بررسی تأثیر انباشتگی Cr^{+3} و Cr^{+6} بر رشد و میزان کلروفیل در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*)

آرزو ذاکر، مهرداد لاهوتی، پروانه ابریشم چی و حمید اجتهادی

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی

چکیده

کروم یک عنصر غذایی میکرو برای انسان به شمار می رود. فرم سه ظرفیتی این عنصر، یک ترکیب ضروری در تنظیم رژیم غذایی انسان و جانوران است و موجب کارایی متابولیسم چربیها و قندها می گردد.از جمله راههای مبارزه با کمبود کروم در جیره غذایی انسان و عوارض نامطلوب ناشی از آن، استفاده از گیاهانی است که کروم را در بافتهای خود انباشته می سازند. بدین منظور، چگونگی انباشته شدن Cr^{+3} و Cr^{+6} و تأثیر آن بر رشد و میزان کلروفیل در گیاه جعفری مورد بررسی قرار گرفت. گیاهچه های جعفری در محیط کشت هیدروپونیک حاوی غلظتهای مختلف Cr^{+3} (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ میلی گرم در لیتر) و Cr^{+6} (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی گرم در لیتر) قرار گرفتند و پس از مدت زمان معینی تأثیر غلظتهای مختلف یونهای مزبور بر وزن خشک و طول ریشه و اندام هوایی، میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b در برگهای گیاهان و نیز میزان انباشتگی این عنصر در ریشه و اندام هوایی مورد بررسی شد.تجزیه و تحلیل آماری داده ها انجام و میانگینها در سطح ۵٪ مقایسه گردید. نتایج نشان داد که جذب هر دو فرم یونی کروم، رشد و میزان کلروفیل را در گیاهان به شدت تحت تأثیر قرار می دهد بطوریکه با افزایش غلظت کروم در محیط، طول و وزن خشک ریشه و اندام هوایی، میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b بتدریج کاهش یافت. در تیمار Cr^{+3}، کاهش وزن خشک ریشه در غلظت ۳ mg/lCr^{+3} و اندام هوایی در غلظتهای ۳ mg/lCr^{+3} و ۲ معنی دار بود.در حالیکه در تیمار Cr^{+6} کاهش معنی دار وزن خشک ریشه و اندام هوایی تنها در بالاترین غلظت یعنی ۰/۷۵ mg/l مشهود بود. در تیمارهای ۰/۷۵ mg/lCr^{+3} و بالاتر موجب کاهش معنی دار طول ریشه و اندام هوایی گردید اما در گیاهان تیمار شده با Cr^{+6} کاهش معنی دار طول ریشه در غلظت mg/l ۰/۷۵ و اندام هوایی در غلظتهای ۰/۷۵ mg/l و ۰/۵ نسبت به گیاهان شاهد دیده شد. کاهش معنی دار میزان کلروفیل در تیمار ۳ mg/l Cr^{+3} و در تیمار Cr^{+6} در غلظتهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی گرم در لیتر مشاهده گردید. افزایش غلظت کروم در محیط کشت، موجب افزایش قابل توجه کروم ریشه و اندام هوایی شد که این انباشت در ریشه ها بسیار بیشتر از بخش هوایی بود.

واژه های کلیدی: Cr^{+3}، Cr^{+6}، کلروفیل، رشد، *Petroselinum crispum*

مقدمه

کروم هفتمین عنصر فراوان در پوسته زمین بوده، دارای حالات اکسیداسیون مختلفی است که فرمهای سه ظرفیتی و شش ظرفیتی آن در محیط رایج تر و پایدارتر هستند(۱۰ و ۱۹). این عنصر بسته به حالت اکسیداسیون و غلظت می تواند برای انسان و جانوران مفید یا سمی باشد(۲۵).

Cr^{+3} یک جزء مهم در تعادل رژیم غذایی انسان و جانوران است و کمبود آن موجب بروز اختلال در متابولیسم گلوکز و چربیها و بروز علایم دیابت و بیماریهای قلبی–عروقی می گردد(۲). در حالیکه Cr^{+6} به شدت سمی و سرطانزا بوده، در مقادیر بالا موجب مرگ انسان، جانوران و گیاهان می شود(۲۱). بسته به شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

مناسب محیطی، Cr^{+3} و Cr^{+6} به یکدیگر تبدیل می شوند و بطور کلی Cr^{+6} تمایل دارد به Cr^{+3} احیا شود(۹). جذب و اثر منفی کروم بر گیاهان به فرم شیمیایی آن بستگی دارد. Cr^{+3} در مقایسه با فرم به شدت اکسید کننده Cr^{+6} ، حلالیت و سمیت کمتری نشان می دهد (۱۳).

یکی از راههای مقابله با کمبود کروم و نتایج ناخوشایند ناشی از آن، استفاده از گیاهان انباشته کننده این عنصر است. استفاده از گیاهان حاوی کروم بویژه سبزیجات و محصولات خوراکی، می تواند یکی از راههای مهم تأمین روزانه کروم باشد. تحقیقات متعدد نشان داده است که گیاهان مختلف در توانایی انباشت کروم در بافتهای خود تفاوت دارند و با افزایش غلظت کروم در محیط، غلظت آن در بافتهای گیاهی نیز افزایش می یابد(۲٦). از طرف دیگر، با افزایش غلظت کروم در گیاهان، فرایندهای فیزیولوژیک مختلفی تحت تأثیر قرار می گیرند. از جمله آثار منفی غلظتهای زیاد کروم در گیاهان و سمیت ناشی از آن کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز است که کاهش رشد گیاه را در پی خواهد داشت(٦).

در تحقیق حاضر توانایی گیاه جعفری، که در کشور ما مصرف غذایی و دارویی گسترده دارد، برای انباشته سازی عنصر کروم و تأثیر این عنصر بر برخی فرایندهای رشد و نموی از جمله میزان رشد(وزن خشک و طول ریشه و اندام هوایی) و میزان کلروفیل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

بذر گیاه جعفری پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۲۰ درصد و بنومیل دو در هزار (بترتیب بمدت ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه) و شستشو با آب فراوان، جهت جوانه زنی در تاریکی قرار گرفت. سپس گیاهچه های حاصل از بذر به ظروفی از جنس پلی اتیلن به حجم ۳۰۰۰ ml حاوی محیط کشت هیدروپونیک (هوگلند) انتقال یافت. اکسیژن لازم برای تنفس ریشه از طریق پمپ هوا فراهم گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در گروهی از گیاهان، ۵ روز پس از انتقال گیاهچه ها به محیط کشت هیدروپونیک، کروم بصورت نیترات کروم ($Cr(NO3)_3.9H_2O$) در غلظتهای ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ میلی گرم در لیتر در ۸ تکرار به محلول غذایی اضافه شد. این گروه از گیاهان پس از ۵ هفته برداشت شدند. در گروه دیگر، گیاهچه های منتقل شده به محیط کشت، پس از ۵ هفته رشد با Cr^{+6} (دی کرومات پتاسیم) در غلظتهای ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی گرم در لیتر با ۸ تکرار تیمار شد و بعد از ۳ هفته برداشت شدند. تعویض محلولها هفته ای یک بار و هر ۷۲–٤۸ ساعت یک بار، آب تبخیر شده از ظرف با محلول غذایی ۱۰٪ جایگزین شد. طی رشد دوره نوری شامل ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دما ۲٤±٤ درجه سانتیگراد بود. پس از برداشت طول ریشه و اندام هوایی و نیز وزن خشک هریک مورد سنجش قرار گرفت.

استخراج کلروفیل از برگ با کمک استن ۸۰ درصد انجام شد. ساییدن برگ با استن تدریجی و تا حصول یک محلول بی رنگ ادامه یافت. سپس حجم محلول با استن به ۲۵ ml رسید. محلول حاصل بمدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ rpm سانتریفوژ و جذب نوری روشناور در طول موجهای ٦٤۵، ٦۵۲ و ٦٦۳ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر UV/Vis اندازه گیری شد. مقدار کلروفیل بر حسب میلی گرم کلروفیل در گرم برگ طبق فرمولهای آرنون[1] و مکینی[2] بترتیب برای تخمین میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و b به صورت زیر محاسبه شد(۲):

[1] - Arnon
[2] - Mackinney

Archive of SID
www.SID.ir

(فرمول آرنون)

میلی گرم کلروفیل کل در گرم برگ = A(٦٥٢) / ٣٤/٥ × V/W

(فرمول مکینی)

میلی گرم کلروفیل a در گرم برگ = {١٢/٧(A ٦٦٣) – ٢/٦٩ (A ٦٤٥)} ×١٠٠٠ × V/W

میلی گرم کلروفیل b در گرم برگ = {٢٢/٩(A ٦٤٥) – ٢/٦٨ (A ٦٦٣)} × ١٠٠٠ × V/W

V = حجم محلول کلروفیلی (میلی لیتر) W = وزن برگ (گرم)

A = جذب نوری عصاره

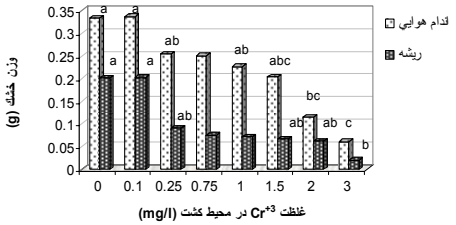
بمنظور سنجش غلظت کروم (Cr^{+3} و Cr^{+6}) در ریشه و اندام هوایی، خاکستر تر گیاهی تهیه شد. بدین ترتیب که مقدار ۰/۰۵ گرم بافت خشک ریشه و اندام هوایی بطور جداگانه به ml ۳ اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید. پس از ۷۲–٤٨ ساعت بمنظور تکمیل هضم بافتی به آرامی حرارت داده شد تا در نهایت شفاف و بیرنگ شود. در پایان حجم محلول با آب مقطر به ml ۲۵ رسید و از آن برای اندازه گیری جذب کروم بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی در طول موج ۳۵۷/۹ نانومتر استفاده شد(۲۵،۱۲). تبدیل داده ها و تجزیه و تحلیل آماری آنها با استفاده از نرم افزارهای Excel، JMP و Mstat-c انجام و میانگینها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج

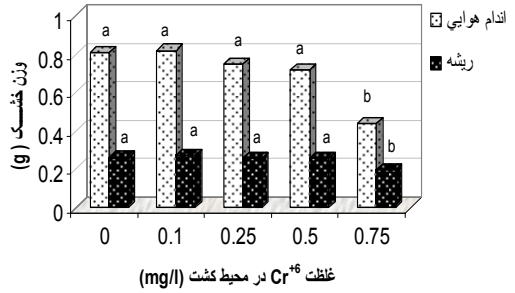
نتایج نشان داد که اثر غلظتهای مختلف کروم بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نیز طول آنها در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. با افزایش غلظت Cr^{+3} از ۰/۲۵ mg/l به بالا، به تدریج وزن خشک ریشه و اندام هوایی کاهش یافت که در مورد ریشه در غلظت ۳ mg/l و در مورد اندام هوایی در غلظتهای ۳ mg/l و ۲ نسبت به گیاه شاهد معنی دار بود(شکل ۱).

در تیمار Cr^{+6} نیز با وجود کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی در غلظتهای ۰/۲۵ mg/l و بالاتر، تفاوت معنی دار تنها در سنگین ترین تیمار کروم (۰/۷۵ mg/l) مشاهده گردید(شکل ۲).

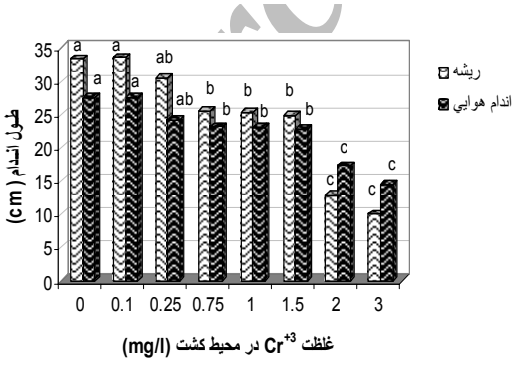
افزایش غلظت کروم در محیط موجب کاهش طول ریشه و اندام هوایی نیز شد. مقایسه میانگین طول ریشه و اندام هوایی در تیمارهای مختلف Cr^{+3} نشان داد که علیرغم کاهش طول ریشه و اندام هوایی در گیاهان تیمار شده با غلظتهای ۰/۲۵ mg/l و بالاتر، تفاوت معنی دار نسبت به گیاه شاهد تنها در غلظتهای ۰/۷۵ mg/l و بالاتر مشهود بود(شکل ۳).



شکل ۱: تغییرات وزن خشک ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+3}.



شکل ۲: تغییرات وزن خشک ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+6}.



شکل ۳: تغییرات طول ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+3}.

در گیاهان تیمار شده با Cr^{+6} غلظتهای ۰/۲۵ mg/l و بالاتر موجب کاهش طول ریشه و اندام هوایی گردید که

www.SID.ir

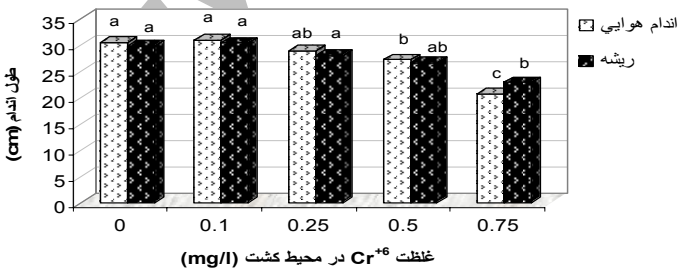
در مورد ریشه در غلظت ۰/۷۵ mg/l و در مورد اندام هوایی در غلظتهای ۰/۷۵ mg/l و ۰/۵ نسبت به گیاهان شاهد معنی دار بود(شکل ٤).

آنالیز واریانس داده های مربوط به غلظت کلروفیل کل و کلروفیل های a و b نشان داد که تیمار کروم موجب کاهش معنی دار غلظت کلروفیل در گیاه جعفری می شود. افزایش غلظت Cr^{+3} در محیط کشت، موجب کاهش میزان کلروفیل در برگهای جعفری شد و این کاهش تنها در بالاترین تیمار Cr^{+3} (۳ mg/l) نسبت به گیاه شاهد معنی دار بود(شکل ۵).

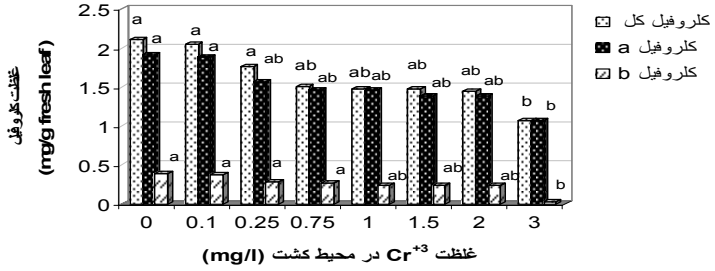
مقایسه بین تغییرات میزان کلروفیل کل و کلروفیل های a و b در تیمارهای مختلف Cr^{+3}، حاکی از تأثیر پذیری بیشتر کلروفیل b نسبت به سایر کلروفیلها بود بطوریکه در انتهای دوره برداشت، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در تیمار ۳ mg/lCr^{+3} نسبت به گیاه شاهد تقریباً ۱/۲ و میزان کلروفیل b در این تیمار نسبت به شاهد ۱/۱٤ بود. بنابراین علیرغم کاهش معنی دار میزان کلروفیل کل و کلروفیلهای a و b در سنگین ترین تیمار Cr^{+3}، تأثیر یون مزبور بر همه آنها یکسان نبوده، اثر آن بر کلروفیل b شدیدتر می باشد.

همچنین با افزایش غلظت Cr^{+6} در محیط کشت نیز غلظت کلروفیل کل و کلروفیلهای a و b کاهش یافت بطوریکه در تیمارهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی گرم در لیتر، تفاوت معنی داری را با گیاهان شاهد نشان داد(شکل ٦). در تیمار Cr^{+6} نیز مشابه تیمار Cr^{+3}، تأثیر یون فلزی بر کلروفیل b بارزتر بود. نتایج نشان داد که Cr^{+6} تأثیر منفی خود را بر میزان کلروفیل در غلظتهای کمتر و زمان کوتاهتری نسبت به Cr^{+3} آشکار می سازد.

با افزایش غلظت کروم در محیط کشت، افزایش معنی داری در غلظت کروم در ریشه و اندام هوایی مشاهده گردید(شکلهای۷ و ۸). بطوریکه در هر دو فرم یونی کروم، بیشترین میزان انباشت یون فلزی در سنگین ترین تیمار (۳ mg/lCr^{+3} و ۰/۷۵ mg/lCr^{+6}) تعیین شد. مقایسه بین انباشت Cr^{+3} و Cr^{+6} در ریشه و بخش هوایی نشان داد که غلظت کروم در ریشه ها چندین برابر غلظت آن در بخش هوایی می باشد.

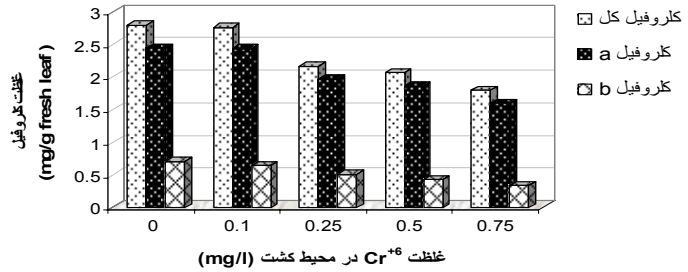


شکل ۴: تغییرات طول ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+6}.

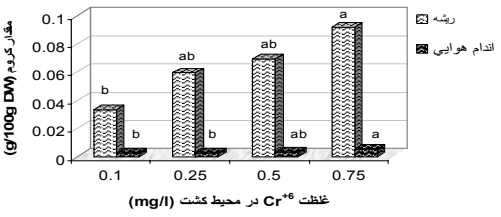


شکل ۵: تغییرات میزان کلروفیل در غلظتهای مختلف Cr^{+3}.

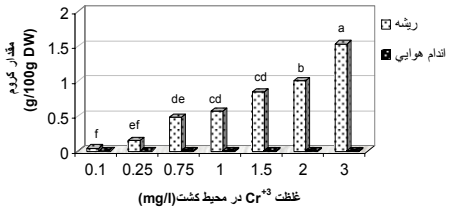
www.SID.ir



شکل ۶: تغییرات میزان کلروفیل در غلظتهای مختلف Cr^{+6}.



شکل۸: تغییرات مقدار کروم در ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+6}.



شکل ۷: تغییرات مقدار کروم در ریشه و اندام هوایی در غلظتهای مختلف Cr^{+3}.

بحث

بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش غلظت کروم (Cr^{+3} یا Cr^{+6}) وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نیز طول این اندامها کاهش یافت و این کاهش در بیشترین غلظتهای کروم معنی دار بود. مطالعات متعدد کاهش وزن خشک و طول ریشه و اندام هوایی گیاهان را در اثر تیمار کروم نشان داده است که از این بین می‌توان به لوبیا گرگی، آفتابگردان، kudzu، گندم، ذرت، کلم و هندوانه اشاره کرد (٤،٥،٦، ١٠، ١٣، ١٥، ١٦، ١٨، ١٩). رشد مناسب ریشه ها و وظیفه آنها به عنوان سطوح جذب کننده آب و مواد غذایی، به عوامل زیادی در محیط بستگی دارد. تنش فلزات سنگین از جمله عوامل محدودکننده رشد ریشه است و از آنجا که تعیین مقدار آب و مواد غذایی معدنی قابل دسترس برای گیاه از روی حجم خاک یا محلول در تماس با ریشه ها صورت می گیرد، کاهش رشد ریشه، سایر فعالیتهای رشدی گیاه را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد(١). گزارش شده است که ممانعت از رشد اندامهای هوایی توسط کروم در حقیقت ناشی از آسیب سیستم ریشه ای می باشد(٢٦).

بنظر می رسد که سیستم ریشه ای اولین جایی است که تحت تأثیر فلز سنگین کروم قرار می گیرد. کاهش رشد ریشه ها که با کاهش طول و وزن خشک آن مشخص می شود، منجر به عدم توسعه و گسترش مناسب سیستم ریشه ای شده، با کاهش سطوح جذب کننده و تغییر در ساختار غشای سلولی، جذب آب کاهش یافته، محتوای آب گیاه افت می کند که این امر بر فرایندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق، تنفس و فتوسنتز اثر کرده نهایتاً موجب کاهش رشد در سایر بخشهای گیاه خواهد شد. از طرفی گزارش شده است که تیمار کروم موجب کاهش جذب و تثبیت نیترات می شود (١٧ و ١٨).کروم با ممانعت از فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز موجب کاهش احیا و تثبیت ازت جذب شده به فرم نیترات و در نتیجه باعث کاهش ورود آن به ترکیبات آلی نظیر انواع اسیدهای آمینه و پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک می گردد. از آنجا که ازت یک عنصر مرکزی و ضروری در ساختار بسیاری از ملکولهای زیستی است، هر گونه تغییر در محتوای آن می تواند به شدت مانع از رشد گیاه شود (٢١ و٢٢).

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش رشد گیاه در اثر تیمار کروم ممکن است به علت کاهش میزان سنتز کلروفیل و فتوسنتز باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار Cr^{+3} و Cr^{+6} موجب کاهش غلظت کلروفیل های کل، a وb در گیاه جعفری می شود. کاهش میزان کلروفیل و جلوگیری از فتوسنتز توسط فلزات سنگین در گیاهان عالی بویژه گیاهان C3 بخوبی مشخص شده است (٦). کاهش محتوای کلروفیل بر اثر تیمار کروم در گیاهان مختلفی مانند گندم، والیسنریا، سالوینیا، kudzu، نیلوفر آبی، ذرت، لوبیا، نلومبو و کلم گزارش شده است(۵، ۱۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۳). ممانعت از بیوسنتز کلروفیل و فتوسنتز در اثر کروم بطرق متعددی صورت می گیرد. یکی از این عوامل، بازداری از فعالیت آنزیمهای مربوط به بیوسنتز کلروفیل مانند ALAD (دلتا آمینو لولینیک اسید دهیدراتاز) و پروتوکلروفیلید ردوکتاز می باشد. برخی از محققین ممانعت از بیوسنتز کلروفیل را به کاهش فعالیت ALAD نسبت می دهند. کاهش فعالیت آنزیم مزبور در گیاهان در اثر تیمار فلزات سنگین روی می دهد(۲۱). کاهش فعالیت این آنزیم موجب کاهش مقدار پورفوبیلینوژن (PBG) می شود که برای بیوسنتز کلروفیل ضروری است. نشان داده شده است که تشکیل پورفوبیلینوژن به شدت به کروم حساس است. بنابراین بنظر می رسد که سمیت کروم با اثر بر روی ALAD، مصرف گهرمایه یعنی ALA را تحت تأثیر قرار داده، با کاهش تولید فراورده یعنی PBG، در نهایت موجب کاهش مقدار کلروفیل می گردد(۲۲).

ALAD یک متالوآنزیم است که فعالیت آن در گیاهان به موجودیت منیزیم بستگی دارد بنابراین ممکن است کروم از طریق تغییر فلز در جایگاه فعال و جانشینی با آن، فعالیت آنزیم را کاهش دهد (۲۱ و ۲۳). همچنین احتمال دارد که کروم از طریق ایجاد عدم تعادل و توازن عناصر غذایی، از بیوسنتز کلروفیل ممانعت کند. به عبارت دیگر، کروم با کاهش جذب N و Mg که ترکیبات ضروری در ساختار کلروفیل هستند موجب کاهش غلظت کلروفیل می شود (۵). از سوی دیگر، غلظتهای بالای کروم در محیط ریشه، از جذب آهن جلوگیری کرده، پاسخ کمبود آهن را القا می کند که منجر به گسیختگی در بیوسنتز کلروفیل خواهد شد(٦). کاهش غلظت Fe در حضور کروم در گیاهان گل کلم، لوبیا، گندم، چغندر و نیز در جلبک سبز کلرلا گزارش شده است (۷، ١٤ و ٢٦).

تغییر تراوایی غشا و فراساختار کلروپلاست به علت پراکسیداسیون لیپیدها، که در واکنش به فلزات سنگین نظیر کروم القا می شود، نیز می تواند در کاهش میزان رنگیزه دخیل باشد. تولید رادیکالهای آزاد واکنشگر که بطور مستقیم یا غیر مستقیم در اثر تنش فلزات سنگین ایجاد می شود، آسیب جدی به اجزای مختلف سلولی بویژه غشاهای بیولوژیکی وارد می کند(۸).

گزارش شده است که کروم، تشکیل غشاهای تیلاکوئیدی در پروپلاستیدها را مختل می کند بطوریکه مانع تمایز پروپلاستیدها به کلروپلاستهای طبیعی می شود. این اثر که ممکن است اثری غیر مستقیم و به علت فقدان عناصر غذایی معدنی لازم برای بیوژنز کلروپلاست باشد، می تواند بعلت تداخل کروم با متابولیسم پروتئین و یا اسیدهای نوکلئیک طی تمایز سلولی توجیه شود (٢٦).

کاهش بارز در کلروفیل b بطور بالقوه به کارایی به دام اندازی انرژی توسط PSII آسیب می رساند و انتقال الکترون را کاهش می دهد(۷). نشان داده شده است که حساسترین هدف کروم در فتوسنتز، PSII است که شاخص عملکرد آن در اثر تیمار کروم کاهش می یابد(۳).

کاهش رشد و محتوای کلروفیل در تیمار Cr^{+6}، در غلظتهای کمتر و مدت زمان کوتاهتری نسبت به Cr^{+3} مشهود بود. این امر به تفاوت ماهیت شیمیایی دو فرم

Archive of SID

www.SID.ir

یونی و سمی تر بودن Cr^{+6} در مقایسه با Cr^{+3} بر می گردد. تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین نیز حاکی از شدیدتر بودن آسیبهای ایجاد شده در گیاه توسط Cr^{+6} نسبت به Cr^{+3} بوده است که می تواند با عبور آسانتر Cr^{+6} از دیواره های سلولی به دلیل کوچکتر بودن اندازه یون هیدراته آن نسبت به Cr^{+3} تفسیر شود. Cr^{+3} به دلیل باقی ماندن در جایگاههای تبادل کاتیونی و تمایل به هیدرولیز و جذب سطحی شدن، غیر متحرک می گردد(۲٦). پیوند Cr^{+3} به گروههای COOH – در دیواره سلولهای ریشه، از جابجایی این فرم یونی به اندامهای هوایی ممانعت می کند(۲۲). در حالیکه Cr^{+6} به راحتی از دیواره های سلولی عبور کرده، به بخش هوایی منتقل می شود و اثر سمی خود را اعمال می کند.

مطالعه بر روی جذب کروم بوسیله گیاهان نشان داده است که جذب و جابجایی کروم توسط گیاهان پایین است(۹). در گیاه جعفری، با افزایش غلظت Cr^{+3} و Cr^{+6} در محیط، غلظت آنها در بافتها نیز افزایش یافت و میزان تجمع این یونها در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود. این نتایج با نتایج گزارش شده در مورد گیاهان گندم، ذرت، گل کلم، کاملینا، نیلوفر آبی و نلومبو مطابقت دارد(۱۰، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲). بطور کلی میزان انباشت کروم در بخشهای مختلف گیاه، متفاوت است زیرا در انتقال کروم از ریشه به رأس گیاه محدودیت وجود دارد که به دلیل اتصال این فرم یونی در جایگاههای مبادله کاتیونی ریشه و غیر متحرک شدن آن می باشد(۲۳). بنابراین بیشترین مقدار کروم جذب شده توسط گیاه در ریشه ها باقی می ماند و تنها بخش کوچکی از آن به اندامهای هوایی منتقل می شود لذا ریشه ها حاوی کروم بسیار بیشتری نسبت به بخش هوایی هستند(۹ و ١٦).

با توجه به این امر، بررسی استفاده از گیاهانی که ریشه خوراکی دارند، می تواند راه مناسبی برای دریافت میزان کروم لازم باشد. از طرف دیگر علیرغم تبدیل Cr^{+6} به Cr^{+3} ، از آنجا که این فرم یونی اثر سمی خود را زودتر آشکار می سازد، بهتر است که جهت این هدف از Cr^{+3} استفاده شود. علاوه بر این راهکارهایی که جذب Cr^{+3} بوسیله گیاهان را افزایش دهد، مانند استفاده از کلاتورها، که می تواند در انباشت بیشتر کروم مؤثر باشد نیز قابل بررسی است.

منابع

۱- علیزاده، ا. (۱۳۸۱). رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد

۲- هاربورن، اف. ۱۳۵۸، روشهای نوین تجزیه شیمیایی گیاهان، ترجمه: آئینه چی، ی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

3-Anderson, R.A. (1995), Chromium, glucose tolerance, diabetes and lipid metabolism *J.adv.Med.* 8:37-49.

4-Appenroth, K.J., J. Stockel, A. Srivastava and R.J. Strasser, (2001), Multiple effects of chromate on the photosynthetic apparatus of *Spirodela polyrhiza* as probed by OJIP chlorophyll a flurescence measurements. *Environmental Pollution* 115:49-64.

5-Bolan, N.S. and S. Thiagarajan, (2001), Retention and plant availability of chromium in soils as affected by lime and organic matter amendments. *Australian Journal of Soil Research* 39(5):1091-1103.

6-Connell, S.L. and S.H. Al-Hamdani, (2001), Selected physiological responses of kudzu to defferent chromium concentrations. *Canadian Journal of Plant Science* 81:33-58.

7-Dube, B.K., K. Tawari, J. Chatterjee and C. Chatterjee, (2003), Excess chromium alters uptake and translocation of certain nutrients in citrullus. *Chemosphere* 53:1147-1153.

8-Horcsik, Z.T. and A. Balogh, (2002), Intracellular distribution of chromium and toxicity on growth in *Chlorella pyrenoidosa*. *Acta Biologica Szegediensis* 46(3-4):57-58.

9-Macfarlane, G.R. and M.D. Burchett, (2001), Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress in

Archive of SID
www.SID.ir

the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Marine Pollution Bulletin* 42(3):233-240.

10-Mei, B., J.D. Puryear and R.J. Newton, (2002), Assessment of Cr tolerance and accumulation in selected plant species. *Plant and Soil* 247:223-231.

11- Mishra, S., V. Singh, S. Srivastava, R. Srivastava, M.M. Srivastava, S. Dass, G.P. Satsangi and S. Prakash, (1995), Studies on uptake of trivalent and hexavalent chromium by maize (*Zea mays*). *Chem.Toxicol. Fd.* 33(5):393-397.

12-More, T. (1974), Research experiences in plant physiology. Springer-Verlag.

13-Nichols, P.B., J.D. Couch and S. Al-Hamdani, (2000), Selected physiological responses of *Salvinia minima* to different chromium concentrations. *Aquatic Botany* 68:313-319.

14-Pandey, N. and C.P. Sharma, (2003), Chromium interference in iron nutrition and water relations of cabbage. *Environmental and Experimental Botany* 49:195-200.

15-Peralta, J.R., J.L. Gardea-Torresdey, K.J. Tiemann, E. Gomez, S. Arteaga, E. Rascon and J.G. Parsons, (2001), Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plants (*Medicago sativa*) grown in solid media. In Proceedings of the 2000 conference on hazardous waste research.

16-Rout, G.R., S. Samantaray and P. Das, (1997), Differential chromium tolerance among eight mungbean cultivars grown in nutrient culture. *Journal of plant Nutrition* 20(4-5):473-483.

17-Sanita, L., F. Fossati, R. Musetti, I. Mikerezi and M.A. Favali, (2002), Effects of hexavalent chromium on maize and cauliflower plants. *Journal of plant Nutrition* 25(4):701-717.

18-Sharma, D.C., C. Chatterjee and C.P. Sharma, (1995), Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. *Plant Science* 111:145-151.

19-Sharma, D.C. and C.P. Sharma, (1996), Chromium uptake and toxicity effects on growth and metabolic activities in wheat, *Triricum aestivum* L. cv. UP (2003), *Indian Journal of Experimental Biology* 34(7):689-691.

20-Sharma, D.C., C.P. Sharma and R.D. Tripathi, (2003), Phytotoxic lesions of chromium in maize. *Chemosphere* 51(1):63-68.

21-Shi-rong, T. and X. Lei, (2002), Accumulation of chromium by *Commelina communis* L. grown in solution with different concentrations of Cr and L-histidine. *Journal of Zhejiang University Science* 3(2):232-236.

22-Vajpayee, P., S.C. Sharma, R.D. Tripathi, U.N. Rai and M. Yunus, (1999), Bioaccumulation of chromium and toxicity to photosynthetic pigments, nitrate reductase activity and protein content of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *Chemosphere* 39(12):2159-2169.

23-Vajpayee, P., R.D. Tripathi, U.N. Rai, M.B. Ali and S.N. Singh, (2000), Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L. *Chemosphere* 41:1075-1082.

24-Vajpayee, P., U.N. Rai, M.B. Ali, R.D. Tripathi, V. Yadav, S. Sinha and S.N. Singh, (2001), Chromium-induced physiologic changes in *Vallisneria spiralis* L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 67:246-256.

Archive of SID

www.SID.ir

Study on the effects of Cr^{+3} and Cr^{+6} accumulation on growth and chlorophyll content in parsley (*Petroselinum crispum*).

Zaker A., Lahouti M., Abrishamchi P., and Ejtehadi H.

Biology Dept., Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, I.R. of Iran

Abstract

Chromium is an essential micronutrient in human and animals. Trivalent form of chromium as an important component of a balanced diet is necessary for proper carbohydrate and lipid metabolism. One of the suitable ways for preventing of chromium deficiency and its undesirable effects is using of chromium accumulator plants in daily diets. For this purpose, Cr^{+3} and Cr^{+6} accumulation effects on growth and chlorophyll content in parsley plants were studied. Seedlings of parsley (*Petroselinum crispum*) were grown in hydroponic culture (Hoagland) containing various concentrations of Cr^{+3} (0.1, 0.25, 0.75,1, 1.5, 2 and 3 mg/l) and Cr^{+6} (0.1, 0.25, 0.5 and 0.75 mg/l) for 5 weeks. After harvesting, the influence of these ions on root and shoot dry weights, root and shoot lengths and chlorophyll (a, b and total chlorophyll) content was studied. Besides, chromium accumulation was determined in roots and shoots. Data analysis was carried out and means were compared at 0.05 level. Results showed that with increasing Cr^{+3} and Cr^{+6} concentrations in medium, the root and shoot dry weights and lengths and chlorophyll content decreased. Significant decrease in the root and shoot dry weights were observed at 3 mg/l and 2-3 mg/lCr^{+3}, respectively. In plants treated by Cr^{+6} , significant decrease in the root and shoot dry weights was observed at 0.75 mg/l. Cr^{+3} caused significant diminishment in the root and shoot lengths from 0.75 mg/l up to 3 mg/l. While significant decrease in the root and shoot lengths of plants treated by Cr^{+6} was observed at 0.75 mg/l and 0.5-0.75 mg/l, respectively. Decrease of chlorophyll a, b and total chlorophyll were significant at the highest Cr^{+3} concentrations (3 mg/l). The levels of chlorophyll a, b and raw chlorophyll decreased significantly at 0.25 mg/l and higher concentrations of Cr^{+6}. With enhancing Cr^{+3} and Cr^{+6} concentrations in medium, the levels of these ions in the roots and shoots increased significantly. Chromium accumulation in the roots was much higher than the shoots.

Key words: Cr^{+3}, Cr^{+6}, chlorophyll, growth, *Petroselinuim crispum*

Archive of SID

www.SID.ir