محور مقاله: آلودگی زیست‌بوم، سلامت انسان و زیست‌پالایی

تأثیر کادمیوم بر برخی صفات مورفولوژیکی چند گیاه زینتی

رضا پیری [۱*]، احمد گلچین [۲]، نادر خادم مقدرم الگده‌لو[۳]، لیلا مصلی [۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۳] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر

چکیده

آلودگی خاک و گیاه به فلزات سنگین از مشکلات مهم و جدی در سراسر جهان است. در میان فلزات سنگین کادمیوم یکی از عناصر سنگین و سمی برای گیاه بوده که به آسانی در خاک و رسوبات انباشته می‌شود. این مطالعه به‌منظور اثر سمیت کادمیوم بر خصوصیات مورفولوژیکی سه گیاه زینتی انجام شده است. برای این منظور آزمایشی با شش سطح کادمیوم (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سه گونه گیاه زینتی (همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان) با سه تکرار در گلخانه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع گیاه و سطوح کادمیوم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفات اندازه‌گیری شده داشتند. نتایج به‌دست آمده کاهش در تعداد شاخه‌های فرعی، قطر ساقه، تعداد غنچه در گیاه، طول گل‌آذین، قطر گل و ارتفاع گیاه را نشان داد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که کادمیوم بر گیاهان اثر منفی داشته و با وجود عدم نیاز گیاهان به این عنصر سنگین، جذب گیاه شده و موجب اثرات منفی بر عملکرد گیاهان می‌شود.

کلمات کلیدی: همیشه‌بهار، تاج‌خروس، شاخه‌های فرعی، آفتابگردان زینتی

مقدمه

با افزایش بی‌رویه جمعیت و صنعتی شدن جوامع طی قرن گذشته و استفاده بیش از حد فلزات سنگین در صنایع و مصرف سوخت‌های فسیلی، موجب ورود این عناصر به محیط‌زیست و آلودگی آن شده‌اند. به‌طور کلی فلزات سنگین به‌طور طبیعی به مقدار کم در محیط‌زیست یافت می‌شوند. این عناصر از آلاینده‌های بسیار پایدار بوده و تجزیه نمی‌شوند (رنجبر و کنشلو، ۱۳۷۷). آلودگی خاک به فلزات سنگین از مشکلات مهم زیست‌محیطی محسوب می‌شود. این عناصر با تجمع خود در خاک باعث ایجاد خطراتی برای تمام موجودات زنده شده است، منبع آلودگی خاک شامل فعالیت‌های انسانی از جمله معدن‌کاوی، سوخت‌های فسیلی، استفاده بی‌رویه از کودهای فسفاته، حشره‌کش‌ها و فاضلاب شهری و صنعتی در بخش کشاورزی است، از این بین کادمیوم (Cd) بالاترین درجه از آسیب و سمیت را به خود اختصاص داده است و جذب آن توسط گیاه یک تهدید اساسی بوده و سلامت انسان را به‌خطر می‌اندازد (Prince و همکاران ۲۰۰۲). از جمله شواهد به‌دست آمده از اثرات کادمیوم، بیماری ایتای ایتای در ژاپن می‌باشد. هم‌چنین کادمیوم باعث سردرد، برونشیت، تهوع، نفریت، مشکلات کلیوی، عصبی و اسپاسم گوارشی می‌شود (رحیمی و دودانگه، ۱۳۹۲). کادمیوم یک عنصرکاتیونی دوظرفیتی غیرضروری برای گیاه می‌باشد و تا به حال هیچ گونه نقش بیولوژیکی برای آن گزارش نشده است (Clemens, 2001). این عنصر در خاک از تحرک نسبتاً بالایی برخوردار است، در صورت حضور در محیط ریشه به‌راحتی جذب گیاه شده و به اندام هوایی انتقال می‌یابد (Di Toppi and Gabbrielli, 1999). مقدارجذب کادمیوم در گیاه به نوع گیاه بستگی دارد بعضی گیاهان غلظت بالای کادمیوم را می‌توانند جذب کنند و به رشد طبیعی خود ادامه دهند. مقدار جذب کادمیوم در گیاه به عواملی از قبیل pH خاک، ماده آلی، دما، غلظت سایر عناصر بستگی دارد (Clarkson and luttge, 1998). تحرک یون‌های فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف گیاهان متفاوت می‌باشد و غلظت آن‌ها معمولاً در ریشه‌ها بیش‌تر از بخش هوایی می‌باشد، عموماً غلظت کادمیوم درریشه گیاه > ساقه > برگ > میوه > دانه می‌باشد. مقادیر بالای کادمیوم باعث تولید گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌ها شده و منجر به تنش اکسیداتیو در گیاه می‌گردد (Goncalvez و ۲۰۰۷). کادمیوم باعث کلروز گیاه می‌شود این عامل می‌تواند در کمبود آهن و فسفر و یا کاهش انتقال منگنز به‌وجود آید (Haghiri, 1973). سمیت کادمیوم در گیاه ناشی از واکنش این عنصر با گروه سولفیدریل موجود در ساختار آنزیم‌ها و پروتئین‌هاست به‌علاوه این‌که مقادیر بالای کادمیوم به‌دلیل ایجاد اختلالات متابولیسمی، تولید انواع اکسیژن فعال در سلول، منجر به وقوع تنش اکسیداتیو در گیاه می‌گردد. هم‌چنین کادمیوم سبب پیچش برگی، کلروزه و نکروزه شدن برگ‌ها، قرمز و

* ایمیل نویسنده مسئول: Rezapiri@znu.ac.ir

قهوه‌ای شدن حاشیه برگ‌ها، کاهش سطح برگ، کاهش ماده خشک کل، قهوه‌ای شدن ریشه و کاهش رشد گیاه می‌شود. بازدارندگی جوانه‌زنی از جمله اثرات شناخته شده فلزات سنگین است. بین بازدارندگی جوانه‌زنی بذر و غلظت کادمیوم، رابطه همبستگی خطی وجود دارد. کاهش قدرت جوانه‌زنی ممکن است در ارتباط با اثرات منفی کادمیوم بر جذب و حرکت آب باشد، از طرفی کادمیوم بر فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک گیاه مانند تنفس، فتوسنتز، روابط آبی گیاه و تبادلات گازی روزنه‌ها اثر منفی دارد .هم‌چنین این عنصر در مسیر بیوسنتز کلروفیل، اجرای چرخه کالوین و واکنش‌های نوری فتوسنتز اختلال ایجاد می‌کند (صارمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۱). کاهش رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش آلودگی کادمیومی احتمالاً به‌دلیل پتانسیل کم آبی و ممانعت از جذب مواد غذایی است (Dudka و همکاران ۱۹۹۶). هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر مورفولوژی رشد از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد غنچه، قطر گل، قطر ساقه، طول گل آذین و تعداد شاخه‌های فرعی در سه نوع گیاه زینتی (همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان زینتی) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش، یک نمونه خاک غیرآلوده انتخاب و پس از هوا خشک شدن در هوای آزاد، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل، عامل آلودگی خاک به کادمیم در شش سطح (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و 80 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عامل نوع گونه گیاه زینتی در سه سطح (گیاه زینتی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، آفتابگردان زینتی (*Helianthus annuus* L.) و تاج‌خروس (*Celosia argentea* L.)) با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه‌ای در کرج انجام و ۵۴ عدد گلدان پلاستیکی که گنجایش هر کدام ۵ کیلوگرم خاک بود، جامعه آماری این آزمایش را تشکیل می‌داد. برای آلوده کردن خاک با کادمیم، از منبع نمک سولفات کادمیم ($3CdSO_4.8H_2O$) استفاده گردید. نمک مورد نظر برای آلوده‌سازی به خاک توزین شده هر گلدان اسپری شد و بعد از خشک شدن خاک، گلدان‌ها به رطوبت ظرفیت زراعی رسانده شدند و به‌مدت دو ماه در معرض چرخه‌های تر و خشک شدن برای به تعادل رسیدن خاک با آلاینده قرار گرفتند. پس از گذشت دو ماه، نشاءهای گیاهان آفتابگردان زینتی، همیشه‌بهار و تاج‌خروس که در مرحله ۴-۳ برگی بودند، کشت شدند. بعد از گذشت حدود سه ماه از کاشت نشاءها و در پایان دوره رشد، خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غنچه، قطر گل، قطر ساقه، طول گل آذین و تعداد شاخه‌های فرعی اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ و ترسیم نمودارها با کمک Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف کادمیوم در سطح احتمال یک درصد بر تعدا شاخه‌های فرعی معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش سطوح مختلف کادمیوم باعث کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاهان همیشه‌بهار، آفتابگردان و تاج‌خروس شد. مقایسه مربوط به صفت تعدا شاخه‌های فرعی در گل همیشه‌بهار نشان داد که تعداد شاخه‌های فرعی در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد، ۷۴ درصد کاهش یافت.

جدول ۱– نتایج تجزیه واریانس اثر نوع گیاه، کادمیوم و اثر متقابل آن‌ها بر صفات مورد اندازه‌گیری

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه‌های فرعی	قطر ساقه	تعداد غنچه در گیاه	طول گل آذین	قطر گل	ارتفاع گیاه
نوع گیاه	۲	۲۱/۴۲ **	۱۸۴۷/۹۵**	۱۴/۸۳**	۸/۶۲ **	۲۷/۷۶ **	۶۵۹۰/۰۱ **
کادمیوم	۵	۴/۱۹ **	۱۷۰/۲۵**	۷/۳۹**	۱/۸۹ **	۵/۶۳ **	۸۵۳/۴۳ **
گیاه × کادمیوم	۱۰	۲/۳۶**	۱۵/۴۰**	۴/۳۷**	۰/۸۸ **	۱/۰۳ **	۱۳۶/۶۴ **
خطا	۳۶	۰/۲۰۵	۵/۲۷	۰/۹۳۳	۰/۱۴۳	۰/۱۳۲	۱۵/۰۵۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۹/۲۵	۱۲/۹۵	۱۳/۹۹	۱۸/۳۸	۱۶/۷۰	۱۳/۷۹

** معنی‌داری در سطح ۱٪ را نشان می‌دهد.

در گیاه آفتابگردان کمترین تعداد شاخه‌های فرعی (۱/۳۳ عدد) در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و بیش‌ترین تعداد (۲/۴۴ عدد) در تیمار شاهد به‌دست آمد. بین تیمارهای ۱۰، ۲۰، ۴۰ ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

در گیاه تاج‌خروس نیز بیش‌ترین کاهش در تعداد شاخه‌های فرعی در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد ۳۰ درصد کاهش یافت. غلظت ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم بیش‌ترین تأثیر را در کاهش تعداد شاخه‌های فرعی داشت که گل همیشه‌بهار با کاهش ۷۴ درصدی بیش‌ترین کاهش را نشان داد. نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از آزمایش تبریزی و همکاران (۱۳۹۴) مشابه بود که در آن تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه رزماری تحت تأثیر کادمیوم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سطوح مختلف کادمیوم و گونه‌های مختلف گیاهی بر صفات اندازه‌گیری شده

تیمار		تعداد شاخه‌های فرعی	قطرساقه	تعداد غنچه در گیاه	طول گل آذین	قطر گل (میلی	ارتفاع
گیاه	کادمیوم	(عدد)	(میلی‌متر)	(عدد)	(سانتی متر)	متر)	(سانتی‌متر)
همیشه‌بهار	۰	۵/۲۲^{a}	۷/۴۹^{abc}	۳/۷۸^{a}	۲/۳۴^{c}	۲۵/۷۲^{d}	۲۹/۷۷^{a}
	۵	۴/۷۶^{ab}	۹/۱۳^{ab}	۳/۵۵^{a}	۲/۱۸^{c}	۲۵/۷۱^{d}	۲۷/۲۰^{a}
	۱۰	۳/۶۶^{c}	۸/۱۷^{abc}	۳/۳۳^{a}	۱/۹۲^{cd}	۲۰/۶۷^{de}	۲۸/۲۸^{a}
	۲۰	۴/۱۱^{bc}	۷/۰۸^{abc}	۳/۱۱^{ab}	۱/۵^{cdef}	۲۰/۲۶^{de}	۲۴/۰۸^{a}
	۴۰	۱/ ۴۴^{de}	۶/۹۳^{bcd}	۱/۵۵^{cde}	۱/۱۶^{defg}	۱۴/۴۵^{ef}	۱۷/۸۳^{b}
	۸۰	۱/ ۳۳^{de}	۶/۶۸^{bcd}	۱/۵۵^{cde}	۰/۸۸^{fg}	۱۱/۶۷^{ef}	۱۷/۵۵^{b}
آفتابگردان	۰	۲/۴۴^{d}	۶/۶۰^{cd}	۲/۲۸^{bc}	۴/۵۸^{a}	۶۴/۱۱^{a}	۲۷/۵۵^{a}
	۵	۲/۳۳^{d}	۷/۶۷^{abc}	۲/۰۵^{cd}	۴/۲^{ab}	۶۱/۳۵^{ab}	۲۶/۷۱^{a}
	۱۰	۲/ ۰۰^{de}	۸/۱^{abc}	۱/۸۸^{cde}	۳/۸۷^{ab}	۵۴/۰۱^{b}	۲۴/۸۷^{a}
	۲۰	۲/۰۰^{de}	۷/۴۸abc	۱/۶۶^{cde}	۴/۳۹^{ab}	۵۷/۴۱^{ab}	۲۴/۵۳^{a}
	۴۰	۲/۱۱^{de}	۶/۹۳^{bcd}	۲^{cd}	۳/۶۴^{b}	۴۲/۴۳^{c}	۱۷/۵۵^{b}
	۸۰	۱/۳۳^{de}	۶/۷۷^{bcd}	۱/۵۵^{cde}	۰/۸۸^{fg}	۲۰/۸۰^{de}	۱۶/۷۲^{b}
تاج‌خروس	۰	۱/ ۴۴^{de}	۹/۵۰^{a}	۱/۱۱^{de}	۱/۹۴^{cd}	۲۹/۳۸^{d}	۱۳/۹۵^{b}
	۵	۱/۳۳^{de}	۶/۷۴^{bcd}	۱/۷۷^{cde}	۱/۸۵^{cde}	۲۱^{de}	۶/۹۹^{c}
	۱۰	۱/۳۳^{de}	۵/۹۵^{cde}	۲^{cd}	۱/۵۲^{cdef}	۱۳/۷۷^{ef}	۴/۵۰^{c}
	۲۰	۱/۰۰^{e}	۴/۵۵^{de}	۱/۵^{cde}	۱^{efg}	۹/۸۳^{f}	۳/۸۳^{c}
	۴۰	۱/۵۰^{de}	۵/۲۲^{e}	۱/۳۳^{cde}	۰/۸۳^{fg}	۹/۷^{f}	۳/۷۵^{c}
	۸۰	۱/۰۰^{e}	۴/۲۳^{e}	۱^{e}	۰/۵^{g}	۶/۶۷^{f}	۳/۱۷^{c}

در هر ستون اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

تأثیر سطوح کادمیوم بر قطر ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار کادمیوم بر قطر ساقه در محل طوقه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). کمترین مقدار قطر ساقه (۶/۶۸ میلی‌متر) در گیاه همیشه‌بهار در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک مشاهده شد. و بیش‌ترین مقدار آن (۹/۱۳ میلی‌متر) در تیمار ۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در گیاه آفتابگردان قطر ساقه در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک نسبت به شاهد ۲/۶ درصد افزایش یافت. تیمار ۲۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک بیش‌ترین مقدار قطر ساقه را به خود اختصاص داد. قطر ساقه در گیاه تاج‌خروس در غلظت بالای کادمیوم در کمترین مقدار خود قرار داشت و نسبت به تیمار شاهد، ۵۵ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۲).

تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر تعداد غنچه در بوته

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف کادمییوم در سطح احتمال یک درصد بر تعدا غنچه گیاهان همیشه‌بهار، آفتابگردان و تاج‌خروس معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش سطوح کادمیوم سبب کاهش تعدا غنچه دربوته در گیاهان شد. مقایسه مربوط به صفت تعداد غنچه در گیاه همیشه‌بهار نشان داد که بیش‌ترین مقدار تعداد غنچه در بوته (۳/۷۸ عدد) در تیمار شاهد و کمترین تعدا آن (۱/۵۵ عدد) مربوط به تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک بود. بین تیمارهای (صفر، ۵ و ۱۰) و (۴۰ و ۸۰) میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در گیاه آفتابگردان کمترین تعدا غنچه در بوته در تیمار ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش ۳۲ درصدی را نشان داد. در گیاه تاج‌خروس نیز کمترین تعدا غنچه در بوته (۱ عدد) و بیش‌ترین تعداد آن (۱/۱۱ عدد) در تیمار شاهد مشاهده گردید. بیش‌ترین کاهش تعدا غنچه در بوته در تیمار بالای کادمیوم در گل همیشه‌بهار بود که نسبت به تیمار شاهد کاهش ۵۹ درصدی را نشان داد (جدول ۲).

طی پژوهشی تبریزی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که غلظت ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم باعث کاهش تعداد گل در بوته گیاه رزماری شد. نتایج حاصل از کار زندوی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که کادمیوم موجب کاهش غنچه در گل راعی شد، بخش از کاهش عملکرد گیاه ناشی از حضور کادمیوم به‌دلیل اثرات سمی بر روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه از جمله تعداد غنچه می‌باشد که در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود. هم‌چنین کادمیوم باعث اختلال در چرخه تثبیت گاز کربن و در نتیجه باعث اختلال در فعالیت فتوسنتز می‌شود.

تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر طول گل آذین

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف کادمیوم در سطح احتمال یک درصد بر طول گل آذین معنی‌دار بود. با افزایش سطوح کادمیوم طول گل آذین در هر سه گیاه همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان کاهش یافت (جدول ۲). افزایش سطوح کادمیوم به ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در گیاه همیشه‌بهار باعث کاهش ۶۲ درصدی طول گل آذین شد. در گیاه آفتابگردان در تیمارهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک به ترتیب طول گل آذین ۸/۲، ۱۵/۵، ۴، ۲۰/۵۲ و ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

در گیاه تاج‌خروس نیز بیش‌ترین مقدار طول گل آذین (۱/۹۴ میلی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین مقدار (۰/۵ میلی‌متر) آن نیز در تیمار ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک مشاهده شد. بیش‌ترین تأثیر کادمیوم (۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بر طول گل آذین در گیاه آفتابگردان با کاهش ۸۰ درصدی نسبت به شاهد اندازه‌گیری شد.

تأثیر سطوح مختلف کادمیم بر قطر گل

جدول حاصل از تجزیه واریانس داده حاکی از معنی‌دار بودن تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر قطر گل در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کادمیوم قطر گل در هر گیاه همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان کاهش یافت (جدول ۲).

در گل همیشه‌بهار قطر گل در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک بیش‌ترین کاهش را از خود نشان داد به طوری‌که نسبت به تیمار شاهد ۵۴/۶ درصد کاهش یافت.

مقایسه مربوط به صفت قطر گل در گیاه آفتابگردان نشان داد که بیش‌ترین مقدار قطر گل (۲۰/۸۰ میلی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۶۴/۱۱ میلی‌متر) در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک بود.

در گیاه تاج‌خروس با افزایش سطوح کادمیوم تا ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک قطر گل نسبت به تیمار شاهد ۴/۴ برابر کاهش را نشان داد.

بیش‌ترین مقدار کاهش در قطر گل بین سه گیاه همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان در تیمار بالای کادمیوم مربوط به گیاه تاج‌خروس بود که در غلظت ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک کاهش ۷۷ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. بر اساس یافته‌های محققان نشان داده شد که قطر گل آفتابگردان تحت تأثیر کادمیوم کاهش یافت (Xiu-Zhen et و همکاران ۲۰۱۲).

اثر کادمیوم بر ارتفاع گیاهان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۱) ارائه شده است که حاکی از معنی‌دار بودن اثر کادمیوم، نوع گیاه و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مورفولوژیکی گیاه همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان می‌باشد. نتایج حاصل از جدول (۲) نشان داد که سطوح مختاف کادمیوم باعث کاهش ارتفاع در هر سه گیاه همیشه‌بهار، تاج‌خروس و آفتابگردان شد. در گل همیشه‌بهار بیش‌ترین مقدار ارتفاع (۲۹/۷۷ سانتی متر) در تیمار شاهد و کمترین‌مقدار آن (۱۷/۵۵ سانتی‌متر) نیز در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد. بین تیمارهای صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

ارتفاع گیاه آفتابگردان در تیمار ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک به ترتیب ۳۵ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بین تیمارهای (صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰) و (۴۰ و ۸۰) میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

در گیاه تاج‌خروس بیش‌ترین مقدار کاهش ارتفاع مربوط به تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک مشاهده گردید که نسبت به شاهد ۴/۴ برابر کاهش را نشان داد. بین تیمارهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در غلظت بالای کادمیوم بیش‌ترنی کاهش در بین سه گیاه مورد مطالع مربوط به گل تاج‌خروس بود که نسبت به تیمار شاهد ۷۷ درصد کاهش را نشان داد.

افزایش غلظت کادمیوم در محیط رشد گیاه باعث کاهش جذب دیگر عناصر مورد نیاز گیاه شده و رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Zornoza و همکاران ۲۰۰۲). نتایج حاصل از پژوهش تأثیر کادمیوم بر روی گیاه آرامانتوس نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه کاهش یافت (zhanga و همکاران ۲۰۱۰). نتایج تحقیقات رحیمی و دودانگه (۱۳۹۲) نیز نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم باعث کاهش رشد و وزن خشک گلایول، نرگس و لاله شد، در همین راستا نتایج حاصل از تحقیق شکری و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که ارتفاع گل زینتی جعفری در حضور کادمیوم کاهش یافت. افزایش غلظت کادمیوم باعث کاهش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گردید که کادمیوم باعث کاهش فتوسنتز و ایجاد کلروز شد و در نتیجه رشد گیاه کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از تحقیق یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم باعث کاهش ارتفاع گیاه گرددید. احتمالاً افزایش یون کادمیوم در بستر رشد گیاه سبب کاهش محتوای آبی گیاه از طریق تأثیر بر کانال‌های آبی تونوپلاست گردیده و به‌دنبال آن کاهش طویل شدگی یاخته‌ای و کاهش طول اندام هوایی می‌شود علاوه بر تأثیر ژنوتیپ بر کاهش ارتفاع عوامل محیطی مانند غلظت مختلف عناصر سنگین نیز می‌تواند بر روی آن تأثیرگذار باشد. Qian و همکاران (۲۰۰۹) ذکر کردند که کادمیوم با تأثیر منفی بر تقسیم سلولی و کاهش رشد سلول‌های مریستمی باعث کاهش ارتفاع اندام هوایی می‌شود. تبریزی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که با افزایش غلظت کادمیوم تا ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ارتفاع گیاه رزماری به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. تأثیر کادمیوم بر ارتفاع گیاه تاج‌خروس بیش‌تر از دو گیاه دیگر بود این اختلاف در بین دو گیاه همیشه‌بهار و آفتابگردان مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

نتیجه کلی به‌دست آمده نشان داد که کادمیوم باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود ولی تأثیر آن بسته به نوع گونه گیاهی متفاوت است. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که کادمیوم تأثیر منفی بر رشد گیاه دارد و با افزایش سطوح کادمیوم پارامترهای رشد در هر سه گیاه گل همیشه‌بهار، آفتابگردان و تاج‌خروس کاهش یافت.

منابع

امینی رنجبر، غ. و کنشلو، ط. ۱۳۷۷. ارزیابی کمی آلاینده معدنی درچهار گونه از گیاهان آبزی در تالاب انزلی. مجله پژوهش و سازندگی، (۳۸).

رحیمی، ق.، و دودانگه، ه. ۱۳۹۲. ارزیابی جذب کادمیوم و روی بوسیله گلایول، لاله و نرگس. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(۶): ۱۲۰۷-۱۲۵۱۵

زندوی فرد، ژ.، عزیزی، م.، آرویی، ح. و فتوت، ا. (۱۳۹۴). مطالعه تأثیر کادمیوم، روی و زئولیت بر خصوصیات فیزیومورفولوژیکی گل راعی. نشریه علوم باغبانی، ۳۱(۳): ۵۰۵-۵۱۶.

شکری، ز.، برومند، ن.، سرچشمه پور، م. و علیزاده، ح. (۲۰۱۶). تأثیر قارچ میکوریزا-آربوسکولار بر گیاه پالایی کادمیم توسط گل جعفری زینتی (*Tagetes erecta*). مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶(۱): ۱۹۱-۲۰۴.

صارمی‌راد، ب.، اسفندیاری، ع.، شکرپور مجید، م.، سفالیان، ا.، آوانس، آ. و موسوی، س. ب. ۱۳۹۱. اثر کادمیوم روی برخی آر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گندم در مرحله گیاهچه‌ای. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۷ (۱): ۱-۱۱.

لیلا تبریزی، سیاوش محمدی، مجتبی دلشاد. و بابک متشرع‌زاده. (۱۳۹۴). تأثیر قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis L*.) در شرایط تنش سرب و کادمیوم. علوم محیطی، ۱۳(۲)، ۳۷-۴۸.

Clarkson, D. T. and Lüttge, U. 1989. Mineral nutrition: divalent cations, transport and compartmentation.

Clemens, S. (2001). Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta, 212(4), 475-486.

Di Toppi, L. S. and Gabbrielli, R. 1999. Response to cadmium in higher plants. Environmental and experimental botany, 41(2), 105-130.

Dudka, S., Piotrowska, M. and Terelak, H. 1996. Transfer of cadmium, lead, and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: a field study. Environmental pollution, 94(2), 181-188.

Gonçalves, J. F., Becker, A. G., Cargnelutti, D., Tabaldi, L. A., Pereira, L. B., Battisti, V. and Schetinger, M. R. 2007. Cadmium toxicity causes oxidative stress and induces response of the antioxidant system in cucumber seedlings. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(3), 223-232.

Haghiri, F. 1973. Cadmium Uptake by Plants 1. Journal of Environmental Quality, 2(1), 93-95.

Lal, K., Minhas, P. S., Chaturvedi, R. K. and Yadav, R. K. 2008. Extraction of cadmium and tolerance of three annual cut flowers on Cd-contaminated soils. Bioresource technology, 99(5), 1006-1011.

Prince, W. S., Kumar, P. S., Doberschutz, K. D. and Subburam, V. 2002. Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves.

Qian, H., Li, J., Sun, L., Chen, W., Sheng, G. D., Liu, W. and Fu, Z. 2009. Combined effect of copper and cadmium on Chlorella vulgaris growth and photosynthesis-related gene transcription. Aquatic toxicology, 94(1), 56-61.

Sharma, R. K., Agrawal, M. and Agrawal, S. B. 2007. Interactive effects of cadmium and zinc on carrots: growth and biomass accumulation. Journal of plant nutrition, 31(1), 19-34.

Xiu-Zhen, H. A. O., Dong-Mei, Z. H. O. U., Dan-Dan, L. I. and JIANG, P. 2012. Growth, cadmium and zinc accumulation of ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L.) in contaminated soil with different amendments. Pedosphere, 22(5), 631-639.

Zhang, X., Zhang, S., Xu, X., Li, T., Gong, G., Jia, Y. and Deng, L. 2010. Tolerance and accumulation characteristics of cadmium in Amaranthus hybridus L. Journal of Hazardous Materials, 180(1-3), 303-308.

Zornoza, P., Vázquez, S., Esteban, E., Fernández-Pascual, M. and Carpena, R. 2002. Cadmium-stress in nodulated white lupin: strategies to avoid toxicity. Plant Physiology and Biochemistry, 40(12), 1003-1009.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation

Cadmium and its effect on some morphological traits of several ornamental plants

Piri*[1], R., Golchin[2], A.., khadem Mogghadam igdelou[3], N., mosalla, l.[4]

[1] M.Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

[2] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

[3] Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

[۴] M.Sc. Student, Soil Science Department, Islamic Azad University. Abhar Banch

Abstract

Soil and soil pollution to heavy metals is one of the most serious and serious problems around the world. Among the heavy metals, cadmium is one of the heavy and toxic elements for the plant, which is readily stored in soil and sediment. This study was designed to find out the effect of Cd toxicity on the morphological characteristics of three ornamental plants. For this purpose, an experiment was conducted with six levels of cadmium including (5, 10, 20, 40, 80 mg/kg and control) and three ornamental plants (Calendula officinalis, Amaranthus and Helianthus annuus.) with three replications in the greenhouse. Result showed that the number of Sub branch, Stem diameter, Number of buds per plant, Inflorescence length, Flower diameter and Plant height were reduced. Cadmium treatment didn't need to heavy metal, uptake by plants and leading to negative effects on function.

Keywords: Calendula officinalis, Amaranthus, Sub branches, Helianthus annuus.

* Corresponding author, Email: Rezapiri@znu.ac.ir