محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

اثرات شوری و کادمیم خاک بر غلظت سلنیم و کادمیم در گندم

بصیر عطاردی[۱*]، امیر فتوت[۲]، رضا خراسانی[۳]، پیمان کشاورز[۴]

[۱] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

[۲] و [۳] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۴] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

چکیده

شوری علاوه بر اینکه از عوامل مهم محدودکننده رشد گیاه محسوب می‌گردد با تغییر فعالیت ترمودینامیکی و قدرت یونی عناصر، میزان جذب آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات شوری-کادمیم در خاک بر غلظت دو عنصر سلنیم و کادمیم در گندم، در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح کادمیم (۰، ۵ و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۲، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود. نتایج نشان داد که تاثیر کادمیمِ خاک بر افزایش غلظت کادمیم گیاه در سطوح شوری بالا شدیدتر بوده به‌طوری که در پائین‌ترین سطح شوری (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر)، به ازاء هر واحد افزایش در کادمیم خاک، غلظت کادمیم در گیاه ۱/۴ واحد افزایش داشته ولی در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، این افزایش ۳/۲ واحد بود. برعکس، با افزایش شوری آب آبیاری، غلظت سلنیم در گندم کاهش یافت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری، امکان زیادبود (سمیت) کادمیم و کمبود سلنیم در گندم افزایش یافت. از اینرو در شرایط شور، سمیت کادمیم و کمبود سلنیم در گندم باید با دقت و حساسیت بیشتری پایش شود.

کلمات کلیدی: آلودگی، آنتی اکسیدانت، تغذیه و کوددهی، عناصر سنگین

مقدمه

شوری منابع آب و خاک از جمله تنش‌هائی محسوب می‌شوند که بخش وسیعی از اراضی کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده‌اند. به‌طور متوسط ۲۰ تا ۵۰ درصد کل اراضی تحت کشت در دنیا از درجاتی از شوری رنج می‌برند و در ایران نیز از مجموع تقریبی هشت میلیون هکتار اراضی قابل کشت، حدود چهار میلیون هکتار به درجات مختلفی از شوری مبتلا هستند (Kaveh و همکاران، ۲۰۱۱). شوری علاوه بر اینکه از عوامل مهم محدودکننده رشد گیاه محسوب می‌گردد با تغییر فعالیت ترمودینامیکی و قدرت یونی عناصر، میزان جذب آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mikkelsen و همکاران، ۱۹۸۸؛ Hain و همکاران، ۲۰۱۵).

در بین عناصری که جذب شان تحت تاثیر شوری قرار می گیرد دو عنصر کادمیم و سلنیم از اهمیت زیادی برخوردارند چرا که کادمیم در بعد سلولی، فیزیولوژیکی، بیولوژیکی و مولکولی هم برای گیاه و هم برای انسان سمیت ایجاد می‌کند و تجمع بیش از حد مجاز آن نیز در برخی خاکها، از جمله برخی خاکهای ایران گزارش شده است (Maleki و همکاران، ۲۰۰۹). سلنیم نیز، به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدانت نقش بسیار مهمی در سلامت انسان داشته، بسیاری از خاک‌ها و بالطبع محصولات تولید شده در آنها با کمبود این عنصر مواجه بوده، از اینرو ارزیابی غلظت آن در خاک ها و محصولات کشاورزی در دهه های اخیر مورد توجه قرار گرفته، به‌طوری که کاربرد آن به‌صورت یک کود شیمیائی در برخی از کشورها مرسوم گردیده است (Lyons و همکاران ۲۰۰۳؛ Williams و همکاران، ۲۰۰۹).

گرچه در برخی مطالعات، تاثیر شوری بر غلظت کادمیم در گیاهان مورد بررسی قرار گرفته (Weggler-Beaton و همکاران، ۲۰۰۰؛ Khoshgoftar و همکاران، ۲۰۰۴) با این حال، به دلیل وجود برخی نتایج متضاد در این خصوص و نیز عدم وجود اطلاعات منتشر شده‌ی کافی در مورد تاثیر شوری بر محتوی سلنیم گیاهان، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات شوری-کادمیم بر غلظت دو عنصر سلنیم و کادمیم در گندم انجام شد.

* ایمیل نویسنده مسئول: Basir.atarodi@gmail.com

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، به صورت فاکتوریل (سه سطح شوری و سه سطح کادمیم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی اجرا شد. حجم کافی از نمونه خاک انتخابی (جدول ۱) جهت کشت گلدانی جمع‌آوری، پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۵ میلی‌متری، در دسته‌جات ۶ کیلوگرمی توزین و روی سطوح پلاستیکی ریخته شد. عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گندم بر اساس نتایج آزمون خاک از طریق افزودن ۰/۵ گرم $NH_4H_2PO_4$، ۱/۳۲ گرم KNO_3، ۰/۲۶ گرم $ZnSO_4.7H_20$، ۰/۱ گرم $MnSO_4.H_2O$، ۰/۵ گرم Fe-EDDHA به هر نمونه ۶ کیلوگرمی خاک تامین گردید. برای اعمال سطوح مورد نظر کادمیم (۰، ۵ و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، مقادیر ۰، ۸۲/۳ و ۲۴۷ میلی‌گرم نمک $Cd(NO_3)_2.4H_2O$ در آب مقطر حل گردید و با توجه به تیمارهای تعریف شده، بر روی نمونه‌های خاک اسپری گردید. خاک‌ها کاملاً هم‌زده شد تا یکنواختی حاصل گردیده و سپس به پاکت‌های پلاستیکی منتقل شد. نمونه‌های خاک در داخل پاکت‌ها تا حد ظرفیت زراعی مرطوب گردید، درب پاکت‌ها بسته و به منظور تبادل هوا در دیواره پاکت‌ها منافذی تعبیه شد. پاکت‌ها به مدت ۴۵ روز در همین وضعیت نگهداری گردید و در طول این دوره، هر سه روز یک‌بار نمونه‌ها توزین تا اطمینان حاصل شود که رطوبت نمونه‌ها از حد ظرفیت زراعی کمتر نشود. پس از این مرحله، خاک‌ها از پاکت خارج و بر روی سطح پلاستیکی پهن شد تا هوا خشک شوند.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلدانی

pH	EC	شن	رس	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده
	دسی‌زیمنس بر متر			(درصد)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
۸/۱	۰/۹۵	۳۳	۱۳	۰/۶۳	۶۰۰	۸/۴	۲۱۹

- آماده‌سازی گلدان‌ها

به منظور ایجاد زه‌کش مناسب و نیز جلوگیری از خروج خاک از ته گلدان‌ها در حین آبیاری، در ته هر گلدان دو عدد کاغذ صافی گذاشته شد و سپس بر روی آن ۳۰۰ گرم شن درشت و مقدار مساوی شن متوسط و ۱۰۰ گرم شن شسته شده ریخته شد، به‌طوری‌که وزن گلدان خالی و سنگریزه برای تمام گلدان‌ها مساوی گردید. به هر گلدان، ۶ کیلوگرم خاک که طبق مرحله قبلی آماده شده بود اختصاص داده شد.

- تهیه سطوح مختلف شوری آب آبیاری

در این آزمایش، سه سطح مختلف شوری آب آبیاری شامل ۱/۲، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر مورد استفاده قرار گرفت. به منظور نزدیک‌تر شدن شرایط اجرای آزمایش به شرایط طبیعی - از جهت ترکیب نمک‌های موجود در آب آبیاری - به جای استفاده از آب مقطر، از آب شهری که دارای هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود به عنوان سطح اول شوری استفاده شد و دو سطح دیگر آب آبیاری، با افزودن کلرید سدیم و کلرید کلسیم (با نسبت اکیوالان مساوی) به این آب تهیه گردید. برای تهیه آب با شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر، ۰/۶۷ گرم از نمک $CaCl_2.2H_2O$ و ۰/۵۳ گرم از نمک NaCl به هر لیتر آب اضافه شد. برای سطح ۶ دسی‌زیمنس بر متر، از نمک‌های فوق به ترتیب ۱/۸ و ۱/۴ گرم به هر لیتر آب اضافه گردید.

- کاشت و برداشت

در هر گلدان (۳۷ سانتی‌متر ارتفاع، ۳۰ سانتی‌متر قطر)، هشت عدد بذر گندم (رقم "فلات") کشت گردید. جهت جلوگیری از صدمات قارچی، بذور گندم قبل از کشت به سم سرزان آغشته شدند. آبیاری همه گلدان‌ها-بدون لحاظ سطح شوری- تا پایان زمان جوانه‌زنی با آب غیر شور (هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و بعد از جوانه‌زنی، با توجه به سطوح فاکتور شوری انجام گردید. بعد از جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها، تعداد بوته‌های هر گلدان به ۴ عدد کاهش یافت. رطوبت گلدان‌ها در طول دوره کشت با روش توزین، در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تامین شد. در صورت خروج آب از گلدان‌ها، آب اضافی به ظروف پلاستیکی زیر گلدان‌ها وارد شده که مجددا برای آبیاری همان گلدان مورد استفاده قرار گرفت. نه هفته پس از کشت و در ابتدای مرحله خوشه‌دهی، ساقه‌ی گیاهان مربوط به هر گلدان به طور مجزا از یک سانتی‌متری سطح خاک برداشت، به آزمایشگاه منتقل، عملیات شستشو، خشک کردن و اندازه‌گیری میزان سلنیم و کادمیم نمونه‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت سلنیم و کادمیم از روش هضم تر استفاده شد

(Soltanpour و همکاران، ۱۹۸۲؛ Gupta و Gupta، ۲۰۰۲). غلظت سلنیم و کادمیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian, SpectrAA, 55B) در طول موج‌های به ترتیب ۱۹۶ و ۲۲۸/۸ نانومتر در آزمایشگاه بخش اکولوژی و محیط زیست دانشگاه استکهلم اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS PC (version 9.4) انجام شد. مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و متقابل در سطح ۵ درصد با آزمون توکی صورت گرفت.

شکل ۱. گلدان‌های مورد استفاده در آزمایش

شکل ۲. دستگاه جذب اتمی (Varian, SpectrAA, 55B)

نتایج و بحث

- اثرات اصلی کادمیم و شوری بر غلظت کادمیم ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت کادمیم در ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر کادمیم مصرفی قرار گرفت ($P< 0.01$). غلظت کادمیم ساقه گندم از ۰/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در شاهد به ۳۹/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در تیمار دارای ۱۵ میلی‌گرم کادمیم افزایش یافت (جدول ۲).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، غلظت کادمیم ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتور شوری قرار گرفت ($P< 0.01$). اثرات ساده شوری بر غلظت کادمیم ساقه، نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت کادمیم ساقه از ۱۰/۸ به ۲۶/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه افزایش یافت (جدول ۲). بدیهی است این میزان افزایش، تنها مربوط به اثر ساده فاکتور شوری (بدون در نظر گرفتن سطح کادمیم مصرفی) می‌باشد. این نتایج با گزارش تعدادی از محققان، مبنی بر این‌که شوری باعث افزایش جذب کادمیم می‌شود در یک راستا می‌باشد (Mühling و Läuchli، ۲۰۰۳). در شرایط شور، یون‌های کادمیم آزاد (Cd^{2+}) با یون کلر کمپلکس‌های $CdCl^{+}$ و $CdCl_2^0$ تشکیل می‌دهد. کمپلکس‌های مذکور در مقایسه با یون کادمیم آزاد، با نیروی کمتری توسط بارهای منفی سطح ذرات خاک جذب شده، بنابراین فراهمی آنها در محلول خاک افزایش و با سهولت بیشتری جذب گیاه می‌شوند (Weggler-Beaton و همکاران، ۲۰۰۰).

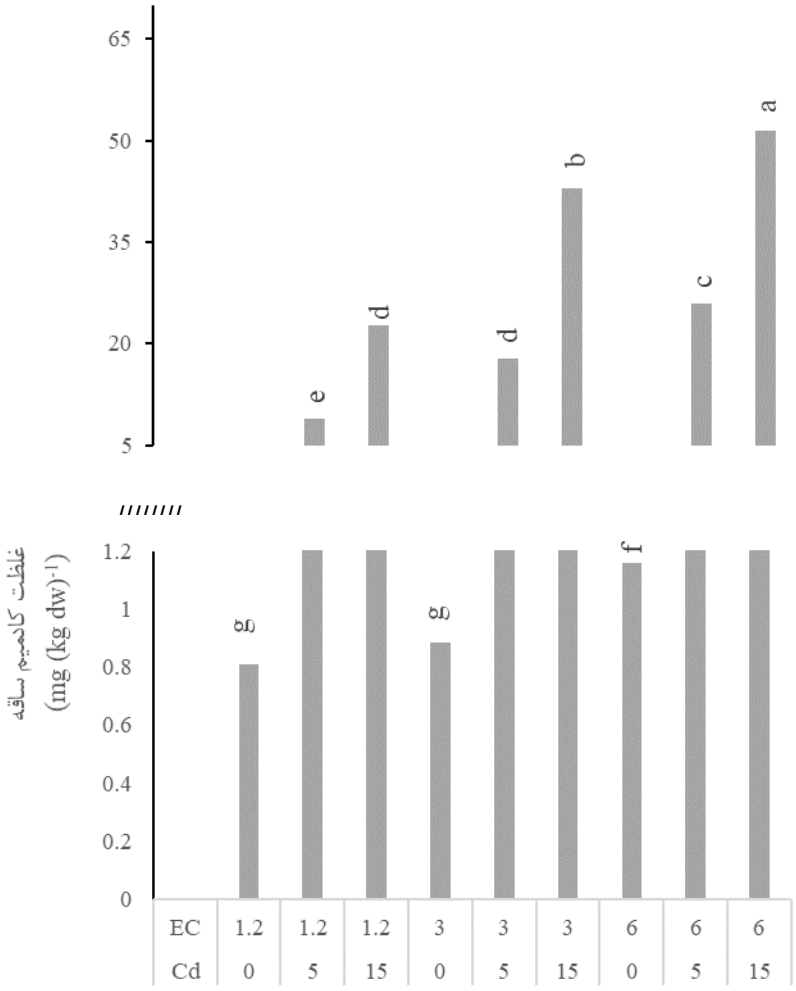
جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات ساده فاکتورها بر غلظت کادمیم و سلنیم ساقه گندم

فاکتور	سطح فاکتور	غلظت کادمیم ($mg\ kg^{-1}$)	غلظت سلنیم ($mg\ kg^{-1}$)
کادمیم($mg\ kg^{-1}$)	۰	۰/۹۵^{c}	۱۴/۲^{a}
	۵	۱۷/۵^{b}	۹/۲^{b}
	۱۵	۳۹/۰^{a}	۶/۲^{c}
شوری ($dS\ m^{-1}$)	۱/۲	۱۰/۸^{c}	۱۲/۸^{a}
	۳	۲۰/۳^{b}	۱۰/۱^{b}
	۶	۲۶/۱^{a}	۶/۷^{c}

در هر ستون (مربوط به هر فاکتور) میانگین‌هائی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

- اثر متقابل کادمیم و شوری بر غلظت کادمیم ساقه

اثر متقابل کادمیم × شوری بر غلظت کادمیم ساقه معنی‌دار بود ($P< 0.01$). اگرچه مقایسه میانگین اثرات ساده کادمیم مصرفی بر غلظت کادمیم ساقه (جدول ۲) نشان داد که با افزایش سطح کادمیم مصرفی، غلظت کادمیم در ساقه افزایش یافت ولی مقایسه میانگین اثر متقابل کادمیم × شوری بر غلظت کادمیم ساقه (شکل ۳) نشان داد روند (شدت) افزایش، بستگی به میزان شوری داشته، به‌طوری که در پائین‌ترین سطح شوری (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر)، به ازاء هر واحد افزایش در کادمیم خاک، غلظت کادمیم در گیاه ۱/۴ واحد افزایش داشته ولی در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، این افزایش ۳/۲ واحد بود. به عبارت دیگر، تاثیر کادمیمِ خاک بر افزایش غلظت کادمیم گیاه در سطوح شوری بالا، شدیدتر بود. از این‌رو، حداکثر غلظت کادمیم در گیاهانی ثبت شد که تواماً با شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و کادمیم ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، تیمار شدند.



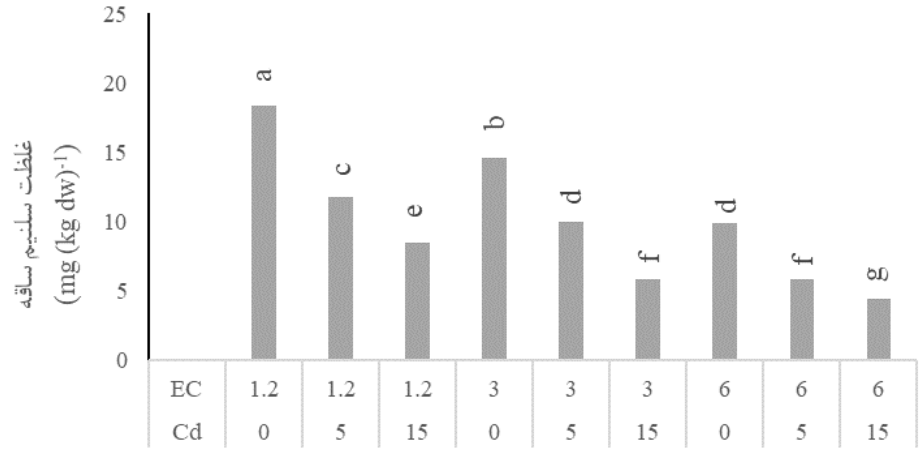
شکل ۳. اثر متقابل کادمیم و شوری بر غلظت کادمیم ساقه گندم. میانگین‌هائی که دارای حروف مشابه نیستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری دارند. غلظت فاکتور کادمیم میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و شوری، دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

- اثرات اصلی کادمیم و شوری بر غلظت سلنیم ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت سلنیم ساقه، تحت تاثیر کادمیم مصرفی قرار گرفت ($P< 0.01$). غلظت سلنیم در ساقه گندم از ۱۴/۲ میلی-گرم بر کیلوگرم ماده خشک در غیاب کادمیم به ۶/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در سطح ۱۵ میلی‌گرم کادمیم کاهش یافت (جدول ۲). فاکتور شوری نیز غلظت سلنیم را در ساقه گندم کاهش داد. نتایج مقایسه میانگین این فاکتور نشان داد که غلظت سلنیم در گیاهانی که در معرض بالاترین سطح تنش شوری (۶ دسی‌زیمنس بر متر) قرار داشتند در مقایسه با گیاهان شاهد (شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) به حدود نصف کاهش یافت (جدول ۲). کاهش غلظت سلنیم در گندم در شرایط شور توسط Renkema و همکاران (۲۰۱۲) و Kikkert و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است. در شرایط شور و به دلیل وجود برخی شباهت‌های شیمیائی آنیون سولفات با سلنات، این دو یون برای جذب بر روی سطوح ریشه با هم رقابت کرده، این امر سبب کاهش اینفلاکس[1] سلنات به درون ریشه گردیده، در نهایت جذب سلنیم توسط گیاه، در حضور یون سولفات کاهش می‌یابد (Renkema و همکاران، ۲۰۱۲؛ Kikkert و همکاران، ۲۰۱۳).

- اثر متقابل کادمیم و شوری بر غلظت سلنیم ساقه

اثر متقابل کادمیم × شوری بر غلظت سلنیم ساقه معنی‌دار بود ($P< 0.01$). اگرچه مقایسه میانگین اثرات ساده کادمیم بر غلظت سلنیم ساقه (جدول ۲) نشان داد که با افزایش کادمیم مصرفی و یا سطح شوری، غلظت سلنیم در ساقه کاهش یافت با این وجود، مقایسه میانگین اثر متقابل کادمیم × شوری بر غلظت سلنیم ساقه نشان داد که شیب کاهش غلظت سلنیم گیاه در سطح شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر، بیش از سطوح دیگر است (شکل ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که تاثیر هم‌زمان فاکتور کادمیم و شوری بر کاهش غلظت سلنیم، کمتر از مجموع تاثیر جداگانه‌ی هر یک از این فاکتورها می‌باشد.



شکل ۴. اثر متقابل کادمیم و شوری بر غلظت سلنیم ساقه گندم. میانگین‌هائی که دارای حروف مشابه نیستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری دارند. غلظت فاکتور کادمیم میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و شوری، دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که شوری آب آبیاری، باعث افزایش تجمع کادمیم در گندم گردید. این امر بایستی در برنامه های کوددهی گندم در مناطق دارای آب یا خاک شور مد نظر قرار گرفته، غلظت کادمیم در خاک،کودهای مصرفی و محصولات تولیدی در شرایط شور با حساسیت بیشتری پایش و کنترل گردد. برعکس، افزایش شوری، باعث کاهش غلظت سلنیم در گندم شد. از اینرو و با عنایت به شوری منابع خاک و آب در بسیاری از مناطق کشور ما و همچنین نقش آنتی اکسیدانتی عنصر سلنیم، پیشنهاد می شود میزان سلنیم گندم های تولیدی کشور (به ویژه در شرایط شور) از

1- Influx

حیث این عنصر کنترل گردیده، با توجه به اجباری شدن غنی سازی گندم با سلنیم در برخی کشورها، امکان و ضرورت مصرف کودهای حاوی این عنصر در مزارع گندم ایران مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

Gupta, U. C., and Gupta, S. C. 2002. Quality of animal and human life as affected by selenium management of soils and crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33, 2537-2555.

Hain, M. P., Sigman, D. M., Higgins, J. A., and Haug, G. H. 2015. The effects of secular calcium and magnesium concentration changes on the thermodynamics of seawater acid/base chemistry: Implications for Eocene and Cretaceous ocean carbon chemistry and buffering. Global Biogeochemical Cycles, 29, 517-533.

Kaveh, A., Pazira, E., Masihabadi, M., and Kaveh, M. 2011. Desalinization of saline-sodic soils via leaching. Journal of Plant Physiology, 1, 269-272.

Khoshgoftar, A., Shariatmadari, H., Karimian, N., Kalbasi, M., Van der Zee, S., and Parker, D. 2004. Salinity and zinc application effects on phytoavailability of cadmium and zinc. Soil Science Society of America Journal, 68, 1885-1889.

Kikkert, J., Hale, B., and Berkelaar, E. 2013. Selenium accumulation in durum wheat and spring canola as a function of amending soils with selenite, selenate and or sulphate. Plant and Soil, 372, 629-641.

Lyons, G., Stangoulis, J., and Graham, R. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. Nutrition Research Reviews, 16, 45-60.

Maleki, A., Zazoli, M. A., and Shokrzadeh, M. 2009. Investigation of cadmium content in Iranian rice (*Oryza sativa*). Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 11, 101-105.

Mikkelsen, R., Page, A., and Haghnia, G. 1988. Effect of salinity and its composition on the accumulation of selenium by alfalfa. Plant and Soil, 107, 63-67.

Mühling, K. H., and Läuchli, A. 2003. Interaction of NaCl and Cd stress on compartmentation pattern of cations, antioxidant enzymes and proteins in leaves of two wheat genotypes differing in salt tolerance. Plant and Soil, 253, 219-231.

Renkema, H., Koopmans, A., Kersbergen, L., Kikkert, J., Hale, B., and Berkelaar, E. 2012. The effect of transpiration on selenium uptake and mobility in durum wheat and spring canola. Plant and Soil, 354, 239-250.

Soltanpour, P., Olsen, S., and Goos, R. 1982. Effect of nitrogen fertilization of dryland wheat on grain selenium concentration. Soil science society of America journal, 46, 430-433.

Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M. J., and Graham, R. 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. Soil Research, 38, 37-46.

Williams, P. N., Lombi, E., Sun, G.-X., Scheckel, K., Zhu, Y.-G., Feng, X., Zhu, J., Carey, A.-M., Adomako, E., and Lawgali, Y. 2009. Selenium characterization in the global rice supply chain. Environmental Science & Technology, 43, 6024-6030.

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

Effects of salinity and soil cadmium on the selenium and cadmium concentration in wheat

Atarodi*[1], B., Fotovat[2], A., Khorassani[3], R., Keshavarz[4], P.

[1] Soil and Water Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Birjand, Iran

[2, 3] Science Department, Faculty of Agriculture University of Ferdowsi, Mashhad, Iran

[4] Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Abstract

Salinity, in addition to being one of the important factors limiting plant growth, changes the uptake rate of nutrients by plants via changing their thermodynamic activity and ionic strength. The aim of the present study was to investigate the effects of salinity-cadmium in soil on the concentration of selenium and cadmium in wheat, conducted at research greenhouse of agriculture faculty of Ferdowsi university of Mashhad, Iran, based on a completely randomized design in factorial arrangement with three replications. The experimental factors included three levels of cadmium (0, 5, and 15 mg kg $^{-1}$ soil) and three levels of irrigation water salinity (1.2, 3 and 6 dS m^{-1}). The results showed that the addition of cadmium to the soil at high salinity level increased cadmium concentration of plants more severely, as at the lowest salinity level (1.2 dS m^{-1}) the cadmium concentration in shoot increased by 1.4 mg kg^{-1} for each 1 mg kg^{-1} cadmium applied to soil, whereas under similar conditions but at the highest salinity level, this value was 3.2 mg kg^{-1}. In contrast, increased salinity caused a reduction in selenium concentrations in the wheat. Overall, the results of this study revealed that the probability of cadmium toxicity and selenium deficiency in wheat increased with increasing salinity. Therefore, in saline conditions, cadmium toxicity and selenium deficiency in wheat should be monitored more carefully and sensitively.

Keywords: Contamination, antioxidant, nutrition and fertilization, heavy metals

* Corresponding author, Email: Basir.atarodi@gmail.com