تأثیر کودهای پتاسیمی بر محتوای کلروفیل گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.) در خاک آلوده سرب و کادمیوم

زهره محمدیان[۱]، احمد غلامعلی‌زاده[۲*]، مریم قربانی[۲]، زینب محکمی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم مهندسی خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- گروه علوم مهندسی خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳- پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: Ahangar@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۱ **DOI: 10.22034/csrar.2021.119766.1025**

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر منابع مختلف پتاسیم در خاک‌های آلوده به سرب و کادمیوم و تأثیر آن‌ها بر فرآیند فتوسنتز از طریق بررسی تغییر محتوای کلروفیل در گیاه دارویی اسطوخودوس می‌باشد. این پژوهش شامل دو آزمایش مستقل به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار می‌باشد. در آزمایش اول دو فاکتور کودهای پتاسیمی (کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم در دو سطح ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به همراه شاهد) و کلرید کادمیوم (سطوح: صفر و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) اعمال گردید. فاکتورها در آزمایش دوم شامل کودهای پتاسیمی، مشابه آزمایش اول و نیترات سرب (سطوح: صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کودهای پتاسیمی اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کل دارند. نتایج نشان داد در خاک آلوده به کادمیوم و سرب، محتوای کلروفیل به طور معنی‌داری نسبت به خاک غیرآلوده کاهش می‌یابد، نتایج همچنین بیانگر آن است که در خاک آلوده به کادمیوم، بیشترین میزان کلروفیل کل در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کلرید پتاسیم به دست آمد که نسبت به سطح شاهد ۷۰٪ افزایش معنادار نشان داد. نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی موید آن است که در خاک آلوده به سرب، بیشترین میزان کلروفیل a در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کلریدپتاسیم حاصل شد که نسبت به سطح شاهد ۷۱٪ افزایش معنادار نشان داد؛ بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد کودهای پتاسیمی می‌تواند در افزایش میزان کلروفیل مؤثر باشد که دراین‌بین، تأثیر کود کلریدپتاسیم بیشتر از دو کود دیگر است.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل‌های a و b، کلریدپتاسیم، کلریدکادمیوم، گیاهان دارویی، نیترات سرب

مقدمه

وجود فلزات سنگین در محیط‌زیست به دلیل سمیت آن‌ها، تجمع زیستی و تهدید برای زندگی انسان و محیط‌زیست، یکی از نگرانی‌های بزرگ است (Igwe and Abia, 2003; Horsfall and Spiff, 2005). با توسعه سریع صنایع از جمله آبکاری فلزات، استخراج از معادن، صنایع کود، باتری، صنایع کاغذ، آفت‌کش‌ها و دیگر صنایع به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه، پساب‌های فلزهای سنگین به طور فزاینده‌ای به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به محیط‌زیست تخلیه شده است. برخلاف آلاینده-های آلی، فلزهای سنگین تخریب‌پذیر نیستند و تمایل به تجمع در موجودات زنده دارند (Vitoria *et al*., 2005). اثرات سمی فلزهای سنگین بر رشد و نمو گیاهان، موردمطالعه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به محدودکردن رشد، فتوسنتز، رنگیزه‌های فتوسنتزی و تنفس اشاره کرد، همچنین جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل و کارتنوئید و کاهش فسفوریلاسیون اغلب از علایم عمده مسمومیت با فلزهای سنگین است (Prasad, 2004). فتوسنتز یکی از حساس‌ترین فرایندهای متابولیکی نسبت به سمیت سرب است و مطالعات متعددی بازدارندگی فتوسنتز در گیاهان مختلف رشدیافته تحت تنش سرب را گزارش کرده‌اند (Reddy *et al*., 2005; Sharma and Dubey, 2005). سرب با ازبین‌بردن اجزای دستگاه فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز را به گیاه القاء می‌کند (Reddy *et al*., 2005). بعلاوه مشخص شده است که فرایند فتوسنتز به طور منفی تحت تأثیر سرب قرار گرفته و همه غلظت‌های سرب تثبیت کربن را

کاهش می‌دهند (Sharma and Dubey, 2005). علی و همکاران (Ali *et al*., 2003) بر روی گونه *Salix acmophylla* *Bioss* تحقیقاتی انجام دادند که نتایج آن‌ها نشان داد اثرات سرب، نیکل و مس بر این گونه گیاهی سبب کاهش ظرفیت کل فتوسیستم II، بسته به میزان غلظت فلز شدند. امینی و امیرجانی (Amini and Amirjani, 2013) در تحقیقی که بر روی گیاه یونجه انجام دادند گزارش کردند که میزان کلروفیل کل در گیاهان تیمار شده نسبت به گیاه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین کاهش میزان کلروفیل با فلز سنگین دیگری مانند کادمیوم به وسیله پراساد و همکاران (Prasad *et al*., 2004) در گیاهان جنس ریکیا (*Riccia* Sp) گزارش گردیده است. برخی محققین دیگر نیز کاهش میزان کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی را با مصرف عناصر سنگینی چون سرب و کادمیوم در گیاهان پنبه و کاهو گزارش کردند (Dezhban *et al*., 2015; Loi *et al*., 2018). گیاهانی که در مجاورت عناصر سنگین قرار دارند اغلب با تنش اکسیداتیو روبرو می‌شوند (Sharma *et al*., 2004; Yasin *et al*., 2018). گیاهان برای حفاظت از خود در مقابل آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های اکسیژنی دارای یک سیستم آنتی‌اکسیدانی هستند (Groppa *et al*., 2007). مقاومت گیاهان نسبت به فلزات سنگین به توانایی آن‌ها در محدود کردن فلزات به دیواره‌های سلولی، سنتز اسمولیت‌ها و فعالسازی سیستم تدافعی آنتی اکسیدانی مربوط می‌باشد (Sharma and Dubey, 2005). در بین عناصر مورد استفاده به صورت کود، پتاسیم مهمترین کاتیون یک ظرفیتی است که دارای جذب انتخابی بوده و در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه و فعال کردن آنزیم‌های گیاهی نقش مهمی دارد (Larki *et al*., 2015). سو و همکاران (Su *et al*., 2007) نشان دادند که با مصرف کود سولفات پتاسیم، جذب کادمیوم توسط اندام هوایی گندم افزایش و آلودگی خاک با این فلز کاهش یافت. گائو و همکاران (Gao *et al*., 2011) در بررسی اثر کلریدپتاسیم بر غلظت‌های کادمیوم و روی در دانه گندم به این نتیجه رسیدند که افزودن کلریدپتاسیم سبب افزایش غلظت کادمیوم و روی در دانه گندم شده است. اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.)، گیاهی چندساله و همیشه سبز از خانواده نعناعیان (*Labiatae* یا *Lamiaceae*) است و ارتفاع آن بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، گل‌ها به‌صورت خوشه‌ای انتهایی و مجتمع در رأس ساقه می‌باشد. با توجه به شرایط محیط و آب و هوایی منطقه، دوران گلدهی، اواخر بهار تا شهریور ماه گزارش شده است (Dadman *et al*., 2007). این گیاه بومی اروپا می‌باشد و چون به‌صورت خودرو در ایران رشد نمی‌کند، صرفاً تهیه و تولید آن از طریق کشت امکان‌پذیر می‌باشد (Omidbeigi, 2006). این پژوهش با هدف بررسی اثرات منابع مختلف پتاسیم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی اسطوخودوس در یک خاک آلوده به سرب و کادمیوم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات کودهای پتاسیم بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در یک خاک آلوده به سرب و کادمیوم، دو آزمایش مستقل به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، بر روی گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* L.) در گلخانه تحقیقاتی و آموزشی دانشگاه زابل انجام گردید. در آزمایش اول دو فاکتور کودهای پتاسیمی شامل کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم در دو سطح ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (Yasin *et al*., 2018) به همراه شاهد (با سه تکرار) و کلریدکادمیوم در دو سطح صفر و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (Rivelli *et al*., 2014) با سه تکرار اعمال گردید. آزمایش دوم نیز شامل دو فاکتور کودهای پتاسیمی، مشابه آزمایش اول و نیترات سرب در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (HajiNajafi *et al*., 2017) بود. خاک مورداستفاده از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل تهیه و پس از هوا خشک نمودن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1997)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با هدایت سنج الکتریکی و pH در خاک به روش الکترود شیشه‌ای در عصاره اشباع خاک، نیتروژن کل به روش کجلدال (Page *et al*., 1982)، فسفر قابل جذب به روش عصاره‌گیری اولسن (Olsen *et al*., 1954) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100) و پتاسیم قابل جذب با استفاده از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (Helmke and Sparks, 1996) و قرائت با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. میزان کادمیم و سرب قابل جذب خاک با DTPA عصاره‌گیری و توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (Lindsay and Norvell, 1987).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک موردمطالعه

Table 1- Selected physical and chemical characteristics of the studied soil

ویژگی‌های فیزیکی (Physical characteristics)	واحد (Unit)	مقادیر (Amount)
EC	$dS.m^{-1}$	4.23
pH	-	7.51
نیتروژن (N)	%	0.12
فسفر (P)	$mg.kg^{-1}$	12
پتاسیم (K)	$mg.kg^{-1}$	649
کادمیم (Cd)	$mg.kg^{-1}$	0.04
سرب (P)	$mg.kg^{-1}$	0.21
سیلت (silt)	%	11
رس (clay)	%	9
شن (sand)	%	80
بافت خاک (Soil texture)	Sandy loam	-

به‌منظور آلوده‌سازی خاک از کلرید کادمیوم با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و سرب از منبع نیترات سرب با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک استفاده شد (Zhao *et al*., 2003; Chorom and Alizadeh, 2009). این نمک‌ها به‌صورت محلول در آب به خاک اضافه گردید (Rivelli *et al*., 2014)، سپس سطوح ۵۵ و ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم از سه منبع کودی کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم به همراه شاهد (بدون مصرف کود پتاسیمی) به خاک اضافه شد و به مدت یک ماه با دمای ثابت ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری گردید تا برهم‌کنش آلاینده، کودهای پتاسیمی و خاک تکوین‌یافته و شرایط آلودگی طبیعی‌تر باشد (Zhao *et al*., 2003). رطوبت گلدان‌ها به روش توزین، در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد. سپس خاک آماده شده به گلدان‌های ۳ کیلوگرمی اضافه شد. در داخل هر گلدان ۳ قلمه ریشه‌دار شده اسطوخودوس کشت شد. دو ماه بعد از کشت قلمه‌ها (قبل از گلدهی)، شاخساره گیاهان از سطح طوقه برداشت و هوا خشک گردید. جهت محاسبه میزان رنگیزه‌ها ۰/۵ گرم از بافت تر برگ وزن شد و رنگیزه‌ها با استون ۸۰ درصد استخراج شدند. پس از صاف کردن عصاره حاصل با کاغذ صافی، جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با اسپکتروفتومتر (مدل JENWAY 6300) خوانده و مطابق با رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ میزان رنگیزه‌های یاد شده برحسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه شد (Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645})\ V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663})\ V/100W \quad (۲)$$

$$\text{Chlorophyll T} = [(20.2 \times D_{645}) + (8.02 \times D_{663})] \times V/1000 \times W \quad (۳)$$

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کودهای پتاسیمی و برهم‌کنش کادمیوم و کودهای پتاسیمی بر میزان کلروفیل a در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

مطابق با شکل ۱ در خاک آلوده به کادمیوم (سطح ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم)، میزان کلروفیل a نسبت به خاک غیرآلوده (سطح صفر کادمیوم) به طور معنی‌داری کاهش یافته است، بطوریکه در خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم)، بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۱۱۰

میلی‌گرم در کیلوگرم کلریدپتاسیم حاصل شد که نسبت به سطح شاهد، ۲ برابر افزایش نشان داد (شکل ۱). اغلب محققان معتقدند کاهش میزان کلروفیل گیاهانی که در معرض تنش فلز سنگین کادمیوم قرار دارند، به‌خاطر عدم سنتز کلروفیل است که این موضوع در ارتباط با گیاه گندم به اثبات رسیده است (Malik *et al*., 1992). علت این امر رقابت کادمیوم با فلز آهن است که ریشه بجای آهن، فلز کادمیوم را جذب می‌کند و نهایتاً کادمیوم، جای فلز منیزیم را در مولکول کلروفیل اشغال می‌کند و باعث عدم سنتز کلروفیل می‌شود (Kupper *et al*., 1998). پژوهشگران عنوان نمودند که مقدار کلروفیل در گیاهان تیمار شده با کادمیوم نسبت به گیاه شاهد، کاهش قابل‌توجهی نشان دادند (Hegedus *et al*., 2001).

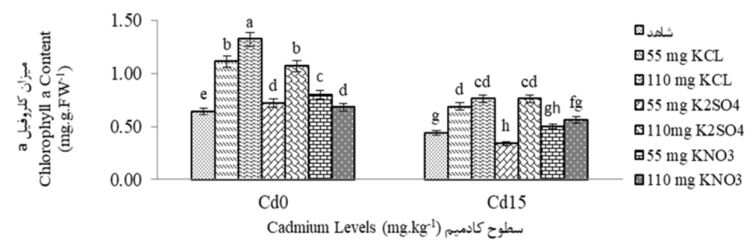
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس بر میزان محتوای کلروفیل در گیاه اسطوخودوس

Table 2- Analysis of variance of chlorophyll content in lavender plant

منابع تغییرات (S.O.V)	درجهٔ آزادی (df)	کلروفیل a (Chl. a)	کلروفیل b (Chl. b)	کلروفیل کل (Total Chl.)
کود پتاسیمی (Potassium fertilizers)	6	0.2759**	0.0489**	0.3266**
کادمیوم (Cd)	1	0.0096^{ns}	0.0793**	0.7935^{ns}
کود پتاسیم× سرب (Potassium fertilizers×Pb)	6	0.2086**	0.1004**	0.3551**
خطا (Erorr)	28	0.0065	0.0041	0.0398
ضریب تغییرات (C.V%)	-	12	16.25	15.61

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد (P<0.01)

** Significant at 0.01 probability level



شکل ۱- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و کادمیوم بر میزان کلروفیل a در گیاه اسطوخودوس

Figure 1- Effect of potassium and cadmium fertilizers interaction on chlorophyll a in Lavender

محققان طی آزمایشاتی که انجام دادند بیان نمودند که با افزایش غلظت کادمیوم میزان کلروفیل a کاهش می‌یابد (Sarhadi *et al*., 2012). کاهش ذخیره کلروفیل در برگ‌ها به علت مهار مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل است و مهار بیوسنتز کلروفیل احتمالاً به‌واسطه مهار سنتز δ– آمینولوولنیک اسید و مهار تشکیل پروتوکلروفیلد رداکتاز می‌باشد (Yordanov and Vassilev, 1997).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اثرات اصلی کودهای پتاسیمی و کادمیوم و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل b در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مطابق شکل ۲ با افزایش غلظت کادمیوم میزان کلروفیل b کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان گفت کاربرد پتاسیم از تخریب کلروفیل گیاه توسط کادمیوم جلوگیری می‌کند. همچنین شکل ۲ گویای آن است که در خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم) بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کلریدپتاسیم مشاهده شد که نسبت به سطح شاهد ۲/۸ برابر افزایش معنی‌دار یافت. پتاسیم انتقال و تجمع کادمیوم را در سیستم‌های خاک - گیاه تحت تأثیر قرار

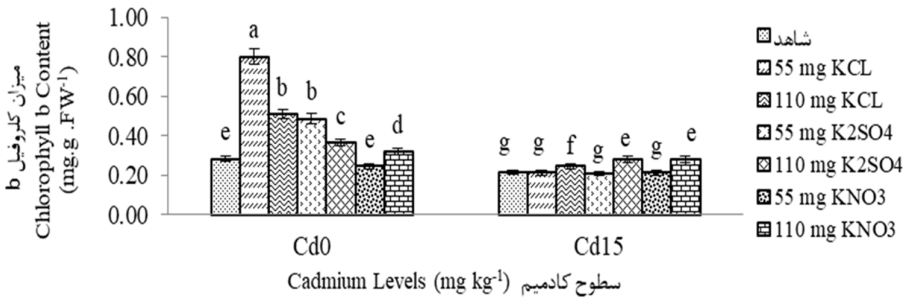
می‌دهد که این تأثیر بسته به منابع مختلف و میزان مورداستفاده آن، متفاوت است (Larki *et al*., 2015). یون کادمیوم می‌تواند سریعاً به شکل کمپلکس‌های پایدار با کلرید درآید. کلریدها بسیار متحرک بوده و در شرایط خاص می‌توانند فاکتور مهمی در توزیع کادمیوم خاک باشند (Wu *et al*., 2002). کلرید برای تشکیل کمپلکس‌های نسبتاً پایدار با کادمیوم به‌عنوان $CdCl^{+}$ و $CdCl_2^0$ شناخته شده است، که برای گیاهان قابل دسترس هستند که تقریباً معادل با Cd^{2+} می‌باشد (Weggler *et al*., 2004). محققان بیان کردند که پتاسیم نقش اساسی در فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها و فتوسنتز ایفا می‌کند (Basak and Biswas, 2009). محققان بیان نمودند که در برگ‌های تحت تنش کادمیوم، تشکیل LHCII[1] مختل می‌شود که علت آن مهار سنتز پروتئین LHCII در مرحله نسخه‌برداری است که باعث فتواکسید شدن کلروفیل تازه تشکیل شده می‌گردد (Hegedus *et al*., 2001).

سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2007) در آزمایشی که بر روی گیاه کلزا انجام شد، بیان کردند که با افزایش غلظت کادمیوم میزان کلروفیل b کاهش می‌یابد. کاهش محتوای کلروفیل در اثر استرس ناشی از فلزات سنگین ممکن است نتیجه ممانعت آنزیم‌های مسئول در بیوسنتز کلروفیل باشد (Zengin and Munzuroglu, 2005). گیاهانی که در محیط حاوی کادمیوم بالا رشد می‌کنند دارای کلروفیل کمتری بوده و برگ‌های این گیاهان قابلیت خود را برای دریافت نور از دست می‌دهند و کادمیوم باعث کاهش فتوسنتز از طریق اثر مخرب آن بر روی واکنش‌های نیازمند به نور و واکنش‌های بی‌نیاز از نور شده و همچنین باعث اختلال در فعالیت آنزیم‌های مؤثر در چرخه تثبیت گازکربنیک در فتوسنتز می‌شود (Chug and Sawhney, 1999). کادمیوم مرحله تثبیت گازکربنیک را در فتوسنتز با ممانعت از فعالیت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز (RUBISCO) کاهش می‌دهد و در نتیجه کادمیوم باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Malik *et al*., 1992). در پژوهشی شرما و همکاران (Sharma *et al*., 2008) بیان نمودند که کادمیوم از طریق کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش فتوسنتز، باعث کاهش رشد گیاهان می‌شوند. محققان در پژوهشی نشان دادند که با افزایش غلظت کادمیوم، میزان کلروفیل در گیاه نخود کاهش می‌یابد (Popova *et al*., 2008). کلریدکادمیوم از طریق پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال سبب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود اما پتاسیم تخریب کلروفیل‌ها را به تأخیر می‌اندازد و همچنین باعث کاهش سمیت کادمیوم بر میزان کلروفیل‌ها می‌گردد (Van Assche and Clijsters, 2002).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی کود پتاسیمی و اثرات متقابل کودهای پتاسیمی و کادمیوم بر میزان کلروفیل کل در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مطابق شکل ۳ در خاک آلوده به کادمیوم با افزودن کودهای پتاسیمی میزان کلروفیل کل افزایش یافت اما این افزایش نسبت به خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم) کمتر بود، بطوریکه بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در خاک غیرآلوده (سطح صفر کادمیوم) مربوط به تیمار ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات پتاسیم بود که نسبت به سطح شاهد ۸۸ درصد افزایش یافت و کمترین میزان کلروفیل کل در خاک آلوده به کادمیوم در تیمار ۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم مشاهده شد که با شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد (شکل ۳).

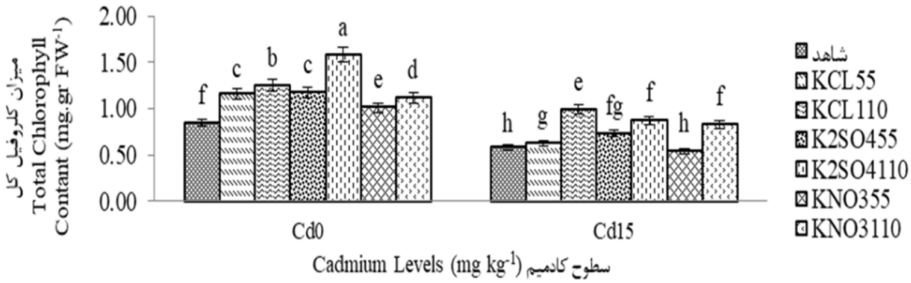
سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2007) طی آزمایشاتی که انجام دادند عنوان نمودند که با افزایش غلظت کادمیوم میزان کلروفیل کل در گیاه کلزا کاهش یافت. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که میزان کلروفیل برگ‌ها با افزایش غلظت کادمیوم کاهش می‌یابد (شکل ۳). شواهد متناقضی مبنی‌بر اثر پتاسیم در کاهش یا افزایش جذب کادمیوم در گیاه وجود دارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف کلرید پتاسیم در خاک‌های آلوده به کادمیوم باعث افزایش جذب و انباشت کادمیوم در گیاه می‌شود (Zhao *et al*., 2003)، درحالی‌که نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که مصرف پتاسیم باعث کاهش جذب و انباشت کادمیوم (Liu *et al*., 2012) و افزایش ماده خشک در گیاهان در معرض کادمیوم می‌شود (Su *et al*., 2007).

1. light-harvesting complex II



شکل ۲- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و کادمیوم بر میزان کلروفیل b در گیاه اسطوخودوس

Figure 2- Effect of potassium and cadmium fertilizers interaction on chlorophyll b in Lavender



شکل ۳- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و کادمیوم بر میزان کلروفیل کل در گیاه اسطوخودوس

Figure 3- Effect of potassium and cadmium fertilizers interaction on total chlorophyll in Lavender.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده کودهای پتاسیمی و سرب و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل a در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). با افزودن کودهای پتاسیمی به خاک آلوده به سرب (سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سرب) میزان کلروفیل a افزایش یافت اما این افزایش نسبت به خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب) کمتر بود بطوریکه در خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب) بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار ۱۱۰ میلی‌گرم کلریدپتاسیم به دست آمد که نسبت به شاهد ۹۳ درصد افزایش معنی‌دار داشت و کمترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۴). در آزمایشی که توسط بلادی و همکاران (Baladi *et al*., 2011) انجام شد بیان کردند که با افزایش غلظت سرب و مس در گیاه خلر (*Lathyrus sativus*) میزان کلروفیل a کاهش یافت.

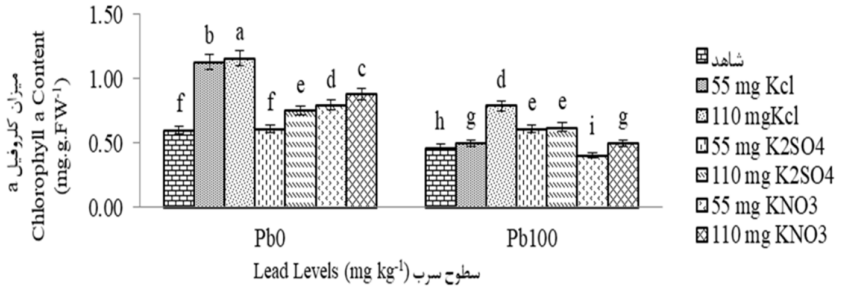
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس بر میزان محتوای کلروفیل در گیاه اسطوخودوس

Table 3- Analysis of variance of chlorophyll content in lavender plant

منابع تغییرات (S.O.V)	درجهٔ آزادی (df)	کلروفیل a (Chl. a)	کلروفیل b (Chl. b)	کلروفیل کل (Total Chl.)
کود پتاسیمی (Potassium fertilizers)	6	0.193**	0.0255**	0.4116**
سرب (Pb)	1	0.0633**	0.0001^{ns}	0.0118^{ns}
کود پتاسیم× سرب (Potassium fertilizers×Pb)	6	0.1628**	0.0108**	0.2019**
خطا (Erorr)	28	0.0075	0.0018	0.0375
ضریب تغییرات (C.V)	-	13.51	15.66	19.94

** Significant at 0.01 probability level

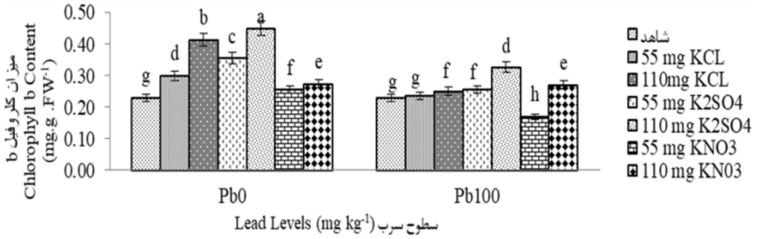
** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد (P<0.01)



شکل ۴- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و سرب بر میزان کلروفیل a در گیاه اسطوخودوس
Figure 4- Effect of potassium fertilizers and lead interaction on chlorophyll a in Lavender

سرب با جلوگیری از سنتز کلروفیل تأثیر منفی بر فرآیند فتوسنتز دارد. سرب با جلوگیری از جذب عناصر ضروری مثل Mg و Fe از سنتز کلروفیل جلوگیری می‌کند، دستگاه فتوسنتز به دلیل محدودیت لیگاندهای پروتئینی -N-S تخریب می‌شود و افزایش فعالیت کلروفیلاز نیز سبب افزایش تخریب کلروفیل در شرایط فراوانی سرب می‌شود (Sharma and Dubey, 2005)؛ بنابراین احتمالاً یکی از دلایل کاهش کلروفیل‌ها افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از سرب است، به‌علاوه کاهش نسبت کلروفیل a به کلروفیل b می‌تواند به دلیل حساسیت و تخریب بیشتر کلروفیل a تحت اکسیژن‌های آزاد تولید شده ناشی از سرب باشد. به نظر می‌رسد که تنش دو فلز سنگین سرب و کادمیوم در گیاه قادر به مهار بیوسنتز کلروفیل و تجزیه زیستی آن در گیاه موردمطالعه بوده است. در بررسی اثر کلریدنیکل و سولفات کادمیوم بر وضعیت کلروفیل گیاهان آبزی، گونه‌هایی نظیر *Lemna trisulca*, *Ceratophyllum demersum* حاکی از آن بود که به دلیل جایگزینی این عناصر سنگین با منیزیم موجود در مرکز حلقه پورفیرینی مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (Kupper *et al*., 1996).

باتوجه‌به جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی کودهای پتاسیمی و برهم‌کنش سرب و کودهای پتاسیمی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل b داشتند (جدول ۳). مطابق شکل ۵ در خاک آلوده به سرب با افزودن کودهای پتاسیمی میزان کلروفیل b افزایش یافت اما این افزایش در خاک‌های آلوده به سرب نسبت به خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم سرب) کمتر بود. بیشترین میزان کلروفیل b در خاک آلوده به سرب (سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سرب) در تیمار ۱۱۰ میلی‌گرم سولفات پتاسیم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۳۹ درصد افزایش یافت (شکل ۵).

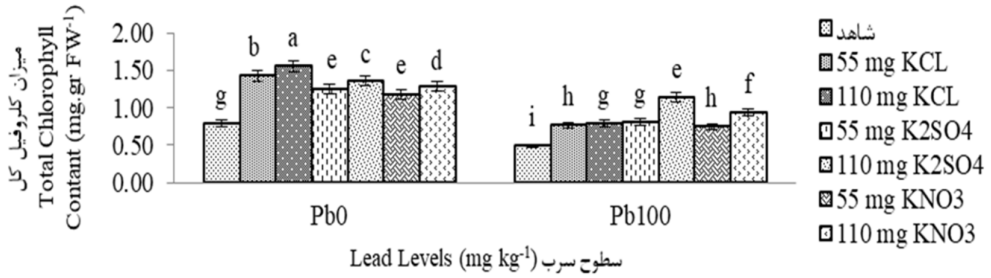


شکل ۵- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و سرب بر میزان کلروفیل b در گیاه اسطوخودوس
Figure 5- Effect of potassium fertilizers and lead interaction on chlorophyll b in lavender

پژوهشگران عنوان نمودند گیاهانی که در معرض یون‌های سرب قرار داشته‌اند کاهش مقدار فتوسنتز را در نتیجه تغییر شکل کلروپلاست، جلوگیری از سنتز کلروفیل، ممانعت از انتقال الکترون، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین به‌علاوه کمبود دی‌اکسیدکربن در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها را نشان می‌دهند (Sharma and Dubey, 2005). محققان بیان نمودند که با افزایش غلظت سرب و مس میزان کلروفیل b در گیاه خلر کاهش یافت (Baladi *et al*., 2011). در پژوهشی دیگر عنوان شد که غلظت ۵۰ میلی مولار سرب در درون برگ کافی است تا مانع سنتز کلروفیل گردد (Sengar and Pandy, 1996). نتایج

به‌دست‌آمده در این پژوهش با بسیاری از یافته‌ها در این مورد مطابقت دارد. محققان در آزمایشی دیگر عنوان کردند که غلظت بالای فلزات سنگین نیکل و سرب منجر به کاهش محتوای کلروفیل می‌گردند (Amini and Amirjani, 2013). در تحقیقی دیگر، محققان بیان داشتند، عناصر سرب، روی و کادمیوم به‌راحتی از ریشه به بخش‌های هوایی گیاه یونجه منتقل می‌شوند. در مقایسه با شاهد، کود پتاسیم کلرید به طور قابل‌توجهی غلظت‌های سرب، روی و کادمیوم را در بافت‌های متفاوت یونجه افزایش می‌دهد (Elouear *et al*., 2016) که می‌تواند موجب کاهش میزان کلروفیل گیاه گردد.

باتوجه‌به جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی کودهای پتاسیمی و برهم‌کنش سرب و کودهای پتاسیمی، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل کل داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که در خاک غیرآلوده (سطح صفر میلی‌گرم سرب)، بیشترین میزان کلروفیل کل در سطح ۱۱۰ میلی‌گرم تیمار کودی کلریدپتاسیم به دست آمد که میزان کلروفیل در این سطح، ۲ برابر سطح شاهد می‌باشد (شکل ۶). همچنین شکل ۶ نشان می‌دهد که در خاک آلوده به سرب (سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سرب) میزان کلروفیل کل در تیمار ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات پتاسیم ۲/۳ برابر سطح شاهد می‌باشد. مطالعات متعددی از بازدارندگی فتوسنتز در گیاهان مختلف رشدیافته تحت تنش سرب گزارش شده است (Sharma and Dubey, 2005; Zengin and Munzuroglu, 2005). سرب کاهش فتوسنتز را ممکن است از طریق بازگشایی روزنه، آسیب به سازماندهی فراساختاری کلروپلاست، تغییر در متابولیت‌های فتوسنتزی، جایگزین شدن با یون‌هایی مانند منیزیم و منگنز و غیره در کلروپلاست و ممانعت از ساختن یا تجزیه رنگریزه‌های فتوسنتزی القاء کند (Reddy *et al*., 2005). مشخص شده است که فرآیند فتوسنتز و تثبیت کربن به طور منفی تحت تأثیر سرب قرار گرفته‌اند (Sharma and Dubey, 2005). در بررسی تنش غلظت‌های متفاوتی از نیکل، سرب و روی در ذرت، مشاهده گردید که فتوسنتز خالص، کاهش و میزان کاهش در غلظت‌های بالاتر و مدت‌زمان بیشتر تیمارها، قابل‌ملاحظه‌تر بود (Heckathorn *et al*., 2004). مشخص شده است محتوای کلروفیل کل گیاه لوبیا به طور فزاینده‌ای با افزایش غلظت سرب، مس، کادمیوم و جیوه کاهش می‌یابد (Zengin and Munzuroglu, 2005). همچنین مشخص شده است که با به‌کارگیری سرب و کادمیم در دو واریته گندم، کلروفیل کل کاهش یافت (Oncel *et al*., 2000).



شکل ۶- تأثیر برهم‌کنش کودهای پتاسیمی و سرب بر میزان کلروفیل کل در گیاه اسطوخودوس

Figure 6- Effect of potassium and lead fertilizers interaction on total chlorophyll in lavender

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از سنجش کلروفیل‌های a، b و کل نشان می‌دهد که در گیاهان با افزایش غلظت کادمیوم و سرب محتوای رنگیزه‌های فوق کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد در نتیجه ایجاد اختلال در زنجیره انتقال الکترون، جایگزینی منیزیم در ساختار تتراپیرولی مولکول کلروفیل و مهار آنزیم‌های اصلی مسیر بیوسنتز کلروفیل می‌باشد. پتاسیم تخریب کلروفیل‌ها را به تأخیر می‌اندازد و همچنین باعث کاهش سمیت کادمیوم و سرب بر روی میزان کلروفیل می‌گردد. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که مصرف کود پتاسیمی از هر سه منبع سولفات پتاسیم، کلریدپتاسیم و نیترات‌پتاسیم می‌تواند در افزایش میزان محتوای کلروفیل‌های a، b و کل در خاک آلوده به کادمیوم و سرب مؤثر باشد ولی تأثیر کود کلریدپتاسیم در این زمینه بیشتر از سایر منابع پتاسیم می‌باشد.

References

Ali, B.M.P., Vajpayee, R.D., Tripathi, U.N., Rai, S.N., Singht, S.P. and Singhg, H. 2003. Phytoremediation of lead, nickel, and copper by salix acmophylla boiss: Role of Antioxidant Enzymes and Antixidant substances. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 70: 462-469.

Amini, F. and Amirjany, M.R. 2013. Effect of nickel and lead on chlorophyll content and Metals accumulation in Medicago sativa. *Journal Production and processing of agricultural and horticultural crops*, 2(6): 11-20.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenol-oxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24: 1-15.

Baladi, M., Habibi, D., Kashani, P., Paknejad, A. and Gulshan, M. 2011. Effects of Lead and Copper on chlorophyll content Lipid membranes, relative water content and superoxide dismutase activity in plant species Lathyrus sativus. *Journal of Crop Ecophysiology*, 2(2): 61-74.

Basak, B. and Biswas, D. 2009. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bascillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by Sudan grass (*Sorghum vulgare Pers*.) grown under two Alfisols. *Plant Soil*, 317: 235-255.

Bouyoucos, C.J.X. 1997. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.

Chorom, M. and Alizadeh, A. 2009. Comparison of synthetic chelates and compost at enhancing phytoextraction of Cd, Ni and Pb from contaminated soil under canola cultivation. *Journal of Water and Soil*, 23(2): 20-29. (In Persian)

Chug, L.K. and Sawhney, S.K. 1999. Photosynthetic activities of Pisum sativum seedlings grown in presence of cadmium. *Plant Physiology and Biochemistry* (Paris), 37(4): 297-303.

Dadman, B., Omidbeygi, R. and Sefidkan, F. 2007. Effect of nitrogen on essential oil of Mexican parsley. *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38: 484-91.

Dezhban, A., Shirvany, A., Attarod, P., Delshad, M., Matinizadeh, M. and Khoshnevis, M. 2015. Cadmium and lead effects on chlorophyll fluorescence, chlorophyll pigments and proline of *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Forestry Research*, 26(2); 323-329.

Elouear, Z., Bouhamed, F., Boujelben, N. and Bouzid, J. 2016. Application of sheep manure and potassium fertilizer to contaminated soil and its effect on zinc, cadmium and lead accumulation by alfalfa plants. *Sustainable Environment Research*, 26: 131-135.

Gao, X., Mohr, R.L., Mclaren, D.L. and Grant, C.A. 2011. Grain cadmium and zinc concentrations in wheat as affected by genotypic variation and potassium chloride fertilization. *Field Crops Research*, 122: 95-103.

Groppa, M.D., Tomaro, M.L. and Benarides, M.P. 2007. Polyamines and heavy metal stress: the antioxidant behavior of spermine in cadmium– and copper– treated wheat leaves. *Biometals*, 20: 185-195.

HajiNajafi, O., Momayezi, M.R. and Sheibani, H.A. 2017. Effect biochar on the absorption of lead in phytoremediation of contaminated soils by maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Dynamic Agriculture*, 13(2): 107-115. (In Persian)

Heckathorn, S.A., Mueller, J.K., LaGuidice, S., Zhu, B., Barrett, T., Blair, B. and Dong, A. 2004. Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress. *American Journal Botany*, 91:1312-1318.

Hegedus, A., Erdi, S. and Horvath, G. 2001. Comparative studies of H_2O_2 detoxifying enzymes in green and greening barley seedling under cadmium stress. *Plant Science*, 160: 1085-1093.

Helmke, P.A. and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, cesium, and rubidium. In Sparks, D.L. (ed). Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods and Processes. Madison, Soil Science Society of America. PP: 551-574.

Horsfall, M.J. and Spiff, A.I. 2005. Effects of temperature on the sorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} from aqueous solution by caladium bicolor (wild cocoyam) biomass. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8: 22-26.

Igwe, J.C. and Abia, A.A. 2003. Maize cob and husk as adsorbents for removal of Cd, Pb and Zn ions from wastewater. *The Physical Sciences*, 2: 83-94.

Kupper, H., Küpper, F. and Spiller, M. 1996. Environmental relevance of heavy metal-Substituted chlorophylls using the example of water plants. *Journal of Experimental Botany*, 47: 259-266.

Küpper, H., Küpper, F. and Spiller, M. 1998. In situ detection of heavy metal substituted chlorophylls in water plants. *Photosynthesis Research*, 58: 123-133.

Larki, S., Rahnama, A. and Aynehband, A. 2015. Effect of application of potassium fertilizers on physiological traits and cadmium accumulation in grain of two durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum* (Desf.) *Husn*.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(3): 223-235. (In Persian)

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1987. Development of DTPA Soil test for Zinc, Iron, Mangnese and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

Liu, C. H., DarHuang, W. and Kao, C.H. 2012. The decline in potassium concentration is associated with cadmium toxicity of rice seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(2): 495-502

Loi, N.N., Sanzharova, N.I., Shchagina, N.I. and Mironova, M.P. 2018. The Effect of Cadmium Toxicity on the Development of Lettuce Plants on Contaminated Sod-Podzolic Soil. *Russian Agricultural Sciences*, 44(1): 49-52.

Malik, D., Sheoran, I.S. and Singh, R. 1992. Carbon metabolism in leaves of cadmium treated wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* (Paris), 30: 223-229.

Niknafas, Sh., Naseri, E. and Ghorbani, F. 2014. The determination of concentration of lead and cadmium in *Ligustrum vulgare* plant and their relations with photosynthesis pigments in Sanandaj City. *3th National Conference on Natural Resources Research in Iran, Focusing on the Environment*. Oct, 23, 2014, Kordestan University, Kordestan, Iran.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circular 939, US Gov. Printing Office, Washington, DC.

Omidbeigi, R. 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Beh Nashr Publications. 1th edition, Mashhad. PP. 348.

Oncel, I., Keles, Y. and Ustun, A.S. 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. *Environmental Pollution*, 107: 315–320.

Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part2. 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, WI.

Popova, L., Maslenkova, L., Yordanova, R., Krantev, A., Szalai, G. and Janda, T. 2008. Salicylic acid protects photosynthesis against cadmium toxicity in pea plants. *Plant Physiology*, 34: 133-148

Prasad, S., Dwivedi, R., Zeeshan, M. and Singh, R. 2004. UV-B and cadmium induced changes in pigments, photosynthetic electron transport activity, antioxidant levels and antioxidative enzyme activities of Riccia Sp. *Acta Physiology Plant*, 26: 423-430.

Reddy, A.M., Kumar, S.G., Jyonthsnakumari, G., Thimmanaik, S. and Sudhakar, C. 2005. Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (*Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc.) and bengalgram (*Cicer arietinum* L.). *Chemosphere*, 60:97–104.

Rivelli, A.R., Puschenreiter, M. and De-Maria, S. 2014. Assessment of cadmium uptake and nutrient content in sunflower plants grown under Cd stress. *Plant, Soil and Environment*, 60(2): 80-86.

Sarhadi, S., Riahi-Madvar, A. and Shahbazi, A. 2012. Effects of cadmium on some morphological and physiological characteristics of Corn seedlings. *1th National Conference on phytoremediation.* Feb, 16, 2012, Kerman, Iran.

Sengar, R.S. and Pandy, M. 1996. Inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in greening *Pisum sativum* leaf segments. *Biologia Plantarum*, 38: 459-462.

Sharma, P. and Dubey, R.S. 2005. Lead Toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17:35-52.

Sharma, R.K., Agrawal, M. and Agrawal, S.B. 2008. Interactive effects of cadmium and Zinc on carrots: growth and biomass accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 19-34.

Sharma, S.S., Kaul, S., Metwally, A., Goyal, K.C., Finkemeier, I. and Dietz, K.J. 2004. Cadmium toxicity to barley (*Hordeum vulgar*) as affected by varying Fe nutritional status. *Plant science*, 166: 1287-1295.

Soltani, F., Ghorbanli, M. and Manouchehri-Kalantari, K.H. 2007. Effect of cadmium on photosynthetic pigments, sugars and malondealdehyde content in (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Biology*, 19(2): 136-147. (In Persian)

Su, Ch., Sun, L., HengSun, T., Ch, L. and Guo, G. 2007. Interaction between cadmium, Lead and potassium sulfate in a Soil-Plant system. *Journal of Environmental Geochemistry and Health*, 29(5): 435-446.

Van-Assche, F. and Clijsters, H. 2002. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell & Environment*, 13: 195-206.

Vitoria, A.P., Cunha, M.Da. and Azevedo, R.A. 2005. Ultra structural changes of Radish leaf exposed to cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 47-52

Weggler, K., McLaughlin, M.J. and Graham, R.D. 2004. Effect of chloride in soil solution on the plant availability of biosolid-borne cadmium. *Journal of Environmental Quality*, 33: 496-504.

Wu, J., Norvell, W.A., Hopkins, D.G. and Welch, R.M. 2002. Spatial variability of grain cadmium and soil characteristics in a durum wheat field. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 268-75.

Yasin, N.A., Zaheer, M.M., Khan, W.U., Ahmad, S.R., Ahmad, A., Ali, A. and Akram, W. 2018. The beneficial role of potassium in Cd-induced stress alleviation and growth improvement in Gladiolus grandiflora L. *International Journal of Phytoremediation*, 20(3): 274-283.

Yordanov, I. and Vassilev, A. 1997. Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium treated plants v–review. *Plant Physiology*, 23: 114-133.

Zengin, F.K. and Munzuroglu, O. 2005. Effects of some heavy metaleson chlorophyll, proline and some antioxidant and chemicals in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensla Series Botanica*, 47(2):157–164.

Zhao, Zh.Q., Zhu, Y.G., Li, H.Y., Smith, S.E. and Smith, F.A. 2003. Effects of forms and rates of potassium fertilizers on cadmium uptake by two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environment International*, 29(7): 973-978.

The effect of potassium fertilizers on chlorophyll content of medicinal plant lavender (*Lavendula officnalis* L.) in a lead and cadmium contaminated soil

Zohre mohamadiyan[1], Ahmad Gholamalizadeh[2*], Maryam Ghorbani[2], Zaynab mohkami[3]

[1]Msc Graduate of Soil Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]Department of Soil sciences, University of Zabol, Zabol, Iran
[3]Agricultural Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding Author: Ahangar@uoz.ac.ir

Received: 26 February 2018 Accepted: 02 December 2018 **DOI: 10.22034/csrar.2021.119766.1025**

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of different sources of potassium in soils contaminated with lead and cadmium and their effect on photosynthesis by investigating changes in chlorophyll content in lavender (*Lavandula officinalis* L.). This study consisted of two independent factorial experiments in a completely randomized design with three replications. In the first experiment, two factors of potassium fertilizers (potassium chloride, potassium sulfate and potassium nitrate were applied at two levels of 55 and 110 mg kg^{-1} soil along with control) and cadmium chloride (0 and 15 mg kg^{-1} soil). In the second experiment, the factors included potassium fertilizers, similar to the first experiment, and lead nitrate (0 and 100 mg kg^{-1} soil). Analysis of variance of data showed that potassium fertilizers have a significant effect on the amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll. The results showed that in soil contaminated with cadmium and lead, the chlorophyll content decreases significantly compared to uncontaminated soil. The results also indicated that in soils contaminated with cadmium, the greatest amount of total chlorophyll was obtained at the level of 110 mg kg^{-1} of potassium chloride, which showed a significant increase of 70% over the control level. The results of laboratory analyzes confirm that in lead contaminated soils, the greatest amount of chlorophyll a was obtained at the level of 110 mg kg^{-1} of potassium chloride, which showed a significant increase of 71% over control; Therefore, it seems that the use of potassium fertilizers may be effective in increasing the amount of chlorophyll, in which the effect of potassium chloride fertilizer is greater than that of the other two fertilizers.

Keywords: Cadmium Chloride, Chlorophylls a and b, Lead Nitrate, Medicinal Plant, Potassium Chloride