مجله زراعت و اصلاح نباتات
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴
صفحات ۲۱-۸

بررسی اثر سطوح مختلف عناصر روی و کادمیم بر عملکرد گیاه ترب سفید در یک خاک آهکی

Study the effect of different zinc and cadmium levels on the yield of white radish plant in a calcareous soil

میترا محمدی[1*]، زینب خرم دل[2]، الهام واقف[2]، منصور غفاری مقدم[3]، افسانه برخوردار[3]، علیرضا اکبری مقدم[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات عناصر روی و کادمیوم بر عملکرد گیاه ترب سفید در یک خاک آهکی در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در سه سطح روی (۰، ۲۰، ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) و کادمیوم (۰، ۱۰، ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش آلودگی تأثیر معنی داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع گیاه، طول و تعداد برگ آن، برخلاف بخش ریشه گیاه نداشته است. همچنین مشخص شد که نرخ جذب عناصر روی و کادمیوم توسط گیاه مورد بررسی مستقیماً به غلظت آن ها در محیط ریشه وابسته می‌باشد. هرچند برهمکنش منفی میان عناصر روی و کادمیوم در خاک و گیاه مورد مطالعه نیز مشاهده گردید. علاوه براین، نحوه انتقال و تجمع عناصر روی و کادمیوم در اندام‌های مختلف گیاه متفاوت بود که نشاندهنده کاهش ضریب انتقال این فلزات از ریشه به اندام هوایی به عنوان یکی از مکانیسم های مقاومتی گیاه در برابر غلظتهای بالای فلزات سنگین در خاک است. بنابراین کاشت ترب سفید در خاک آلوده و همچنین آبیاری آن با آب آلوده به فلزات سنگین روی و کادمیوم به دلیل جذب و تجمع بیشتر آن ها در اندام خوراکی گیاه مذکور نسبت به سایر اندام های مورد بررسی توصیه نمی شود.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، روی، کادمیوم، عملکرد گیاه، ترب سفید

۱- موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، گروه محیط زیست
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی منابع طبیعی، موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر ،گروه محیط زیست.
۳- دانشگاه زابل، دانشکده علوم، گروه شیمی،سیستان و بلوچستان،ایران.
۴- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، زابل ،ایران.
مسئول مکاتبات: mitramohammadi@gmail.com

مقدمه

خاک یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است و بدون داشتن خاک سالم، حیات و زندگی روی زمین امکانپذیر نخواهد بود. درنتیجه برنامه ریزی برای داشتن خاکی سالم و تولیدکننده، لازمه بقای انسان است. متاسفانه خاک به دلیل بهره برداری بیش از حد از آن، به شدت تخریب شده و یا به دلیل فعالیت های انسانی آلوده شده است. آلوذگی خاک عبارت است از پخش یا آمیختن مواد خارجی به خاک به میزانی که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیک آن را بطوریکه زیان آور به حال انسان، حیوان و گیاهان باشد، تغییر داده و استفاده از خاک ناممکن شود. از جمله مهمترین منابع آلوده کننده خاک می توان به حفاری های مختلف، تخلیه فاضلاب های صنعتی و خانگی، باران اسیدی، دفن غیربهداشتی زباله، فعالیت های کشاورزی، احتراق سوخت های فسیلی و همچنین تصادف وسایل نقلیه ای که مواد آلوده کننده و یا سوخت جابه جا می کنند، اشاره نمود. امروزه آلودگی خاک ها با فلزات سنگین یک مشکل جدی درحال گسترش است. متأسفانه به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه ای مختلف، میزان ورود این فلزات به خاک رو به افزایش است .(رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱) درسراسر جهان تحقیقات متعددی بروی آلودگی خاک ها و گیاهان ناشی از فلزات سنگین وارد شده به مزارع از طریق آبیاری با فاضلاب های شهری، صنعتی و یا لجن های فاضلاب انجام گرفته است. عوامل تأثیر گذار زیادی در جذب فلزات موثراند بطوریکه بجز نوع و مقدار کلوئید های خاک، عوامل کنترل کننده ای نظیرpH، غلظت یونی، غلظت کاتیونی، حضور کاتیون فلزی رقابت کننده در آن نقش دارد. ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت های بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده به جای میگذارد که ازجمله مهمترین آنها می توان به عناصر کادمیوم و روی اشاره کرد. کادمیوم از طریق حفاری، فاضلاب ناشی از صنایع فلزی شیمیایی و آبکاری، کودهای شیمیایی و آفت کش ها وارد محیط زیست می شود. ازنظر سازمان غذا وکشاورزی (FAO) ، مقدار مجاز کادمیوم به طور هفتگی برای هر فرد برابر ۰/۴-۰/۶ میلی گرم می باشد.کادمیم باعث کاهش میزان فتوسنتز و افزایش میزان تنفس در گیاه می شود. این عنصر ممکن است موجب ضایعات کلیوی،افزایش فشارخون،جهش زایی وسرطان در انسان شود. روی از عناصر ضروری زندگی انسان است که برای بقا و زندگی وی لازم است. در واقع روی یک ماده معدنی اصلی کمیاب است که بعد از آهن بیشترین میزان را در بدن داراست. کمبود روی در حیوانات موجب افزایش وزن میشود. این عنصر در غلظت های کم سبب تحریک رشد در گیاهان می شود (مانند افزایش طول اندام هوایی، طول ریشه و سطح برگها). فلز روی اگر در بافتهای گیاهی تجمع یابد باعث اختلال در رشد و نمو برخی فرآیندهای متابولیکی آن می گردد.

آلوده شدن خاک های کشاورزی به فلزات سنگین یک تهدید جدی می باشد زیرا رشد و کیفیت محصولات کشاورزی را کاهش داده و سلامتی مصرف کننده ها را به خطر می اندازد. بنابراین کاهش آلودگی فلزات سنگین در خاک، نقش مهمی در توسعه کشاورزی ایفا می کند (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱). آبیاری سبزیجات مشهد با فاضلابهای شهری و صنعتی، امکان انتقال این عناصر را به گیاه افزایش می دهد. سبزیجات، مواد غذایی با ارزشی می باشند که با داشتن انواع ویتامین ها و مواد مغذی دیگر، مصرف کنندگان زیادی را به خود اختصاص می دهند. لذا امروزه مصرف زیاد سبزیجات، لزوم دقت کافی در خصوص سلامت این ماده غذایی مهم را ایجاد میکند. با توجه به مطالب ارائه شده، هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر سطوح مختلف عناصر روی و کادمیم بر عملکرد گیاه ترب سفید در یک خاک آهکی می باشد.

مواد و روش ها

برای انجام این تحقیق، یک خاک آهکی دارای بافت سیلتی- لومی با این هدف که مقدار روی و کادمیوم آن کم باشد، ازافق سطحی (۰ تا ۳۰ سانتیمتری) از منطقه سرایان استان خراسان جنوبی تهیه شد و به آزمایشگاه موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر منتقل گردید. پس از

هواخشک کردن خاک و عبور از الک ۲ میلیمتری، برخی ازخصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت به روش هیدرومتری ، ماده آلی به روش اکسایش مرطوب ، pH در گل اشباع به وسیلهpH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی و فلزات سنگین به روش تیزاب سلطانی اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۳×۳ در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل سه سطح روی (۰، ۲۰ و ۵۰ از منبع نیترات روی) وسه سطح کادمیم (۰، ۱۰ و ۲۰ از منبع نیترات کادمیم) برای گیاه ترب سفید اعمال گردید. تعداد (۷) عدد بذر ترب سفید در عمق حدود یک سانتیمتری کاشته شد. در طول دوره رشد، گلدان ها به صورت روزانه توسط آب مقطرتامیزان ظرفیت مزرعه (FC) آبیاری شدند. لازم به ذکر است که درطی مرحله رشد گیاه که دوماه به طول انجامید، هیچ گونه کود شیمیایی و یا سموم آفت کش استفاده نگردید. اندام های هوایی ترب بعدازگذشت دوماه اززمان کاشت برداشت شدند وسپس هریک ازاین اندام های هوایی رابا آب مقطرتمیزشسته وبعد ازخشک شدن نمونه های مذکور رابه داخل پاکتهای مخصوص منتقل کرده وبه مدت ۴۸ ساعت درآون با دمای ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد خشک شدند. بعد از این نمونه های خشک را وزن کرده وسپس بطورکامل آسیاب کرده واز الک ۰/۵ میلیمترعبورداده وتا آزمایشات بعدی درظرف پلاستیکی نگهداری شدند غلظت کادمیم وروی بااستفاده ازدستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱). نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه وتحلیل گردید و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با یکدیگر با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد (P<۰/۰۵) صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایشات آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. واکنش خاک قلیایی و میزان املاح محلول در خاک از لحاظ شوری محدودیتی ندارد. مقدار مس و نیکل خاک در حد کفایت است. حد مجاز روی و کادمیوم در خاک به ترتیب برابر ۲۰۰-۲۵ و ۲-۱/۵ میلی گرم در کیلوگرم می باشد (Maurice, 1994). با توجه به این محدوده، مقدار روی و کادمیوم خاک مورد آزمایش پایین بوده است.

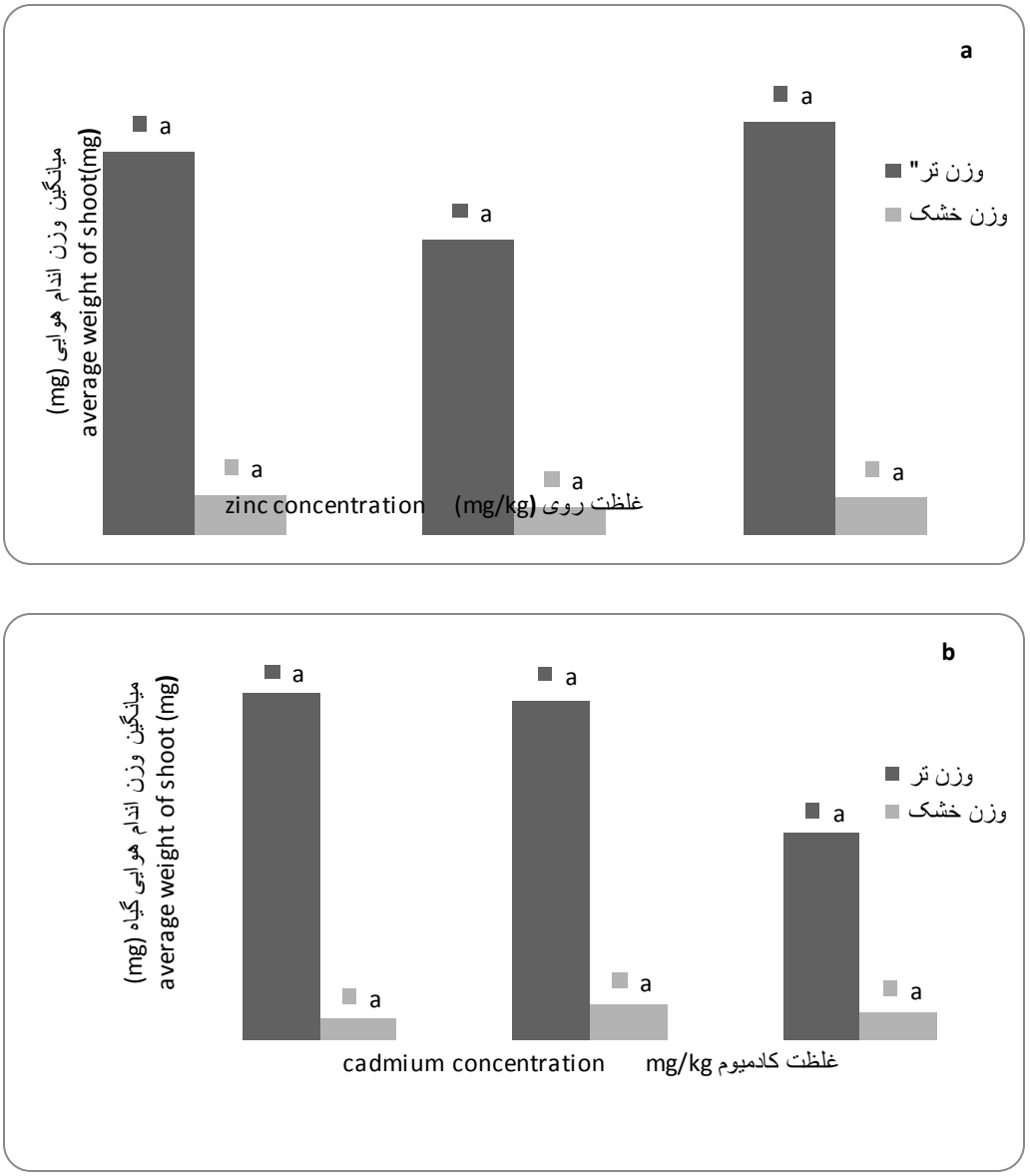
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table.1. Physical and chemical properties of soil

بافت (Texture)	pH	EC	روی (Zn)	کادمیوم (Cd)	نیکل (Ni)	سرب (Pb)	آهن (Fe)	مس (Cu)
		ds/m		mg/kg				
سیلتی لومی	8.5	0.5	2.22	0.89	1.02	1.04	2.66	1.15

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک و تر بخش هوایی گیاه

نتایج این مطالعه نشان می دهد که افزایش غلظت فلزات سنگین روی و کادمیم، تأثیر معنی داری بر وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه ترب سفید بر خلاف بخش ریشه آن، نداشته است (شکل ۱). بنابراین می توان اینگونه بیان نمود که اندام هوایی گیاه ترب سفید توانایی تحمل غلظت های بالای فلزات مذکور را بدون بروز هیچ گونه کاهش عملکرد، دارا می باشد.



شکل۱- تأثیر سطوح مختلف فلزات سنگین بر وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه

Figure.1. The effect of different heavy metals levels on the shoot dry and wet weight

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test

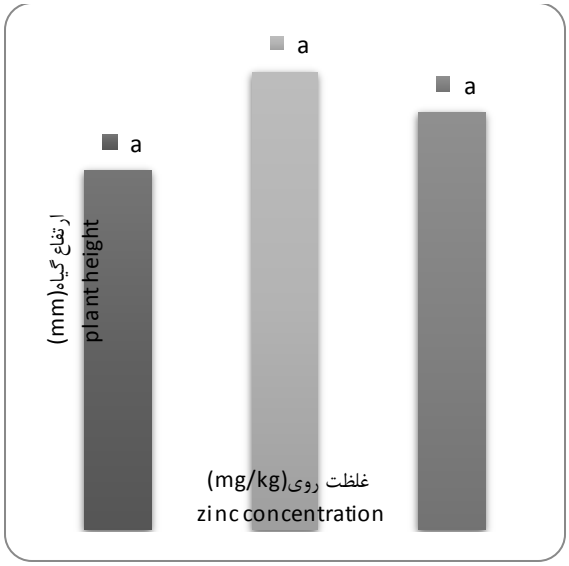
رحیمی و رونقی (۱۳۹۱) عنوان کردند که کاربرد روی باعث بهبود عملکرد چغندر لبویی شده است. همچنین افزایش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه برنج در صورت مصرف غلظت های ۵ و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم عنصر روی گزارش شده است (ولیزاده فرد و همکاران، ۱۳۹۰). این مطلب با توجه به نقش روی در فعالیت آنزیم ها و سنتز پروتئین، قابل توجیه است. روی یکی از ضروری ترین عناصر ریز مغذی می باشد که در بسیاری از اعمال بیولوژیک گیاه نقش دارد. به عنوان مثال، روی باعث ثبات غشای پلاسمایی سلول ها شده و هم چنین کوفاکتور بسیاری از آنزیم های آنتی اکسیداتیو می باشد (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱). هر چند طبق مشاهدات روحانی و همکاران (۱۳۹۱)، وزن خشک اندام هوایی کاهو تحت تأثیر مصرف کادمیم به طور معنی داری کاهش یافت. جذب کادمیوم توسط گیاه بستگی به میزان آن در بستر یا محلول غذایی دارد، بطوریکه با افزایش

غلظت کادمیوم در محیط ریشه ضریب انتقال کادمیوم و میزان جذب آن افزایش می یابد. علائم عمومی ناشی از جذب مقادیر اضافی کادمیوم در گیاه را می توان کاهش عملکرد گیاه، کاهش یا توقف رشد ریشه به دلیل تأثیر مستقیم بر تقسیم سلولها در منطقه مریستمی، چوب پنبه ای شدن، تداخل جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فعالیت های آنزیمی به ویژه آنزیم های دخیل در فتوسنتز برشمرد (روحانی و همکاران، ۱۳۹۱; حافظی و همکاران، ۱۳۸۸). در این آزمایش نیز برخلاف اندام هوایی گیاه، کاهش وزن خشک و عملکرد ریشه در خاک آلوده به کادمیوم اتفاق افتاد که می تواند به دلیل کاهش رقت کادمیوم در گیاه و انتقال اندک آن به اندام هوایی باشد (نتایج نشان داده نشده است). معمولاً، کادمیوم جذب ریشه گیاه گردیده و به کندی وارد ساقه ها و برگ ها می گردد و انتقال ناچیزی از برگ به میوه را نیز دارد (روحانی و همکاران، ۱۳۹۱). جذب کادمیوم در بین ژنوتیپ های گیاهان متفاوت می باشد. اختلاف در جذب کادمیوم به وسیله ریشه ومیزان انتقال و تجمع آن در اندام های هوایی فاکتور اساسی در توضیح اختلاف بین ژنوتیپ های مختلف به تحمل به سمیت کادمیوم می باشند. کادمیوم محلول می تواند از طریق حرکت در در فضای آزاد دیواره سلولی (مسیر آپوپلاستی) و به وسیله عبور از مسیر سیم پلاستی وارد ریشه گیاه شود. کادمیوم پس از ورود به ریشه می تواند از مسیر سلولی حرکت کرده و در نهایت وارد جریان انتقالی شیره خام گیاه شود. به نظر می رسد نگهداشت کادمیوم در واکوئل سلول های ریشه ممکن است بر حرکت شعاعی کادمیوم به سمت آوندهای چوبی و در نتیجه انتقال بیشتر کادمیوم به سمت اندام های هوایی تأثیر بگذارد که در نهایت باعث اختلاف ژنوتیپ های مختلف در تجمع کادمیوم در دانه گردد (ولیزاده فرد و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین یافته های ناشی از بررسی تاثیرات کادمیوم بر پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه های کلزا نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم کاهش معنی داری در درصد جوانه زنی، وزن خشک، وزن تر، طول اندام های هوایی گیاه و مقدار کلروفیل ندارد (آقا عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). در برخی موارد افزایش پارامترهای رشد در غلظت های پایین کادمیوم نیز ممکن است اتفاق افتد که می تواند به دلیل افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه، افزایش حل پذیری ترکیبات حاوی Fe و قابلیت جذب آن، تغییر تنظیم کننده های رشد و جلوگیری از سمیت P، Cu و Mn و ممانعت از کاهش Ca باشد. دلیل دیگر این امر به افزایش ترشح کربوهیدرات ها و اسیدهای آلی از ریشه که تخصیص کربن را در خاک رایزوسفر افزایش می دهند، نسبت داده شده است. اما در غلظتهای بالا به سبب جلوگیری از رشد ریشه و فعالسازی فلز در ریزوسفر، باعث تشدید اثر سمیت آلاینده ها بر فعالیت میکروبی خاک می شود. همچنین تشدید معدنی شدن N در سطوح پایین کادمیوم برخلاف سطوح بالای آن گزارش شده است (ولیزاده فرد و همکاران، ۱۳۹۱).

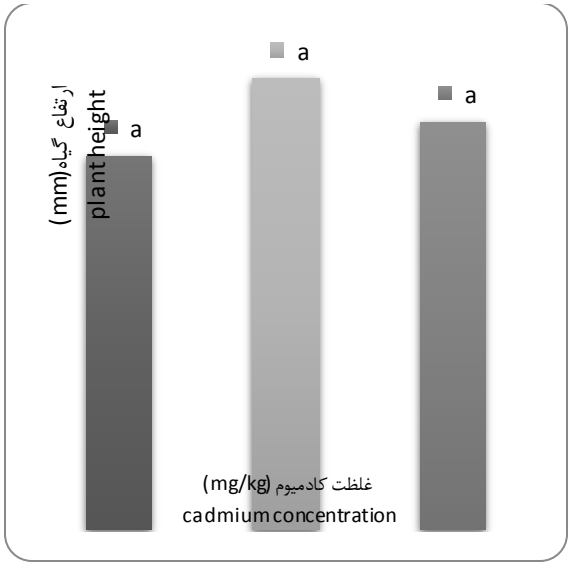
تاثیر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع گیاه و طول برگ

نتایج حاصل از تحلیل آماری داده ها نشان می دهد که سمیت روی و کادمیوم در خاک، تأثیر معنی داری بر ارتفاع ساقه گیاه ترب سفید نداشته است (شکل های ۲ و ۳). سیلسپور (۱۳۸۶) گزارش کرد که کاربرد عنصر روی در زراعت گندم، عملکرد دانه، طول خوشه و تعداد خوشه در واحد سطح را بطور معنی داری افزایش می دهد. این محقق اضافه کرد که علت افزایش عملکرد و اجزای آن در اثر کاربرد روی، تأثیر این عنصر بر مقدار کلروفیل برگ، غلظت ایندول استیک اسید (IAa) و فتوسنتز می باشد (سیلسپور، ۱۳۸۶). نتایج مشابهی توسط سایر محققین در مورد تأثیر روی بر تعداد و سطح برگ چغندر لبویی گزارش شده است (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). علیلو و صدقیانی (۱۳۹۱) در مطالعه خود شاهد کاهش ارتفاع ساقه گیاه بنگدانه در اثر افزایش غلظت کادمیوم، بودند. نتایج مشابهی توسط یعقوب زاده و همکاران (۱۳۸۸) در مورد گیاه ذرت بدست آمد. بررسی های مختلف نشاندهنده تأثیر کادمیوم بر تقسیم و رشد سلول های گیاهی و همچنین کاهش محتوای آبی گیاه از طریق تأثیر بر کانال های آبی تونوپلاست بوده که به دنبال آن کاهش طویل

شدگی یاخته ای وکاهش طول اندام هوایی را موجب می گردد (علیلو و صدقیانی، ۱۳۹۱; یعقوب زاده و همکاران،۱۳۸۸). هرچند علاوه بر خصوصیات ژنوتیپی گیاه، عوامل محیطی مختلفی مانند غلظت عناصر سنگین نیز می تواند در کاهش ارتفاع اندام هوایی گیاهان موثر باشد (یعقوب زاده و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل۲- تأثیر سطوح مختلف روی بر ارتفاع گیاه



شکل۳- تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر ارتفاع گیاه

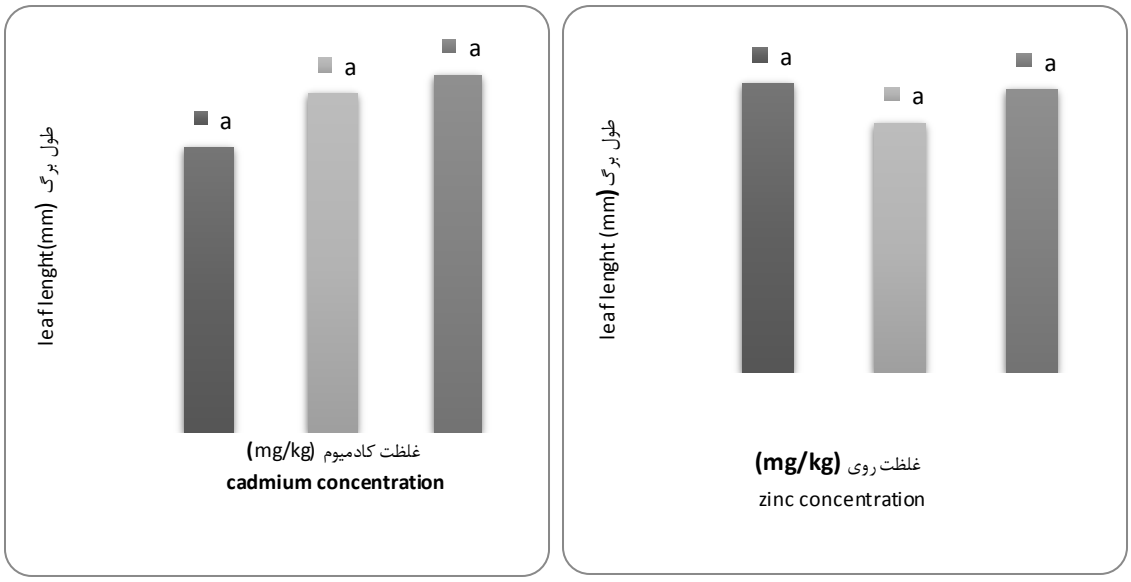
Figure.2.The effect of different zinc levels on plant height
Figure.3. The effect of different cadmium levels on plant height

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test

مقایسه ویژگی های ماکروسکوپی برگ بین گیاه شاهد و تیمار شده، نیز نشاندهنده عدم تغییر قابل ملاحظه طول برگ در اثر افزایش غلظت عناصر روی و کادمیوم در خاک می باشد (شکل های۴ و ۵). نتایج مشابهی نیز توسط مینویی و همکاران (۱۳۸۷) در گیاه گندمی بدست آمد.

علاوه بر این، در این مطالعه مشخص شد که تعداد برگ گیاهان کشت یافته در خاک آلوده به عناصر روی و کادمیوم نسبت به گیاه شاهد افزایش یافته است (نتایج نشان داده نشده است). این امر می تواند به دلیل رشد اندک ریشه به عنوان مخزن ذخیره ای گیاه در شرایط آلوده و عدم تقاضای آن نسبت به دریافت عناصر مختلف از اندام هوایی و درنتیجه بهبود عملکرد بخش هوایی گیاه باشد. همچنین کاهش ضریب انتقال فلزات سنگین به اندام هوایی تحت شرایط مذکور بوجود می آید که می تواند موجب تقلیل اثرات سمیت فلزات سنگین بر گیاه و درنتیجه افزایش ارتفاع ساقه، طول و تعداد برگ شود.



شکل۴- تأثیر سطوح مختلف روی بر طول برگ شکل۵- تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر طول برگ

Figure.4. The effect of different zinc levels on leaf length
Figure.5. The effect of different cadmium levels on leaf length

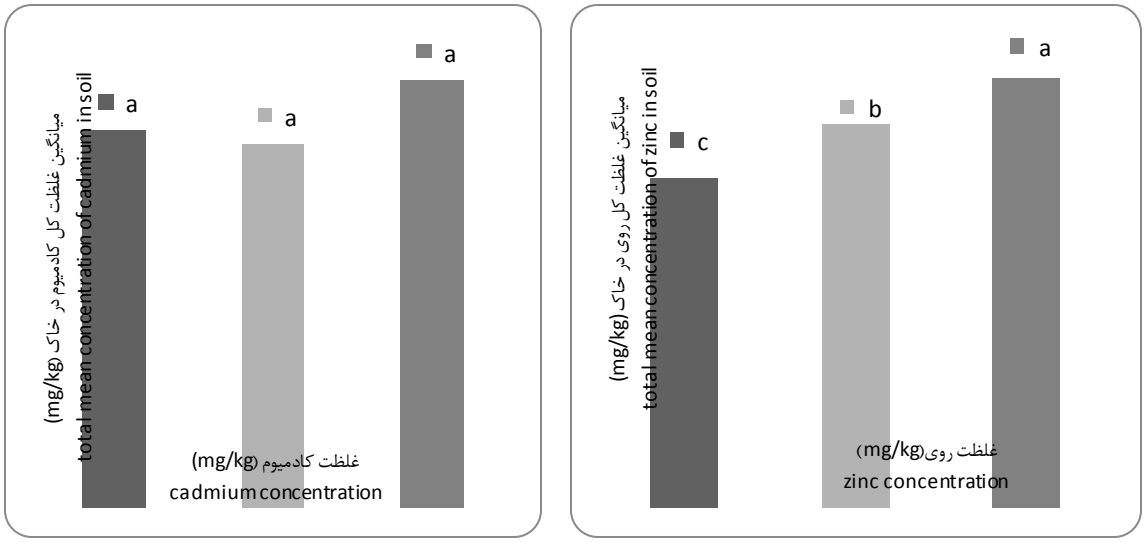
در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت فلزات سنگین روی و کادمیم در خاک

شکل های ۶ و ۷ نشان می دهد که افزودن مقادیر قابل ملاحظه فلزات سنگین روی و کادمیوم از منبع نیتراته آنها به خاک، باعث افزایش غلظت کل این عناصر در خاک شد. هر چند این روند تنها در مورد عنصر روی معنی دار بود (شکل۶). بطوریکه غلظت کل روی و کادمیوم در خاک آلوده به بالاترین سطح آنها نسبت به خاک غیر آلوده (شاهد) به میزان ۳۰/۴٪ و ۱۳/۴۴٪ افزایش یافت (شکل های ۶ و۷). از طرفی خاک مورد مطالعه دارای pH قلیایی است و در نتیجه بخش عمده عناصر اضافه شده، به شکل غیرقابل دسترس تبدیل می شوند. نتایج ولیزاده فرد و همکاران (۱۳۹۰) در مورد گیاه برنج نیز نشان داد که با افزایش مقدار روی و کادمیوم در شرایط غرقاب و غیر غرقاب، میزان قابل جذب این عناصر در خاک به طور معنی داری افزایش می یابد.

نتایج این مطالعه همچنین نشاندهنده وجود اثرات متقابل منفی بین عناصر روی و کادمیوم می باشد. با توجه به شکل های ۸ و ۹ می توان کاهش غلظت کل این عناصر در خاک را در صورت افزایش سطح عنصر دیگر به وضوح مشاهده نمود. بطوریکه در صورت افزایش سطح عنصر کادمیوم از ۰ به ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم ، غلظت کل عنصر روی در خاک از ۲/۴۲۳به ۲/۳۹۳ کاهش یافت (شکل۸). همچنین به طور معنی داری، کاهش ۲۵٪ غلظت کل کادمیوم در خاک در صورت کاربرد بالاترین سطح عنصر روی مشاهده شد (شکل۹). اثر بازدارندگی روی و کادمیوم بر غلظت یکدیگر می تواند به علت ویژگیهای شیمیایی مشابه آنها، رقابت این دو فلز برای جذب و همچنین اثر رقت باشد (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱; ولیزاده فرد و همکاران، ۱۳۹۱).

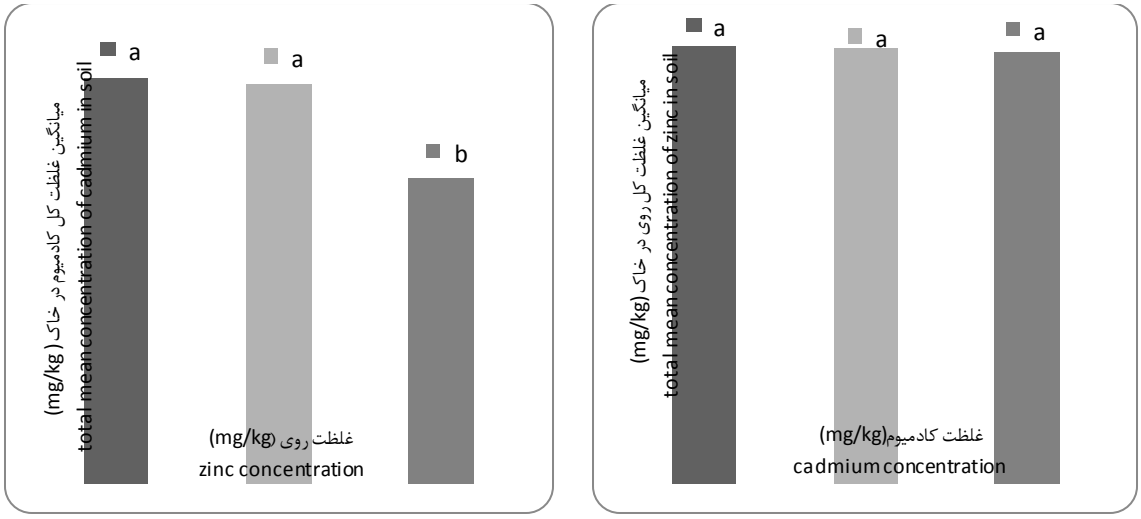


شکل۶- اثر کاربرد روی بر غلظت کل آن در خاک شکل۷- اثر کاربرد کادمیوم بر غلظت کل آن در خاک

Figure.6. The effect of zinc application on its total concentration in the soil
Figure.7. The effect of cadmium application on its total concentration in the soil

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test



شکل ۸- اثر کاربرد کادمیم بر غلظت کل روی در خاک شکل ۹ – اثر کاربرد روی بر غلظت کل کادمیم در خاک

Figure.8. The effect of cadmium application on total zinc concentration in the soil
Figure.9. The effect of zinc application on total cadmium concentration in the soil

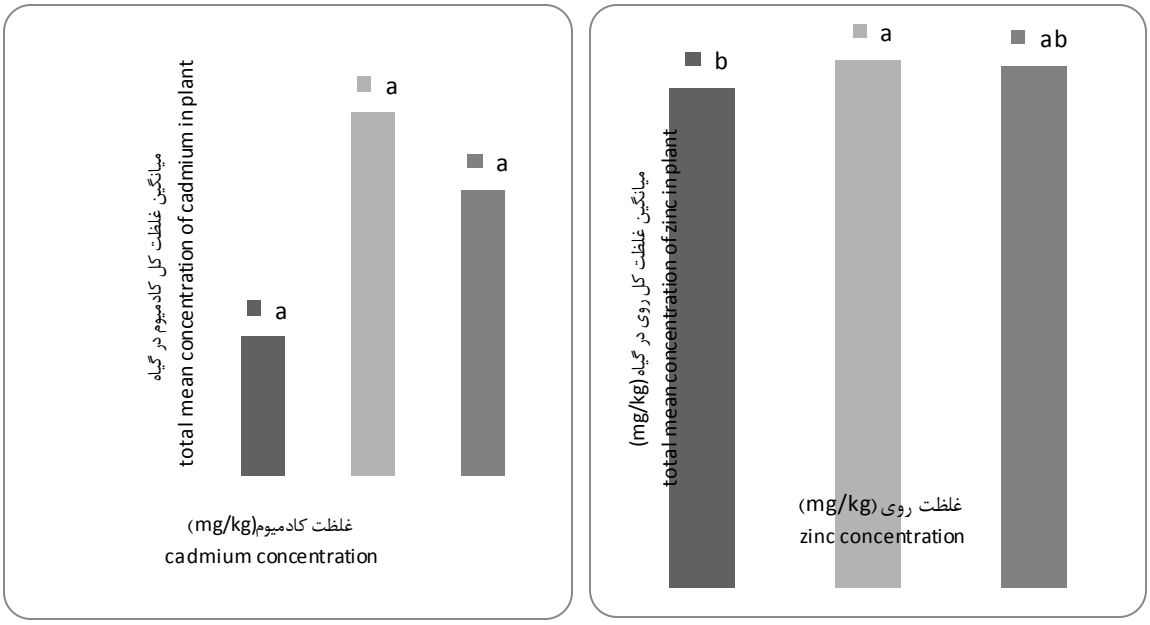
در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test

فرزانگان و همکاران (۱۳۹۰) گزارش دادند که تجمع کادمیوم در خاکهای با کمبود روی بیشتر می باشد. در شرایط غیر غرقاب نیز مشخص شده است که در ابتدا، افزودن کادمیوم در میزان روی قابل استخراج با DTPA تأثیر معنی داری ندارد و سپس آن را کاهش می دهد. هر چند با افزایش روی مصرفی میزان کادمیوم قابل استخراج با DTPA کاهش می یابد (ولیزاده فرد و همکاران، ۱۳۹۱).در مطالعه صورت گرفته توسط صیاد (۱۳۸۷) مشخص شد که افزودن روی موجب افزایش غلظت کل کادمیوم محلول می شود ولی تأثیر معنی داری بر توزیع گونه های کادمیوم محلول خاک ندارد.

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت فلزات سنگین روی و کادمیوم در گیاه

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که با افزایش غلظت و میزان فراهمی فلزات سنگین روی و کادمیوم در خاک، مقدار جذب این عناصر توسط گیاه نیز افزایش می یابد (شکل های ۱۰ و ۱۱). هر چند این روند تنها در مورد عنصر روی معنی دار بود (شکل۱۰). بطوریکه غلظت روی و کادمیوم گیاه رشد یافته در خاک آلوده به بالاترین سطح فلزات نسبت به خاک غیر آلوده (شاهد) به میزان ۴/۴٪ و ۳٪/۶ افزایش یافت (شکل های ۱۰ و ۱۱). از جمله عوامل موثر بر جذب فلزات در گیاه می توان به غلظت این عنصر در خاک، pH خاک، نوع گیاه، شرایط آب و هوایی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره نمود (هودجی و افیونی، ۱۳۸۸). در تحقیق صورت گرفته توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شد که سطوح انباشت فلزات مختلف در گیاه به غلظت آنها در خاک بستگی داشته و با افزایش غلظت فلز در خاک، غلظت آن در گیاه افزایش می یابد. افزایش غلظت عناصر سنگین روی و کادمیوم در گیاهان تربچه و شاهی در صورت تغلیظ آن ها در خاک، توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش شده است. همچنین انباشت کادمیوم در دانه گندم و اندام هوایی گوجه فرنگی و ذرت، در صورت افزایش سطح کادمیوم مصرفی در خاک توسط محققین مختلف نشان داده شده است (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱;رضاخانی و همکاران، ۱۳۹۱).بنی هاشمی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که کادمیوم بیشتر در ریشه آفتابگردان تجمع یافته ولی با افزایش آلودگی آن در خاک، مقدار کادمیوم انتقال یافته به اندام هوایی نیز افزایش می یابد. گیاه عمدتاً کادمیوم را به صورت یون فلزی آزاد Cd^{+2} از محلول خاک جذب کرده و در شرایط سمیت کادمیوم در خاک، این عنصر را از طریق چند ناقل غشایی از جمله اعضای خانواده Narmp و Zip به اندام هوایی گیاه منتقل می کند (بنی هاشمی و همکاران، ۱۳۹۰; قاسمی و شهابی، ۱۳۸۹). البته گونه ها و ارقام گیاهی از نظر توانایی در جذب، تجمع و مقاومت به فلزات سنگین متفاوت می باشند (علیپور درواری و همکاران، ۱۳۸۸). علت تفاوت غلظت فلزات سنگین در سبزیجات مختلف ناشی از خصوصیات متفاوت فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده، ظرفیت جذب فلزات توسط سبزیجات، اثرات جوی نظیر رطوبت، دما، سرعت باد و خصوصیات خود گیاه نظیر نوع برگ، ریشه و هم چنین فاصله از مناطق صنعتی بیان شده است (ناظمی و همکاران، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است که حد مجاز کادمیوم براساس روش 2001/22/CE در سبزی های ریشه ای، برابر ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر می باشد. همچنین سازمان بهداشت جهانی، حد مجاز کادمیوم در محصولات کشاورزی را ۰/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم عنوان نموده است (روحانی و همکاران، ۱۳۹۱). لذا با توجه به شکل های ۱۱ و ۱۳ می توان این گونه بیان نمود که اندام هوایی ترب سفید بیشتر از دامنه پیشنهادی، فلز کادمیوم را جذب نموده و بنابراین جز گیاهان فرا انباشتگر محسوب می‌شود.



شکل۱۰ –اثر کاربرد روی در خاک بر غلظت کل آن در گیاه

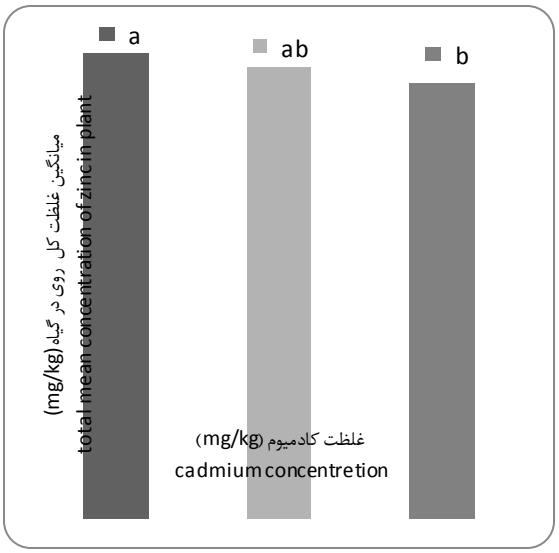
شکل۱۱- اثر کاربرد کادمیوم در خاک بر غلظت کل آن در گیاه

Figure.10. The effect of zinc application on its total concentration in the plant
Figure.11. The effect of cadmium application on its total concentration in the plant

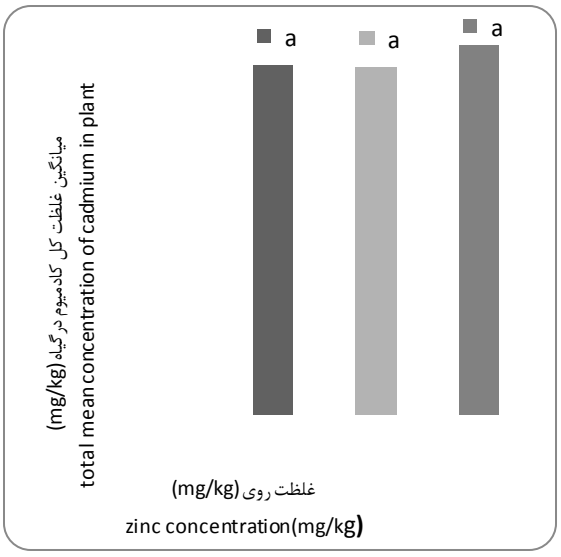
در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test

همچنین با توجه به شکل شماره ۱۲ می توان عنوان نمود که افزایش غلظت کادمیوم در خاک، موجب کاهش معنی دار جذب روی توسط گیاه شده که نشاندهنده وجود برهمکنش منفی بین این عناصر می باشد. بطوریکه در صورت افزایش سطح عنصر کادمیوم از ۰ به ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک، غلظت عنصر روی در گیاه از ۱/۴۴۳ به ۱/۳۵۳ کاهش یافت (شکل۱۲). این امر به گونه ای که در شکل ۸ نمایش داده شده است با نتایج مربوط به میزان جذب روی در خاک مطابقت دارد و نشاندهنده وجود همبستگی بالا بین غلظت روی در گیاه با غلظت این عنصر در خاک می باشد (شکل۱۴). کادمیوم می تواند بر عناصر کم مصرف و پر مصرف در گیاه اثر گذاشته و باعث تأثیر قابل توجه بر جذب عناصر غذایی شود (قاسمی و شهابی، ۱۳۸۹). از آنجائیکه کادمیوم از لحاظ شیمیایی مشابه روی می باشد، لذا وظایف متابولیسمی روی در گیاه را تقلید کرده و ممکن است به جای روی جذب شده و در گیاه انتقال یابد. این تشابه در ویژگیهای روی و کادمیوم نشاندهنده اهمیت برهمکنش آنها در جذب و انتقال از ریشه به اندام هوایی و تجمع در بافتهای خوراکی و درنهایت ورود به زنجیره غذایی می باشد (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱). وو و ژانگ، ۲۰۰۲ بیان کردند که کاربرد کادمیوم نه تنها غلظت روی را به طور معنی داری در همه اندام های جو کاهش داده، بلکه از انتقال روی از ریشه به اندام هوایی نیز جلوگیری کرده است. در حالیکه تعداد دیگری از محققان گزارش کردند که کادمیوم در میزان غلظت روی در برنج و ذرت، تغییری ایجاد نکرده است (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱).



شکل۱۲- اثر کاربرد کادمیوم در خاک بر غلظت کل روی در گیاه

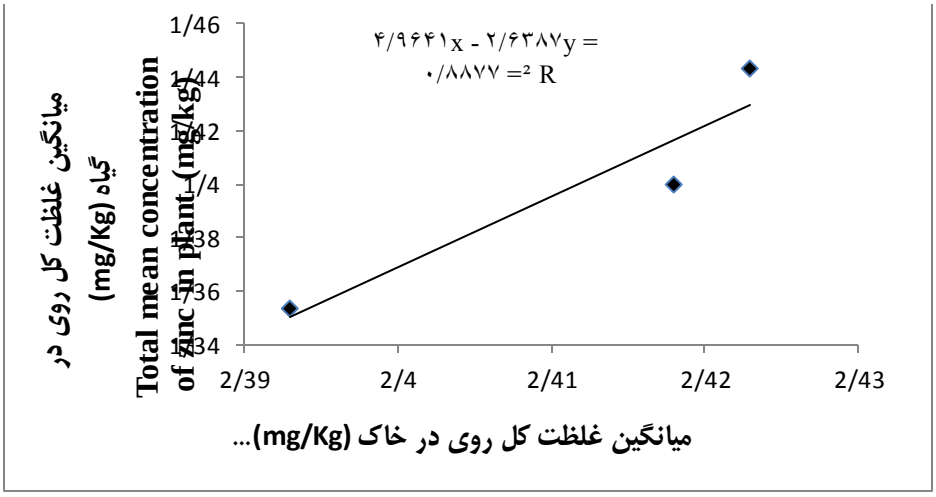


شکل۱۳- اثر کاربرد روی در خاک بر غلظت کل کادمیوم در گیاه

Figure.12. The effect of cadmium application on total zinc concentration in the plant
Figure.13. The effect of zinc application on total cadmium concentration in the plant

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه باشند، از نظر آماری مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند (سطح ۵٪)

Difference Means followed by Similar Latters in Each Column are not Significant at the 5% Level of Probability, According to Duncan's Multiple Range Test



شکل۱۴- همبستگی بین غلظت کل روی در خاک و گیاه

Figure.14. The correlation between the total concentration of zinc in soil and plant

علاوه بر این مشخص شد که افزایش سطوح روی در خاک، تأثیر معنی داری بر میزان جذب عنصر کادمیوم توسط گیاه ندارد (شکل۱۳). غلظت روی در خاک به‌دلیل وجود رقابت جذب بین این دو عنصر و انتقال آن در گیاه می تواند جذب کادمیوم بوسیله گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (صیاد،۱۳۸۷). روی ممکن است از گیاهان در مقابل سمیت کادمیوم از طریق افزایش فعالیت آنزیم های مثل سوپراکسید دیسموتاز (یک آنزیم دارای روی) و همچنین رقابت با کادمیوم برای

پیوند با گروه های SH– آنزیم ها و پروتئین های غشاء محافظت کند (مظفری و همکاران، ۱۳۹۱). عده ای از دانشمندان بر این باورند که درصورت وجود مقدار نسبتاً زیاد فلز روی در داخل خاک و یا گیاه، طی مکانیسم های خاصی از جذب فلز کادمیوم به ریشه و یا انتقال آن از ریشه به سمت اندام های هوایی توسط گیاهان ممانعت می شود. هنوز مکانیسم های مسئول این پدیده کاملاً شناخته نشده است. ولی بعضی از محققین بر این عقیده اند که در این حالت فلز کادمیوم در داخل واکوئل های ریشه و به شیوه Compartmentation تجمع یافته و از حرکت آن ها به بیرون از سلول ریشه و واکوئل های آن جلوگیری می گردد. در عین حال محققین دیگر در این زمینه نظرات مخالف داشته و بر این باورند که مکانیسم های جذب و انتقال کادمیوم و روی در گیاهان کاملاً از هم مستقل بوده و هر یک از آنها می توانند به صورت جداگانه در هر یک از گیاهان جذب و تجمع یابند (عموئی و همکاران، ۱۳۹۰). رحیمی و رونقی (۱۳۹۱) پیشنهاد کردند که در خاکهای آلوده به کادمیوم، کاربرد کودهای روی به خصوص سولفات روی می تواند اثر سوء کادمیوم بر رشد و برخی پارامترهای گیاهی را کاهش دهد. نتایج مشابهی در مورد برهمکنش منفی این عناصر در گیاهان کاهو، اسفناج و گندم نیز گزارش شده است (هودجی و افیونی، ۱۳۸۸؛ ثواقبی و همکاران، ۱۳۸۱). همچنین کاهش غلظت کادمیوم در دانه گیاه برنج در صورت مصرف روی مشاهده گردید که ممکن است مربوط به اثر رقت، روند رقابتی بر جذب کادمیوم یا اثر بازدارندگی روی بر انتقال کادمیوم در گیاه باشد (رحیمی و رونقی، ۱۳۹۱). هر چند در مطالعه صورت گرفته توسط لکزیان و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیر چشمگیری در میزان تجمع کادمیوم اندامهای هوایی و ریشه گیاهان آفتابگردان و ذرت در صورت افزایش غلظت روی در خاک مشاهده نگردید. افزایش غلظت کادمیوم در اندام هوایی گیاه تربچه بر خلاف کاهش میزان آن در غده گیاه نیز همراه با افزایش سطوح روی در خاک گزارش شده است (شیروانی و فتوت، ۱۳۹۰).

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش سطوح روی و کادمیوم در خاک تأثیر معنی دا ری بر رشد و برخی خصوصیات مورفولوژیک اندام هوایی گیاه ترب سفید ندارد که می تواند به دلیل رشد اندک ریشه به عنوان مخزن ذخیره ای گیاه در شرایط آلوده و عدم تقاضای آن نسبت به دریافت عناصر مختلف از اندام هوایی و درنتیجه بهبود عملکرد بخش هوایی گیاه باشد. همچنین کاهش ضریب انتقال فلزات سنگین به اندام هوایی تحت شرایط مذکور بوجود می آید که می تواند موجب تقلیل اثرات سمیت فلزات سنگین بر گیاه و درنتیجه افزایش ارتفاع ساقه، طول و تعداد برگ شود. همچنین اثرات متقابل منفی میان فلزات روی و کادمیوم در خاک و گیاه مشاهده گردید که به دلیل تشابه در ویژگیهای شیمیایی آنها و رقابتشان برای جذب می باشد. باتوجه به اینکه گیاهان نقش مهمی در انتقال فلزات سنگین در خاک های کشت شده بر عهده دارند و راهی برای ورود سموم و آلاینده ها به چرخه غذایی می باشند، در نتیجه می توان گفت که کاشت گیاه ترب سفید در خاک های آلوده به عناصر روی و کادمیوم توصیه نمی شود.

منابع References

آقا عباسی، ک.، بی باک، ح.، قطب زاده، س.، ۱۳۹۲،بررسی تأثیرات کادمیوم بر پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه های کلزا، اولین همایش ملی زیست پالایی، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

بنی هاشمی، س م.، لیاقت، ع ا.، متشرع زاده، ب.، ۱۳۹۰،بررسی تأثیر شوری محیط ریشه بر جذب کادمیوم توسط آفتابگردان، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران, تهران.

بهتاش، ف.، طباطبایی، ج.، ملکوتی، م ج.، سرورالدین، م ح.، اوستان، ش.، ۱۳۸۹، اثر روی و کادمیوم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیوم در چغندر لبویی، مجله پژوهش های آب و خاک، جلد ۲۴، شماره (۱)، صفحات ۴۱-۳۱.

ثواقبی، غ ر.، معز اردلان، م.، ملکوتی، م ج.، ۱۳۸۱، اثر مصرف توأم کادمیوم و روی در خاک آهکی بر پاسخ های گیاه گندم، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۳، شماره (۲)، صفحات ۳۴۱-۳۳۳.

حافظی، م.، نمکی شوشتری، ع ا.، اسرار، ز.، ترکزاده، مسعود.، ۱۳۸۸، تأثیرات غلظت های سمی کادمیوم بر میزان گره زایی و تثبیت ازت سوشهای مختلف باکتری سینوریزوبیوم ملیلوتی در گیاه یونجه، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۲، شماره (۴)، صفحات ۶۳۵-۶۲۶.

حسینی، س. ع.، یوسفی راد، م.، ارادتمند اصلی، د.، احتشامی، س م ر.، ۱۳۹۰، توانایی جذب و توزیع عنصر کادمیوم در اندام های گیاه ارزن با حضور باکتری محرک رشد، اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه.

رحیمی، ط.، رونقی، ع.، ۱۳۹۱، اثر کاربرد منابع مختلف روی بر غلظت کادمیوم و برخی عناصر کم مصرف در گیاه اسفناج در یک خاک آهکی، مجله علوم و فنون کشتهای گلخانه ای، جلد ۳، شماره (۱۰)، صفحات ۱۱۱-۱۰۱.

رضاخانی، ل.، گلچین، ا.، شفیعی، س.، ۱۳۹۱، تأثیر سطوح مختلف مس و کادمیوم بر رشد و نمو و ترکیب شیمیایی اسفناج، مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره(۱)، صفحات ۱۰۰-۸۷.

روحانی، س خ.، سماوات، س.، معز، ا.، ۱۳۹۱، ارزیابی اثر بخشی زئولیت بر جذب کادمیوم بر وزن ماده خشک در گیاه کاهو، مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره (۲)، صفحات ۶۹-۶۱.

سیلسپور، م.، ۱۳۸۶، بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین حد بحرانی آنها در خاکهای دشت ورامین، مجله زراعت و باغبانی، شماره(۷۶)، صفحات ۱۳۳ -۱۲۳.

شیروانی، س.، فتوت، ا.، ۱۳۹۰، اثرات کاربرد عنصر روی در کاهش غلظت کادمیوم در گیاه تربچه، اولین همایش ملی گیاه پالایی، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، کرمان.

صیاد،غ م.، ۱۳۸۷، مدلسازی روند انباشت کادمیوم در خاک و بذر شالیزارهای استان خوزستان، از مجموعه طرحهای پژوهشی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، شماره طرح (۸۶۰۹۵/۴۳).

علیپور درواری، ح.، زارع مایوان، ح.، شریفی، م.، ۱۳۸۸، بررسی میزان فعالیت پراکسیدازی تربچه خوراکی و ارتباط آن با میزان فلزات سنگین خاک، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۵، شماره (۱)، صفحات ۴۳ -۳۷.

عموئی، ع.، محوی، ا.، ندافی، ک.، ۱۳۹۰، تأثیر مواد افزودنی شیمیایی خاک بر میزان جذب و تجمع سرب و کادمیوم در گیاهان بومی شمال ایران، مجله دانشگاه علوم پزشکی، جلد ۲۱، شماره (۸۶)، صفحات ۱۲۴ -۱۱۶.

فرزانگان، ز.، ثواقبی، غ ر.، میر سید حسینی، ح.، ۱۳۹۰، بررسی تأثیر مواد اصلاحی گوگرد و اسید سیتریک در گیاه جذبی کادمیوم و سرب از یک خاک آلوده، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره (۴)، صفحات ۷۴۵ - ۷۳۶.

قاسمی، ز.، شهابی، ع ا.، ۱۳۸۹، تأثیر کادمیوم بر شاخص های فیزیولوژیکی، صفات رویشی و غلظت عناصر غذایی در گیاه گوجه فرنگی در کشت بدون خاک، مجله علوم و فنون کشتهای گلخانه ای، جلد ۱، شماره (۲)، صفحات ۶۵ -۵۵.

علیلو، س. ک.، رسولی صدقیانی، م ح.، ۱۳۹۱، اثر آلودگی کادمیومی خاک بر برخی شاخص های فیزیولوژیک گیاه بنگدانه (*Hyoscyamus niger L*) در حضور و عدم حضور ریز جانداران محرک رشد گیاه، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۲، شماره (۴)، صفحات ۳۰ -۱۷.

لکزیان، ا.، حلاج نیا، ا.، حق نیا، غ ح.، رمضانیان، ع.، ۱۳۸۸، تأثیر عناصر مس و روی در قابلیت جذب کادمیوم در ذرت و آفتابگردان، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره(۳)، صفحات ۷۷ - ۷۱.

محمدی، م.، شیروانی ماهانی، س.، فتوت، ا.، ۱۳۸۵، مقایسه جذب روی و کادمیوم در تربچه و شاهی و بررسی اثرات متقابل آنها، همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

مظفری، ا.، حبیبی، د.، ملکی، ع.، بابایی، ف.، ۱۳۹۱، ارزیابی توان چند گونه زراعی در کاهش آلودگی خاک به فلز سنگین کادمیوم، مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره (۳)، صفحات ۱۴ - ۱.

مینویی، س.، مینایی تهرانی، د.، سمیعی، ک.، مریور، ش.، ۱۳۸۷، مطالعه تغییرات ماکروسکوپی و میکروسکوپی تأثیر فلز کادمیوم بر گیاه گندمی، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۱، شماره (۴)، صفحات ۷۴۷ -۷۳۷.

ناظمی، س.، عسگری، ع.، راعی، م.، ۱۳۸۹، بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، جلد ۳، شماره(۲)، صفحات ۲۰۲ -۱۹۵.

ولیزاده فرد، ف.، ریحانی تبار، ع.، اوستان، ش.، نجفی، ن ا.، ۱۳۹۰، تأثیر روی و کادمیوم مصرفی بر گیاه برنج بر شکل قابل جذب برخی از عناصر کم مصرف در یک خاک شن لومی در شرایط غرقاب و غیر غرقاب، اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان.

هودجی، م.، افیونی، م.، ۱۳۸۸، اثر مصرف لجن فاضلاب و کلرید کادمیوم بر انتقال این عنصر در خاک و جذب آن به وسیله گیاه، علوم و تکنولوژی محیط زیست، جلد ۱۱، شماره (۲)، صفحات ۵۷ -۴۷.

یعقوب زاده، ف.، ارادتمند، د.، یوسفی راد، م.، طیبی، م ر.، ۱۳۸۸، گیاه پالایی کادمیوم ازخاک با استفاده از گیاه ذرت، اولین همایش ملی گیاه پالایی، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، کرمان.

Maurice, E. 1994. Nutririon in Health and Disease. PP 284-285, 264-267,279-281, 1598-1599.