



بررسی اثر دی کرومات پتاسیم بر شاخص‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی سه رقم گل رز با پتانسیل استفاده از فضای سبز شهری

معصومه رحیمی^۱، محمد شور*^۲، علی تهرانی فر^۳، جعفر نباتی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد.

۲. دانشیار علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد.

۳. استاد علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد.

۴. استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی، مشهد.

✉ shoor@um.ac.ir

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 فاضلاب‌ها به آب‌ها، بیش از حد به محیط اضافه شده است. از طرفی به دلیل خشک‌سالی‌های متوالی استفاده از فاضلاب‌ها برای آبیاری فضاها سبز رایج شده است. به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف کروم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) روی سه رقم گل رز (سفید، مهندسی و هفت‌رنگ) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به صورت گلدانی در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. به مدت ۱۲۰ روز بعد 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 درصد، مقدار کاروتنوئیدها در رقم سفید به میزان ۸۵/۶ درصد، مقدار کلروفیل b در رقم مهندسی با ۵/۱ درصد 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 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. در مجموع 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.

کلید واژگان: عناصر سنگین، مهندسی، هفت‌رنگ، سفید

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.,)



Bah et al., 2013; Amin et al., 2014); بنابراین بررسی این موضوع تبدیل به یک موضوع جدی زیست محیطی شده است (Bah et al., 2011; Tripathi et al., 2012).

همه بخش های جامعه مانند صنعت، کشاورزی، معدن و حمل و نقل آلودگی هایی ایجاد می کنند که پسماندهایی شیمیایی تولید می کنند و چون بیشتر از ظرفیت جذب محیط زیست آزاد می شوند موجب آلودگی می شوند (Belay., 2010). آلودگی های محیطی همچنین می تواند به دلیل فاضلاب های شهری و صنعتی باشد که در بسیاری از نقاط جهان استفاده از این فاضلاب ها برای آبیاری اراضی مناطق حومه شهری امری متعارف و معمول شده است (Tabari and Salehi., 2011). وجود بیش از حد این عناصر در خاک های آلوده منجر به کاهش کیفیت خاک، کاهش عملکرد و کیفیت پایین محصولات کشاورزی می شود (Barzin et al., 2014; Bah et al., 2011; Anjum et al., 2016).

کروم به عنوان یک فلز سنگین یکی از آلاینده های مهم زیست محیطی شناخته شده که باعث ایجاد تغییراتی در متابولیسم، رشد و تولید محصولات کشاورزی می شود (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 غلظت های بالای آن با ایجاد سمیت، باعث صدمه زدن به نظام های زیستی می شود (Tashkorizadeh and Saeedenjad., 2017). همچنین در بین عناصر سنگین، کروم هفتمین عنصر آلاینده در جهان محسوب می شود (Amin et al., 2013; Tashkorizadeh and Saeedenjad., 2017).

وجود کروم به مقدار حدود ۱۰ تا ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، طبیعی است (Amin et al., 2013); اما در سال های اخیر به دلیل استفاده در فرایندهای وسیع صنعتی مانند متالورژی، آب کاری، تولید رنگ و رنگ دانه، 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 and Saeedenjad., 2017; Diwan et al., 2010; Huang et al., 2014) و رها کردن پساب های این صنایع به آب های جاری، همچنین استفاده از سموم آفت کش حاوی کروم بیش از حد 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 and Saeedenjad., 2017).

شیمی کروم بسیار پیچیده است. حلالیت، تحرک و قابلیت زیستی کروم در خاک به شدت به حالت های مختلف اکسیداسیون از صفر تا شش بستگی دارد. با توجه به وضعیت اکسیداسیون و غلظت آن، کروم به عنوان یک عنصر سمی یا ضروری برای ریز موجودات زنده عمل می کند (Amin et al., 2013; Piroz and Manouchehri Kalantari., 2012). پتانسیل بالای اکسید شدن، حلالیت بالا و سهولت نفوذ به غشاء زیستی، کروم (VI) را نسبت به کروم (III) سمی تر می کند (Chandra and Kulshreshtha, 2004; Zou et al., 2006) یعنی کروم شش ظرفیتی، سمی ترین نوع کروم است که به راحتی از خاک و ذرات رسوب نیز استخراج می شود (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 زیست توده گیاهی، کاهش سطح برگ و تعداد برگ ها می شود. به طور کلی کروم بازدارنده ی رشد گیاه است که حضورش به مقدار زیاد درون محیط کشت گیاه باعث کوتاهی ساقه های در حال رشد و کاهش رشد ریشه می شود. کاهش رشد در اثر سمیت کروم ممکن است به علت عدم تعادل مواد معدنی گیاه باشد (Piroz and 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 متفاوت است. در ایران بخش قابل توجهی از آب مورد استفاده شهرهای بزرگ به فاضلاب‌های شهری تبدیل می‌شود که به دلیل کمبود آب، از این فاضلاب‌های 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 باهدف 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 دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، یک ماه قبل از کاشت گیاهان انجام شد. دی‌کرومات پتاسیم با سه کیلوگرم خاک مخلوط شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت خاک در ظرفیت زراعی نگهداری شد. خاک آلوده به دی‌کرومات پتاسیم 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 سانتی‌گراد روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد 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 ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری 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 میلی‌اسید کلریدریک و دو میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه شد. بعد از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در دمای محیط، برای کامل شدن عملیات هضم به مدت دو ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد 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 فتوستتزی

با بهره‌گیری از روش دری (Dere et al., 1998) مقدار رنگ‌دانه‌ها اندازه‌گیری شد. به ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه خردشده ۱۰۰۰ میکرو لیتر اتانول ۹۶٪ افزوده و یک شب در دمای چهار درجه نگهداری شد. سپس به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شد. قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۱۶۰۱) ساخت شرکت Shimadzu کشور ژاپن در طول موج‌های



۴۷۰، ۶۴۸ و ۶۶۴ نانومتر استفاده شد. در نهایت با استفاده از روابط زیر محتوای رنگدانه‌ها بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه تر به دست آمد.

$$\text{Chlorophyll } a \text{ (Chla)} = 13.36A664 - 5.19A648$$

$$\text{Chloophyll } b \text{ (Chlb)} = 27.43a648 - 81.12A664$$

$$\text{Carotenoides (C X + C)}1000A470 - 2.13 \text{ Chla} - 97.46 \text{ Chlb}/209$$

$$\text{Total Chloophylls (Chlt)} = \text{hla} + \text{Chlb}$$

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 هموژنیزه و سپس ۱۰ میلی‌لیتر الکل ۷۰ درصد به آن اضافه شد بعد از نگهداری به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد مواد نامحلول توسط سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ به مدت پنج 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 میکرو لیتر از محلول شفاف رویی برداشته و به آن فنول (۴ به ۱ نسبت وزن به حجم فنول و آب مقطر) اضافه شد و در نهایت با اسیدسولفوریک غلیظ به حجم مشخصی رسید. این مخلوط را در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت قرار گرفت و بعد از سرد شدن در طول موج 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 به دست آمده 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 ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رنگدانه‌های فتوسنتزی

Table 1- Source of variance (means square) of photosynthetic pigments

میانگین مربعات						
کلروفیل کل Total Chlorophylls	کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	درجه df	منبع تغییرات S.O.V
0.353**	3.446**	0.103**	0.863**	0.77**	2	کروم Chromium
0.850**	1.582**	0.019**	0.808**	0.453**	2	رقم Cultivar
0.353**	0.216**	0.007*	0.269**	0.101**	4	کروم* رقم Cultivar chromium*
0.047	0.053	0.002	0.01	0.021	18	خطا Error

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

** , * Significant at probability levels of 1 and 5%, respectively,



محتوای کلروفیل a با افزایش غلظت کروم در هر سه رقم کاهش یافت. کمترین محتوای کلروفیل a در رقم هفت‌رنگ با ۵۳/۳ درصد کاهش در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کروم در مقایسه با شاهد بود (جدول ۲). 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 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 درصد 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 نسبت به شاهد خود داشت (جدول ۲). 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 درصد، در رقم سفید با کاهش ۸۵/۶ درصد و در رقم هفت‌رنگ با کاهش ۸۳/۹ درصد نسبت به شاهد این ارقام بود (جدول ۲). با توجه به جدول ۲ نسبت کلروفیل a/b در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مقایسه با شاهد کروم در رقم مهندسی با کاهش ۳۶/۵ درصد، در رقم سفید با ۶۶/۷ درصد کاهش نسبت به شاهد و در رقم هفت‌رنگ ۸۰/۳ درصد کاهش نسبت به شاهد این رقم دیده شد. کلروفیل کل در رقم مهندسی با افزایش غلظت کروم کاهش یافت؛ اما در رقم سفید و هفت‌رنگ با افزایش غلظت کروم تا ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش اما غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث افزایش مقدار کلروفیل کل در این دو رقم شد (جدول ۲).

گزارش شده است که کروم با جلوگیری از بیوستز کلروفیل باعث کاهش کلروفیل در اکثر گیاهان می‌شود (Hayat et al., 2012). در مطالعه که روی گندم (*Triticum aestivum* L) انجام شد، گیاهانی که در معرض کروم (VI) قرار داشتند در مقایسه با گیاهان 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 (Zou et al., 2006; Khavarinejad et al., 2008). 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 افزایش محتوای کل رنگ‌دانه‌ها در این دو رقم نشان دهنده افزایش محتوای کلروفیل b است و گیاه از طریق افزایش محتوای کلروفیل b به‌منظور تحمل به تنش خواهد بود و کاهش تنش اکسیداتیو سیستم دفاعی خود را فعال می‌کند و سعی در جبران اثرات تخریبی ناشی از تنش دارد. در واقع می‌توان نقش محافظتی کلروفیل b را از نسبت پایین کلروفیل a به b نیز درک نمود. در گیاه خرفه (*Cicer arietinum* L.) کاهش این نسبت در غلظت‌های بالای کروم و افزایش کلروفیل کل گزارش شده است (Rahbarian et al., 2019).

جدول ۲- اثر رقم و غلظت کروم بر محتوای رنگ‌دانه‌ها

Table 2- Effect of chromium concentration and cultivar on pigments content

رقم	غلظت کروم میلی‌گرم در کیلوگرم	کلروفیل a (میلی‌گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم)	کاروتنوئید (میلی‌گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر
					a/b



برگم وزن (تازه)	برگم وزن (تازه)	برگم وزن (تازه)	برگم وزن (تازه)	برگم وزن (تازه)	Chromium concentration(mg/kg)	cultivar
Total Chlorophylls (mg/gfw)	Chlorophyll a/b	Carotenoids (mg/gfw)	Chlorophyll b (mg/gfw)	Chlorophyll a (mg/gfw)		
2.43 ^a	2.39 ^a	0.33 ^a	0.72 ^{cd}	1.71 ^a	0	رقم مهندسی Mohandesi cultivar
1.82 ^{de}	1.59 ^{bc}	0.13 ^{bcd}	0.70 ^{cd}	1.12 ^b	75	رقم مهندسی Mohandesi cultivar
1.71 ^{cd}	1.52 ^{bc}	0.08 ^{cde}	0.68 ^{cde}	1.03 ^{bc}	150	رقم مهندسی Mohandesi cultivar
1.45 ^{cd}	1.87 ^{bc}	0.15 ^{bc}	0.51 ^e	0.94 ^{bcd}	0	رقم سفید White cultivar
1.40 ^e	1.47 ^c	0.13 ^{bcd}	0.57 ^{de}	0.84 ^{cd}	75	رقم سفید White cultivar
2.02 ^{bc}	0.62 ^d	0.02 ^e	1.05 ^b	0.77 ^{cd}	150	رقم سفید White cultivar
2.23 ^{ab}	1.91 ^b	0.32 ^a	0.77 ^c	1.47 ^a	0	رقم هفت رنگ Haft rang cultivar
1.94 ^{bc}	0.71 ^d	0.17 ^b	1.15 ^b	0.79 ^{cd}	75	رقم هفت رنگ Haft rang cultivar
2.53 ^a	0.38 ^d	0.05 ^{de}	1.84 ^a	0.68 ^d	150	رقم هفت رنگ Haft rang cultivar r

در هر ستون، میانگین‌هایی 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 هر سه رقم مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهمکنش کروم و رقم در ساقه اختلاف معنی‌داری بر غلظت کروم نداشت. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کروم در خاک، ریشه، ساقه و برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تجمع کروم در قسمت‌های مختلف سه رقم رز

Table 3- Source of variance (mean square) metal accumulation in different parts of three rose cultivars

Mean Square میانگین مربعات					منبع تغییرات S.O.V
کروم برگ Chromium	کروم ساقه Chromium	کروم ریشه Chromium	کروم خاک Chromium	درجه df	
1.78×10^7 **	93.391**	8.899×10^7 **	1.96×10^5 **	2	کروم Chromium



$4.9 \times 10^{6**}$	2.596 ^{ns}	$2.377 \times 10^7**$	$8.677 \times 10^4**$	2	رقم Cultivar
9.291**	1.88 ^{ns}	$1.612 \times 10^7**$	$4.585 \times 10^4**$	4	کروم* رقم Cultivar
446209.16	5.219	1371807	5483.141	18	خطا Error

**معنی دار در سطح احتمال یک درصد، ns در سطح پنج درصد معنی دار نبود

**, na: Significant at probability levels of 1 non-significant, respectively,

بیشترین مقدار کروم باقی مانده در خاک متعلق به رقم سفید در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کروم مشاهده شد که ۱۸/۷۱ برابر افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۴). با افزایش غلظت کروم تجمع این فلز در ریشه‌ها افزایش یافت، بیشترین مقدار تجمع کروم در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم در ریشه‌های هفت‌رنگ بود که نسبت به شاهد این رقم ۶۱۰ برابر افزایش داشت (جدول ۴). نتایج جدول میانگین مربعات نشان داد که کمترین مقدار تجمع کروم در ساقه، در شاهد هر سه رقم و بیشترین مقدار در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کروم بود (جدول ۴). جذب کروم در برگ‌ها در رقم مهندسی در ابتدا کم اما در سطوح بالاتر کروم خاک، به شدت 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 میلی گرم 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 ۴).

جدول ۴- 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 (میلی گرم 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)	Chrome leaf ($\mu\text{g/g.d}$)	Chromium of stem ($\mu\text{g/g.d}$)	Chromium soil ($\mu\text{g/g.d}$)	Root chrome ($\mu\text{g/g.d}$)
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}
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	75	298.62 ^b	9.59 ^{bc}	235.42 ^{bcd}	1673.5 ^{cd}



4315.8 ^d	597.87 ^{bc}	14.41 ^a	3548.4 ^a	150	White cultivar رقم سفید
18b ^c	33.20 ^b	7.91 ^c	12.61 ^b	0	White cultivar رقم هفت‌رنگ
2353.6 ^b	118.36 ^b	12.25 ^{ab}	36. ^b	75	Haft rang cultivar رقم هفت‌رنگ
10988 ^a	208.23 ^a	14.08 ^a	144.42 ^b	150	Haft rang cultivar رقم هفت‌رنگ

در هر ستون، میانگین‌هایی که 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 (*Lycopersicon esculentum*)، حداکثر 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 (*Peucedanum graveolens*)، بامیه (*Hibiscus esculentus*) و کلم بیشتر از اندام هوایی است (Tiwari et al., 2011). در پژوهشی دیگر، بر روی گیاه لولیوم پرن (*Lolium perenne L.*) 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 در ریشه‌های گندم (*Triticum aestivum*)، جو دوسر (*Avena sativa*) و سورگوم (*Sorghum bicolor*) در مقایسه با اندام هوایی کروم تجمع بیشتری داشت (Lopez-Luna et al., 2009). در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L.*) 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 (*Leersia hexandra*) مشاهده شد که این گیاه کروم را درجه اول در دیواره سلولی ریشه و سپس در واکوئل‌های برگ ذخیره می‌کند (Liu et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر تجمع کروم در ریشه و اندام هوایی برنج (*Oryza sativa*) با افزایش غلظت کروم به‌تدریج افزایش یافت (Sundaramoorthy., 2010). در گیاه دارویی نخ طلای چینی (*Coptis chinensis Franch*)، بیشترین تجمع کروم به ترتیب در ریشه‌ها و ریزوم و دم برگ گزارش شد (Huang et al., 2018). همچنین در مطالعه دیگری گزارش شد که تجمع کروم در ریشه گیاهان شاهی (*Lepidium sativum*) و جعفری (*Petroselinum crispum*) بیشتر از بخش‌های هوایی می‌باشد (Nojabai et al., 2017). در مورد تجمع کروم در اندام‌های مختلف گیاه ذرت (*Zea mays L.*) 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



(Sundaramoorthy, 2010; et al., 2016)؛ 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 متابولیسم گیاه شده و در نتیجه 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 سلولی توانایی خود را برای انتقال به بافت‌های گیاه را 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 et al., 2020) در پژوهش حاضر در رقم سفید و مهندسی با افزایش غلظت کروم مقدار کروم منتقل شده در برگ‌ها هم افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای بر کلم (*Brassica oleracea*)، کاهو (*Lactuca sativa*) اسفناج (*Spinacia oleracea*) و پیاز (*Allium cepa*) نیز مشاهده شد که برگ‌های گیاهان مورد بررسی دارای غلظت بالاتری از کروم در نسبت به ساقه و ریشه بودند (Ronyasi and Parvizi Mosaed., 2016). بیشترین تجمع عناصر سنگین در سپیدار (*Populus alba*) و توت سفید (*Morus alba*) 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 مورفولوژیکی و بیوشیمیایی سه رقم رز

نتایج جدول آنالیز واریانس در مورد محتوای کربوهیدرات نشان داد که محتوای کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر غلظت کروم قرار گرفت و با افزایش غلظت کروم سه رقم اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵). نتایج جدول آنالیز واریانس همچنین نشان داد که برهمکنش رقم و افزایش غلظت کروم بر سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن تر و وزن خشک معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیکی و شیمیایی

Table 5- Source of variance (mean square) of morphological and chemical characteristics						
میانگین مربعات						
وزن خشک	وزن تر	شاخص کلروفیل	سطح برگ	کربوهیدرات	درجه آزادی	منبع تغییرات
Dry weight	Wet weight	Chlorophyll index	Leaf area	Carbohydrate	df	S.O.V
13.264**	81.824**	835.223**	2.326×10^9 **	1.051**	2	کروم Chromium
0.573**	3.716**	226.901**	8.351×10^7 *	0.349**	2	رقم Cultivar
2.173**	20.684**	16120000**	1.26×10^8 **	0.325**	4	کروم* رقم Cultivar Chromium*
0.082	0.513	2.073	2.07×10^7	0.008	18	خطا Error

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

** Significant at probability levels of 1 %



کربوهیدرات‌های محلول

در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم رقم رز مهندسی با افزایش ۳۷۷ درصدی نسبت به شاهد بالاترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول را داشت (جدول ۶). مطالعه اثر کروم بر سرخس شناور بنام سالوینیا مینیم (Salvinia minima) نشان داد که کروم محتوای کربوهیدرات‌های محلول را افزایش می‌دهد (Prado et al., 2010). در گل آهار (Zinnia elegans) محتوای کربوهیدرات‌های محلول با افزایش غلظت Cr^{+6} افزایش یافت و سپس با افزایش غلظت Cr^{+6} به تدریج کاهش یافت (Panda et al., 2020). در بیشتر 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 می‌رساند (Dubeya and Singh., 1999). این نتیجه در پژوهش بر روی برنج نیز به دست آمد (Verma et al., 2001). مطالعات (Shah and Dubey., 1998) نشان داد 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 درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد این رقم به دست آمد (جدول ۶). 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 به تدریج کاهش یافت (Sundaramoorthy., 2010). پژوهش روی گیاه آفتابگردان (*Heliantus annuus*) نشان داد غلظت‌های بالای کروم به شدت باعث کاهش سطح برگ در این گیاه شد (Piroz and Manouchehri Kalantari., 2011). محققان در گیاه ریحان کاهش سطح برگ را با افزایش غلظت کروم مشاهده کردند (Tashkorizadeh and Saedenjad., 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). را 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 (Piroz ; Sundaramoorthy., 2010 and Manouchehri Kalantari., 2012).

شاخص کلروفیل

عدد دستگاه کلروفیل سنج در سه رقم با افزایش غلظت کروم کاهش یافت. داده‌های مقایسه میانگین نشان داد 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 ۶).



در سلمه تره (*Chenopodium album* L.) افزایش فلز کروم باعث کاهش شاخص کلروفیل شد (Mahmoodi et al., 2015). عناصر سنگین با تأثیر بر مراحل اولیه و حساس بیوستت کلروفیل که سنتز ۵- آمینولوینیک اسید (ALA) و فعالیت آنزیم ۵- آمینولوینیک اسید دهیدراتاز (ALAD) که تبدیل (ALA) به پروفیلینوزن را انجام می دهد مانع از سنتز کلروفیل در گیاه می شود در نتیجه تجمع کلروفیل در برگ گیاه را کاهش می دهد. می توان این گونه بیان کرد این اختلال در بیوستت کلروفیل عامل اصلی کاهش شاخص کلروفیل است (Fatahi et al., 2020).

زیست توده

وزن تر در رقم هفت رنگ در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم با کاهش ۹۷/۳ درصد در مقایسه با شاهد بیشترین کاهش را نشان داد (جدول ۶). بیشترین کاهش وزن خشک در رقم سفید با کاهش ۹۷/۱ کاهش در مقایسه با سایر تیمارها در ۱۵۰ غلظت میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد (جدول ۶). این مطالعه نشان داد با افزایش غلظت کروم مقدار زیست توده کاهش می یابد 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 and Manouchehri Kalantari., 2012). در مورد تأثیر منفی کروم (VI) بر تولید زیست توده اسفرزه (*Plantago ovate*) گزارش شده است که وزن تر (FW) با افزایش کروم به تدریج 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). در واقع عناصر سنگین با تأثیری که بر روی رشد و فتوسنتز می گذارد بر وزن تر و خشک گیاه به طور غیرمستقیم اثرگذار است که این کاهش در وزن می تواند به دلیل سمیت کروم که مانع از جذب آب توسط ریشه و انتقال به پیکر هوایی گیاه است باشد و همچنین می تواند به دلیل ورود کروم به فرایندهای متابولیکی گیاه و مهار مسیرهای آنابولیس و تولید زیست توده باشد (Sundaramoorthy., 2010). این کاهش وزن همچنین می تواند به دلیل اثرات منفی کروم در جذب مواد مغذی (Singh et al., 2016; Gill et al., 2015)، و نیز در اثر کاهش متابولیسم نیتروژن، کربوهیدرات و اختلال در سنتز پروتئین توسط گیاهان باشد (Chidambaram et al., 2006).

جدول ۶- تأثیر کروم بر اجزاء عملکرد سه رقم رز

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

رقم	غلظت کروم میلی گرم در کیلوگرم	کربوهیدرات (میلی گرم بر گرم وزن تر)	سطح برگ (میلی متر مربع)	شاخص کلروفیل	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
Cultivar	Chromium concentration (mg/kg)	Carbohydrate (mg.gfw)	Leaf area (mm ²)	Chlorophyll index	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



2.62 ^a	6.31 ^a	34.6 ^{bc}	41806 ^a	0.350 ^{de}	0	رقم سفید White cultivar
0.26 ^d	0.70 ^d	23.8 ^e	3186 ^c	0.470 ^{cd}	75	رقم سفید White cultivar
0.080 ^d	0.34	17.6 ^f	459 ^c	0.610 ^{cd}	150	رقم سفید White cultivar
2.71 ^a	7.03 ^a	38.5 ^b	0.770 ^c	0.240 ^e	0	رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar
0.760 ^c	1.61 ^c	32.4 ^d	1.15 ^b	0.370 ^{de}	75	رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar
0.080 ^d	0.190 ^d	22.3 ^e	1.84 ^a	1.140 ^b	150	رقم هفت‌رنگ Haft rang cultivar

در هر ستون، میانگین‌هایی که 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. به‌طور کلی 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-hyperaccumulator *Pteris vittata*. *Chemosphere*, 147, 36–43.
- 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 defence 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., Khaliq, 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. *Pak. J. Bot*, 52(2), 355-363.
- Khavarinejad, R, Ali, Najafi, Farzaneh, Aslani, Fahimeh. (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-García, 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 and 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.
- 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, Atena. (2019). Investigating the tolerance of purslane (*Portulaca oleracea L.*) to chromium stress based on growth, photosynthesis indices and the activity of antioxidant enzymes. *Journal 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. Chromium interactions in plants: Current status and future strategies. *Metallomics* 2009, 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 biologiques*, 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., Saeednejad, 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.
- 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.





Investigating of potassium dichromate on some morphological and biochemical indicators of three cultivars of roses with the potential of using urban green spaces

Masoumeh Rahimi¹, Mohammad Shore², Ali Tehranifar³, Jafar Nabati⁴

1-Ph.D. student of horticultural sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad

2- Associate Professor of horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad

3-Professor of horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad

4- Assistant Professor, Plant Sciences Research Institute, Ferdowsi University, Mashhad

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 waters. To evaluate the amount of stress of different levels of chromium (0, 75, and 150 mg/kg soil) on three varieties of rose (White, Mohandesi, and Haft rang) a greenhouse factorial experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with three replications in pots, it was done at Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad in 2018. 120 days 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 percent, respectively. amount of carotenoids in the White cultivar was 85.6 percent, amount of chlorophyll b in the Mohandesi cultivar with 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 a 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 two 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 two cultivars.

Keywords: Heavy Elements, Mohandesi Cultivar, Seven Colors, White.