مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص۳۷-۳۰

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.30-37

تاثیر آهن و منگنز بر جذب کادمیوم در آفتابگردان و ذرت

اکرم حلاج نیا[1*] - امیر لکزیان[2] - غلامحسین حق نیا[3] - عاطفه رمضانیان[4]

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۲۳
تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۶

چکیده

گیاهان از نظر مقدار جذب عناصر سنگین و توزیع آنها در بافتهای خود متفاوت عمل می کنند. علاوه بر تفاوتهای ژنتیکی عوامل محیطی مختلف از جمله برهمکنش عناصر سنگین با عناصر غذایی ضروری گیاه می تواند بر میزان جذب این فلزات توسط گیاهان موثر باشد. در این مطالعه تاثیر فراهمی آهن و منگنز بر تجمع کادمیوم در ریشه و اندام هوایی در دو گیاه آفتابگردان و ذرت در محیط کشت آبی مورد بررسی قرار گرفت. در کلیه تیمارهای آزمایش آفتابگردان نسبت به ذرت مقادیر زیادتری کادمیوم را در اندامهای هوایی و ریشه ها جذب کرد. فراهمی آهن موجب کاهش غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی هر دو گیاه گردید. فراهمی آهن تاثیری بر تجمع کادمیوم در ریشه های ذرت نداشت در حالی که اثر آن بر کاهش غلظت کادمیوم در ریشه های آفتابگردان بسیار زیاد بود. فراهمی منگنز تاثیر کمتر و متفاوت تری بر تجمع کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی دو گیاه داشت. غلظت کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی آفتابگردان با افزایش فراهمی منگنز افزایش پیدا کرد در حالی که در ذرت فراهمی منگنز تاثیر معنی داری بر غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی نداشت و باعث کاهش غلظت آن در ریشه گردید.

واژه های کلیدی: کادمیوم، آفتابگردان، ذرت، آهن، منگنز

مقدمه

اهمیت کادمیم در میان سایر عناصر سمی از این جهت است که این عنصر می تواند در اندامهای گیاهی به مقادیر زیاد که برای انسان و حیوان سمی باشد تجمع یابد ولی در عین حال هیچگونه علائم سمیت در گیاه ظاهر نشود (۱۰). کادمیم میل ترکیبی شدیدی با گروههای سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاندهای حاوی نیتروژن دارد. در نتیجه این عنصر بسیاری از آنزیمهای مهم را غیر فعال کرده که منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرایندهای متابولیک در گیاه می گردد (۱۵). کادمیم اگرچه یک عنصر غذایی ضروری نیست اما به سهولت از طریق ریشه های گیاه جذب و با غلظتهایی که برای زنجیره غذایی خطرناک است، در گیاه اندوخته می شود. تجمع کادمیم در بافتهای گیاهی در سطح سلولی نیز می تواند سمی باشد و موجب کاهش رشد گردد. بنابراین جلوگیری از جذب کادمیم توسط ریشه های گیاه می تواند یک استراتژی مهم در به حداقل رساندن اثرات سوء بیولوژیکی این عنصر باشد (۷).

یکی از دلایل بروز سمیت ناشی از کادمیم در گیاهان، برهمکنش آن با عناصر غذایی ضروری گیاه است. تأثیر کادمیم بر جذب و توزیع عناصر غذایی در گیاه می تواند دلیل برخی کمبودهای عناصر در گیاهان باشد که باعث برهم خوردن تعادل عناصر غذایی و کاهش باروری گیاه می گردد (۳). از عوامل تأثیرگذار بر جذب کادمیم و ظهورعلایم سمیت آن در گیاه، وضعیت تغذیه ای گیاه بویژه در رابطه با عناصر کم نیاز می باشد. گیاهان ذرت کاشته شده در سیستم هیدروپونیک با وجود غلظتهای بالای کادمیم در محلول، فقط زمانی که غلظت به بالاترین حد ($۱۰۰\mu mol\ L^{-1}$) رسید علایم سمیت را بروز دادند. همچنین نفوذ کادمیم به ریشه در زمانی که مقدار عناصر کم نیاز در محلول غذایی کم بود سه برابر بیشتر از زمانی بود که مقدار این عناصر در محلول کافی بود (۹).

تحقیقات زیادی در ارتباط با تاثیر کادمیوم بر تجمع عناصر کم نیاز در گیاهان مختلف انجام گرفته است (۴، ۶ و ۱۱). در مقابل به تاثیر عناصر کم نیاز بر تجمع کادمیوم کمتر توجه شده است. از آنجایی که گیاهان از نظر تجمع کادمیوم در اندمهای خود متفاوتند فهم فرایندهای خاص که جذب این عنصر را کنترل می کند می تواند

۱ - کارشناس ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: halajnia@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

در جهت کاهش مقدار جذب و تجمع آن در بافتهای گیاهانی که در خاکهای آلوده کشت می شوند و یا برعکس در جهت افزایش تجمع کادمیوم در گیاهانی که به هدف زیست پالایی مورد استفاده قرار می گیرند موثر و مفید باشد. از این لحاظ توجه به مدیریت تغذیه ای گیاه می تواند مورد توجه باشد. این تحقیق با هدف تاثیر فراهمی عناصر آهن و منگنز بر تجمع کادمیوم در دو گیاه ذرت و آفتابگردان در محیط کشت هیدروپونیک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر فراهمی عناصر آهن و منگنز بر جذب کادمیوم در دو گیاه ذرت و آفتابگردان یک آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی شامل ۲۴ تیمار در ۳ تکرار در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی در شرایط طول روز ۱۴ ساعت و دمای ۲۵ درجه و طول شب ۱۰ ساعت و دمای ۱۷ درجه انجام گردید. در این آزمایش که به صورت کشت هیدروپونیک انجام گردید تاثیر فراهمی عنصر آهن در سه سطح صفر (تیمار فاقد آهن)، ۲/۵ (تیمار کمبود آهن) و ۵ میلی گرم در لیتر (تیمار کامل) و عنصر منگنز در سه سطح صفر (تیمار فاقد منگنز)، ۰/۲۵ (تیمار کمبود منگنز) و ۰/۵ میلی گرم در لیتر (تیمار کامل) بر جذب عنصر کادمیوم در دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر در دو گیاه ذرت و آفتابگردان بررسی شد. به این منظور بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و آفتابگردان رقم های سان از بخش تحقیقات بذر و نهال گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. به منظور جوانه زنی و رشد اولیه، بذرهای مورد نظر در شن کاملا شسته شده کاشته و با آب مقطر آبیاری شد. محلول غذایی جهت انتقال نهالهای جوان مطابق فرمول هوگلند تهیه گردید. سطوح عناصر آهن و منگنز شامل غلظت کامل آن عنصر مطابق فرمول محلول غذایی هوگلند، نصف غلظت کامل آن عنصر و حذف آن عنصر از محلول غذایی در تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. هر یک از نهالها به ظروف محتوی ۲ لیتر محلول غذایی منتقل و جهت هوادهی محلول از پمپ آکواریم استفاده گردید . در روز ۱۲ از زمان انتقال نهالها کادمیوم با غلظتهای ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر از نمک $Cd(NO_3)_2.4H_2O$ به محلول غذایی تیمارها افزوده و در روز ۱۴ گیاهان جمع آوری شدند. ریشه و بخشهای هوایی جدا و بوسیله آب مقطر شتشو داده شد و جهت انجام مراحل بعدی آزمایش در پاکتهای کاغذی به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه نمونه ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس آسیاب و بعد از عبور از الک ۰/۵ میلی متری در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند. مقدار مشخصی از نمونه های خرد شده با استفاده از اسید نیتریک و اسید پرکلریک هضم و سپس غلظت کادمیوم در نمونه های هضم شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT C آنالیز گردید.

نتایج

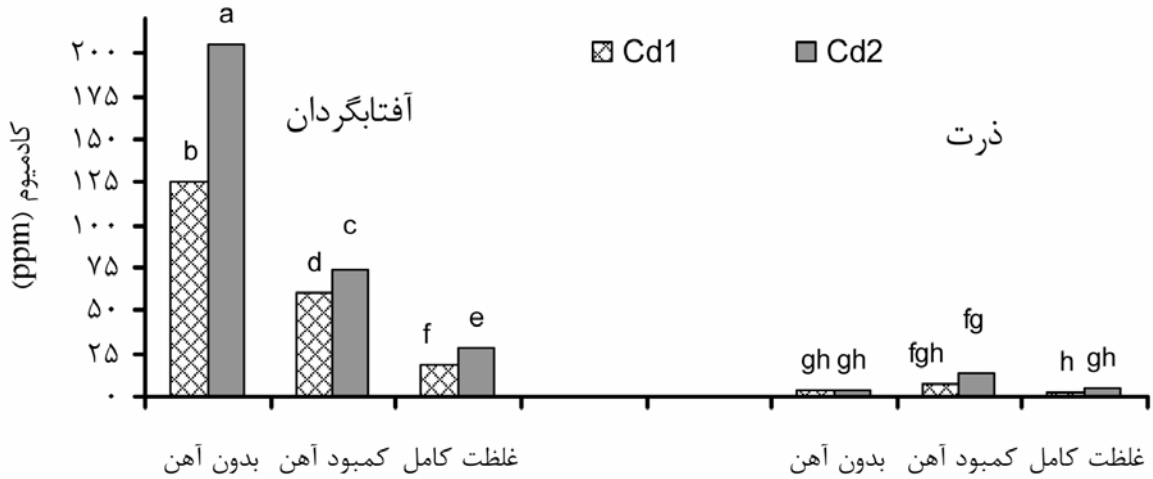
تاثیر آهن بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که افزایش فراهمی آهن موجب کاهش تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی گیاه آفتابگردان شد به طوری که کمترین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی در تیمار کامل آهن مشاهده گردید (شکل ۱). غلظت کادمیوم در غلظت ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر کادمیوم در تیمارهای فاقد آهن و کمبود آهن تفاوت معنی داری نداشت. تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی در تیمار کمبود آهن و غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم حداکثر بود. به نظر می رسد که در شرایط کمبود آهن مقدار تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی بیشتر تحت تاثیر غلظت کادمیوم در محیط رشد قرار می گیرد. در تیمار فاقد آهن و تیمار کامل، سطوح ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم تاثیر معنی داری بر تجمع آن در اندامهای هوایی این گیاه نداشت به عبارت دیگر در این دو تیمار انتقال کادمیوم در کوتاه مدت به اندامهای هوایی مستقل از غلظت کادمیوم در محلول غذایی بود.

تاثیر آهن بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی ذرت

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که در طی یک دوره رشدی یکسان گیاه ذرت در غلظتهای مختلف آهن و کادمیوم مقدار کمتری کادمیوم را در مقایسه با گیاه آفتابگردان در اندامهای هوایی خود جذب کرد (شکل ۱). به طوری که غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی این گیاه در تمام سطوح آهن و کادمیوم در تیمارهای مشابه اختلاف معنی داری با گیاه آفتابگردان داشت. در گیاه ذرت نیز کمترین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی در تیمار کامل آهن مشاهده شد و بیشترین تجمع در تیمار فاقد آهن و غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم بدست آمد. تاثیر سطوح کادمیوم بر تجمع آن در اندامهای هوایی این گیاه فقط در تیمار فاقد آهن معنی دار بود. تفاوت در جذب کادمیوم در تیمارها مختلف در شرایط یکسان آزمایش در دو گیاه قطعا می تواند متاثر از تفاوتهای ژنتیکی آنها باشد. وجود تفاوت معنی دار بین غلظتهای مختلف کادمیوم در تیمار کمبود آهن در گیاه آفتابگردان می تواند احتمالا بیانگر این موضوع باشد که در شرایط تنش کمبود آهن، جذب متاثر از غلظتهای کادمیوم در محیط است و با افزایش غلظت جذب افزایش پیدا می کند. برای بررسی دقیقتر این موضوع باید جذب در این شرایط در غلظتهای مختلف کادمیوم بررسی شود.

شکل (۱)- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان و ذرت در تیمارهای بدون آهن، کمبود آهن، و غلظت کامل در دو غلظت ۰/۰۲ (Cd1) و ۰/۰۵ (Cd2) میلی گرم بر لیتر کادمیوم



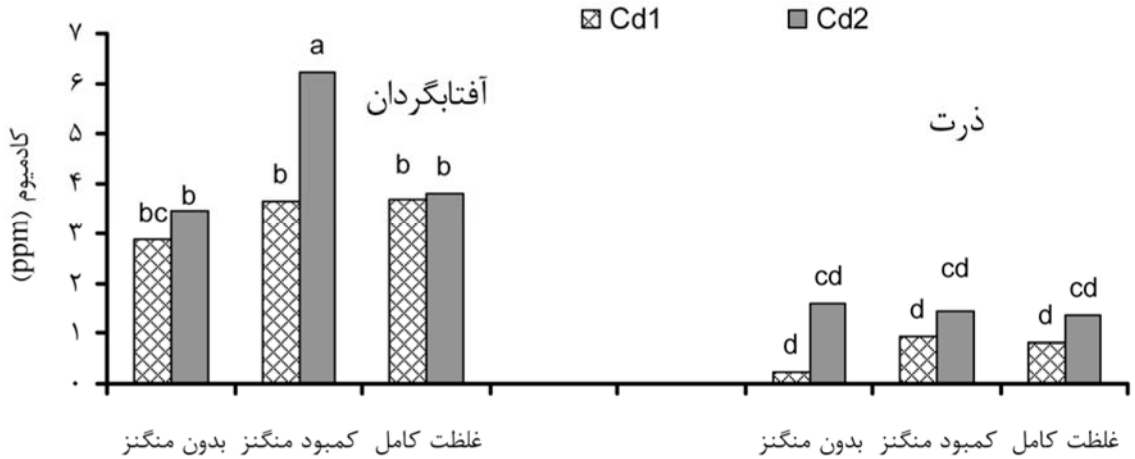
شکل (۲)- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در ریشه های آفتابگردان و ذرت در تیمارهای بدون آهن، کمبود آهن، و غلظت کامل در دو غلظت ۰/۰۲ (Cd1) و ۰/۰۵ (Cd2) میلی گرم بر لیتر کادمیوم

تاثیر آهن بر تجمع کادمیوم در ریشه آفتابگردان

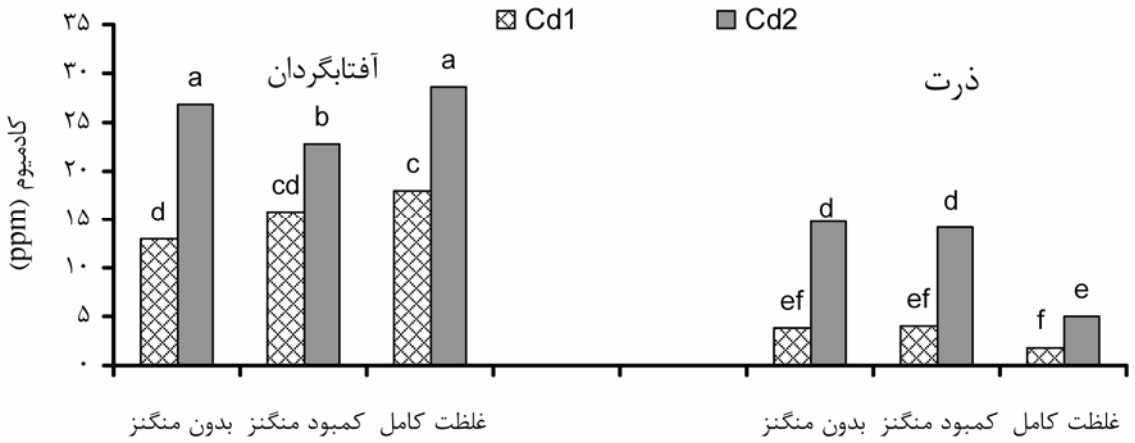
نتایج حاصل از بررسی مقادیر مختلف آهن بر تجمع کادمیوم در ریشه نشان داد که گیاه آفتابگردان به مقدار بسیار زیادتری کادمیوم را در مقایسه با گیاه ذرت از محلول غذایی جذب کرده و مقادیر مختلف آهن بر غلظت کادمیوم در ریشه های این گیاه بسیار تاثیر گذار بوده است (شکل ۲). در تیمار فاقد آهن و در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم بیشترین تجمع کادمیوم در ریشه مشاهده شد. غلظت کادمیوم در ریشه در این تیمار ۲۰۵/۸ میلی گرم بر گیلوگرم وزن خشک ریشه بود. با افزایش فراهمی آهن تجمع کادمیوم در ریشه کاهش پیدا کرد به طوری که در تیمار کامل کمترین تجمع کادمیوم بدست آمد. در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم در تیمار فاقد آهن غلظت کادمیوم در ریشه در حدود ۷ برابر غلظت کادمیوم در تیمار کامل بود. افزایش غلظت کادمیوم از ۰/۰۲ به ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر تاثیر معنی داری بر تجمع کادمیوم در ریشه های گیاه آفتابگردان داشت به عبارت دیگر با افزایش غلظت کادمیوم در محلول غذایی جذب آن توسط ریشه ها نیز افزایش پیدا کرد.

تاثیر آهن بر تجمع کادمیوم در ریشه ذرت

در گیاه ذرت سطوح مختلف کادمیوم و آهن تاثیر معنی داری بر تجمع کادمیوم در ریشه های این گیاه نداشتند و بیشترین مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در تیمار کمبود آهن و غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم به مقدار ۱۴ میلی گرم بر گیلو گرم وزن خشک ریشه بدست آمد که نشان دهنده اختلاف زیاد این گیاه در جذب و تجمع کادمیوم در ریشه ها در مقایسه با آفتابگردان است.



شکل (۳)- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان و ذرت در تیمارهای بدون منگنز، کمبود منگنز، و غلظت کامل در دو غلظت ۰/۰۲ (Cd1) و ۰/۰۵ (Cd2) میلی گرم بر لیتر کادمیوم



شکل (٤)- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در ریشه های آفتابگردان و ذرت در تیمارهای بدون منگنز، کمبود منگنز، و غلظت کامل در دو غلظت ۰/۰۲ (Cd1) و ۰/۰۵ (Cd2) میلی گرم بر لیتر کادمیوم

تاثیر منگنز بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان

مطابق شکل ۳ تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی گیاه آفتابگردان در تیمار کامل در مقایسه با تیمار فاقد منگنز بیشتر بود اگرچه این تفاوت معنی دار نبود. بیشترین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی در این گیاه در تیمار کمبود منگنز و در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم مشاهده شد. به نظر می رسد در شرایطی که غلظت منگنز در محیط رشد کافی نیست غلظتهای مختلف کادمیوم می تواند بر مقدار جذب، انتقال و تجمع آن در اندامهای هوایی موثر باشد. به طوری که در شکل ۳ نشان داده شده است در تیمار کمبود منگنز تفاوت بین غلظتهای ۰/۰۲ و ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم معنی دار بود در حالی که در تیمارهای کامل و فاقد منگنز غلظتهای مختلف کادمیوم تاثیر معنی داری بر تجمع آن در اندامهای هوایی نداشت. نتیجه مشابه در تیمار کمبود آهن و سطح ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر کادمیوم بدست آمد (شکل ۱).

تاثیر منگنز بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی ذرت

تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی ذرت در کلیه تیمارها کمتر از آفتابگردان بود. این اختلاف از نظر آماری بین دو گیاه در تمام تیمارها معنی دار بود (شکل ۳). در این گیاه فراهمی منگنز تاثیر معنی داری بر تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی نداشت. در تیمارهای منگنز افزایش غلظت کادمیوم از ۰/۰۲ به ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت آن در اندامهای هوایی گردید اگرچه این تفاوت معنی دار نبود.

تاثیر منگنز بر تجمع کادمیوم در ریشه آفتابگردان

در غلظت ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر کادمیوم افزایش فراهمی منگنز باعث افزایش تجمع کادمیوم در ریشه ها گردید (شکل ۴). این افزایش در تیمارهای فاقد منگنز و کمبود منگنز و در تیمارهای کمبود منگنز و کامل از نظر آماری معنی دار نبود. افزایش غلظت کادمیوم به مقدار ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر در مقایسه با سطح ۰/۰۲ میلی گرم در در لیتر باعث افزایش معنی دار غلظت آن در ریشه گردید.

در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم غلظت کادمیوم در تیمارهای فاقد منگنز و کامل معنی دار نبود در حالی که در تیمار کمبود منگنز غلظت کادمیوم در ریشه در مقایسه با دو تیمار دیگر کمتر بود. با توجه به این که تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر کمتر بود به نظر می رسد که انتقال کادمیوم به اندامهای هوایی در این تیمار بیشتر صورت گرفته است (شکل ۳). در این خصوص بررسی بیشتر در این شرایط در غلظتهای مختلف کادمیوم ضروری به نظر می رسد.

تاثیر منگنز بر تجمع کادمیوم در ریشه ذرت

تجمع کادمیوم در ریشه گیاه ذرت در مقایسه با آفتابگردان کمتر بود که این اختلاف در همه تیمارها در مقایسه با تیمارهای مشابه در گیاه آفتابگردان از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۴). در ذرت کمترین تجمع منگنز در تیمار کامل مشاهده شد. اگرچه اختلاف بین تیمارهای منگنز در غلظت ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر کادمیوم معنی دار نبود ولی در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم این اختلاف در تیمار کامل نسبت به دو تیمار دیگر معنی دار بود. تاثیر سطوح کادمیوم بر تجمع آن در ریشه معنی دار بود به طوری که غلظت بالاتر کادمیوم در محلول غذایی موجب جذب بیشتر آن توسط ریشه ها گردید.

بحث

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که فراهمی آهن نقش مهمی بر جذب و تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان و ذرت دارد به طوری که مطابق شکل ۱ افزایش فراهمی آهن موجب کاهش تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی و ریشه در این دو گیاه شد و کمترین غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی در تیمار کامل آهن مشاهده گردید. به طور میانگین تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان ۲/۹ برابر بیشتر از ذرت بود. در حالی که تجمع کادمیوم در ریشه های ذرت تحت تاثیر غلظت آهن در محیط نبود فقدان آهن در آفتابگردان موجب تجمع بسیار زیاد کادمیوم در ریشه گردید. مقدار تجمع کادمیوم در این تیمار در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم به ترتیب ۲/۸ و ۷/۲ برابر تیمارهای کمبود و کامل بود. غلظت کادمیوم در ریشه های آفتابگردان در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم به ترتیب در تیمارهای فاقد آهن، کمبود آهن و کامل در مقایسه با تیمارهای مشابه در ذرت ۵۴/۸، ۵/۲ و ۵/۶ برابر بود. بررسی نتایج تحقیقات مختلف نشان می دهد که گیاهان از نظر تجمع کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی در شرایط تنش ناشی از کمبود آهن متفاوت عمل می کنند. در مطالعه کوهن و همکاران (۲) کمبود آهن در محیط کشت آبی موجب تحریک جذب و افزایش جریان کادمیوم به ریشه های نخود گردید. آنها گزارش کردند که پاسخ گیاه به تنش کمبود آهن می تواند نقش مهمی در افزایش جذب فلزات سنگین داشته باشد. فقدان آهن می تواند ژنهای موثر بر جذب این عنصر را فعال کند که این ژنها ممکن است جذب و انتقال سایر فلزات دو ظرفیتی دیگر از قبیل روی و کادمیوم را نیز تسهیل کند. در مطالعات کوتاه مدت و بلند مدت این محققین افزایش تجمع کادمیوم فقط در ریشه مشاهده شد و اندامهای هوایی گیاهان دچار کمبود آهن دارای غلظت کمتری کادمیوم نسبت به گیاهان شاهد بودند. آنها نشان دادند که احتمالا افزایش تجمع فلزات سنگین در پاسخ به شرایط کمبود آهن به دلیل افزایش فعالیت پمپ هیدروژن (H^+) غشائ پلاسمایی باشد و بیشتر کادمیوم جذب شده توسط ریشه ها در واکوئلها به صورت کمپلکسهای Cd-phytochelatin تجمع می یابد که این کمپلکسها قادر به انتقال به اندامهای هوایی نیستند. این در حالی است رودکاپ و همکاران (۱۲) نشان دادند که گیاهان Arabidopsis که در شرایط کمبود آهن رشد داده شده بودند غلظتهای بالاتری از کادمیوم را در خوشه و دانه در مقایسه با گیاهان شاهد جذب کردند.

عکس العمل گیاهان در شرایط کمبود آهن از نظر جذب کادمیوم حتی در گونه های مختلف یک گیاه می تواند متفاوت باشد. در مطالعه لامبی و همکاران (۸) در بررسی تاثیر کوتاه مدت و بلند مدت آهن بر جذب کادمیوم در دو گونه گیاهی نشان داده شد که کمبود آهن فقط باعث افزایش جذب کادمیوم در یک از گونه ها گردید به طوری که جذب کادمیوم در شرایط کمبود آهن در این گونه سه برابر شاهد بود. در مطالعه شنکر و همکاران (۱۳) در دو گیاه گندم و جو جذب کادمیوم در شرایط کمبود آهن افزایش پیدا نکرد.

اگرچه کاهش جذب کادمیوم با افزایش غلظت منگنز در محیط رشد در برخی تحقیقات گزارش شده است (۵ و ۱۴) در این تحقیق افزایش فراهمی منگنز موجب تجمع بیشتر کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی آفتابگردان گردید. تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی ذرت تحت تاثیر فراهمی منگنز قرار نگرفت در حالی که با کاهش فراهمی منگنز غلظت کادمیوم در ریشه های این گیاه افزایش پیدا کرد. این افزایش در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم در تیمارهای فاقد منگنز و کمبود منگنز در حدود ۲/۸ برابر تیمار کامل بود. بازینسکی و همکاران (۱) به ترتیب ۱۷ و ۲۳ درصد کاهش در جذب کادمیوم در ریشه و ساقه گیاه گوجه فرنگی را با افزایش غلظت منگنز در محلول غذایی گزارش کردند. زورنوزا و همکاران (۱۶) نشان

دادند که در حضور غلظت های بالای منگنز White Lupin مقاومت بیشتری در مقابل اثرات سوء کادمیوم بر فتوسنتز نشان داد به طوری که آثار کلروز در گیاهانی که به مقدار زیاد منگنز دریافت کرده بودند مشاهده نشد.

در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم در تیمارهای کمبود هر دو عنصر آهن و منگنز تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان نسبت به تیمارهای فاقد این عناصر و تیمارهای کامل حداکثر بود. به نظر می رسد در غلظتهای کم این عناصر در محیط کشت تجمع کادمیوم در ریشه و انتقال آن به اندامهای هوایی بیشتر تحت تاثیر غلظت کادمیوم در محیط قرار می گیرد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که آفتابگردان و ذرت از نظر جذب کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی در غلظتهای مختلف آهن و منگنز متفاوت عمل می کنند. آفتابگردان در تمامی تیمارهای آزمایشی مقدار بیشتری کادمیوم را از محلول غذایی جذب کرد. تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی هر دو گیاه با افزایش فراهمی آهن کاهش پیدا کرد. درحالی که تجمع کادمیوم در ریشه ذرت تحت تاثیر مقدار آهن نبود در آفتابگردان جذب کادمیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر کادمیوم ۷/۲ برابر تیمار کامل بود. غلظت بیشتر منگنز در محلول غذایی موجب افزایش کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی آفتابگردان شد. در ذرت افزایش فراهمی منگنز موجب کاهش جذب کادمیوم در ریشه گردید و تاثیری بر غلظت کادمیوم در اندامهای هوایی نداشت. در شرایط کمبود آهن و منگنز تجمع کادمیوم در اندامهای هوایی آفتابگردان در غلظت بالاتر کادمیوم افزایش پیدا کرد. از این لحاظ مطالعات بلند مدت بر توزیع کادمیوم در ریشه و اندامهای هوایی در شرایط کمبود این عناصر در غلظتهای مختلف کادمیوم در این گیاه توصیه می شود.

قدردانی

از مساعدت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر تامین بخشی از هزینه های این تحقیق تشکر می کنیم.

منابع

1- Baszynski, T., L. Wajda, M. Krol, D. Wolinska, Z. Krupa, A. Tukendorf. 1980. Photosynthetic activities of cadmium-treated tomato plants. Plant Physiology. 48: 365-370.
2- Cohen, C.K., T.C. Fax, D.F. Garvin, L.V. Kochian. 1998. The role of iron deficiency stress responses in stimulating heavy metal transport in plants. Plant Physiology. 116: 1063-1072.
3- Dudka, S., M. Piotrowska, H. Terelak. 1996. Transfer of cadmium, lead and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: A field study. Environment Pollution. 94: 181–188.
4- Herna´ndez, L.E., A. Ga´rate, R. Carpena-Ruiz. 1995. Effect of cadmium on nitrogen fixing pea plants grown in perlite and vermiculite. Journal of Plant Nutrition. 18: 287–303.
5- Herna´ndez, L.E., E. Lozano-Rodrı´guez, A. Ga´rate, R. Carpena-Ruiz. 1998. Influence of cadmium on the uptake, tissue accumulation and subcellular distribution of manganese in pea seedlings. Plant Science. 132: 139–151
6- Herna´ndez, L.E., R. Carpena-Ruiz, A. Ga´rate. 1996. Alterations in the mineral nutrition of pea seedlings under exposure to cadmium. Journal of Plant Nutrition. 19: 1581–1598.
7- Kolelia, N., S. Ekerb, I. Cakmak. 2004. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil. Environment Pollution. 131: 453- 459.
8- Lombi, E., K.L. Tearall, J.R. Howarth, F.J. Zhao, M.J. Hawkesford, S.P. McGrath. 2002. Influence of iron status on cadmium and zinc uptake by different ecotypes of the hyper accumulator *Thlaspi caerulescens*. Plant Physiology. 28: 1432-1440.
9- Perriguey, J., T. Sterckeman, J.L. Morel. 2007. Effect of rhizosphere and plant related factors on the cadmium uptake by maize (*Zea mays* L.). Environmental and Experimental Botany. 10: 201-215.
10- Prince, W.S., P, Senthil Kumar, K.D. Doberschutz, V. Subburam. 2002 Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves. Journal of Plant Nutrition. 25: 689 –700.
11- Ramos, I., E. Esteban, J.J. Lucena, A. Ga´rate. 2002. Cadmium uptake and subcellular distribution in plants of Lactuca sp. Cd-Mn interaction. Plant Science. 162: 761-767.
12- Rodecap, K.D., D.T. Tingey, E.H. Lee. 1994. Iron nutrition influence on cadmium accumulation by *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Journal of Enviromental Quality. 23: 239-246.
13- Shenker., M.T., W.M. Fan, D.E. Crowley. 2001. Phytosiderophores influence on cadmium mobilization and uptake by wheat and barley plant. Journal of Enviromental Quality. 30: 2091–2098.
14- Thys, C., P. Vanthomme, E. Schrevens, M. De Proft. 1991. Interactions of cadmium with zinc, copper, manganese, and iron in lettuce (*Lactuca sativa L.*) in hydroponic culture. Plant Cell Environment. 14: 713-717.

15- Torres, E., A. Cid, C. Herrero, J. Abalde. 2000. Effect of cadmium on growth, ATP content, carbon fixation and ultra structure in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin. Water, Air, Soil Pollution. 117: 1–14.
16- Zornoza, P., S. Vázquez, E. Esteban, M. Fernández-Pascual R. Carpena. 2002. Cadmium-stress in nodulated white lupin: strategies to avoid toxicity. Plant Physiology and Biochemistry. 40: 1003-1009.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.30-37

مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص۳۷-۳۰

The effects of iron and manganese on cadmium uptake of sunflower and corn in hydroponic condition

A. Halajnia[*] - A. Lakzian - Gh. Haghnia - A. Ramezanian[1]

Abstract

Heavy metals uptake and their distribution in plants are different. In addition to the genetic factors, environmental factors such as interactions of heavy metals with essential elements are very important on the amount of heavy metals uptake. In this study, the effects of iron and manganese on accumulation of cadmium in shoot and root of sunflower and corn in different concentration of those elements in a hydroponic condition was investigated. The results showed that cadmium uptake in root and shoot of sunflower were higher significantly compared to corn. The concentration of cadmium decreased in the shoot of sunflower and corn with increasing the iron availability. Cadmium concentration of corn root was not affected by iron availability but cadmium concentration in sunflower root was reduced dramatically. Manganese availability had less effect on cadmium accumulation of root and shoot of both plants. Cadmium concentration of root and shoot of sunflower increased by manganese availability but it was different in corn plant.

Key words: Cadmium, Corn, Sunflower, Iron, Manganese

(* - Corresponding author Email: halajnia@yahoo.com)
1 - Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad