نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۹۹
۱۴۷-۱۵۸
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2020.17756.2307

اثر هم افزایی تنش خشکی و تیمار اسیدآمینه گلایسین بر واکنش‌های ساختاری و آنتی اکسیدانی گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*)

رستم یزدانی بیوکی[1]* و ساره خواجه حسینی[2]

[1]استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
[2]دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان ، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۹

چکیده

سابقه و هدف: خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدودکننده تولید موفقیت آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد. گیاه بادرشبو با نام علمی *Dracocephalum moldavica* گیاهی علفی و یکساله می‌باشد. اسید آمینه گلایسین کوچک‌ترین و با ساده‌ترین ساختار در سلول‌ها و از ترکیبات نیتروژنه محلول، قطبی، آب‌دوست می‌باشد که در شرایط تنش در گیاه تجمع می‌یابد. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آمینه گلایسین بر پارامترهای ساختاری و آنتی اکسیدانی در افزایش تحمل بادرشبو به تنش خشکی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۸ در استان یزد انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی گلایسین در ۳ سطح (۰، ۲/۵ و ۵ در هزار) بودند. در این پژوهش پارامترهایی مانند طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه و همچنین، میزان نشت الکترولیت، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین و فلاونویید اندازه‌گیری و محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج حاکی از آن بود که اعمال تنش خشکی در سطح ۷۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب کاهش ۲۳/۶۳ درصدی طول ساقه و افزایش ٤٦/٦٦ درصدی و ۵۳/۳۳ درصدی طول ریشه به ساقه را نسبت به شاهد باعث گردید. اسیدآمینه گلایسین افزایش طول ساقه و کاهش نسبت طول ریشه به ساقه را سبب شد. بیشترین میزان طول ساقه (۲۵/٤٤ سانتی‌متر) را تیمار محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۵ در هزار و بیشترین میزان نسبت طول ریشه به ساقه (۰/۳۰) را محلول‌پاشی با آب مقطر داشت. در نتیجه بر هم‌کنش تیمار تنش خشکی و گلایسین، بیشترین مقدار طول ریشه (۵/۵۰ سانتی متر) در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمار محلول‌پاشی با آب مقطر بدست آمد. بیشترین میزان وزن خشک ساقه (۰/۱٦ گرم در بوته) را تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار و بیشترین مقدار وزن خشک ریشه (۰/۰۲ گرم در بوته) را تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۵ در هزار دارا بودند. بر اساس مقایسات میانگین بر هم‌کنش دوگانه، بیشترین میزان نشت الکترولیت (۹۲/۹۲ درصد) را تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۵ در هزار نشان داد. بیشترین میزان کاروتنوئید (۱۱/۵٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت

*مسئول مکاتبه: r. yazdani@areeo.ac.ir

زراعی و محلول‌پاشی با آب مقطر و بیشترین میزان آنتوسیانین (۰/۲۱ جذب در گرم وزن تر) را بر هم‌کنش تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار داشت که دارای اختلاف معنی‌داری با غلظت ۵ در هزار نبود و در نهایت بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۱۶ جذب در گرم وزن تر) در بر هم‌کنش تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار نیز بدست آمد.

نتیجه‌گیری: تنش خشکی واکنش‌های ساختاری نظیر کاهش طول ساقه و افزایش نسبت طول ریشه به ساقه و محلول‌پاشی گلایسین افزایش طول ساقه و همین طور کاهش نسبت طول ریشه به ساقه و بر هم‌کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی گلایسین افزایش وزن خشک ساقه و ریشه را در برداشت. بر هم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی گلایسین همچنین موجب افزایش میزان نشت الکترولیت، میزان آنتوسیانین و فلاونوئیدها گردید. کاربرد اسیدآمینه گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار با بیشترین تاثیر در افزایش پارامترهای وابسته به واکنش‌های ساختاری نظیر افزایش وزن خشک ساقه، نسبت طول ریشه به ساقه و همچنین، افزایش پارامترهای آنتی‌اکسیدانی نظیر میزان آنتوسیانین و فلاونوئید توانست نقش موثری در افزایش تحمل گیاه بادرشبو به تنش خشکی ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: کمبود آب، محلول‌پاشی، نسبت طول ریشه به ساقه، گیاهان دارویی.

مقدمه

بادرشبو با نام علمی *Dracocephalum moldavica* و از خانواده Lamiaceae گیاهی علفی، یکساله (۳٤) و بومی آسیای مرکزی و اهلی شده در مرکز و شرق اروپا بوده و در شمال غربی ایران، تبریز، ارومیه، یزد، مازندران (در جنگل‌های مرطوب) و در رشته کوه‌های البرز دیده می‌شود (۱۵). ژرانیل استات، ژرانیال، ژرانیول و نرال از اصلی‌ترین ترکیب‌های اسانس این گیاه بوده (۳۳) که دارای خاصیت ضدمیکروبی و باکتریایی نیز می‌باشد (۳۵). از عصاره این گیاه جهت درمان ضعف عمومی بدن، تقویت قلب و اسپاسم‌های معده و کلیه استفاده شده و براساس تحقیقات به عنوان یک ضد تومور نیز می‌توان استفاده کرد (٤۸).

کمبود آب یکی از مسائل مهم بوده که بیشتر مناطق گرم و خشک جهان و از جمله ایران با آن رو به رو هستند. تنش خشکی به عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی و دارویی به شمار می‌آید (۱٤ و ۱٦). تنش خشکی همه فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه را تحت تأثیر قرار داده که همین امر کاهش شاخص‌های رشدی، عملکرد و کیفیت محصول را سبب گردیده و در صورت تداوم مرگ گیاه را باعث می‌شود (۲۵). همچنان که در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) افزایش فاصله آبیاری، کاهش رشد و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی را به دنبال داشت (۳۱). تنش خشکی سبب تخریب و شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد و مقدار فعالیت آنزیم‌ها را در چرخه کالوین در طی فرآیند فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه رشد سبزینه‌ای و عملکرد محصول کاهش می‌یابد (۳۲). در پژوهشی تنش خشکی با تاثیر بر پارامترهای شاخص محتوای کلروفیل، کلروفیل a ، کلروفیل b سبب کاهش عملکرد و همچنین کاهش پایداری غشا و میزان کاروتنوئید در بادرشبو گردید (۲٤). در زیره (*Cuminum cyminum* L.) کمبود آب سبب کاهش غلظت کلروفیل a و b، کاروتنوئید و در نهایت عملکرد محصول را کاهش داد (۲٦). در پژوهشی دیگر، افزایش تنش خشکی در سیر (*Allium sativum L.*) تفاوت معنی‌داری در میزان غلظت کلروفیل a و b

نداشت، اما کاهش میزان کاروتنوئید را باعث گردید (٤).

خشکی باعث محدود شدن فتوسنتز، افزایش تنفس نوری، کاهش فعالیت زنجیره انتقال الکترون در فتوسنتز و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود (٤٢). گونه‌های فعال اکسیژن به دلیل تاثیر منفی بر DNA، پروتئین‌ها، چربی‌ها و رنگدانه‌ها، صدمات، سلولی زیادی را موجب می‌شوند (٨). غشای سلولی از نخستین اندام‌هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب دیده و تراوایی آن افزایش یافته و در نتیجه نشت الکترولیتی از سلول باعث مرگ آن می‌گردد (٣٨). تنش خشکی باعث تغییر برخی از فسفولیپیدهای دولایه‌ای غشاء به حالت هگزاگونال (شش وجهی)و منفذدار گردیده که همین امر در نهایت نشت مواد را باعث می‌گردد (٤١).

گیاهان سازوکارهای متفاوتی برای مقابله با تنش خشکی داشته و در سطوح مورفولوژیکی، آناتومیکی، سلولی و مولکولی به تنش خشکی پاسخ نشان می‌دهند (١١و ١٢). یکی از مکانیسم مهم سازگاری در شرایط تنش خشکی در گیاهان افزایش نسبی اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها است (١٨ و ٤٠) که در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیکی ریشه‌ها مانند افزایش طول ایجاد می‌شود (٢). افزایش سهم مواد فتوسنتزی به رشد ریشه و در نتیجه نسبت بالاتر ریشه (اندام جذب کننده آب) به اندام هوایی (اندام مصرف کننده) توان گیاه را برای افزایش تحمل به خشکی بهبود می‌بخشد (١٩). چرا که با توسعه سیستم ریشه‌ای رطوبت را از بخش‌های زیرین خاک با کارایی بالاتری جذب می‌گردد (٥٠). گسترش سطحی ریشه همچنین در جهت بهبود وظایف اصلی تنفس و جذب مواد غذایی که بدلیل کاهش اکسیژن رسانی به ریشه‌ها که در نتیجه کمبود آب رخ داده، نیز انجام می‌گیرد (٣٠).

گیاهان دارای مجموعه‌ای از سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی متشکل از اجزای آنزیمی و غیر آنزیمی بوده (٤٤) که سیستم‌های دفاعی غیر آنزیمی در گیاه شامل کاروتنوئیدها، اسید آسکوربات، آنتوسیانین، گلوتاتیون، توکوفرول و فلاونوئید می‌باشد (٥). در شرایط تنش، برخی از ترکیب‌های داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند (٩). این مواد که به اسمولیت‌ها معروف هستند، در غلظت‌های بالای سلولی، گیاهان را در مقابل تنش‌ها از طریق سازکارهایی چون تنظیم اسمزی، سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، محافظت از تمامیت غشا و ثبات آنزیم‌های پروتیئنی محافظت می‌کنند (١١). استفاده از منابع خارجی اسمولیت‌ها در جهت کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است. در همین راستا، محلول‌پاشی با اسمولیت‌هایی نظیر گلایسین بتائین در نعناع باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کل)، میزان پروتئین و همچنین، کاهش پرولین نسبت به تیمار شاهد شد (٢٢). اسید آمینه گلایسین کوچک‌ترین و با ساده‌ترین ساختار در سلول‌ها و از ترکیبات نیتروژنه محلول، قطبی، آب دوست و از جمله اسمولیت‌های سازگار تولیدی در جریان تنش می‌باشد (٤٥). در آزمایشی کاربرد خارجی اسیدآمینه گلایسین درگیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) توانست آسیب‌های ناشی از تنش خشکی را در صفت‌هایی مانند ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، عملکرد وزن تر و خشک تعدیل کرده و به بالا بردن توانایی این گیاه در راستای بهبود رشد و افزایش عملکرد آن کمک نماید (٢٧). تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آمینه گلایسین روی برگ‌ها و ساقه‌های گیاه بادرشبو بر پارامترهای

ساختاری و آنتی اکسیدانی در افزایش تحمل این گیاه به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۸ در استان یـزد بـا موقعیت مکانی عرض جغرافیایی ۳۱ درجه شـمالی و طول ۵۱ درجه شرقی و ارتفـاع از سـطح دریـا ۱۲۲۰ متر در هوای آزاد اجرا شد. ایـن آزمـایش بـه‌صـورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصـادفی، بـا سـه تکـرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشـکی در سه سطح (۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی گلایسین (مرک) در سه سطح (۰، ۲/۵ و ۵ در هزار) بودند.

بذر گیاه بادرشبو از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرها در گلدان‌های زهکش‌دار بـه ارتفـاع ۲۰/۵ سانتی‌متر، قطر ۲۰ سانتی‌متر و حجم پنج کیلوگرم کـه با مخلوطی از خاک، ماسه و کود با نسبت‌های حجمی (۱:۱:۲) پر شده بودند کشت گردید (جمعاً ۲۷ گلدان) مشخصات خاک مورد استفاده در اجرای این طرح در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1 - Soil physical and chemical characteristics of the experimental location.

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
29	12.82	58.18	141	5.92	0.01	1.1	7.53

برای تهیه محلول‌های با غلظت‌هـای مـورد نظـر، مقدار معین از اسیدآمینه گلایسین با آب کاملا مخلوط گردید و به صورت یک دفعه و دو روز قبل از اعمـال تنش خشکی، روی بوته‌ها محلـول‌پاشـی گردیـد؛ بـه گونه‌ای که تمام سطوح اندام هوایی گیاه، ساقه و برگ به طور کامل پوشش داده شدند. نمونه‌هـای بـا تیمـار غلظت صفر نیز، بعنوان تیمار شاهد، تنها با آب مقطـر محلول‌پاشی شدند. تیمارهـای آبیـاری نیـز بـه روش وزنی و دو هفته قبل از گلدهی تا انتهـای آزمـایش بـا آب شهری انجام شد. برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری.

Table 2- Water chemical characteristics of of irrigation water.

بی کربنات bicarbonate (HCO_3^-)	کلر Chlorine (Cl^-)	سولفات Sulfate (SO_4^{2-})	کلسیم Calcium (Ca^{2+})	منیزیم Magnesium (Mg^{2+})	سدیم Sodium (Na^+)	هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
میلی‌اکی والان بر لیتر (mEq/L)							
3.6	9.5	1	5.1	6.2	7.5	0.7	7.5

به منظور اعمال تنش خشکی، تیمـار ۱۰۰ درصـد ظرفیت زراعی به عنوان شـاهد و تیمارهـای ۷۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنـوان تـنش‌هـای متوسـط و شدید رطوبتی در نظـر گرفتـه شـدند. در تیمـار اول، تمامی کسری رطوبت خاک نسـبت بـه نقطـه FC در زمان آبیاری و در تیمارهای دوم، سوم بخشـی از ایـن کسری، جبران شد. میزان جرم آب مـورد نیـاز بـرای

آبیاری و رسانیدن رطوبت خاک به نقطه FC، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (٦).

رابطه ۱: $m= M_{FC} - M_W$

در این رابطه m جرم آب مورد نیاز برای اضافه کردن به خاک هر گلدان بر حسب گرم یا کیلوگرم است که برای محاسبه آن، جرم اولیه تمامی گلدان‌ها (M_W) و همچنین، جرم گلدان در نقطه $Fc(M_{Fc})$ از طریق توزین گلدان بعد از آبیاری کامل و زهکشی آزاد توسط ترازوی دقیق الکترونیکی اندازه‌گیری شد و در نهایت میانگین کسری رطوبت خاک هر تیمار نسبت به رطوبت نقطه $Fc(M_{Fc})$ تعیین گردید. سپس بسته به نوع تیمار خشکی ۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی ، اعمال ضرایب ۱، ۰/۷، ۰/۳ روی اعداد به دست آمده برای m (جرم آب مورد نیاز برای اضافه کردن به خاک هر گلدان بر حسب گرم یا کیلوگرم)، مقادیر آب مورد نیاز آبیاری در هر تیمار تعیین و توسط ظرف مدرج اعمال شد. نمونه‌برداری‌ها در مرحله گلدهی کامل یعنی ۲۰ روز بعد از اعمال تنش خشکی برای اندازه‌گیری صفات انجام شد.

برای ارزیابی صفات ساختاری گیاه پارامترهایی مانند طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ریشه و ساقه و همچنین، نسبت طول ریشه به ساقه اندازه‌گیری و محاسبه گردید. برای ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه نیز پارامترهایی مانند میزان نشت الکترولیت از روش سایرام و ریواستاوا (۲۰۰۱)، با قراردادن دیسک‌های برگی درون لوله‌های آب مقطر در دمای اتاق به مدت ٢٤ ساعت و اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) و سپس قرار دادن لوله‌ها حمام آب جوش به مدت ۱۵ دقیقه و اندازه-گیری میزان هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) و در نهایت با رابطه ۲ محاسبه گردید (٤٣). میزان کاروتنوئید از روش آرنون (١٩٤٩) با کوبیدن ۰/۵ گرم نمونه‌های برگی در استن ۸۰ درصد و قرائت میزان جذب عصاره سانتریفوژ شده در طول موج ٤٨٠ و ٥١٠ نانومتر و در نهایت با رابطه ۳ محاسبه گردید (۷).

رابطه ۲: $EC = [EC_1 / EC_2] \times 100$

رابطه ۳: $7/6\ (A480) + 1/49\ (A510)] \times V/W$

همچنین، فلاونویید و آنتوسیانین از روش نوگوس و باکر (۲۰۰۰)، با کوبیدن ۰/۱ گرم نمونه‌های برگی در متانول اسیدی و در نهایت قرائت میزان جذب فاز رویی عصاره سانتریفوژ شده، در طول موج ٥٣٠ برای آنتوسیانین و ۳۰۰ نانومتر برای فلاونوئید محاسبه گردید (٣٦، ١). تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۳) و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

طول ساقه، طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه: تنش خشکی بر صفات طول ساقه و نسبت طول ریشه به ساقه در سطح یک درصد و اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین بر صفات طول ساقه و ریشه و همچنین، نسبت ریشه به ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی گلایسین نیز تنها بر طول ریشه معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسات میانگین اعمال تنش خشکی در سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، کاهش ٢٣/٦٣ درصدی طول ساقه و در سطح ۳۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش ٣٣/٦٢ طول ساقه را نسبت به شاهد باعث گردید. همچنین، در سطح تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش ٤٦/٦٦ درصدی نسبت طول ریشه به ساقه و در سطح تنش خشکی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش ۵۳/۳۳ درصدی طول ریشه به ساقه، نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ٤). به‌طور کلی، یکی از اولین نشانه‌های

کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعهٔ سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها می‌باشد. با کاهش رشد سلول اندازهٔ اندام نیز محدود می‌گردد (۲۱). در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (۳۱) و ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) (۳۰) نیز کاهش رشد در اندام‌های هوایی مانند ساقه مشاهده گردید. کاهش رشد در هر دو اندام ساقه و ریشه اتفاق می‌افتند. اما با توجه به اینکه رشد اندام‌های هوایی در مقایسه با رشد ریشه از حساسیت بیشتری برخوردار است و از طرفی مقدار بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها اختصاص می‌یابد. بنابراین، افزایش نسبت ریشه به ساقه حادث می‌گردد (۱۷). مشابه همین نتایج در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis L.*) گزارش شد (٤٠). افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین از شاهد به ۲/۵ و ۵ در هزار به ترتیب افزایش ۱۲/۱۳ درصدی و ٤۲/۲۸ درصدی طول ساقه و کاهش ٤۳/۳۳ درصدی و ۵۳/۳۳ درصدی نسبت طول ریشه به ساقه را سبب گردید به طوری‌که بیشترین میزان طول ساقه (۲۵/٤٤ سانتی‌متر) و نسبت طول ریشه به ساقه (۰/۳۰) را محلول‌پاشی با آب مقطر داشت (جدول ٤) و در نهایت براساس نتایج بر هم‌کنش تیمار تنش خشکی و گلایسین، بیشترین مقدار طول ریشه (۵/۵۰ سانتی متر) در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمار محلول‌پاشی با آب مقطر بدست آمد (جدول ۵) که افزایش ۱۰ درصدی را نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با آب مقطر) نشان داد. در واقع رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش رطوبتی خاک می‌باشد. به صورتی که با تشدید کمبود آب، ریشه‌ها به‌دنبال رطوبت رفته و در اعماق که رطوبت بیشتری در دسترس است توسعه بیشتری می‌یابند (۲۹). تنش خشکی در گیاه ریحان نیز باعث افزایش طول ریشه گردید (۵۰).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف اثر خشکی و اسیدآمینه گلایسین بر برخی ویژگی‌های بادرشبو.

Table 3- Analysis of variance of drought stress and glycine amino acid effects on some characteristics of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		طول ساقه Steam lenght	طول ریشه Root lenght	نسبت طول ریشه به ساقه Root/shoot ratio	وزن خشک ساقه Steam dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	فلاونوئید Flavonoid
خشکی Drought	2	182.84**	0.99^{ns}	0.01**	0.006**	4.99**	33.14^{ns}	2.28^{ns}	0.004**	0.20^{ns}
گلایسین Glycine	2	136.23**	8.33**	0.06**	0.001**	5.15**	178.56*	44.81**	0.001**	0.19^{ns}
خشکی × گلایسین Drought × Glycine	4	7.28^{ns}	2.93**	0.007^{ns}	0.01**	0.0001**	459.49**	9.24**	0.003**	0.20*
خطا Error	18	9.11	0.30	0.002	0.000004	0.000002	44.00	0.98	0.00009	0.07
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.28	13.73	24.62	4.24	11.94	7.81	12.56	5.54	15.83

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

*, ** and ^{ns} are significant at the level 0.05, 0.01 and not significant, respectively.

وزن خشک ساقه و ریشه: تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین و برهم‌کنش آن‌ها بر وزن خشک ساقه و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس مقایسات میانگین بر هم‌کنش دوگانه، بیشترین میزان وزن خشک ساقه (۰/۱۶ گرم در بوته) را تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار و بیشترین مقدار وزن خشک ریشه (۰/۰۲ گرم در بوته) را تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۵ در هزار دارا بودند (جدول ۵). تأثیر مثبت اسید آمینه گلایسین را می‌توان به قابلیت اسیدهای آمینه در تأمین عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز نسبت داد. از طرفی، این مواد منبع مهمی برا بیوسنتز پروتئین و نیتروژن در گیاهان نیز به حساب می‌آیند. بنابراین، کاربرد آن‌ها با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و تامین نیتروژن مورد نیاز و در نتیجه افزایش فتوسنتز و تأثیر بر روند پروتئین‌سازی در سطوح ژنی و در نهایت تأثیر بر سوخت و ساز گیاهی، رشد و تکوین گیاه را منظم نموده که همین امر در نهایت می‌تواند افزایش عملکرد ماده خشک را به دنبال داشته باشد (۴۷، ۳۹).

جدول ٤ – نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و اسیدآمینه گلایسین بر روی طول ساقه و نسبت طول ریشه به ساقه در بادرشبو.

Table 4 - Comparison of the average effects of drought stress and glycine amino acid on shoot length and root to shoot ratio in Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.).

تیمارها (Treatments)		طول ساقه (سانتی‌متر) Steam length (cm)	نسبت طول ساقه به ریشه Root-shoot ratio
تنش خشکی Drought stress (FC)	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) 100% FC (Control)	26.11 a	0.15 b
	۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) 70% FC (Mild strees)	19.94 b	0.22 a
	۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) 30% FC (Severe strees)	17.33 c	0.23 a
	LSD (0.05)	0.7	0.01
گلایسین Glycine	۰ (آب مقطر) 0 (Distilled water)	17.88 c	0.30 a
	۲/۵ در هزار 2.5 per thousand	20.05 b	0.17 b
	۵ در هزار 5 per thousand	25.44 a	0.14 c
	LSD (0.05)	0.7	0.01

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

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

نشت الکترولیت: تیمار محلول‌پاشی گلایسین در سطح پنج درصد و برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید آمینه گلایسین در سطح یک درصد بر میزان نشت الکترولیت معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس مقایسات میانگین برهم‌کنش دوگانه، بیشترین میزان نشت الکترولیت (۹۲/۹۲ درصد) را تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۵ در هزار نشان داد (جدول ۵). سلول‌های گیاهی توسط غشاهای سلولی محصور شده‌اند. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد غشاها، نفوذپذیری انتخابی آن‌هاست که مانع از ایجاد تعادل بین سلول و محیط خارج سلولی می‌شود. در شرایط تنش، به دلیل افزایش رونویسی ژن‌های دخیل در بیوسنتز آنزیم‌های مرتبط با

پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش تولید انواع اکسیژن فعال، میزان آسیب به غشاهای سلولی افزایش می‌یابد که درنتیجه آن، نفوذپذیری انتخابی غشا کاهش یافته و باعث افزایش نشت الکترولیت می‌شود (۱۰). همچنان که در این پژوهش تنش خشکی شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) افزایش ۳/۵۵ درصدی نشت الکترولیت را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. مشابه با همین نتایج نیز در نعناع سبز نیز گزارش گردید (٤١). تیمار اسید آمینه گلایسین با غلظت پنج درهزار در بر هم‌کنش با تنش خشکی شدید افزایش نشت الکترولیت را باعث گردید، اما بر اساس نتایج بدست آمده، تیمار گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار موجب کاهش ۲۵/۸۳ درصدی نشت الکترولیت نسبت به شاهد گردید که خود نشان‌دهنده تاثیر مثبت گلایسین در افزایش یکپارچگی غشا و کاهش تنش اکسیداتیو می‌باشد.

جدول ۵ - نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدآمینه گلایسین بر روی روی صفات مورد ارزیابی گیاه بادرشبو.

Table 5- Comparison of the average interactions effects of drought stress and glycine amino acid on Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) traits evaluated.

تیمارها (Treatments)		طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	نشت الکترولیت (درصد)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	آنتوسیانین (جذب در گرم وزن تر)	فلاونوئید (جذب در گرم وزن تر)
تنش خشکی (ظرفیت زراعی) Drought stress (FC)	گلایسین Glycine (%)	Root length (cm)	Steam dry weight (g)	Root dry weight (g)	Electrolyte leakage (%)	Carotenoid mg.g FW^{-}	Anthocyanin OD.g^{-1}.FW	Flavonoid OD.g^{-1}.FW
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) 100% FC (Control)	۰ (آب مقطر) 0 (Distilled water)	5.00 ^{bc}	0.07 ^{b}	0.01 ^{d}	90.15 ^{b}	11.56 ^{a}	0.19 ^{b}	1.44 ^{ef}
	۲/۵ در هزار 2.5 per thousand	3.90 ^{d}	0.16 ^{a}	0.01 ^{e}	91.60 ^{ab}	5.62 ^{f}	0.16 ^{e}	1.83 ^{b}
	۵ در هزار 5 per thousand	2.95 ^{e}	0.01 ^{g}	0.02 ^{a}	72.3 ^{b}	6.94 ^{d}	0.18 ^{c}	1.92 ^{b}
۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) 70% FC (Mild Strees)	۰ (آب مقطر) 0 (Distilled water)	4.78 ^{c}	0.05 ^{c}	0.01 ^{c}	89.94 ^{b}	10.41 ^{b}	0.16 ^{e}	1.58 ^{d}
	۲/۵ در هزار 2.5 per thousand	3.10 ^{e}	0.002 ^{h}	0.009 ^{f}	91.44 ^{ab}	9.59 ^{c}	0.10 ^{g}	1.52 ^{de}
	۵ در هزار 5 per thousand	5.16 ^{b}	0.02 ^{e}	0.01 ^{e}	79.31 ^{c}	4.97 ^{g}	0.17 ^{d}	1.39 ^{f}
۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) 30% FC (Severe Strees)	۰ (آب مقطر) 0 (Distilled water)	5.50 ^{a}	0.04 ^{d}	0.02 ^{b}	89.73 ^{b}	9.25 ^{c}	0.15 ^{f}	1.72 ^{c}
	۲/۵ در هزار 2.5 per thousand	2.90 ^{e}	0.01 ^{f}	0.01 ^{e}	66.55 ^{e}	6.29 ^{e}	0.21 ^{a}	2.16 ^{a}
	۵ در هزار 5 per thousand	2.66 ^{f}	0.06 ^{b}	0.006 ^{g}	92.92 ^{a}	6.48 ^{e}	0.20 ^{a}	1.46 ^{ef}
	LSD (0.05)	0.22	8.76	5.97	2.68	0.40	3.87	0.10

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

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

کاروتنوئید، فلاونویید و آنتوسیانین: تیمارهای تنش خشکی بر میزان آنتوسیانین در سطح یک درصد و محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین بر میزان کاروتنوئید و آنتوسیانین در سطح یک درصد و بر هم‌کنش آن‌ها بر

میزان کاروتنوئید و آنتوسیانین در سطح یک درصد و میزان فلاونوئید در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس مقایسات میانگین برهمکنش تیمارها، بیشترین میزان کاروتنوئید (۱۱/۵٦ میلی گرم در گرم وزن تر) در تیمار تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با آب مقطر بدست آمد (جدول ۵). مطالعات نشان داده که کاروتنوئیدها یکی از مواد کاهش‌دهنده تنش خشکی می‌باشند و از طرفی باعث حفظ و تداوم بقای ساختار پیچیده کلروفیل و دستگاه فتوسنتزی در گیاه نیز می‌گردد (٤۹)، همچنین، انرژی زیادی را از فتوسیستم I به II به صورت گرما یا واکنش‌هایی بی‌ضرر دفع می‌کنند و به این ترتیب می‌توانند غشای کلروپلاستی را حفظ نمایند (۲۳). در این پژوهش براساس نتایج بدست آمده تنش خشکی باعث کاهش میزان کاروتنوئید شد و لذا کاروتنوئید نتوانست نقش محافظتی خود را ایفا نماید. در همین راستا، اکبری و همکاران (۲۰۱٦)، نیز کاهش مقدار کاروتنوئید را با افزایش تنش خشکی در سیر گزارش نمودند (٤). آنها همچنین، بیان کردند که کاهش محتوای کاروتنوئیدها می‌تواند به دلیل اکسید شدن آنها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آنها باشد.

بیشترین میزان آنتوسیانین (۰/۲۱ جذب در گرم وزن تر) را برهم‌کنش تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار داشت که دارای اختلاف معنی‌داری با غلظت ۵ درهزار نبود و در نهایت بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۱٦ جذب در گرم وزن تر) در بر هم‌کنش تیمارهای ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی گلایسین با غلظت ۲/۵ درهزار نیز بدست آمد (جدول ۵).

تنش‌های محیطی مختلف تجمع فلاونوئیدها از جمله آنتوسیانین‌ها را تحریک می‌نمایند (۳۷). در این پژوهش نیز تنش خشکی شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) همراه با محلول‌پاشی گلایسین ۲/۵ در هزار، افزایش ٤۰ درصدی آنتوسیانین و۲۵/۵۸ درصدی فلاونوئید را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. به طور کلی، فلاونوئیدها آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که می‌توانند به طور مستقیم از طریق انتقال یک پروتون موجود در حلقه خود سبب پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد شده (۱۳) و از طرف دیگر، با کاهش سیالیت غشاها، آن‌ها را نسبت به عوامل اکسیداتیو مقاوم کرده و از انتشار رادیکال‌های آزاد از خلال آن‌ها جلوگیری می‌کنند (۲۰). آنتوسیانین‌ها نیز از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بوده که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه جلوگیری می‌کنند (۳). این نتایج با یافته‌های عباسپور و رضایی (۲۰۱۵) بر روی گیاه بادرشبو، در شرایط خشکی مطابقت دارد (۱). از طرف دیگر، اسید آمینه گلایسین نیز می‌تواند میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و آنزیم‌های مقاومتی مانند پلی‌فنل اکسیداز (PPO) را افزایش دهد (٤٦) که پلی‌فنل اکسیداز (PPO)، واکنش اکسیداتیو تبدیل چالکون‌ها به آرون‌ها (گروهی از فلاونوییدهای گیاهی) را در واکوئل کاتالیز می‌کند (۲۸) و در نهایت با افزایش فلاونوئیدها، ترکیبات آنتوسیانینی نیز افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این مطالعه، تنش خشکی واکنش‌های ساختاری نظیر کاهش طول ساقه و افزایش نسبت طول ریشه به ساقه و محلول‌پاشی گلایسین افزایش طول ساقه و همین طور کاهش نسبت طول ریشه به ساقه و اثرات بر هم‌کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی گلایسین افزایش وزن خشک ساقه و ریشه را در برداشت. همچنین، بر هم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی گلایسین

افزایش میزان نشت الکترولیت، میزان آنتوسیانین و فلاونوئیدها گردید. به این ترتیب کاربرد اسیدآمینه گلایسین با غلظت ۲/۵ در هزار با بیشترین تاثیر در افزایش پارامترهای وابسته به واکنش‌های ساختاری نظیر افزایش وزن خشک ساقه و افزایش پارامترهای آنتی‌اکسیدانی نظیر میزان آنتوسیانین و فلاونوئید توانست نقش موثری در افزایش تحمل گیاه بادرشبو به تنش خشکی نقش ایفا کند. بنابراین، کاربرد خارجی این ماده به عنوان یک عامل دفاعی در شرایط تنش، علاوه بر کاهش میزان خسارت ناشی از کمبود اب بعنوان قدمی موثر در جهت صرفه‌جویی در مصرف آب با توجه به بحران کم‌آبی در کشاورزی توصیه می‌گردد.

منابع

1. Abbaspour, H., and Rezaei, H. 2015. Effects of gibberellic acid on Hill reaction, photosynthetic Pigment and phenolic compounds in Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in different drought stress levels. J. Plant.Res. 27: 5. 893-903. (In Persian).
2. Aerts, R., and Chapin, F. S. 1999. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. Adv. Ecol. Res. 62: 30. 26-34.
3. Afshar Mohammadian, M., Ebrahimi Nokandeh, S., and Jamalomidi, M. 2015. The effect of different levels of salinity on some non-enzymatic antioxidants of three cultivars of peanut (*Arachis hypogea* L.). Crop. Physiol. J. 6: 24. 57-71. (In Persian)
4. Akbari, Sh., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, Sh. 2016. The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes. J. Field. Crops. Res. 14: 4. 665-674. (In Persian)
5. AL-Aghabary, K., Zhujun, Z., and Qinhua, S. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. J. Plant. Nutr. 27: 12. 2101-2115.
6. Alizadeh, A., 2005. Soil Water-Plant Relationship. Astane qodse razavi publication. 222p. (In Persian)
7. Arnon, D., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant. Physiol. 24: 1. 1-15.
8. Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnol. Adv. 27:1. 84-93.
9. Atal, C., and Kapur, K. 1998. Cultivation and Utilization of Medicinal Plant. Jamu/tawi, India,78p.
10. Beltrano, J., and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Braz. J. Plant. Physiol. 20: 1. 29-37.
11. Bohnert, H.J., and Jensen, R.G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends. Biotechnol. 14: 3. 89-97.
12. Boroujerdnia, M., Bihamta, M., AlamiSaid, K., and Abdossi, V. 2016. Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop. Physio. J. 29: 8. 23-41. (In Persian)
13. Cao, G., Sofic, E., and Prior, R.L. 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: Structure-activity relationships. Free. Radic. Biol. Med. 22: 5. 749-760.
14. Clover, G., Smith, H., and Jaggard, K. 1998. The crop under stress. Brit. Sugar. Beet. Rev. 66: 3. 17-19.
15. Dastmalchi, K., Dorman, H.G., Kosar, M., and Hiltunen, R. 2007. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. Food. Sci. Technol. 40: 2. 239-248.

16. Debaeke, P., and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. Eur. J. Agron. 21: 4. 433-446.
17. Galeshi, S. 2015. The Effect of environmental stresses on plants. (Drought, Salinity, Heat and Flooding). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publication. 1. 386 p. (In Persian).
18. Ganjeali, A., Kafi, M., and Sabet Teimouri, M. 2010. Variations of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. J. Environ. Stresses. Crop. Sci. 3: 1. 35-45. (In Persian).
19. Ganjeali, A., and A. Bagheri. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. J. Pulses. Res. 1: 2. 101-110 (In Persian).
20. Harborne, J. B., and Williams, C.A. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochem. 55: 6. 481-504.
21. Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu Rev Plant Biol. 24: 1. 519-570.
22. Joushan, Z., Sodaeezadeh, H., Hakimzadeh Ardakani, M.A., Yazdani Biouki, R., and khajehhosseini, S. 2019. Investigating the effect of foliar application of glycine betaine on some quantitative and qualitative characteristics of Mint (*Mentha spicata* L). Under salinity stress. J. Plant. Prod. Agron. Breed. Hortic. J. Agric. Sci., In press.
23. Juan, M., Rivero, R.M., Romero, L., and Ruiz, J. M. 2005. Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. Environ. Exp. Bot. 54: 3. 193-201.
24. Jalalvand, A., Andalibi, B., Tavakoliorcid, A., and Moradi, P. 2018. Effect of growth regulators on some physiological characteristics and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) under drought stress. J. Environ. Stresses. Crop. Sci. 11: 3. 645-659. (In Persian).
25. Kafi, M., Borzooyi, B., Salehi, M., Kamandi, A., Massumi, A., and Nabati, J. 2010. Environmental Stress in Plant Physiology. JDM Press, 502p. (In Persian)
26. Kazemi, H., Mortazavian, S.M.M., and Ghorbani Javid, M. 2017. Physiological responses of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to water deficit stress. J. Field. Crops. Res. 48: 4. 1099 -1113. (In Persian)
27. Khajehhosseini, S., Fanoodi, F., Tabatabaee, S.A., Yazdani Biouki, R., and Masoud Sinaki, J. 2020. Evaluation of usage and time of glycine amino acid application on growth and Vegetative organs yield and antioxidant activity of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under different irrigation conditions. J. Environ. Stresses. Crop. Sci. 13: 2. 533- 546. (In Persian)
28. Khoshsokhan mozaffar, M., Jafari, L., and Vatankhah, E., 2013. The effect of Anthracene on oxidative stress factors in (*Medicago sativa* L.). J. Sci. Res. Appl. Biol. 3: 12. 58-82. (In Persian)
29. Kulkarni, M., and Phalke, S. 2009. Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annum* L.) under water stress. Sci. Hortic. 120: 2. 159-166.
30. Lotfi, M., Abbaszadeh, B., and Mirza, M. 2014. The effect of drought stress on morphology, proline content and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). J. Med. Aroma. Plants. 30: 1. 19-29. (In Persian)
31. Mohamadnia, R., Rezaei Nejad, A., and Bahraminejad, S. 2018. Effect of irrigation interval and silicon on some morphophysiological and biochemical properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Hortic. Sci. 49: 1. 37-45. (In Persian).
32. Monakhova, O.F., and Chernyadev, I.I., 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Am. Soc. Microbiology. J. 38: 4. 373-380.
33. Mozaffarian, V. 2003. Culture of the Iranian Plant Names. Contemporary Culture Publications. Theran. 362 p. (In Persian).
34. Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S.M., and Ghorbani, A. 2005. Labiatea family in Folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. J. Pharm. 4: 2. 63-79.

35. Nasrabadi, B., Omid Baygi, R., and Sfidkon F. 2007. Effect of sowing time on biological growth yield and essential oil content in dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iran. J. Med. Arom. Plants. 23: 3. 307-314. (In Persian)
36. Nogues S., and Baker N R. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants growth under enhanced UV-B radiation. J. Exp. Bot. 51: 348. 1309-1317.
37. Mo, Y., Nagel, C., and Taylor, L. P. 1992. Biochemical complementation of chalcone synthase mutants defines a role for flavonols in functional pollen. Proc. Natl. Acad. Sci., 89: 15. 7213-7217.
38. Nazarinasi, H., Jabari, F., azimi, M.R., and Norouzian, M. 2012. Effect of Drought Stress on Cell Membrane Stability, Photosynthesis Rate, Relative Water Content and Grain Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. J. Field. Crops. Res. 43: 3. 491-499.
39. Raeisi M., Farahani L., and Palashi M. 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. Int. J. Biosci. 4: 1. 463-468.
40. Rasam, G.H., Dadkhah, A., and Khoshnod-yazdy, A., 2014. Assessing the impact of water shortages on morphological and physiological characteristics of medicinal plants hyssop. J. Agric. 10: 1. 12-22.
41. Rostami, G., Moghaddam, M., Saeedi Pooya, E., and Ajdanian, L. 2019. The effect of humic acid foliar application on some morphophysiological and biochemical characteristics of spearmint (*Mentha spicata* L.) in drought stress conditions. J. Environ. Stresses. Crop. Sci. 12: 1. 95-110.
42. Seyed Ebrahimi, F. S., Hassani Kumleh, H., Alami, A., and Rezadoost, M. H. 2016. Drought stress effects on morphological traits and enzymatic antioxidant activity of two rapeseed (*Brassica napus*) cultivars. J. Plant. Process. Function. 4: 14. 77-92.
43. Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. J. Agron. Crop. Sci. 186: 1. 63-70.
44. Sharma, A., Jha, A.M., Dubey, R.S., and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plant under stressful conditions. J. Bot. 2012: 1. 1-26.
45. Souri, M.K., and Hatamian, M. 2019. Aminochelates in plant nutrition: a review. J. Plant. Nutr. 42: 1. 67-78.
46. Teixeira, W.F., Fagan, E.B., Soares, L.H., Umburanas, R.C., Reichardt, K., and Neto, D.D. 2017. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. Front. Plant. Sci. 8: 327. 1-14.
47. Tsouvaltzis, P., Koukounaras, A., and Siomos, A. S. 2014. Application of amino acids improves lettuce crop uniformity and inhibits nitrate accumulation induced by the supplemental inorganic nitrogen fertilization. Int. J. Agric. Biol. 16: 5. 951-955.
48. Velu, G., Ortiz-Monoasterio, L., Cakmak, L., and Singh, Y. P. 2014. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. J. Agr. Sci. Tech .Jast. 59: 3. 365-372.
49. Wang L., Fan, L., Loescher, W. ., Duan, W., Liu, G., Cheng, J. ., Luo, H., and Li. S. 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. BMC. Plant. Biol. 10: 34. 34-48.
50. Zarei, F., Shahriari, M.H., Nikkhah, R., Bayat, P., and Dindarlou, A. 2019. Growth and physiological responses of sweet basil to foliar application of chelate and nanochelate of potassium under deficit irrigation stress. J. Crop. Improv. 20: 4. 849-868.