایش سطوح تنش شوری و کادمیوم مشاهده شد. کاهش ارتفاع گیاه می‌تواند به دلیل منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه نسبت به سلول‌های ریشه گیاه، ناشی از تجمع مقادیر بالای نمک در محلول خاک، باشد (Emam et al., 2013). درنهایت این

www.SID.ir

Archive of SID

امر منجر به کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی می‌شود همچنین عامل دیگر کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش شوری تثبیت کمتر دی‌اکسید کربن عنوان گردیده است (Shamsodini et al., 2007). نتایج مشابه نشان داد که با افزایش شوری، طول ساقه و ریشه در کدو و بادام‌زمینی(Taffouo et al., 2010) کاهش یافت که با نتایج این آزمایش همسویی دارد. تحقیقات فراوانی که بر روی کادمیوم انجام گرفته است نشان می‌دهد که حضور فلزات سنگین در خاک بر خواص رویشی گیاه اثرات منفی داشته است. در اثر وجود کادمیوم اتساع سلولی از بین می‌رود که نتیجه آن کاهش رشد شاخساره گیاهان است (Shah et al., 2008). شانکر و همکاران (Shanker et al., 2005) گزارش نمودند که به علت وجود عناصر سنگین در اندام هوایی گیاه، در سوخت‌وساز سلول‌های این بخش اختلال ایجادشده و به همین علت، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد.

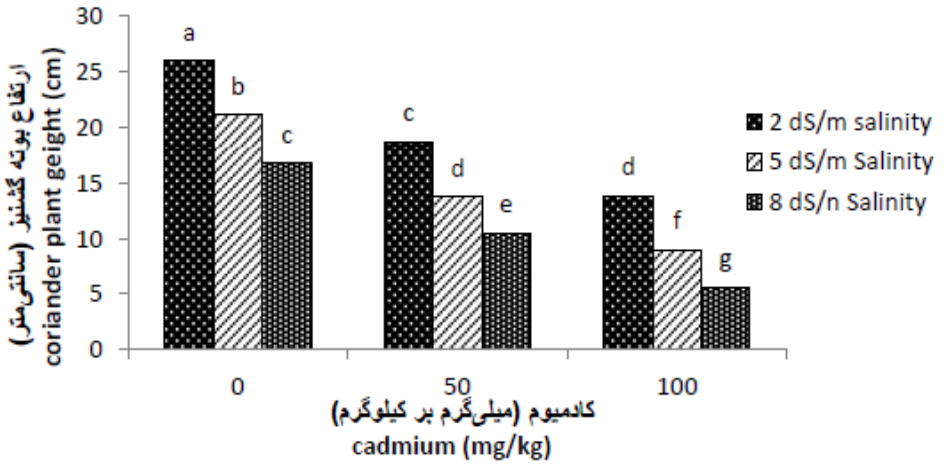
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر برخی شاخص‌های رشد گیاه گشنیز

Table 1. Analysis of variance of cadmium and salinity treatments on some growth factors of coriander

Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean of sum Square: ارتفاع گیاه Plant height	Mean of sum Square: وزن خشک اندام هوایی Dry weight of the limb	میانگین مربعات: وزن خشک ریشه Root dry weight
Cadmium	کادمیوم	2	14.98**	12.12**	9.27**
Salinity	شوری	2	13.17**	10.49**	8.90**
Cadmium×Salinity	کادمیوم×شوری	4	10.15**	6.82**	9.84**
Error	خطا	54	2.64	0.34	0.35
C.V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)		10.96	14.88	16.27

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد است.

**: significantly different at P< 0.01 probability level.



شکل ۱. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر ارتفاع گیاه گشنیز

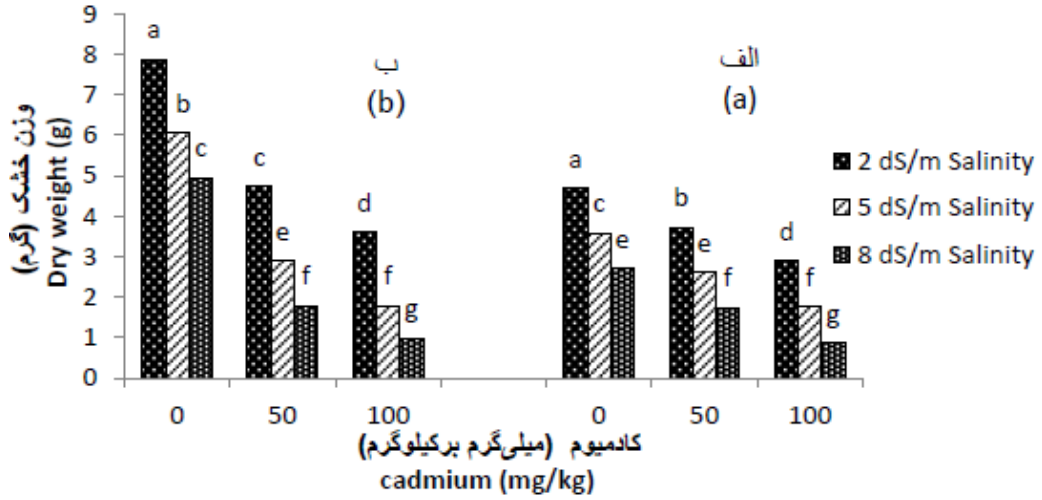
Fig. 1. Effects of salinity and cadmium interactions on the height of coriander plant

نتایج تحلیل آماری نشان داد اثر تیمارهای کادمیوم، شوری و همچنین برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه گیاه گشنیز معنی‌دار بود (جدول ۱). با انجام مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد ۳۹/۹۷ درصد کاهش یافت و زمانی که مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید ۵۴/۱۸ درصد کاهش وزن

www.SID.ir

Archive of SID

خشک اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر کادمیوم در کاهش وزن خشک اندام هوایی در سطح دوم به ۶۳/۶۳ و در سطح سوم به ۸۰/۴۰ درصد نسبت به شاهد رسید. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش شوری و کادمیوم نشان داد کمترین میزان وزن خشک ریشه در سطح سوم تنش شوری و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، به مقدار ۰/۸۷ گرم بوده است (شکل ۲). نتایج مشابه نیز توسط قادریان و جمالی‌حاجیانی (Ghaderyian and Jamalihajiani, 2011) در بررسی اثر کادمیوم بر گیاه *Matthiol chenopodiifolia* ارائه شده است.



شکل ۲. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر وزن خشک ریشه (الف) وزن خشک اندام هوایی (ب)

Fig. 2. Effects of salinity and cadmium interaction on root dry weight (a) and dry weight of the limb (b)

با توجه به نتایج ارائه شده، شوری وزن خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش داد. این کاهش به این دلیل است که گیاه برای مقابله با شوری، میزان جذب توسط ریشه و رشد اندام هوایی خود را کاهش می‌دهد. همچنین تلفیق اثرات تنش اسمزی با اثر سمیت یونی و تغییر یون، روند طبیعی متابولیسم را مختل نموده و گیاه بخشی از انرژی مواد آلی را به‌جای تخصیص به رشد به تولید محلول‌های سازگار، تعدیل اسمزی و حفظ سلول اختصاص می‌دهد (Flowers et al., 2010). همچنین شوری رابطه معکوسی با هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز خالص دارد که منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Wahid and Ghazanfar, 2006). گویا و همکاران (Gouia et al., 2001) معتقدند کادمیوم با ایجاد اختلال در فتوسنتز، تنفس و متابولیسم نیتروژن در گیاهان منجر به کاهش رشد می‌شود که به دنبال آن زیست‌توده نیز کاهش می‌یابد. دهمپری و همکاران (Deheri et al., 2007) نیز گزارش نمودند که کاربرد کادمیوم باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی اسفناج شد. فلزات سنگین باعث کاهش حجم و وزن ریشه گیاه می‌شوند. نتایج تحقیق هوشمندفر و مراقب (Houshmandfar and Moraghbi, 2010)، نیز نشان داد که با افزایش مقدار کادمیوم در خاک وزن ریشه گیاه کاهش می‌یابد.

اثر تیمارها بر غلظت عناصر ریزمغذی

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر غلظت روی در اندام هوایی گیاه گشنیز (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای کادمیوم، شوری و همچنین اثر متقابل کادمیوم و شوری بر غلظت روی اندام هوایی گیاه گشنیز معنی‌دار بود. همان‌طور که در نمودار مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳) نشان داده شده است، افزایش سطوح شوری و کادمیوم سبب کاهش جذب روی در اندام هوایی شده است. بررسی اثر متقابل تیمارهای تنش شوری و کادمیوم بر مقدار روی اندام هوایی گیاه نشان داد (شکل ۳) که کم‌ترین مقدار روی اندام هوایی گیاه با میانگین ۴۸/۴۰ میلی‌گرم بر

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم ماده خشک مربوط به گلدان‌هایی است که ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم داشته‌اند. بیشترین میزان روی در اندام هوایی با میانگین ۷۷/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گلدان‌های شاهد مشاهده گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت روی اندام هوایی نسبت به شاهد ۱۸/۸۳ درصد کاهش‌یافته و زمانی که مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌رسد ۳۲/۷۶ درصد کاهش در غلظت روی اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر کادمیوم در کاهش غلظت روی اندام هوایی در سطح دوم به ۱۹/۸۶ و در سطح سوم به ۳۴/۵۵ درصد نسبت به شاهد رسید (شکل ۳).

ییلدیز (Yildiz, 2005) در تحقیقی عنوان کرد که با افزایش سطوح کادمیوم، غلظت روی در دو گیاه گوجه‌فرنگی و ذرت کاهش یافت. کاهش غلظت روی به دنبال افزایش غلظت کادمیوم، احتمالاً به دلیل شباهت‌های شیمیایی این دو عنصر و روابط آنتاگونیسمی آن‌ها باهم است. تواللی و همکاران (Tavalloli et al., 2009)، نشان دادند که تنش شوری منجر به کاهش غلظت روی در نهال‌های پسته تا حد کمبود گردید. این محققین بیان داشتند که نسبت‌های نسبتاً بالای سدیم و یا قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه که به‌واسطه مقادیر زیاد نمک‌های محلول ایجاد می‌گردد، احتمالاً مسئول کاهش غلظت روی در بافت‌های تحت تنش شوری است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر غلظت مس اندام هوایی گیاه گشنیز (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای کادمیوم، شوری و همچنین برهمکنش آن‌ها بر غلظت مس اندام هوایی گیاه گشنیز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر شوری و کادمیوم بر جذب مس اندام هوایی در شکل ۴ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین جذب مس با افزایش سطوح شوری و کادمیوم کاهش یافت. بررسی اثر متقابل تیمارهای تنش شوری و کادمیوم بر روی مقدار مس اندام هوایی گیاه گشنیز (شکل ۴) نشان داد کم‌ترین مقدار مس اندام هوایی گیاه با میانگین ۵/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک مربوط به گلدان‌هایی است که ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم داشته‌اند. بیشترین میزان مس اندام هوایی با میانگین ۲۷/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گلدان‌های شاهد مشاهده گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت مس اندام هوایی نسبت به شاهد ۹/۲۵ درصد کاهش یافت و زمانی که مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید ۱۳/۱۸ درصد کاهش در غلظت مس اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر، تأثیر کادمیوم در کاهش غلظت مس اندام هوایی در سطح دوم به ۳۳/۳۶ و در سطح سوم به ۵۳/۶۵ درصد نسبت به شاهد رسید (شکل ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر میزان کادمیوم و عناصر ریزمغذی گیاه گشنیز

Table 2. Analysis of variance of cadmium and salinity treatments on cadmium and micronutrient elements of coriander

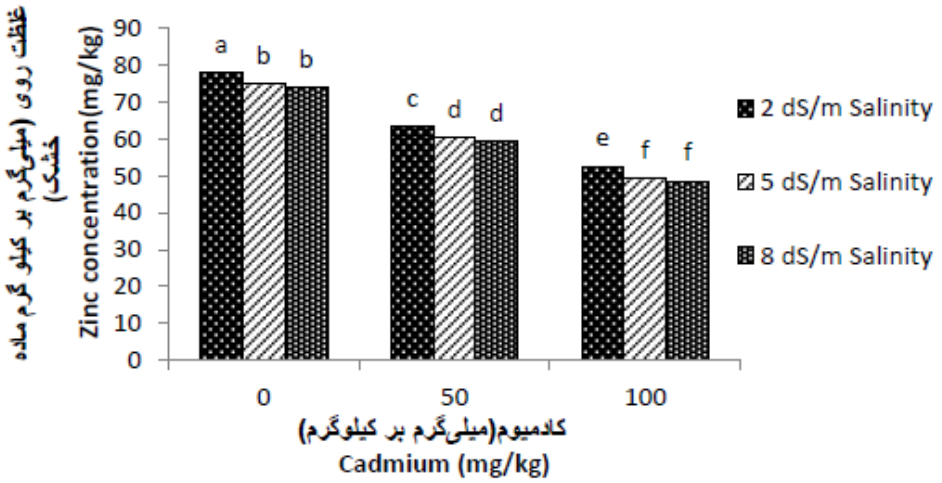
Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean Squares / میانگین مربعات			
			روی Zn	مس Cu	آهن Fe	کادمیوم Cd
Cadmium	کادمیوم	2	44.60**	16.32**	21.09**	16.00**
Salinity	شوری	2	49.25**	15.49**	25.27**	6.07**
Cadmium×Salinity	کادمیوم×شوری	4	16.52**	15.92**	24.18**	19.19*
Error	خطا	54	4.35	1.32	5.09	1.64
C.V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)		9.09	12.36	12.63	11.16

*و** به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند.

*,**:indicate significant differences at P< 0.05 and P< 0.01 probability levels, respectively.

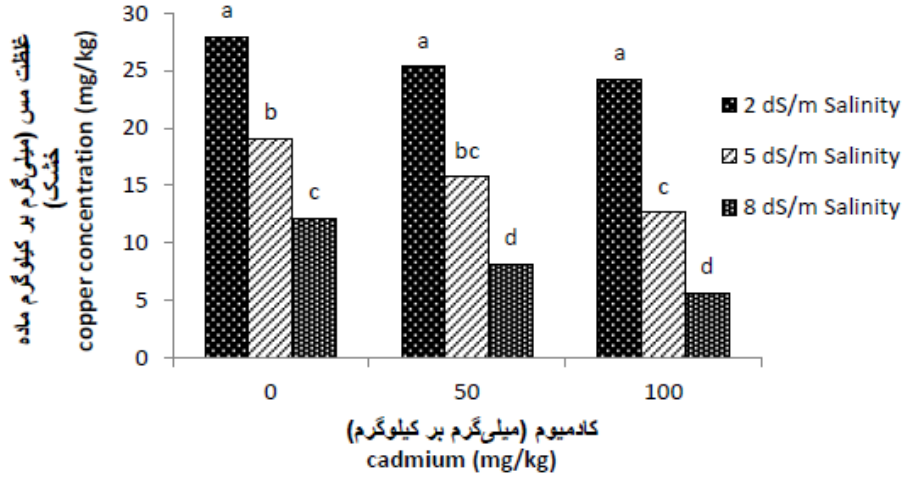
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر غلظت روی در بافت گیاه گشنیز

Fig. 3. Effects of salinity and cadmium interaction on zinc concentrations in coriander tissues



شکل ۴. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر غلظت مس در بافت گیاه گشنیز

Fig. 4. Effects of salinity and cadmium interaction on the copper concentration in coriander tissues

علت کاهش جذب عناصر کم‌مصرف ازجمله مس در شرایط شور می‌تواند ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم، کلسیم و منیزیم باشد (El-Fouly et al.,2001). همچنین با توجه به کاهش وزن ریشه و خاصیت برهمکنش منفی بین عناصر غذایی و یون‌های سمی در شرایط شور جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد. نتایج آزمایش‌های رضاخانی و همکاران (Rezakhani et al., 2012) نشان داد که با افزایش سطح کادمیوم خاک، غلظت مس بخش هوایی گیاه اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

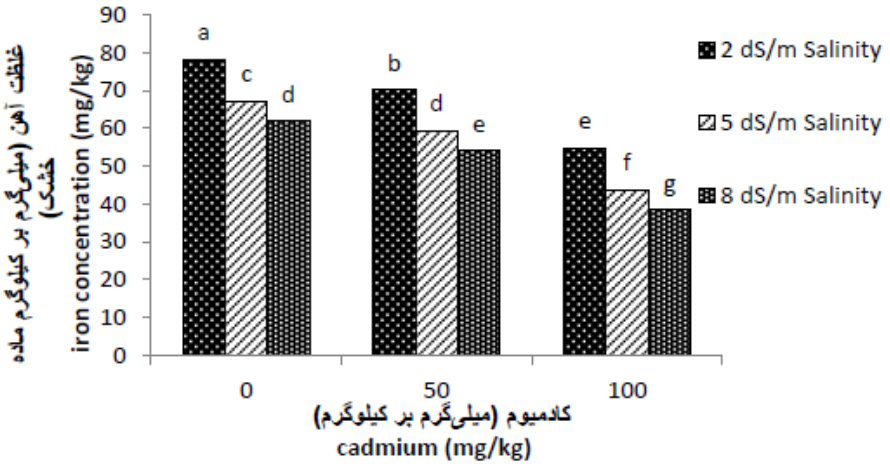
نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه گشنیز (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای کادمیوم، شوری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه گشنیز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به سطوح شوری و کادمیوم بر غلظت آهن اندام هوایی در شکل ۵ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

و کادمیوم میانگین جذب آهن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بررسی اثر متقابل تیمارهای تنش شوری و کادمیوم بر روی مقدار آهن اندام هوایی گیاه نشان داد (شکل ۵) که کم‌ترین مقدار آهن اندام هوایی گیاه با میانگین ۶۸/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک مربوط به گلدان‌هایی است که ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم داشته‌اند. بیشترین میزان آهن اندام هوایی با میانگین ۱۰۸/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گلدان‌های شاهد مشاهده گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت آهن اندام هوایی نسبت به شاهد ۷/۳۰ درصد کاهش‌یافته و زمانی که مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌رسد ۲۱/۷۱ درصد کاهش در غلظت آهن اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر کادمیوم در کاهش غلظت آهن اندام هوایی در سطح دوم به ۸/۵۹ و در سطح سوم به ۲۵/۵۵ درصد نسبت به شاهد رسید (شکل ۵).



شکل ۵. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر غلظت آهن در بافت گیاه گشنیز

Fig. 5. Effects of salinity and cadmium interaction on the iron concentration in coriander tissues

مامتا و همکاران (Mamta et al., 2008) گزارش نمودند با افزایش سطوح شوری، گیاه دچار کمبود آهن می‌گردد. بااین‌حال پس از اعمال شوری کلرید سدیم، افزایش غلظت آهن در برگ کدو به‌وسیله ویلورا و همکاران (Villora et al., 2000)، در بخش هوایی دو رقم انبه به‌وسیله زوازو و همکاران (Zuazo et al., 2004) گزارش‌شده است. ابوطالبی و همکاران (Aboutalebi et al., 2006) گزارش نمودند که با افزایش سطوح شوری کلرید سدیم، غلظت آهن در شاخساره برخی گونه‌های مرکبات افزایش یافت ولی در برخی گونه‌ها پس از افزایش کاهش یافت. ونگ و همکاران (Wang et al., 2003) کاهش غلظت آهن با افزایش غلظت کادمیوم را ناشی از برهمکنش منفی این دو عنصر گزارش نمودند. به‌طورکلی عناصر سنگین در جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی در گیاه تداخل ایجاد نموده و بخشی از اثرات سو آن‌ها در گیاهان مربوط به بهم زدن تعادل عناصر غذایی و تداخل در جذب عناصر ضروری است (Taji and Golchin, 2010). رابطه بین شوری و تغذیه عناصر غذایی کم‌مصرف پیچیده بوده و شوری ممکن است باعث افزایش یا کاهش غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام‌های هوایی گیاهان شده و یا هیچ اثری بر آن‌ها نداشته باشد. اکثر عناصر غذایی کم‌مصرف به‌صورت بالقوه در متعادل کردن مقادیر زیاد شوری آب‌وخاک شرکت می‌کنند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده شوری می‌تواند سبب عدم توازن بین عناصر غذایی در گیاهان شود. بروز اختلالات تغذیه‌ای براثر شوری ممکن است ناشی از تغییر قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک،

www.SID.ir

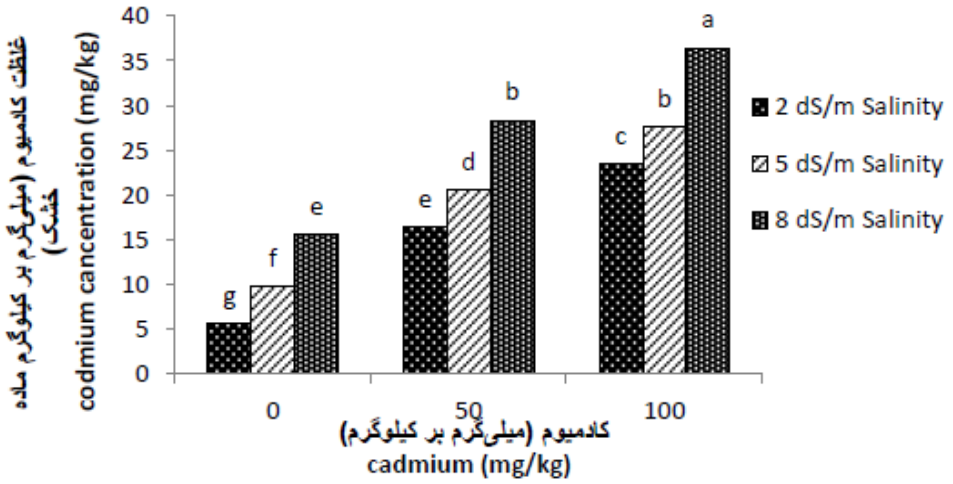
Archive of SID

رقابت بر سر جذب عناصر غذایی و مختل شدن انتقال و توزیع عناصر میان اندام‌های مختلف باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر تیمارهای کادمیوم و شوری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه گشنیز (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای کادمیوم، شوری و همچنین اثر متقابل کادمیوم و شوری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه گشنیز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به سطوح شوری و کادمیوم (شکل ۶)، نشان می‌دهد که با افزایش سطوح شوری و کادمیوم، میانگین جذب کادمیوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. بررسی اثر متقابل تیمارهای تنش شوری و کادمیوم بر روی مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه نشان داد (شکل ۶) که بیشترین مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه با میانگین ۳۶/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک مربوط به گلدان‌هایی است که ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم داشته‌اند. کمترین میزان کادمیوم اندام هوایی با میانگین ۵/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گلدان‌های شاهد مشاهده گردید.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در سطح اول تنش شوری با افزایش مقدار کادمیوم به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت کادمیوم اندام هوایی نسبت به شاهد ۶۵/۶۴ درصد افزایش‌یافته و زمانی که مقدار کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌رسد ۷۴/۹۱ درصد افزایش در غلظت کادمیوم اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده گردید. با رسیدن مقدار تنش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر کادمیوم در افزایش غلظت کادمیوم اندام هوایی در سطح دوم به ۳۷/۹۴ و در سطح سوم به ۵۱/۶۶ درصد نسبت به شاهد رسید (شکل ۶).

خوشگفتار و همکاران (Khoshgoftar et al., 2004) افزایش در مقدار کادمیوم قابل‌استفاده و انباشته شدن آن در گیاه گندم را به دلیل تشکیل کمپلکس کلرید با کادمیوم در محلول خاک و کاهش جذب این کمپلکس بر روی ذرات خاک گزارش نمودند. آن‌ها همچنین نشان دادند با افزایش غلظت کلرید سدیم آب آبیاری، غلظت کادمیوم در محلول خاک، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آلووی و همکاران (Alloway et al., 2001) دریافتند که میزان کل کادمیوم خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در میزان کادمیوم گیاهان رشد کرده در خاک‌های آلوده است. پتانسیل سمیت فلزات سنگین در محیط‌زیست، بستگی به غلظت آن در محلول خاک دارد، هرچه غلظت فلزات در فاز محلول بیشتر باشد، جذب آن‌ها توسط گیاه نیز بیشتر خواهد بود. علت این امر تشکیل کمپلکس کادمیوم با کلر و حلالیت بیشتر کادمیوم در خاک و درنتیجه افزایش تأثیر کادمیوم در اثر افزایش سطوح شوری در خاک است.



شکل ۶. اثرات برهمکنش شوری و کادمیوم بر غلظت کادمیوم در بافت گیاه گشنیز

Fig. 6. Effects of salinity and cadmium interaction on the cadmium concentration in coriander tissues

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد حضور عنصر سنگین کادمیوم در خاک منجر به کاهش بیشتر شاخص‌ها در تمام سطوح تنش شوری گردید. خاک‌هایی که دارای مقادیر زیادی سدیم می‌باشند به دلیل از بین رفتن شرایط فیزیکی خاک، برای رشد بسیاری از گیاهان مناسب نیستند. پراکندگی خاکدانه‌ها در خاک‌های سدیم‌دار نفوذپذیری خاک را نسبت به آب‌وهوا کم کرده و درنتیجه رشد عمومی گیاه را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری و کادمیوم، جذب کل عناصر روی، مس و آهن کاهش و جذب کادمیوم افزایش یافت. این امر نشان‌دهنده اثر منفی کادمیوم در خاک‌های شور در تغذیه گیاه است که درنهایت منجر به کاهش شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود. شوری ناشی از کلرید سدیم فراهمی فلز سنگین کادمیوم را به دلیل تشکیل کمپلکس محلول این فلزات با کلرید در خاک افزایش داد. همچنین افزایش فراهمی فلز سنگین مطالعه شده براثر شوری ایجادشده توسط کلرید سدیم، می‌تواند به دلیل افزایش قدرت یونی براثر شوری و درنتیجه افزایش حلالیت فازهای جامد کنترل‌کننده فعالیت فلز سنگین در خاک‌ها باشد. فلزات سنگین با جذب عناصر غذایی اثر متقابل دارند، بدین ترتیب این فلزات تأثیر مهمی بر جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاه دارند. ماهیت این اثر متقابل می‌تواند وابسته به نوع گیاه، غلظت یون‌ها، خصوصیات خاک و روش آزمایش باشد. به‌بیان‌دیگر وجود هم‌زمان دو تنش شوری و کادمیوم در خاک، نه‌تنها بر خود گیاه ازنظر کاهش مؤلفه‌های رشد آن تأثیر نامطلوب دارد، بلکه به دلیل تجمع بالای فلز در این شرایط، سلامت استفاده از آن را نیز با خطر مواجهه می‌نماید.

منابع

Aboutalebi, A., Tafazoli, E., Kholdebarin, N., 2006. Effect of salinity on shoot concentration of trace element in different citrus species. Journal of Water and Soil Science. 9(4), 45-54. [In Persian with English Summary].

Alloway, B.J., 2001. Heavy Metals in Soil. New York: John Wiley and sons Inc., p. 20-28.

Ataei Barazande, S., Karamian, R., 2012. Effect of salinity on some growth parameters in three Onobrychis species (*Fabaceae*) in Iran. Iranian Journal of Plant Biology. 5(15), 69-82. [In Persian with English Summary].

Deheri, G.S., Brar, M.S., Malhi, S.S., 2007. Influence of phosphorus application on growth and cadmium uptake of spinach in two cadmium-contaminated soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170, 495-499.

El-Fouly, M., Mobarak, Z.M., Salama, Z.A., 2001. Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. Journal of Plant Nutrition. Proc. of XIV Intl. Plant Nutrition Colloquium, 28 July-4 Aug., Hanover, Germany, pp. 422-423.

Emam, Y., Hosseini, E., Rafiei, N., Pirasteh Anosheh, H., 2013. Response of early growth and sodium and potassium concentration in ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salt stress conditions. Crop Physiology Journal. 19, 5-15. [In Persian with English Summary].

Fiket, Z., Roje, V., Mikac, N., Kniewald, G., 2007. Determination of arsenic and other trace elements on bottled waters by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry. Croatica Chemica Acta. 80(1), 91-100.

Filippo, L., Moretti, A., Lovat, A., 2002. Seed yield, yield components oil content and essential oil and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. Industrial Crops and Products. 15, 1, 59-69.

Flowers, T.J., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., Krishnamurthy, L., Samineni, S., Siddique, K. H. M., Turner, N. C., Vadez, V., Varshney, R. K., Colmer, T. D., 2010. Salt sensitivity in chickpea. Plant cell and Environment. 33, 490-509.

Ghaderin, M., Jamali Hajiani, N., 2011. Tolerance, uptake and accumulation of cadmium in *Matthiola chenopodiifolia* Fisch & C. A. Mey (Brassicaceae). Iranian Journal of Plant Biology. 2(6), 87-98. [In Persian with English Summary].

Ghallab, A., Usman, A.R.A., 2007. Effect of sodium chloride-induced salinity on phytoavailability and speciation of Cd in soil

www.SID.ir

Archive of SID

solution. Water, Air and Soil Pollution. Volume: 185, Issue: 1-4, Pages: 43-51.

Gouia, H.M., Ghorbal, H., Meyer, C., 2001. Effect of cadmium on activity of nitrate reductase and on other enzymes of the nitrate assimilation pathway in bean. Plant Physiology. 38, 629-638.

Khoshgoftar, A., Karimian, H., Kalbasi. N., Van Der Zee, M., Parker, S., 2004. Salinity and zinc application effects on phytoavailability of cadmium and zinc. Soil Science Society of America Journal. 68(6), 9-185.

Maleki, A., Zarasvand, M.A., 2008. Heavy metals in seleced edible vegetables and and estimation of their daily intake in Sanandaj, Iran. Southeast Asian Journal of Tropical Medicin and Public Health. 39(2), 335-340.

Mamta, J.B., Patel, A.D., Bhatti, P.M., Pandey, A.N., 2008. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 16, 383-401.

Meybodi, M., Gharahyazi, B., 2002. Physiological and Breeding Aspects of Salinity Stress in Crops. 288p. [In Persian].

Mohajeri, E., Moatar, F., Mahmoodi, M., 2007. Study of the effect of cadmium inrenal diseases. Journal of Environmental Science and Technology. 9 (4), 111-115. [In Persian with English Summary].

Raikwar, M.K., Kumar, P., Singh, M., Singh, A., 2008. Toxic effect of heavy metals in livestock health. Veterinary World. 1(1), 28-30.

Rezakhani, L., Golchin, A., Shafiee, S., 2012. Effect of different rates and Cd and Cu on growth and chemical composition of spinach. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 1(8), 87-100. [In Persian with English Summary].

Rodale, J.I., Rodale, R., Olds, J., Goldmam, M. C., Franz, M., Minnichi, J., 1977. The Encyclopedia of Organic Gardening. Rodale Books, Ins. Emmaus, Pennsylvania, U. S. A.

Shah, F.R., Ahmad, N., Masood, K.R., Zahid, D.M., 2008. The influence of cadmium and chromium on the biomass production of shisham (*Dalbergia sissoo* ROXB.) seedlings. Pakistan Journal of Botany. 40, 1341-1348.

Shamsodin, S.M., Farahbakhsh, H., Maghsoodi Mude, A.A., 2007. Effects of salt stress on germination, vegetative growth and some physiological characteristics of Canola. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11(41), 191-203. [In Persian with English Summary].

Shanker, A., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S., 2005. Chromium toxicity in plants. International Environmental Science and Development, 31, 63-68.

Shiyab, S., 2011. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment. 9, 350-356.

Silva, P., Geros, H., 2009. Regulation by salt of vacuolar H^+-ATPase and H^+- pyrophpsphatase activities and Na^+/H^+ exchange. Plant Signaling & Behavior. 4, 718-726.

Taffouo, V.D., Wamba, F.O., Youmbi, E., Nono, G.N., Amougou, A., 2010. Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.) Landraces grown under saline conditions. International Journal of Botany. 6: 1, 53-58.

Taji, H., Golchin, A., 2010. Effects of different levels of cadmium and sulfur on yield cadmium concentration and micronut rients of corn (*Zea Mays* L.) leaves and roots under greenhouse condition. Journal of Science and Technology. 1(4), 23-33. [In Persian with English Summary].

Tavalloli, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A., Vaezpour, M., 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae. 123(2), 272-279.

Türkdoğan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I., Uygan, I., 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environmental Toxicology and Pharmacology. 13(3), 175-79.

Villora, G., Moreno, D.A., Pulgar, G., Romero, L., 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: Determining micronutrient balance. Scientia Horticulturae. 86, 175-183.

Wahid, A., Ghazanfar, A., 2006. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. Journal of Plant Physiology. 163, 723-730.

www.SID.ir

Archive of SID

Wang, W., Vinodur, B., Altman, A., 2003. Plant responses to Drought, salinity and extreme temperatures: Towarde genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218, 1-14.

Yildiz, N., 2005. Response of Tomato and Corn plants to increasing Cd levels in nutrient culture. Pacific Journal of Botany. 37(3), 593-599.

Zuazo, V.H.D., Martinez-Raya, A., Ruiz, J.A., Tarifa, D.F., 2004. Impact of salinity on macro- and micronutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. Osteen) with different rootstocks. Spanish Journal of Agricultural Research. 2: 121-133.

www.SID.ir