Investigating the Effect of Jasmonate and Lead on some Physiological and Biochemical Traits of *Dracocephalum Moldavica* L. under the Application of Vermicompost

Elham Azizi[1*], Raheleh Rahbarian[2], Atena Mirbolook[3] , Asieh Behdad[4]

(Received: June, 2023 Accepted: June, 2024)

Abstract

In recent years, heavy metal pollution has been one of the basic problems of the environment and the production of agricultural and medicinal plants that compounds such as jasmonate in plants can be effective in modulating this stress. In order to investigate the effect of jasmonate and lead on some physiological and biochemical traits of the medicinal plant Dracocephalum Moldavica L. under the application of vermicompost, a factorial experiment was conducted in the form of a completely randomized design with three replications. The treatments included lead at five levels (0, 100, 200, 300, and 400 mg/kg soil) and jasmonate at four levels (0, 50, 100, and 150 mmol L^{-1}) in the conditions of non-application and application of 10 tons per hectare of vermicompost. The traits investigated in this experiment included fresh and dry weight of shoot and root, the ratio of shoot to root dry weight, leaf area and the amount of carbohydrate, proline and catalase in plant leaves. The results showed that in the vegetative growth stage of *Dracocephalum Moldavica*, with increasing jasmonate concentration, the fresh and dry weight of shoot and root increased, so that the highest amount of fresh and dry weight of shoot, dry weight of root and total weight of the plant was obtained in 150 mmol L^{-1} jasmonate treatment. In both vegetative, and reproductive stages, different levels of lead had a significant effect on the fresh and dry weight of vegetative organs, and with the increase in lead up to 300 $mgkg^{-1}$, fresh and dry weight of shoot, root and fresh weight of the whole plant, showed a significant decreasing trend. The application of vermicompost also significantly increased the fresh and dry weight of shoot, the dry weight of the root and the fresh weight of the whole plant in the reproductive stage. With the increase of jasmonate levels, the amount of leaf carbohydrate first showed an increasing trend and then decreased. Also, with the increase in lead concentration, the average carbohydrate signifi cantly increased. With the increase in the amount of applied jasmonate, the average leaf proline also decreased at first, but at higher levels, the value of this parameter showed an increasing trend. Also, with the increase in lead level, the average leaf proline found a significant non-linear increasing trend. In general, the investigation of the triple effect of jasmonate, lead, and vermicompost on the studied traits showed that the highest amount of carbohydrate and proline in the vegetative growth stage were respectively in combined treatments of 100 $mmol.l^{-1}$jasmonate, 200 $mg.l^{-1}$ lead without applying vermicompost and 0 $mmol.l^{-1}$ jasmonate, 400 $mg.l^{-1}$ lead without applying vermicompost was obtained. In the reproductive growth stage, the highest amounts of carbohydrate and proline were obtained in the combined treatments of 0 $mmol.l^{-1}$ jasmonate, 300 $mg.l^{-1}$ lead without applying vermicompost and 150 $mmol.l^{-1}$ jasmonate, 100 $mg.l^{-1}$ lead without applying vermicompost .In general, in the mean of investigated lead levels with the increase of jasmonate and the application of vermicompost, the amount of lead in the plant organs showed a decreasing trend.

Keywords: heavy metals, vegetative stage, reproductive stage, carbohydrate, proline

Azizi E., Rahbarian R., Mirbolook A., Behdad A. 2024. Investigating the effect of jasmonate and lead on some physiological and biochemical traits of *Dracocephalum Moldavica* L. under the application of vermicompost. *Applied Soil Research*. 12(3): 108-130.

۱ .Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran

2 . Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor University, Iran
3. Ph.D. in chemistry and soil fertility of Urmia University
4. Ph.D in plant physiology, Shiraz University
* Corresponding Author Email: azizi.e@pnu.ac.ir

بررسی اثر تعدیل کنندگی جاسمونات و بستر کشت ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط تنش سرب

الهام عزیزی[1*] ، راهله رهباریان[2]، آتنا میربلوک[3]، آسیه بهداد[4]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۳)

چکیده

در سالهای اخیر آلودگی فلزات سنگین یکی از مشکلات اساسی محیط زیست و تولید گیاهان زراعی و دارویی بوده است که ترکیبات هورمونی نظیر جاسمونات در گیاهان می‌تواند بر تعدیل این تنش موثر باشد. به منظور بررسی اثر جاسمونات و سرب بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط اعمال ورمی کمپوست، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سرب در ۵ سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و جاسمونات در ۴ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مول بر لیتر) در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که در مرحله رشد رویشی گیاه بادرشبو، با افزایش غلظت جاسمونات، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه، روند افزایشی نشان داد؛ به‌طوری که بیشترین مقدار این صفات در تیمار ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات حاصل شد. همچنین در هر دو مرحله رویشی و زایشی، با افزایش غلظت سرب تا ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، وزن تر و خشک اندام‌های های هوایی، زیرزمینی و وزن تر کل گیاه، روند کاهشی معنی‌داری نشان داد. اعمال ورمی کمپوست نیز منجر به افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک اندام زیرزمینی و وزن تر کل بادرشبو در مرحله رشد زایشی گردید. با افزایش سطح جاسمونات، مقدار هیدرات کربن برگی ابتدا روند افزایشی نشان داد و سپس کاهش یافت . همچنین با افزایش غلظت سرب، میانگین هیدرات کربن روند افزایشی معنی‌داری داشت. با افزایش مقدار جاسمونات، میانگین پرولین برگی نیز، ابتدا روند کاهشی داشت و سپس افزایشی نشان داد. همچنین با افزایش سطح سرب، میانگین پرولین برگی روند افزایشی غیرخطی داشت. به‌طورکلی بررسی اثر سه گانه جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر صفات مورد بررسی نشان داد که بیشترین مقدار هیدرات کربن و پرولین در مرحله رشد رویشی به ترتیب در تیمارهای تلفیقی ۱۰۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست و صفر میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست بدست آمد. در مرحله رشد زایشی نیز بیشترین مقدار هیدرات کربن و پرولین به ترتیب به تیمارهای تلفیقی صفر میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۳۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست و ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست اختصاص یافت. به‌طور کلی در میانگین سطوح سرب مورد بررسی، با افزایش جاسمونات و اعمال ورمی کمپوست، مقدار سرب درون اندام های گیاه، روند کاهشی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فلزات سنگین، مرحله رویشی، مرحله زایشی، هیدرات کربن.

عزیزی، ا.، رهباریان، ر.، میربلوک، آ.، بهداد، آ. ۱۴۰۳. بررسی اثر تعدیل کنندگی جاسمونات و بستر کشت ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط تنش سرب. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲. شماره ۳. صفحه: ۱۰۸-۱۳۰.

۱- دانشیار گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران (مکاتبه کننده)

۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران

۳- دانش آموخته دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک دانشگاه ارومیه

۴- دانش آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهی دانشگاه شیراز

* پست الکترونیک: azizi.e@pnu.ac.ir

مقدمه

با پیشرفت سریع صنایع گوناگون مانند معدن کاوی، ذوب فلزات، ساخت کودها، آفت کشها و فاضلاب های شهری و صنعتی انواع فلزات سنگین به طور مستقیم و غیر مستقیم وارد محیط زیست شده اند(Ansari & Malik, 2007). فلزات سنگین به عناصری اطلاق می شوند که دارای چگالی بیشتر از ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشند که از جمله آن می توان به سرب، کادمیم، مس،آرسنیک، جیوه، کروم و نقره اشاره کرد (Adriano, 2001). یکی از مشکلات اصلی فلزات سنگین در مقایسه با آلاینده های آلی، عدم تجزیه پذیری این آلاینده ها است (Naderi *et al.*, 2012) به طوری که فلزات سنگین حتی در غلظت های کم، سمی، سرطان زا و یا جهش‌زا هستند(Golehdar, 2008) و منجر به بروز اختلالات متابولیکی و بازدارندگی رشد اغلب گونه های گیاهی می گردند (Naderi *et al.*, 2012). از اثرات سرب برگیاهان می توان به تخریب ساختار واکوئل و دیواره سلولی، کاهش فعالیت میتوکندری، کاهش تعرق، تخریب ساختار کلروفیل a و b، کاهش فعالیت های آنزیمی، کاهش فعالیت سیستم فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد اشاره کرد (Ali *et al.*, 2015).

امیرمرادی و همکاران (Amir Moradi *et al.*, 2017) با بررسی اثر کادمیوم و سرب بر خصوصیات کمی و درصد اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) گزارش کردند که با اعمال تنش سرب و کادمیوم، وزن تر و خشک، ارتفاع، سطح برگ و درصد اسانس نعناع فلفلی کاهش یافت. رضوی نیا و همکاران (Razavinia *et al.*, 2021) با مطالعه اثر فلزات سنگین کادمیم و سرب بر خصوصیات رشدی و کیفی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) دریافتند که با افزایش غلظت کادمیم و سرب، وزن خشک اندام های هوایی و اندام زیرزمینی، میزان پروتئین و میزان فتوسنتز گیاه کاهش معنی داری داشت. رستمی و همکاران (Rostami *et al.*, 2015) با بررسی اثر فلزات سنگین در قالب نیترات نقره، سولفات منگنز، نیترات نیکل، نیترات روی، کربنات مس، نیترات سرب و شاهد بر برخی صفات فیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus*) اظهار داشتند که میزان پرولین و هیدرات کربن های محلول برگ به طور معنی دار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. رنجبر و همکاران (Ranjbar *et al.*, 2020) در مطالعه ای اثر سطوح مختلف نیترات سرب و نیترات نیکل را بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشمیایی شوید (*Anethum graveolens*) بررسی نمودند و گزارش کردند که تیمار سرب بر وزن تر و خشک گیاه تأثیر معنی داری نداشت. نتایج تحقیق تبریزی و همکاران (Tabrizi *et al.*, 2015) نیز نشان داد که با افزایش غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیم در خاک، رشد و عملکرد رزماری (*Rosmarinus officinalis*) کاهش یافت به طوری که بیشترین وزن تر و خشک اندام های هوایی در شرایط عدم کاربرد فلزات سنگین حاصل شد. همچنین بیشترین درصد و عملکرد اسانس رزماری در گیاهان آلوده به ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک سرب در شرایط گیاهان غیر میکوریزایی مشاهده شد.

یکی از راهکارهای تعدیل مقدار فلزات سنگین در گیاهان، استفاده از هورمون های مختلف نظیر جاسمونیک اسید و کودهای آلی است. در سالهای اخیر، تنظیم کننده های طبیعی رشد گیاهی برای افزایش تحمل گیاهان به تنشهای طبیعی، کاهش اثرات تخریبی تنشها و بهبود کمیت و کیفیت گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته اند. در طی تحقیقی با بررسی اثر جاسومنیک اسید و کلسیم بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد سه رقم سیب زمینی نشان داده شد که کاربرد جاسمونیک اسید در زمان های قبل و بعد از ریزوم دهی، موجب افزایش میانگین پروتئین محلول برگ و عملکرد غده در ارقام مختلف سیب زمینی شد (Azimi Gandomani *et al.*, 2017). اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2020) با بررسی اثر متیل جاسمونات بر برخی خصوصیات گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) دریافتند که با افزایش تنش سرب، صفات فیزیومورفولوژیکی نظیر وزن تر و خشک، تعداد شاخه فرعی و ارتفاع ریحان کاهش یافت ولی با اعمال متیل جاسمونات برخی از این صفات بهبود یافت به طوری که غلظت ۰/۵ میلی مولار متیل جاسمونات، تعداد شاخه های فرعی و وزن تر اندام های هوایی را افزایش داد. دستجردی و همکاران (Dastjerdi *et al.*, 2015) اثر سطوح مختلف متیل جاسمونات و سرب را در گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) بررسی نمودند و دریافتند که سرب باعث کاهش مقدار کلروفیل a و b و افزایش غلظت پرولین شد که با کاربرد متیل جاسمونات، غلظت کلروفیل و پرولین روند افزایشی نشان داد.

کاربرد مواد آلی نظیر کمپوست‌ها، کودها و ضایعات، یک روش معمول برای تثبیت فلزات سنگین در خاک های آلوده

به این عناصر است (Clemente *et al.*, 2005). عبدوسی (Abdusi, 2018) با بررسی اثر کادمیوم و ورمی کمپوست بر پارامترهای رشدی گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea* L.) اظهار داشت که کادمیوم، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل اسفناج را کاهش داد ولی مصرف ورمی کمپوست باعث تعدیل اثرات کادمیوم و افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ و سطح برگی این گیاه شد.

با توجه به افزایش کاربرد کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌های مختلف برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی از یک طرف و توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی از طرف دیگر و به تبع این موارد، افزایش آلاینده هایی نظیر سرب، این تحقیق با هدف بررسی اثر جاسمونات و سرب بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشمیایی گیاه دارویی بادرشبو تحت شرایط اعمال ورمی کمپوست صورت گرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای شروع آزمایش، گلدانهای پلاستیکی با دهانه ای به قطر ۲۵ سانتی متر آماده شدند و در هر کدام مقدار ۵ کیلوگرم خاک تحت تیمار سرب، ریخته شد. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ذکر شده است. غلظت های مختلف سرب مورد بررسی شامل ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. برای آلوده کردن خاک به این فلز سنگین نیترات سرب به روش اسپری کردن به خاک اضافه شد. به منظور ایجاد تعادل بین فلز سرب و ذرات خاک، خاک به مدت۳۰ روز در شرایط استاندارد با رطوبت ظرفیت زراعی و در دمای۲۵ درجه سانتیگراد در گلخانه قرار گرفت (Walker *et al.*, 2004). هر گلدان به عنوان یک واحد آزمایش در نظر گرفته شد و در آن، ۱۵ عدد بذر بادرشبو کاشته شد که پس از استقرار کامل بوته ها، تعداد ۸ بوته در هر گلدان حفظ و بقیه تنک شدند. گیاهان تحت خاک غنی شده با کود ورمی کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار و بدون کود ورمی کمپوست کشت شدند. همچنین چهار سطح جاسمونات (۰، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی مول در لیتر) با فاصله زمانی سه هفته در طول مدت رشد بر روی اندام های هوایی اسپری شدند. درصد رطوبت خاک از طریق اندازه گیری درصد وزنی روزانه رطوبت خاک و اضافه نمودن آب مصرفی توسط هر گلدان، تنظیم شد. گلدان ها در گلخانه با درجه حرارت روز و شب ۲۱ و ۸ درجه سانتی گراد و ۱۲/۵ ساعت روشنایی و ۱۱/۵ ساعت تاریکی قرار گرفتند و صفات وزن تر، وزن خشک و نسبت وزن خشک اندام های هوایی به زیرزمینی، هیدرات کربن و پرولین در دو مرحله رویشی و زایشی اندازه گیری شد. برای اندازه گیری مقدار هیدرات کربن های محلول از روش دیوبیس و همکاران (Dubois *et al.*, 1956)، برای اندازه گیری مقدار پرولین از روش بیتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) و برای اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش کندلی و اسکاندلیوس (Candlee & Scandalios, 1984)، استفاده شد.

تجزیه داده ها با استفاده از نرم افزارهای Minitab و MSTAT-C صورت گرفت و مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table1. Physicochemical properties of the soil before starting the experiment

Soil texture	Nutrient level (ppm)			EC ($dS.m^{-1}$)	pH
	Available		Total		
	K	P	N		
Loam-silty	118	7.1	298	1.14	7.75

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی در جدول ۲ ذکر شده است. همانگونه که در این جدول قابل مشاهده است در هر دو مرحله رشدی، اثر ساده جاسمونات و سرب بر صفات مورد بررسی از نظر آماری معنی دار بود. اعمال ورمی کمپوست نیز بر وزن تر و خشک اندام های هوایی، زیرزمینی و کل گیاه تأثیر معنی داری داشت. همچنین تأثیر متقابل جاسمونات و ورمی کمپوست، سرب و ورمی کمپوست،

جاسمونات و سرب و تأثیر سه گانه جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های رویشی گیاه بادرشبو از نظر آماری معنی دار بود ($P<0.01$).

در مرحله رشد رویشی گیاه بادرشبو، با افزایش غلظت جاسمونات، وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی گیاه، روند افزایشی نشان داد به طوری که بیشترین مقدار وزن تر و خشک اندام های هوایی، وزن خشک اندام زیرزمینی و وزن کل گیاه در تیمار ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات حاصل شد. همچنین در مرحله رشد زایشی، صفات ذکر شده از روند مشخصی تبعیت نکرد. سطوح مختلف سرب نیز بر وزن تر و خشک اندام های رویشی در هر دو مرحله رویشی و زایشی تأثیر معنی داری داشت و با افزایش غلظت سرب تا ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر و خشک اندام های هوایی، زیرزمینی و وزن تر کل گیاه، روند کاهشی معنی داری نشان داد. اعمال ورمی کمپوست نیز منجر به افزایش معنی دار وزن تر و خشک اندام های هوایی، وزن خشک اندام زیرزمینی و وزن تر کل بادرشبو در مرحله رشد زایشی گردید (جدول ۳).

چنین استنباط می شود که فلز سنگین سرب با تأثیر و تخریب ساختار کلروفیل و کاهش فتوسنتز در کاهش رشد گیاه نقش داشت (Ali *et al.*, 2015) ولی کاربرد جاسمونات و ورمی کمپوست تا حدودی اثرات این تنش را تعدیل کرد. کشته گر و همکاران (Kehstegar *et al.*, 2014) نیز اثر فلزات سنگین مس و سرب را بر صفات رشدی و پرولین ماش بررسی نمودند و دریافتند که با افزایش غلظت مس و سرب، وزن تر و خشک اندام های هوایی و ریشه کاهش یافت ولی مقدار پرولین گیاه افزایش پیدا کرد. افتاده فدافن و امینی فرد (Oftadeh Fedafan & Amini Fard, 2018) با بررسی خصوصیات زراعی زعفران تحت سطوح مختلف ورمی کمپوست اظهار داشتند که بیشترین عملکرد کلاله خشک و وزن تر و خشک بنه دختری در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد.

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می شود با افزایش غلظت سرب در مرحله رشد رویشی، وزن خشک کل از روند مشخصی تبعیت نکرد ولی در مرحله رشد زایشی وزن خشک کل روند افزایشی نشان داد. در بررسی مرحله رشد رویشی گیاه، با کاربرد سطوح مختلف جاسمونات در مقایسه با شاهد، وزن خشک کل افزایش یافت. همچنین ورمی کمپوست در مرحله رشد زایشی وزن خشک کل بوته را به طور معنی داری افزایش داد.

طبق تحقیقات صورت گرفته، مواد آلی با ایجاد باندهای قوی بافلزات سنگین و در نتیجه، کاهش قابلیت جذب این عناصر، فراهمی این عناصر را در خاک کاهش داده و باعث تعدیل اثرات منفی این عناصر می شوند (Raicevic *et al.*, 2004). نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که در سطوح مختلف جاسمونات، با افزایش مقدار سرب، وزن تر و خشک بادرشبو روند کاهشی نشان داد. در محله رشد رویشی، بیشترین وزن تر کل گیاه در ۱۰۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات و عدم کاربرد سرب مشاهده شد. بیشترین وزن خشک کل نیز در شرایط عدم کاربرد جاسمونات و سرب بدست آمد (جدول ۴). همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می شود تأثیر متقابل جاسمونات و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی و وزن خشک کل گیاه از نظر آماری معنی دار بود. در مرحله رشد رویشی در هر یک از سطوح جاسمونات تا ۱۰۰ میلی مول بر لیتر، با اعمال ورمی کمپوست، وزن خشک کل کاهش یافت اما در مرحله رشد زایشی با اعمال ورمی کمپوست در هر یک از سطوح جاسمونات وزن خشک کل گیاه افزایش پیدا کرد.

بررسی اثر متقابل سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیر زمینی نشان داد که در مرحله رشدی رویشی با افزایش سرب و اعمال ورمی کمپوست، صفات مورد بررسی کاهش یافت ولی در مرحله رشد زایشی در اغلب سطوح سرب با اعمال ورمی کمپوست، صفات مورد بررسی افزایش یافت. بیشترین وزن خشک کل گیاه در مرحله رشد رویشی و زایشی در شرایط عدم اعمال سرب و ورمی کمپوست حاصل شد و کمترین مقدار این صفت نیز به سطح ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب و اعمال ورمی کمپوست تعلق داشت (جدول ۶).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 2. Variance analysis of the effect of jasmonate, lead and vermicompost on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in two vegetative and reproductive stages

Sources of variation	Degree of freedom	Mean of squares											
		vegetative growth						Reproductive growth					
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
Jasmonate	3	0.1610^{**}	0.0140^{**}	0.4220^{**}	0.0120^{**}	0.0010^{**}	0.0160^{**}	0.3270^{**}	0.0310^{**}	0.1950^{**}	0.0160^{**}	0.0060^{**}	0.0050^{**}
Lead	4	0.1100^{**}	0.0040^{**}	0.2710^{**}	0.0120^{**}	0.0010^{**}	0.0170^{**}	0.5010^{**}	0.0120^{**}	0.4470^{**}	0.0410^{**}	0.0070^{**}	0.0800^{**}
Jasmonate*lead	12	0.3310^{**}	0.0210^{**}	0.5940^{**}	0.0270^{**}	0.0010^{**}	0.0340^{**}	0.8180^{**}	0.0290^{**}	0.8980^{**}	0.0370^{**}	0.0050^{**}	0.0580^{**}
Vermicompost	1	0.3510^{**}	0.0150^{**}	0.7760^{**}	0.0360^{**}	0.0000^{ns}	0.0380^{**}	0.1530^{**}	0.0010^{ns}	0.3650^{**}	0.0070^{**}	0.0020^{**}	0.0320^{**}
Jasmonate*Vermicompost	3	0.2970^{**}	0.0160^{**}	0.6320^{**}	0.0240^{**}	0.0020^{**}	0.0330^{**}	0.1590^{**}	0.0140^{**}	0.2600^{**}	0.0320^{**}	0.0020^{**}	0.0140^{**}
Lead*Vermicompost	4	0.1370^{**}	0.0200^{**}	0.1960^{**}	0.0010^{*}	0.0000^{**}	0.0010^{**}	0.2160^{**}	0.0210^{**}	0.0720^{**}	0.0560^{**}	0.0070^{**}	0.0480^{**}
Jasmonate*Lead*vermicompos	12	0.3430^{**}	0.0100^{**}	0.5960^{**}	0.0250^{**}	0.0010^{**}	0.0290^{ns}	0.4710^{**}	0.0330^{**}	0.4930^{**}	0.4210^{**}	0.0040^{**}	0.0440^{**}
Error	80	0.0120	0.0004	0.0190	0.0003	0.00001	0.0005	0.0100	0.0010	0.0120	0.0350	0.0005	0.0004
CV (٪)		15.6900	16.7400	16.3400	10.1100	20.390	11.710	10.8600	16.2400	9.7700	8.8700	17.6900	7.8300

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

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: non-significant

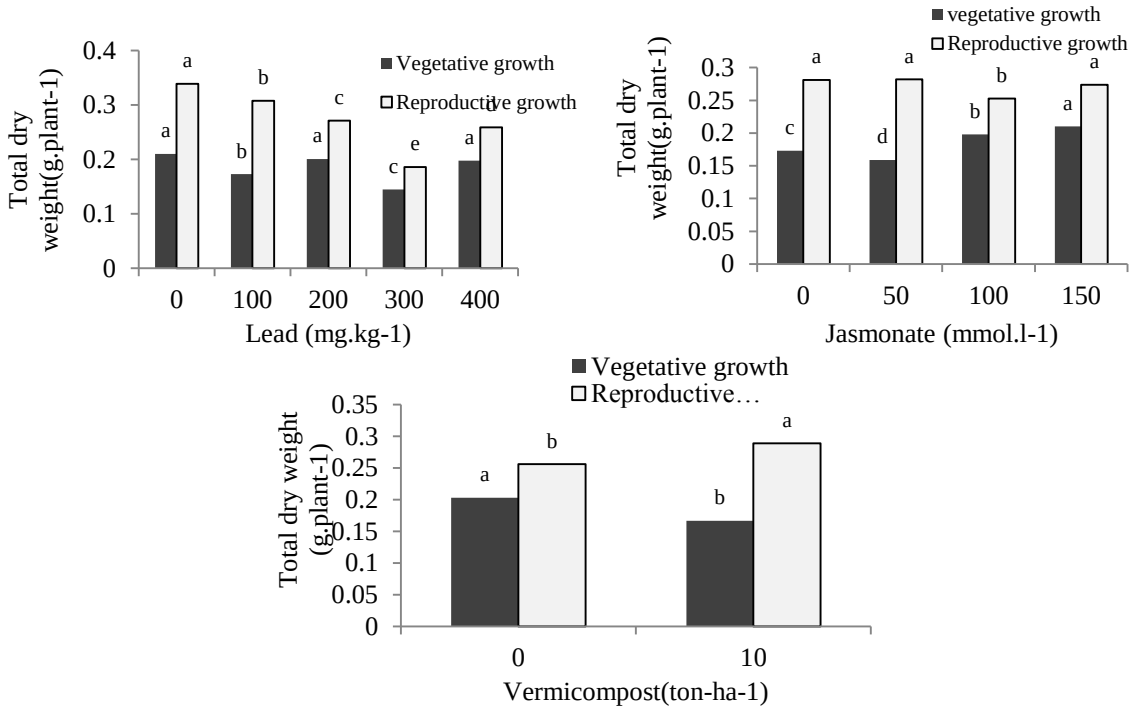
جدول ۳- اثر ساده جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 3. The effect of jasmonate, lead and vermicompost on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in two vegetative and reproductive stages

Treatment	Treatment levels	vegetative growth					Reproductive growth				
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight
		(g. plant^{-1})					(g. plant^{-1})				
Jasmonate (mmol. l^{-1})	0	0.644^{b}	0.105^{c}	0.780^{b}	0.159^{b}	0.017^{c}	0.964^{b}	0.164^{b}	1.099^{b}	0.209^{c}	0.061^{a}
	50	0.615^{b}	0.095^{c}	0.721^{b}	0.144^{c}	0.017^{c}	1.033^{a}	0.147^{c}	1.214^{a}	0.254^{a}	0.031^{c}
	100	0.745^{a}	0.145^{a}	0.974^{a}	0.183^{a}	0.023^{b}	0.785^{c}	0.220^{a}	1.048^{bc}	0.223^{b}	0.040^{b}
	150	0.763^{a}	0.119^{b}	0.922^{a}	0.186^{a}	0.027^{a}	0.928^{b}	0.162^{bc}	1.038^{c}	0.255^{a}	0.032^{c}
	LSD	0.056	0.010	0.070	0.009	0.002	0.051	0.016	0.056	0.009	0.004
Lead (mg.kg^{-1})	0	0.737^{ab}	0.105^{b}	0.886^{b}	0.195^{a}	0.021^{b}	1.135^{a}	0.178^{b}	1.297^{a}	0.285^{a}	0.053^{a}
	100	0.767^{a}	0.113^{b}	0.888^{b}	0.161^{c}	0.022^{b}	0.969^{b}	0.145^{c}	1.051^{c}	0.252^{b}	0.055^{a}
	200	0.669^{c}	0.129^{a}	0.782^{c}	0.169^{c}	0.032^{a}	0.913^{bc}	0.189^{ab}	1.106^{bc}	0.234^{c}	0.039^{c}
	300	0.591^{d}	0.103^{b}	0.708^{c}	0.134^{d}	0.014^{d}	0.736^{d}	0.156^{c}	0.919^{d}	0.171^{d}	0.013^{d}
	400	0.694^{bc}	0.131^{a}	0.983^{a}	0.182^{b}	0.017^{c}	0.882^{c}	0.197^{a}	1.126^{b}	0.235^{c}	0.044^{b}
	LSD	0.063	0.011	0.079	0.010	0.002	0.057	0.018	0.063	0.010	0.004
Vermicompost (ton.ha^{-1})	0	0.746^{a}	0.127^{a}	0.930^{a}	0.185^{a}	0.021^{a}	0.891^{b}	0.175^{a}	1.045^{b}	0.227^{b}	0.037^{b}
	10	0.638^{b}	0.105^{b}	0.769^{b}	0.151^{b}	0.021^{a}	0.963^{a}	0.171^{a}	1.155^{a}	0.243^{a}	0.045^{a}

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.



شکل ۱- اثر سرب، جاسمونات و ورمی کمپوست بر وزن خشک کل بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Figure 1. The effect of lead, jasmonate, and vermicompost on total dry weight of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

تأثیر سه گانه جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی گیاه در مراحل رویشی و زایشی در جدول‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. در مرحله رشد رویشی، بیشترین وزن تر اندام های هوایی، وزن تر کل گیاه، وزن خشک اندام های هوایی و کل در تیمار ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب وعدم اعمال ورمی کمپوست حاصل شد. کمترین وزن تر و خشک کل گیاه نیز در تیمار ۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب و اعمال ورمی کمپوست بدست آمد (جدول ۷).

در مرحله رشد زایشی بیشترین وزن تراندام های هوایی و کل و وزن خشک اندام های هوایی، اندام زیرزمینی و کل گیاه در شرایط عدم اعمال جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست مشاهده شد. کمترین مقدار این صفات نیز به تیمار تلفیقی ۱۰۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب وعدم اعمال ورمی کمپوست تعلق داشت (جدول ۸).

اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2017) با بررسی میزان تجمع کادمیوم و سرب در گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) اظهار داشتند که با افزایش غلظت فلزات، مقدار وزن خشک اندام های هوایی و زیرزمینی به طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافت. اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2020) گزارش کردند که با اعمال تنش سرب، صفات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه کاهش یافت ولی کاربرد متیل جاسمونات در سطح ۰/۵ میلی مولار، اغلب صفات گیاهی را بهبود بخشید. تبریزی و همکاران (Tabrizi *et al.*, 2015) نیز دریافتند که با افزایش غلظت فلز سنگین سرب و کادمیوم در خاک، صفات رشدی و عملکرد رزماری کاهش یافت. کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2013) نشان دادند که با افزایش غلظت سرب، مقادیر وزن خشک اندام های هوایی و زیرزمینی، سطح برگ و میزان کلروفیل a، b و کل گیاه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus*) به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت. در تحقیق یعقوبیان و همکاران (Yagoubian *et al.*, 2016) نیز با افزایش غلظت کادمیوم تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، وزن تر و خشک اندام های رویشی گیاه بادرنجبویه روند کاهشی معنی داری نشان داد.

جدول ۴- اثر متقابل جاسمونات و سرب بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 4. The interaction effect of lead and jasmonate on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in two vegetative and reproductive stages

Jasmonate	Lead	Vegetative growth						Reproductive growth					
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
(mmol l^{-1})	(mg.kg^{-1})	(g. $plant^{-1}$)						(g. $plant^{-1}$)					
0	0	0.815^{bc}	0.111^{fg}	0.993^{b}	0.244^{b}	0.024^{d}	0.264^{bc}	1.885^{a}	0.290^{ab}	1.951^{a}	0.359^{a}	0.115^{a}	0.501^{a}
	100	0.665^{def}	0.066^{kl}	0.764^{def}	0.159^{e}	0.017^{ef}	0.177^{ef}	0.892^{fg}	0.151^{efg}	0.949^{ghi}	0.192^{f}	0.116^{a}	0.314^{de}
	200	0.565^{fgh}	0.144^{cd}	0.747^{ef}	0.148^{ef}	0.020^{e}	0.170^{fg}	0.794^{ghi}	0.170^{de}	0.960^{fgh}	0.175^{fghi}	0.038^{def}	0.229^{gh}
	300	0.649^{efg}	0.116^{efg}	0.775^{cde}	0.135^{fgh}	0.015^{fg}	0.135^{hi}	0.718^{hijk}	0.069^{i}	0.787^{j}	0.153^{j}	0.012^{i}	0.150^{l}
	400	0.526^{ghi}	0.088^{hij}	0.620^{efgh}	0.111^{ijk}	0.010^{hi}	0.121^{hij}	0.530^{l}	0.171^{de}	0.846^{hij}	0.165^{hij}	0.025^{g}	0.211^{hi}
50	0	0.457^{hij}	0.082^{ijk}	0.554^{ghi}	0.119^{hij}	0.014^{fghi}	0.132^{hi}	1.155^{cd}	0.218^{c}	1.418^{c}	0.351^{ab}	0.046^{cd}	0.397^{b}
	100	0.822^{bc}	0.082^{ijk}	0.959^{b}	0.159^{e}	0.013^{ghi}	0.169^{fg}	1.476^{b}	0.126^{fgh}	1.584^{b}	0.351^{ab}	0.036^{f}	0.387^{bc}
	200	0.787^{bcd}	0.192^{b}	0.931^{bc}	0.196^{d}	0.037^{b}	0.230^{d}	0.726^{hijk}	0.121^{gh}	0.847^{hij}	0.161^{ij}	0.021^{gh}	0.167^{kl}
	300	0.634^{efg}	0.078^{jk}	0.718^{ef}	0.153^{ef}	0.017^{ef}	0.168^{fg}	0.618^{kl}	0.112^{h}	0.841^{hij}	0.130^{k}	0.013^{i}	0.159^{l}
	400	0.375^{j}	0.045^{l}	0.443^{i}	0.092^{k}	0.006^{j}	0.098^{j}	1.187^{c}	0.158^{ef}	1.381^{cd}	0.277^{d}	0.038^{ef}	0.299^{e}
100	0	1.129^{a}	0.125^{def}	1.343^{a}	0.291^{a}	0.034^{b}	0.310^{a}	0.547^{l}	0.102^{hi}	0.741^{j}	0.169^{ghij}	0.016^{hi}	0.185^{jk}
	100	0.704^{cde}	0.159^{c}	0.913^{bcd}	0.142^{efg}	0.029^{c}	0.145^{gh}	0.815^{gh}	0.232^{bc}	1.067^{fg}	0.277^{d}	0.052^{c}	0.331^{d}
	200	0.427^{ij}	0.080^{ijk}	0.485^{hi}	0.110^{ijk}	0.014^{fgh}	0.124^{hi}	1.057^{de}	0.291^{a}	1.362^{cd}	0.266^{d}	0.053^{c}	0.314^{de}
	300	0.638^{efg}	0.082^{ijk}	0.723^{ef}	0.144^{efg}	0.011^{ghi}	0.161^{fg}	0.872^{fg}	0.267^{ab}	1.216^{e}	0.222^{e}	0.011^{i}	0.241^{g}
	400	0.827^{bc}	0.281^{a}	1.409^{a}	0.227^{bc}	0.026^{cd}	0.248^{cd}	0.633^{jkl}	0.205^{cd}	0.856^{hij}	0.182^{fgh}	0.068^{b}	0.194^{ij}
150	0	0.547^{fghi}	0.102^{ghi}	0.652^{efg}	0.125^{ghi}	0.010^{i}	0.134^{hi}	0.952^{ef}	0.133^{fgh}	1.076^{f}	0.260^{d}	0.035^{f}	0.271^{f}
	100	0.878^{b}	0.147^{cd}	0.915^{bcd}	0.184^{d}	0.028^{c}	0.199^{e}	0.694^{ijk}	0.071^{i}	0.604^{k}	0.188^{fg}	0.015^{hi}	0.202^{ij}
	200	0.898^{b}	0.102^{ghi}	0.967^{b}	0.220^{c}	0.058^{a}	0.278^{b}	1.075^{cd}	0.176^{de}	1.258^{de}	0.333^{b}	0.045^{cde}	0.373^{c}
	300	0.443^{hij}	0.135^{de}	0.616^{fgh}	0.105^{jk}	0.012^{ghi}	0.114^{ij}	0.738^{hij}	0.174^{de}	0.831^{ij}	0.178^{fghi}	0.018^{ghi}	0.195^{ij}
	400	1.049^{a}	0.110^{fgh}	1.460^{a}	0.297^{a}	0.028^{c}	0.325^{a}	1.178^{c}	0.257^{ab}	1.420^{c}	0.314^{c}	0.047^{c}	0.330^{d}
LSD		0.126	0.022	0.158	0.019	0.004	0.025	0.115	0.036	0.126	0.019	0.008	0.023

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۵- اثر متقابل جاسمونات و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 5. The interaction effect of vermicompost and jasmonate on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in two vegetative and reproductive stages

Jasmonate	Vermicompost	Vegetative growth						Reproductive growth					
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
(mmol. l^{-1})	(ton. ha^{-1})	(g. $plant^{-1}$)						(g. $plant^{-1}$)					
0	0	0.810^{a}	0.129^{b}	0.989^{b}	0.205^{a}	0.024^{b}	0.227^{a}	0.964^{bc}	0.177^{b}	1.091^{c}	0.220^{d}	0.058^{b}	0.281^{b}
	10	0.478^{c}	0.080^{e}	0.570^{d}	0.114^{c}	0.010^{f}	0.119^{d}	0.963^{bc}	0.151^{cd}	1.106^{bc}	0.197^{e}	0.064^{a}	0.281^{b}
50	0	0.684^{b}	0.099^{cd}	0.842^{c}	0.173^{b}	0.021^{c}	0.191^{b}	1.078^{a}	0.168^{bc}	1.249^{a}	0.256^{ab}	0.033^{cd}	0.275^{bc}
	10	0.546^{c}	0.092^{de}	0.600^{d}	0.115^{c}	0.014^{e}	0.127^{d}	0.987^{b}	0.125^{e}	1.179^{ab}	0.252^{bc}	0.029^{d}	0.288^{ab}
100	0	0.669^{b}	0.180^{a}	0.847^{c}	0.161^{b}	0.021^{c}	0.174^{c}	0.667^{e}	0.222^{a}	0.869^{e}	0.191^{e}	0.023^{e}	0.206^{d}
	10	0.821^{a}	0.110^{c}	1.102^{a}	0.204^{a}	0.025^{b}	0.221^{a}	0.903^{cd}	0.217^{a}	1.228^{a}	0.255^{b}	0.056^{b}	0.300^{a}
150	0	0.820^{a}	0.101^{cd}	1.041^{ab}	0.202^{a}	0.017^{d}	0.219^{a}	0.857^{d}	0.134^{de}	0.969^{d}	0.241^{c}	0.035^{c}	0.262^{c}
	10	0.706^{b}	0.137^{b}	0.803^{c}	0.170^{b}	0.037^{a}	0.201^{b}	0.998^{b}	0.189^{b}	1.107^{bc}	0.268^{a}	0.028^{de}	0.286^{ab}
LSD		0.080	0.014	0.100	0.012	0.002	0.016	0.073	0.023	0.080	0.012	0.005	0.014

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۶- اثر متقابل سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 6. The interaction effect of vermicompost and lead on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in two vegetative and reproductive stages

Lead	Vermicompost	Vegetative growth						Reproductive growth					
		Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
(mg.kg^{-1})	(Ton. ha^{-1})	(g. $plant^{-1}$)						(g. $plant^{-1}$)					
0	0	0.747^{a}	0.113^{c}	0.914^{b}	0.211^{a}	0.022^{d}	0.234^{a}	1.229^{a}	0.191^{bc}	1.279^{a}	0.296^{a}	0.070^{b}	0.366^{a}
	10	0.727^{a}	0.096^{d}	0.857^{b}	0.178^{c}	0.019^{ef}	0.186^{c}	1.041^{b}	0.165^{cde}	1.314^{a}	0.273^{b}	0.036^{e}	0.311^{b}
100	0	0.729^{a}	0.086^{de}	0.863^{b}	0.174^{c}	0.018^{ef}	0.180^{cde}	0.853^{e}	0.146^{ef}	1.003^{cd}	0.210^{e}	0.026f	0.236^{e}
	10	0.805^{a}	0.140^{b}	0.912^{b}	0.148^{d}	0.025^{c}	0.165^{de}	1.086^{b}	0.144^{ef}	1.099^{b}	0.293^{a}	0.083^{a}	0.382^{a}
200	0	0.744^{a}	0.127^{bc}	0.852^{b}	0.196^{b}	0.029^{b}	0.223^{ab}	0.883^{de}	0.204^{b}	1.077^{bc}	0.243^{c}	0.046^{d}	0.283^{c}
	10	0.594^{b}	0.131^{b}	0.713^{c}	0.142^{d}	0.036^{a}	0.178^{cde}	0.943^{cd}	0.174^{cd}	1.136^{b}	0.224^{d}	0.033^{e}	0.259^{d}
300	0	0.755^{a}	0.135^{b}	0.921^{b}	0.148^{d}	0.019^{e}	0.163^{e}	0.748^{f}	0.186^{bc}	0.890^{e}	0.178^{f}	0.013^{g}	0.194^{fg}
	10	0.427^{c}	0.071^{e}	0.495^{d}	0.120^{e}	0.008^{g}	0.126^{f}	0.725^{f}	0.125^{f}	0.948^{de}	0.164^{g}	0.014^{g}	0.179^{g}
400	0	0.753^{a}	0.176^{a}	1.099^{a}	0.197^{ab}	0.016^{f}	0.214^{b}	0.745^{f}	0.150^{def}	0.150^{de}	0.209^{e}	0.032^{e}	0.203^{f}
	10	0.635^{b}	0.086^{de}	0.867^{b}	0.166^{c}	0.019^{ef}	0.182^{cd}	1.019^{bc}	0.245^{a}	0.245^{a}	0.260^{b}	0.057^{c}	0.314^{b}
LSD		0.089	0.016	0.112	0.014	0.003	0.018	0.081	0.026	0.089	0.014	0.005	0.016

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۷- اثر متقابل جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در مرحله رویشی

Table 7. The interaction effect of and jasmonate , vermicompost and lead on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative stage

Jasmonate	Lead	Vermicompost	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
(mmol. l^{-1})	(mg.kg^{-1})	(ton. ha^{-1})	(g. $plant^{-1}$)					
0	0	0	1.201^{bc}	0.148^{c-g}	1.492^{cd}	0.356^{b}	0.034^{ef}	0.396^{b}
		10	0.428^{n-r}	0.073^{q-v}	0.494^{o-r}	0.132^{i-m}	0.014^{j-m}	0.132^{i-k}
	100	0	0.944^{d-f}	0.075^{q-v}	1.038^{e-g}	0.237^{d}	0.026^{gh}	0.266^{d}
		10	0.386^{p-r}	0.056^{s-w}	0.491^{o-r}	0.080^{no}	0.008^{m-s}	0.088^{l-n}
	200	0	0.523^{l-p}	0.177^{c}	0.760^{h-m}	0.166^{f-h}	0.027^{gh}	0.198^{ef}
		10	0.607^{i-m}	0.110^{i-p}	0.735^{i-n}	0.131^{i-m}	0.012^{k-o}	0.142^{h-k}
	300	0	0.844^{e-g}	0.163^{c-e}	1.027^{e-g}	0.153^{g-i}	0.025^{gh}	0.155^{g-j}
		10	0.454^{m-r}	0.069^{r-v}	0.523^{n-r}	0.117^{j-m}	0.004^{rs}	0.115^{k-m}
	400	0	0.539^{l-p}	0.082^{o-s}	0.631^{l-p}	0.114^{k-m}	0.008^{o-s}	0.122^{j-l}
		10	0.514^{l-p}	0.094^{l-r}	0.608^{m-q}	0.108^{l-n}	0.013^{j-o}	0.121^{j-l}
50	0	0	0.444^{m-r}	0.091^{m-r}	0.566^{m-r}	0.117^{k-m}	0.015^{j-l}	0.130^{i-k}
		10	0.471^{l-q}	0.072^{r-v}	0.543^{m-r}	0.121^{j-m}	0.013^{j-o}	0.134^{h-k}
	100	0	0.788^{f-h}	0.070^{r-v}	1.050^{e-g}	0.206^{e}	0.010^{l-q}	0.216^{e}
		10	0.857^{e-g}	0.093^{m-r}	0.867^{g-k}	0.113^{k-m}	0.015^{j-l}	0.122^{j-l}
	200	0	0.972^{de}	0.164^{cd}	1.142^{e}	0.234^{d}	0.047^{c}	0.274^{d}
		10	0.601^{j-n}	0.219^{b}	0.720^{i-n}	0.158^{g-i}	0.028^{gh}	0.186^{e-g}
	300	0	0.795^{e-h}	0.126^{f-l}	0.920^{e-j}	0.193^{ef}	0.026^{gh}	0.216^{e}
		10	0.473^{l-q}	0.031^{w}	0.516^{n-r}	0.114^{k-m}	0.008^{n-s}	0.120^{j-m}
	400	0	0.421^{o-r}	0.046^{t-w}	0.532^{n-r}	0.114^{k-m}	0.006^{p-s}	0.122^{j-l}
		10	0.328^{qr}	0.043^{vw}	0.355^{r}	0.070^{o}	0.005^{q-s}	0.075^{n}
100	0	0	0.850^{e-g}	0.114^{h-o}	0.999^{e-g}	0.252^{cd}	0.029^{fg}	0.280^{d}
		10	1.408^{a}	0.136^{d-j}	1.688^{bc}	0.330^{b}	0.040^{d}	0.340^{c}
	100	0	0.760^{g-j}	0.152^{c-f}	0.942^{e-i}	0.145^{g-j}	0.034^{ef}	0.126^{jk}
		10	0.648^{h-l}	0.165^{cd}	0.884^{f-k}	0.140^{h-k}	0.025^{gh}	0.164^{f-i}
	200	0	0.409^{p-r}	0.081^{p-s}	0.412^{p-r}	0.116^{k-m}	0.017^{jk}	0.133^{i-k}
		10	0.445^{m-r}	0.078^{q-t}	0.558^{m-r}	0.105^{mn}	0.011^{l-p}	0.116^{k-m}
	300	0	0.781^{f-i}	0.120^{f-m}	0.901^{f-j}	0.173^{fg}	0.013^{j-o}	0.198^{ef}
		10	0.495^{l-q}	0.044^{u-w}	0.544^{m-r}	0.114^{k-m}	0.010^{l-q}	0.124^{j-l}
	400	0	0.546^{k-p}	0.433^{a}	0.979^{e-h}	0.121^{j-m}	0.013^{j-n}	0.133^{i-k}
		10	1.109^{cd}	0.129^{f-k}	1.839^{b}	0.332^{b}	0.038^{de}	0.362^{bc}
150	0	0	0.494^{l-q}	0.098^{k-r}	0.600^{m-q}	0.119^{j-m}	0.011^{l-p}	0.130^{i-k}
		10	0.600^{j-n}	0.105^{j-q}	0.705^{j-o}	0.130^{i-m}	0.009^{m-r}	0.139^{h-k}
	100	0	0.426^{n-r}	0.046^{t-w}	0.423^{p-r}	0.108^{lm}	0.003^{s}	0.112^{k-m}
		10	1.329^{ab}	0.247^{b}	1.406^{d}	0.260^{cd}	0.053^{b}	0.286^{d}
	200	0	1.073^{cd}	0.086^{n-s}	1.093^{ef}	0.267^{c}	0.023^{hi}	0.289^{d}
		10	0.723^{g-k}	0.118^{g-n}	0.841^{g-l}	0.173^{fg}	0.094^{a}	0.267^{d}
	300	0	0.601^{j-n}	0.131^{e-j}	0.836^{g-l}	0.074^{o}	0.013^{j-o}	0.084^{mn}
		10	0.288^{r}	0.139^{d-i}	0.396^{qr}	0.136^{i-l}	0.011^{l-p}	0.145^{h-k}
	400	0	1.507^{a}	0.144^{d-h}	2.253^{a}	0.441^{a}	0.038^{de}	0.479^{a}
		10	0.591^{j-o}	0.076^{q-u}	0.667^{k-o}	0.153^{g-i}	0.018^{ij}	0.170^{f-h}
LSD			0.178	0.032	0.224	0.028	0.006	0.036

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۸- اثر متقابل جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک اندام های هوایی و زیرزمینی بادرشبو در مرحله زایشی

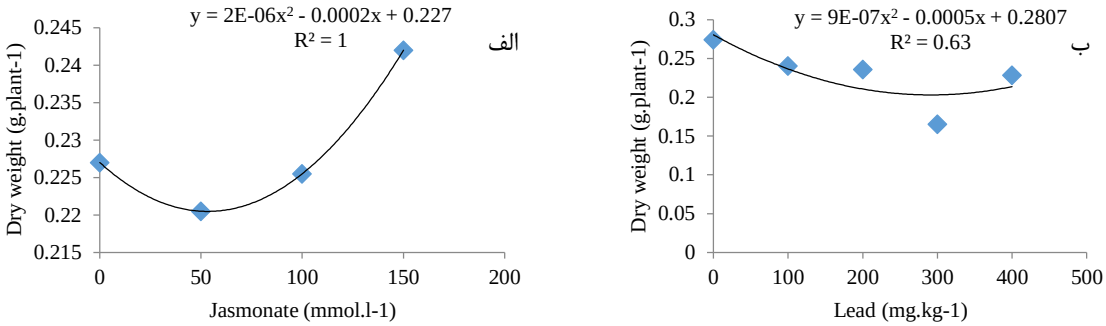
Table 8. The interaction effect of and jasmonate, vermicompost and lead on fresh and dry weight of shoot and root of *Dracocephalum moldavica* L. in reproductive stage

Jasmonat	Lead	Vermicompost	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Total fresh weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
mmol. l^{-1}	($mg.kg^{-1}$)	($ton.\ ha^{-1}$)	($g.\ plant^{-1}$)					
0	0	0	2.320^{a}	0.254^{c-f}	2.102^{a}	0.458^{a}	0.177^{a}	0.635^{a}
		10	1.450^{cd}	0.264^{c-e}	1.800^{bc}	0.259^{a-d}	0.053^{c-f}	0.368^{ef}
	100	0	0.582^{n-r}	0.153^{j-m}	0.714^{n-r}	0.124^{d}	0.026^{f-i}	0.153^{p-r}
		10	1.202^{ef}	0.148^{k-n}	1.184^{f-h}	0.259^{a-d}	0.206^{a}	0.476^{b0d}
	200	0	0.844^{h-j}	0.206^{f-i}	1.060^{g-j}	0.180^{a-d}	0.050^{c-h}	0.246^{jk}
		10	0.745^{i-m}	0.134^{k-o}	0.859^{k-n}	0.169^{a-d}	0.027^{f-i}	0.212^{k-n}
	300	0	0.557^{o-r}	0.074^{pq}	0.628^{o-r}	0.153^{b-d}	0.013^{i}	0.166^{p-r}
		10	0.878^{hi}	0.065^{q}	0.946^{i-m}	0.153^{b-d}	0.011^{i}	0.135^{r}
	400	0	0.517^{p-r}	0.200^{g-j}	0.951^{i-m}	0.183^{a-d}	0.024^{f-i}	0.207^{l-n}
		10	0.542^{o-r}	0.142^{k-n}	0.741^{n-q}	0.147^{b-d}	0.025^{f-i}	0.214^{k-n}
50	0	0	1.512^{c}	0.289^{cd}	1.734^{c}	0.437^{ab}	0.055^{c-f}	0.492^{b}
		10	0.799i-l	0.147^{k-n}	1.102^{g-i}	0.265^{a-d}	0.038^{d-i}	0.303^{hi}
	100	0	1.766^{b}	0.142^{k-n}	1.932^{ab}	0.412^{a-d}	0.041^{c-i}	0.444^{d}
		10	1.186^{ef}	0.109^{m-q}	1.235^{e-g}	0.290^{a-d}	0.031^{e-i}	0.330^{g-i}
	200	0	0.723^{i-n}	0.167^{i-l}	0.889^{j-n}	0.156^{a-d}	0.024^{f-i}	0.147^{qr}
		10	0.729^{i-n}	0.075^{pq}	0.804^{l-o}	0.165^{a-d}	0.018^{f-i}	0.187^{n-p}
	300	0	0.726^{i-n}	0.103^{m-q}	0.829^{l-n}	0.128^{cd}	0.010^{i}	0.148^{qr}
		10	0.510^{p-r}	0.120^{l-p}	0.852^{l-n}	0.132^{cd}	0.015^{g-i}	0.170^{o-q}
	400	0	0.664^{k-p}	0.138^{k-o}	0.861^{k-n}	0.148^{b-d}	0.033^{d-i}	0.146^{qr}
		10	1.711^{b}	0.177^{h-k}	1.901^{bc}	0.406^{a-d}	0.043^{c-i}	0.453^{cd}
100	0	0	0.456^{r}	0.088^{o-q}	0.537^{r}	0.124^{d}	0.008^{i}	0.132^{r}
		10	0.637^{l-q}	0.117^{l-p}	0.944^{i-m}	0.213^{a-d}	0.024^{f-i}	0.238^{j-l}
	100	0	0.541^{o-r}	0.224^{e-h}	0.776^{m-p}	0.170^{a-d}	0.027^{f-i}	0.203^{m-o}
		10	1.088^{fg}	0.240^{d-g}	1.358^{d-f}	0.383^{a-d}	0.077^{bc}	0.460^{b-d}
	200	0	0.783^{i-m}	0.212^{f-i}	0.943^{i-m}	0.207^{a-d}	0.041^{c-i}	0.251^{j}
		10	1.332^{de}	0.370^{b}	1.780^{bc}	0.326^{a-d}	0.065^{c-e}	0.377^{e}
	300	0	1.058^{fg}	0.470^{a}	1.475^{d}	0.285^{a-d}	0.014^{hi}	0.299^{i}
		10	0.687^{j-o}	0.064^{q}	0.958^{i-l}	0.160^{a-d}	0.008^{i}	0.183^{n-p}
	400	0	0.498^{qr}	0.117^{l-p}	0.614^{p-r}	0.172^{a-d}	0.028^{f-i}	0.144^{qr}
		10	0.769^{i-m}	0.293^{c}	1.098^{g-i}	0.192^{a-d}	0.108^{b}	0.245^{jk}
150	0	0	0.628^{m-q}	0.131^{k-o}	0.742^{n-q}	0.164^{a-d}	0.040^{d-i}	0.204^{l-n}
		10	1.277^{e}	0.134^{k-o}	1.411^{de}	0.356^{a-d}	0.030^{e-i}	0.337^{f-h}
	100	0	0.522^{p-r}	0.064^{q}	0.591^{qr}	0.134^{b-d}	0.010^{i}	0.144^{qr}
		10	0.867^{hi}	0.077^{pq}	0.617^{p-r}	0.242^{a-d}	0.020^{f-i}	0.261^{j}
	200	0	1.182^{ef}	0.232^{e-g}	1.414^{d}	0.429^{a-c}	0.068^{cd}	0.486^{bc}
		10	0.968^{gh}	0.119^{l-p}	1.102^{g-i}	0.238^{a-d}	0.022^{f-i}	0.260^{j}
	300	0	0.651^{l-q}	0.098^{n-q}	0.627^{o-r}	0.146^{b-d}	0.016^{g-i}	0.162^{p-r}
		10	0.825^{h-k}	0.250^{c-g}	1.036^{h-k}	0.210^{a-d}	0.019^{f-i}	0.228^{j-m}
	400	0	1.300^{de}	0.146^{k-n}	1.471^{d}	0.334^{a-d}	0.043^{c-i}	0.315^{g-i}
		10	1.056^{fg}	0.367^{b}	1.369^{de}	0.294^{a-d}	0.051^{c-g}	0.345^{e-g}
LSD			0.162	0.051	0.178	0.304	0.036	0.034

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

بررسی روند رگرسیونی میانگین وزن خشک کل گیاه با تغییر مقادیر سرب و جاسمونات نشان داد که با افزایش سطح جاسمونات، میانگین وزن خشک کل گیاه در طی دو نمونه برداری افزایش یافت و با تغییر سطوح سرب، این پارامتر، روند کاهشی معنی داری پیدا کرد (شکل۲).



شکل ۲- روند رگرسیونی تغییرات وزن خشک با تغییر سطوح جاسمونات (الف) و سرب (ب)

Figure 2. Regression trend of dry weight changes with changes in jasmonate (a) and lead (b) levels

نتایج تجزیه واریانس اثر جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر سطح برگ، نسبت وزن خشک اندام های هوایی به زیرزمینی و مقدار هیدرات کربن، پرولین، کاتالاز و پتاسیل آب برگ گیاه در دو مرحله رویشی و زایشی در جدول ۹ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق، در هر دو مرحله، اثر ساده جاسمونات و سرب بر صفات ذکر شده معنی دار بود. اعمال ورمی کمپوست نیز بر سطح برگ، هیدرات کربن و پرولین در دو مرحله رویشی و زایشی از نظر آماری تأثیر معنی داری داشت. همچنین در هر دو مرحله رشدی، تأثیر متقابل جاسمونات و سرب، جاسمونات و ورمی کمپوست، سرب و ورمی کمپوست و اثر سه گانه جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر کل صفات مورد بررسی به جزء تأثیر متقابل جاسمونات و سرب بر کاتالاز در مرحله رشد رویشی از نظر آماری معنی دار بود($P<0.01$).

طبق نتایج حاصل از تحقیق، در مرحله رشد رویشی، با افزایش غلظت جاسمونات، سطح برگ گیاه، نسبت وزن خشک اندام های هوایی به زیرزمینی و مقدار پرولین و هیدرات کربن برگی از روند مشخصی تبعیت نکرد ولی در مرحله رشد زایشی، با افزایش غلظت جاسمونات، سطح برگ روند کاهشی نشان داد. همچنین با اعمال ۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، نسبت وزن خشک اندام های هوایی به زیرزمینی، هیدرات کربن و پرولین کاهش یافت که با افزایش غلظت جاسمونات، این صفات نیز افزایش یافتند. پتاسیل آب برگ نیز با افزایش غلظت جاسمونات تا ۱۵۰ میلی مول بر لیتر افزایش یافت.

در مرحله رشد رویشی با افزایش غلظت سرب تا ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، سطح برگ گیاه کاهش و با اعمال سطوح بالاتر این تیمار، مجددا افزایش یافت. همچنین با افزایش سطح سرب تا ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، مقدار هیدرات کربن، پرولین و کاتالاز در هر دو مرحله رویشی و زایشی افزایش یافت ولی پتانسیل آب برگ کاهش پیدا کرد. اعمال ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست نیز مقدار هیدرات کربن،پرولین و کاتالاز برگی را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۱۰).

در سطوح مختلف جاسمونات، با افزایش غلظت سرب، صفات مورد بررسی از روند مشخصی تبعیت نکرد. در مرحله رشد رویشی مقدار سطح برگ در تیمار تلفیقی عدم کاربرد جاسمونات و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب حاصل شد. بیشترین مقدار هیدرات کربن متعلق به ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب بود. بیشترین مقدار پرولین نیز در تیمار ۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات و ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب مشاهده شد. در مرحله رشد زایشی نیز بیشترین مقدار سطح برگ و پتانسیل آب برگ به شرایط عدم اعمال جاسمونات و سرب تعلق داشت. بیشترین مقدار پرولین در تیمار تلفیقی ۱۰۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات و ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب بدست آمد. همچنین تیمار ۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات و ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب، بیشترین مقدار هیدرات کربن برگی را به خود اختصاص داد (جدول ۱۱).

همانگونه که در جدول ۱۲ قابل مشاهده است سطوح مختلف سرب و ورمی کمپوست بر سطح برگ، نسبت وزن خشک اندام هوایی به اندام زیرزمینی، هیدرات کربن، پرولین برگی و کاتالاز از نظر آماری، تأثیر معنی داری داشتند. در دو مرحله رشد رویشی و زایشی در کلیه سطوح سرب به استثنای ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در مراحل رویشی و زایشی و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب در مرحله زایشی، با اعمال ورمی کمپوست، سطح برگ گیاه کاهش یافت. مقدار هیدرات کربن برگی و آنزیم کاتالاز نیز در هر یک از سطوح سرب با اعمال ورمی کمپوست روند کاهشی نشان داد.

اثر متقابل جاسمونات و ورمی کمپوست بر مقدار پرولین در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی حاکی از آن بود که در کلیه سطوح مختلف جاسمونات، اعمال ورمی کمپوست و عدم اعمال آن باهم تفاوت آماری معنی داری نداشت ولی با اعمال ورمی کمپوست در سطوح جاسمونات مورد بررسی، کاهش معنی داری در هیدرات کربن و سطح برگ گیاه مشاهده شد.آنزیم کاتالاز نیز با اعمال ورمی کمپوست در کلیه سطوح جاسمونات کاهش یافت. پتاسیل آب برگ نیز با اعمال ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در غلظت ۱۵۰ میلی مول بر لیتر در مقایسه با عدم اعمال کود افزایش معنی داری نشان داد (جدول ۱۳).

به طور کلی بررسی اثر سه گانه جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر صفات مورد بررسی نشان داد که بیشترین مقدار هیدرات کربن و پرولین در مرحله رشد رویشی به ترتیب در تیمارهای تلفیقی ۱۰۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست و ۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۴۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست بدست آمد. در مرحله رشد زایشی نیز بیشترین مقدار هیدرات کربن و پرولین به ترتیب به تیمارهای تلفیقی ۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۳۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست و ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سرب در شرایط عدم اعمال ورمی کمپوست اختصاص یافت (جدول-های ۱۴ و ۱۵).

نادری و همکاران (Naderi *et al.*, 2013) اظهار داشتند که غلظت های ۳، ۵ و ۷ میکرومول بر لیتر نیترات سرب موجب افزایش میزان پرولین چغندرقند شد. در تحقیق رستمی و همکاران (۱۳۹۴) نیز با اعمال نیترات سرب، مقدار پرولین زعفران در مقایسه با شاهد افزایش یافت که از نظر آماری معنی دار نبود.در طی تحقیقی روی زعفران مشاهده شد که کاربرد نیترات سرب، هیدرات کربن های محلول برگ زعفران را به طور معنی داری افزایش داد (Rostami *et al.*, 2015). برخی تحقیقات نیز نشان می دهد که متیل جاسمونات در غلظت های پایین بر تعدیل تنش فلزات سنگین موثرتر است (Closas *et al.*, 1999). به نظر می رسد که این تنظیم کننده گیاهی، رشد اندام زیرزمینی را افزایش داده و به تبع آن به جذب آب و رشد بهتر گیاه در شرایط تنش کمک می کند (Salimi & Shekari, 2012). در مطالعه ای دیگر سرب و جاسمونات منجر به افزایش غلظت پرولین تربچه شد (Dastjerdi *et al.*, 2015).

در تحقیق محمدیان و همکاران(Mohammadian *et al.*, 2016) با افزایش سطح متیل جاسمونات تا ۱۵۰ میکرومولار، مقدار پرولین برگ گیاه نائین هاوندی (*Andrographis paniculata*) افزایش معنی داری یافت در سطوح ۲۲۵ و ۳۰۰ میکرومولار جاسمونات، مقدار این صفت مجددا کاهش پیدا کرد. قربانلی و کیاپور (Gorbanli & Kiapour, 2014) نیز افزایش پرولین در شرایط تنش سرب و مس را در بخش های هوایی و زیرزمینی خرفه گزارش کردند.

جدول ۹ -تجزیه واریانس اثر جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 9. Variance analysis of the effect of jasmonate, lead and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

Sources of variation	Degree of freedom	Vegetative growth					Reproductive growth					
		Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Leaf water potential	Catalase
Jasmonate	3	139.091**	76.545**	1.7980**	16.9490**	0.4640*	25.453**	68.558**	1.2850**	77.6200**	12.004**	1.8070**
Lead	4	45.105**	127.040**	1.9230**	105.1720**	5.7630**	176.206**	217.764**	2.2710**	141.8380**	26.837**	6.9810**
Jasmonate*lead	12	70.656**	102.460**	2.4290**	53.6760**	2.0000**	83.405**	66.986**	1.4830**	24.2030**	12.995**	0.7530**
Vermicompost	1	1.029**	33.796^{ns}	4.6520**	85.4800**	9.1610**	19.068**	0.803^{ns}	0.0120**	33.0560**	0.000^{ns}	1.5020**
Jasmonate*Vermicompost	3	21.470**	180.032**	0.8390**	14.4000**	0.0300^{ns}	44.789**	33.282**	0.2870**	25.8550**	2.202**	0.5650**
Lead*Vermicompost	4	136.896**	335.044**	0.3570**	9.0260**	0.9080**	64.524**	17.778**	0.4320**	39.7900**	9.173**	0.0910^{ns}
ɔnate*Lead*vermicompost	12	53.995**	126.572**	0.4770**	4.1600**	1.3210**	21.710**	16.635**	0.6880**	100.1360**	4.232**	0.2200**
Error	80	0.005	10.962	0.0060	0.5750	0.1310	0.060	4.145	0.0330	16.2440	0.032	0.0390
(٪) CV		0.630	29.990	2.7600	6.1600	14.4600	1.890	23.558	6.8800	3.7500	2.020	6.4700

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

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: non-significant

جدول ۱۰- اثر ساده جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 10. The effect of jasmonate, lead and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

Treatment	Level	Vegetative growth					Reproductive growth					
		Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Leaf water Potential	Catalase
		(cm^2)		($mgmL^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	(cm^2)		($mg.ml^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	(bar)	($\mu m.\ g^{-1}$)
Jasmonate ($mmol.\ l^{-1}$)	0	13.390[a]	11.873[a]	2.589[c]	12.868[a]	2.357[b]	14.160[a]	6.381[c]	2.621[c]	13.321[a]	7.964[d]	2.908[b]
	50	8.558[d]	11.309[a]	2.456[d]	11.264[c]	2.492[ab]	13.150[b]	8.662[b]	2.747[b]	9.809[b]	9.178[b]	2.772[c]
	100	12.300[b]	8.718[b]	2.994[a]	12.243[b]	2.505[ab]	12.260[c]	9.442[ab]	2.877[a]	12.058[a]	8.727[c]	3.206[a]
	150	10.240[c]	12.264[a]	2.852[b]	12.844[a]	2.661[a]	12.200[c]	9.708[a]	2.391[d]	12.843[a]	9.395[a]	3.293[a]
	LSD	0.036	1.701	0.040	0.390	0.186	0.126	1.046	0.093	2.071	0.092	0.101
Lead ($mg.kg^{-1}$)	0	13.070[a]	10.373[b]	2.598[c]	9.217[e]	1.754[d]	16.350[a]	7.936[b]	2.344[d]	7.801[b]	10.417[a]	2.167[d]
	100	11.800[b]	12.572[a]	2.482[d]	11.636[d]	2.392[c]	15.350[b]	7.945[b]	2.400[d]	12.294[a]	8.069[d]	2.945[c]
	200	9.477[f]	7.324[c]	2.856[b]	13.665[b]	2.543[c]	10.480[e]	6.877[bc]	2.919[b]	12.860[a]	7.781[e]	3.169[b]
	300	10.410[d]	12.965[a]	2.521[d]	12.312[c]	2.763[b]	11.680[c]	13.773[a]	2.597[c]	13.083[a]	9.271[b]	3.429[a]
	400	10.860[c]	11.971[a b]	3.157[a]	14.692[a]	3.067[a]	10.860[d]	6.211[c]	3.035[a]	14.002[a]	8.542[c]	3.513[a]
	LSD	0.041	1.902	0.044	0.436	0.208	0.141	1.170	0.104	2.315	0.103	0.113
Vermicompost ($ton.\ ha^{-1}$)	0	11.215[a]	11.572[a]	2.180[a]	13.149[a]	2.780[a]	12.544[b]	8.466[a]	2.669[a]	12.533[a]	8.817[a]	3. 157[a]
	10	11.030[b]	10.510[a]	1.784[b]	11.461[b]	2.228[b]	13.341[a]	8.630[a]	2.649[b]	11.483[b]	8.815[a]	2.933[b]

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at $p<0.05$ based on LSD test.

جدول ۱۱- اثر متقابل جاسمونات و سرب بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 11. The effect of jasmonate and lead on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

Jasmonate	Lead	Vegetative growth					Reproductive growth					
		Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Leaf water Potential	Catalase
(mmol L^{-1})	(mg.kg^{-1})	(cm^2)		(mg.ml^{-1})	(µm. g^{-1})	(µm g^{-1})	(cm^2)		(mgmL^{-1})	(µm g^{-1})	(Bar)	(µm g^{-1})
0	0	15.280^{b}	10.754^{defg}	1.784^{l}	9.328^{ij}	1.611^{j}	23.150^{a}	3.727^{ij}	1.503^{j}	10.277^{bcd}	11.625^{a}	2.516^{j}
	100	17.120^{a}	9.640^{efgh}	2.180^{jk}	11.033^{h}	2.758^{c}	15.840^{d}	3.031^{j}	2.006^{hi}	13.362^{abcd}	6.908^{l}	2.861^{hi}
	200	6.672^{n}	8.724^{fghij}	2.480^{hi}	12.750^{fg}	2.545^{cdef}	8.865^{n}	5.265^{hij}	3.042^{bcd}	13.999^{abcd}	5.650^{n}	3.063^{fgh}
	300	14.380^{c}	18.478^{ab}	3.428^{c}	14.395^{bc}	2.617^{cde}	11.180^{jkl}	12.992^{b}	3.253^{a}	14.298^{abc}	9.583^{ef}	3.212^{ef}
	400	13.520^{d}	11.766^{defg}	3.071^{d}	16.832^{a}	2.555^{efgh}	11.770^{i}	6.888^{fgh}	3.300^{a}	14.671^{abc}	6.053^{m}	2.885^{ghi}
50	0	7.402^{l}	9.585^{efgh}	2.840^{f}	4.394^{l}	1.855^{hij}	19.660^{b}	7.628^{efg}	2.916^{def}	4.611^{e}	10.358^{d}	2.206^{kl}
	100	12.500^{f}	13.784^{cd}	2.239^{j}	9.893^{i}	1.809^{ij}	14.880^{e}	9.916^{cde}	2.708^{fg}	9.412^{d}	7.417^{k}	2.405^{jk}
	200	9.331^{i}	5.577^{ij}	2.972^{e}	16.364^{a}	2.289^{defg}	11.780^{l}	7.917^{efg}	3.016^{cd}	10.109^{cd}	9.400^{f}	2.897^{ghi}
	300	5.461^{p}	11.233^{defg}	1.703^{l}	12.354^{g}	2.684^{cd}	11.920^{i}	10.791^{bcd}	2.133^{h}	12.234^{abcd}	8.525^{i}	2.834^{i}
	400	8.093^{k}	16.368^{bc}	2.525^{h}	13.314^{def}	3.822^{a}	7.528^{p}	7.057^{fgh}	2.962^{cde}	12.678^{abcd}	10.192^{d}	3.518^{cd}
100	0	15.200^{b}	8.699^{fghij}	2.909^{ef}	7.083^{k}	1.627^{j}	11.140^{l}	12.207^{bc}	2.785^{efg}	4.430^{e}	8.333^{ij}	2.142^{l}
	100	7.038^{m}	4.980^{j}	2.425^{i}	12.678^{fg}	2.860^{c}	19.250^{c}	5.722^{ghi}	2.170^{h}	11.609^{abcd}	8.800^{h}	3.175^{ef}
	200	13.06^{e}	8.159^{ghij}	3.850^{b}	13.134^{defg}	2.831^{c}	7.945^{o}	5.209^{hij}	3.030^{cd}	14.431^{abc}	8.500^{i}	3.090^{fg}
	300	10.930^{g}	12.653^{cde}	2.719^{g}	13.626^{cde}	1.906^{ghij}	12.450^{h}	20.023^{a}	3.156^{abc}	13.590^{abcd}	8.275^{j}	3.739^{abc}
	400	15.270^{b}	9.100^{efghi}	2.070^{d}	14.695^{b}	3.301^{b}	10.500^{m}	4.049^{ij}	3.243^{ab}	16.232^{a}	9.725^{e}	3.885^{a}
150	0	8.847^{c}	12.453^{def}	2.859^{f}	16.064^{a}	1.922^{ghij}	11.440^{j}	8.182^{ef}	2.172^{h}	11.886^{abcd}	11.350^{b}	1.803^{m}
	100	10.520^{h}	21.886^{a}	3.084^{d}	12.942^{efg}	2.142^{fghi}	11.430^{jk}	13.111^{b}	2.716^{fg}	14.791^{ab}	9.150^{g}	3.339^{de}
	200	8.847^{j}	6.836^{hij}	2.121^{k}	12.414^{g}	2.508^{cdef}	13.340^{g}	9.115^{def}	2.586^{g}	12.902^{abcd}	7.575^{k}	3.627^{bc}
	300	10.880^{g}	9.495^{efgh}	2.235^{j}	8.872^{j}	3.847^{a}	11.150^{kl}	11.285^{bcd}	1.848^{i}	12.210^{abcd}	10.700^{c}	3.932^{a}
	400	6.563^{o}	10.650^{defg}	3.963^{a}	13.927^{bcd}	2.888^{bc}	13.650^{f}	6.848^{fgh}	2.633^{g}	12.426^{abcd}	8.200^{j}	3.763^{ab}
LSD		0.081	3.804	0.089	0.871	0.416	0.281	2.339	0.209	4.631	0.205	0.227

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۱۲- اثر متقابل سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 12. The effect of lead and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

Lead	Vermicompost	Vegetative growth					Reproductive growth					
		Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Leaf water Potential	Catalase
($mg.kg^{-1}$)	($ton.\ ha^{-1}$)	(cm^2)		($mg.ml^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	(cm^2)		($mg.ml^{-1}$)	($\mu m.\ g^{-1}$)	(Bar)	($\mu m.\ g^{-1}$)
0	0	14.096^{b}	9.708^{cde}	2.806^{c}	9.310^{h}	1.822^{ef}	16.703^{c}	7.666^{bcd}	2.215^{d}	8.182^{cd}	10.392^{a}	2.231^{a}
	10	12.038^{d}	11.038^{c}	2.390^{gh}	9.124^{h}	1.686^{f}	16.991^{b}	8.206^{bcd}	2.473^{c}	7.419^{d}	10.442^{a}	2.102^{a}
100	0	13.724^{c}	18.205^{a}	2.572^{e}	13.320^{cd}	2.759^{bc}	12.681^{e}	8.816^{b}	2.534^{c}	13.500^{ab}	8.858^{c}	2.150^{a}
	10	9.867^{g}	6.939^{f}	2.392^{g}	9.953^{g}	2.025^{de}	18.015^{a}	7.074^{cde}	2.267^{d}	11.087^{bc}	7.279^{f}	2.740^{a}
200	0	10.311^{f}	7.486^{def}	3.249^{a}	14.731^{b}	2.906^{b}	10.472^{g}	5.460^{e}	2.805^{b}	13.921^{ab}	6.850^{g}	3.299^{a}
	10	8.642^{i}	7.162^{ef}	2.462^{f}	12.600^{e}	2.181^{d}	10.488^{g}	8.293^{bc}	3.032^{a}	11.800^{ab}	8.713^{d}	3.040^{a}
300	0	11.180^{e}	8.411^{cdef}	2.714d	12.738^{de}	2.841^{bc}	13.593^{d}	13.782^{a}	2.756^{b}	13.464^{ab}	9.250^{b}	3.540^{a}
	10	9.644^{h}	17.518^{a}	2.328^{h}	11.886^{f}	2.686^{bc}	9.761^{i}	13.764^{a}	2.439^{c}	12.702^{ab}	9.292^{b}	3.318^{a}
400	0	6.763^{j}	14.048^{b}	3.258^{a}	15.643^{a}	3.573^{a}	10.272^{h}	6.608^{de}	0.036^{a}	13.596^{ab}	8.735^{cd}	3.562^{a}
	10	14.959^{a}	9.894^{cd}	3.057^{b}	13.740^{c}	2.560^{c}	11.453^{f}	5.813^{e}	0.034^{a}	14.407^{a}	8.350^{e}	3.464^{a}
LSD		0.057	2.690	0.063	0.616	0.294	0.199	1.654	0.148	3.274	0.145	0.160

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۱۳- اثر متقابل جاسمونات و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در دو مرحله رویشی و زایشی

Table 13. The effect of jasmonate and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative and reproductive stages

Jasmonate	Vermicompost	Vegetative growth					Reproductive growth					
		Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Leaf water Potential	Catalase
($mmol.l^{-1}$	($ton.ha^{-1}$)	(cm^2)		($mg.ml^{-1}$)	($\mu m.g^{-1}$)	($\mu m.g^{-1}$)	(cm^2)		($mg.ml^{-1}$	($\mu m.g^{-1}$)	(Bar)	($\mu m.g^{-1}$)
0	0	14.063^{a}	9.687^{cd}	2.643^{d}	14.498^{a}	2.630^{a}	12.937^{d}	6.193^{c}	2.734^{b}	13.658^{a}	7.951^{e}	2.859^{cde}
	10	12.726^{c}	14.058^{ab}	2.534^{e}	11.237^{c}	2.085^{a}	15.384^{a}	6.568^{c}	2.507^{c}	12.985^{a}	7.977^{e}	2.956^{bcd}
50	0	9.524^{g}	11.965^{bc}	2.629^{d}	12.428^{b}	2.813^{a}	14.127^{b}	8.490^{b}	2.765^{b}	9.864^{b}	9.567^{a}	2.818^{de}
	10	7.591^{h}	10.654^{cd}	2.283^{f}	10.099^{d}	2.170^{a}	12.176^{f}	8.833^{b}	2.730^{b}	9.753^{b}	8.790^{c}	2.726^{e}
100	0	11.650^{d}	8.640^{d}	3.431^{a}	12.764^{b}	2.770^{a}	10.646^{h}	10.741^{a}	2.755^{b}	12.471^{ab}	8.550^{d}	3.449^{a}
	10	12.949^{b}	8.797^{d}	2.557^{e}	11.722^{c}	2.239^{a}	13.868^{c}	8.143^{b}	2.999^{a}	11.645^{ab}	8.903^{c}	2.963^{bc}
150	0	9.623^{f}	15.995^{a}	2.976^{b}	12.904^{b}	2.908^{a}	12.466^{e}	8.442^{b}	2.423^{cd}	14.138^{a}	9.200^{b}	3.500^{a}
	10	10.853^{e}	8.533^{d}	2.729^{c}	12.784^{b}	2.415^{a}	11.937^{g}	10.975^{a}	2.359^{d}	12.548^{ab}	9.590^{a}	3.085^{b}
LSD		0.051	2.406	0.056	0.551	0.263	0.178	1.479	0.132	2.929	0.130	0.143

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test.

جدول ۱۴- اثر متقابل جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در مرحله رویشی

Table 14. The effect of jasmonate, lead and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in vegetative stage

Jasmonate ($mmol.l^{-1}$)	Lead ($mg.kg^{-1}$)	Vermicompost ($ton.ha^{-1}$)	Leaf area (cm^2)	Shoot to root ratio	Carbohydrate ($mg.ml^{-1}$)	Proline ($\mu m.g^{-1}$)	Catalase ($\mu m.g^{-1}$)
0	0	0	19.631^{b}	11.503^{e-l}	1.897^{s}	11.405^{kl}	1.663^{p-s}
		10	10.932^{n}	10.006^{e-p}	1.671^{uv}	7.251^{q}	1.559^{q-s}
	100	0	17.821^{d}	9.542^{f-q}	2.293^{o-q}	12.870^{f-i}	3.595^{b-d}
		10	16.421^{g}	9.737^{f-p}	2.068^{r}	9.196^{n-o}	1.921^{m-s}
	200	0	6.361^{y}	6.104^{n-r}	2.626^{jk}	15.343^{bc}	2.555^{f-l}
		10	6.983^{x}	11.343^{e-n}	2.334^{n-p}	10.157^{mn}	2.536^{f-l}
	300	0	17.592^{e}	6.096^{n-r}	3.672^{d}	15.007^{b-d}	2.884^{e-h}
		10	11.162^{m}	30.861^{b}	3.183^{g}	13.782^{d-g}	2.351^{h-o}
	400	0	8.911^{s}	15.192^{c-e}	2.728^{ij}	17.864^{a}	2.452^{g-m}
		10	18.130^{c}	8.341^{i-q}	3.415^{ef}	15.799^{b}	2.059^{k-r}
50	0	0	7.113^{w}	7.679^{j-q}	2.824^{hi}	4.706^{r}	1.804^{n-s}
		10	7.691^{u}	11.491^{e-m}	2.855^{h}	4.082^{r}	1.906^{m-s}
	100	0	16.141^{h}	20.158^{c}	2.067^{r}	12.006^{i-l}	2.115^{j-q}
		10	8.862^{s}	7.410^{k-q}	2.412^{m-o}	7.780^{pq}	1.503^{rs}
	200	0	12.289^{k}	5.043^{p-r}	3.536^{e}	17.552^{a}	2.241^{i-p}
		10	6.373y	6.112^{m-r}	2.407^{m-o}	15.175^{bc}	2.336^{h-o}
	300	0	6.372^{y}	7.599^{j-q}	1.842^{st}	12.606^{g-k}	2.627^{f-k}
		10	$4.551^{\backslash}$	14.867^{c-f}	1.564^{v}	12.102^{i-l}	2.740^{f-i}
	400	0	5.705^{z}	19.344^{cd}	2.873^{h}	15.271^{bc}	5.276^{a}
		10	10.481^{o}	13.392^{e-i}	2.178^{qr}	11.357^{lm}	2.367^{h-n}
100	0	0	12.230^{k}	8.832^{g-q}	3.368^{f}	7.203^{q}	1.849^{n-s}
		10	18.180^{c}	8.567^{h-q}	2.450^{mn}	6.963^{q}	1.405^{s}
	100	0	9.573^{q}	4.302^{qr}	2.586^{kl}	13.830^{d-g}	2.959^{e-g}
		10	$4.504^{\backslash}$	5.658^{o-r}	2.265^{pq}	11.525^{j-l}	2.761^{f-i}
	200	0	12.292^{k}	6.967^{l-r}	4.352^{a}	13.590^{e-h}	3.384^{c-e}
		10	13.821^{j}	9.352^{g-q}	3.347^{f}	12.680^{g-j}	2.277^{i-o}
	300	0	15.452^{i}	13.906^{e-h}	3.525^{e}	14.450^{c-e}	1.769^{o-s}
		10	6.410^{y}	11.400^{e-n}	1.912^{s}	12.800^{f-i}	2.043^{k-r}
	400	0	8.705^{t}	9.193^{g-q}	3.325^{f}	14.740^{b-e}	3.890^{bc}
		10	21.831^{a}	9.006^{g-q}	2.814^{hi}	14.650^{b-e}	2.713^{f-i}
150	0	0	17.410^{f}	10.818^{e-o}	3.134^{g}	13.930^{d-f}	1.971^{l-s}
		10	11.351^{l}	14.089^{d-g}	2.584^{kl}	18.200^{a}	1.873^{m-s}
	100	0	11.363^{l}	38.819^{a}	3.343^{f}	14.570^{bcde}	2.366^{h-n}
		10	9.681^{q}	4.952^{p-r}	2.825^{hi}	11.310^{lm}	1.917^{m-s}
	200	0	10.304^{p}	11.831^{e-l}	2.482^{lm}	12.440^{h-l}	3.443^{c-e}
		10	7.390^{v}	1.840^{r}	1.760^{tu}	12.390^{h-l}	1.574^{q-s}
	300	0	5.305^{z}	6.044^{n-r}	1.816^{st}	8.884^{op}	4.085^{b}
		10	16.451^{g}	12.946^{e-j}	2.654^{jk}	8.860^{op}	3.609^{b-d}
	400	0	$3.732^{/}$	12.462^{e-k}	4.104^{b}	14.695^{b-e}	2.674^{f-j}
		10	9.393^{r}	8.838^{g-q}	3.822^{c}	13.158^{f-i}	3.102^{d-f}
LSD			0.115	5.380	0.126	1.232	0.588

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column are not significantly different at p<0.05 based on LSD

جدول ۱۵- اثر متقابل جاسمونات، سرب و ورمی کمپوست بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبو در مرحله زایشی

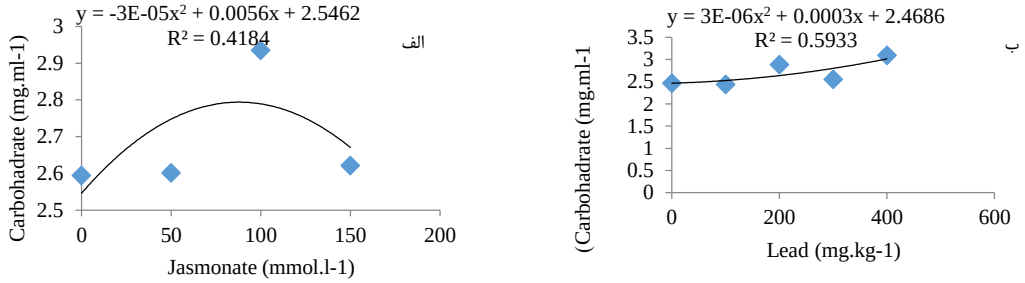
Table 15. The effect of jasmonate, lead and vermicompost on some physiological and Biochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. in reproductive

Jasmonate	Lead	Vermicompost	Leaf area	Shoot to root ratio	Carbohydrate	Proline	Catalase	Leaf water Potential
$mmol.l^{-1}$	$(mg.kg^{-1})$	(ton.ha-1)	(cm^2)		$(mg.ml^{-1})$	$(\mu m.g^{-1})$	$(\mu m.g^{-1})$	(Bar)
0	0	0	20.400^{c}	2.585^{q-s}	1.343^{r}	9.941^{b-h}	2.590^{m-p}	11.500^{a}
		10	25.900^{a}	4.869^{n-r}	1.662^{q}	10.613^{a-h}	2.442^{o-r}	11.750^{a}
	100	0	11.910^{op}	4.805^{n-r}	2.125^{m-o}	13.999^{a-d}	2.937^{j-l}	6.817^{rs}
		10	19.760^{d}	1.257^{s}	1.886^{o-q}	12.726^{a-e}	2.785^{k-n}	7.000^{r}
	200	0	5.730^{x}	3.694^{p-s}	2.704^{g-j}	14.623^{a-c}	3.120^{h-j}	5.100^{v}
		10	12.000^{o}	6.836^{i-p}	3.380^{bc}	13.374^{a-e}	3.006^{i-k}	6.200^{u}
	300	0	12.460^{mn}	12.320^{b-f}	3.965^{a}	14.623^{a-c}	3.299^{g-i}	9.400^{ij}
		10	9.907^{r}	13.664^{bc}	2.541^{i-l}	13.975^{a-d}	3.126^{h-j}	9.767^{gh}
	400	0	14.180^{j}	7.561^{h-o}	3.534^{b}	15.103^{a-c}	2.348^{p-r}	6.940^{r}
		10	9.350^{s}	6.215^{k-p}	3.066^{d-f}	14.239^{a-d}	3.423^{f-h}	5.167^{v}
50	0	0	19.040^{e}	8.267^{h-m}	2.745^{g-j}	4.922^{f-h}	2.235^{q-s}	10.017^{fg}
		10	20.280^{c}	6.990^{h-p}	3.088^{c-f}	4.298^{h}	2.178^{q-s}	10.700^{cd}
	100	0	14.220^{ij}	10.289^{d-h}	2.807^{f-i}	11.453^{a-f}	2.478^{n-q}	10.217^{ef}
		10	15.530^{f}	9.542^{d-j}	2.609^{ij}	7.372^{e-h}	2.332^{p-r}	4.617^{w}
	200	0	15.410^{f}	6.549^{i-p}	2.984^{d-g}	12.246^{a-e}	2.868^{j-m}	9.200^{jk}
		10	8.141^{u}	9.285^{f-k}	3.048^{d-f}	7.972^{d-h}	2.927^{j-l}	9.600^{hi}
	300	0	15.150^{fg}	12.643^{b-e}	2.288^{k-m}	11.453^{a-f}	2.931^{j-l}	8.150^{no}
		10	8.690^{t}	8.939^{g-l}	1.979^{n-p}	13.014^{a-e}	2.736^{k-o}	8.900^{l}
	400	0	6.817^{w}	4.702^{n-r}	2.998^{d-g}	9.244^{c-h}	3.578^{e-g}	10.250^{ef}
		10	8.240^{u}	9.411^{e-k}	2.926^{d-h}	16.112^{ab}	3.459^{fg}	10.133^{f}
100	0	0	11.520^{p}	15.531^{b}	2.469^{j-l}	4.706^{gh}	2.127^{rs}	8.950^{kl}
		10	10.750^{q}	8.883^{g-l}	3.101^{c-f}	4.154^{h}	2.156^{rs}	7.717^{pq}
	100	0	14.590^{hi}	6.413^{j-p}	2.040^{m-p}	12.774^{a-e}	3.515^{fg}	8.600^{m}
		10	23.920^{b}	5.031^{m-r}	2.301^{k-m}	10.445^{a-h}	2.836^{j-m}	9.000^{kl}
	200	0	7.140^{w}	5.200^{m-q}	3.485^{b}	14.191^{a-d}	3.507^{fg}	6.500^{t}
		10	8.750^{t}	5.219^{m-q}	2.575^{i-k}	14.671^{a-c}	2.673^{l-o}	10.500^{de}
	300	0	12.000^{o}	20.321^{a}	2.835^{e-i}	14.023^{a-d}	3.912^{a-d}	8.950^{kl}
		10	12.900^{l}	19.725^{a}	3.476^{b}	13.158^{a-e}	3.566^{eg}	7.600^{q}
	400	0	7.980^{u}	6.238^{j-p}	2.945^{d-h}	16.664^{a}	4.185^{a}	9.750^{gh}
		10	13.020^{l}	1.860^{rs}	3.542^{b}	15.799^{ab}	3.586^{eg}	9.700^{h}
150	0	0	11.850^{op}	4.282^{o-s}	2.302^{k-m}	13.158^{a-e}	1.973^{s}	11.100^{b}
		10	11.030^{q}	12.083^{c-g}	2.042^{m-p}	10.613^{a-h}	1.633^{t}	11.600^{a}
	100	0	10.000^{r}	13.756^{bc}	3.162^{cd}	15.775^{a-c}	3.669^{d-f}	9.800^{gh}
		10	12.850^{lm}	12.466^{b-f}	2.270^{l-n}	13.806^{a-e}	0.008^{i-k}	8.500^{m}
	200	0	13.610^{k}	6.397^{j-p}	2.049^{m-p}	14.623^{a-c}	3.701^{c-f}	6.600^{st}
		10	13.060^{l}	11.833^{c-g}	3.124^{c-e}	11.181^{a-g}	3.553^{e-g}	8.550^{m}
	300	0	14.760^{gh}	9.843^{d-i}	1.936^{o-q}	13.758^{a-e}	4.019^{a-c}	10.500^{de}
		10	7.547^{v}	12.727^{b-d}	1.760^{pq}	10.661^{a-h}	3.845^{b-e}	10.900^{bc}
	400	0	12.110^{no}	7.932^{h-n}	2.665^{h-j}	13.374^{a-e}	4.140^{ab}	8.000^{op}
		10	15.200^{f}	5.765^{l-q}	2.601^{ij}	11.477^{a-e}	3.386^{f-hs}	8.400^{mn}
LSD			0.398	3.308	0.295	6.549	0.321	0.291

*** میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

*Means with the similar letters in each column is not significantly different at $p<0.05$ based on LSD test.

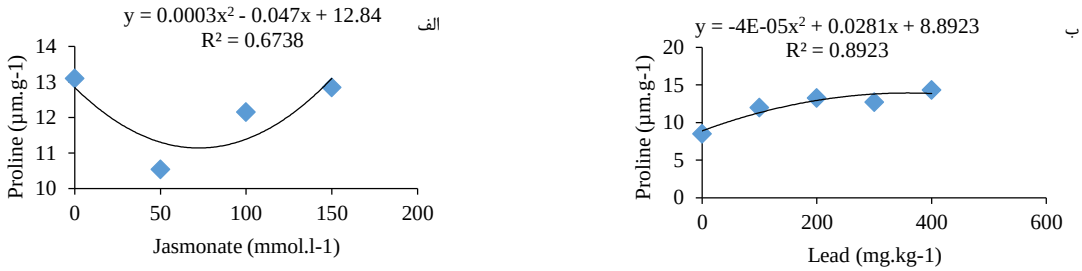
بررسی رابطه رگرسیونی بین سطوح مختلف جاسمونات بر میانگین هیدرات کربن محلول برگی نشان داد که با افزایش سطوح جاسمونات، مقدار این صفت ابتدا روند افزایشی نشان داد و سپس کاهش یافت. همچنین با افزایش غلظت سرب، میانگین هیدرات کربن روند افزایشی معنی داری داشت (شکل ۳).



شکل ۳- روند رگرسیونی تغییرات هیدرات کربن با تغییر سطوح جاسمونات (الف) و سرب (ب)

Figure 3. Regression trend of carbohydrate changes with changes in jasmonate (a) and lead (b) levels

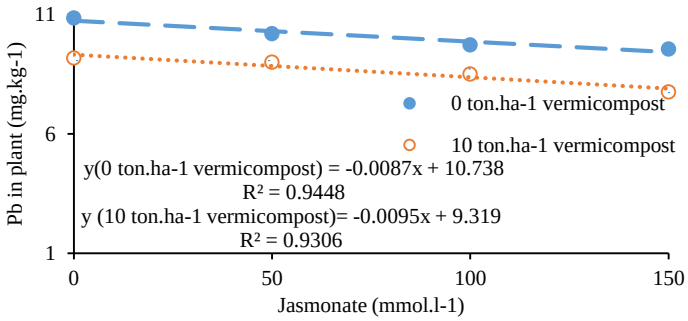
همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود با افزایش مقدار جاسمونات کاربردی تا ۵۰ میکرومول بر گرم وزن تر، میانگین پرولین برگی، ابتدا کاهشی یافت ولی با کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مول بر لیتر جاسمونات، مقدار این پارامتر، روند افزایشی نشان داد. همچنین با افزایش سطح سرب، میانگین پرولین برگی روند افزایشی غیرخطی معنی داری پیدا کرد (شکل ۴).



شکل ۴- روند رگرسیونی تغییرات پرولین برگی با تغییر سطوح جاسمونات (الف) و سرب (ب)

Figure 4. Regression trend of proline changes with changes in jasmonate (a) and lead (b) levels

بررسی تغییرات غلظت سرب تجمع یافته در گیاه در میانگین سطوح سرب مورد بررسی (۲۰۰ میلی گرم کیلوگرم خاک) نشان داد که با افزایش سطح جاسمونات، غلظت سرب در گیاه، روند کاهشی داشت و این پارامتر در شرایط اعمال ورمی کمپوست کمتر از وضعیت عدم اعمال آن بود (شکل ۵).



شکل ۵- روند رگرسیونی تجمع سرب در گیاه با تغییر سطح جاسمونات در شرایط عدم اعمال و اعمال ورمی کمپوست در سطح ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب در خاک

Figure 5. The regression process of lead accumulation in plants with changes in the level of jasmonate in the conditions of no application and application of vermicompost at the level of 200 mg/kg of lead in the soil

رحیمی و نوروزی گلدره (Rahimi & Norouzi, 2021) با بررسی اثر انواع کودهای آلی (کود گاوی، پوره هویج، ورمی کمپوست و شاهد در شرایط وجود یا عدم وجود کرم های خاکی بر زیست پالایی خاک‌های آلوده به کادمیوم اظهار داشتند که اعمال تیمارهای کودی باعث افزایش معنی دار کادمیوم در بخش آلی شد. سفیدگر شاکلایی و همکاران (Sefidgar shahkolaie *et al*., 2020) با بررسی اثر اصلاح کننده های آلی و معدنی بر توزیع شکل های کادمیوم در خاک آهکی دریافتند که افزودن اصلاح کننده‌های آلی و معدنی موجب کاهش معنی‌دار غلظت کادمیوم نسبت به شاهد گردید. همچنین اصلاح کننده‌های آلی به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن بالاتر نسبت به اصلاح کننده-های معدنی، در تثبیت فلزات موثرتر بودند.

.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که فلز سنگین سرب بر اغلب صفات فیزیولوژیکی و بیوشمیایی گیاه بادرشبو تأثیر کاهنده داشت و با توجه به این که سطح ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست تأثیر تعدیل کننده بر سرب نداشت اینگونه استنباط می شود که شاید مطلوب تر است تا از مقادیر بالاتر ورمی کمپوست بهره گرفته شود. باید توجه داشت که با در نظر گرفتن خطرات زیست محیطی سرب و احتمال جذب و ورود این عنصر به زنجیره غذایی، تعدیل اثرات آن در محیط و راهکارهای کاهش جذب آن توسط گیاهان به ویژه از طریق روش های زیستی و نهاده های آلی باید در مطالعات متعدد مد نظر قرار گیرد

References

Abdusi S. 2018. Effects of cadmium and vermicompost on some growth parameters of spinach (*Spinacea oleracea* L.). *Horticultural Plants Nutrition*, 1(2): 25-36.

Adriano D.C. 2001. *Trace Elements in Terrestrial Environments; Biochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*. Springer-Verlag. New York.

Ali A., Deng X., Hu X., Gill R.A., Ali S., Wang S., and Zhou W. 2015. Deteriorative effects of cadmium stress on antioxidant system and cellular structure in germinating seeds of Brassica napus L. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17: 63-74.

Amir Moradi Sh., Rezvani Moghadam P., Koocheki A., and Danesh Sh., Fotovat A. 2017. Effect of cadmium and lead on quantitative traits and essential oil percentage of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1): 142-157.

Ansari M., and Malik A. 2007. Biosorption of nickel and cadmium by metal resistant bacterial isolates from agricultural soil irrigated with industrial wastewater. *Bioresource Technology*, 98:149-3153.

Asadi S., Moghadam M., Ghasemi Pirbaluti A., and Fotovat A. 2020. The effect of foliar application of methyl jasmonate on some morphophysiological characteristics and lead absorption rate in basil medicinal plant (*Ocimum basilicum* L.) under lead stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 13(14): 1329-1344.

Azimi Gandomani M., Faraji H., Movahedi Dehnavi M., and Mirshekari A. 2017. The effect of calcium and jasmonic acid interaction on some physiological traits and tuber yield of three potato cultivars. *Crop Physiology Journal*, 9 (34): 37-59.

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

Chandlee J.M., and Scandalios J.G. 1984. Analysis of variants affecting the catalase development program in Maize scutellum. Journal of Apply Genetic 69: 71-77.

Clemente R., Waljker D.J., and Bernal M.P. 2005. Uptake of heavy metals and as by Brassica Juncea grown in a contamination soil in Arnalcollar (Spain): The effect of soil amendments. *Environmental Pollution*, 136: 46- 58.

Closas L.M., Toro F.J., Calvo G., and Pelacho A.M. 2004. Effect of methyl jasmonate on the first developmental stages of globe artichoke. *Acta Horticulture*, 660: 185-195.

Dastjerdi Z., Safipour Afshar A., and Saeed Nematpour F. 2015. The effect of methyl jasmonate on lead absorption and accumulation in radish (*Raphanus sativus* L.). *Plant process and function*, 4(1): 59-66.

Dubois D., Gilleres K.A., and Hamilton J.K. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3):350-356.

Eskandari S., Yadegari M., and Iranipour R. 2017. Investigating the accumulation of cadmium and lead in marigold medicinal plant (*Calendula officinalis*). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 12(47): 92-76.

Golehdar M. 2008. *Biosorption of heavy elements cadmium, nickel and cobalt by immobilized yeast of Saccaromyces cerevisia in compressed column*. Faculty of Marine and Environmental Sciences. Tarbiat Modares University. Tehran.

Gorbanli M., and Kiapour A. 2014. The effects of different concentrations of lead and copper on the amount of malondialdehyde, proline and the activity of peroxidase and catalase enzymes in the medicinal plant of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Research on Medicinal and Aromatic plants of Iran* 28(2): 247-235.

Karimi, N. Khanahmadi, M. and Moradi, B. 2013. The effect of different concentrations of lead on some physiological parameters of *Cynara scolymus*. *Journal of Plant Production*, 20(1): 49-62.

Kehstegar M ., Afshar S.A., and Nematpour S.F. 2014. Effect of heavy metals cu and pb on some growth charactristics, proline content and lipid peroxidation in two varieties of mung bean (*Vigna radiate*). *Journal of Crop Ecophysiology*, 8(3): 263-374.

Mohammadian A., Barzin K., and Talei D. 2016. *The effects of methyl jasmonate on some antioxidant enzymes and proline in Andrographis paniculata L. medicinal plant*. Third National Congress of Biology and Natural Sciences of Iran. Tehran.

Naderi M.R., Danesh Shahraki A., and Naderi R. 2012. A review of plant remediation of soils contaminated with heavy metals. *Human and Environment*, 10(4),35-49.

Naderi N., Mirzamasoumzadeh B., and Aghaei A. 2013. Effects of different levels of lead (Pb) on physiological characteristics of sugar beet. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (10): 1154-1157.

Oftadeh Fedafan A., and Amini Fard M.H. 2018. Investigating the vegetative and reproductive characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under the influence of the application of different levels of urban waste vermicompost in the second year of the experiment. *Research of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 34(3): 443-456.

Prasad M.N.V. 2004. *Heavy Metal Stress in Plants: From Biomolecules to Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin.

Rahimi G., and Noruzi Goldareh F. 2021. Effect of Eisenia fetida Earthworm in the Presence of Organic Matter for Bioremediation and Bioavailability of Cadmium in Contaminated Soils. *Applied Soil Research*, 9(2): 116-129.

Raicevic S., Kaludjerovic-Radoicic T., and Zouboulis A.I. 2004. In situ stabilization of toxic metals in polluted soils using phosphates: Theoretical prediction and experimental verification. *Journal of Hazardous Mater*, 117(1): 41-53.

Ranjbar M., Ismaili Sh., and Mushtaghi A.A. 2020. The effect of lead and nickel on some physiological and biochemical characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). *Plant Biology of Iran*, 12(2):1-22.

Razavinia S.M.B., Pourqhasemian N., and Najafi F. 2021. Studying the effect of heavy metals cadmium and lead on the growth traits and quality characteristics of *Melissa officinalis* L. *Journal of Horticultural Sciences*, 35(2): 235-251.

Rostami M., Kermian R., and Julayi Z. 2015. Investigating the effect of different heavy metals on physiological traits of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Agriculture and Technology of Saffron*, 3(2): 83-96.

Salimi F., and Shekari F. 2012. The effects of methyl jasmonate and salinity on some morphological characters and flower yield of German chamomile (*Matricaria chamomilia* L.). *Journal of Plant Biology*, 4: 27-39.

Sefidgar shahkolaie S., Barani Motlagh M. Dordipour, E. and Khormali F. 2020. Effects of organic and inorganic amendments on fractionation of cadmium during incubation time in a contaminated calcareous soil. *Applied Soil Research*, 8(3): 14-26.

Tabrizi L., Mohammadi S., Delshad M., and Motasharezadeh B. 2015. The effect of mycorrhiza fungus on the growth and yield of the rosemary medicinal plant (*Rosmarinus officinalis* L.) under lead and cadmium stress conditions. *Environmental Sciences*, 13(2): 37-48.

Walker D.J., Clemente R., and Bernal M.P. 2004. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album* L. in a soil contaminated by pyritic mine waste. *Chemosphere*, 57: 215-224.

Yagoubian Y., Siadat S. A., Moradi talavat M., and Pirdashti H. A. 2016. Quantification of the response of vegetative growth and chlorophyll fluorescence components of *Melissa officinalis* L. medicinal plant to the concentration of cadmium in the soil. *Journal of Plant Production*, 23(2): 165-185.