نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۳، بهار ۱۳۹۸ / صفحات: ۸۹-۷۴

اثر پرایمینگ بذر گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) با سالیسیلات در شرایط آلودگی کروم و سرب

الهام جعفریان[۱]، مهراب یادگاری[۱*]، رامین ایرانی‌پور[۱و۲]

[۱]گروه زراعت و گیاهان دارویی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

[۲]مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱

چکیده

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر خرفه بر میزان پالایش عناصر سنگین کروم و سرب و صفات رشدی خرفه، آزمایشی در دو مرحله آزمایشگاه و مزرعه در سال ۱۳۹۶ انجام شد. طرح آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل ۳ عامل با ۳ تکرار به صورت گلدانی انجام شد. تیمارها شامل بذور پرایم (با غلظت ۱ میلی مول اسیدسالیسیلیک) و غیرپرایم، سطوح مختلف کروم (۰، ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سرب (۰، ۵۰، ۱۵۰و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بودند. نتایج نشان داد سطوح مختلف کروم و سرب تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی داشت. با افزایش غلظت فلزات، مقدار صفات وزن تر و خشک اندام‌های زمینی و هوایی و درصد عصاره ساختار هوایی، به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. بیشترین مقادیر صفات وزن تر و خشک اندام‌های زمینی و هوایی و درصد عصاره ساختار هوایی، مربوط به گیاهان پرایم شده بدون آلودگی فلزات سنگین و پایین‌ترین میزان در گیاهان غیرپرایم با بالاترین سطوح آلودگی کروم (۱۰۰میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده، پرایمینگ بذر خرفه، تأثیر افزاینده در پالایش عناصر کروم و سرب از خاک داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پالایش عناصر، فلزات سنگین، عصاره.

مقدمه

جوانه‌زنی به‌عنوان اولین مرحله‌ی نموی گیاه، یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان و فرآیند کلیدی در سبزشدن گیاهچه است. اعمال تیمارهای پیش از کاشت بذر، به ویژه در شرایط نامساعد محیطی و بستر غیربهینه بذر، می‌تواند جوانه‌زنی، رشد و نمو را در ابتدای دوره زیستی بهبود بخشیده و باعث استقرار هرچه بهتر گیاهچه شود. به این تیمارها پرایمینگ بذر اطلاق می‌شود (Abbasdokht et al., 2012). چندین روش برای پرایمینگ بذر وجود دارد که از آن جمله می‌توان به هیدرو پرایمینگ (جذب آب)، هالو پرایمینگ (جذب در محلول‌های نمکی غیر آلی)، اسمو پرایمینگ (جذب در محلول‌های اسمزی مختلف آلی)، ترمو پرایمینگ (تیمار بذر با دمای بالا یا پایین)، ماتریک پرایمینگ (تیمار بذر با ماتریس‌های جامد)، بیو پرایمینگ (هیدراسیون با بهره‌گیری از ترکیب‌های بیولوژیک) و پرایمینگ هورمونی اشاره کرد (Eisvand et al., 2008). پرایمینگ منجر به افزایش بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی در شرایط دمای پایین (Abbasdokht et al., 2012)، افزایش سرعت

*مسئول مکاتبه: mehrabyadegari@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

جوانه‌زنی (Karimzadeh et al., 2013)، بهبود صفات جوانه‌زنی (Karbalaee Gholizadeh et al., 2014)، افزایش مقاومت به شوری، افزایش جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه (Salehzade et al., 2009) می‌شود.

برای پرایمینگ بذر از مواد مختلفی استفاده می‌شود از جمله اسیدسالیسیلیک که از ترکیبات فنلی است و نقش مهمی در تنظیم و نمو گیاهی، نسخه‌برداری، عملکرد روزنه‌ها، محتوای کلروفیل، جوانه‌زنی، میوه‌دهی و گلدهی دارد (Korkmaz et al., 2007). تأثیر اسید سالیسیلیک بر تولید متابولیت‌های ثانویه وابسته به ماهیت ترکیب هدف و تفاوت ژنتیکی و مسیرهای متابولیسمی گیاهان، می‌باشد (Wang and Li, 2007). گزارش‌های متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات ناشی از تنش‌ها وجود دارد. از جمله اسید سالیسیلیک با اثر بر روی آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پلی‌فنل اکسیداز، پراکسیداز و متابولیت‌هایی مانند آسکوربیک اسید و گلوتاتیون ، منجر به رفع اثرات فلزات سنگین و افزایش فتوسنتز و تعرق (Najafian et al., 2009)، سمیت‌زدایی و تحمل به شوری (Delavari et al., 2010)، افزایش روتین، کوئرستین و فلاونوئیدها در بنفشه[1] (Ghorbani et al., 2013) و تولید مواد فنولی و کاهش تجمع یون‌های سمی بواسطه اثرات آنتی‌اکسیدانی در آویشن[2] (Victor Perez et al., 2012) و نعناع فلفلی[3] (Figurera et al., 2014) می‌شود.

امروزه یکی از آلودگی‌هایی که منجر به افت کمی و کیفی نباتات گردیده است، آلودگی به فلزات سنگین است. از جمله این فلزات سرب است. این فلز توسط انسان به طرق مختلف وارد محیط زیست می‌شود (Lu et al.,2008). از دیگر فلزات سنگین کروم می‌باشد که به‌طور طبیعی در محیط زیست دیده می‌شود و بیشتر از طریق هوازدگی طبیعی سنگ معدن کرومیت، وارد محیط زیست می‌شود (Shahnker et al., 2005; Azizi et al., 2016). یکی از روش‌های سمیّت‌زدایی و کاستن از مواد آلوده، استفاده از گیاهان بیش انباشتگر[4] است. بهره‌گیری از گیاهان برای استخراج فلزات سنگین از خاک روشی امیدبخش برای بهسازی خاک‌های آلوده می‌باشد و اصطلاحاً گیاه‌پالایی نامیده می‌شود (Baker et al., 2000). از جمله گیاهانی که منجر به پاکسازی محیط زیست می‌شوند گیاه خرفه است (Osma et al., 2014; Azizi et al., 2016). خرفه، با نام علمی *Portulaca oleraceae* L. متعلق به خانواده Portulacaceae است. ساقه‌های این گیاه سرشار از اسیدهای چرب امگا-۳، آلفاتوکوفرول، اسیداسکوربیک، بتا کاروتن، گلوتاتیون، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک است (Chauhan and Johnson, 2009). این گیاه قادر به نمک‌زدایی بوده، ضمن آن‌که تحمل بالا به خشکی، شوری و فلزات سنگین از سایر خصوصیات این گیاه است (Yadegari and Karimi, 2014). از دیگر گیاهانی که منجر به پالایش زمین از فلزات سنگین می‌شوند، آفتابگردان (Sadat Piroz and Manochehri, 2010) و همیشه‌بهار (Yadegari et al., 2016, 2017) می‌باشند.

هدف این تحقیق، به دست آوردن تأثیر تیمار پرایمینگ بذر خرفه (جمعیت صفاشهر شیراز) با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و بررسی اثر آن در پالایش فلزات سنگین از خاک و تأثیر این فلزات بر صفات رشد و نموی این گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد

1. *Viola cornuta* L.
2. *Thymus membranceus* L.
3. *Mentha piperita* L.
4. Hyperaccumulator

Archive of SID

www.SID.ir

شهرکرد، با موقعیت ´۵۱ °۵۰ طول جغرافیایی شمالی و ´۱۷ °۳۲ عرض جغرافیایی شرقی و ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا انجام شد. بذور جمعیت صفاشهر شیراز (سال تولید ۱۳۹۵) تهیه شده از شرکت پاکان بذر بدلیل فراگیربودن استفاده آن بنابر توصیه شرکت سازنده، جهت این تحقیق در نظر گرفته شد. تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل سه عامل در ۳ تکرار و فاکتورهای آزمایشی شامل فلز سنگین کروم (۰، ۲۵، ۷۵، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک، فلز سنگین سرب (۰، ۵۰، ۱۵۰، ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک) و بذور (پرایم شده و غیرپرایم) با تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی‌مول در شرایط مزرعه‌ای بود. صفات مورد ارزیابی شامل وزن خشک اندام هوایی و زمینی، مقادیر فلزات سنگین در خاک و در اندام‌های زمینی و هوایی گیاه و درصد عصاره اندام هوایی گیاه بود. برای آماده‌سازی خاک گلدان‌ها (با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم)، نمونه‌ی برداشته شده از خاک مزرعه، در برابر هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک۴ میلی‌متری عبور داده شد (Diaconu et al., 2012). از خاک جمع آوری شده در زیر الک ۲ میلیمتری برای آزمایش تجزیه‌ی خاک استفاده شد (Hodaji and Jalalian, 2004). مشخصات خاک مزرعه درجدول ۱ آورده شده است. پس از انجام تجزیه‌ی خاک، برای آلوده کردن خاک، مقادیر محاسبه شده‌ی نمک فلزات سنگین به صورت دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) و کلرور سرب ($PbCl_2$)، به صورت محلول در آب و با استفاده از اسپری بر خاک اعمال و با خاک مخلوط گردید (Rashid Shomali et al., 2012).

اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام‌های مختلف: پس از مدت تقریبی سه ماه و در اوایل گلدهی، گیاهان همراه با ریشه از خاک جدا شدند و پس از شستشو، هر گیاه به بخش‌های هوایی و زمینی تقسیم شده، سپس در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن خشک بخش هوایی و زمینی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری کروم و سرب موجود در بخش هوایی گیاه: از پودر تهیه شده از نمونه‌های گیاهی خشک شده، خاکستر تهیه و از آن برای اندازه گیری سرب و کادمیوم موجود در بخش‌های هوایی نمونه‌های گیاهی استفاده شد (Ghaderian and Jamali Hajiani, 2010).

اندازه‌گیری میزان کروم و سرب خاک: برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک (قبل و بعد از برداشت گیاهان) از عصاره‌گیر دی‌اتیلن تری‌آمین پنتا استیک اسید به همراه کلرید کلسیم و تری اتانول آمین، استفاده شد. سپس غلظت فلزات سنگین به وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (Davari et al., 2010).

سنجش درصد عصاره: در جهت برآورد اثرات پرایمینگ بذر و فلزات سنگین بر میزان کمی عصاره، درصد عصاره‌ی گیاه از ماده خشک توسط دستگاه سوکسله بر اساس ۱۰۰ گرم ماده خشک گیاهی صورت گرفت (Azizi et al., 2016).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS ver.8 و مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (L.S.D) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 رسم گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی	بافت	اسیدیته	کربن آلی	ظرفیت تبادل کاتیونی	کل مواد خنثی	فسفر در دسترس	نیتروژن
(دسی زیمنس بر متر)			(درصد)	(سانتی مول)	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(درصد)
۰/۹۱۲	لومی رسی	۷/۸۹	۰/۹۱۱	۲۶/۵	۳۰/۵	۴/۹	۰/۰۸۷

پتاسیم در دسترس	روی	منگنز	آهن	مس	بر	سرب	کروم
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)							
۱۶۹	۰/۵۲	۸/۳۲	۳/۴۹	۱/۶۲	۲/۴۹	۱/۱۲	۰/۹۵

جدول ۲: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی گیاه خرفه تحت تیمارهای پرایم، سرب و کروم در شرایط مزرعه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن‌خشک اندام هوایی	وزن‌خشک اندام زمینی	درصد عصاره	سرب اندام هوایی	سرب ریشه	کروم اندام هوایی	کروم ریشه	کروم خاک	سرب خاک	وزن خشک کل
پرایم (A)	۱	۶/۵۳**	۰/۰۳**	۱۱۲/۵۶**	۱/۳۴**	۰/۵۱**	۰/۴۹**	۰/۱۶**	۰/۸۴**	۱/۶۸**	۸/۱۲**
سرب (B)	۳	۰/۲۸**	۰/۰۰۴**	۴۳۴/۲۶**	۴۲/۵۳**	۸/۲۹**	۰/۱۶**	۰/۰۵**	۰/۴۳**	۲۳/۱۶**	۰/۶۸**
کروم (C)	۳	۰/۲۰**	۰/۰۰۲**	۲۰۱/۹۹**	۰/۲۱**	۰/۲۰**	۲۰/۵۹**	۶/۹۵**	۴/۰۵**	۰/۴۰**	۰/۱۶**
A×B	۳	۰/۰۹**	۰/۰۰۱**	۲۵/۷۱**	۰/۰۹**	۰/۰۱**	۰/۰۵**	۰/۰۰۳**	۰/۰۶**	۰/۱۰**	۰/۱۳**
A×C	۳	۰/۱۲**	۰/۰۰۰۹**	۱۹/۴۱**	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۶**	۰/۰۷**	۰/۰۲**	۰/۰۴*	۰/۰۲**	۰/۱۲**
B×C	۹	۰/۰۲*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۹/۷۸*	۰/۰۴**	۰/۰۲**	۰/۰۵**	۰/۰۳**	۰/۱۹**	۰/۰۲**	۰/۰۲*
A×B×C	۹	۰/۰۲*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۶**	۰/۰۲**	۰/۰۰۶**	۰/۰۲*	۰/۰۱**	۰/۰۲*
خطا (E)	۶۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۴/۱۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات		۷/۸۹	۱۷/۲۴	۱۶/۳۷	۳/۹۸	۱/۲۷	۰/۷۸	۱/۸۷	۹/۸۹	۰/۵۱	۷/۰۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

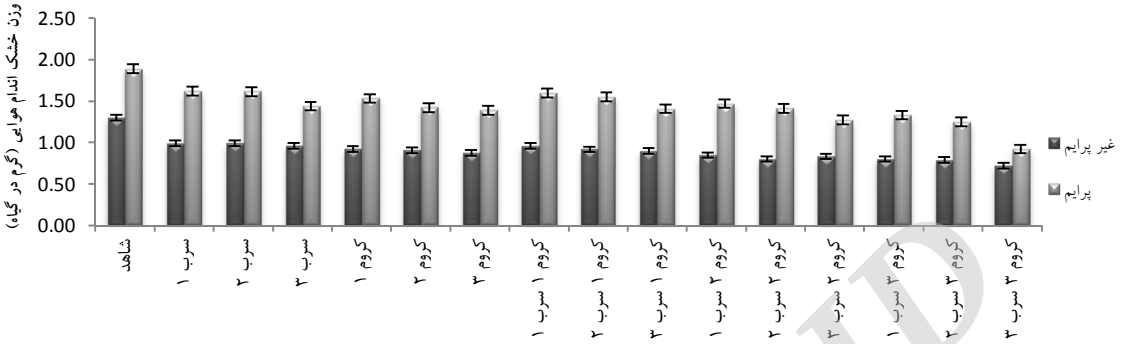
نتایج

وزن خشک اندام هوایی و زمینی: در اثرات منفرد پرایم، سرب و کروم و همچنین اثرات دوگانه پرایم و سرب، پرایم و کروم روی وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک اندام زمینی اثرات معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده گردید. اثرات دوگانه سرب و کروم و اثرات سه‌گانه پرایم، سرب و کروم بر روی وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام هوایی و زمینی و کل مربوط به گیاهان شاهد پرایم و کمترین وزن خشک اندام هوایی و زمینی و کل مربوط به گیاهان غیرپرایم تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم ۱۰۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب ۳۰۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. در بین اثرات کروم و سرب بر روی وزن‌خشک اندام هوایی و زمینی پرایم و غیرپرایم،

Archive of SID

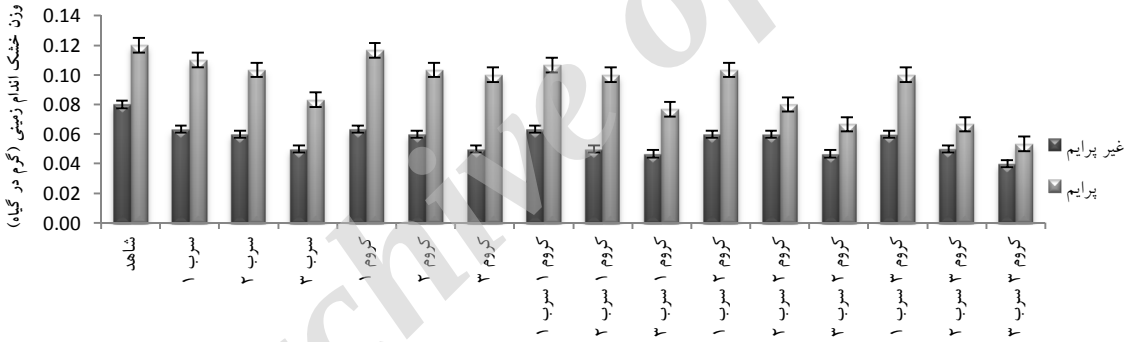
www.SID.ir

وزن خشک کل پرایم و غیرپرایم گروه‌بندی‌های متفاوتی دیده شد. بالاترین وزن خشک اندام هوایی و زمینی به ترتیب به میزان ۱/۸۹ و ۰/۱۲ گرم در تیمار شاهد پرایم، کمترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۷۲ گرم) و اندام زمینی (۰/۰۴ گرم) در تیمار ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در گیاهان غیرپرایم بدست آمد (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱: مقایسات میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاه خرفه پرایم و غیرپرایم تحت تیمارهای کروم و سرب.

کروم۱: غلظت ۲۵ میلی‌گرم فلز کروم در کیلوگرم خاک؛ کروم۲: غلظت۷۵ میلی‌گرم فلز کروم در کیلوگرم خاک؛ کروم۳: غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فلز کروم در کیلوگرم خاک؛ سرب۱: غلظت۵۰ میلی‌گرم فلز سرب در کیلوگرم خاک؛ سرب۲: غلظت۱۵۰ میلی‌گرم فلز سرب در کیلوگرم خاک؛ سرب۳: غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم فلز سرب در کیلوگرم خاک.

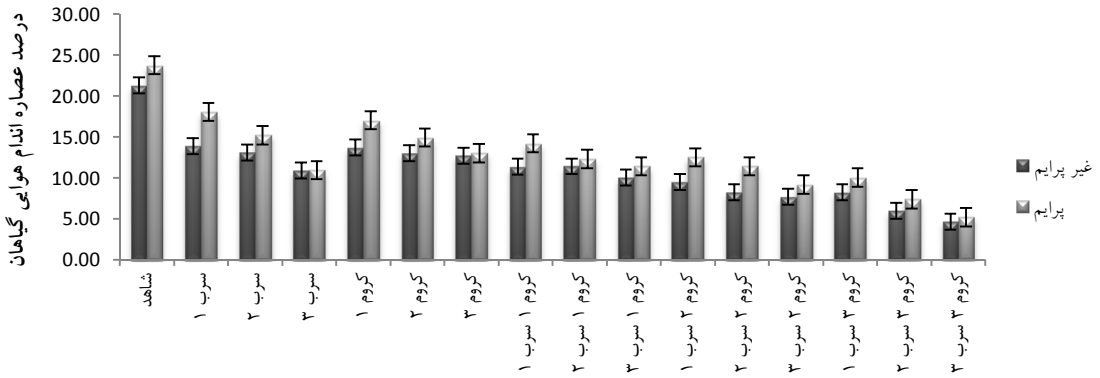


شکل ۲: مقایسات میانگین وزن خشک اندام زمینی گیاه خرفه پرایم و غیرپرایم تحت تیمارهای کروم و سرب.

درصد عصاره: نتایج برآمده از آزمایش بر روی عصاره گیاه خرفه وجود اثرات معنی‌دار در بین تیمارهای اعمال شده را نشان داد. در اثرات منفرد پرایم، کروم و سرب و همچنین اثرات دوگانه پرایم و سرب، پرایم و کروم روی درصد عصاره اثرات معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده گردید. اثرات دوگانه سرب و کروم بر روی عصاره در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و اثرات سه‌گانه پرایم، کروم و سرب بر روی درصد عصاره معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین درصد عصاره (۲۳٪) مربوط به گیاهان شاهد پرایم و کمترین درصد عصاره (بر اساس ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک گیاهی) مربوط به گیاهان تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان غیرپرایم بود که با توجه به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان تحت تیمار با فلزات سنگین این نتیجه درست است (شکل ۳).

Archive of SID

www.SID.ir



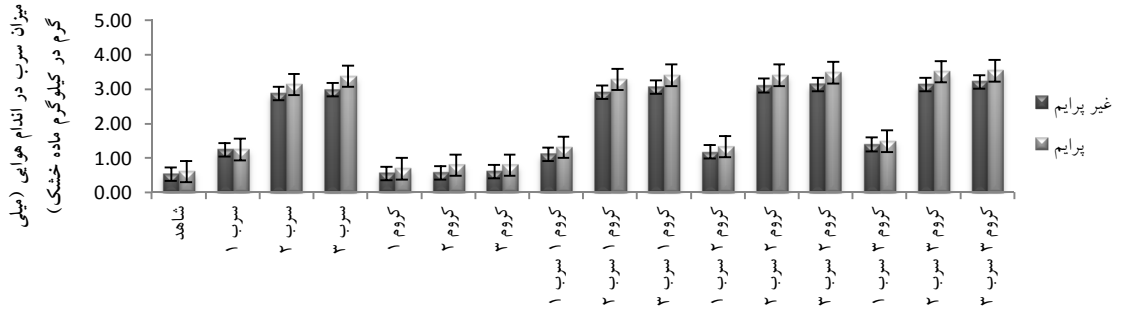
شکل ۳: مقایسات میانگین درصد عصاره گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم تحت تیمارهای کروم و سرب.

مقدار فلزات سنگین در اندام هوایی، ریشه و خاک: نتایج برآمده از آزمایش وجود اثرات معنی‌دار در بین تیمارهای اعمال شده را نشان داد. اثرات منفرد پرایم، سرب و کروم و همچنین اثرات دوگانه و سه‌گانه آنها بر روی سرب اندام هوایی، سرب ریشه و سرب خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده و در اثر دوگانه پرایم و کروم و اثر سه‌گانه پرایم، کروم و سرب بر روی سرب اندام هوایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). دامنه تغییر تجمع سرب در بخش هوایی از (۰/۵۳ ppm) در شاهد غیرپرایم تا (۳/۵۴ ppm) در گیاهان پرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که نشان می‌دهد گیاهان پرایم شده سرب بیشتری را در شاخساره خود تجمع داده‌اند و با افزایش غلظت سرب در خاک، میزان انباشت سرب در شاخساره گیاهان افزایش یافت (شکل ۴). در دسته‌بندی میانگین تیمارهای اعمال شده دستجات مختلفی دیده شد و دامنه‌ی تغییر تجمع کروم در بخش هوایی از (۰/۰۹ ppm) در شاهد غیرپرایم تا (۲/۵۵ ppm) در گیاهان پرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۵). با افزایش غلظت کروم در خاک، میزان انباشت کروم در شاخساره گیاهان به ویژه گیاهان پرایم شده بیشتر شد. دامنه تغییر تجمع سرب در ریشه از(۰/۲۱ ppm) در شاهد غیرپرایم تا (۱/۹۳ ppm) در گیاهان پرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۶). دامنه تغییر تجمع کروم در ریشه از (۰/۰۲ ppm) در شاهد غیرپرایم تا (۱/۳۷ ppm) در گیاهان پرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که نشان‌دهنده تجمع بیشتر سرب در ریشه گیاهان پرایم شده بود (شکل ۷). دامنه تغییر تجمع سرب در خاک از(۰/۵۶ ppm) در خاک گیاهان شاهد پرایم تا (۳/۰۱ ppm) در خاک گیاهان غیرپرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۸) و دامنه تغییر تجمع کروم در خاک از (۰/۰۹ ppm) در خاک گیاهان شاهد پرایم تا (۱/۶۲ ppm) در خاک گیاهان غیرپرایم تحت تیمار با بیشترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که نشان می‌دهد گیاهان پرایم شده توانایی بیشتری در پالایش سرب خاک داشته‌اند (شکل ۹). با توجه به مقادیر مورد برآورد فلزات سرب و کروم در ابتدای فصل

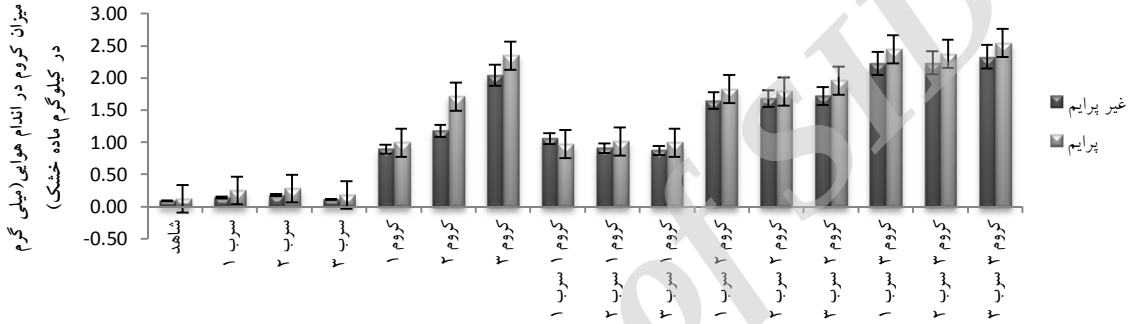
Archive of SID

www.SID.ir

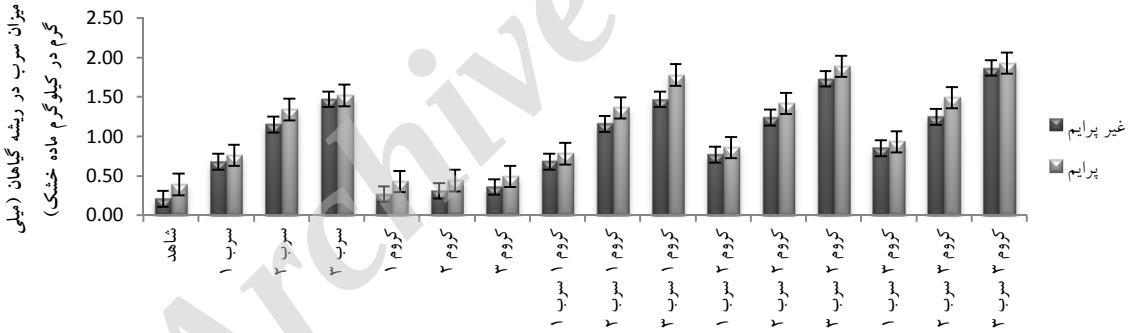
کاشت که به‌ترتیب ۱/۱۲ و ۰/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده‌اند، می‌توان بیان نمود کـه ایـن فلـزات در خـاک گیاهان شاهد پرایم به‌ترتیـب بـه‌میـزان ۰/۵۶ و ۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافته است.



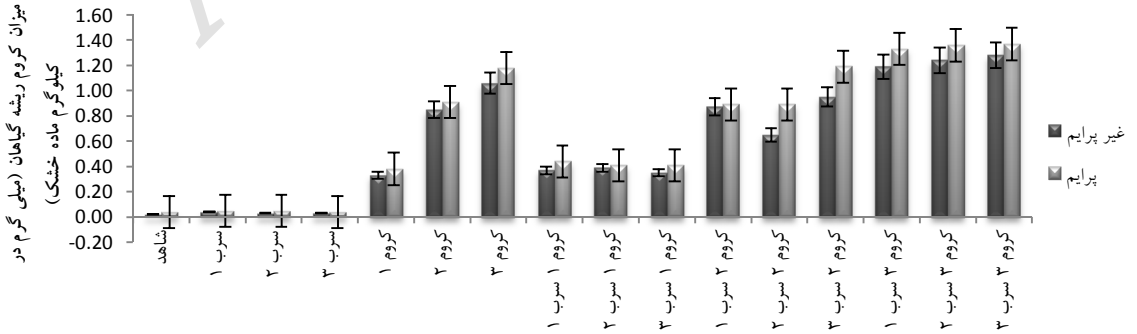
شکل ٤: مقایسات میانگین مقدار سرب در شاخساره گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.



شکل ٥: مقایسات میانگین مقدار کروم در شاخساره‌ی گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.



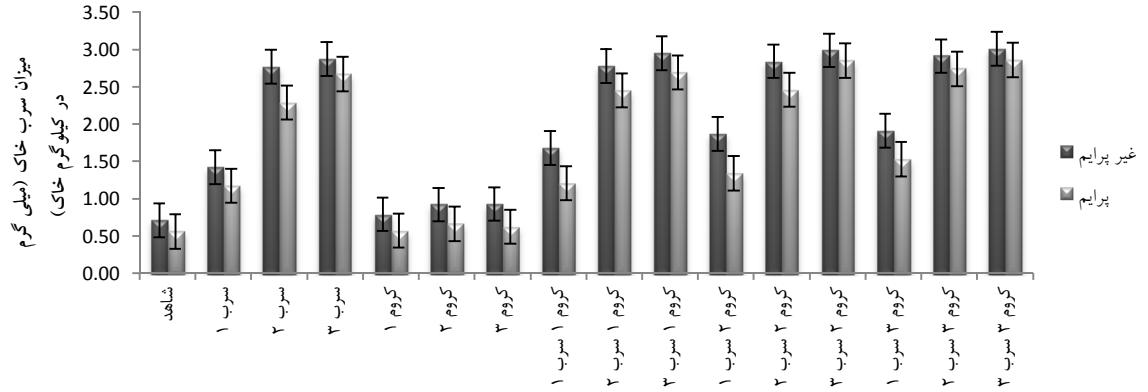
شکل ٦: مقایسات میانگین مقدار سرب در ریشه گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.



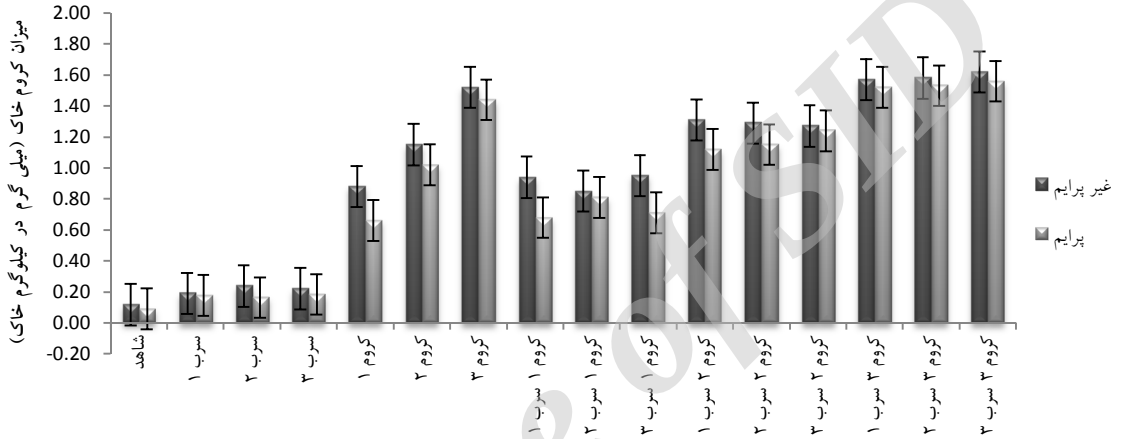
شکل ۷: مقایسات میانگین مقدار کروم در ریشه گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: مقایسات میانگین مقدار سرب قابل جذب در خاک گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.



شکل ۹: مقایسات میانگین مقدار کروم قابل جذب در خاک گیاهان خرفه پرایم و غیرپرایم.

همبستگی بین صفات

در اثر ازدیاد فلزات سنگین سرب و کروم، میزان وزن تر و خشک اندام هوایی، زمینی و کل کاهش یافت که تأثیر سرب روی وزن تر و خشک زمینی و کل بیشتر بود ولی بر روی وزن تر و خشک هوایی کروم و سرب تقریباً به یک میزان تأثیر داشتند. بین وزن تر و خشک اندام هوایی با میزان عصاره رابطه مستقیم و مثبت وجود داشت (جدول ۳). با توجه به میانگین‌های وزن خشک هوایی (شکل ۱) و وزن اندام زمینی (شکل ۲) گیاهان پرایم و غیرپرایم و میانگین درصد عصاره (شکل ۳) می‌توان به نقش کاهنده‌ی فلزات سنگین در میزان وزن خشک گیاه و اثرگذاری آن روی درصد عصاره اشاره کرد. سرب اندام هوایی با تمامی صفات مورد برآورد از جمله سطح برگ، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک و تر اندام زمینی و هوایی، وزن خشک و تر کل و درصد عصاره رابطه معکوس و معنی‌داری داشت، امّا با میزان کروم در ساختار هوایی، زمینی و نیز کروم موجود در خاک ارتباط معنی‌داری نداشت، هرچند این ارتباط مثبت ارزیابی گردید (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۳: همبستگی صفات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه

صفات	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	طول به قطر میوه	وزن هسته	طول هسته	عرض هسته	ضخامت هسته	طول به عرض هسته	وزن گوشت	اسیدیته کل	مواد جامد محلول	pH	نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل
وزن میوه	۱													
طول میوه	۰/۹۶۶**	۱												
قطر میوه	۰/۹۸۶**	۰/۹۶۸**	۱											
طول به قطر میوه	-۰/۷۵۳**	-۰/۶۲۶**	-۰/۸۰۱**	۱										
وزن هسته	۰/۵۹۱**	۰/۷۰۱**	۰/۵۹۰**	-۰/۱۷۰ ns	۱									
طول هسته	۰/۳۳۶*	۰/۴۹۱**	۰/۳۷۴**	-۰/۰۲۹ ns	۰/۶۴۶**	۱								
عرض هسته	۰/۵۸۰**	۰/۶۸۸**	۰/۶۲۵**	-۰/۳۳۵*	۰/۶۹۹**	۰/۸۷۸**	۱							
ضخامت هسته	۰/۷۷۰**	۰/۷۷۷**	۰/۷۶۸**	-۰/۵۲۴**	۰/۸۲۳**	۰/۴۰۱**	۰/۶۱۳**	۱						
طول به عرض هسته	-۰/۶۴۷**	-۰/۶۱۱**	-۰/۶۷۸**	۰/۶۶۳**	-۰/۳۷۴**	-۰/۱۴۹ ns	-۰/۶۰۲**	-۰/۶۱۳**	۱					
وزن گوشت	۰/۴۹۲**	۰/۴۴۶**	۰/۵۰۴**	-۰/۵۱۸**	-۰/۱۳۰ ns	۰/۰۶۵ ns	۰/۲۴۱ ns	۰/۰۹۰ ns	-۰/۳۹۳**	۱				
اسیدیته کل	۰/۲۱۷ ns	۰/۱۸۳ ns	۰/۲۴۱ ns	-۰/۳۲۱*	-۰/۰۹۸ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۶۶ ns	۰/۱۰۶ ns	-۰/۱۴۳ ns	۰/۳۰۸*	۱			
مواد جامد محلول	-۰/۲۲۲ ns	-۰/۳۰۰*	-۰/۲۵۸ ns	۰/۱۱۱ ns	-۰/۳۸۲**	-۰/۵۵۷**	-۰/۵۴۹**	-۰/۲۹۵*	۰/۲۰۷ ns	-۰/۰۹۵ ns	۰/۰۳۶ ns	۱		
pH	۰/۷۸۵**	۰/۷۲۴**	۰/۸۰۴**	-۰/۷۸۸**	۰/۲۳۴ ns	۰/۰۶۵ ns	۰/۲۹۴*	۰/۵۰۱**	-۰/۵۱۳**	۰/۵۷۰**	۰/۳۲۴*	-۰/۲۱۲ ns	۱	
نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل	-۰/۱۷۱ ns	-۰/۱۹۸ ns	-۰/۲۰۸ ns	۰/۱۹۳ ns	-۰/۱۹۱ ns	-۰/۳۳۳*	-۰/۳۳۲*	-۰/۲۸۱*	۰/۱۴۸ ns	-۰/۱۲۵ ns	-۰/۶۸۰**	۰/۶۰۱**	-۰/۲۳۲ ns	۱

**همبستگی معنی‌دار در سطح ۱٪ * همبستگی معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns عدم وجود همبستگی معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

در بررسی صفات بررسی شده در گیاهان پرایم شده، به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک موجب تغییراتی در گیاه شده، این تغییرات اغلب به صورت سازش‌هایی است که تحمل و سازگاری گیاهان را در مقابل عوامل محیطی افزایش می‌دهد. این ماده نقش بسیار مهمی در مقاومت به تنش‌های غیر زیستی (فلزات سنگین، خشکی، شوری) ایفا می‌کند و استفاده از این توانایی در ایجاد مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی بسیار با اهمیت می‌باشد. از آن‌جایی که اسید سالیسیلیک یک هورمون رشد گیاهی است و در برخی گیاهان سبب افزایش عملکرد ماده خشک و میزان عصاره شده است (Korkmaz et al., 2007)، افزایش میزان عصاره در اثر محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک در اثر افزایش رشد رویشی، جذب مواد غذایی بیشتر توسط ریشه‌ها به دلیل افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه و هم‌چنین تغییر در جمعیت غده‌های تولید کننده عصاره در برگ‌هاست (Korkmaz et al., 2007؛Yadegari, 2018). نتایج بدست آمده نشانگر تأثیر سمی فلزات سنگین بر ریشه و جلوگیری از رشد آن می‌باشد (Baker et al., 2000)، که در اثر کاهش رشد ریشه، میزان جذب آب و یون‌های معدنی کاهش می‌یابد که نتیجه‌ی آن کاهش رشد عمومی گیاهان و به تبع آن کاهش وزن شاخساره گیاه می‌باشد (Barcelo and Poschenreider, 1990). در تحقیقات قبلی نیز بر تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک به عنوان یک ماده شبه هورمون بر اکثر واکنش‌های متابولیسمی اشاره شده است و این ماده نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان دارد. پیش تیمار بذر یک تکنولوژی عملی جهت افزایش سرعت و یکنواختی سبز کردن، قدرت جوانه‌زنی بالا و عملکرد بهتر در گونه‌های گیاهی دارویی می‌باشد (Gupta and Hunsigi, 2010).کاهش رشد عمومی گیاهان، در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین در پژوهش‌های قبلی نیز تأیید شده است (Baker et al., 2000; Parida et al., 2003). در نتیجه‌ی کاهش رشد ریشه، میزان جذب آب و یون‌های معدنی کاهش می‌یابد که نتیجه‌ی آن کاهش رشد عمومی گیاهان است (Barcelo and Poschenreider, 1990). با افزایش غلظت کروم در خاک میانگین وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه خرفه کاهش معنی‌دار یافتند و غلظت کروم شش ظرفیتی در ریشه و اندام هوایی گیاه افزایش یافت. خرفه به عنوان یک تجمع‌دهنده کارا برای کروم شش ظرفیتی در خاک‌ها می‌باشد (Azizi et al., 2016). در تحقیق دیگری بر روی گیاه خرفه گزارش شد که ریشه در این گیاه جمع‌کننده عمده فلزات سنگین سرب و مس است (Ghorbanli and Keyapour, 2014). در پژوهش صورت گرفته روی گیاه گلرنگ[1] مشخص شد که، با بالا رفتن غلظت فلزات سنگین در خاک، روند نزولی در بیشتر پارامترهای رشدی این گیاه مشاهده شد (Hushmandfar and Moraghebi, 2011). فلزات سنگین موجود در خاک سبب کاهش رشد و عملکرد ماده خشک اندام هوایی و بازده گیاه‌پالایی می‌گردند، چنانچه نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل در گیاه جعفری[2] نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، مقاومت روزنه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد، به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد و در نتیجه تولید زی‌توده ریشه و اندام هوایی کاهش می‌یابد (Khatib et al., 2008). افزایش سرب به خاک در یک دوره‌ی ۲ و ۴ هفته‌ای سبب کاهش رشد طولی ریشه و ساقه در گیاه *Sesbania drummondio* شد (Ruley et al., 2006). در همین خصوص گزارش شده است که کروم بر رشد بخش هوایی، تأثیر نامطلوبی دارد. علت عمده

1. *Carthamus tinctorius*
2. *Petroselinum crispum*

Archive of SID

www.SID.ir

این کاهش را می‌توان به کاهش رشد ریشه و متعاقب آن انتقال کمتر آب و مواد غذایی به بخش‌های هوایی گیاه نسبت داد. علاوه بر این، انتقال کروم به بخش هوایی اثر مستقیمی بر متابولیسم سلولی در بخش‌های هوایی دارد و منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Shanker et al., 2005).

به‌طورکلی ایجاد تغییر در مورفولوژی ریشه در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین و تغییر ساختار ریشه باعث کاهش جذب مواد غذایی شده، کاهش رشد را به دنبال دارد (Fuentes et al., 2006). مراحل اولیه بیوسنتز کلروفیل از حساس‌ترین مراحل نسبت به فلزات سنگین محسوب می‌شود. ایجاد اختلال در مراحل مختلف سنتز کلروفیل به وسیله فلزات سنگین از دلایل اصلی کاهش محتوای کلروفیل و کاهش رشد در گیاهان تحت تیمار با عناصر سنگین است (Khatib et al., 2008). نتایج مشابهی بر روی دو رقم مختلف برنج به دست آمد و در بیشتر حالت‌ها گزارش گردید که ریشه‌ها مقادیر بیشتری از سرب را در مقایسه با بخش هوایی انباشته می‌کنند، به همین خاطر سرب، بیشترین آسیب را به سیستم ریشه‌ای وارد می‌کند (Fuentes et al., 2006). در تحقیق دیگری گزارش شد که آفتابگردان بیشترین میزان کروم را در ریشه در مقایسه با اندام هوایی تجمع داده است و از این طریق در مقابل فلز سنگین کروم مقاومت نشان داده است (Sadat Piroz and Manochehri, 2010).

گزارش شده است کاهش وزن تر و خشک ریشه‌ها، اندام هوایی، طول ریشه، ساقه و سطح پهنک برگ از جمله اثرات فیزیولوژیکی آلودگی ناشی از سرب بر روی پارامترهای رشد گیاه می‌باشد. علایم سمیّت سرب در گیاهان به صورت تیره شدن رنگ برگ‌ها، توقف رشد قسمت هوایی و کاهش زیست توده می‌باشد. مسمومیت سرب در گیاهان موجب زردی برگ‌های جوان، کاهش فتوسنتز و کاهش فعالیت‌های سلولی می‌گردد که شاید اصلی‌ترین این پدیده‌ها کاهش بیوسنتز کلروفیل (به دلیل ممانعت در جذب منیزیم و آهن) و تغییر ساختار کلروپلاست و جلوگیری از فعالیت آنزیم رابیسکو باشد. در گونه‌های گیاهی غیر مقاوم، فلزات سنگین طیف وسیعی از فعالیت‌های سلولی گیاه شامل فتوسنتز، تنفس، تغذیه‌ی معدنی، ویژگی‌ها و ساختمان غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Agrawal and Sharma, 2006). اثرات اصلی فلز سنگین کروم در گیاهان شامل کاهش رشد و نمو گیاه در مراحل جوانه‌زنی، کاهش رشد ریشه، ساقه و برگ، کاهش فعالیت آنزیمی و رشد گیاه، آسیب رساندن به غشای سلول و ریشه گیاه می‌باشد. کروم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز، روابط آبی و تغذیه معدنی تأثیر زیان‌باری دارد (Shanker et al., 2005). در بررسی فلزات سنگین بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه *Isatis cappadocica* از گیاهان تیره شب‌بو نتایج نشان داد که با افزایش غلظت فلز سنگین در محیط رشد گیاه میزان سطح برگ و کلروفیل کل کاهش می یابد. در سطوح بالای آلودگی فلزات سنگین، ریزش برگ‌های پایینی در گیاهان سلمه تره و خرفه مشاهده شد (Rashid Shomali et al., 2012).

از آن‌جایی که اسید سالیسیلیک یک هورمون رشد گیاهی است و در برخی گیاهان سبب افزایش عملکرد ماده خشک و میزان عصاره شده است (Korkmaz et al., 2007)، افزایش میزان عصاره در اثر محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک ممکن است در اثر افزایش رشد رویشی، جذب مواد غذایی بیشتر توسط ریشه‌ها به دلیل افزایش فعالیت های فتوسنتزی گیاه و هم‌چنین تغییر در جمعیت غده‌های تولید کننده عصاره در برگ‌ها باشد (Yadegari, 2018). با توجه به نقش افزایش‌دهندگی و محرک رشد هورمون اسید سالیسیلیک، میزان فتوسنتز و به تبع آن میزان شیره‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

پرورده گیاه بیشتر می‌شود (Korkmaz et al., 2007). در این تحقیق مشخص شد با افزایش عملکرد، میزان عصاره هم بیشتر می‌شود. در تحقیقات پیشین اشاره شده اثر فلزات سنگین بر گیاهان با قابلیت دسترسی آن فلز در خاک رابطه مستقیم دارد (Yadegari et al., 2016, 2017). در بررسی نحوه توزیع سرب در اندام‌های مختلف گیاه آفتابگردان و کلزا، میزان سرب موجود در اندام‌های گیاهی از غلظت قابل جذب این عناصر در خاک تبعیت می‌کرد و با افزایش غلظت سرب قابل جذب در خاک، غلظت آن در گیاه نیز افزایش یافت (Gholchin et al., 2005). نتایج برآمده از آزمایش وجود اثرات معنی‌دار در بین تیمارهای اعمال شده را نشان داد. اثر پرایم، سرب و کروم و اثرات دوگانه و سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد روی مقدار کروم در شاخساره‌ی گیاهان، کروم ریشه و خاک معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش غلظت فلزات سنگین در شاخساره‌ی گیاهان، ناشی از افزایش غلظت آن‌ها در خاک در تحقیقات پیشین گزارش شده است و بین غلظت‌های اضافه شده‌ی فلزات سنگین به خاک و غلظت بافتی آنها همبستگی مستقیم وجود داشت (Karimi et al., 2012).

پژوهش نشان داد که میزان کروم در ریشه‌های گیاه خرفه با افزایش سطح کروم در خاک، افزایش معنی‌داری داشت. ترکیبات کروم در ریشه و ساقه، به صورت کروم سه ظرفیتی می‌باشد، این نشان می‌دهد که جذب کروم از خاک به فرم کروم شش ظرفیتی اتفاق می‌افتد و سپس این کروم شش ظرفیتی با کارایی بالایی در گیاه به کروم سه ظرفیتی کاهش می‌یابد (Shanker et al., 2005; Azizi et al., 2016). به‌دلیل مکانیسم‌های محافظتی گیاه که از انتقال سرب به بخش‌های بالایی جلوگیری می‌کند، میزان تجمع این فلز در بخش‌های گیاهی از الگوی زیر تبعیت می‌نماید: ریشه > ساقه > برگ>میوه>دانه (Karimi et al., 2012). غلظت کادمیوم و کروم در اندام‌های هوایی اسفناج به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت تیمارهای به‌کار رفته در خاک است. در تمامی مشاهدات، با افزایش غلظت کادمیوم و کروم در خاک، غلظت آن دو فلز در اندام‌های هوایی افزایش نشان داد. همچنین از گیاه اسفناج می‌توان جهت گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به کروم و کادمیوم استفاده کرد، زیرا قدرت تحمل و تجمع بالایی را از خود نشان داد (Jahanbakhshi et al., 2013).

افزایش غلظت فلزات سنگین در شاخساره گیاهان، ناشی از افزایش غلظت آن‌ها در خاک است و بین غلظت‌های اضافه شده فلزات سنگین به خاک و غلظت بافتی آن‌ها همبستگی مستقیم وجود دارد (Karimi et al., 2012). نتایج حاصل از بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری بیانگر این مسأله بود که با افزایش غلظت نیکل در محیط رشد، غلظت آن در گیاه جعفری افزایش می‌یابد (Khatib et al., 2008). میزان انباشت سرب در گیاه، مانند کروم متأثر از غلظت آن در خاک است، اما غالباً میزان انباشت سرب در ریشه بالاتر از ساقه و برگ‌ها است. وجود بیشتر فلز سنگین در ریشه، تأثیر سمّی بر ریشه و جلوگیری از رشد آن دارد که در اثر کاهش رشد ریشه، میزان جذب آب و یون‌های معدنی کاهش می‌یابد که نتیجه‌ی آن کاهش رشد عمومی گیاهان و به تبع آن کاهش وزن شاخساره گیاه می‌باشد (Karimi et al., 2012).

با توجه به نتایج همبستگی بین صفات، به نظر می‌رسد با توجه به قلیایی بودن خاک و تحرک کمتر، سرب بیشتر در اندام زمینی مانده و باعث عدم جذب مناسب سرب توسط اندام هوایی گیاه شده است. بین مقدار فلزات سنگین در خاک با مقدار آنها در اندام هوایی و زمینی گیاه رابطه‌ی مثبت و مستقیم وجود

Archive of SID

www.SID.ir

داشت، به صورتی که با افزایش مقدار فلزات سنگین در خاک، میزان آنها در گیاه افزایش یافت. بین وزن خشک و تر ریشه با وزن خشک و تر اندام هوایی رابطه‌ی مستقیم و مثبت وجود داشت که نشان‌دهنده‌ی رشد و نمو ساختار زمینی با هوایی حتی در زمان آلودگی شدید خاک توسط فلزات سنگین سرب و کروم است. با توجه به اثرگذاری فلزات سنگین روی عملکرد و جذب آب در گیاهان دارویی متعدد، بدیهی است که این فلزات با اثرگذاری منفی روی اندام هوایی و همچنین فتوسنتز گیاهی، شاخص سطح برگ را کاهش دهند. در مطالعات متعددی همبستگی مثبت بین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه با شاخص سطح برگ بیان شده است (Yadegari et al., 2016, 2017; Rashid Shomali et al., 2012). زیان سرب ناشی از توان جابجایی کم آن در محیط زیست و رسوب‌پذیری بالای آن می‌باشد. علائم سمیت سرب در گیاهان به صورت تیره شدن رنگ برگ‌ها، توقف رشد قسمت هوایی، کاهش زیست توده، کاهش سنتز کلروفیل و حتّی ناهنجاری کروموزومی دیده شده است. بیشترین میزان سرب از طریق سیستم ریشه‌ای جذب گیاهان می‌شود و مقدار ناچیزی هم از طریق برگ به ویژه برگ‌های دارای کرک، جذب گیاهان می‌گردد. غلظت‌های سمّی فلزات سنگین از طریق تغییر در ساختار غشای سلول‌های ریشه و کاهش سطوح جذب کننده‌ی آب، منجر به کاهش پتانسیل آب گیاه و تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق، تنفس، فتوسنتز داشته و در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه و در نهایت بیوماس گیاه می‌شود (Fuentes et al., 2006). مطالعات نشان داده است که وزن تر اندام هوایی گیاه گلرنگ با غلظت مخلوط فلزات سنگین کادمیم، مس، نیکل و روی اضافه شده به خاک همبستگی معکوس داشت (Hushmandfar and Moraghebi, 2011). میزان غلظت فلزات سرب و روی در خاک و در گیاه گلرنگ با میزان عملکرد ماده‌ی خشک در این گیاه همبستگی معکوس داشته است (Hushmandfar and Tehrani, 2008). در مقایسه عملکرد گیاهان پرایم و غیرپرایم از نظر پالایش عناصر سنگین از خاک و صفات فیزیولوژیکی نتایج نشان‌دهنده برتری گیاهان پرایم شده بود. در تحقیقی گزارش شد که اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل جوانه‌زنی بذر، بسته‌شدن روزنه، افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل و افزایش عملکرد ایفا می‌کند (El-Tayeb, 2005). تأثیر اسید سالیسیلیک در زمینه‌ی ساز و کارهای دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیر زیستی به خوبی مشخص شده است. علاوه بر این، اسید سالیسیلیک با تأثیر بر ثبات و پایداری کلسیم در سلول، موجب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود (Delavari et al., 2010; Ghorbani et al., 2013; Victor Perez et al., 2012; Yadegari et al., 2018).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف غلظت فلزات سنگین سرب و کروم، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه مانند وزن خشک اندام هوایی و زمینی، وزن خشک کل و درصد عصاره داشت به گونه‌ای که با افزایش غلظت سرب و کروم، مقدار تمامی صفات فوق الذکر به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافتند و در این بین تأثیر سرب به لحاظ سمیّت بیش‌تر از کروم بود. زیرا کروم شش ظرفیتی در گیاه می‌تواند به کروم سه ظرفیتی تبدیل شده که به مقدار بسیار جزئی مورد نیاز گیاه می‌باشد. در دسته‌بندی میانگین‌ها در صفات وزن خشک اندام هوایی، زمینی، وزن خشک کل گیاه و درصد عصاره گیاهی، بیشترین

Archive of SID

www.SID.ir

میزان مربوط به گیاهان شاهد پرایم و پایین‌ترین میزان مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی کروم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سرب (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان غیرپرایم بود. نتایج نشان داد که پرایمینگ پرایمینگ بذر خرفه (جمعیت صفاشهر شیراز) با اسید سالیسیلیک (به میزان یک میلی‌مول) تأثیر مثبت در پالایش عناصر سنگین سرب و کروم از خاک داشت و مقاومت گیاهان پرایم شده در برابر عناصر سنگین را افزایش داد به نحوی که شاخص‌های عملکردی این گیاهان در سطح بالاتری از گیاهان غیرپرایم قرار گرفت.

References

Abbasdokht, H., Makkarian, H., Ahmadi, H. and Gholami, A. (2012). Study of integrated weed management by seed priming on yield and yield characters of *Zea mays* L. Journal of Weed Researches. 4: 63-76. (In Persian with English abstract).

Agrawal, V. and Sharma, K. (2006). Phytotoxic effects of Cu, Zn, Cd and Pb on in vitro regeneration and concomitant protein changes in Holarrhena antidysentrica. Plant Biolology. 50: 307-310.

Azizi, A., Rahbarian, R. and Mirblouk, A. (2016). Phytoremidiation of chromium in soil polluted by Purslane (*Portulaca oleracea*). Journal of Soil Researches. 30: 161-172. (In Persian with English abstract).

Baker, A.J.M., McGrath, S.P. and Smith, J.A.C. (2000). Metal Hyperaccumulator Plants: A Review of the Ecology and Physiology of a Biological Resource for Phytoremediation of Metal-Polluted Soils. USA7 Lewis Publisher, pp. 313-375.

Barcelo, J. and Poschenreider, C. (1990). Plant water relations as affected by heavy metals: a review. Journal of Plant Nutrient. 13: 1-37.

Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. (2009). Seed germination ecology of *Portulaca oleracea* L. An important weed of rice and upland crops. Annals of Applied Biology. 155: 61-69.

Delavari, P.M., Baghizadeh, A., Enteshari, S.H. and Mousavi, E.A. (2010). The effect of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. Australian Journal of Basic and Application Sciences. 4: 4832- 4845.

Eisvand, H.R., Tavakkol Afshari, R. and Sharifzadeh, F. (2008). Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat (*Agropyron elongatum* Host) seeds by hormonal priming for control and drought stress conditions. Journal of Crop Science. 39: 53-65.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215-225.

Figurera, P., Marely, G., Rocha, N.E. and Reynosa, R. (2014). Effect of chemical elicitors on peppermint (Mentha piperita) plants and their impact on the metabolite profil and antioxidant capacity of resulting infusion. Food Chemistry. 156: 273-278.

Fuentes, D., Disante, K.B., Valdecantos, A. and Cortina, J. (2006). Response of *Pinus halepensis* Mill. Seedling to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three Mediterranean forest soils. Environmental Pollution. 15: 1-8.

Ghaderian, S.M. and Jamali Hajiani, N. (2010). Evaluation of tolerance, absorption and accumulation of cadmium in *Matthiola chenopodiifolia* Fisch. Journal of Plant Biology. 87: 76-98.

Ghorbani, N., Moradi, H., Akbarpour, V. and Ghasemnezhad, A. (2013). The phytochemical change of violet flowers (*Viola cornuta*) response to exogenous salicylic acid hormone. Journal of Chemical Health Rests. 3(4): 1-8.

Ghorbanli, M. and Keyapour, A. (2014). Effect of various concentrations of lead and copper on maleon d-aldeed, proolin and proxidas activity in Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research. 30: 68-83. (In Persian with English abstract).

Gupta, T. and Hunsigi, S.L. (2010). Improving the performance of peppermint (*Mentha piperita*) by physical seed priming under semi-arid conditions. Indian Jornal of Medicinal Plant Research. Special Issue: 15-21.

Hodaji, M. and Jalalian, A. (2004). Transmittal of nickel, Mangenes and chadmium in soil and crops in Mobarakeh Plus. Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources. 8: 55-66. (In Persian with English abstract).

Archive of SID

www.SID.ir

Hushmandfar, A.R. and Moraghebi, F. (2011). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc on seed germination and growth of safflower. African Journal of Agricultural Research. 6(6):1463-1468.

Hushmandfar, A. and Tehrani, M. (2008). Evaluation of phytoremidiation of lead and zinc in soil by *Cartamus tingtorius* L. Journal of Plant and Natural Habitat. 14: 77-86. (In Persian with English abstract).

Jahanbakhshi, Sh., Rezaee, M. and Sayari Zehan, M. (2013). Evaluation of phytoremidation of Spinach under soil pollution with cadmium and chromium. Journal of Natural Resources. 66(3): 275-284. (In Persian with English abstract).

Karbalaee Gholizadeh, Sh., Mirmahmoodi, T. and Khalili aghdam, N. (2014). The effect of Hyropriming and priming with salicylic acid on antioxidant activity and germination in *Cannabis sativa* L. Journal of Research in Crop Science. 24: 65-78. (In Persian with English abstract).

Karimi, R., Chorom, M., Solhi, S. and Solhi, M. (2012). Potential of *Vicia faba* and *Brassica arvensis* for phytoextraction of soil contaminated with cadmium, lead and nickel. African Journal of Agricultural Research. 22: 3293-3301.

Karimzadeh, Y.S., Barzegar, A.B. and Sadrabadi, R. (2013). Effect of priming in improving of germination characters of Squash under drouth stress. Journal of Seed Research. 3: 52-60.

Khatib, M., Rashed Mohasel, M., Ganjali, A. and Lahooti, M. (2008). Effect of various concentrations of nickel on Morphophysiological characters in (*Petroselinum crispum*). Journal of Crop Researches. 6(2): 295-302. (In Persian with English abstract).

Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A.R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedling against drought stress. Acta Physiology Plantarum. 29: 503-8

Lee, M.H., Cho, E.J. and Wi, S.G. (2013). Divergences in morphological changes and antioxidant responses in salt-tolerant and salt-sensitive rice seedlings after salt stress. Plant Physiology Biochemistry. 70: 325-335.

Lu, L.L., Tian, S.K., Yang, X., Wang, X.C. and Brown, P. (2008). Enhanced root to shoot translocation of cadmium in the hyperaccumulating ecotype of *Sedum alfredii.* Journal of Experimental Botanical. 59: 11. 3203-3213.

Najafian, S.H., Khushkhui, M., Tavalliali, V. and Saharkhiz, M.J. (2009). Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Basic and Applied Science. 3(3): 2620-2626.

Osma, E., Ozyigit, I.I., Demir, G. and Yasar, U. (2014). Assessment of some heavy metals in wild type and cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.) and soils in Istanbul, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin. 23(9): 2181-2189.

Parida, B. K., Chhibba, I.M. and Nayyar, V.K. (2003). Influence of nickel-contaminated soils of fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. Science Horticulture. 98: 113-119.

Rashid Shomali, A., Khodaverdiloo, H. and Samadi, A. (2012). Accumulation and tolerance of soil cadmium by *Pennisetum glausum*, *Chnopodium album, Portulaca oleracea, Descurainia Sophia.* Journal of Soil and Sustainable Production. 2: 45-62. (In Persian with English abstract).

Ruley, A.T., Nilesh, C.S., Shivendra, V.S. and Shree, R.S. (2006). Effect of lead and chelators on growth, photosynthetic activity and Pb uptake in *Sesbania dormancies* L. grown in soil. Environmental Pollution. 144:11-18.

Sadat Piroz, P. and Manochehri, Kh. (2010). Study of phytoremediation of chromium by sunflower. 1st National Conference on phytoremediation. pp. 146-149. International Centre for Science and High Technology and Environmental Sciences. Kerman, Iran. (In Persian with English abstract).

Salehzade, H., Sishvan, M.I. and Ghiyasi, M. (2009). Effect of priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 4(5): 629-631.

Shanker, A.K., Cervantes, C., Tavera, H.L. and Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. Journal of Environment International. 31: 739-753.

Victor Perez, T., Antonio Lopez, O., Asception Martinez, P. and Antonio, A.C. (2012). Antioxidant activity and rosmarinic acid changes in salicylic acid tread Thymus membranceus L. shoots. Food Chemistry. 130: 362- 369.

Yadegari, M. (2018). The effect of salicylic acid and jasmonic acid foliar application on essence and essential oil on Sage (*Salvia officinalis* L.). Turkish Journal of Biochemistry. 1: In Publishing.

Archive of SID

www.SID.ir

Yadegari, M., Eskandari, S. and IraniPour, R. (2017). Study of lead and cadmium accumulation in Marigold as a medicinal plant. Journal of EcoPhysiology. 47: 76-92. (In Persian with English abstract).

Yadegari, M., Eskandari, S. and IraniPour, R. (2016). Study of physiological growth indices and correlation between traits of marigold (*Calendula officinalis* L.) under lead and cadmium treatments. Journal of Researches of Agronomy. 8: 167-182. (In Persian with English abstract).

Yadegari, M. and Karimi, S. (2014). Effect of heavy metals (Cd and Ni) on yield and agronomic traits of common purslane (*Portulaca oleracea*). Modern Science of Sustainable Agriculture. 10: 83-92. (In Persian with English abstract).

Wang, Y.D, Wu, G.C. and Yuan, Y.J. (2007). Salicylic acid indced taxol production and isopentenyl pyrophosphate biosynthesis in suspension cultures of taxus chinensis. Cell Biology International. 31: 1179-1183.

Archive of SID

www.SID.ir