نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره 4(60)، زمستان 1400، صفحه 466-451

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2022.689789

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)

فاطمه مهسا کارآموزیان[1]، غلامرضا شریفی سیرچی[2*]، مونا سلیمی[3] و عزیز فومن‌اجیرلو[4]

تاریخ دریافت: 1399/8/25 **تاریخ بازنگری:** 1399/10/6 **تاریخ پذیرش:** 1399/11/11

چکیده

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرشبی طی پژوهشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در 4 تکرار در سال زراعی 1397-1396 در کرمان انجام شد. محلول‌پاشی یک ماه قبل از برداشت در سه غلظت صفر، 0/5 و 1 میلی‌مولار انجام گردید. ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، عملکرد ماده تر و خشک، تعداد شاخه جانبی، عملکرد عصاره تام و اسانس اندازه‌گیری شد. شناسایی ترکیبات اسانس به روش کروماتوگرافی گازی (GC) همراه با طیف سنجی جرمی (GC/MS) با مقایسه شاخص بازداری و مطالعه طیف سنجی جرمی به عمل آمد. طبق نتایج، اثرات القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک روی ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد ماده تر و خشک در سطح احتمال 1% معنی‌دار بودند؛ اما روی قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی اختلاف معنی‌دار نداشتند. اثرات متقابل هر دو القاءکننده روی ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک، به‌ترتیب در سطح احتمال 5% و 1% معنی‌دار بودند؛ در حالی‌که روی سایر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین، کاربرد هر دو القاءکننده موجب افزایش عملکرد عصاره تام و اسانس گردید. بیشترین درصد ترکیبات اصلی در اسانس بادرشبی تحت تأثیر مقدار 1 میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و در فقدان اسید بتا آمینوبوتیریک، شامل ژرانیل استات 36/8%، ژرانیول 20/5%، ژرانیال 19/7%، نرال 14/9% و نرال استات 2/9% به‌دست آمد. به‌طورکلی، کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک بـرای افزایش عملکرد بادرشبی مثبت بود.

واژگان کلیدی: القاءکننده، اسید سالیسیلیک، اسید بتا آمینوبوتیریک، بادرشبی.

1- دانشجوی دکتری بخش بیوتکنولوژی و ژنتیک مولکولی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

2- دانشیار گروه مهندسی بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

3- دانشیار بخش فیزیولوژی و فارماکولوژی انستیتو پاستور، تهران، ایران.

4- استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نگارنده‌ی مسئول sharifi-sirchi@uk.ac.ir

مقدمه

گیاه بادرشبی از جنس Dracocephalum، گونه moldavica، تیره‌ی نعناعیان (Lamiaceae) با نام علمی Dracocephalum moldavica (L.) و نام انگلیسی Moldavian Balm، بومی آسیای مرکزی و اهلی شده مرکز و شرق اروپا است (Borghei and Azizi, 2018). تیره‌ی نعناعیان دارای بیشترین گونه‌های گیاهان دارویی است (Amirnia et al., 2017). در ایران دو گونه بومی بادرشبی وجود دارد که یکی بومی کوهستان سورمند در استان اصفهان و دیگری بومی کوهستان‌های استان کرمان است (Mozaffarian, 2012).

در طب سنتی گیاه دارویی بادرشبی به‌عنوان داروی بادشکن، معرق، ضد اسپاسم، ضد میکروب، مدر، قابض، تب بر و التیام دهنده زخم کاربرد دارد (Ding et al., 2015). اسانس بادرشبی مایعی به رنگ زرد روشن، دارای بوی مطبوع و مزه‌ای بسیار تند است. تمامی پیکر رویشی بادرشبی حاوی اسانس است، اما مقدار آن در اندام‌های مختلف گیاه متفاوت است (Aćimović et al., 2019). اسانس بادرشبی دارای خاصیت ضدمیکروبی و باکتریایی بوده و در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی و عطرسازی کاربرد فراوان دارد (Aalaei, 2019). از مهم‌ترین ترکیبات شناسایی شده در بادرشبی می‌توان به ژرانیال، ژرانیل استات، نرال، نریل استات و ژرانیول اشاره کرد (Amini et al., 2020). در مرحله گلدهی، بیشترین مقدار این ترکیبات در اندام‌های هوایی به‌ویژه در برگ‌ها یافت می‌شود و 90% اسانس را تشکیل می‌دهند (Dmitruk et al., 2019). استفاده از گیاهان دارویی سهم مهمی در بهداشت و درمان جوامع مختلف دارد. کاربرد گیاهان دارویی به دلایل مختلف از جمله عوارض جانبی فراوان داروهای صنعتی، سوء استفاده از داروهای صنعتی، عدم دسترسی درصد بالایی از جمعیت جهان به دارو و همچنین، وجود باور و فرهنگ عمومی مبنی بر بی‌ضرر بودن محصولات طبیعی در کنار ارزان بودن آنها در حال افزایش است (Ehsani et al., 2017). گیاهان دارویی دارای ترکیبات ثانویه متنوعی هستند که با استفاده از فن‌آوری‌های جدید از گیاه استخراج شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، همین مزایا سرچشمه فعالیت‌های تحقیقاتی بسیاری در زمینه کشت و کار، شناسایی و استفاده از این گیاهان شده است. با توجه به اینکه در ایران گونه‌های منحصر به فرد فراوانی از گیاهان دارویی وجود دارند، لذا نیاز است تا برای شناسایی مواد مؤثره آنها مطالعات بیشتری انجام شود.

کاربرد القاءکننده‌ها تأثیر مثبت روی عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی گیاه بادرشبی دارد، به‌طوری‌که می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار میزان اسانس هر تیمار نسبت به شاهد شود (Nasiri et al., 2018). محلول‌پاشی برگی با القاءکننده اسید سالیسیلیک در گیاه دارویی بادرشبی موجب بهبود درصد جوانه‌زنی این گیاه شد (Shaikh-Abol-Hasani and Roshandel, 2019). ترکیبات اصلی اسانس بادرشبی شامل ژرانیل استات، ژرانیل، نرول، نریل‌استات، نرال، و لینالول است و اختلاف در ترکیبات اسانس را می‌توان به‌عواملی نظیر ژنتیک (جنس، گونه و اکوتیپ)، شرایط محیطی و اقلیم متمایز، دوره نمونه‌برداری فصلی، ریشه‌های جغرافیایی، جمعیت گیاهان و روش‌های استخراج و اندازه‌گیری عصاره نسبت داد (Yang et al., 2014). همچنین، عصاره‌های تیمار شده برگ

بادرشبی با دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک در غلظت 1 میلی‌مولار روی بازدهی عصاره تام اثر مثبت داشت، به طوری‌که سمیت سلولی قابل‌توجهی بر روی رده سلول سرطانی کبد و پستان از خود نشان دادند (Karamoozian et al., 2020).

از مسائل مهم در تولید گیاهان دارویی فقدان اطلاعات علمی محرز در مورد چگونگی ایجاد تغییر در غلظت مواد مؤثره آنها است. یکی از اهداف این پژوهش بررسی چگونگی افزایش میزان متابولیت‌های ثانویه در گیاه دارویی بادرشبی تحت تأثیر کاربرد القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک در شرایط رشد گیاه است. از آنجا که کاربرد القاءکننده‌ها موجب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شوند (Nourozi et al., 2019) و مواد مؤثره موجود در برگ گیاه را افزایش می‌دهند (Khaleghnezhad et al., 2019)، لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی با القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک روی عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی بادرشبی بومی شهرستان کرمان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌های گیاهی

این آزمایش در مزرعه آموزشی–پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان (ایستگاه جوپار) در سال زراعی 1397-1396 انجام شد. بذر مورد استفاده، بومی شهرستان کرمان بود. قبل از کاشت از نقاط مختلف خاک نمونه برداری شد و یک نمونه ترکیبی به همراه نمونه‌ای از آب آبیاری به آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان کرمان ارسال شد. بافت خاک شنی رسی لومی با pH برابر با 8 و pH آب آبیاری برابر با 7/6 گزارش شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 4 تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک (A) و اسید بتاآمینوبوتیریک (B) بودند که هر کدام با مقادیر صفر، 0/5 و 1 میلی‌مولار استفاده شدند. به‌طوری‌که، تیمار A_1B_1 (شاهد) مقدار صفر از هر دو القاءکننده، تیمار A_1B_2 مقدار صفر از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاءکننده اسیدبتا آمینوبوتیریک، تیمار A_1B_3 مقدار صفر از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک، تیمار A_2B_1 مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک، تیمار A_2B_2 مقدار 0/5 میلی‌مولار از هر دو القاء کننده، تیمار A_2B_3 مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک، تیمار A_3B_1 مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتاآمینوبوتیریک، تیمار A_3B_2 مقدار 1 میلی‌مولار از اسید سالیسیلیک و مقدار 0/5 میلی‌مولار از اسید بتا آمینوبوتیریک، و تیمار A_3B_3 مقدار 1 میلی‌مولار از هر دو القاءکننده بود.

قبل از کاشت زمین را شخم زده و کود پوسیده گاوی به میزان 30 تن در هکتار به خاک داده شد (Rahimzadeh et al., 2011). کاشت بذور در 20 اردیبهشت به‌طور دست‌پاش و به شکل ردیفی انجام شد (Borna et al., 2007). فاصله بین ردیف‌ها 40 سانتی‌متر در نظر گرفته شد و بذرها در هر تکرار در یک کرت 4 خطی با عمق کاشت 0/5 تا 1 سانتی‌متر کشت شدند،

طول هر خط در هر تکرار 3 متر بود (Hussein et al., 2006). بین هر تیمار و بین تکرارها راهرو مناسبی برای عملیات داشت و برداشت منظور گردید. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت پس از تنک کردن 4 تا 5 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. جان‌محمدی و همکاران (Janmohammadi et al., 2017) گزارش کردند که گیاه بادرشبی کم و بیش نسبت به آفات و بیماری‌های گیاهی مقاوم است، بنابراین هیچ نوع کنترل شیمیایی انجام نشد. آبیاری به روش سنتی و با فاصله زمانی 4 تا 5 روز انجام شد. عملیات زراعی برای همه کرت‌ها با توجه به نیاز گیاه به طور یکسان انجام شد. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک به‌طور همزمان، دو ماه و نیم بعد از کاشت به‌طوری‌که هنوز یک ماه به گلدهی مانده بود؛ بر اساس اطلاعات موجود جهت کشت این گیاه در منطقه انجام شد. برداشت در 15 شهریور از سطح خاک (کف بر کردن) در مرحله گلدهی انجام شد، زیرا محتوای اسانس با افزایش سن گیاه بادرشبی افزایش می‌یابد و در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار می‌رسد (Dastmalchi et al., 2007). نمونه‌برداری از واحد سطح انجام شد. نمونه‌ها پس از برداشت در هوای آزاد و در سایه خشک شدند. وقتی برگ‌های گیاه خشک و شکننده شدند، با مالش از ساقه جدا شدند (Rahimi and Farrokhi, 2019). بعد از اندازه‌گیری و یادداشت برداری شاخص‌های رشدی، برگ‌های گیاه دارویی بادرشبی آسیاب شده و به شکل پودر درآمدند. 200 گرم از هر تیمار درون پاکت ریخته شد و جهت عصاره‌گیری و تعیین عملکرد عصاره به آزمایشگاه فیزیولوژی و فارماکولوژی انستیتو پاستور تهران و جهت اسانس‌گیری و تعیین عملکرد اسانس و شناسایی ترکیبات مهم آن به پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهران منتقل شد.

به‌منظور استخراج عصاره تام برگ تیمار شده گیاه دارویی بادرشبی از روش ماسراسیون (خیساندن) و از ترکیب آب و اتانول ساخت کشور ایران به نسبت (حجمی:حجمی) 80:20 استفاده شد. مقدار 15 گرم از پودر گیاه توسط حلال در بشر خیسانده شده و روی شیکر قرار گرفت. بعد از گذشت 24 ساعت با کاغذ صافی واتمن آلمانی؛ محلول حاوی عصاره صاف شد و این عمل طی 3 مرحله متوالی به مدت 72 ساعت تکرار گردید، سپس حلال از عصاره صاف شده در شرایط خلاء و در دمای 35 درجه سلسیوس توسط دستگاه روتاری هایدولف آلمان جدا و رطوبت عصاره با دستگاه خشک کن انجمادی خشک شد. نمونه‌ها در یخچال و در دمای 4 درجه سلسیوس نگهداری شدند (Aslanipour et al., 2017). تعیین عملکرد عصاره‌های تام برگ تیمار شده بادرشبی به‌دست آمده از روش ماسراسیون توسط حلال اتانولی-آبی با توزین پلیت‌های خالی و پس از خشک شدن عصاره تعیین گردید (Freshney, 2016).

اسانس‌گیری از برگ تیمار شده گیاه دارویی بادرشبی توسط دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب انجام شد. بدین منظور، 30 گرم از پودر برگ هر تیمار وزن گردید و در600 میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به مدت 2 ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود (Borna et al.,2007). میزان اسانس حاصل، پس از رطوبت زدایی با سولفات سدیم بی‌آب، به نسبت (وزنی:وزنی) و بر پایه وزن خشک برگ محاسبه شد (Borghei and Azizi, 2018). در این بررسی

محتوی اسانس به‌دست آمده از تیمارهای مختلف با فرمول زیر بر حسب درصد تعیین گردید:

100× (وزن خشک برگ/وزن اسانس) =درصد اسانس

شناسایی ترکیبات مؤثره در اسانس هر تیمار با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (GC) همراه با طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) انجام شد. بدین منظور از دستگاه نوع Termo Finnigan دارای دتکتور FID و مجهز به ستون DB-5 (به طول 30 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن 0/25 میکرومتر) استفاده شد. گاز هلیوم با جریان ثابت 1/1 میلی‌متر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل (فاز متحرک) استفاده شد. دمای محفظه تزریق 250 درجه سلسیوس و برنامه‌ریزی دمایی آون محفظه ستون از 60 تا 250 درجه سلسیوس با افزایش دمای 4 درجه سلسیوس در دقیقه تنظیم گردید. برای ردیاب، ولتاژ یونیزاسیون 70 الکترون ولت، مورد استفاده قرار گرفت. شناسایی ترکیبات با کمک پارامتر اندیس بازداری و طیف‌های جرمی و مقایسه آنها با اطلاعات موجود در بانک اطلاعات طیف‌های جرمی Wiley صورت گرفت (جدول 7). درصد نسبی هر یک از ترکیب‌ها با توجه به سطح زیر منحنی آنها در طیف حاصل از کروماتوگراف گازی GC/FID مجهز به دتکتور FID محاسبه گردید. شرایط آنالیز FID/GC مشابه شرایط تجزیه MS/GC بود. دمای 280 درجه سلسیوس برای دتکتور FIDاستفاده شد (Borghei and Azizi, 2018).

در این بررسی ارتفاع گیاه، قطر ساقه اصلی، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، عملکرد ماده تر و خشک اندازه‌گیری شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزارآماری SPSS استفاده و مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) در سطح احتمال 5% انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ در گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد ماده تر و خشک تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک در جدول شماره 1 نشان داده شده است. اثر هر دو القاءکننده روی ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد ماده تر و خشک در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک روی ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک به‌ترتیب در سطح احتمال 5% و 1% اختلاف معنی‌دار داشت.

میانگین‌های قطر ساقه و تعداد شاخه‌های جانبی در یک گروه آماری قرار داشتند، بنابراین اثرات مقادیر مختلف القاءکننده اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار روی این صفت‌ها نداشته است. میانگین تعداد برگ در دو گروه قرار گرفته است که مؤید اثرات معنی‌دار اسید سالیسیلیک روی این صفت است و مقدار 0/5 میلی‌مولار و مقدار 1 میلی‌مولار آن اثرات کاهنده روی تعداد برگ‌ها دارد (جدول 2).

میانگین‌های قطر ساقه و تعداد شاخه‌های جانبی در یک گروه قرار دارند. بنابراین، اثرات مقادیر مختلف القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک اختلاف معنی‌دار روی این صفات نداشته است. میانگین تعداد برگ در دو گروه قرار گرفته است که مؤید اثرات معنی‌دار القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک روی این صفت است و میزان 0/5 میلی‌مولار آن اثر کاهنده روی تعداد برگ‌ها دارد.

اثرات مقادیر مختلف این القاءکننده اختلاف معنی‌دار روی عملکرد ماده تر داشته و در دو گروه قرار گرفته است، در حالی‌که مقدار 0/5 میلی‌مولار و 1 میلی‌مولار آن اثر کاهنده داشته و هر دو در یک گروه جای گرفته‌اند (جدول 3).

بیشترین مقدار ارتفاع بوته گیاه دارویی بادرشبی از تیمارهای مقدار صفر از هر دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (شاهد) و مقدار صفر از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_2) به‌دست آمد که در یک گروه قرار گرفتند، بقیه تیمارها گرچه همگی تفاوت‌های جزیی داشتند؛ ولی از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. کمترین میزان ارتفاع بوته به تیمار مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_2B_3) و تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاء کننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_2) تعلق داشت.

بیشترین مقدار عملکرد خشک بوته گیاه دارویی بادرشبی در تیمار مقدار صفر از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_3) به دست آمد که با تیمارهای مقدار 1 میلی‌مولار از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاء کننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_1) و مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتاآمینوبوتیریک (A_2B_1)، مقدار صفر از هر دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_1) و مقدار صفر از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 0/5 میلی‌مولار از القاء کننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_2)، اختلاف معنی‌دار نداشته و در یک گروه جا گرفتند. کمترین میزان عملکرد ماده خشک از تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از هر دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_3) به‌دست آمد، به‌طورکلی اثر متقابل مقادیر بیشتر هر دو القاءکننده مورد مطالعه در این پژوهش باعث کاهش صفات مورد مطالعه شده است (جدول 4).

طبق یافته‌ها، محلول‌پاشی گیاه بادرشبی با القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک روی عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی این گیاه اثر مثبت داشت که نتایج تحقیق حاضر با نتایج آزمایش نورافکن و همکاران (Noorafkan and Mahboubi, 2017) همخوانی دارد که در آن محلول‌پاشی با القاء کننده اسید سالیسیلیک با غلظت 300 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر روی خصوصیات فیزیولوژیکی بادرشبی اثر مثبت و فزاینده‌ای نشان داده بود. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2014) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی با القاء کننده اسید سالیسیلیک با غلظت 100 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر موجب افزایش جوانه‌زنی گیاه دارویی بادرشبی می‌شود.

در این آزمایش اثر اسید سالیسیلیک روی تعداد برگ مثبت ارزیابی شد که همسو با نتایج مطالعه دانشورراد و همکاران (Daneshvar Rad et al., 2019) بود که طبق آن محلول‌پاشی برگی گیاه بادرشبی با اسید سالیسیلیک با غلظت 0/5 میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار تعداد برگ شده بود و همین‌طور نتایج این آزمایش مطابق با یافته‌های آرژه و همکاران (Arzhe et al., 2015) بود که بر اساس آن محلول‌پاشی برگی با القاء کننده اسید سالیسیلیک با غلظت 1/5 میلی‌مولار

نقش مهمی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند میزان کلروفیل، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی در گیاه دارویی بادرشبی دارد.

بیشترین عملکرد عصاره تام و اسانس برگ تیمار شده بادرشبی از تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از هر دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_3) و کمترین عملکرد از تیمار مقدار صفر از هر دو القاء کننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (شاهد) به‌دست آمد (جدول 5). نتایج نشان داد کاربرد القاء کننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک موجب افزایش عملکرد تیمارهای مختلف گیاه دارویی بادرشبی می‌شود. نتایج این آزمایش مشابه با یافته‌های نصیری و همکاران (Nasiri et al., 2018) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد القاءکننده‌ها روی عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه بادرشبی است که باعث افزایش معنی‌دار عملکرد هر تیمار نسبت به شاهد می‌شود.

بیشترین درصد ترکیبات مهم اسانس از تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_1) و کمترین درصد ترکیبات مهم از تیمار مقدار صفر از القاء کننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاء کننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_3) به‌دست آمد (جدول 6). تیمار مقدار صفر از هر دو القاءکننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (شاهد)، تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_1) و تیمار مقدار صفر از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_3) به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد ترکیبات را داشتند، در تیمار مقدار صفر از هر دو القاءکننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک (شاهد)، 14 ترکیب مختلف شناسایی شد که شامل ژرانیل استات، ژرانیول، ژرانیال، نرال، نرال استات، سابینین، لینالول، سیس-لیمونین اوکساید، ترانس- لیمونین اوکساید، تیمول، نرول اکساید، لیمونن، لینالیل استات و اتیل لینولئولیت بودند. در تیمار مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار صفر از القاءکننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_3B_1)، 10 ترکیب مختلف شامل ژرانیل استات، ژرانیول، ژرانیال، نرال، نرال استات، سابینین، لینالول، نرول اکساید، لیمونن و لینالیل استات و در تیمار مقدار صفر از القاءکننده اسید سالیسیلیک و مقدار 1 میلی‌مولار از القاء کننده اسید بتا آمینوبوتیریک (A_1B_3)، 18 ترکیب شامل ژرانیل استات، ژرانیول، ژرانیال، نرال، نرال استات، سابینین، لینالول، سیس-لیمونین اوکساید، ترانس-لیمونین اوکساید، تیمول، نرول اکساید، لیمونن، لینالیل استات، اتیل لینولئولیت، اسید لینولئیک، بتا-پینین، ای-بتا-اوسیمن، سیترونلول؛ شناسایی و گزارش شدند.

بر اساس نتایج این پژوهش، عملکرد اسانس، عملکرد عصاره تام و تعداد ترکیبات مؤثره در برگ تیمار شده بادرشبی تحت تأثیر مقادیر مختلف از القاءکننده‌های اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک قرار داشت، به طوری‌که کاربرد مقدار 1 میلی‌مولار از هر دو القاءکننده اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک موجب حصول حداکثر عملکرد شد و همچنین، کاربرد مقدار 1 میلی‌مولار از القاءکننده اسید سالیسیلیک در فقدان اسید بتا آمینوبوتیریک موجب تولید بیشترین تعداد ترکیبات مؤثره در این گیاه شد.

در این آزمایش ترکیبات مهم موجود در

اسانس برگ تیمار شده بادرشبی شامل ژرانیل استات (36/8%)، ژرانیول (20/5%)، ژرانیال (19%/7)، نرال (14/9%) و نرال استات (2/9%) گزارش شدند که مشابه با نتایج آزمایش دوازده امامی و همکاران (Davazdah Emami et al., 2008) بود که اصلی‌ترین ترکیبات اسانس بادرشبی را ژرانیل‌استات (35/3%)، ژرانیول (12%)، ژرانیال (19/7%) و نرال (14/9%) گزارش کرده بودند. گلپرور و همکاران (Golparvar et al., 2016) نیز گزارش کرده بودند که ترکیبات مهم اسانس بادرشبی شامل ژرانیل استات (36%/62)، ژرانیول (24/31%)، نرال (16/25%) و ژرانیال (11/21%) است. مهام و همکاران (Maham et al., 2013) هم ترکیبات مهم تشکیل‌دهنده اسانس بادرشبی را نرال (9/63%)، نریل استات (4/03%) و ژرانیول (17/08%) گزارش کردند که همگی همسو با یافته‌های این آزمایش بود.

بیشترین درصد ترکیب شناسایی شده در این آزمایش ژرانیل استات (36/8%) بود که مشابه با یافته‌های آزمایش برقعی و همکاران (Borghei and Azizi, 2018) مبنی بر گزارش ژرانیل استات (45/58%) به عنوان ترکیب غالب می‌باشد. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2018) نیز گزارش کردند که تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک به مقدار 10 میلی‌مولار با اسید ایندول استیک به مقدار 1/5 میلی‌گرم در لیتر، موجب افزایش درصد اسانس (بیش از 65%) در بادرشبی می‌شود. ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2019) هم گزارش کرده بودند که تیمار نوشاخه‌های گیاه بادرنجبویه با القاءکننده اسید سالیسیلیک به میزان 100 میکرومولار موجب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک موجب افزایش شاخص‌های رشدی و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه بادرشبی شد. به‌طورکلی، در شاخص‌هایی که این دو القاءکننده اثر گذاشته‌اند؛ از اسید سالیسیلیک مقدار 0/5 میلی‌مولار و اسید بتا آمینوبوتیریک مقدار 1 میلی‌مولار تأثیرگذار بوده و کاربرد آن می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

از آقای مهندس وفا شهیدی به‌خاطر همراهی در اجرای طرح زراعی بادرشبی، از خانم‌ها کوثر وفائی و سمیرا چوپانی به‌خاطر همراهی در مرحله انجام عصاره‌گیری و از آقای مهندس علیرضا کارآموزیان به‌خاطر همراهی در مرحله اسانس‌گیری تشکر می‌شود.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک و تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینو بوتیریک در بادرشبی

Table 1- Results of analysis of variance of plant height, stem diameter, number of leaves, fresh matter yield, dry matter yield and number of lateral branches under the influence of salicylic acid and beta-aminobutyric acid in Dracocephalum moldavica (L.)

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Number of leaves	عملکرد ماده تر Fresh matter yield	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches
تکرار Replication	3	37.06**	0.36^{ns}	1564.04**	127.58**	1.19^{ns}	0.48^{ns}
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	2	150.072**	0.734^{ns}	26064.434**	1340.524**	92.022**	0.971^{ns}
بتا آمینوبوتیریک اسید Beta-aminobutyric acid	2	290.687**	0.224^{ns}	18422.454**	1155.971**	128.182**	0.576^{ns}
اسید سالیسیلیک × اسید بتاآمینوبوتیریک Salicylic acid× Beta-aminobutyric acid	4	211.742*	3.013^{ns}	1749.288^{ns}	260.971^{ns}	145.162**	1.991^{ns}
خطا Error	24	361.278	10.745	36891.284	1469.230	177.702	32.045
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.5	12.2	9.8	22.8	28.2	19.5

ns ، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, *, and **: not significant, significant at P level of 0.05 and 0.01, respectively.

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات ساده اسید سالیسیلیک روی صفات مورد بررسی قطر ساقه، تعداد برگ، عملکرد ماده تر و تعداد شاخه جانبی در بادرشبی

Table 2- Mean comparison of the simple effects of salicylic acid on the studied traits of stem diameter, number of leaves, fresh matter yield and number of lateral branches in Dracocephalum moldavica (L.)

غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid concentration (mM)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد برگ Number of leaves (number)	عملکرد ماده تر Fresh matter yield (g.plant^{-1})	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches
0.0	5.29 a	436.99 a	41.80 a	5.97 a
0.5	5.55 a	380.00 b	33.97 b	6.09 a
1.0	5.62 a	379.82 bc	26.85 c	5.70 a

میانگین‌های هر منبع تغییر که دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف هستند، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% ندارند.

Means fallowed by similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level.

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات اسید بتا آمینوبوتیریک روی صفات مورد بررسی قطر ساقه، تعداد برگ، عملکرد ماده تر و تعداد شاخه جانبی در بادرشبی

Table 3- Mean comparison of the simple effects of beta-aminobutyric acid on the studied traits of stem diameter, number of leaves, fresh matter yield and number of lateral branches in Dracocephalum moldavica (L.)

غلظت اسید بتاآمینوبوتیریک Beta-aminobutyric acid concentration (mM)	قطر ساقه Stem diameter (mm)		تعداد برگ Number of leaves (number)		عملکرد ماده تر Fresh matter yield (g.plant^{-1})		تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	
0.0	5.42	a	410.40	a	42.03	a	6.05	a
0.5	5.60	a	367.34	b	28.79	b	5.96	a
1.0	5.44	a	419.07	a	31.80	c	5.75	a

میانگین‌های هر منبع تغییر که دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف هستند، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% ندارند.

Means fallowed by similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level.

جدول 4 - مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک روی صفات ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک بادرشبی

Table 4- Mean comparison of the average interactions of salicylic acid and beta-aminobutyric acid on plant height and dry matter yield

غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid concentration (mM)	غلظت اسید بتاآمینوبوتیریک Beta-aminobutyric acid concentration (mM)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)		عملکرد ماده خشک Dry matter yield (g.plant^{-1})	
0.0	0.0	66.62	a	11.42	abc
	0.5	62.50	abc	10.32	abc
	1.0	56.90	cd	14.00	a
0.5	0.0	62.27	ab	11.78	ab
	0.5	54.75	d	5.02	de
	1.0	52.42	d	8.97	bcd
1.0	0.0	58.52	bcd	13.17	ab
	0.5	54.42	d	7.45	cde
	1.0	59.70	bcd	4.67	e

میانگین‌های هر منبع تغییر که دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون هستند، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% ندارند.

The means of each variable source, which have at least one common letter in each column, do not have a significantly difference at the statistical level of 5%.

جدول 5- عملکرد عصاره تام و اسانس برگ تیمار شده گیاه دارویی بادرشبی تحت تأثیر مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک و اسید بتاآمینوبوتیریک

Table 5- Yield of treated leaf of total extracts and essential oil of Dracocephalum moldavica under the influence of different amounts of salicylic acid and beta-aminobutyric acid.

غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid concentration (mM)	غلظت اسید بتا آمینوبوتیریک Beta-aminobutyric acid concentration (mM)	عملکرد عصاره تام برگ تیمار شده بادرشبی Yield of treated leaf total extracts of Dracocephalum moldavica (mg)	عملکرد اسانس برگ تیمار شده بادرشبی Yield of treated leaf essential oil of Dracocephalum moldavica (ml)
0.0	0.0	4.73	0.21
	0.5	5.60	0.23
	1.0	6.43	0.27
0.5	0.0	5.34	0.29
	0.5	6.71	0.34
	1.0	6.79	0.35
1.0	0.0	5.54	0.38
	0.5	7.36	0.4
	1.0	8.38	0.45

جدول 6- درصد محتوای اسانس و ترکیبات مهم اسانس برگ تیمار شده بادرشبی تحت تأثیر مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک

Table 6- Percentage of essential oil content and main components of essential oil of treated leaf ethanolic extracts of Dracocephalum moldavica under the influence of different amounts of salicylic acid and beta-aminobutyric acid

غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid concentration (mM)	غلظت اسید بتاآمینوبوتیریک Beta-aminobutyric acid concentration (mM)	درصد ترکیبات Components percentage					درصد محتوای اسانس Essential oil content percentage
		ژرانیل استات Geranyl acetate	ژرانیول Geraniol	ژرانیال Geranial	نرال Neral	نرال استات Neral acetate	
0.0	0.0	32.8	19.1	18.9	8.13	2.7	0.79
	0.5	23.2	13.6	12.8	9.6	2.3	0.86
	1.0	19.4	12.8	12.1	9.2	2.0	1.02
0.5	0.0	34.3	19.5	18.9	14.3	2.9	1.09
	0.5	31.3	15.1	14.6	7.8	2.4	1.28
	1.0	30.7	14.9	14.4	7.4	2.1	1.32
1.0	0.0	36.8	20.5	19.7	14.9	2.9	1.43
	0.5	33.5	17.7	16.9	7.1	2.6	1.51
	1.0	32.3	16.6	15.8	6.9	2.5	1.7

جدول 7- شاخص بازداری ترکیبات اصلی اسانس برگ تیمار شده بادرشبی تحت تأثیر مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک و اسید بتا آمینوبوتیریک

Table 7- Inhibition index of main components of essential oil of treated leaf total extracts of Dracocephalum moldavica under the influence of different amounts of salicylic acid and beta-aminobutyric acid

غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid concentration (mM)	غلظت اسید بتاآمینوبوتیریک Beta-aminobutyric acid concentration (mM)	شاخص بازداری Inhibition index				
		ژرانیل استات Geranyl acetate	ژرانیول Geraniol	ژرانیال Geranial	نرال Neral	نرال استات Neral acetate
0.0	0.0	1349	1215	1229	1205	1227
	0.5	1231	1220	1212	1185	1129
	1.0	1224	1213	1201	1178	1089
0.5	0.0	1357	1273	1281	1210	1232
	0.5	1228	1219	1207	1169	1076
	1.0	1221	1211	1204	1158	1064
1.0	0.0	1359	1275	1284	1215	1226
	0.5	1231	1213	1201	1178	1091
	1.0	1229	1207	1201	1139	1091

References منابع مورد استفاده

· Aalaei, S. 2019. Essential oil content and composition of Dracocephalum moldavica under different irrigation regimes. International Journal of Horticultural Science and Technology. 6: 167-175.

· Aćimović, M., V. Sikora, M. Brdar-Jokanović, B. Kiprovski, V. Popović, A. Koren, and N. Puvača. 2019. Dracocephalum moldovica: cultivation, chemical composition and biological activity. Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management. 2: 153-167.

· Ahmadi, S., M. Yadegari, and B. Hamedi. 2018. Foliar application effects of salicylic acid and indole acetic acid on the essential oil composition of Mentha piperita L. and Melissa officinalis L. Journal of Plant Process and Function. 26 :251-262. (In Persian).

· Amini, R., A. Ebrahimi, and A. Dabbagh Mohammadi Nasab. 2020. Moldavian balm (Dracocephalum moldavica L.) essential oil content and composition as affected by sustainable weed management treatments. Industrial Crops and Products. 150: 1312-1340.

· Amirnia, R., M.F. Manesh, Y.R. Danesh, S. Najafi, N. Seyyedi, and M. Ghiyasi. 2017. Karyological study on Teheran ecotype of moldavian balm (Dracocephalum moldavica L.). Journal of Molecular Biology and Biotechnology. 1: 29-31.

· Arzhe, J., T. Izan, Y. Nasiri, and F. Shekari. 2015. The effect of salicylic acid on some morphological features and yield of Dracocephalum moldavica in saline conditions. Bulletin of Environmental, Pharmacology and Life Sciences. 11: 95-101.

· Aslanipour, B., R. Heidari, and N. Farnad. 2017. Phenolic combination and comparison of antioxidant activity in three different alcoholic extracts of Dracocephalum moldavica (L.). Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology. 5: 199-206.

· Borghei, S.F., and A. Azizi. 2018. Assessing diversity of landraces of Dracocephalum moldavica from north west of Iran using agro-morphological and phytochemical traits. Journal of Plant Production Technology. 18: 1-16.

· Borna, F., R. Omidbeigi, and F. Sefidkon. 2007. The effect of different planting times on growth, vegetative body yield and the amount of essential oil of the medicinal plant Dracocephalum moldavica (L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23: 307-314. (In Persian).

· Daneshvar Rad, N., N.A. Sajedi, and M.R. Naieni. 2019. Effects of salicylic acid and selenium foliar application on salinity tolerance and essential oil yield of moldavian balm Dracocephalum moldavica (L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 34: 963-975. (In Persian).

· Dastmalchi, K., H.G. Dorman, M. Kosar, and R. Hiltunen. 2007. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble moldavian balm Dracocephalum moldavica (L.) extract. Journal of Food Science and Technology. 40: 239-248.

· Davazdah Emami, S., F. Sefidkon, M.R. Jahansooz, and D. Mazaheri. 2008. Comparison of physiological yield, quantitative and qualitative yield of essential oils and phenological stages in autumn cultivation, spring and summer Dracocephalum moldavica (L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 24: 263-270. (In Persian).

· Ding, S.E., T. Cixi, and P. Charles. 2015. Synthesis and toxicity of Chinese Dracocephalum moldavica (Labiatae) fundamental oil against two grain storage insect. African Journal of Insects. 2: 77-81.

· Dmitruk, M., A. Sulborska, B. Zuraw, E. Stawiarz, and E. Weryszko-Chmielewska. 2019. Sites of secretion of bioactive compounds in leaves of Dracocephalum moldavica (L.): anatomical, histochemical, and essential oil study. Brazilian Journal of Botany. 42: 701-715.

· Ebrahimi, M., K. Kiarostami, and Z. Nazem Bokaee. 2019. Effect of salicylic acid on antioxidant properties of in vitro proliferated shoots of Melissa officinalis (L.). Nova Biologica Reperta. 5: 420-427.

· Ehsani, A., O. Alizadeh, M. Hashemi, A. Afshari, and M. Aminzare. 2017: Phytochemical, antioxidant and antibacterial properties of Melissa officinalis and Dracocephalum moldavica essential oil. Veterinary Research Forum. 8(3): 223-229.

· Freshney, R.I. 2016. Culture of animal cells: A manual of basic technique. 7th ed. New York: John Wiley and Sons Press. 728 PP.

· Golparvar, A.R., A. Hadipanah, M.M. Gheisari, and R. Khaliliazar. 2016. Chemical constituents of essential oil of Dracocephalum moldavica (L.) and Dracocephalum kotschyi Boiss. from Iran. Acta Agriculturae Slovenica. 107: 25-31.

· Hussein, M.S., S.E. El-sherbeny, M.Y. Khalil, N.Y. Naguib, and S.M. Aly. 2006. Growth characters and chemical constituents of Dracocephalum moldavica (L.) plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Journal of Scientia Horticulturae. 108: 322-331.

· Janmohammadi, M., M. Nouraein, and N. Sabaghnia. 2017: Influence of different weed management technique on the growth and essential oils of dragonhead (Dracocephalum moldavica L.). Romanian Biotechnological Letters. 22: 12950-12960.

· Karamoozian, F M., G R. Sharifi Sirchi., M. Salimi, and A., Fouman Ajirlou. 2020. Evaluating the cytotoxic effects of the treated leaves of Dracocephalum moldavica (L.) using different elicitors on four human cancer cell lines. Iranian Journal of Physiology and Pharmacology. 4 (1 and 2) :38-28.

· Khaleghnezhad, V., A.R. Yousefi, A. Tavakoli, and B. Farajmand. 2019. Interactive effects of abscisic acid and temperature on rosmarinic acid, total phenolic compounds, anthocyanin, carotenoid and flavonoid content of dragonhead Dracocephalum moldavica (L.). Journal of Scientia Horticulturae. 250: 302-309.

· Maham, M., H. Akbari, and A. Delazar. 2013. Chemical composition and antinociceptive effect of the essential oil of Dracocephalum moldavica (L.). Journal of Pharmaceutical Science. 18: 187-192.

· Mohammadi, K.H., A. Khaki Moghadam, M. Agha Alikhani, and M. Vaziri. 2014. Effect of hydro-priming and priming with ascorbic and salicylic acid on germination traits of Dracocephalum moldavica (L.) varieties. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 17: 936-943.

· Mozaffarian, V. 2012. Recognition of medicinal and aromatic plants of Iran. Contemporary Culture Press. 1444 pages. (In Persian).

· Nasiri, Y., H. Zandi, and M.R. Morshedloo. 2018. Effect of salicylic acid and ascorbic acid on essential oil content and composition of dragonhead Dracocephalum moldavica (L.) under organic farming. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 21: 362 – 373.

· Noorafkan, H., and A. Mahboubi. 2017. The effect of salicylic acid foliar spraying on morpho-physiological characteristics of common mallow and moldavian balm. Journal of Agroecology and Sustainable Food System. 13: 25-33.

· Nourozi, E., B. Hosseini, R. Maleki, and B. Abdollahi Mandoulakani**.** 2019. Iron oxide nanoparticles: a novel elicitor to enhance anticancer flavonoid production and gene expression in Dracocephalum kotschyi hairy-root cultures. Journal of the Science of Food and Agriculture. 99: 6418-6430.

· Rahimi, A., and E. Farrokhi. 2019. Evaluation of the effect of different drying methods on antioxidant and phytochemical activity of essential oil of Origanum vulgare (L.) subsp. gracile. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants. 7: 15-27. (In Persian).

· Rahimzadeh, S., Y. Sohrabi, G.R. Heidari, A.R. Eivazi, and T. Hoseini. 2011. Effect of bio and chemical fertilizers on yield and quality of dragonhead Dracocephalum moldavica (L.). Iranian Journal of Medicine Aromatic Plants. 27: 81-95. (In Persian).

· Shaikh-Abol-Hasani, F., and P. Roshandel. 2019. Effects of priming with salicylic acid on germination traits of Dracocephalum moldavica (L.) under salinity stress. Iranian Journal of Plant Physiology, 10: 3035-3045. (In Persian).

· Yang, L., J. Xing, C. He, and T. Wu. 2014. The phenolic compounds from Dracocephalum moldavica (L.), Biochemical systematics and ecology. Biochemical Systematics and Ecology. 54: 19–22.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2022.689789

The Effect of Spraying Salicylic Acid and Beta-Aminobutyric Acid on Physiological and Biochemical Characteristics and Yield of Dracocephalum moldavica (L.)

Fatemeh Mahsa Karamoozian[1], Gholam Reza Sharifi Sirchi[2*], Mona Salimi[3] and Aziz Fouman Ajirlou[4]

Received: November 2020 , Revised: 27 December 2020, Accepted: 31January 2021

Abstract

In order to investigate the effects of foliar spraying of salicylic acid and beta-aminobutyric acid on yield, physiological and biochemical characteristics of Dracocephalum moldavica (L.), during cropping year of 2017-2018, in a experiment based on a randomized complete block design with 4 replications was carried out in Kerman. Foliar spraying was done one month before harvesting with three concentrations (0, 0.5 and 1 mM). Plant height, stem diameter, number of leaves, fresh matter yield, dry matter yield, number of lateral branches, yield of total extract and essential oil were measured. Identification of essential oil components was done by using a gas chromatography (GC) which was connected to a mass spectrometer (GC/MS) by comparing the inhibition indices and mass spectrometry study. According to the results, the effect of both elicitors of salicylic acid and beta aminobutyric acid on plant height, number of leaves, fresh matter yield and dry matter yield were significant at 1% level of probability; But, there was no significant difference in stem diameter and number of lateral branches. The interaction effect of both elicitors on plant height and dry matter yield was significant at 5% and 1% probability levels, respectively. While there was no significant difference on other traits under study. Also, the use of both elicitors increased the total extract and essential oil yields. The highest percentage of main compounds in essential oil was affected under the influence of the amount of 1 mM salicylic acid in absence of beta aminobutyric acid, including 36.8% geranyl acetate, 20.5% geraniol, 19.7% geranial, 14.9% neral and neral acetate 2.9%. In general, the use of salicylic acid was found and beta-aminobutyric acid to increase Dracocephalum moldavica (L.) yield.

Key words: Dracocephalum moldavica (L.), Elicitor, Salicylic acid, Beta-amino butyric acid.

1- Ph.D. Student, Department of Biotechnology and Molecular Genetics in Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran.
2- Associate Professor, Department of Biotechnology Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3- Associate Professor, Department of Physiology and Pharmacology Pasteur Institute, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
*Corresponding Author: sharifi-sirchi@uk.ac.ir