فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۶۲، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۳۳-۵۰
https://doi.org/10.22034/13.62.33

مقاله پژوهشی

تأثیر فنیل‌آلانین و گاما آمینوبوتریک اسید بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش شوری

فاطمه یزدان‌پناهی[۱]، محسن ثانی‌خانی*[۱]، عزیزاله خیری[۱] و حسین ربی‌انگورانی[۲]
[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
[۲] پژوهشکده فناوری‌های نوین زیستی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴)

چکیده
شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه اسیدهای آمینه برای غلبه بر این موضوع به‌منظور بهبود رشد و افزایش کمی و کیفی محصولات حائز اهمیت است. به‌منظور بررسی اثر اسیدهای آمینه بر برخی پارامترهای مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبویه تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (RCBD) در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در پاییز ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) به‌عنوان فاکتور اصلی و فنیل‌آلانین (۲ و ۴ میلی‌مولار)، گاما آمینوبوتریک اسید (۵ و ۱۰ میلی‌مولار) به‌همراه تیمار آب مقطر به‌عنوان فاکتورهای فرعی اعمال شد. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش شدت شوری برخی پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه کاهش یافت اما بر محتوای آنتوسیانین گل افزوده شد. کاربرد فنیل‌آلانین ۲ میلی‌مولار وزن تر و خشک بوته را به‌طور قابل توجهی افزایش داد و کاربرد ۴ میلی‌مولار آن باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، شاخص پایداری غشاء سلولی، کلروفیل و کاروتنوئید در سطح شوری صفر میلی‌مولار و آنتوسیانین در شرایط ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید شد. همچنین گابا ۵ و ۱۰ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش و فنیل‌آلانین ۲ میلی‌مولار در شرایط ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار شوری منجر به افزایش قطر ساقه شد. اگر چه کاربرد فنیل‌آلانین ۴ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش بیشترین تأثیر را داشت ولی گابا ۱۰ میلی‌مولار در شرایط تنش شوری نقش مؤثرتری در افزایش وزن تر و خشک بوته، کلروفیل، کاروتنوئید و در نتیجه افزایش پایداری غشاء سلولی داشت. بنابراین استفاده از اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین ۴ میلی‌مولار و گابا ۱۰ میلی‌مولار جهت بهبود الگوی رشد و نموی و صفات فیزیولوژیکی گیاه بادرشبویه و کاهش اثرات زیان‌بار تنش شوری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رنگیزه‌های فتوسنتزی، شاخص پایداری غشاء، محتوای نسبی آب برگ، اسیدهای آمینه

مقدمه
بادرشبویه با نام علمی (*Dracocephalum moldavica* L.)، متعلق به خانواده Lamiaceae (Labiatae)، گیاهی علفی یک ساله، معطر، با ساقه چهارگوش به ارتفاع ۲۲ تا ۴۵ سانتی‌متر، ساده یا منشعب، معمولاً به فرم ایستاده است. برگ‌های آن قاعده‌ای به شکل مستطیل تا بیضی با طول ۱/۷ تا ۲/۴

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Sani@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

سانتی‌متر با حاشیه دندانه‌دار است (Jeong *et al*., 2018). گل‌ها به رنگ صورتی، سفید و آبی مایل به بنفش به‌صورت مجتمع روی گل‌آذین آرایش یافته‌اند (Dmitruk *et al*., 2018). این گیاه بومی نواحی گرمسیر آسیای مرکزی و اهلی‌شده در مرکز و شرق اروپا بوده که در ایران هشت گونه از این جنس در مناطق شمال و شمال‌غرب رویش دارد. اندام‌های هوایی این گیاه دارای انواعی ترکیبات ثانویه است که برای برخی ترکیب‌های اسانس آن مصارف متعدد دارویی، بهداشتی و صنعتی ذکر شده است (Acimovic *et al*., 2019). دمای بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش سطح برگ و تولید ماده خشک این گیاه می‌گردد (Khaleghnezhad *et al*., 2019). اسانس بادرشبی به رنگ زرد روشن، دارای بوی مطبوع و بسیار نافذ و مزه‌ای بسیار تند دارد که بیشترین میزان اسانس در طول دوره زایشی گیاه تجمع می‌یابد. ترکیبات اصلی اسانس شامل ژرانیال (Geranial)، نرال (Neral)، ژرانیل استات (Geranylacetat) و ژرانیول (Geraniol) است که از مونوترپن‌های اکسیژن‌دار هستند و حدود ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهد (Chu *et al*., 2011). بادرشبویه به‌دلیل وجود نرال، ژرانیال دارای خاصیت ضدباکتری و ضدویروسی بوده که التیام‌دهنده زخم و جراحات است. همچنین به‌عنوان نیرودهنده و ضدتشنج، تقویت‌کننده معده، تسهیل‌کننده عمل هضم، ضد دل‌پیچه و برطرف‌کننده تپش قلب، آرام‌بخش و اشتهاآور به‌کار می‌رود (Nejatzadeh-Barandozi *et al*., 2015).

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی مؤثر در کاهش عملکرد گیاهان و به‌عنوان خطری جدی در تولید پایدار گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. شوری با ایجاد تنش اکسیداتیو و برهم‌زدن تعادل یونی و هورمونی، رشد و فتوسنتز، روابط آبی گیاه، فعالیت‌های آنزیمی، جذب عناصر غذایی و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Seleiman *et al*., 2021). مطالعات نشان داده است که تنش شوری بر جنبه‌های مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان اثر می‌گذارد (Bor *et al*., 2003). از جمله اثرات شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاهان تحت تنش، می‌توان به کاهش و توقف رشد، کاهش عملکرد و در نهایت از بین رفتن گیاه اشاره کرد (Ashraf *et al*., 2008). محققان دریافتند که با افزایش میزان تنش شوری شدت فتوسنتز و مقدار کلروفیل کل در برگ‌ها کم شد که دلیل آن تخریب کلروفیل در اثر بیش‌بود عناصر سدیم و کلر در سلول‌های برگ ذکر کردند (Soundararajan *et al*., 2017). تحقیقات نشان داده که افزایش تنش شوری در گیاه ریحان باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ شده است (مقدم و طالبی، ۱۳۹۵). در گیاه بادرشبویه شاخص‌های رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت (زاجی و همکاران، ۱۳۹۸).

یکی از اهداف مهم در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی و مؤثر به منظور بهبود رشد و افزایش کمی و کیفی محصولات است. ترکیبات حاوی آمینواسیدها یکی از مؤثرترین انواع این کودها هستند. آمینواسیدها از اجزای بنیادی در فرآیند سنتز پروتئین بوده که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان مؤثرند. استفاده از آمینواسیدها، از طریق سیستم ریشه یا محلول‌پاشی، برای بهبود جذب و غلظت عناصر غذایی برگ توصیه شده است. چنین اثراتی به‌طور گسترده‌ای برای عناصر کم مصرف گزارش شده است (Garcia *et al*., 2011). اسیدهای آمینه بهره‌وری متابولیسم گیاه را افزایش می‌دهند و باعث افزایش کیفیت محصول و عملکرد آن، افزایش تحمل گیاه در تنش‌های زیستی، تسهیل جذب، انتقال و استفاده مواد مغذی، بهبود ویژگی‌های کیفی محصول، بالابردن روند تنفس گیاهی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تقویت رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Davies, 2010).

گاما آمینوبوتریک اسید (GABA) یک اسیدآمینه غیرپروتئینی با عملکردهای مختلف در گیاهان بوده که نقش مهمی در فرآیندهای متابولیک مانند سیگنالینگ، اتصال متابولیسم کربن و نیتروژن و تحمل تنش‌های مختلف از جمله شدت نور کم، شوری و کم‌آبی و کمبود ازت ایفا می‌کند. پیش‌ماده آن گلوتامیک اسید است که هرگاه گیاهان در معرض

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

تنش‌های مختلف محیطی قرار گیرند، میزان این ماده در گیاهان به سرعت افزایش می‌یابد (Han *et al*., 2021). در گیاهان در شرایط عادی مقدار گابا موجود در سلول پایین است، اما در پاسخ به برخی شرایط مانند خشکی، شوری و تنش دمای پایین می‌تواند به‌صورت سریع و زیاد تجمع یابد (Shang *et al*., 2011). مشخص شده است که استفاده از گابا به‌صورت محلول‌پاشی در گیاه کینوا توانسته با تشدید متابولیسم گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، پایداری غشای سلولی را حفظ کرده و تحمل این گیاه به شوری را تا حد قابل‌توجهی افزایش دهد (Kiani-Pouya *et al*., 2017). الفنیل‌آلانین یک اسیدآمینه ضروری با نام شیمیایی ۲- آمینو۳- پروپانوئیک اسید یکی از ۲۹ اسیدآمینه اصلی محسوب می‌شود که در گیاهان نه‌تنها از اجزای ضروری برای سنتز پروتئین است بلکه به‌عنوان پیش‌ساز بیوسنتزی تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان به شمار می‌آید. کاربرد فنیل‌آلانین می‌تواند به‌عنوان یک روش کارآمد برای افزایش کیفیت مواد مغذی در میوه‌ها و سبزی‌ها با افزایش تجمع فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها با ظرفیت بالای حذف گونه‌های فعال اکسیژن از طریق تحریک فعالیت مسیر فنیل پروپانوئید استفاده گردد (Portu *et al*., 2015). فنیل‌آلانین به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت فیزیولوژیک مرتبط با رشد و نمو گیاه می‌تواند مؤثر واقع شود. Reham و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که محلول‌پاشی فنیل‌آلانین (۱۰۰ ppm) موجب افزایش پارامترهای رشدی گیاه ریحان شده است. محلول‌پاشی الفنیل‌آلانین بر روی گیاه مریم‌گلی از طریق بهبود سیستم تغذیه‌ای و ساخت آنزیم‌ها سبب افزایش کلروفیل شده است (Al-Mohammad *et al*., 2021). کاربرد فنیل‌آلانین تحت شرایط تنش موجب افزایش عملکرد مریم‌گلی شده که این افزایش رشد را می‌توان به نقش اسیدهای آمینه در بهره‌وری متابولیسم گیاه، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های زیستی و افزایش ویژگی‌های کیفی نسبت داد (Calvo *et al*., 2014). همچنین در پژوهشی گزارش شده است که کاربرد الفنیل آلانین باعث افزایش عملکرد مرزه گردید (Poorghadir *et al*., 2020). طی دهه‌های گذشته، تولیدات گلخانه‌ای به‌منظور حفاظت از گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی در سراسر جهان در حال افزایش است. همچنین اطلاعات مربوط به کاربرد اسیدآمینه‌ها بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان تحت تنش شوری به‌ویژه گیاهان دارویی نظیر بادرشبویه بسیار محدود است، لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر اسیدهای آمینه بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبویه در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (RCBD) در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش شوری در سه سطح (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) به‌عنوان فاکتور اصلی و فنیل‌آلانین (۲ و ۴ میلی‌مولار) و گاما آمینوبوتریک اسید (GABA) (۵ و ۱۰ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتورهای فرعی و محلول‌پاشی با آب‌مقطر اعمال شد. قبل از اجرای طرح یک نمونه از خاک گلدان جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تهیه شد که نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

برای انجام آزمایش بذر بادرشبویه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرها در آبان ماه در گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در خاک زراعی، به تعداد چهار بوته کشت شد و در شرایط دمای ۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد در شب با رطوبت نسبی ۶۵ درصد رشد کردند. آبیاری هر سه روز یک‌بار تا شروع اعمال تیمارها انجام شد. با استقرار گیاه در مرحله ۶- ۸ برگی آبیاری با آب شور هر دو روز یک‌بار انجام شد. همچنین برای جلوگیری از تجمع نمک و شوک ناشی از شوری، هر دو هفته یکبار آب‌شویی گلدان‌ها صورت گرفت. محلول‌پاشی برگی آمینواسیدهای فنیل‌آلانین وگابا یک هفته قبل از اعمال تنش، در چهار مرحله زمانی به فاصله ۱۰ روز یکبار، تا پایان دوره آزمایش تکرار شد (Seyedi *et al*., 2023).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	ماده آلی	پتاسیم	سدیم	کلسیم	نیتروژن	هدایت الکتریکی	اسیدیته
	(٪)	(گرم بر کیلوگرم)			(٪)	(دسی‌زیمنس بر متر)	
لوم رسی	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/۴۹	۷/۴

گیاهان از کاشت تا مرحله گلدهی به مدت سه ماه نگهداری شده و سپس خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه از چهار بوته در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد.

صفات مورد ارزیابی: به‌منظور ارزیابی صفات رویشی، تعداد برگ و شاخه‌های فرعی شمارش شده، قطر ساقه به‌وسیله کولیس برحسب میلی‌متر، طول گل‌آذین و ارتفاع بوته، با استفاده از متر، برحسب سانتی‌متر و اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک بوته، عملکرد کل بوته براساس وزن خشک بوته بر حسب گرم در متر مربع به‌دست آمد.

برای اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب برگ (RWC)، یک گرم از برگ‌های تازه (FW) توزین شد. سپس برگ‌ها را به مدت ۲۴ ساعت درون آب‌مقطر غوطه‌ورشده وزن اشباع برگ‌ها (TW) اندازه‌گیری شد. در نهایت برگ‌ها را به مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و وزن خشک برگ‌ها (DW) تعیین شد. در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (Hanson and Hitz, 1982).

رابطه (۱)

$$(\%)\ RWC= (FW-DW) / (TW-DW) \times 100$$

جهت اندازه‌گیری شاخص پایداری غشاء سلول یک گرم از بافت تازه برگ در لوله‌های حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر قرار داده شدند. سپس لوله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از سردشدن هدایت الکتریکی آن‌ها در هر نوبت خوانده شد و در نهایت شاخص پایداری غشاء سلولی از طریق رابطه دو با تقسیم هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) بر هدایت الکتریکی سلول‌های مرده (EC_2) محاسبه شد (Azizpour *et al.*, 2010).

رابطه (۲)

$$EL= 1- (EC_1/EC_2) \times 100$$

برای سنجش محتوای کلروفیل کل و کارتنوئید با استفاده از روش Arnon (۱۹۶۷) انجام شد. برای اندازه‌گیری ۰/۱ گرم از بافت سبز برگ‌های جوان گیاه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد سپس با دور ۵۰۰۰ به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ شد. میزان جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر SAFAS MONACO (RS 232) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل و در طول‌موج‌های ۵۱۰ و ۴۸۰ نانومتر برای کارتنوئید خوانده شد. در نهایت غلظت آنها بر حسب میلی‌گرم بر گرم با استفاده از رابطه ۳ و ۴ محاسبه شد که در این رابطه (V) بیانگر حجم نهایی عصاره کلروفیل و کارتنوئید در استون ۸۰ درصد، (W) وزن تازه بافت استخراج‌شده، (A) جذب در طول‌موج مشخص است.

رابطه (۳)

$$\text{کلروفیل کل} = [20.2\ (A_{645})+ 8.02\ (A_{663})]\times V/(W\times 1000)$$

رابطه (۴)

$$\text{کارتنوئید} = [7.6\ (A_{480}) - 1.49\ (A_{510})]\times V/(W\times 1000)$$

برای سنجش میزان آنتوسیانین کل مقدار ۰/۱ گرم از گلبرگ‌های تازه گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول حاوی یک درصد اسید کلریدریک در هاون چینی ساییده شد. محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس، محلول به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ سانتریفوژ گردید. جذب محلول در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره برحسب میکرومول بر گرم با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد که (A) مقدار جذب، (ε) ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر، (b) عرض کوت برابر یک سانتی‌متر و (c) مقدار آنتوسیانین را نشان می‌دهد (Wagner, 1979).

رابطه (۵)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

$A= \xi bc$

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تعداد برگ: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد برگ در شرایط عدم تنش به ترتیب با تیمار ۲ میلی‌مولار فنیل‌آلانین و ۵ میلی‌مولار گابا بدست آمد. شوری موجب کاهش ۴۶/۳۲ درصدی در تعداد برگ شد و محلول‌پاشی تیمار ۴ میلی‌مولار فنیل‌آلانین و ۵ میلی‌مولار گابا به‌طور معنی‌داری موجب تقلیل اثرات منفی تنش شوری به‌ویژه در شرایط ۴۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌ترتیب سبب افزایش ۶۵/۳۹ و ۴۶/۴۸ درصدی تعداد برگ نسبت به تیمار آب‌مقطر شد (شکل ۱) که با نتایج گزارش‌شده در بادرشبویه تحت تیمار با اسیدهای آمینه سیستئین همخوانی دارد (مددخانی و همکاران، ۱۴۰۰).

اثر عمومی تنش شوری بر گیاهان کاهش شدت رشد به دلیل ایجاد برگ‌های کوچک‌تر و گاهی تعداد برگ کمتر در شرایط تنش است. کاهش در شاخص‌های رشدی در سایر سبزی‌های برگی مانند کلم و سبزی‌های میوه‌ای مانند گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری گزارش شده است. در شرایط تنش شوری در اثر تجمع زیاد کلر که با کلروز حاشیه برگ‌ها همراه است منجر به کاهش شدید فتوسنتز و در نهایت کاهش تعداد برگ می‌شود. همچنین کاهش تعداد برگ را می‌توان به کاهش جذب عناصر غذایی و افزایش مقدار سدیم و کلر در بافت گیاهی نسبت داد (Ors and Suarez, 2016). در پژوهشی بر روی زعفران گزارش کردند که کاربرد گابا در غلظت ۵۰ میکرومولار در شرایط تنش شوری باعث کاهش تعداد برگ گردید که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. این کاهش در تعداد برگ‌ها می‌تواند به‌دلیل کاهش اندازه سلول، کاهش تولید برگ، تشدید پیری و ریزش برگ باشد (صدیقی مشکنانی و همکاران، ۱۳۹۹).

تعداد شاخه فرعی با توجه به نتایج به‌دست آمده تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی شد به‌طوری‌که کمترین تعداد آن در شرایط شوری ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌دست آمد. ولی اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین و گابا و اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی بر تعداد شاخه‌های فرعی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

برای غلبه بر اثرات منفی تنش شوری در گیاهان می‌توان از محرک زیستی مبتنی بر اسیدهای آمینه استفاده کرد. در این پژوهش با افزایش غلظت شوری، پارامترهای رشدی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. گزارش شده است که افزایش غلظت شوری باعث کاهش تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود (Seyedi *et al.*, 2023).

قطر ساقه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر تنش، تیمارهای اسیدآمینه و اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). تنش شوری به‌طور معنی‌داری قطر ساقه را نسبت به شرایط عدم تنش کاهش داد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین قطر ساقه در شرایط عدم تنش به ترتیب با محلول‌پاشی ۵ و ۱۰ میلی‌مولار گابا به‌دست آمد. با این حال، کاربرد فنیل‌آلانین ۲ میلی‌مولار با افزایش قطر ساقه در شرایط تنش شوری، بیشترین تأثیر را در تعدیل اثرات منفی شوری داشت (شکل ۲).

گیاهان با سازوکارهای ویژه‌ای از قبیل کاهش تقسیم سلولی، بستن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ و تعرق و تنظیم اسمزی به تنش شوری پاسخ می‌دهند که این امر سرعت رشد آنها را به شدت کاهش می‌دهد که با مطالعات انجام‌شده در گیاه دارویی بادرشبویه مطابقت دارد (Banerjee and Roychoudhury, 2018). طبق مطالعات انجام‌شده شوری در گیاه کینوا باعث کاهش قطر ساقه شده که استفاده از گابا سبب کاهش اثر منفی شوری بر رشد و نمو گیاه شده است (Parvez *et al.*, 2020; Hatami *et al.*, 2022). گابا رشد و عملکرد را در گیاهان مختلف کنترل می‌کند. این ماده از طریق افزایش سطح هورمون‌های درون‌زای گیاهی از جمله تجمع گابا و اسمولیت‌هایی نظیر پرولین که ناشی از افزایش فعالیت گلوتامات دکربوکسیلاز و پیرولین ۵ کربوکسیلات سنتاز است، نقش مثبتی در بهبود صفات رویشی و زایشی گیاهان دارد

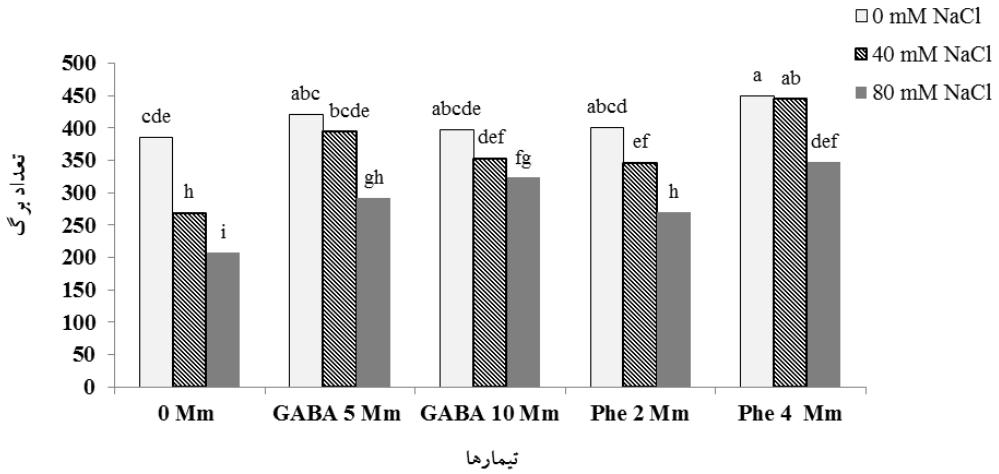
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

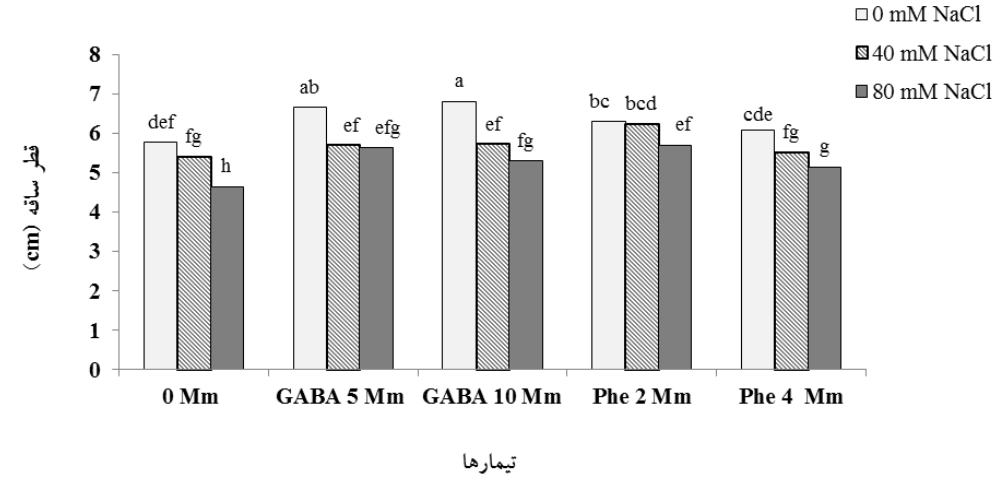
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر اسیدهای آمینه بر برخی ویژگی‌های مورفویولوژیک بادرشبویه تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد برگ	شاخه فرعی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن تر	وزن خشک
تکرار	۲	۱۲۸/۴۲	۱/۳۵	۰/۹۵	۰/۰۱۹	۲۷۴۵۸/۴۴	۱۴۸۵/۹۱
شوری	۲	۵۷۲۳۷/۳۵۵۶**	۱۹/۲۸**	۹۱/۸۲**	۴/۰۶۶**	۱۶۹۷۸۳۰/۱۰**	۶۰۷۹۰/۶۰**
تیمارها	۴	۱۹۲۷۲/۷۵۵۶**	۰/۹۷^{ns}	۱۱۴/۷۵**	۱/۰۳**	۱۵۹۳۵۵۷/۶۳**	۱۴۰۱۳۴/۰۰**
شوری × تیمارها	۸	۲۰۸۰/۹۳۸۹**	۱۱/۳۴^{ns}	۸/۹۸*	۰/۱۷*	۱۵۸۴۵۲/۶۰*	۲۵۶۸/۰۳**
خطای آزمایش	۲۸	۸۰۲/۴۹۳۷	۰/۹	۳/۵۹	۰/۰۷	۶۹۰۵۵/۰۴	۱۳۵/۹۵
ضریب تغییرات	-	۸/۰۰	۸/۲۵	۲/۲۴	۴/۷۰	۷/۱۳	۱/۴۱

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر تعداد برگ گیاه دارویی بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.



شکل ۲- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر قطر ساقه گیاه دارویی بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

(Ramos-Ruiz *et al.*, 2018; Shang *et al.*, 2011).

ارتفاع بوته: اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته را کاهش داد و کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در تمام سطوح شوری نسبت به تیمار آب‌مقطر شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط عدم تنش به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰ و ۵ میلی‌مولار گابا به‌دست آمد (شکل ۳). با این‌حال تحت تنش شوری به‌ویژه شوری ۴۰ میلی‌مولار بین سطوح مختلف تیمارهای اسیدآمینه فنیل‌آلانین و گابا تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار آب مقطر افزایش دادند.

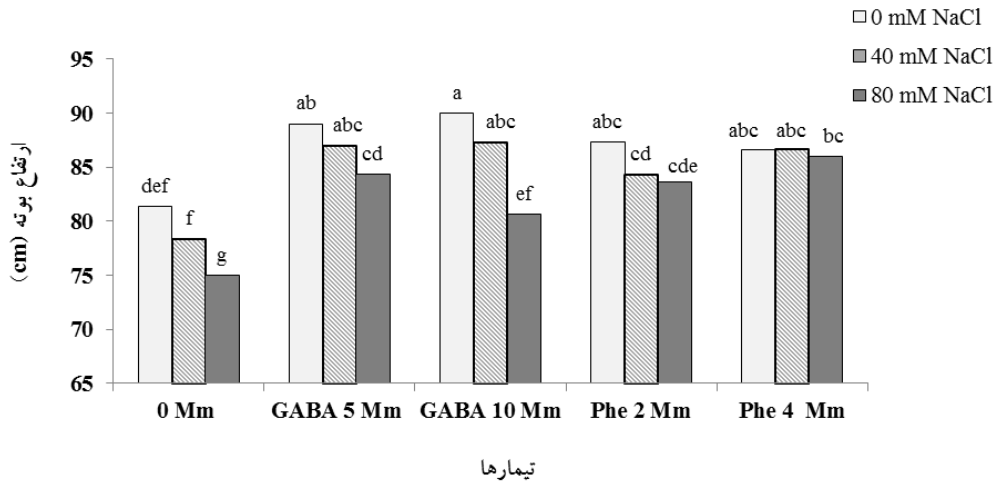
تنش شوری سبب کاهش تقسیم سلولی، کاهش رشد طولی و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود (Jahani *et al.*, 2021). که می‌تواند به دلیل اختلال در توازن یونی ایجاد شده و جذب بیشتر یون سدیم و کلر در گیاه باشد (Vojodi Mehrabani, 2019). کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش شوری را می‌توان به کاهش جذب آب به‌واسطه جذب عناصر مرتبط با شوری مانند سدیم و کلر نسبت داد. به‌عبارتی فراهمی آب به‌واسطه افزایش طول گره‌ها سبب تغییرات ارتفاع گیاه می‌شود (Rezaeinia *et al.*, 2018). در پژوهشی با محلول‌پاشی گابا ۴۰ میلی‌مولار بر روی گیاه خرفه ارتفاع بوته تحت تنش افزایش یافت (زینلی‌پور و عاقبتی، ۱۴۰۱). همچنین کاربرد ۱۰ میلی‌مولار گابا سبب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته کینوا شده است (حاتمی و همکاران، ۱۴۰۰). این افزایش می‌تواند به‌دلیل نقش گابا در افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز باشد که منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تعدیل اثرات منفی شوری و بهبود شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود (Zarei *et al.*, 2018).

وزن تر و خشک بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۲) که اثرات ساده تنش شوری، تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک بوته در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر و خشک بوته در شرایط عدم تنش با تیمار ۲ میلی‌مولار فنیل‌آلانین بدست آمد. شوری موجب کاهش وزن تر و خشک بوته شد و محلول‌پاشی تیمار ۲ و ۴ میلی‌مولار فنیل‌آلانین و ۵ میلی‌مولار گابا به‌طور معنی‌داری سبب تعدیل اثرات منفی تنش شوری شده و مقدار وزن تر و خشک بوته را نسبت به تیمار آب‌مقطر افزایش داد (شکل ۴).

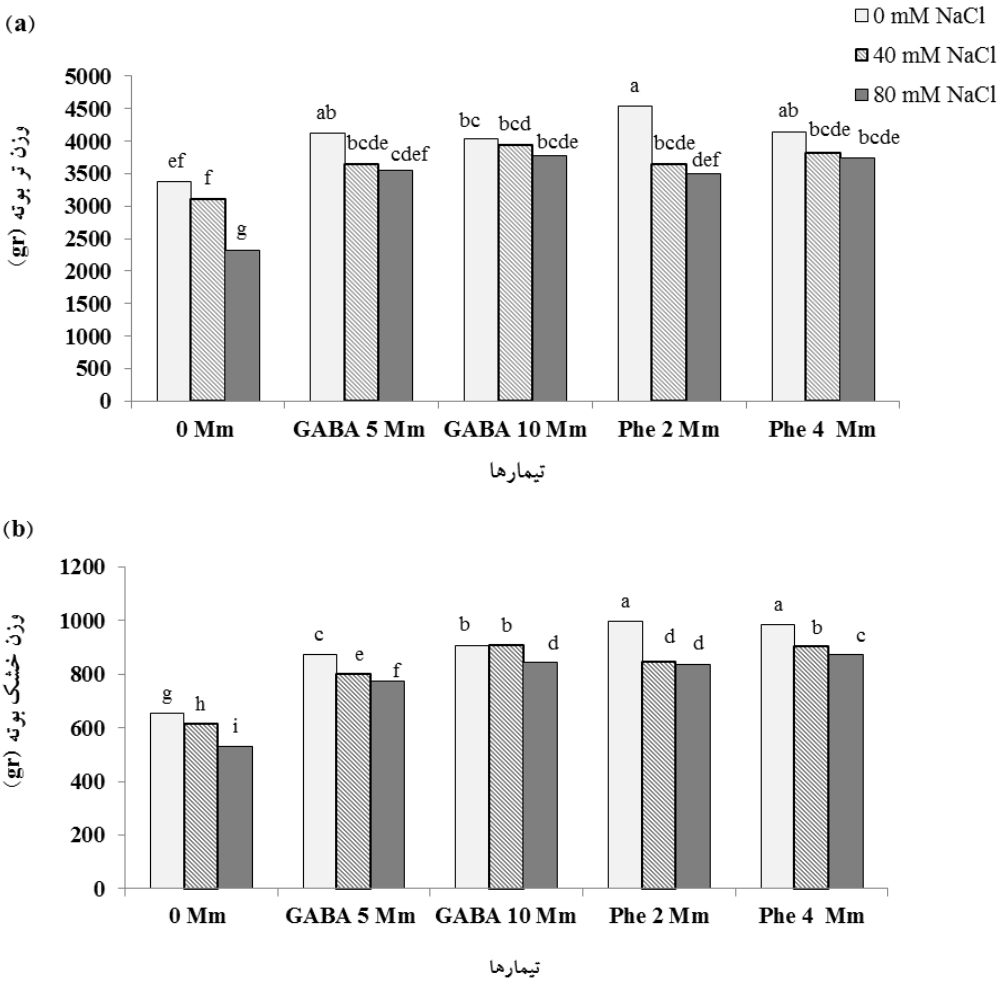
شوری سبب کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک شده و دسترسی گیاه به آب را کاهش داده و به سبب پیامدهای ناشی از کمبود آب مانند کاهش سطح برگ و در نتیجه سبب کاهش فتوسنتز، کاهش جذب دی‌اکسید کربن شده و کاهش معنی‌دار مواد فتوسنتزی شده در نتیجه وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه را تحت تأثیر قرار داده است (Saadatmand *et al.*, 2007). کاربرد محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در شرایط تنش موجب افزایش عملکرد گیاه بادرشبویه شد که این افزایش رشد و عملکرد گیاه را می‌توان به نقش اسیدهای آمینه در افزایش و بهره‌وری متابولیسم گیاه، تسهیل جذب مواد مغذی، بالابردن روند تنفس گیاهی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، افزایش ویژگی‌های کیفی و در نهایت به تقویت رشد و عملکرد گیاه نسبت داد (Calvo *et al.*, 2014; Davies, 2010). در شرایط نامساعد محیطی عمل ساخت اسیدهای آمینه کاهش یافته یا متوقف می‌شود. در صورت تأمین اسیدهای آمینه از طریق محلول‌پاشی نیاز به ساخت آن‌ها توسط گیاه کاهش یافته و به گیاه امکان می‌دهد انرژی ذخیره‌شده در خود را صرف رشد بیشتر و بالابردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Belal *et al.*, 2016). افزایش وزن تر بوته با کاربرد اسیدهای آمینه می‌تواند دلیل توانایی اسیدهای آمینه در بهبود فرآیندهای بیوشیمیایی و سوخت و ساز گیاهان باشد (Golzadeh *et al.*, 2011). در پژوهشی کاربرد محلول‌پاشی فنیل‌آلانین با غلظت ۲ میلی‌مولار سبب افزایش وزن تر و خشک بوته در گیاه مریم‌گلی شده است (Hasan Abadi *et al.*, 2022). همچنین بیشترین مقدار عملکرد وزن تر و خشک پیکره رویشی هندوانه ابوجهل با کاربرد فنیل آلانین با غلظت ۲ میلی‌مولار مشاهده شد (ثانی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۹).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]



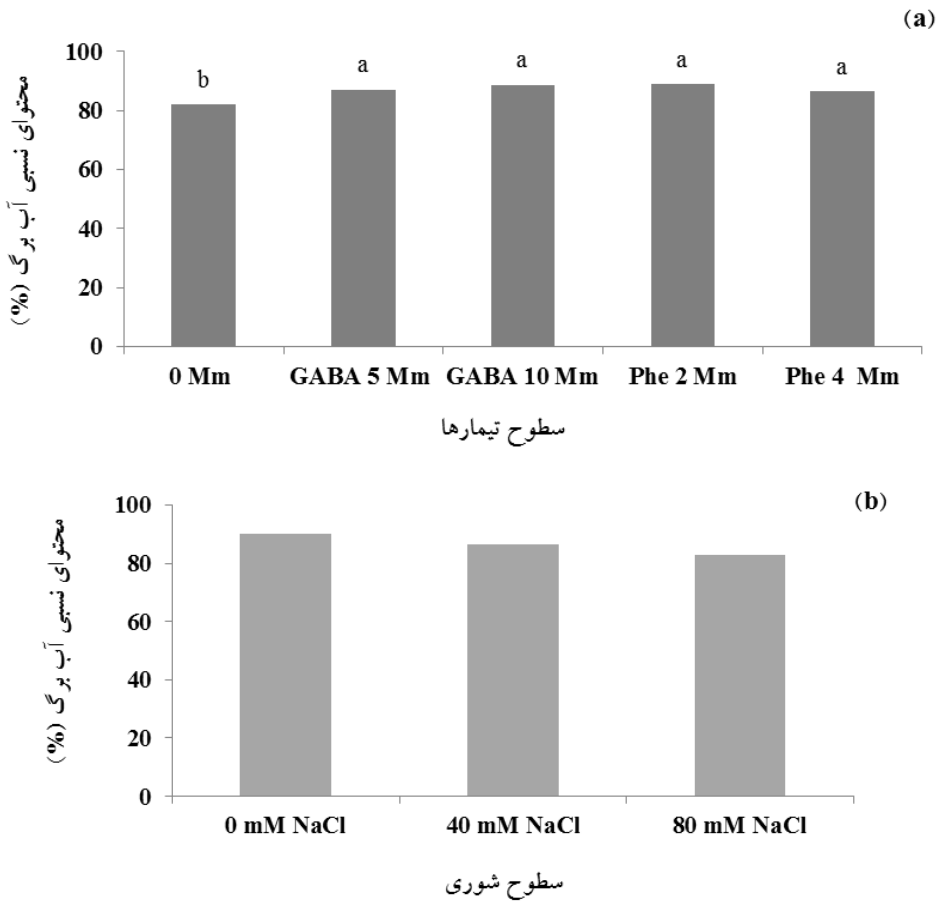
شکل ۳- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر ارتفاع بوته گیاه دارویی بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.



شکل ۴- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر وزن تر (a) و خشک بوته (b) گیاه دارویی بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]



شکل ۵- اثر ساده محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین (a) و شوری (b) بر محتوای نسبی آب برگ گیاه دارویی بادرشبویه. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

محتوای نسبی آب برگ: با توجه به نتایج به‌دست آمده، تنش شوری محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد، به‌طوری‌که از ۷۷/۹۴ درصد در تنش شوری صفر به ۷۰/۹ درصد در تنش شوری ۸۰ میلی‌مولار رسید (شکل ۵A).

طبق نتایج، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گابا و فنیل‌آلانین با افزایش محتوای نسبی آب برگ به‌ویژه تیمار ۴ میلی‌مولار فنیل-آلانین (۷۷/۰۲۴ درصد) سبب تعدیل اثرات مضر تنش شوری شد، اگر چه بین سطوح مختلف اسیدهای آمینه تفاوت معنی-داری وجود نداشت و فقط نسبت به تیمار آب‌مقطر افزایش یافت (شکل ۵B).

محتوای نسبی آب گیاه، معیار مناسبی برای بررسی وضعیت آبی گیاه است. در شرایط شوری مقدار آب مصرفی گیاه کاهش پیدا می‌کند که علت آن کاهش قابلیت آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب، افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در داخل گیاه و یا افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش تعرق می‌باشد (Heidari Sharif Abad, 2001). مشابه نتایج این تحقیق، کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر شوری در آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و آویشن دنایی (*Thymus daenensis*) (Emami-Bistgani *et al*., 2019) و بادرشبویه (Esmaielpour *et al*., 2020) نیز گزارش شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که کاربرد ۲۰ میلی‌مولار آمینون فورت، کودی حاوی آمینواسیدها، در گیاه بادرشبویه تحت تنش شوری ۶۰ میلی‌مولار با کاهش پتانسیل اسمزی و بهبود جذب آب سبب افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ نسبت به تیمار آب‌مقطر شد (Seyedi *et al*., 2023). برای غلبه بر اثرات منفی تنش شوری در گیاهان می‌توان از محرک زیستی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

مبتنی بر اسیدهای آمینه استفاده کرد. اگر اسیدهای آمینه از طریق محلول‌پاشی تأمین شود، نیاز گیاه به ساخت آن‌ها کاهش می‌یابد و به گیاه اجازه می‌دهد انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر کند (Belal *et al*., 2016).

شاخص پایداری غشا: با توجه به نتایج، تنش شوری شاخص پایداری غشاء را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گابا و فنیل‌آلانین سبب بهبود پایداری غشاء گردید، به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش بیشترین مقدار آن در تیمار فنیل‌آلانین ۴ میلی‌مولار به‌دست آمد که افزایش ۶/۸۵ درصد نسبت به تیمار آب‌مقطر نشان داد (جدول ۳). با این حال در شرایط تنش شوری غلظت ۲ میلی‌مولار فنیل‌آلانین آن بهتر از غلظت بالای آن بوده و پایداری غشاء را در شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ۱۲/۲۹ و ۸/۵۴ درصد به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد (شکل ۶). نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین درصد شاخص پایداری غشاء با کاربرد تیمار فنیل‌آلانین ۴ میلی‌مولار تحت شرایط صفر میلی‌مولار سدیم کلرید حاصل شد و کمترین آن در تیمار آب‌مقطر تحت شرایط ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌دست آمد (شکل ۶).

غشاهای سلولی از اولین بخش‌های سلول است که توسط تنش‌های محیطی آسیب می‌بینند. حفظ یکپارچگی و ثبات غشای سلولی تحت شرایط تنش از اجزای مهم تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان است (Ahmadizadeh *et al*., 2011). زمانی که محتوای آب در اندام‌های گیاه تحت تنش کاهش می‌یابد موجب اختلال در فعالیت‌های غشای سلول و در نهایت افزایش تراوایی و نشت یونی از سلول و مرگ آن می‌شود (Apel and Hirt, 2004). تنش شوری با القای تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، سبب پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشاهای سلولی شده و نفوذپذیری غشاء را افزایش می‌دهد و سبب کاهش پایداری غشای سلول می‌شود (Hassani Moghadam *et al*., 2016). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش‌های پیشین در هندوانه ابوجهل (Mohammadzade and Soltani, 2015) همخوانی دارد. اسیدهای آمینه از طریق افزایش آنزیم‌های ضداکسایشی همانند پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش پایداری غشاء سلولی می‌شود (Krishnan *et al*., 2013). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی فنیل‌آلانین از کاهش پایداری غشاء سلولی تحت تنش شوری جلوگیری کرده است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل کل و کاروتنوئید را کاهش داد، به‌طوری‌که کمترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط شوری ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی تیمارهای اسیدهای آمینه (گابا و فنیل‌آلانین) محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد تیمارهای ۵ میلی‌مولار گابا و ۴ میلی‌مولار فنیل‌آلانین در شرایط تنش و عدم تنش با تعدیل اثرات منفی شوری سبب حفظ و افزایش کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ بادرشبویه نسبت به تیمار آب‌مقطر گردید (شکل ۷).

کلروفیل به‌عنوان یکی از اجزای مهم دستگاه فتوسنتزی موجب افزایش جذب نور و تولید انرژی برای گیاه می‌شود و با افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان، رشد و فتوسنتز در گیاه افزایش می‌یابد (Ye *et al*., 2020). تنش شوری باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در بادرشبویه شد. کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط شوری ممکن است ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آمینولوولینیک اسید سنتاز (به‌عنوان یکی از آنزیم‌های مهم در مسیر بیوسنتزی کلروفیل) تخریب در اثر فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز، تجزیه آنها به‌دلیل آسیب اکسیداتیو ناشی از تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن باشد (Emami-Bistgani *et al*., 2019). در پژوهشی روی زعفران بیشترین محتوای کلروفیل a، b و کل و محتوای کاروتنوئید با کاربرد تیمار گابا در غلظت ۲۵ میکرومولار در تنش شوری صفر مشاهده شد (صدیقی مشکنانی، ۱۳۹۹). گابا با افزایش سطوح آنتی‌اکسیدانی در گیاه و بالابردن ظرفیت ضداکسایشی، باعث حذف رادیکال‌ها و مانع از تخریب بافت غشای سلولی

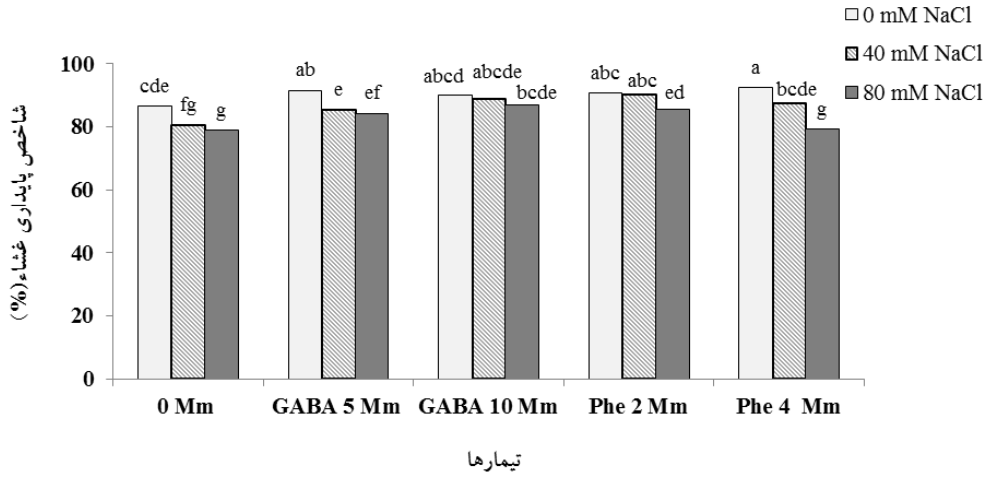
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر اسیدهای آمینه بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک بادرشبویه تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل	کاروتنوئید	محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشا	آنتوسیانین
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۶	۱۴/۰۷	۳/۸۸	۲/۸۱
شوری	۲	۰/۵۲**	۰/۰۵۳**	۱۶۲/۸۴**	۱۹۹/۴۴**	۳/۸۲**
تیمارها	۴	۰/۰۴ **	۰/۰۰۸**	۳۵/۶۵*	۶۹/۸۲**	۲/۸۴**
شوری × تیمارها	۸	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۴**	۱۶/۵۳ns	۱۵/۸۹*	۱/۳۱**
خطای آزمایش	۲۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۱	۱۳/۰۶	۶/۱۳	۵/۳۲
ضریب تغییرات	–	۳/۲۵	۶/۳۹	۴/۸۷	۲/۸۵	۶/۹۸

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

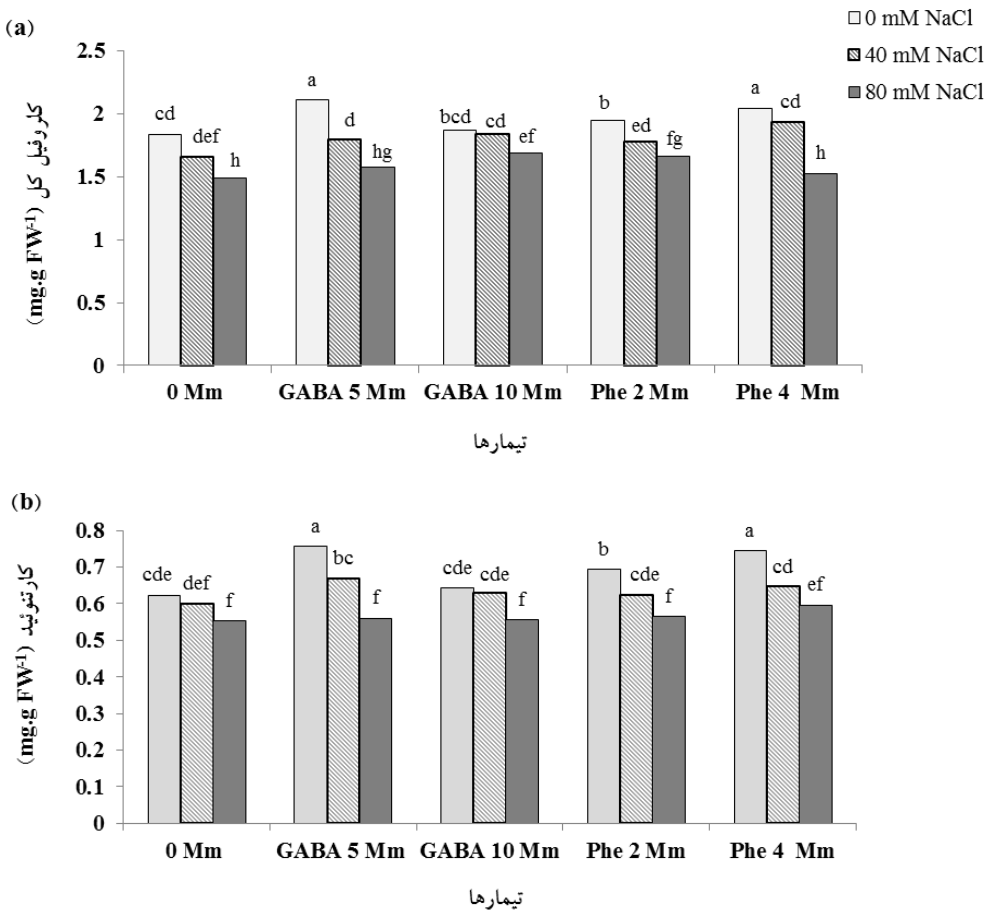


شکل ۶- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر شاخص پایداری غشاء گیاه دارویی بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

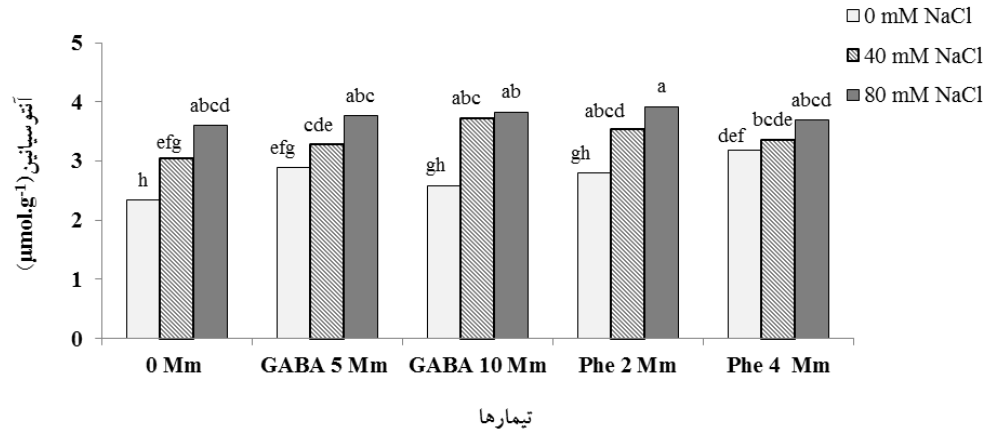
و از جمله غشاء کلروپلاست می‌گردد (زارعی و همکاران، ۱۳۹۷). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، مکانیسم‌های دفاعی مختلفی شامل آنزیمی و غیرآنزیمی را به کار می‌برند (Ozkur *et al*., 2009). کاروتنوئیدها سیستم غیرآنزیمی هستند که صدمات اکسیداتیو ناشی از تنش را با گرفتن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و ایفای نقش آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌دهند و به این ترتیب مانع از تخریب کلروفیل می‌گردند (Chalker-Scott, 2002).

آنتوسیانین: اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری محتوای آنتوسیانین گل را افزایش داد. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گابا و فنیل‌آلانین اگر چه باعث افزایش میزان آنتوسیانین گل شد اما تفاوت معنی‌داری با تیمار آب‌مقطر نداشتند (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین گل بادرشبی با ۵۸/۶۱ و ۶۷/۲۳ درصد افزایش به‌ترتیب تحت تنش شوری ۴۰ میلی‌مولار سدیم کلرید با کاربرد گابا ۱۰ میلی‌مولار و با افزایش سطوح تنش شوری تیمار فنیل‌آلانین ۲ میلی‌مولار به‌دست آمد. همچنین در شرایط عدم تنش تیمار فنیل ۴ میلی‌مولار در مقایسه با سایر تیمارهای محلول‌پاشی آنتوسیانین گل را افزایش داد. کمترین آن در تیمار آب‌مقطر تحت شرایط شوری صفر میلی‌مولار به‌دست آمد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]



شکل ۷- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر محتوای کلروفیل کل (a) و کارتنوئید (b) بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.



شکل ۸- اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گاما آمینوبوتریک اسید و فنیل‌آلانین بر محتوای آنتوسیانین گل بادرشبویه تحت شرایط تنش شوری. در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

(شکل ۸).

بوده که گیاهان را در برابر تنش‌های وارده محافظت می‌کند که آنتوسیانین‌ها همانند فلاونوئید از جمله رنگیزه‌های محافظ تولید آن در گیاهان تحت عواملی از جمله تنش، هورمون‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

گیاهی، دما و نور است (Kim *et al*., 2006). مطابق نتایج پژوهش حاضر، افزایش میزان آنتوسیانین در کاهو تحت تنش اکسیداتیو گزارش شده است (خانی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین گابا باعث افزایش بهبوددهندگی در محتوای آنتوسیانین زعفران شده است که بیشترین محتوای آنتوسیانین با تیمار گابا ذر غلظت ۲۵ میکرومولار مشاهده شده است (صدیفی‌مشکنانی و همکاران، ۱۳۹۹).این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به وسیله حذف مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن در طول تنش اکسیداتیو است (Zhang *et al*., 2011). کاربرد فنیل‌آلانین باعث افزایش تجمع آنتوسیانین درون‌سلولی میوه توت‌فرنگی شد که نشان‌دهنده اثربخشی فنیل‌آلانین برای بهبود تولید آنتوسیانین است (Edahiro *et al*., 2005). همچنین در پژوهشی تأثیر اسیدهای آمینه بر روی انگور، فنیل‌آلانین به‌عنوان مهم‌ترین اسیدهای آمینه برای افزایش تجمع آنتوسیانین میوه انتخاب شده است (Hottori *et al*., 2019). فنیل‌آلانین ترکیب اولیه در بیوسنتز آنتوسیانین از طریق مسیر فنیل پروپانوئید است (Dixon *et al*., 2002). در نتیجه کاربرد فنیل‌آلانین می‌تواند تجمع آنتوسیانین را تسریع کند (Garde-Cerdan *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از آزمایش می‌توان بیان نمود که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر گیاه بادرشبویه دارد. با اعمال شوری برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه کاهش یافت اما بر محتوای آنتوسیانین گل افزوده شد. محلول‌پاشی سطوح مختلف اسیدهای آمینه گابا و فنیل‌آلانین سبب بهبود ویژگی‌های رشد و نموی از جمله وزن خشک و همچنین خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه بادرشبویه در مقایسه با شاهد شد. همچنین سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ و آنتوسیانین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، گردید و بدین ترتیب باعث تعدیل اثرات زیان‌بار تنش اکسیداتیو ناشی از شوری شده و شاخص پایداری غشاء سلولی را افزایش داد. بنابراین استفاده از اسیدهای آمینه فنیل‌آلانین ۴ میلی‌مولار و گابا ۱۰ میلی‌مولار جهت بهبود الگوی رشد و نموی و صفات فیزیولوژیکی گیاه بادرشبویه و کاهش اثرات زیان‌بار تنش شوری توصیه می‌شود.

منابع

ثانی‌خانی، محسن، اکبری، آرزو، و خیری، عزیزاله (۱۳۹۹). اثر فنیل‌آلانین و تریپتوفان بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.). *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹(۳۵)، ۳۱۷-۳۲۷. DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.5.6

حاتمی، عبدالامیر، امینیان، رقیه، مفاخری، سکینه، و سلیمانی‌اقدم، مرتضی (۱۴۰۰). اثر گاما آمینو بوتیریک اسید بر صفات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش شوری. *تولیدات گیاهی*، ۳(۴۴)، ۵۵۹-۵۷۲. https://doi.org/10.22055/ppd.2021.35988.1960

خانی، آرزو، برزگر، طاهر، قهرمانی، زهرا، و نیکبخت، جعفر (۱۳۹۸). ارزیابی تأثیر لاکتات‌کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت کاهوی رقم "نیو رد فایر" تحت شرایط تنش کم‌آبی. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۸(۳۳)، ۱۸۷- ۲۰۱. DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.9.9

زاجی، بیتا، خاوری‌نژاد، رمضانعلی، سعادتمند، سارا، و ایرانبخش، علیرضا (۱۳۹۸). بررسی برخی پاسخ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) به سلنیوم تحت تنش شوری. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۴(۵۶)، ۱۳-۲۷.

زارعی، لولاو، کوشش‌صبا، محمود، وفایی، یاور، و جوادی، تیمور (۱۳۹۷). اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتریک اسید بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی رقم نامیب تحت تنش شوری. *تولیدات گیاهی*، ۴۱(۱)، ۱۵-۲۹.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

زینلی‌پور، نجمه، و عاقبتی، فاطمه (۱۴۰۱). تأثیر گاما آمینو بوتیریک اسید بر بهبود تحمل به تنش کم آبی در سبزی خرفه (*Portulaca oleracea*). *نشریه علوم باغبانی مشهد*، ۳(۳۶)، ۶۸۳-۶۹۱. https://doi.org/10.22067/jhs.220.73535.1106

صدیقی‌مشکنانی، فرحناز، نیکنام، وحید، شریفی، گل‌اندام، و سیفی‌کلهر، مریم (۱۳۹۹). اثر گاما آمینوبوتریک اسید بر بهبود تحمل تنش خشکی در زعفران زراعی (*Crocu sativus* L.). *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹(۳۹)، ۲۹-۵۰. DOR: 201001.1.23222727.1399.9.39.10.9

مددخانی، ثریا، خیری، عزیزاله، ارغوانی، مسعود، ثانی‌خانی، محسن، و محکمی، زینب (۱۴۰۰). تأثیر محرک‌های زیستی بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه دارویی (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش کم‌آبیاری. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۶(۳۷)، ۱۰۲۱-۱۰۳۸. DOR: 201001.1.17350905.1400.37.6.10.1

مقدم، محمد، و طالبی، مهدی (۱۳۹۵). اثر شوری و متیل جاسمونات بر خصوصیات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم ریحان. *مجله بذر و نهال به‌زراعی*، ۲(۳۲)، ۸۱-۹۸. DOR: 10.22092/sppj.2017.110580

Acimovic, M., Sikora, V., Brdar-Jokanovic, M., & Kiprovski, B. (2019). *Dracocephalum moldovica*: Cultivation, chemical composition, and biogical activity. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, *2*(1), 153-167.

Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Zaefizadeh, M., & Shahbazi, H. (2011). Antioxidative protection and electrolyte leakage in durum wheat under drought stress condition. *Journal of Applied Sciences Research*, *7*(3), 236-246.

Al-Mohammad, M. H. S., Sachet, T. F. K., & Al-dulaim, Z. S. (2021). Effect of phenylalanine, jasmonic acid and biofertilizer on growth, yield and anthocyanin pigments of roselle calyces. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, *11*(3), 544. https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012077

Apel, K. & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen spicies: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biology*, *55*, 373-399. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701

Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., & Kwon, T. R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, *97*, 45-110. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00002-8

Azizpour, K., Shakiba, M. R., Khosh Kholgh, S. N., Alyari, H., Moghaddam, M., Esfandiari, E., & Pessarakli, M. (2010). Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. *Journal of Plant Nutrition*, *33*, 859-873. https://doi.org/10.1080/01904161003654097

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, *23*, 112-121.

Banerjee, A. & Roychoudhury, A. (2018). Effect of salinity stress on growth and physiology of medicinal plants. *Spring*er 177-188.

Belal, B. E. A., El-Kenawy, M. A., & Uwakiem, M. K. (2016). Foliar application of some amino acids and vitamins to improve growth, physical and chemical properties of flame seedless grapevines. *Egyptian Journal of Horticulture*, *43*, 123-136. https://doi.org/10.21608/EJOH.2016.2831

Bor, M., Ozdemir, F., & Turkan, I. (2003). The effect of salt stress on lipid peroxidant and antioxidantin leave of suger beet (*Beta vulgar* L.) and wild beet (*Beta maritime* L.). *Plant Science*, *164*, 77-84. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00338-2

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, *383*, 3-41.

Chalker-Scott, L. (2002). Do anthocyanins function as osmoregulators in leaf tissues? *Advances in Botanical Research*, *37*, 104-129.

Chu, S. S., Liu, S. L., Liu, Q. Z., Liu, Z. L., & Du, S. S. (2011). Composition and toxicity of Chinese *Dracocephalum moldavica* (Labiatae) essential oil against two grain storage insects. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*, 4621-4626.

Davies, P. J. (2010). Plant Hormones: Biosynthesis. Department of Plant Biology, Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA

Dixon, R. A., Achnine, L., Kota, P., Liu, C. J., Reddy, M. S., & Wang, L. (2002). The phenylpropanoid pathway and plant defence-a genomics perspective. *Molecular Plant Pathology*, *3*, 371-390. https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00131.x

Dmitruk, M., Weryszko-chielew, E., & Sulborska, A. (2018). Flowering and nectar secretion in two forms of the Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) a plant with extraordinary apicultural potential. *Journal of Agicultural Science*, *62*, 97-109. https://doi.org/10.2478/jas-2018-0010

Edahiro, J., Nakamura, M., Seki, M., & Furusaki, Sh. (2005). Enhanced accumulation of anthocyanin in cultured strawberry cells by repetitive feeding of l-phenylalanine into the medium. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *99*, 43-47. https://doi.org/101263/jbb.99.43

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

Emami-Bistgani, Z., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., & Morshedloo, M. R.(2019). Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, *135*, 311-320. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.055

Esmaielpour, B., Shiekhalipour, M., & Torabi-Giglo, M. (2020). Effects of zinc nanoparticles on growth, some physiological characteristics, and essential oil yield of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research*, *36*(5), 867-884. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2020.343320.2809

Garcia, A. L., Madrid, R., Gimeno, V., Rodriguez Ortega, W. M., Nicolas, N., & Garcia-Sanchez, F. (2011). The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *9*(3), 852-861. https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-399-10

Garde-Cerdan T., Lopez R., Portu J., Gonzalez- Arenzana L., Lopez-Alfaro, I., & Santamaria, P. (2014). Study of the effects of proline, phenylalanine, and urea foliar application to *Tempranillo vineyards* on grape amino acid content. Comparison with commercial nitrogen fertilisers. *Food Chemistry*, *163*, 136-141. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.101

Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naqdi Badi, H., Fazeli, F., Ghaderi, A., & Zarrin Panjeh, N. (2011). The effect of biostimulants on quantitative and qualitative yield of German chamomile. *Journal of Medicinal Plants*, *11*(8), 195-207.

Han, S., Liu, H., Han, Y., He, Y., Nan, Y., Qu, W., & Rao, J. (2021). Effects of calcium treatment on malate metabolism and γ-aminobutyric acid (GABA) pathway in postharvest apple fruit. *Food Chemistry*, *334*, 127479. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127479.

Hanson, A. D. & Hitz, W. D. (1982). Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Biology*, *33*, 163-203. https://doi.org/10.1146/annurev.pp.33.060182.001115

Hasan Abadi, S., Ardakani, M. R., Ghasemi Pirbalouti, A., Paknejad, F., & Habibi, D. (2022). Evaluation of L-phenylalanine foliar application and non-chemical nutritional treatments on growth characteristics and essential oil of *Salvia officinalis* L. under different levels of irrigation. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, *10*(3), 24-40. https://doi.org/10.30495/ejmp.2022.1951602.1678

Hassani Moghadam, E., Esna-Ashari, M., & Rezainejad, A. (2016). Effect of drought stress on some physiological characteristics in six commercial Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Plant Production Technology*, *15*, 1-11.

Hatami, A., Aminian, R., Mafakheri, S., & Soleimani Aghdam, M. (2022). Effect of gamma amino butyric acid on morpho-physiological traits and seed yield quinoa under salinity stress. *Plant Productions*, *44*(4), 559-572. https://doi.org/1022055/ppd.2021.35988.1960

Heidari Sharif Abad, H. (2001). Plant and Salinity. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran.

Hottori, T., Chen, Y., Enoki, Sh., Igarashi, D., & Suzuki, Sh. (2019). Exogenousisoleucine and phenylalanine interact with abscisic acid-mediated anthocyanin accumulation in grape. *Journal of Folia Horticultual*, *31*, 147-157. https://doi.org/102478/fhort-2019-0010

Jahani, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., Ghooshchi, F., & Oveysi, M. (2021). Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. condition. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*, 691. https://doi.org/10.13128/ahsc-8404

Jeong, K. S., Jang, C. S., Park, S. H., Lee, J. S., Yoon, S. M., Kim, T. H., Shin, C. H., & Choi, K. (2018). Two unrecorded naturalized plants in Korea: *Stachys agraria* and *Dracocephalum moldavica* (Lamiaceae). *Korean Journal of Plant Taxonomy*, *46*, 413-419. https://doi.org/10.11110/kjpt.2016.46.4.413

Khaleghnezhad, V., Yousefi, A. R., Tavakoli, A., & Farajmand, B. (2019). Interactive effects of abscisic acid and temperature on rosmarinic acid, total phenolic compounds, anthocyanin, carotenoid and flavonoid content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Scientia Horticulturae*, *250*, 302-309**.** https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.057

Kiani-Pouya, A., Roessner, U., Nirupama, S., Rupasinghe, T., & Bazihizina, N. (2017). Epidermal bladder cells confer salinity stress tolerance in thehalophyte quinoa and Atriplex species. *Plant, Cell and Environment*, *40*(9), 1900-1915. https://doi.org/10.1111/PCE.12995

Kim, J. S., Lee, B. H., Kim, S. H., Ok, K. H., & Cho, K. Y. (2006). Response to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in nonchlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. *Journal of Plant Biology*, *49*, 16-25.

Krishnan, S., Laskowski, K., Shukla, V., & Merewitz, E. B. (2013). Mitigation of drought stress damage by exogenous application of a non-protein amino acid γ–aminobutyric acid on perennial ryegrass. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *138*(5), 358-366. https://doi.org/10.21273/JASHS.138.5.358

Mohammadzade, Z. & Soltani, F. (2015). Morphological and physiological response of two accessions of *Citrullus colocynthis* to drought stress induced by polyethylene glycol. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *5*(3), 1361-1371.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

Nejatzadeh-Barandozi, F., Shahvaladi, E., & Gholami-Borujeni, F. (2015). Nitrogen fertilization and microelaments influnces growth index and yield in *Dracocephalum moldavica* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *21*, 266-269.

Ors, S. & Suarez, D. L. (2016). Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. *Horticultural Science (Prague)*, *43*, 33-41.

Ozkur, O., Ozdemir, F., Bor, M., & Turkan, I. (2009). Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf to drought. *Environmental and Experimental Botany*, *66*, 487-492. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.04.003

Parvez, Sh., Abbas, G., Shahid, M., Amjad, M., Hussain, M., Asad, S., & Naeem, M. A. (2020). Effect of salinity on physiological, biochemical and photo stabilizing attributes of two genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) exposed to arsenic stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *187*(1), 120-134. https://doi.org/101016/j.ecoenv.2019.109814

Poorghadir, M., Torkashvand, A. M., Mirjalili, S. A., & Moradi, P. (2020). Interactions of amino acids (proline and phenylalanine) and biostimulants (salicylic acid and chitosan) on the growth and essential oil components of savory (*Satureja hortensis* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101815. https://doi.org/101016/j.bcab.2020.101815

Portu, J., Gonzalez-Arenzana, L., Hermosin-Gutierrez, I., Santamaria, P., & Garde-Cerdan, T. (2015). Phenylalanine and urea foliar applications to grapevine: Effect on wine phenolic content. *Food Chemistry*, *180*, 55-63. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.008

Ramos-Ruiz, R., Poirot, E., & Flores-Mosquera, M. (2018). GABA, a non-protein amino acid ubiquitous in food matrices. *Cogent Food & Agriculture*, *4*(1), 153-154. https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1534323

Reham, M., Khattab, M., Ahmed, S., & Kandil, M. (2016). Influence of foliar spray with phenylalanine and nickel on growth, yield quality and chemical composition of genoveser Basil plant. *African Journal of Agricultural Research*, *11*, 1398-1410. https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10699

Rezaeinia, N., Rmroudi, M., Galavi, M., & Forouzandeh, M. (2018). Study of agronomical characteristics, flower yield and root inulin percentage of chicory (*Chicorium intybus* L.) under soil fertilizers and drought stress. *Journal of Plant Production of Research*, *24*, 129-140. https://doi.org/10.22069/JOPP.2018.12966.2168

Saadatmand, A., Banihashemi, Z., Maftoun, M., & Sepaskhah, A. (2007). Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. *Journal of Plant Nutrition*, *30*, 2037-2050. https://doi.org/10.1080/01904160701700483

Seleiman, M. F., Aslam, M. T., Alhammad, B. A., Hassan, M. U., Maqbool, R., Chattha, M. U., Khan, I., Gitari, O. S., Uslu, R., Roy, T., & Battaglia, M. L. (2021). Salinity stress in wheat: Effects, mechanisms and management strategies. *Phyton- International Journal of Experimental Botany*. 1-28. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.017365

Seyedi, A., Fatahi, Sh., & Movlodzadeh, R. (2023). The effect of biostimulants based on free amino acids on some growth and physiological parameters of *Dracocephalum moldavica* L. under salinity stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products.* https://doi.org/10.22034/JMPB.2023.361962.1543

Shang, H., Cao, S., Yang, Z., Cai, Y., & Zheng, Y. (2011). Effect of exogenous γ-aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(4), 1264-1268. https://doi.org/10.1021/jf104424z

Soundararajan, P., Manivannan, A., Ko, C. H., Muneer, S., & Jeong, B. R. (2017). Leaf physiological and proteomic analysis to elucidate silicon induced adaptive response under salt stress in Rosa hybrida 'Rock Fire'. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(8), 1768.

Vojodi Mehrabani, L. (2019). The effects of methanol and ethanol foliar application under salinity stress on some physiological characteristics of (*Pelargonium graveolens* L.). *Journal of Plant Physiology and Breeding*, *9*(1), 67-79.

Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology*, *64*, 88-93.

Ye, S., Liu, T., & Niu, Y. (2020). Effects of organic fertilizer on water use, photosynthetic characteristics, and fruit quality of pear jujube in northern Shaanxi. *Open Chemistry*, *18*(1), 537-545. https://doi.org/10.1515/chem-2020-0060

Shang, H., Cao, S., Yang, Z., Cai, Y., & Zheng, Y. (2011). Effect of exogenous γ-aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(4), 1264-1268. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.022

Zarei, L., Koushesh Saba, M., Vafaee, Y., & Javadi, T. (2018). Effect of gamma-amino-butyric acid foliar application on physiological characters of tomato (cv. Namib) under salinity stress. *Plant Productions*, *41*(1), 15-30. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13547

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

Zhang, J., Zhang, Y., Du, Y., Chen, S., & Tang, H. (2011). Dynamic metabonomic responses of tobacco (*Nicotiana tabacum*) plants to salt stress. *Journal of Proteome Research*, *10*(4), 1904-1914.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]

Effect of phenylalanine and gamma-aminobutyric acids on morphophysiological characteristics of *Dracocephalum moldavica* L. under salinity stress

Fatemeh Yazdanpanahi[1], Mohsen Sanikhani[1*], Azizollah Kheiry[1], Hossein Rabbi Angourani[2]

[1] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2] Institute of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(Received: 2024/01/21, Accepted: 2024/03/04)

Abstract

Salinity is one of the most important environmental stresses that diminishes the growth and yield of crop plants. Application of biological fertilizers, especially amino acids, is important to overcome this issue in order to improve the growth, quantity and quality of the products. In order to investigate the effect of amino acids on some morphophysiological characteristics of the medicinal plant *Dracocephalum moldavica* grown under salinity stress, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications in the greenhouse of the University of Zanjan, during Autumn of 2022. The experimental treatments included three levels of salinity (0, 40 and 80 mM NaCl) as the main plots and phenylalanine (2 and 4 mM), gamma aminobutyric acid (GABA 5 and 10 mM) plus control were used as subplots. The results showed that with increasing salinity, some morphological and physiological parameters of the plant decreased, but the anthocyanin content of the flower increased. The use of 2 mM phenylalanine significantly increased the FW and DW of the plant, and the use of 4 mM led to a significant increase in the number of leaves, cell membrane stability index, chlorophyll and carotenoid at 0 mM and anthocyanin in the condition of 80 mM sodium chloride. Also, 5 and 10 mM GABA in non-stress conditions and 2 mM phenylalanine in 40 and 80 mM salinity conditions led to an increase in stem diameter. Although the application of 4 mM phenylalanine had the greatest effect in non-stress conditions, GABA 10 mM in salt stress conditions had a more effective role in increasing the FW and DW of the plant, chlorophyll, and carotenoid content, and as a result, increasing the stability of the cell membrane. Therefore, the use of different levels of the amino acids 4 mM phenylalanine and 10 mM GABA is recommended to improve the growth and development pattern and physiological characteristics of the *Dracocephalum moldavica* L. plant.

Keywords: Photosynthetic pigments, Membrane stability index, Relative leaf water content, Amino acids

Corresponding author, Email: Mohsen Sanikhani, Sani@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-19]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.33]