گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۲)، ۸(۱): ۱۴۱-۱۵۴
مقاله پژوهشی

اثر دی کرومات پتاسیم بر شاخص‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی سه رقم رز مناسب فضای سبز شهری

معصومه رحیمی[۱]، محمود شور[۱*]، علی تهرانی فر[۱]، جعفر نباتی[۲]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۲. پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
shoor@um.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

چکیده

کروم یکی از مهم‌ترین عناصر سنگین است که در سال‌های اخیر به دلیل استفاده‌های وسیع در صنعت، سموم کشاورزی و رها کردن پسماندهای صنعتی و پساب به آب‌ها، بیش‌ازحد به محیط افزوده شده است. از سویی به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی استفاده از پساب برای آبیاری فضاهای سبز رایج شده است. برای ارزیابی اثر سطوح مختلف کروم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) روی سه رقم گل رز (سفید، مهندسی و هفت‌رنگ) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به‌صورت گلدانی در سال ۱۳۹۸ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. به مدت ۱۲۰ روز پس از کاشت گیاهان، صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی ارزیابی شد. بر اساس نتایج، بیشترین میزان کاهش کلروفیل a، نسبت کلروفیل a /b در رقم هفت‌رنگ به ترتیب ۵۳/۳ و ۸۰/۳٪، مقدار کاروتنوئیدها در رقم سفید به میزان ۸۵/۶٪، مقدار کلروفیل b در رقم مهندسی با ۵/۱٪ کاهش نسبت به شاهد این ارقام در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کروم مشاهده شد. بیشترین مقدار تجمع کروم در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در ریشه‌های رقم رز هفت‌رنگ و برگ‌های رقم رز مهندسی به ترتیب با نسبت ۶۱۰ و ۳۹۱۵ برابر در مقایسه با شاهد این ارقام بود. با افزایش غلظت کروم محتوای کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت که این افزایش در رقم مهندسی بیشتر از دو رقم دیگر بود. درمجموع سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک اندام هوایی در همه ارقام با افزایش غلظت کروم کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که رز رقم هفت‌رنگ نسبت به دو رقم دیگر نسبت به افزایش کروم مقاوم‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: سفید، عناصر سنگین، مهندسی، هفت‌رنگ.

مقدمه

آلودگی بیوسفر با عناصر سنگین در عصر جدید چشمگیر بوده (Amin *et al.*, 2013; Diwan *et al.*, 2010) و اثرات نامطلوب آن بر فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی موجودات زنده افزایش یافته است (Khavarinejad *et al.*, 2014; Barzin *et al.*, 2014; Amin *et al.*, 2013)؛ بنابراین بررسی این موضوع تبدیل به یک موضوع جدی زیست‌محیطی شده است (Bah *et al.*, 2011; Tripathi *et al.*, 2012).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

همه بخش‌های جامعه مانند صنعت، کشاورزی، معدن و حمل‌ونقل آلودگی‌هایی ایجاد می‌کنند که پسماندهایی شیمیایی تولید می‌کنند و چون بیشتر از ظرفیت جذب محیط‌زیست آزاد می‌شوند موجب آلودگی می‌شوند (Belay., 2010). آلودگی‌های محیطی همچنین می‌تواند به دلیل پساب شهری و صنعتی باشد که در بسیاری از نقاط جهان استفاده از این پساب برای آبیاری اراضی مناطق حومه شهری امری متعارف و معمول شده است (Tabari & Salehi., 2011). وجود بیش‌ازحد این عناصر در خاک‌های آلوده منجر به کاهش کیفیت خاک، کاهش عملکرد و کیفیت پایین محصولات کشاورزی می‌شود (Barzin *et al.*, 2014; Bah *et al.*, 2011; Anjum *et al.*, 2016).

کروم به‌عنوان یک فلز سنگین یکی از آلاینده‌های مهم زیست‌محیطی شناخته شده که باعث ایجاد تغییراتی در متابولیسم، رشد و تولید محصولات کشاورزی می‌شود (Anjum *et al.*, 2016). در مقایسه با سایر عناصر سنگین، مطالعات کمتری روی کروم انجام شده است (Shanker *et al.*, 2005). کروم با چگالی مخصوص ۷/۲ یک فلز سنگین بوده که غلظت‌های بالای آن با ایجاد سمیت، باعث صدمه زدن به نظام‌های زیستی می‌شود (Tashkorizadeh & Saeedenjad., 2017). همچنین در بین عناصر سنگین، کروم هفتمین عنصر آلاینده در جهان محسوب می‌شود (Amin *et al.*, 2013; Tashkorizadeh & Saeedenjad., 2017).

وجود کروم به مقدار حدود ۱۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، طبیعی است (Amin *et al.*, 2013)؛ اما در سال‌های اخیر به دلیل استفاده در فرایندهای وسیع صنعتی مانند متالورژی، آب‌کاری، تولید رنگ و رنگدانه، برنزه کردن، حفظ چوب، تولید مواد شیمیایی و تولید کاغذ و پالپ (Diwan *et al.*, 2010; Shanker *et al.*, 2005; Piroz *et al.*, 2012; Tashkorizadeh & Saeedenjad., 2017; Diwan *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2014) و رها کردن پساب‌های این صنایع به آب‌های جاری، همچنین استفاده از سموم آفت‌کش حاوی کروم، بیش‌ازحد به خاک افزوده و باعث آلودگی خاک شده که اکنون آلودگی توسط آن به یک نگرانی عمده تبدیل شده است (Michalak *et al.*, 2007; Tashkorizadeh & Saeedenjad., 2017).

شیمی کروم بسیار پیچیده است. حلالیت، تحرک و قابلیت زیستی کروم در خاک به‌شدت به حالت‌های مختلف اکسیداسیون از صفر تا شش بستگی دارد. با توجه به وضعیت اکسیداسیون و غلظت آن، کروم به‌عنوان یک عنصر سمی یا ضروری برای ریز موجودات زنده عمل می‌کند (Amin *et al.*, 2013; Piroz & Manouchehri Kalantari., 2012). پتانسیل بالای اکسید شدن، حلالیت بالا و سهولت نفوذ به غشاء زیستی، کروم (VI) را نسبت به کروم (III) سمی‌تر می‌کند (Chandra & Kulshreshtha, 2004; Zou *et al.*, 2006) یعنی کروم شش ظرفیتی، سمی‌ترین نوع کروم است که به‌راحتی از خاک و ذرات رسوب نیز استخراج می‌شود (Hayat *et al.*, 2012).

سمیت کروم در گیاهان در سطوح مختلف، باعث کاهش عملکرد از طریق اثرات رشد برگ و ریشه (Shanker *et al.*, 2005)، کاهش زیست‌توده گیاهی، کاهش سطح برگ و تعداد برگ‌ها می‌شود. به‌طورکلی کروم بازدارنده‌ی رشد گیاه است که حضورش به مقدار زیاد درون محیط کشت گیاه باعث کوتاهی ساقه‌های در حال رشد و کاهش رشد ریشه می‌شود. کاهش رشد در اثر سمیت کروم ممکن است به علت عدم تعادل مواد معدنی گیاه باشد (Piroz & Manouchehri Kalantari., 2012; Khavarinejad *et al.*, 2014).

در سال‌های اخیر آبیاری با استفاده از فاضلاب به امری متعارف تبدیل شده است و این فاضلاب‌ها اغلب دارای مقدار زیادی فلزات سنگین و سمی می‌باشند که نوع و مقدار آن‌ها از مکانی به مکان دیگر و حتی در یک مکان خاص، در طول زمان

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

متفاوت است. در ایران بخش قابل‌توجهی از آب مورد استفاده شهرهای بزرگ به پساب شهری تبدیل می‌شود که به دلیل کمبود آب، از این پساب شهری می‌توان به‌عنوان منبع مهم آب، برای آبیاری فضای سبز استفاده کرد. با توجه به این مطالب و همچنین اهمیت گیاه رز به‌عنوان یک گیاه زینتی در فضای سبز، این پژوهش با هدف بررسی تحمل گیاه رز به سطوح مختلف کروم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به‌صورت گلدانی در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آلوده کردن خاک با دی‌کرومات‌پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، یک ماه قبل از کاشت گیاهان انجام شد. دی‌کرومات‌پتاسیم با سه کیلوگرم خاک مخلوط شد و سپس به مدت ٤۸ ساعت، خاک در ظرفیت زراعی نگهداری شد. خاک آلوده به دی‌کرومات‌پتاسیم الک شد و حجم مشخصی از آن در گلدان‌های چهار کیلویی قرار گرفت. گلدان‌ها به مدت یک ماه در حد ظرفیت زراعی نگهداری شدند. سپس قلمه‌های سه رقم یک‌ساله گل رز (سفید، مهندسی و هفت‌رنگ) که از قبل سرزنی و همسان‌سازی شده بودند در گلدان‌ها کاشته شدند. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با دمای ۲۷ درجه سلسیوس روز و ۱۸ درجه سلسیوس ٤± شب نگهداری شدند. آبیاری در صورت مشاهده خشکی سطح خاک انجام می‌شد. به مدت ۱۲۰ روز بعد از کاشت گیاهان، صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان اندازه‌گیری شد.

شاخص کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل سنج (SPAD -509) ساخت کشور ژاپن به‌صورت میانگین شاخص کلروفیل سه برگ از قسمت‌های مختلف گیاه انجام شد. وزن تر برگ‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ و وزن خشک برگ‌ها بعد از قرار دادن در آون ۷۰ درجه به مدت ۲٤ ساعت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل (WINAREA-UT-11) استفاده شد.

تعیین میزان یون کروم در اندام‌های گیاه و خاک

برای سنجش محتوای کروم در بخش‌های مختلف گیاه و خاک از روش هضم تر استفاده شد (Campanella *et al.*, 2001). به نیم گرم نمونه خشک و آسیاب شده گیاه و خاک، پنج میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۱۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک و دو میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه شد. بعد از ۲٤ ساعت قرار گرفتن در دمای محیط، برای کامل شدن عملیات هضم به مدت دو ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس حرارت دیدند. محلول شفاف را بعد از صاف کردن به حجم ۵۰ رسانده و توسط دستگاه طیف‌سنج پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES Arcos) ساخت کشور آلمان قرائت شد.

اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی

با بهره‌گیری از روش دری (Dere *et al.*, 1998) مقدار رنگدانه‌ها اندازه‌گیری شد. به ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه خردشده ۱۰۰۰ میکرولیتر اتانول ۹٦٪ افزوده و یک شب در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۱٦۰۱) ساخت شرکت Shimadzu کشور ژاپن در طول موج‌های ٤۷۰، ٦٤۸ و ٦٦٤ نانومتر صورت گرفت. در نهایت با استفاده از روابط ٤-۱ محتوای رنگدانه‌ها بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه تر به دست آمد.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

1- $Chlorophyll\ a\ (chla) = 13.36A664 - 5.19A648$
2- $Chloophyll\ b(Chlb) = 27.43a648 - 81.12A664$
3- $Carotenoides\ (C\ X + C)1000A470 - 2.13\ Chla - 97.46\ Chlb/209$
4- $Total\ Chloophylls\ (Chlt) = hla + Chlb$

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول

محتوای کربوهیدرات‌های محلول از روش فنول سولفوریک اسید و استاندارد گلوکز اندازه‌گیری شد (Dubois *et al.*, 1956). مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه توسط نیتروژن مایع همگن شد و سپس ۱۰ میلی‌لیتر الکل ۷۰٪ به آن اضافه شد. بعد از نگهداری به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس، مواد نامحلول توسط سانتریفیوژ به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه جدا شد و مقدار مشخصی از مایع فوقانی برداشته به نسبت ۱ به ۲ کلروفرم و یک به یک آب مقطر اضافه شد. مقدار ۱۰ میکرولیتر از محلول شفاف رویی برداشته و به آن فنل (۴ به ۱ نسبت وزن به حجم فنل و آب مقطر) اضافه شد و در نهایت با اسیدسولفوریک غلیظ به حجم مشخصی رسید. این مخلوط در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت نیم ساعت قرار گرفت و بعد از سرد شدن در طول‌موج ۴۸۰ نانومتر مقدار جذب قرائت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رقم و غلظت کروم بر کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به b و همچنین کل رنگدانه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. محتوای کلروفیل a با افزایش غلظت کروم در هر سه رقم کاهش یافت. کمترین محتوای کلروفیل a در رقم هفت‌رنگ با ۵۳/۳٪ کاهش نسبت به شاهد در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم بود (جدول ۱). کلروفیل b در رقم مهندسی با افزایش غلظت کروم تا سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش بسیار کمی نشان داد اما در رقم سفید، کلروفیل b در غلظت ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم، همانند شاهد اما در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم، دو برابر افزایش یافت. در رقم هفت‌رنگ با افزایش مقدار کروم مقدار کلروفیل b افزایش یافت. کمترین مقدار کلروفیل b در رقم مهندسی با ۵/۱٪ کاهش نسبت به شاهد این رقم و بیشترین مقدار کلروفیل b در هفت‌رنگ با افزایش ۲/۵ برابر نسبت به شاهد دیده شد. رقم سفید نیز بیشترین مقدار کلروفیل b را در مقایسه با شاهد این رقم در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با افزایش دو برابری نشان داد (جدول ۱). کاروتنوئیدها در هر سه رقم با افزایش غلظت کروم کاهش یافتند. کمترین مقدار کاروتنوئیدها در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم در رقم مهندسی با کاهش ۷۴/۱٪، در رقم سفید با کاهش ۸۵/۶٪ و در رقم هفت‌رنگ با کاهش ۸۳/۹٪ نسبت به شاهد این ارقام بود (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ نسبت کلروفیل a/b در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مقایسه با شاهد کروم در رقم مهندسی با کاهش ۵٪، ۳۶٪ در رقم سفید با ۶۶/۷٪ کاهش نسبت به شاهد و در رقم هفت‌رنگ ۸۰/۳٪ کاهش نسبت به شاهد این رقم دیده شد. کلروفیل کل در رقم مهندسی با افزایش غلظت کروم کاهش یافت؛ در رقم سفید و هفت‌رنگ با افزایش غلظت کروم تا ۷۵

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت اما غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث افزایش مقدار کلروفیل کل در این دو رقم شد (جدول ۱).

گزارش شده است که کروم با جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل باعث کاهش کلروفیل در اکثر گیاهان می‌شود (Hayat *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که روی گندم[1] انجام شد، گیاهانی که در معرض کروم (VI) قرار داشتند در مقایسه با شاهد محتوای کلروفیل کمتری داشتند (Subrahmanyam., 2008). کروم از طریق جایگزینی با یون‌های منیزیم، بسیاری از آنزیم‌ها را غیرفعال کرده و با داشتن اثر بازدارندگی مستقیم در تولید آنزیم باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها می‌شود (Khavarinejad *et al.*, 2008؛ Zou *et al.*, 2006). در مطالعه حاضر با افزایش غلظت کروم محتوای کلروفیل b، در رقم سفید و هفت‌رنگ افزایش یافت. با توجه به نسبت پایین کلروفیل a به b در رقم سفید و هفت‌رنگ که در اثر افزایش غلظت کروم رخ داد، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش محتوای کل رنگدانه‌ها در این دو رقم نشان دهنده افزایش محتوای کلروفیل b است و گیاه از طریق افزایش محتوای کلروفیل b به دنبال تحمل به تنش خواهد بود و با کاهش تنش اکسیداتیو سیستم دفاعی خود را فعال می‌کند و سعی در جبران اثرات تخریبی ناشی از تنش دارد. درواقع می‌توان نقش محافظتی کلروفیل b را از نسبت پایین کلروفیل a به b نیز درک نمود. در گیاه خرفه[2] کاهش این نسبت در غلظت‌های بالای کروم و افزایش کلروفیل کل گزارش شده است (Rahbarian *et al.*, 2019).

جدول ۱- اثر رقم و غلظت کروم بر محتوای رنگدانه‌ها در سه رقم رز

Table 2- Effect of chromium concentration and cultivar on the pigment contents

رقم	غلظت کروم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	کاروتنوئیده (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	کلروفیل a/b	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)
cultivar	Chromium concentration ($mg.kg^{-1}$)	Chlorophyll a ($mg\ g^{-1}\ fw^{-1}$)	Chlorophyll b ($mg\ g^{-1}\ fw^{-1}$)	Carotenoids ($mg\ g^{-1}\ fw^{-1}$)	Chlorophyll a/b	Total Chlorophylls ($mg\ g^{-1}\ fw^{-1}$)
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	0	1.71^{a}	0.72^{cd}	0.33^{a}	2.39^{a}	2.43^{a}
	75	1.12^{b}	0.70^{cd}	0.13^{bcd}	1.59^{bc}	$1.82d^{e}$
	150	1.03^{bc}	0.68^{cde}	0.08^{cde}	1.52^{bc}	1.71^{cd}
رقم سفید White cultivar	0	0.94^{bcd}	0.51^{e}	0.15^{bc}	1.87^{bc}	1.45^{cd}
	75	0.84^{cd}	0.57^{de}	0.13^{bcd}	1.47^{c}	1.40^{e}
	150	0.77^{cd}	1.05^{b}	0.02^{e}	0.62^{d}	2.02^{bc}
رقم هفت‌رنگ	0	1.47^{a}	0.77^{c}	0.32^{a}	1.91^{b}	2.23^{ab}
	75	0.79^{cd}	1.15^{b}	0.17^{b}	0.71^{d}	1.94^{bc}

۱- *Triticum aestivum* L. ۲- *Cicer arietinum* L.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

Haft rang cultivar					
2.53[a]	0.38[d]	0.05[de]	1.84[a]	0.68[d]	150

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال پنج درصد) اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column, means with the same letters are not significantly different using DMRT (P< 0.05).

تجمع کروم در خاک و اندام‌های مختلف سه رقم رز

نتایج تجزیه واریانس تجمع کروم در قسمت‌های مختلف سه رقم رز بررسی شده در مطالعه حاضر نشان داد که برهمکنش رقم و کروم در غلظت کروم خاک، ریشه و برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش کروم و رقم اختلاف معنی‌داری بر غلظت کروم در ساقه نداشت. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کروم در خاک، ریشه، ساقه و برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

بیشترین مقدار کروم باقی‌مانده در خاک متعلق به رقم سفید در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم مشاهده شد که ۱۸/۷۱ برابر افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲). با افزایش غلظت کروم تجمع این فلز در ریشه‌ها افزایش یافت، بیشترین مقدار تجمع کروم در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در ریشه‌های هفت‌رنگ بود که نسبت به شاهد این رقم ۶۱۰ برابر افزایش داشت (جدول ۲). نتایج جدول میانگین مربعات نشان داد که کمترین مقدار تجمع کروم در ساقه، در شاهد هر سه رقم و بیشترین مقدار در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم بود (جدول ۲). جذب کروم در برگ‌ها در رقم مهندسی در ابتدا کم اما در سطوح بالاتر کروم خاک، به‌شدت افزایش یافت. در رقم رز سفید با افزایش سطح کروم، افزایش انباشت کروم در برگ‌ها مشاهده شد اما برگ‌های رقم رز هفت‌رنگ جذب کروم ناچیزی داشتند. بیشترین تجمع کروم در برگ‌های رقم رز مهندسی در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نسبت به شاهد این رقم ۳۹۱۵ برابر افزایش داشت. در این غلظت رقم هفت‌رنگ با ۱۱ برابر افزایش نسبت به شاهد دارای کمترین افزایش تجمع کروم در برگ‌ها بود (جدول ۲).

جدول ۲- اثر غلظت کروم و رقم بر میزان تجمع کروم در خاک و اندام‌های مختلف سه رقم رز

Table 2- Effect of chromium concentration and cultivar on chromium accumulation in soil and different organs of three rose cultivars

رقم	غلظت کروم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کروم برگ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	کروم ساقه (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	کروم خاک (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	کروم ریشه (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
Cultivar	Chromium concentration (mg.kg^{-1})	Leaf Chromium (µg g^{-1} dw^{-1})	Stem Chromium (µg g^{-1} fw^{-1})	Soil Chromium (µg g^{-1} fw^{-1})	Root chromium (µg g^{-1} fw^{-1})
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	0	2.85[b]	8.36[bc]	27.21[d]	10.51[d]
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	75	284.38[b]	11.08[abc]	151.85[cd]	1103.4[cd]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

رقم مهندسی Mohandesi cultivar	150	3915.2[a]	14.35[a]	171.36[cd]	3020.6[bc]
رقم سفید White cultivar	0	3.35[b]	7.25[c]	31.96[bcd]	18.98[d]
رقم سفید White cultivar	75	298.62[b]	9.59[bc]	235.42[bcd]	1673.5[cd]
رقم سفید White cultivar	150	3548.4[a]	14.41[a]	597.87[bc]	4315.8[d]
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar	0	12.61[b]	7.91[c]	33.20[b]	18b[c]
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar	75	36.[b]	12.25[ab]	118.36[b]	2353.6[b]
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar r	150	144.42[b]	14.08[a]	208.23[a]	10988[a]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال پنج درصد) اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column, means with the same letters are not significantly different using DMRT (P< 0.05).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین تجمع کروم در ارقام سفید و مهندسی در بخش هوایی و در رقم هفت‌رنگ در بخش ریشه وجود داشت. گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد که محل تجمع کروم بسته به گونه گیاهی و رقم متفاوت است.

در ریشه گیاه گوجه‌فرنگی[۱]، تجمع کروم (VI) بیشتری نسبت به اندام هوایی مشاهده شد (Gupta *et al.*, 2020). در یک بررسی دیگر گزارش شد که مقدار تجمع کروم در اندام‌های هوایی گوجه، شوید[۲]، بامیه[۳] و کلم[۴] بیشتر از اندام هوایی است (Tiwari *et al.*, 2011).

در پژوهشی دیگر، بر گیاه چمن لولیوم پرنه[۵] نتیجه‌ای که به دست آمد نشان داد تجمع کروم در ریشه‌ها ۱۰ برابر در مقایسه با برگ‌ها بود (Vernay *et al.*, 2007). همچنین در یک آزمایش دیگر دیده شد که در ریشه‌های گندم ، جو دوسر[۶] و سورگوم[۷] در مقایسه با اندام هوایی کروم تجمع بیشتری داشت (Lopez-Luna *et al.*, 2009). در گیاه ریحان[۸] با افزایش غلظت کروم میزان جذب کروم توسط اندام هوایی و ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Khavarinejad *et al.*, 2008).

در پژوهشی انجام شده در گیاه چمن لرسیا هکساندرا[۹] مشاهده شد که این گیاه کروم را درجه اول در دیواره یاخته‌ای ریشه و سپس در واکوائل‌های برگ ذخیره می‌کند (Liu *et al.*, 2009). در مطالعه‌ای دیگر تجمع کروم در ریشه و اندام هوایی برنج[۱۰]

۱- *Lycopersicum esculentum* ۲- *Anethum graveolens* ۳- *Hibiscus esculentus* ۴- *Brassica oleracea*
۵- *Lolium perenne* L. ۶- *Avena sativa* ۷- *Sorghum bicolor* ۸- *Ocimum basilicum* L.
۹- *Leersia hexandra* ۱۰- *Oryza sativa*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

با افزایش غلظت کروم به‌تدریج افزایش یافت (Sundaramoorthy., 2010). در گیاه دارویی نخ طلای چینی[۱]، بیشترین تجمع کروم به ترتیب در ریشه‌ها و ریزوم و دمبرگ گزارش شد (Huang *et al.*, 2018). همچنین در مطالعه دیگری گزارش شد که تجمع کروم در ریشه گیاهان شاهی[۲] و جعفری[۳] بیشتر از بخش‌های هوایی می‌باشد (Nojabaii *et al.*, 2017). در مورد تجمع کروم در اندام‌های مختلف گیاه ذرت[۴] مشاهده شد تجمع این عنصر ابتدا در ریشه سپس ساقه و در نهایت در دانه ذرت بیشتر بود (Anjum *et al.*, 2016). مشخص شده است که کروم (VI) به دلیل شباهت ساختاری با فسفات و سولفات می‌تواند از طریق انتقال دهنده‌های فسفات و سولفات و در یک فرآیند فعال وابسته به انرژی جذب شود (de Oliveira *et al.*, 2016؛ Sundaramoorthy., 2010)؛ و در ریشه با تشکیل کمپلکس‌های لیگاند آلی باعث افزایش جذب خود در گیاه شود (Srivastava *et al.*, 2021). در گیاه مکانیسم‌هایی وجود دارد که مانع از ورود کروم جذب شده توسط ریشه به چرخه متابولیکی گیاه شده و درنتیجه کمترین آسیب به گیاه وارد می‌شود (Sinha *et al.*, 2018). کروم (VI) با ورود به ریشه با دخالت آنزیم‌های ردوکتاز آهن تبدیل به کروم (III) می‌شود (Zou *et al.*, 1998) سپس با اتصال به دیواره یاخته‌ای توانایی خود را برای انتقال به بافت‌های گیاه، از دست می‌دهد (Shanker *et al.*, 2009 ؛ Usman *et al.*, 2019)؛ یعنی ممکن است انباشته شدن کروم در واکوئل‌های ریشه دلیل انتقال کم کروم از ریشه به ساقه باشد (Gupta at al., 2020). در پژوهش حاضر در رقم سفید و مهندسی با افزایش غلظت کروم مقدار کروم منتقل شده در برگ‌ها هم افزایش یافت. در کلم[۴]، کاهو[۵]، اسفناج[۶] و پیاز[۷] نیز مشاهده شد که برگ‌های گیاهان مورد بررسی دارای غلظت بالاتری از کروم نسبت به ساقه و ریشه بودند (Ronyasi & Parvizi Mosaed., 2016). بیشترین تجمع عناصر سنگین در سپیدار[۸] و توت سفید[۹] در برگ‌ها گزارش شده است (Rafati *et al.*, 2012). مشخص شده است که انتقال کروم از ریشه به قسمت‌های هوایی گیاه محدود است، اما این انتقال به شکل شیمیایی کروم بستگی دارد. در بعضی از گونه‌ها توسط ناقلان عناصر دیگر مانند آهن به قسمت‌های هوایی رفته (Srivastava *et al.*, 2021) و در واکوئل برگ تجمع می‌یابند (Liu *et al.*, 2009).

تأثیر کروم بر برخی صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی سه رقم رز

نتایج در مورد محتوای کربوهیدرات نشان داد که محتوای کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر غلظت کروم قرار گرفت و با افزایش غلظت کروم در هر سه رقم اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. نتایج جدول آنالیز واریانس همچنین نشان داد که برهمکنش رقم و غلظت کروم بر سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن تر و وزن خشک معنی‌دار بود.

کربوهیدرات‌های محلول

در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم، رقم رز مهندسی با افزایش ۳۷۷ درصدی نسبت به شاهد بالاترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول را داشت (جدول ۳). مطالعه اثر کروم بر سرخس شناور به‌نام سالوینیا مینیما[۱۰] نشان داد که کروم محتوای کربوهیدرات‌های محلول را افزایش می‌دهد (Prado *et al.*, 2010). در آهار[۱۱] محتوای کربوهیدرات‌های محلول با افزایش غلظت Cr^{+6} افزایش یافت و سپس با افزایش غلظت Cr^{+6} به‌تدریج کاهش یافت (Panda *et al.*, 2020). در بیشتر

۱- *Coptis chinensis Franch* ۲- *Lepidium sativum* ۳- *Petroselinum crispum*. ۴- *Zea mays* L
۵- *Lactuca sativa* ۶- *Spinacia oleracea* ۷- *Allium cepa* ۸- *Populus alba*
۹- *Morus alba* ۱۰- *Salvinia minima* ۱۱- *Zinnia elegans*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

گیاهان، محتوای کربوهیدرات‌های محلول عامل اصلی تنظیم اسمزی است (Khan *et al.*, 2020). علاوه بر آن محتوای کربوهیدرات‌های محلول با افزایش ذخایر کربوهیدرات، ذخیره کربوهیدرات کافی را برای متابولیسم‌های پایه گیاه در وضعیت تنش به حداکثر می‌رسانند (Dubeya & singh., 1999). این نتیجه در پژوهش روی برنج نیز به دست آمد (Verma *et al.*, 2001). مطالعات Shah & Dubey (۱۹۹۸) نشان داد که فلز سنگین کادمیوم می‌تواند از طریق کاهش انتقال آب به برگ‌ها و کاهش سرعت تعرق، ایجاد تغییرات فوق ساختاری و تغییر رفتار آنزیم‌های کلیدی مسیرهای متابولیک مختلف، بر رشد گیاه تأثیر منفی بگذارد. با کاهش انتقال آب، تجمع محتوای کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان در معرض تنش فلز سنگین باعث ایجاد مکانیسم سازگاری برای حفظ پتانسیل اسمزی مطلوب تحت شرایط تنش می‌شود (Verma *et al.*, 2001).

سطح برگ

در همه رقم‌ها افزایش غلظت کروم باعث کاهش سطح برگ شد؛ اما بیشترین کاهش سطح برگ در رقم رز سفید در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کروم با ۹۸/۹٪ کاهش نسبت به تیمار شاهد این رقم به دست آمد (جدول ۳).

در پژوهش روی برنج بیشترین سطح کل برگ در گیاهان شاهد و کمترین سطح کل برگ در گیاهان تیمار شده با کروم مشاهده شد. با افزایش غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کروم سطح کل برگ به‌تدریج کاهش یافت (Sundaramoorthy., 2010). پژوهش روی گیاه آفتابگردان[1] نشان داد که غلظت‌های بالای کروم به‌شدت باعث کاهش سطح برگ در این گیاه شد (Piroz & Manouchehri Kalantari., 2011). پژوهشگران در گیاه ریحان کاهش سطح برگ را با افزایش غلظت کروم مشاهده کردند (Tashkorizadeh & Saeedenjad., 2017).

همان‌طور که گفته شد کروم توسط ریشه از محیط خاک جذب شده و توسط ناقلان به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود (Srivastava *et al.*, 2021)؛ و از این طریق می‌تواند سطح برگ را که شامل طول، عرض و تعداد برگ گیاه مؤثر در فتوسنتز است (Sundaramoorthy., 2010) تحت تأثیر قرار دهد. در نتیجه، کاهش سطح برگ در غلظت‌های بالا را می‌توان به کاهش اندازه سلول و تعداد سلول‌های برگ‌ها که در محیط حاوی کروم رشد می‌کنند، نسبت داد (Sundaramoorthy., 2010 ؛ Piroz & Manouchehri Kalantari., 2012).

شاخص کلروفیل

عدد دستگاه کلروفیل سنج در سه رقم با افزایش غلظت کروم کاهش یافت. داده‌های مقایسه میانگین نشان داد که رقم سفید کمترین مقدار این صفت با عدد اسپد ۱۷/۶ نسبت به دو رقم دیگر را داشت، اما بیشترین کاهش شاخص کلروفیل در رقم مهندسی در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با ۵۱/۶ درصد کاهش نسبت به شاهد آن بود (جدول ۳).

در سلمه‌تره[2] افزایش فلز کروم باعث کاهش شاخص کلروفیل شد (Mahmoodi *et al.*, 2015). عناصر سنگین با تأثیر بر مراحل اولیه و حساس بیوسنتز کلروفیل که سنتز ۵- آمینولوینیک اسید (ALA) و فعالیت آنزیم ۵- آمینولوینیک اسید دهیدراتاز (ALAD) که تبدیل (ALA) به پروفیلینوژن را انجام می‌دهد، مانع از سنتز کلروفیل در گیاه می‌شود. در نتیجه تجمع کلروفیل

۱- *Heliantus annuus* ۲- *Chenopodium album* L. ۲- *Plantago ovate*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

در برگ گیاه را کاهش می‌دهند. می‌توان این‌گونه بیان کرد که این اختلال در بیوسنتز کلروفیل عامل اصلی کاهش شاخص کلروفیل است (Fatahi *et al.*, 2020).

زیست‌توده

وزن تر در رقم هفت‌رنگ در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با کاهش ۹۷/۳ درصد در مقایسه با شاهد بیشترین کاهش را نشان داد (جدول ۳). بیشترین کاهش وزن خشک در رقم سفید با کاهش ۹۷/۱ درصد در مقایسه با سایر تیمارها در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم به دست آمد (جدول ۳). این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت کروم مقدار زیست‌توده کاهش می‌یابد که این نتیجه با مطالعات سایر پژوهشگران مطابقت داشت. در مطالعه اثر کروم بر گیاهان آفتابگردان وزن تر و خشک در گیاهان تحت تیمار با افزایش غلظت کروم کاهش یافت (Piroz & Manouchehri Kalantari., 2012). در مورد تأثیر منفی کروم (VI) بر تولید زیست‌توده اسفرزه[۲] گزارش شده است که وزن تر (FW) با افزایش کروم به‌تدریج در مقایسه با نهال شاهد کاهش یافت. وزن خشک (DW) نیز همین روند را دنبال کرد (Kundu *et al.*, 2018). وزن تر و خشک گیاه نماد عملکرد رشد گیاه است و عوامل مؤثر بر رشد باعث تغییر در وزن تر و خشک گیاه خواهد شد (Piroz *et al.*, 2012). درواقع عناصر سنگین با تأثیری که بر رشد و فتوسنتز می‌گذارند بر وزن تر و خشک گیاه به‌طور غیرمستقیم اثرگذار هستند که این کاهش در وزن می‌تواند به‌دلیل سمیت کروم که مانع از جذب آب توسط ریشه و انتقال به پیکر هوایی گیاه است باشد و همچنین می‌تواند به دلیل ورود کروم به فرایندهای متابولیکی گیاه و مهار مسیرهای آنابولیسم و تولید زیست‌توده باشد (Sundaramoorthy., 2010). این کاهش وزن همچنین می‌تواند به دلیل اثرات منفی کروم در جذب مواد مغذی (Gill *et al.*, 2015؛ Singh *et al.*, 2016)، و نیز در اثر کاهش متابولیسم نیتروژن، کربوهیدرات و اختلال در سنتز پروتئین توسط گیاهان باشد (Chidambaram *et al.*, 2006).

جدول ۳- اثر کروم بر اجزاء عملکرد سه رقم رز.

Table 6- Effect of chromium on yield component of three rose cultivars.

رقم	غلظت کروم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	سطح برگ (میلی‌متر مربع)	شاخص کلروفیل (اسپد)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
Cultivar	Chromium concentration (mg/kg^{-1})	Carbohydrate ($mg\ g^{-1}\ fw^{-1}$)	Leaf area (mm^2)	Chlorophyll index (SPAD)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	0	0.440^{d}	22023^{b}	47.6^{a}	4.12^{b}	1.70^{b}
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	75	1.020^{b}	3599^{c}	35.4^{c}	0.460^{cd}	0.190^{d}
رقم مهندسی Mohandesi cultivar	150	1.410^{a}	1656^{c}	23.0^{e}	0.430^{cd}	0.160^{d}
رقم سفید White cultivar	0	0.350^{de}	41806^{a}	34.6^{bc}	6.31^{a}	2.62^{a}

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

رقم سفید White cultivar	75	0.470^{cd}	3186^{c}	23.8^{e}	0.70^{d}	0.26^{d}
رقم سفید White cultivar	150	0.610^{cd}	459^{c}	17.6^{f}	0.34	0.080^{d}
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar	0	0.240^{e}	0.770^{c}	38.5^{b}	7.03^{a}	2.71^{a}
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar	75	0.370^{de}	1.15^{b}	32.4^{d}	1.61^{c}	0.760^{c}
رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar	150	1.140^{b}	1.84^{a}	22.3^{e}	0.190^{d}	0.080^{d}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال پنج درصد) اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column, means with the same letters are not significantly different using DMRT (P< 0.05).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که غلظت ۱۵۰ میلی گرم در کیلو گرم خاک باعث از بین رفتن ارقام رز مورد مطالعه شد. رقم رز سفید در غلظت ۷۵ میلی گرم در کیلو گرم خاک در برابر تنش کروم حساس‌تر و رقم رز هفت‌رنگ متحمل‌تر از دو رقم دیگر بود. در غلظت‌های پایین کروم رقم رز هفت‌رنگ توانست به رشد و نمو خود ادامه دهد. به‌طورکلی در مناطقی که تجمع کروم در خاک وجود دارد می‌توان رقم رز هفت‌رنگ را برای فضای سبز توصیه نمود.

منابع

Amin, H., Arain, B. A., Amin, F., Surhio, M. A. (2013). Phytotoxicity of Chromium on Germination, Growth and Biochemical Attributes of Hibiscus esculentus L. *American Journal of Plant Sciences*, *4*(12), 2431.

Anjum, S. A., Ashraf, U., Khan, I., Tanveer, M., Saleem, M. F., Wang, L. (2016). Aluminum and chromium toxicity in maize: implications for agronomic attributes, net photosynthesis, physio-biochemical oscillations, and metal accumulation in different plant parts. *Water, Air, & Soil Pollution*, *227*(9), 1-14.

Bah, A. M., Dai, H., Zhao, J., Sun, H., Cao, F., Zhang, G., Wu, F. (2011). Effects of cadmium, chromium and lead on growth, metal uptake and antioxidative capacity in *Typha angustifolia*. *Biological Trace Element Research*, *142*(1), 77-92.

Barzin, M., Khairabadi, H., Vafiuni, M. (2014). Investigation pollution Some heavy metals in surface soils Hamedan using pollution indicators. *Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, Water and Soil*, *19*(72), 69-79. (In Persian).

Belay, A. A. (2010). Impacts of chromium from tannery effluent and evaluation of alternative treatment options. *Journal of Environmental Protection*, *1*(01), 53.

Campanella, L., Conti, M.E., Cubadda, F., Sucapane, C. (2001). Trace metals in sea grass, algae and molluscs from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, *111*(1), 117-126.

Chandra, P., Kulshreshtha, K. (2004). Chromium accumulation and toxicity in aquatic vascular plants. *The Botanical Review*, *70*(3), 313-327.

Chidambaram, A.A., Murugan, A., Ganesh, K.S., Sundaramoorthy, P. (2006). Effect of chromium on growth and cell division of blackgram (*Vigna mungo (L.) Hepper. Plant Archives, 6(2), 763-766.*

de Oliveira, L.M., Gress, J., De, J., Rathinasabapathi, B., Marchi, G., Chen, Y., Ma, L.Q. (2016). Sulfate and chromate increased each other's uptake and translocation in As-hyperaccumulat or Pterisvittata. *Chemosphere*, 147, 36–43.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

Dere, S., Gines, T., Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, *22*(1), 13-18.

Diwan, H., Khan, I., Ahmad, A., Iqbal, M. (2010). Induction of phytochelatins and antioxidant defense system in *Brassica juncea* and *Vigna radiata* in response to chromium treatments. *Plant Growth Regulation*, *61*(1), 97-107.

Dubey, R. S., Singh, A. K. (1999). Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolising enzymes in rice plants. *Biologia Plantarum*, *42*(2), 233-239.

Dubois, M., Gilles, K. A.. Hamilton, J. K., Rebers, P. A., Smith, F. (1956). Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, *28*(3), 350-356.

Fatahi, B,. Arzani, K,. Suri, M,. Barzegar, M. (2020). The effect of cadmium and lead on characteristics Morphophysiological and photosynthetic indices of basil plant (*Ocimum basilicum L.). Horticultural Sciences of Iran*, *50*(4), 839-849. (In Persian).

Gill, R.A., Zang, L., Ali, B., Farooq, M.A., Cui, P., Yang, S., Ali, S., Zhou, W. (2015). Chromium-induced physio-chemical and ultrastructural changes in four cultivars of *Brassica napus L*. *Chemosphere 120*, 154-164.

Gupta, P., Kumar, V., Usmani, Z., Rani, R., Chandra, A., Gupta, V. K. (2020). Implications of plant growth promoting Klebsiella sp. CPSB4 and Enterobacter sp. CPSB49 in luxuriant growth of tomato plants under chromium stress. *Chemosphere*, *240*, 124944.

Hayat, S., Khalique, G., Irfan, M., Wani, A.S., Tripathi, B.N., Ahmad, A. (2012). Physiological changes induced by chromium stress in plants: An overview. *Protoplasma*, *249*, 599–611.

Huang, T. L., Huang, L. Y., Fu, S. F., Trinh, N. N., Huang, H. J. (2014). Genomic profiling of rice roots with short- and long-term chromium stress. *Plant Molecular Biology*, *86*(1), 157-170.

Huang, W.; Jiao, J.; Ru, M.; Bai, Z.; Yuan, H.; Bao, Z.; Liang, Z. (2018). Localization and Speciation of Chromium in *Coptis chinensis* Franch. using Synchrotron Radiation X-ray Technology and Laser Ablation ICP-MS. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-14.

Khan, N., Ali, S., Zandi, P., Mehmood, A., Ullah, S., Ikram, M. Babar, M. A. (2020). Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. *Pakistan Journal of Botany*, *52*(2), 355-363.

Khavarinejad, R., Najafi, F., Aslani, F. (2014). The effect of different concentrations of potassium dichromate on the growth and content of some antioxidants in corn plant (*Zea mays L*). *Plant Research (Biology of Iran)*, *28*(2), 285 - 296. (In Persian).

Kundu, D., Dey, S., Raychaudhuri, S. S. (2018). Chromium (VI)–induced stress response in the plant *Plantago ovata* Forsk in vitro. *Genes and Environment*, *40*(1), 1-13.

Liu, J., Duan, C. Q., Zhang, X. H., Zhu, Y. N., Hu, C. (2009). Subcellular distribution of chromium in accumulating plant *Leersia hexandra* Swartz. *Plant and Soil*, *322*(1), 187-195.

López-Luna, J., González-Chávez, M. C., Esparza-Garcia, F. J., Rodríguez-Vázquez, R. (2009). Toxicity assessment of soil amended with tannery sludge, trivalent chromium and hexavalent chromium, using wheat, oat and sorghum plants. *Journal of Hazardous Materials*, *163*(2-3), 829-834.

Michalak I, Zielinska A, Chojnacka K, Matul JA, (2007). Biosorption of Cr (III) by microalgae and macroalgae: equilibrium of the process. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *2* (4): 284-290.

Nojabaii, S, I,. Qajar Sepanlu, M,. Bahmanyar, M, Ali. (2017). Examining the concentration of lead and chromium in the leaves of parsley and cress plants In soil irrigated with contaminated water. *Water Research in Agriculture*, *31*(2), 181-194. (In Persian).

Panda, A., Patra, D. K., Acharya, S., Pradhan, C., Patra, H. K. (2020). Assessment of the phytoremediation potential of Zinnia elegans L. plant species for hexavalent chromium through pot experiment. *Environmental Technology & Innovation*, *20*, 101042.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

Piroz, P., Manouchehri Kalantari, Kh., Nasibi, F. (2012). Physiological investigation of sunflower plant under chromium stress: effect on growth, accumulation and induction of oxidative stress in sunflower root *(Helianthus annuus). Journal of Plant Biology*, *4*(11), 73-86. (In Persian).

Piroz, P., Manouchehri Kalantari, Kh. (2012). The effect of chromium heavy metal on accumulation rate, growth factors and induction of oxidative stress in sunflower plant *(Helianthus annuus)*. *Journal of Plant Biology*, *4*(13), 97-114. (In Persian).

Prado, C., Rodríguez-Montelongo, L., González, J. A., Pagano, E. A., Hilal, M., Prado, F. E. (2010). Uptake of chromium by Salvinia minima: effect on plant growth, leaf respiration and carbohydrate metabolism. *Journal of Hazardous Materials*, *177*(1-3), 546-553.

Rahbarian, R,. Azizi, B., Mirbulok, A. (2019). Investigating the tolerance of purslane (*Portulaca oleracea L.*) to chromium stress based on growth, photosynthesis indices and the activity of antioxidant enzymes. *Journal of Applied Biology*, *32*(1), 33-56. (In Persian).

Rafati, M,. Khorasani, N. A., Moraghebi, F., Shirvani, A. (2012). The ability of white mulberry (*Morus alba*) and Populus alba (*Populus alba*) species to stabilize and extract heavy metals. *Journal of Natural Environment*, *65*(2), 181-191. (In Persian).

Ronyasi, N., Parvizi Mosaed, H. (2016). Investigating the amount of heavy metals in different parts of some vegetables consumed in Karaj city. *Iranian Journal of Health and Environment*, *9*(2), 171-184. (In Persian).

Shah, K., Dubey, R. S. (1998). Cadmium elevates level of protein, amino acids and alters activity of proteolytic enzymes in germinating rice seeds. *Acta Physiologiae Plantarum*, *20*(2), 189-196.

Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment International*, *31*(5), 739-753.

Shanker, A. K., Djanaguiraman, M., Venkateswarlu, B. (2009). Chromium interactions in plants: Current status and future strategies. *Metallomics, 1,* 375–383.

Singh, V. P., Kumar, J., Singh, M., Singh, S., Prasad, S. M., Dwivedi, R., Singh, M. P. V. V. B. (2016). Role of salicylic acid-seed priming in the regulation of chromium (VI) and UV-B toxicity in maize seedlings. *Plant Growth Regulation*, *78*(1), 79-91.

Sinha, V., Pakshirajan, K., Chaturvedi, R. (2018). Chromium tolerance, bioaccumulation and localization in plants: an overview. *Journal of Environmental Management*, *206*, 715-730.

Subrahmanyam, D. (2008). Effects of chromium toxicity on leaf photosynthetic characteristics and oxidative changes in wheat *(Triticum aestivum L.). Photosynthetica*, *46*(3), 339-345.

Srivastava, D., Tiwari, M., Dutta, P., Singh, P., Chawda, K., Kumari, M., Chakrabarty, D. (2021). Chromium stress in plants: toxicity, tolerance and phytoremediation. *Sustainability*, *13*(9), 4629.

Sundaramoorthy, P., Chidambaram, A., Ganesh, K. S., Unnikannan, P., Baskaran, L. (2010). Chromium stress in paddy: (i) nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds. *Comptes Rendus Biologies*, *333*(8), 597-607.

Tabari, M., Salehi, A. (2011). Investigating the effect of irrigation using Municipal sewage on the accumulation of heavy metals in the soil. *Environmental Science and Technology Quarterly*, *13*(4), 49-60. (In Persian).

Tashakorizadeh, M., Saeedenjad, A. (2017). The effect of different concentrations of chromium (sh) on the morphological characteristics and chemical composition of basil essential oil. *Journal Science of Water and Soil*, *27*(1), 135-145. (In Persian).

Tiwari, K. K., Singh, N. K., Patel, M. P., Tiwari, M. R., Rai, U. N. (2011). Metal contamination of soil and translocation in vegetables growing under industrial wastewater irrigated agricultural field of Vadodara, Gujarat, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *74*(6), 1670-1677.

Tripathi, D. K., Singh, V. P., Kumar, D., Chauhan, D. K. (2012). Impact of exogenous silicon addition on chromium uptake, growth, mineral elements, oxidative stress, antioxidant capacity, and leaf and root structures in rice seedlings exposed to hexavalent chromium. *Acta Physiologiae Plantarum*, *34*(1), 279-289.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

Usman, K., Al-Ghouti, M. A., Abu-Dieyeh, M. H. (2019). The assessment of cadmium, chromium, copper, and nickel tolerance and bioaccumulation by shrub plant *Tetraena qataranse*. *Scientific Reports*, *9*(1), 1-11.

Verma, S., Dubey, R. S. (2001). Effect of cadmium on soluble sugars and enzymes of their metabolism in rice. *Biologia Plantarum*, *44*(1), 117-123.

Vernay, P., Gauthier-Moussard, C., Hitmi, A. (2007). Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis in developed leaves of *Lolium perenne* L. *Chemosphere*, *68*(8), 1563-1575.

Zou, J., Wang, M., Jiang, W., Liu, D. (2006). Chromium accumulation and its effects on other mineral elements in Amaranthus viridis L. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, *48*(1), 7-12.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]

Flower and Ornamental Plants (2023), 8(1): 141-154
Research article

Effects of potassium dichromate on some morphological and biochemical indicators of three rose cultivars suitable for urban green spaces

Masoumeh Rahimi[1], Mohmoud Shoor[1*], Ali Tehranifar, Jafar Nabati[2]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
2. Plant Sciences Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

shoor@um.ac.ir

Abstract

Chromium is one of the most important heavy metals, that has been excessively added to the environment in recent years due to extensive uses in industry, agricultural toxins and the release of industrial wastes into the water. To evaluate the impact of stress at different levels of chromium (0, 75, and 150 mg/kg soil) on three cultivars of rose (White, Mohandesi, and Haft rang) a greenhouse factorial experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with three replications in pots at the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2018. Four months after planting, morphological and biochemical traits were evaluated. According to the results, it was found that the greatest decrease in chlorophyll a and the ratio of chlorophyll a/b was in Haft rang cultivar with a decrease of 53.3 and 80.3%, respectively. Amount of carotenoids in the White cultivar was 85.6%, amount of chlorophyll b in the Mohandesi cultivar showed 5.1% decrease in comparison to the control at a concentration of 150 mg/kg of soil chromium. The highest amount of chromium accumulation at a concentration of 150 mg/kg was in the roots of the Haft rang rose cultivar and the leaves of the Mohandesi rose cultivar, with a ratio of 610 and 3915 times respectively, compared to the control of these cultivars. The highest accumulation of chromium in the leaves was in the Mohandesi cultivar with an average of 3915 ppm, in the root of Haft rang cultivar with an average of 10988 ppm, and the soil in the white variety with an average of 597 ppm at the concentration of 150 mg/kg of chromium. With the increase in chromium concentration, the content of soluble carbohydrates increased, and this increase was higher in the Mohandesi cultivar than in the other cultivars. Leaf area, chlorophyll index, and wet and dry weight of aerial parts increased in all cultivars with increasing chromium concentration. Also, the results showed that Haft rang cultivar was more resistant to the increase of chromium than the other cultivars.

Keywords: Heavy Elements, Mohandesi Cultivar, Haft rang, White.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.141]