ارزیابی گیاه‌پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم با استفاده از برگ‌پاشی محرک رشد دالجین

Estimate Phytoremediation of Forage Safflower in soil polluter to Cadmium Heavy Metal under foliar application Growth Aactuator Dalgin.

منوچهرعظیمی[۱]، پورنگ کسرایی[۱]، آرش برزو[۲]

۱ – گروه اکرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین – تهران، ایران.
۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ورامین – تهران، ایران.

***نویسنده مسوول مکاتبات:** mm.azimi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۷

چکیده

به‌منظور بررسی گیاه‌پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم با استفاده از برگ‌پاشی محرک رشد دالجین، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا اجرا گردید. تیمارهای اعمال شده شامل کادمیوم در سطوح صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و برگ‌پاشی دالجین در سطوح صفر (شاهد)، یک و دو در هزار بود. براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی کادمیوم در سطح احتمال یک درصد بر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌دار داشت، همچنین اثر اصلی دالجین بر طول اندام هوایی، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب برگ، مالون دی آلدئید، پرولین و کادمیوم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و بر کادمیوم ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی تأثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نداشت. اثرات متقابل کادمیوم با دالجین بر مالون دی آلدئید، پرولین و کادمیوم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و بر طول اندام هوایی، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که کادمیوم باعث کاهش طول اندام هوایی (۳۱/۲۸ درصد)، طول ریشه (۴۱/۳۵ درصد)، وزن خشک اندام هوایی (۴۴/۶۹ درصد)، وزن خشک اندام هوایی ریشه (۵۸/۱۱ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۳۹/۷۴ درصد) و فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۰/۷۳ درصد) و افزایش پرولین (۱۶۴/۳۸ درصد)، مالون دی آلدئید (۸۸/۱ درصد) و غلظت کادمیوم اندام هوایی و ریشه شد. بیشترین تأثیر کادمیوم در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. همچنین مشاهده شد که کاربرد دالجین توانست موجب افزایش طول اندام هوایی، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب برگ و غلظت کادمیوم اندام هوایی و ریشه و کاهش پرولین و مالون دی آلدئید شود، به طور کلی بیش‌ترین تأثیر مثبت در کاربرد یک در هزار دالجین حاصل گردید. می‌توان از نتایج به دست آمده به اثرات مثبت دالجین به خصوص در شرایط حضور کادمیوم و کاهش اثرات منفی ناشی از آن تنش در گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای پی برد. بنابراین کاربرد یک در هزار دالجین برای افزایش گیاه‌پالایی تنش فلز سنگین کادمیوم توسط گلرنگ علوفه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: دالجین، فلز سنگین، کادمیوم، گلرنگ، گیاه‌پالایی.

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که در توسعه گیاهان کشت دانه‌های روغنی و گیاهان علوفه‌ای اهمیت زیادی دارد (Alinaghizadeh *et al*., 2010). گلرنگ گیاهی یک ساله می‌باشد که به‌منظور مصارف غذایی، دارویی، بهداشتی و صنعت کشت می‌گردد، این گیاه دارای اسیدهای چرب غیراشباع، به‌ویژه اسیدهای چرب اولئیک ولینولئیک در روغن دانه است (Ragni *et al*., 2015). گلرنگ می‌تواند به‌عنوان خوراک دام در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده گردد، علوفه گلرنگ خوش‌خوراک و ارزش غذایی و عملکرد مطلوبی دارد (Emongor, 2010).

آلودگی ناشی از حضور فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، یکی ازم هم‌ترین مشکلات اکولوژیک در سطح جهان است. مشکل اصلی مربوط به فلزات سنگین آن است که این آلاینده‌های غیرآلی بر خلاف آلاینده‌های آلی تجزیه‌پذیر نمی‌باشند. این واقعیت، فلزات سنگین را به یکی از خطرناک‌ترین گروه آلاینده‌های زیست محیطی تبدیل کرده است (Vodyanitskii, 2016). فلزهای سنگین در خاک، نقش مهمی در توسعه کشاورزی ایفا می‌کند (Cheng and Huang, 2006). فلزات سنگین ممکن است منجر به تغییراتی در فرآیندهای فیزیولوژیکی در سطح سلولی و مولکولی شوند که در نتیجه غیرفعالکردن آنزیم و یا مسدودکردن گروه‌های عملکردی مولکول‌های مهم مسوول سوخت و ساز باشد (Moosavi and Seghatoleslamiet, 2013; Yang *et al*., 2012). در بین فلزات سنگین، فلز کادمیوم به‌دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، دارای اهمیت خاصی می‌باشد (Khatamipour *et al*., 2011). پاکسازی محیط به صورت در جا، با کمترین دستخوردگی خاک قابل انجام است و اثرات جانبی خاصی ندارد. در این روش از گیاهان بیش انباشتگر که قادر به تحمل غلظت‌های بسیاربالای عناصرفلزی می‌باشند، استفادهمی‌شود (Abdel-Salam *et al*., 2015). افزایش میزان کادمیوم خاک موجب افزایش جذب آن توسط گیاه اسفناج شد، همچنین مشاهده گردید که جذب کادمیوم در ریشه بیشتر از سایر اندام‌ها در اسفناج است (جهانبخشی و همکاران، ۱۳۹۲). کادمیوم در ریحان موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و همچنین کاهش نیترات و درصد اسانس می‌شود (حسین‌پور و افشاری، ۱۳۹۴). کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌های گیاه گلرنگ با افزایش غلظت کادمیوم مرتبط است (Abraham*et al*., 2013). کادمیوم موجب کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی، کلروفیل، قند نامحلول، محتوای نسبی آب برگ، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز و افزایش قند محلول و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گلرنگ شد (امیرگیلکی و محمودزاده، ۱۳۹۵).

آب دریا سرشار از عناصرغذایی پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز برای رشدگیاهان زراعی است (Verkleij, 2012). بنابراین از فرآورده‌های دریایی می‌توان به‌عنوان کودهای آلی جهت تأمین حاصلخیزی خاک استفاده نمود (López-Mosquera*et al*., 2011). عصاره جلبک دریایی نسل جدیدی از کودهای آلی است که محتوی مواد مغذی بسیار مؤثری است و کاربرد آن در اراضی زراعی می‌تواند منجر به استقرار سریع‌تر گیاه و افزایش عملکرد محصول و تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی شود (Selvam and Sivakumar, 2013). دالجین حاوی ۲۲۴ گرم در لیتر عصاره خالص جلبک دریایی*Ascophyllum nodosum* و حاوی بیش از ۶۰ عنصر مفید جهت رشد و باروری گیاه است. کاربرد عصاره جلبک دریایی در گلرنگ با افزایش ارتفاع بوته، وزن بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر طبق اصلی و عملکرد بیولوژیک شد (سیبی و همکاران، ۱۳۹۵). عصاره جلبک دریایی به دلیل دارابودن عناصر پرمصرف وکم مصرف، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و هورمون‌های رشد مانند سیتوکنین و اکسین موجب افزایش غلظت مواد مغذی در ذرت و در نهایت موجب افزایش خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز و تجمع پرولین در سورگوم گردید (تقدسی و همکاران، ۱۳۹۱). حضور برخی مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین، پلی‌آمین‌ها در عصاره جلبک دریایی موجب افزایش جذب مواد معدنی به‌وسیله اتصال به این مولکول‌ها شد و تولید بیشتر کربوهیدرات را در پی دارد (Janninet *al*., 2013). در مطالعه‌ای محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر دفاع آنتی‌اکسیدانی لوبیا سفید اثر مثبت داشت و از این طریق باعث افزایش سرعت فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه عملکرد لوبیا سفید در شرایط تنش شد (بیگ‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). در جهان

سالانه مقادیر زیادی لجن فاضلاب تولید می‌شود که میزان قابل توجهی از آن به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود و حاوی عناصر سمی مانند سرب، کادمیوم، جیوه و نیکل است. گزارشات متعددی نشان دهنده تجمع کادمیوم در لایه‌های فوقانی خاک و اجتناب ناپذیر بودن جذب آن توسط گیاهان است. بنابراین بررسی آثار آن بر فیزیولوژی گیاهان زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد.

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی گیاه‌پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم با استفاده از برگ‌پاشی محرک رشد دالجین اجرا شد.

مواد و روش‌ها

هدف از انجام این پژوهش بررسی گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای با استفاده از محرک رشد دالجین تحت شرایط تنش فلز سنگین کادمیوم بود. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا اجرا گردید. تیمارهای اعمال شده در این تحقیق شامل کادمیوم در سطوح صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و برگ‌پاشی دالجین در سطوح صفر (شاهد)، یک و دو در هزار بود. این آزمایش به‌صورت گلدانی صورت پذیرفت، بدین منظور از گلدان‌هایی با حجم ۱۰ کیلوگرم استفاده گردید. کلرید کادمیوم براساس میزان معین شده در طرح و تکرارهای مورد نظر با ترازوی دقیق آزمایشگاه توزین شد و به‌ترتیب ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم برای تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم استفاده گردید. خاک استفاده شده آمیخته‌ای از خاک مزرعه و ماسه به نسبت دو به یک بود که پس از الک کردن به‌خوبی آمیخته شده و با فرمالدئید پنج درصد ضد عفونی گردید. برای بیرون کردن فرمالدئید، خاک مورد نظر به مدت ۱۰ روز هوا دهی شد. جهت اعمال سطوح مختلف کادمیوم در خاک، برای هر گلدان ۱۰ کیلوگرم خاک وزن شده و داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. سپس از کلرید کادمیوم به مقدار لازم برای هر گلدان در آب حل کرده و به خاک هر گلدان در داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شده، اضافه گردید. به‌طوری‌که خاک به وضعیت مزرعه از نظر رطوبتی رسید. کیسه‌های حاوی خاک و کلرید کادمیوم به مدت سه هفته جهت تثبیت کادمیوم در خاک، دست نخورده باقی ماند. پس از سه هفته، خاک داخل هر پلاستیک به گلدان‌ها منتقل شد. طبق آزمون خاک میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره و سوپرفسفات ترپیل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (برای اوره و سوپرفسفات تریپل هر کدام برابر با یک و ۰/۵ گرم سولفات پتاسیم برای هر گلدان) به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. در این تحقیق از بذور مورد نیاز که از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بخش دانه‌های روغنی تهیه شده بود، استفاده گردید. به منظور ضدعفونی بذور و جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی قارچی بذور به مدت دو دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفتند، سپس به‌ترتیب با آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. بذرهای گلرنگ که عمل جوانه‌زنی آن‌ها در داخل ژرمیناتور بر روی کاغذ صافی مرطوب و درون ظروف پتری‌دیش صورت گرفته بودند درون گلدان در عمق مناسب کاشته شدند. جوانه‌زنی بذور در ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ سانتی‌گراد و رطوبت ۶۰-۵۰ درصد و دوره نوری ۸-۱۶ و شدت نور تقریبا ۵۰۰۰ لوکس صورت پذیرفت. پس از آماده سازی گلدان‌ها کاشت بذوری که عمل جوانه‌زنی آن‌ها صورت گرفته بود در عمق ۲/۵ سانتی‌متری انجام شد. برای این منظور در هر گلدان شش گیاهچه کاشته شد. در مرحله ۶-۴ برگی عملیات تنک بوته‌ها انجام شد و در داخل هر گلدان چهار گیاهچه باقی ماند. در این آزمایش مقادیر مختلف کادمیوم براساس تیمارهای مورد آزمایش محاسبه و قبل از کاشت با خاک گلدان‌ها مخلوط شد. برگ‌پاشی بوته‌ها با دالجین در مرحله ساقه‌دهی با فاصله‌های ۱۵ روز در دو مرحله انجام شد، به‌طوری‌که برگ‌های گیاه کاملا خیس شدند. آبیاری گلدان‌ها تا زمان نمونه‌برداری به طور مرتب تا رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی صورت گرفت.در آستانه ورود به مرحله گلدهی گیاهان مورد نظر برداشت، و نمونه‌برداری صورت پذیرفت.برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌های موردنظر به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند و سپس با استفاده از ترازوی دقیق توزین گردید. به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از جوان‌ترین برگ بالغ در هر بوته، تعداد پنج عدد نمونه با قطر ۰/۵ سانتی‌متر تهیه و وزن تر آن‌ها بلافاصله تعیین شد. این نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و در تاریکی در آب مقطر غوطه‌ور گردیده و

پس از آن، وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه-ها جهت تعیین وزن خشک به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون و تا رسیدن به وزن ثابت خشکانده شد و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. سپس با استفاده از فرمول زیر میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد محاسبه شد (Schonfeld *et al*., 1988):

RWC=FW-DW/TD-DW×100

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز از روش کاکماک و هورست (Cakmak and Horst, 1991) استفاده شد. میزان پرولین برگ بر اساس روش بیتس و همکاران (Bates *et al*.,1973) و مالون دی آلدئید از روش بویلر و همکاران (Bowler *et al*., 1992) مشخص شد. برای اندازه‌گیری میزان کادمیوم، نمونه‌های مورد نظر بعد از انتقال به آزمایشگاه توسط آب مقطر شسته شد و سپس نمونه‌ها در آون قرارگرفت و به مدت ۴۸ ساعت در دمای۸۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. بعد از خشک کردن نمونه‌ها در آون، نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند. یک گرم از نمونه پودر شده در کوره الکتریکی دردمای ۵۵۰ درجه سانتی-گراد به مدت چهار ساعت قرار داده شد. سپس به هر نمونه ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک در حرارت ۹۵ درجه اضافه و سپس محلول تهیه شده از کاغذ صافی عبور داده شد و عصاره حاصل در بالن ژوژه ۵۰میلی‌لیتر جمع آوری و توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین‌المر، غلظت کادمیوم اندازه‌گیری شد (Westerman, 1990). برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و جهت مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

طول اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس (جدول یک) نشان داد که اثرات اصلی کادمیوم و دالجین در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل کادمیوم و دالجین تأثیر معنی‌داری را بر طول اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد نشان داد. با اعمال کادمیوم در شرایط عدم کاربرد دالجین طول اندام هوایی نسبت به شاهد کاهش یافت و در شرایط کاربرد دالجین در عدم حضور کادمیوم افزایش پیدا کرد. مشاهده شد که کاربرد دالجین توانست موجب افزایش طول اندام هوایی در شرایط اعمال کادمیوم نیز گردد. بیش‌ترین طول اندام هوایی در شرایط کادمیوم ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مربوط به تیمار یک و دو در هزار دالجین (۱۲/۸۲ و ۱۵/۸۳ درصد افزایش)، در شرایط کادمیوم ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مربوط به تیمار یک در هزار دالجین (۲۴/۴۴ درصد افزایش) بود (جدول چهار). محققان معتقدند کاهش فتوسنتز در گیاهان تحت تنش کادمیوم از دلایل اصلی کاهش رشد آن‌ها می‌باشد (Behtash*et al*., 2010). احتمالاً کاهش رشد گیاه تحت تنش کادمیوم به علت از دست رفتن اتساع سلولی و کاهش طویل شدن سلول‌ها می‌باشد که با نتایج صفرزاده و همکاران (Safarzadeh *et al*., 2012) همخوانی داشت.به‌نظر می‌رسد حضور عوامل محرک رشد مانند ایندول استیک اسید، ایندول بوتریک اسید، جیبرلیک اسید، عناصر میکرو و ماکرو، ویتامین‌ها و آمینواسیدها، در عصاره جلبک دریایی، بهبود رشد و نمو گیاهان را باعث می‌گردد. تأثیر مثبت عصاره جلبک بر ارتفاع بوته و رشد رویشی لوبیا، گندم و چای نیز گزارش شده است (Sivasangari *et al*., 2011; Kocira *et al*., 2013; Shahbazi *et al*., 2015).

طول ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی کادمیوم و دالجین در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال پنج درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول یک). حضور کادمیوم در شرایط عدم مصرف دالجین موجب کاهش۴۵/۷۱ درصدی طول ریشه نسبت به شاهد شد. مصرف دالجین توانست طول ریشه را افزایش دهد، بیش‌ترین طول ریشه در شرایط مطلوب مربوط به تیمار دو در هزار دالجین (۱۹/۱۲ درصد افزایش)، در شرایط کادمیوم ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مربوط به تیمار یک و دو در هزار دالجین بود، همچنین در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم بیش‌ترین تأثیر در افزایش طول ریشه مربوط به کاربرد دو در هزار دالجین (۳۸/۹۲ درصد افزایش) بود (جدول چهار). کاهش بیشتر رشد ریشه نسبت به بخش هوایی نیز می‌تواند نتیجه ابقای کادمیوم در ریشه باشد. انباشت سطوح بالای کادمیوم در گیاهان ممکن است با رشد و نمو گیاه در مسیرهای گوناگون مانند کاهش فعالیت‌های آنزیمی، اختلال در فتوسنتز و تنفس تاریکی، بسته شدن روزنه و مهار جذب آب تداخل نماید. احتمالاً کادمیوم از تقسیم سلول‌های منطقه مریستمی و رشد سلول‌های منطقه رشد جلوگیری می‌کند. از طرف دیگر

تمایز زودرس و چوبی شدن دیواره سلول‌های واقع در منطقه رشد طولی سلول می‌تواند از دلایل کاهش رشد ریشه باشد که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Bauddh and Singh, 2011). به‌نظر می‌رسد تسهیل رشد و افزایش عوامل رشدی گیاه می‌تواند به‌دلیل وجود ترکیبات تسهیل کننده رشد و همچنین عناصر ماکرو و میکرو موجود در عصاره جلبک دریایی باشد که با نتایج پیس و سابال (Pise and Sabale, 2010) همسو است.

وزن خشک اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر اثرات اصلی کادمیوم و دالجین و اثر متقابل تیمارها قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌داربود (جدول یک). نتایج نشان داد که اعمال کادمیوم در شرایط عدم مصرف دالجین موجب کاهش ۴۵/۷۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد. با برگ‌پاشی دالجین وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت، بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی در شرایط مطلوب و حضور ۵۰ میلی-گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به تیمار یک در هزار دالجین (۲۱/۷۹ و ۳۵/۵۱ درصد افزایش) و در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به تیمار دو در هزار دالجین (۲۲/۵۶ درصد افزایش) بود (جدول چهار). احتمالاً کادمیوم باعث بازدارندگی رشد ساقه و ریشه شده و باعث از بین رفتن ساختارگرانا، کاهش سنتز کلروفیل و اختلال در جذب عناصر غذایی، تنفس، فتوسنتز، روابط آبی گیاه و در نهایت کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد، نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Iqbal*et al.*, 2010). وجود بیشتر فلزسنگین در ریشه، تأثیر سمّی بر ریشه و جلوگیری از رشد آن دارد که در اثر کاهش رشد ریشه، میزان جذب آب ویون‌های معدنی کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش رشد عمومی گیاهان و به تبع آن کاهش وزن خشک گیاه می‌باشد (Zhao *et al.*, 2012). به نظر می‌رسد افزایش بیوماس تولیدی تحت اثر مصرف جلبک دریایی را به وجود هورمون‌های رشد در آن و اثر آن‌ها بر روند جذب و حرکت مواد مغذی در گیاه موجب افزایش غلظت موادمغذی در برگ شد و در نهایت موجب افزایش ماده خشک کل می‌گردد که با نتایج سایر پژوهشگران همخوانی داشت (Sunarpi *et al.*, 2010). یکی دیگر از دلایل افزایش وزن تر و خشک گلرنگ با برگ‌پاشی عصاره جلبک دریایی میزان تحرک هورمون سیتوکینین از ریشه-ها به اندام‌های هوایی افزایش داشت و نهایتا میزان تولید زیست توده را افزایش داد (Vijayanand*et al.*, 2014). بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، بکار بردن دالجین تحت شرایط تنش کادمیوم باعث بهبودگیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای شد. استفاده از برگ‌پاشی دالجین می-تواند منجر به افزایش فرایند فتوسنتز ودر نهایت بهبود ماده سازی و افزایش ماده خشک درگلرنگ شود.

وزن خشک ریشه: نتایج حاصل شده از تجزیه واریانس مشخص کرد که تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در اثرات اصلی کادمیوم و دالجین بر وزن خشک ریشه وجود داشت. همچنین نتایج بیانگر این بود که اثرات متقابل کادمیوم با دالجین بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول یک). با اعمال کادمیوم در شرایط عدم کاربرد دالجین، وزن خشک ریشه نسبت به شاهد کاهش۵۸/۴۶ درصدی یافت. مصرف دالجین سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شد،بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط مطلوب مربوط به تیمار یک و دو در هزار دالجین (۱۴/۸ و ۲۵ درصد افزایش)، در حضور ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به تیمار یک در هزار دالجین (۲۷/۵۴ درصد) و در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به تیمار دو در هزار دالجین (۴۳/۲۱ درصد افزایش) بود (جدول چهار). در مطالعه حاضر کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه می‌تواند در اثر اختلال در فرآیند فتوسنتز و سوخت و ساز نیتروژن باشد. همچنین در اثر کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی تولید بیوماس و رشد در گیاه مورد مطالعه کاهش یافته است. نتایج نشان داد که کاهش وزن ریشه و اندام‌های هوایی در اثر افزایش کادمیوم به دلیل اختلال در جذب عناصرغذایی و آب می‌باشد (Gouia*et al.*, 2001). به نظر می‌رسد با افزایش غلظت مصرف عصاره جلبک دریایی در مرحله رشد رویشی گیاه و با توجه به داده‌های حاصله از طول ریشه می‌توان نتیجه گرفت که گستردگی ریشه گیاه در خاک به خوبی صورت گرفت و در نهایت افزایش وزن خشک ریشه را به دنبال داشته است، نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران به دست آمد

(Sunarpi, *et al.*, 2010).

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس (جدول یک) نشان داد که اثرات اصلی کادمیوم و دالجین در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی-داری داشت، اثرات متقابل کادمیوم و دالجین بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نشد. با اعمال کادمیوم محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد کاهش یافت، بالاترین محتوای نسبی آب برگ به‌میزان ۸۴/۵۳ درصد مربوط به تیمار شاهد بود، همچنین پایین‌ترین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۵۰/۹۴ درصد در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم به دست آمد (جدول دو). برگ‌پاشی دالجین موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد شد، حداکثر محتوای نسبی آب برگ به‌میزان ۷۲/۶۱ و ۶۹/۵۳ درصد در تیمارهای یک و دو در هزار دالجین حاصل شد (جدول سه). بسیاری از فلزات سنگین با تغییر در فعالیت پروتئین‌های کانالی انتقال آب و با بستن روزنه‌های برگ، جریان آب را در گیاه متوقف می‌سازند. فلزهای سنگین با تغییر در فعالیت پروتئین‌های کانالی، انتقال آب و با بستن روزنه‌های برگ، جریان آب را در گیاه متوقف می‌سازند (Noorani Azad and Kafilzadeh, 2011). عصاره جلبک دریایی تأثیرات مفیدی روی گیاهان به‌دلیل داشتن هورمون‌های رشد سیتوکنین، IAA، IBA و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها است. کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه و جذب آب بیشتر و در نتیجه افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود که با نتایج لودوین و مولیر (Ludwig-Muller, 2000) هم راستا است.

کاتالاز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کادمیوم در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت کاتالاز معنی‌دار بود. اما اثرات اصلی دالجین و تاثیرات متقابل تیمارها بر فعالیت کاتالاز معنی‌دار نشد (جدول یک). با اعمال ۵۰ میلی‌گرم در خاک کادمیوم به فعالیت آنزیم کاتالاز به مقدار ۵۵/۲۴ درصد افزوده و با اعمال ۵۰ میلی‌گرم در خاک کادمیوم از فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۱۰/۷۳ درصد نسبت به شاهد کاسته شد(جدول دو). فلزات سنگین موجب تولید انواع گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند (Mishra *et al.*, 2006). برخی محققان معتقدند زمانی که شبکه دفاعی گیاه، قادر به حفظ غلظت‌های آزاد یون کادمیوم در سیتوسول در سطح پایین‌تر از آستانه نباشد، کادمیوم سبب القای تولید بیش از حد انواع واکنش‌گر اکسیژن می شود. همچنین کادمیوم موجب تغییر در فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیرهای متابولیکی متعدد می‌شود. این تغییرات ممکن است نتیجه مهار برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی اولیه مانند تثبیت نیتروژن و سایر فرآیندهای متابولیکی باشد (Abraham *et al.*, 2013). به‌نظر می‌رسد تحت تنش کادمیوم، رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) که عامل مخرب سلول‌های گیاهی محسوب می‌شوند، افزایش یافته و گیاه به‌منظور کاهش خسارت تنش اکسیداتیو سلولی، غلظت کاتالاز را در سطح سلول افزایش می‌دهد.

مالون دی آلدئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کادمیوم و دالجین و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر مالون دی آلدئید معنی‌دار بود (جدول یک). با اعمال کادمیوم در شرایط عدم مصرف دالجین مالون دی آلدئید افزایش نشان داد، بیش‌ترین مالون دی آلدئید در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به مقدار ۷/۴۸ میلی‌مول در گرم وزن تر حاصل شد. نتایج حاکی از افزایش ۱۲۱/۳ درصدی مالون دی آلدئید در شرایط اعمال ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم نسبت به شاهد بود. نتایج نشان دادکه کاربرد دالجین سبب کاهش مالون دی آلدئید نسبت به شاهد گردید، کمترین مقدار مالون دی آلدئید در شرایط عدم حضور کادمیوم مربوط به تیمار یک در هزار دالجین (۲۳/۰۸ درصد کاهش) و در شرایط ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به کاربرد دو در هزار (۲۰/۷۶ و ۳۸/۱ درصد کاهش) دالجین بود (جدول چهار). افزایش سطح مالون دی آلدئید و تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نشاندهنده بروز تنش اکسایشی است (Pereira *et al.*, 2002). تجمع یون سدیم و کادمیوم منجر به تخریب غشا سلولی می‌شود و در نتیجه میزان مالون دی آلدئید افزایش می‌یابد، نتایج مشابهی توسط سایر محققان به دست آمده است (Bandeoglu *et al.*, 2004; Sreenivasulu *et al.*, 2000).

پرولین: نتایج حاصل شده از تجزیه واریانس مشخص کرد که تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در اثرات ساده کادمیوم، دالجین و اثرات متقابل تیمارها بر پرولین وجود داشت (جدول یک). نتایج مقایسه میانگین پرولین تحت اثر کادمیوم و دالجین (جدول چهار) بیانگر آن بود که با اعمال کادمیوم در شرایط عدم حضور دالجین، پرولین نسبت به شاهد افزایش یافت، بیش‌ترین پرولین به میزان ۱۰/۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر در کادمیوم ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و کمترین پرولین به میزان ۳/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار شاهد حاصل شد که بیانگر افزایش دو برابر پرولین نسبت به شاهد بود. همان‌طور که از نتایج مشهود است برگ‌پاشی دالجین در حضور کادمیوم سبب کاهش پرولین نسبت به شاهد شد، در شرایط عدم حضور کادمیوم بین تیمارهای دالجین و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. کم‌ترین مقدار پرولین در شرایط ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم مربوط به تیمار یک و دو در هزار دالجین (۱۱/۵۸ و ۸/۸۴ درصد کاهش) و در شرایط ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خاک مربوط به تیمار دو در هزار دالجین (۳۱/۸ درصد کاهش) بود. یکی از راه‌های رویارویی با اثرگذاری‌های زیان‌بار فلزهای سنگین در گیاهان، افزایش میزان پرولین است. تجمع پرولین در شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش اکسایش(اکسیداسیون) پرولین یا تحریک ساخت آنازگلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز نخستین نقش محافظت کنندگی آنزیم‌های سیتوزولی (حفاظت از آنزیم کربوکسیلاز) در ساختار یاخته‌ای را بر عهده دارد، بنابراین پرولین در شرایط تنش، در یاخته انباشت می‌شود (Akbari Mogadam, 2012). این اسید آمینه در گیاهان تحت شرایط نامناسب رشد، از جمله تنش فلزات سنگین تجمع می‌یابد. بین تجمع پرولین و کمبود آب ایجاد شده در اثر حضور فلز سنگین ارتباط ویژه‌ای وجود دارد (Metwally *et al*., 2003).

غلظت کادمیوم اندام هوایی: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی کادمیوم و دالجین و اثرات متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری از نظر غلظت کادمیوم در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول یک). همان‌طور که از نتایج مقایسه میانگین درصد غلظت کادمیوم اندام هوایی تحت تأثیر عامل کادمیوم و دالجین مشهود است افزایش کادمیوم در شرایط عدم حضور دالجین موجب افزایش جذب غلظت کادمیوم در اندام هوایی شد، بیش‌ترین غلظت کادمیوم مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم بود. غلظت کادمیوم اندام هوایی با مصرف دالجین در شرایط حضور کادمیوم افزایش پیدا کرد، غلظت کادمیوم در شرایط مطلوب دالجین تأثیر معنی‌داری روی جذب کادمیوم نداشت، در کادمیوم ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بیشترین غلظت کادمیوم مربوط به تیمار یک در هزار دالجین (۶۳/۹۷ درصد افزایش) بود، همچنین در کادمیوم ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بیش‌ترین غلظت کادمیوم در تیمار دو در هزار دالجین (۳۲/۵ درصد افزایش) مشاهده شد (جدول چهار). کادمیوم اگرچه برای گیاهان ضروری نمی‌باشد، اما به راحتی از طریق پوست ریشه جذب شده و سپس از مسیر سیم پلاستی یا آپوپلاستی وارد بافت چوب می‌گردد و موجب تجمع آن در بافت‌ها می‌گردد (Daryaee *et al*., 2014). افزایش غلظت فلزات سنگین در شاخساره گیاهان، ناشی از افزایش غلظت آن‌هادرخاک، درتحقیقات پیشین گزارش شده است و بین غلظت‌های اضافه شده فلزات سنگین به خاک و غلظت بافتی آن‌ها همبستگی مستقیم وجود دارد (Karimi *et al*., 2012).

غلظت کادمیوم ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد کادمیوم در سطح احتمال یک درصد و دالجین در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم ریشه داشت. همچنین در اثر متقابل کادمیوم و دالجین تأثیر معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول یک). افزایش کادمیوم موجب افزایش جذب غلظت کادمیوم در ریشه شد، بیش‌ترین غلظت کادمیوم مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کادمیوم بود (جدول دو). با برگ‌پاشی دالجین نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد، بالا‌ترین غلظت کادمیوم در تیمار یک و دو در هزار دالجین و پایین‌ترین غلظت کادمیوم در تیمار شاهد حاصل شد (جدول سه). قابلیت ریشه در تجمع کادمیوم جذب شده را می‌توان از طریق سازوکارهای متعددی از جمله غیر‌متحرک شدن کادمیوم در داخل سلول به واسطه تشکیل کمپلکس با اسیدهای آلی مانند مالاتواگزالات، پروتئین های حمل کننده به نام Metallothioneins، تجمع در داخل واکوئل و مسدود شدن به وسیله سلول‌های اپیدرمی

تشریح کرد (Liu *et al.*, 2010). یکی دیگر از دلایل افزایش میزان کادمیوم در ریشه گیاهان مورد تحقیق ممکن است تجمع آن‌هادر واکوئل‌ها نیز باشد. تجمع این عناصر باعث افزایش غلظت کادمیوم در واکوئل‌های یاخته-ای بازدارنده انتقال آنها به اندام‌های هوایی شده و به همین دلیل میزان این عنصر در ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی است (Ramos *et al.*, 2002). در حضور کادمیوم در خاک، بین این آلاینده و عناصر ریز مغذی دو ظرفیتی گیاه برای جذب شدن رقابت ایجاد می‌شود که در این حالت گیاهان برای جذب عناصر ریز مغذی که به واسطه اثر رقت و رقابت با کادمیوم جذب آن‌هادچارمشکل شده است، شروع به ترشح سیدروفور کرده که همین مسأله منجر به جذب بیشتر کادمیوم توسط ریشه و انتقال آن به بخش هوایی گیاه می‌شود، از طرفی پتانسیل سمیت فلزات سنگین در محیط زیست، بستگی به مقدار آن در محلول خاک دارد و هر چه مقدار فلزات در فاز محلول بیش‌تر باشد، جذب آن‌ها توسط گیاه نیز بیش‌تر خواهد بود. افزایش برداشت کادمیوم توسط گیاه همگام با افزایش مقدار آن در خاک توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Polidoros and Scandalios, 1999)

.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس ارزیابی گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم با استفاده از محلول‌پاشی محرک رشد دالجین

Table 1-Analysis of variance for estimate phytoremediation *Carthamus tinctorius* L. in soil polluter to cadmium under growth actuator dalgin

منابع تغییرات	درجه آزادی	کادمیوم ریشه	کادمیوم اندام هوایی	پرولین	مالون دی آلدئید	کاتالاز	محتوای نسبی آب برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	طول ریشه	طول اندام هوایی
S.O.V	d.f	Cadmium of root	Cadmium of shoot	Proline	Malondial dehyde	Catalase	Leaf Relative water content	Dry root weight	Shoot dry weight	Root length	shoot length
Cadmium(a) کادمیوم	2	3758.13**	175.57**	82.96**	25.47**	21.99**	3387.23**	4.97**	17.89**	538.23**	258.41**
Daljin(b) دالجین	2	21.38*	4.42**	6.01**	6.79**	0.22^{ns}	370.91**	0.41**	2.47**	561.59**	105.69**
a*b کادمیوم* دالجین	4	6.81^{ns}	3.00**	2.70**	2.13**	0.43^{ns}	40.82^{ns}	0.07*	0.54*	17.12*	10.70*
Error خطا	27	5.37	0.66	0.39	0.24	0.19	23.72	0.03	0.19	6.10	3.42
CV% ضریب تغییرات		13.25	19.25	10.66	10.35	10.04	7.16	10.21	10.13	9.52	7.47

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: تاثیر غیر معنی‌دار

* and * * in significant order at a probability level of %5 and %1, ns: no significant, respectively

جدول۲- مقایسه میانگین‌های ارزیابی گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم

Table 2- Averages comparisonofthe estimate phytoremediation evaluation of safflower under heavy metal contamination under conditions of cadmium

کادمیوم Cadmium (mg/kg)	کادمیوم ریشه Cadmium of root (mg/gDW)	کاتالاز Catalase (unit/mg pro)	محتوای نسبی آب برگ Leaf Relative water content(٪)
0	0.62^{C}	3.82^{b}	84.53^{a}
50	15.90^{b}	5.93^{a}	68.48^{b}
100	35.91^{a}	3.41^{c}	50.94^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند .

The mean of a similar case based on Duncan Test at 5% Manidari a difference

جدول۳- مقایسه میانگین‌های ارزیابی گلرنگ علوفه‌ای تحت تأثیر محلول‌پاشی محرک رشد دالجین

Table 3-Averages comparison of the estimate phytoremediation evaluation of safflower under conditions of daljin

دالجین Daljin (1/1000)	کادمیوم ریشه Cadmium of root (mg/gDW)	محتوای نسبی آب برگ Leaf Relative water content(٪)
0	15.95[b]	61.82[b]
1	18.09[a]	72.61[a]
2	18.40[a]	69.53[a]

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The mean of a similar case based on Duncan Test at 5% Manidari a difference

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های ارزیابی گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای تحت شرایط آلودگی فلز سنگین کادمیوم با استفاده از محلول‌پاشی محرک رشد دالجین

Table 4-Averages comparison of the estimate phytoremediation *Carthamus tinctorius* L. in soil polluter to cadmium under growth actuator dalgin

کادمیوم Cadmium (mg/kg)	دالجین Daljin	کادمیوم اندام هوایی Cadmium of shoot (mg/gDW)	پرولین Proline (mg/gFW)	مالون دی آلدئید Malondialdehyde (mmol/gFW)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن خشک ریشه Dry root weight (gr)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (gr)	طول ریشه Root length (cm)	طول اندام هوایی Shoot Length (cm)
0	0	0.19[e]	3.34[e]	3.38[e]	2.85[c]	1.96[b]	4.91[b]	29.34[bc]	26.12[bc]
0	1	0.22[e]	3.35[e]	2.60[f]	3.43[a]	2.25[a]	5.98[a]	30.69[b]	33.82[a]
0	2	0.19[e]	2.93[e]	3.34[e]	3.23[ab]	2.45[a]	5.26[b]	34.95[a]	28.78[b]
50	0	3.58[d]	6.22[cd]	6.02[b]	2.08[de]	1.38[d]	3.83[cd]	25.90[c]	22.23[de]
50	1	5.87[c]	5.50[d]	5.22[cd]	2.25[d]	1.76[bc]	5.19[b]	29.75[bc]	25.08[c]
50	2	4.64[d]	5.67[d]	4.77[cd]	2.98[abc]	1.64[c]	4.18[c]	27.11[bc]	25.75[c]
100	0	6.83[bc]	10.19[a]	7.48[a]	1.33[f]	0.81[e]	2.66[e]	15.93[e]	16.57[f]
100	1	7.54[b]	8.25[b]	5.43[bc]	1.44[f]	0.82[e]	2.95[e]	17.66[e]	23.76[d]
100	2	9.05[a]	6.95[c]	4.63[d]	1.80[e]	1.16[d]	3.25[de]	22.13[d]	20.62[e]

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The mean of a similar case based on Duncan Test at 5% Manidari a difference

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، از نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که مسمومیت کادمیم منجر به اختلال در روند عادی رشد و کاهش میزان رشد و تجمع ماده خشک در گیاه و در نهایت کاهش وزن خشک اندام‌های مختلف گلرنگ شد. محل اولیه تجمع کادمیوم در این گیاه در ریشه می‌باشد. تجمع کادمیوم در ریشه و ممانعت نسبی از انتقال آن به شاخسارها حتمالاً یک مکانیسم تحمل به این فلز سنگین در گلرنگ است. به طوریکه غلظت کادمیم ریشه می‌تواند به ۱۰ برابر غلظت آن در بخش هوایی برسد. می‌توان از نتایج به‌دست آمده به اثرات مثبت دالجین به‌خصوص در شرایط حضور کادمیوم و کاهش اثرات منفی ناشی از آن تنش در گیاه پالایی گلرنگ علوفه‌ای پی برد. بنابراین کاربرد یک در هزار دالجین برای افزایش گیاه پالایی تنش فلز سنگین کادمیوم توسط گلرنگ علوفه‌ای پیشنهاد می‌گردد. عصاره جلبک دریایی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به‌منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و مشکلات سلامتی ناشی از مصرف ترکیبات شیمیایی باشد.

منابع مورد استفاده **References**

احمدی، ف.، پاساری، ب. و جواهری، م. ۱۳۹۹. بررسی واکنش ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد کودهای مختلف شیمیایی، نانو، نانوبیولوژیک و عصاره ارگانیک جلبک دریایی. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴۱: ۲۰۳-۱۸۸.

امیرگیلکی، م.و محمودزاده، ه. ۱۳۹۵. بررسی اثر کادمیوم بر شاخص‌های رشد، پیگمان‌های فتوسنتزی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). فیزیولوژی محیطی گیاهی ۴۴: ۴۳-۳۳.

بیگ‌زاده، س.، ملکی، ع.، میرزایی حیدری، م.، رنگین، ع. و خورگامی، ع. ۱۳۹۹. اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.) در شرایط تنش خشکی. اکوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی. ۱۴ (۱): ۴۴-۲۱.

تقدسی، م.، حسنی، ن. و مسعودسینکی، ج. ۱۳۹۱. تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی با اسید هیومیک و عصاره جلبک بر میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین در سورگوم علوفه‌ای. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ۴: ۱۲-۱.

جهانبخشی، ش.، رضایی، م. ر. و سیاری زهان، م. ح. ۱۳۹۲. بررسی گیاه پالایی خاک‌های آلوده به کادمیوم و کروم و تجمع زیستی آن‌ها در گیاه اسفناج. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. ۶۶ (۳): ۲۷۵-۲۸۴.

حسین‌پور.، م. و افشاری. ح. ۱۳۹۴. بررسی سطوح مختلف کادمیوم و سرب بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) در شرایط شوری. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی ۳ (۲):۵۰-۶۴.

سیبی، م.، خزاعی، م. ر.، نظامی، ا. ۱۳۹۵. اثر غلظت، زمان و نحوه مصرف عصاره جلبک دریایی بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه و اندام هوایی گیاه گلرنگ. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲۹: ۲۱-۵.

Abdel-Salam, A.A., Salem, H.M., and Seleiman, M.F. 2015. Photochemical Removal of Heavy Metal-Contaminated Soils. Heavy Metal Contamination of Soils. Springer International Publishing. 299-309 p.

Abraham, K., Sridevi, R., Suresh, B., and Damodharam, T. 2013. Effect of heavy metals (Cd, Pb, Cu) on seed germination of *Arachis hypogeae*. L. Asian Journal of Plant Science and Research. 3(1): 10-12.

Akbari mogadam, R. 2012. Dry matter partitioning and wheat varieties morphological reaction under drought conditions at different growth stages. Ph.D. thesis. Zabul Agriculture University. (In Persian).

Alinaghizadeh, M., Movahedi Dehnavi, M., Faraji, E., and Azimi Gandomani, M. 2010. Performance and growth indices of safflower in second crop in Yasuj region. Electronic Journal of Crop Production. 3(2):15-32.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., and Oktem, H.A. 2004. Antioxidant response of shoots and roots of lentil toNaCl Salinity stress. Plant Growth Regulation.42:69-77.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

Bauddh, K., and Singh, P.R. 2011. Differential toxicity of cadmium to mustard (*Brassica juncia*L.) genotypes under higher metal levels. Journal of Environmental Biology. 32(3): 355-62.

Behtash, F., Tabatabai, S., Malakooti, M., Sorouredin, M., and Ustan, S. 2010. Effect of cadmium and silisium on growth and physiological characters of Beta vulgaris. Journal of Agricultural Knowledge. 2(1): 53-67.

Bowler, C., Van Montagu, M., and Inzé, D. 1992. Superoxide dismutases and stress tolerance. Annual review of plant physiology and plant molecular biology. 43: 83-116.

Cakmak, I., and Horst, W. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant Phisiol. 83: 463-468.

Cheng, S., and Huang, C. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. International Journal Applied Science and Engineering. 3: 243-252.

Daryaee, F., Keramat, B., and Arvin, M.J. 2014. Effect of selenium sprayingonphysiological and morphological traits of wheat variety (Kavir and Roshan) under cadmium stress. Journal of Plant Process and Function. 3(10): 112-131. (In Persian).

Emongor, V. 2010. Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) the underutilized and neglected crop: A review. Asian Journal of Plant Science. 9(6): 299-306.

Gouia, H., Ghorbal M.H., and Meyer, C. 2001. Effect of cadmium on activity of nitrat reductase and on other enzymes of the nitrate assimilation pathway in bean. Plant physiology. 38: 629 – 638.

Iqbal, N., Masood, A., Nazar, R., Syeed, S., and Khan, N.A. 2010. Photosynthesis, growth and antioxidant metabolism in mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in cadmium tolerance. Agricultare Sciiences in China 9: 519-527.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D., and Garnica, M. 2013. Brassica napus growth is promoted by *Ascophyllumnodosum* (L.) Le Jol. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Journal Plant Growth Regulation 32: 31-52.

Karimi, R., Chorom, M., and Safe, A. 2012. Potential of *Vicia faba* and *Brassica arvensis* for phytoextraction of soil contaminated with cadmium, lead and nickel. African Journal of Agricultural Research. 7(22): 3293-3301.

Khatamipour, M., Piri, E., Esmaeilian, Y., and Tavassoli, A. 2011. Toxic effect of cadmium on germination, seedling growth and proline content of Milk thistle (*Silybum marianum*). Scholars Research Library Annals Biology Research. 2(5): 527-532.

Kocira, A., Kornas, R., and Kocira, S. 2013. Effect assessment of Kelpaksl on the Bean yield. Journal of Central European Agriculture, 14(2): 67-76.

Liu, J., Cao, C., Wong, M., Zhang, Z., and Chai, Y. 2010. Variations between rice cultivars in iron and manganese plaque on roots and the relation with plant cadmium uptake. J. Environ. Sci. 22: 1067-1072.

López-Mosquera, M.E., Fernández-Lema, E., Villares, R., Corral, R., and Alonso, B.C. 2011. Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture. Proc. Environ. Sci. 9: 113-117.

Ludwig-Muller, J. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regulation, 2-3, 219-230.

Metwally, A., Finkemeier, I., George, M., Dietz, K.J. 2003. Salicylic acis alleriates the cadmium toxicity in borley seeding. Plant physiol. 132: 272-287.

Mishra, S., Srivastava, S., and Tripathi, P.D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L. Journal Plant Physiology and Biochemistry. 44: 25-37.

Moosavi, S.G., and Seghatoleslami, M.J. 2013. Phytoremediation: a review. Advance in Agrcuture and Biology. 1: 5-11.

Noorani Azad, H., and Kafilzadeh, F. 2011. The effect of cadmium toxicity on growth, Nutrient deficiency and physiological disease of 1970 lowland rice in Ceylon. Soil Science and Plant Nutrition, 16: 11-23.

Pereira, R.R., Fornazier, R.F., Vitoria, A.P., and Lea, P.J. 2002. Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress. J. of Plant Nutrition. 25: 327-342.

Pise, N.M., and Sabale, A.B. 2010. Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Phytology, 2(4): 50-56.

Polidoros, N.A., and Scandalios, J.G. 1999. Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidants in the regulation of catalase and glutathione S-transferase gene expression in maize (*Zea mays* L.), Physiol. Plant. 106: 112-120.

Ragni, M., Tufarelli,V., Pinto, F., Giannico, F., Laudadio, V., Vicenti, A., and Colonna, M.A. 2015. Effect of dietary safflower cake (*Carthamus tinctorius* L.) on growth performances, carcass composition and meat quality traits in garganica breed kids. Pak J Zool47:193–199.

Ramos, I., Esteban, E., Lucena, J.J., and Garate, A. 2002. Cadmium uptake and subcellular distribution in plants of Lactuca sp. Cd-Mn intraction. Plant Science. 162: 761-767.

Safarzadeh, S., Ronaghi, A., Karimian, N., Yasrebi, J., and Emam, Y. 2012. Poisnous effect of cadmium on nitrogen and phosphorous uptake and shoot vegetative characters of seven cultivars of rice. Sciences of Greenhouse Planting. 3(9): 107-117.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., and Mornhinweg, D.W. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science. 28: 526-531.

Selvam, G.G., and Sivakumar, K. 2013. Effect of foliar spray from seaweed liquid fertilizer of *Ulva reticulata* on *Vigna mungo* L. and their elemental composition using SEM-energy dispersive spectroscopic analysis. Asian Pac. J. Reprod. 2: 119-125.

Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M., and Gilani, A. 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 8(3): 283-287.

Sivasangari, R., Nagaraj, S., and Vijayanand, N. 2011. Influence of seaweed liquid extracts on growth, biochemical and yield characteristics of *Cyamopsis tetragonolaba*(L.) Taub. Journal of Phytology, 3(9): 37-41.

Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobns, U., and Weschke, W. 2000. Different response of antioxidant compounds tosalinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of
foxtail millet. Physiology Plantarum. 109: 435-442.

Sunarpi, C., Jupri, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N.I., and Nikmatullah, A. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. Nusantara Bioscience 2 (2): 73-77.

Verkleij, F.N. 2012. Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: A Review. Biological Agriculture& Horticulture: Int. J. Sustainable Prod. Syst. 8: 309-324.

Vijayanand, N., Ramya, S.S., and Rathinavel, S. 2014. Potential of liquid extracts of Sargassumwightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pacific Journal of Reproduction3(2): 150-155.

Vodyanitskii, Y.N. 2016. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states. Annals of Agrarian Science. 14: 257-263.

Westerman, R.L. 1990. Soil testing and plant analysis. Wisconsin: Soil Science Society of America.

Yang, Z.H.A.O., Yuan-Zhi, P.A.N., Biying, L.I.U., and Lei, C.A.I. 2012. Pilea cadierei Gagnep. Guill's Growth and Accumulation under Single and Combined Pollution of Cd and Pb. Journal of Agro-Environment Science. 1: 10-11.

Zhao, Y.D., Pan, Y.Z., Liu, B.Y., and Cai, L. 2012. Pilea cadierei Gagnep. et Guill's growth and accumulation under single and combined pollution of Cd and Pb. Journal of Agro-Environment Science. 31(1): 48-53.