فصلنامه (علمی)

زیست شناسی تکوینی

سال شانزدهم، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۲ ص. ۱۳۵-۱۲۷

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیرات تنش رطوبتی (کمبود آب) بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پنج رقم ریحان

آتوسا کشاورزی[۱]، مهدی رحیمی[۱*]، امین باقی‌زاده[۱]

[۱] گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

[*] (نویسنده مسئول مکاتبات): me.rahimi@kgut.ac.ir; mehdi83ra@yahoo.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۲

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1993482.1372

چکیده

ریحان یک گیاه دارویی و همچنین یک سبزی است و اهمیت اقتصادی آن به دلیل استفاده در صنایع بهداشتی و دارویی است. همچنین تنش رطوبتی (کمبود آب) یکی از عوامل محیطی منجر به کاهش عملکرد هر گیاه است. در این مطالعه، اثر تنش رطوبتی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی ریحان بصورت آزمایش اسپلیت پلات بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه ارزیابی شد. فاکتور اصلی تنش رطوبتی (دو سطح) و فاکتور فرعی ژنوتیپ (پنج سطح) بود. همبستگی صفات در دو شرایط نشان داد که عملکرد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات کلروفیل b و کل داشت. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای اثر تنش رطوبتی و همچنین اثر ژنوتیپ نشان داد. اثر متقابل تنش رطوبتی× ژنوتیپ برای تمامی صفات معنی‌دار بود و بدین معنی است که ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی تحت تنش رطوبتی نشان دادند. تنش رطوبتی یا کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b، عملکرد برگ، عرض و طول برگ، تعداد برگ و محتوای کارتنوئید شد در حالی که باعث افزایش میزان پرولین برگ گردید. بیشترین انباشت پرولین با میانگین ۰/۰۰۴۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به رقم ریحان قرمز آتشین در شرایط بدون تنش و سپس رقم ریحان سبز با میانگین ۰/۰۰۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر در شرایط تنش متوسط رطوبتی بود. حداکثر میزان خصوصیات رشدی (طول برگ، تعداد برگ، عملکرد برگ و وزن اندام هوایی) مربوط به رقم ریحان بنفش ایرانی در شرایط بدون تنش رطوبتی بود. همچنین ژنوتیپ ریحان سبز می‌تواند به دلیل تحمل بیشتر تنش رطوبتی در برنامه‌های به‌نژادی آینده مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: اثر متقابل؛ پرولین؛ دارویی؛ کلروفیل؛ همبستگی.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum*) گیاهی علفی یکساله از خانواده‌ی نعناع (Lamiaceae) است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیا، آفریقا و مرکز آمریکای جنوبی رشد می‌کند. این گیاه بین ۵۰ تا ۱۵۰ گونه و زیرگونه متفاوت دارد [۱, ۲]. اسانس ریحان خواص ضد قارچی و ضد باکتری دارد و حشرات را دور می‌کند و این اسانس در صنایع مختلفی مانند بهداشت دهان و دندان، غذایی و عطرسازی استفاده می شود [۳]. عملکرد دارویی ریحان نیز بخاطر از بین بردن تب، مقابله با مالاریا، کاهش درد و افسردگی است [۴].

گیاهان در طول رشد با تنش‌های محیطی مختلفی مواجه می‌شوند که به تنش‌های زیستی و غیرزیستی تقسیم می‌شوند. تنش‌های غیرزیستی عبارتند از نور، دمای بالا، خشکی، شوری، آلودگی فلزات سنگین و کمبود عناصر غذایی. خشکی از جمله تنش‌های غیرزیستی بسیار مهم است که رشد، باروری و متابولیسم گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد [۵]. گیاهان سیستم دفاعی پیچیده‌ای دارند که در مواجهه با تنش‌های محیطی مختلف فعال شده و می‌توانند با استفاده از آن با تنش مقابله کرده و با دریافت سیگنال‌های تنش، سازگاری خود را با شرایط محیطی تغییر دهند و تنش را تحمل کنند [۶]. گیاهان قادر به تحمل تنش‌های غیرزنده هستند، اما میزان تحمل آنها به این تنش‌ها متفاوت است [۷]. گیاهان از طریق سیستم‌های مختلف مولکولی، متابولیسم‌ها و فرآیندهای بیوشیمیایی مختلف به تنش‌های غیرزنده پاسخ می‌دهند [۸]. گیاهان در شرایطی که تلفات آب بیشتر از دریافت آب باشد، با تنش خشکی مواجه می‌شوند و این تنش می‌تواند ناشی از افزایش اتلاف آب، کاهش جذب آب یا هر دو باشد [۹]. تنش خشکی رنگیزه‌های فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار داده و با کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان، قابلیت فتوسنتز و تولید اولیه را محدود می‌کند [۱۰]. گیاهان با تولید مواد آلی تنظیم کننده اسمز، خاصیت ارتجاعی سلول‌های خود را برای تحمل فشار تورژانس افزایش داده و با تنش کم آبی مقابله می‌کنند. پرولین از جمله مواد آلی مهم برای تنظیم اسمزی است [۱۱]. برای کم کردن خسارات تنش خشکی، می‌توان سطح تعرق برگ گیاهان و شدت نور را کاهش داد [۱۲]. تنش خشکی وزن بوته و خصوصیات مورفولوژیک ریحان (مانند تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی) را کاهش می‌دهد. محققین این کاهش را در شرایط تنش خشکی شدید با ۶۰ % ظرفیت زراعی مشاهده کردند [۱۳]. مطالعه تنش خشکی بر روی ریحان نشان داد که محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کارتنوئید، محتوی نسبی آب برگ، درصد و عملکرد اسانس ریحان کاهش پیدا کرده است. اما میزان کربوهیدرات و پرولین در این شرایط افزایش یافته است [۱۴]. در مطالعه‌ی دیگری اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و تولید اسانس گیاه دارویی ریحان در مراحل مختلف رشد بررسی شد [۱۵]. نتایج نشان داد که کاهش رطوبت خاک باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ در همه‌ی مراحل رشد شده است و قطر ساقه و طول ریشه را در مرحله گلدهی افزایش داد. مطالعات محققین دیگر نشان داد که پتانسیل آب برگ و نرخ آسیمیلاسیون برای انتخاب رقم‌های ریحان متحمل به تنش آبی مفید هستند [۱۶]. مطالعه‌ی محققین برای بررسی تنش خشکی بر روی گیاه ریحان نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش صفات مورفولوژیک (وزن تر و خشک تک بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک ریشه) و همچنین صفات بیوشیمیایی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنویید و محتواي نسبی آب برگ) شده است درحالی که افزایش نشت الکترولیت و پرولین برگ را در بر داشته است. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث بروز بی نظمی در عملکرد روغن و خصوصیات آناتومیکی گیاه شده و افزایش اجزای سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانتی گیاه را در پی داشت [۱۷]. همچنین مطالعه‌ی تنش خشکی بر روی چهار رقم ریحان نشان داد که تنش خشکی خصوصیات رشدی، محتوی نسبی آب، تعرق و شاخص پایداری غشا را کاهش داده است. نتایج نشان داد که رقم‌های جنوس و سیز ایرانی متحمل‌تر از دو رقم دیگر بودند و کاهش کمتری در خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک داشتند [۱۸].

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان انجام شد. این مطالعه می‌تواند به بهبود تحمل به خشکی در گیاه ریحان، که یک گیاه دارویی و صنعتی با ارزش است، کمک کند و راه حل‌های مناسب برای حفظ عملکرد و بازده گیاهان را در شرایط خشکسالی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

دراین آزمایش پنج ژنوتیپ ریحان (بنفش ایرانی، سیاه، ابلق، سبز و قرمزآتشین) از فروشگاه بذر پوپونیک تهیه گردید و به صورت طرح اسپیلت پلات بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار که فاکتور اصلی شامل تنش رطوبتی در سه سطح (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) و فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ (۵ سطح)، در گلدان و در شرایط گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند. این آزمایش در سال زراعي ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دانشگاه تحصیلات تکمیلي صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان با طول جغرافیایي ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقي و عرض جغرافیایي ۳۰ درجه و ۱ دقیقه شمالي با ارتفاع ۲۰۲۰ متر از سطح دریاي آزاد انجام شد. آبیاری روزانه تا دو هفته بعد از کشت ادامه یافت. بذرها پس از پنج روز شروع به جوانه زنی کردند و تنش رطوبتی برای شرایط بدون تنش هر ۲ روز، شرایط متوسط هر ۴ روز و شرایط شدید هر ۶ روز یکبار آبیاری اعمال شد.

پس از اعمال تنش رطوبتی و رشد کامل گیاه، پنج بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب شدند وصفات مورفولوژیکی شامل طول برگ (سانتی‌متر)، عرض برگ (سانتی‌متر)، تعداد برگ، وزن برگ تر یا عملکرد برگ (گرم) و وزن اندام هوایی (گرم) گیاه در چین برداشت اول اندازه‌گیری شدند و میانگین آنها به عنوان داده‌ی هر تیمار ثبت شد. همچنین پس از اعمال تنش در مرحله رویشی، برگ‌هایی از هر واحد آزمایشی برای سنجش صفات بیوشیمیایی برداشت شده و فوراً در ازت مایع منجمد و تا زمان سنجش صفات بیوشیمیایی در فریزر ۲۰- نگهداری شدند تا برای ارزیابی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند. این صفات شامل میزان رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنویید و میزان پرولین برگ بودند. برای اندازه‌گیری رنگدانه‌ها از روش لیختن تالر (۱۹) استفاده شد. ابتدا ۰/۲ گرم از از برگ تازه با ۱۵ میلي‌لیتر استن ۸۰ درصد به خوبي سائیده شده تا بافت برگ به خوبي با استن مخلوط گردد. پس از صاف کردن و سانتریفیوژ مخلوط حاصل، جذب محلول بدست آمده بلا فاصله با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج هاي ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰ و ۴۷۰ نانومتر بدست آمد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از روابط زیر و برحسب میکروگرم بر گرم وزن‌تر محاسبه شدند:

$$\mathrm{Chl_a(mg/gfw)} = (12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8})$$
$$\mathrm{Chl_b(mg/gfw)} = (21.21\ A_{646.8} - 5.1\ A_{663.2})$$
$$\mathrm{Tchl(mg/gfw)} = (Chl_a + Chl_b)$$

$$\text{Total carotenoids}\left(\frac{\text{mg}}{\text{gfw}}\right) = [\,1000A_{470} - 1.8Chl_a - 85.02\ Chl_b]/198$$

میزان پرولین برگ با روش بیتس سنجیده شد (۲۰). ابتدا ۰/۰۲ گرم برگ فریز شده با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳% در هاون چینی سائیده شد. سپس عصاره حاصل ۵ دقیقه با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. از مایع رویی به میزان ۲ میلی‌لیتر برداشته و با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید در یک لوله آزمایش ترکیب گردید. ترکیب حاصل یک ساعت در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس در یخ قرار گرفت. بعد از آن ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول قبلی اضافه و تکان داده شد. با ثابت نگه داشتن لوله‌ی آزمایش، دو فاز قرمز و سفید در لوله ایجاد گردید. جذب فاز قرمز رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد و مقدار پرولین با منحنی استاندارد به میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

به دلیل اینکه، تحت شرایط تنش رطوبتی شدید رقم‌های ریحان قادر به تحمل نبودند و از بین رفتند، این فاکتور اصلی حذف گردید و آزمایش در دوسطح فاکتور اصلی مورد آنالیز قرار گرفت. انجام تجزیه واریانس طرح اسپیلت پلات بر اساس ارزش صفات برای هر نمونه بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار با نرم افزار SAS (۲۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا وجود تفاوت معني‌دار بین ژنوتیپ‌هاي ریحان آزمون شود و مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن انجام شد. همچنین همبستگي فنوتیپي با پکیج corrplot و با نرم افزار R انجام گردید (۲۲).

نتایج و بحث

آمار توصیفی

آمار توصیفی صفات مورد مطالعه در دو شرایط بدون تنش و تنش متوسط در جدول ۱ نشان داده شده است. در شرایط تنش متوسط همه صفات بجز پرولین کاهش داشتند و کاهش صفات مورد مطالعه بین ۱۸/۰۸- تا ۶۲/۱۳- درصد متغیر بود. کاهش صفات مورد مطالعه در تنش متوسط رطوبتی نشان داد که صفات کلروفیل a، کلروفیل کل و کلروفیل b به ترتیب به میزان ۶۲/۱۳، ۵۸/۰۳ و ۵۵/۸۴ بیشترین درصد کاهش را داشتند (جدول ۱). این مطالعه نشان داد که تنش رطوبتی باعث کاهش مقدار

کلروفیل در گیاهان می‌شود. احتمالاً این کاهش ناشی از افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن است که سبب اکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌شوند [۲۳].

با توجه به اینکه صفت تعداد برگ به میزان ۱۸/۰۸ درصد کمترین کاهش را داشت، به نظر می‌رسد این صفت بر خلاف کلروفیل‌ها کمتر تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفته است. پرولین در شرایط تنش متوسط رطوبتی نسبت به شرایط بدون تنش افزایش یافت. اگرچه این میزان، افزایش چشمگیری را نشان نمی‌دهد اما تولید آن یکی از راه‌های تنظیمی گیاه برای حفظ پتانسیل آب و تعادل اسمزی است [۲۴]. پرولین یک ماده آلی است که در گیاهان در شرایط تنش رطوبتی، بیشتر تولید می‌شود. این ماده دارای قسمت‌های آب دوست و آب گریز است و می‌تواند با پروتئین‌های مختلف تعامل داشته و از تغییر شکل آلبومین جلوگیری کند. این ویژگی پرولین به این دلیل است که پرولین با قسمت‌های آب گریز پروتئین‌ها در ارتباط است و با افزایش قسمت‌های آب دوست پروتئین‌ها، ثبات آنها را بالا می‌برد و از تغییر ماهیت آنها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها که خود نوعی پروتئین هستند نیز از این سازوکار پرولین بهره می‌برند و در برابر تنش محافظت می‌شوند. بنابراین، گفته می‌شود که گیاهان برای دلایل فوق، سطح پرولین خود را افزایش می‌دهند [۲۵]. نتایج آمار توصیفی نشان داد که صفت پرولین در هر دو شرایط مورد مطالعه (بدون تنش و تنش متوسط) و صفت وزن اندام هوایی گیاه در شرایط بدون تنش کمترین ضریب تغییرات را داشتند و کلروفیل a بیشترین ضریب تغییرات را در شرایط تنش متوسط نشان داد. بعد از آن، وزن اندام هوایی گیاه در شرایط تنش متوسط رطوبتی و عملکرد برگ در شرایط بدون تنش بالاترین ضریب تغییرات را نشان دادند. تنوع زیاد صفات وزن اندام هوایی، کلروفیل a و عملکرد برگ ممکن است به دلیل شرایط تنش رطوبتی و پس زمینه ژنتیکی مختلف ژنوتیپ‌ها باشد. این صفات می‌توانند برای به‌نژادگران جهت افزایش عملکرد ریحان مورد استفاده قرار گیرند. همچنین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات می‌تواند به بهبود این صفات منجر شود.

جدول ۱- آمار توصیفی برای صفات مورد مطالعه ریحان در شرایط مختلف تنش رطوبتی

شاخص‌ها	تنش رطوبتی	صفات									
		طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	وزن اندام هوایی	عملکرد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
کمترین	S1	۱/۲	۰/۶	۲	۰/۰۶۳	۰/۰۴۵	۰/۵۷۳۴	۰/۳۰۲۱	۰/۸۷۵۵	۱۸/۵۳۲۱	۰/۰۰۲۱
	S2	۰/۸	۰/۵	۲	۰/۰۹۶	۰/۰۶۴	۰/۱۰۵۴	۰/۳۱۲	۰/۴۳۶۶	۲۴/۱۶۵۳	۰/۰۰۲۲
بیشترین	S1	۴/۳	۱/۹	۱۰	۰/۶۷۷	۰/۳۲۲	۱/۵۴۴۳	۲/۷۱۰۱	۳/۸۱۴۷	۱۱۸/۶۵۰۳	۰/۰۰۴۵
	S2	۳	۱/۴	۸	۰/۵۱	۰/۱۲۷	۰/۸۱۲۱	۱/۳۶۲۱	۱/۷۶۵۲	۵۶/۰۳۲۴	۰/۰۰۳۳
میانگین	S1	۲/۶	۱/۲۸	۵/۸۷	۰/۲۵۰۹	۰/۱۴۷۳	۰/۹۶۷۱	۱/۵۹۰۵	۲/۵۵۷۶	۵۵/۹۶۲۸	۰/۰۰۲۷
	S2	۱/۶۳	۰/۸۱	۴/۸	۰/۱۸۵۵	۰/۰۹۹۱	۰/۳۶۸۳	۰/۷۰۵	۱/۰۷۳۳	۳۵/۵۲۲۲	۰/۰۰۲۷
ضریب تغییرات	S1	۳۳/۳۷	۳۱/۷۳	۴۴/۵۷	۸۱/۵۵	۶۷/۲۳۱	۳۳/۸۵	۴۸/۶۹	۳۸/۳۹	۵۹/۵۹	۲۹/۶۵
	S2	۴۴/۷۵	۳۱/۵۵	۴۰/۳۱	۶۸/۲۰۷	۲۴/۴۸	۷۴/۸۹	۴۷/۶۹	۴۰/۳۱	۳۰/۸۲	۱۰/۰۵
درصد تغییر نسبت به شرایط بدون تنش		-۳۷/۴۲	-۳۶/۶۹	-۱۸/۱۸	-۲۶/۰۷	-۳۲/۷۶	-۶۱/۹۲	-۵۵/۶۷	-۵۸/۰۴	-۳۶/۵۳	۱/۵۱

S1 و S2 به ترتیب شرایط بدون تنش و تنش متوسط هستند.

همبستگی صفات

ضریب همبستگی ساده بین صفت مورد بررسی در ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و تنش متوسط (پایین قطر) رطوبتی در جدول ۲ نشان داده شده است. در شرایط بدون تنش رطوبتی بیشترین همبستگی ساده بین صفات به ترتیب مربوط به صفت عملکرد برگ تر با وزن اندام هوایی (۰/۹۹۱)، کلروفیل b با کلروفیل کل (۰/۹۵۸) و تعداد برگ با وزن اندام هوایی (۰/۸۹۵) به دست آمد. کم ترین همبستگی هم به ترتیب کلروفیل a با تعداد برگ (۰/۰۲۱)، کلروفیل a با وزن اندام هوایی (۰/۰۲۱-) و کلروفیل a با طول برگ (۰/۰۴۱) مشاهده گردید (جدول ۲). همبستگی عملکرد برگ با همه صفات بجز عرض برگ، کلروفیل a و کاروتنویید مثبت بود و با همه صفات بجز پرولین و کلروفیلa همبستگی متوسط به بالایی داشت. بنابراین با افزایش این صفات می‌توان در افزایش عملکرد برگ گام موثری در

برنامه‌های به‌نژادی این گیاه برداشت. همبستگی صفات در شرایط تنش متوسط رطوبتی نشان داد که عملکرد برگ در این شرایط به ترتیب با صفات کلروفیل a (۰/۸۱۹)، کلروفیل کل (۰/۶۹۸) و کاروتنویید (۰/۶۳۶) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشت (جدول ۲). همچنین همبستگی این صفت با صفات تعداد برگ (۰/۵۹۴-) و کلروفیل a (۰/۲۱۸-) همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری بود. بین صفات دیگر هم همبستگی‌های مثبت و یا منفی‌ای مشاهده شد. همبستگی مثبتی بین بعضی از صفات مانند ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها و عملکرد برگ در تعدادی پژوهش مشاهده شده است و حاکی از این است که افزایش این صفات باعث افزایش عملکرد شده است و با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همچنین همبستگی صفات دیگر در مطالعاتی مثبت و در مطاعات دیگر منفی بود که برخی از آنها در راستای نتایج این تحقیق و برخی دیگر در تضاد با نتایج این تحقیق بود (۲۶-۳۱) که این می‌تواند به دلیل تفاوت در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، محیط و شرایط آزمایشی متفاوت باشد.

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس برای تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای اثر تنش رطوبتی (بجز پرولین) و ژنوتیپ (بجز عرض برگ) نشان داد (جدول ۳) و این حاکی از تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها و همچنین بین شرایط تنش بود. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش برای تمامی صفات معنی‌دار بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی تحت تنش کم آبی نشان داده‌اند. با توجه به معنی‌دار نشدن اختلاف اثرات ژنوتیپ برای صفت عرض برگ و اثرات سطوح تنش کم آبی بر میزان پرولین در هیچ سطح آماری، این مطالعه نشان داد که تنش بر صفت عرض برگ در ژنوتیپ‌های مختلف تأثیر یکسانی داشته است. همچنین نشان داد که پرولین تولید شده در سطوح مختلف تنش (بدون تنش و تنش متوسط) تفاوت معنی‌داری نداشته و در تنش متوسط تغییر قابل توجهی نکرده است.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده شده است، خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پنج ژنوتیپ ریحان در شرایط بدون تنش و تنش متوسط مورد مقایسه میانگین به روش دانکن قرار گرفته است. ژنوتیپ بنفش ایرانی با میانگین (۳/۹۶ سانتی‌متر) در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ های بنفش ایرانی و ابلق با میانگین‌های (۲/۲۶ سانتی‌متر) و (۲/۵ سانتی‌متر) در شرایط تنش بالاترین طول برگ را داشتند. کوتاه ترین برگ‌ها به ترتیب متعلق به ژنوتیپ قرمزآتشین با میانگین (۱/۴۰ سانتی‌متر) در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ سیاه با میانگین (۰/۸۳ سانتی‌متر) در شرایط تنش بودند. عرض برگ در شرایط بدون تنش و تنش، بین ژنوتیپ‌های مختلف ریحان تفاوت داشت. ژنوتیپ های ابلق و قرمزآتشین هر دو با میانگین (۱/۶ سانتی‌متر) در شرایط بدون تنش و با میانگین (۰/۶ سانتی‌متر) در شرایط تنش، کمترین و بیشترین عرض برگ را نشان دادند. همچنین تعداد برگ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش متوسط بین ژنوتیپ‌های مختلف ریحان متفاوت بود. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ بنفش ایرانی با تعداد ۹ برگ و در شرایط تنش متوسط، ژنوتیپ سیاه با تعداد ۷ برگ بیشترین تعداد برگ را داشتند. در هر دو شرایط، ژنوتیپ ابلق و سبز ایرانی با تعداد کمتری از برگ‌ها مشاهده شدند. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ ابلق با میانگین فقط ۳ برگ و در شرایط تنش متوسط، ژنوتیپ سبز ایرانی با میانگین تعداد ۲/۶۶ برگ، مشاهده شد. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش سطح و تعداد برگ‌ها و در نتیجه کاهش اتلاف آب و تعرق گیاهان می‌شود که در این صورت مقاومت آن‌ها در برابر خشکی را افزایش می‌دهد، که با یافته‌های دیگر محققین مطابقت داشت (۳۲-۳۴).

جدول ۲- همبستگی صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های ریحان در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و تنش متوسط (پایین قطر) رطوبتی

صفات	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	وزن اندام هوایی	عملکرد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
طول برگ		-۰/۸۷۲	۰/۱۲۸	۰/۵۴۹	۰/۵۷۲	۰/۰۴۱	۰/۳۸۷	۰/۳۱۹	-۰/۲۴۷	-۰/۷۴۹
عرض برگ	۰/۳۹۲		-۰/۴۷۹	-۰/۷۶۲	-۰/۷۷۶	-۰/۰۸۹	-۰/۳۷	-۰/۳۲۲	۰/۶۸۶	۰/۵۳۳
تعداد برگ	-۰/۱۷۶	۰/۲۸۶		۰/۸۹۵*	۰/۸۶۶	۰/۰۲۱	۰/۵۷۱	۰/۴۵۸	-۰/۸۰۴	۰/۴۷۱
وزن اندام هوایی	۰/۴۹۲	۰/۷۴۷	۰/۵۳۹		۰/۹۹۱**	-۰/۰۲۱	۰/۶۶۱	۰/۵۱۶	-۰/۷۴۳	۰/۰۷۷
عملکرد برگ	-۰/۰۱۸	۰/۲۲۶	-۰/۵۹۴	۰/۰۷۷		-۰/۱۴۴	۰/۵۷۳	۰/۴۰۵	-۰/۷۴۳	۰/۰۱۴
کلروفیل a	۰/۹۴۵*	۰/۱۱۶	-۰/۱۱۴	۰/۳۷۸	-۰/۲۱۸		۰/۵۰۶	۰/۷۳۲	-۰/۰۳۵	۰/۱۱
کلروفیل b	-۰/۰۷۲	-۰/۴۳۹	-۰/۵	-۰/۱۰۱	۰/۶۵۳	-۰/۰۰۶		۰/۹۵۸*	-۰/۱۷۴	۰/۲۵۴

صفات	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	وزن اندام هوایی	عملکرد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
کلروفیل کل	۰/۵۵۴	-۰/۲۶۳	-۰/۴۵۸	۰/۱۶۶	۰/۳۶۱	۰/۶۴	۰/۷۶۵		-۰/۱۴۹	۰/۲۳۷
کارتنوئید	-۰/۵۴۸	-۰/۷۲۵	-۰/۳۱۷	-۰/۴۳۳	۰/۳۸۴	-۰/۴	۰/۸۴۴	۰/۳۹۱		-۰/۰۸۴
پرولین	۰/۶۷۶	۰/۶۸۲	-۰/۴۷	۰/۳۵۲	۰/۵۴۷	-۰/۴۱۱	-۰/۰۳۵	۰/۲۳۸	-۰/۴۹۵	

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- تجزیه واریانس طرح اسپیلت پلات صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های ریحان تحت تنش رطوبتی

منابع تغییرات	میانگین مربعات صفات									
	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	وزن اندام هوایی	عملکرد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
تنش رطوبتی	۷/۲۰۳**	۱/۷۲**	۸/۵۳**	۰/۰۳۲**	۰/۰۱۷۴**	۲/۶۸**	۵/۸۸**	۱۶/۵۲**	۳۱۳۳/۶۴**	۱/۲۸ns
خطای کرت اصلی	۰/۰۴۹	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۸۱	۱۰/۶۸	۱/۲۶
ژنوتیپ	۳/۳۴۷**	۰/۰۲۵ns	۱۹/۰۸**	۰/۰۱۷۵**	۰/۰۲۱۸**	۰/۱۶**	۱/۳۷**	۱/۹۸**	۲۳۱۴/۶۳**	۹/۲۱**
ژنوتیپ× تنش رطوبتی	۰/۸۶**	۰/۵۶**	۱۳/۹۵**	۰/۰۱۹۶**	۰/۰۱۴**	۰/۴۶**	۱/۰۷۹**	۱/۹۷**	۱۹۲۲/۷۷**	۱/۳۷**
خطای کرت فرعی	۰/۰۶۱	۰/۰۳۲	۰/۹۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۷۸	۰/۰۱۳	۱۵/۸۹	۳/۱۷
ضریب تغییرات (%)	۱۱/۷	۱۷/۰۷	۱۸/۱۹	۱۷/۴۸	۸/۴۷	۷/۶۶	۷/۷۳	۶/۳۶	۸/۷۱	۶/۶۴

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل (ژنوتیپ× تنش رطوبتی) برای صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

تنش رطوبتی	ژنوتیپ	میانگین صفات									
		طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	وزن اندام هوایی	عملکرد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
بدون تنش	بنفش ایرانی	۳/۹۶^{a}	۰/۷۳^{cd}	۹/۰۰^{a}	۰/۶۱۰^{a}	۰/۳۲۱^{a}	۱/۰۰۲۴^{b}	۲/۶۱۶۴^{a}	۳/۶۱۸۸^{a}	۲۰/۴۰۸^{f}	۰/۰۰۲۲^{d}
	سیاه	۲/۶۶^{b}	۱/۳۰^{ab}	۳/۶۶^{d}	۰/۰۸۰^{d}	۰/۰۴۹^{g}	۱/۴۹۳۱^{a}	۱/۶۲۸۶^{c}	۳/۱۲۱۷^{b}	۶۸/۳۵۵^{b}	۰/۰۰۲۲^{d}
	ابلق	۲/۶۰^{b}	۱/۶۰^{a}	۳/۰۰^{d}	۰/۰۸۲^{d}	۰/۰۷۴$^{e-g}$	۰/۷۰۴۸^{cd}	۱/۴۲۶۲^{cd}	۲/۱۳۱۰^{c}	۱۱۱/۴۷^{a}	۰/۰۰۲۳^{cd}
	سبز ایرانی	۲/۴۳^{b}	۱/۲۳$^{a-c}$	۵/۳۳$^{b-d}$	۰/۱۸۸^{cd}	۰/۱۳۶^{bc}	۰/۵۹۵۹^{de}	۰/۳۳۷۴^{f}	۰/۹۳۳۴^{f}	۳۳/۶۲۴^{e}	۰/۰۰۲۲^{d}
	قرمزآتشین	۱/۴۰^{de}	۱/۶۰^{a}	۸/۳۳^{a}	۰/۲۹۳^{c}	۰/۱۵۶^{b}	۱/۰۳۹۰^{b}	۱/۹۴۳۹^{b}	۲/۹۸۹۹^{b}	۴۹/۹۵۳^{cd}	۰/۰۰۴۱^{a}
تنش متوسط	بنفش ایرانی	۲/۲۶^{bc}	۱/۲۰$^{a-c}$	۶/۶۶$^{a-c}$	۰/۴۱۵^{b}	۰/۱۰۳^{de}	۰/۵۳۰۹^{e}	۰/۵۷۲۰^{ef}	۱/۱۰۲۷^{ef}	۲۴/۴۵۸^{ef}	۰/۰۰۲۸^{bc}
	سیاه	۰/۸۳^{e}	۰/۷۰^{cd}	۷/۰۰^{ab}	۰/۱۱۸^{d}	۰/۰۶۴^{fg}	۰/۱۳۰۴^{f}	۰/۳۲۱۴^{f}	۰/۴۵۱۸^{g}	۳۳/۱۹۲^{e}	۰/۰۰۲۳^{d}
	ابلق	۲/۵۰^{b}	۰/۶۰^{d}	۳/۶۶^{d}	۰/۱۵۰^{d}	۰/۰۸۴^{ef}	۰/۸۰۸۵^{c}	۰/۸۰۵۱^{e}	۱/۶۱۳۹^{d}	۳۴/۹۰۹^{de}	۰/۰۰۲۷$^{b-d}$
	سبز ایرانی	۱/۶۳^{cd}	۰/۹۶$^{b-d}$	۲/۶۶^{d}	۰/۰۹۸^{d}	۰/۱۱۸^{cd}	۰/۲۴۳۸^{f}	۰/۵۶۹۴^{ef}	۰/۸۱۳۲^{f}	۲۹/۷۶۸^{ef}	۰/۰۰۲۹^{b}
	قرمزآتشین	۰/۹۳^{de}	۰/۶۰^{d}	۴/۰۰^{cd}	۰/۱۴۵^{d}	۰/۱۲$^{b-d}$	۰/۱۲۷۵^{f}	۱/۲۵۷۰^{d}	۱/۳۸۴۵^{de}	۵۵/۲۸۱^{c}	۰/۰۰۲۵$^{b-d}$

در هر ستون، میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان وزن اندام هوایی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش متوسط، با اختلاف معنی‌دار نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها، مربوط به ژنوتیپ ریحان بنفش ایرانی بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار عملکرد برگ هم به ترتیب مربوط به ژنوتیپ بنفش ایرانی با میانگین ۰/۳۲۱ گرم و ژنوتیپ سیاه با میانگین ۰/۰۴۹ گرم در شرایط بدون تنش بود. این پژوهش نشان داد که تنش رطوبتی و ژنوتیپ‌های مختلف ریحان بر مقادیر کلروفیل a، b و کل تأثیر معنی دار دارند (جدول ۳). در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ سیاه با مقدار (۱/۴۹۳ گرم وزن تر/میلی گرم) و در شرایط تنش، ژنوتیپ ابلق با مقدار (۰/۸۰۸ گرم وزن تر/میلی گرم) بالاترین سطح کلروفیل a را داشتند. برای کلروفیل b در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ بنفش ایرانی با مقدار (۲/۶۱۶ گرم وزن تر/میلی گرم) و در شرایط تنش، ژنوتیپ قرمزآتشین با مقدار (۱/۲۵۷ گرم وزن تر/میلی گرم) بالاترین مقادیر را نشان دادند. همچنین، برای کلروفیل کل در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ بنفش ایرانی با مقدار (۳/۶۱۸ گرم وزن تر/میلی گرم) و در شرایط تنش، ژنوتیپ ابلق با مقدار (۱/۶۱۳ گرم وزن تر/میلی گرم) از سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند (جدول ۴). این داده ها با نتایج مطالعات دیگر (۱۴, ۳۳, ۳۴) که نشان دادند تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار محتوای

کلروفیل برگ می‌شود، مطابقت داشت. اما یافته‌های پژوهش کریمی و همکاران (۱۸) نشان داد که کلروفیل a و b با افزایش شدت تنش کم آبی افزایش می‌یابد که با یافته‌های این تحقیق مغایرت داشت که می‌تواند به دلیل ژنوتیپ‌های مورد بررسی و ژنتیک آنها و همچنین شرایط مورد آزمایش باشد اگرچه نتایج آنها حاکی از کاهش فتوسنتز بود.

جدول ۴ نشان داد که ژنوتیپ ریحان ابلق و ژنوتیپ ریحان قرمز آتشین بالاترین مقادیر کارتنوئید را به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش متوسط رطوبتی با مقادیر (گرم وزن تر/میلی گرم ۱۱۱/۴۷) و (گرم وزن تر/میلی گرم ۵۵/۲۸۱) داشتند. این نشان دهنده‌ی مقاومت بیشتر این ژنوتیپ‌ها در برابر تنش است. کارتنوئیدها علاوه بر رنگ دادن به بافت‌های فتوسنتزی، نقش مهمی در محافظت از آنها در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند (۳۵). نتایج مربوط به پرولین در این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ ریحان قرمز آتشین با مقدار (گرم وزن تر/میلی گرم ۰/۰۰۴۱) بالاترین سطح پرولین را در شرایط بدون تنش داشت که بر خلاف بقیه‌ی ژنوتیپ‌ها در اثر تنش میزان آن کاهش یافت. تنش رطوبتی باعث شد که ژنوتیپ‌ها مقدار پرولین خود را افزایش دهند. در این حالت، بالاترین مقادیر پرولین در تنش متوسط به ترتیب متعلق به ژنوتیپ ریحان سبز ایرانی با مقدار ۰/۰۰۲۹ (گرم وزن تر/میلی گرم) و ژنوتیپ ریحان بنفش ایرانی با مقدار ۰/۰۰۲۸ (گرم وزن تر/میلی گرم) بود. این نتایج با نتایج پژوهش‌های دیگر محققین (۱۴, ۱۸, ۲۴, ۳۶) در رابطه با اثر تنش رطوبتی بر پرولین همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثر تنش رطوبتی بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه ریحان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش رطوبتی باعث اختلال در متابولیسم و تغییرات مورفولوژیک این گیاه شده است. بر اساس نتایج، محتوای کلروفیل، خصوصیات رشد، عملکرد برگ و وزن اندام هوایی ژنوتیپ‌های ریحان مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی کاهش یافتند، در حالی که مقدار پرولین افزایش یافت. این نتایج حاکی از عدم تحمل ژنوتیپ‌های ریحان به تنش رطوبتی است و علت آن ممکن است تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی و عدم افزایش کافی پرولین باشد. علاوه بر این، رقم ریحان بنفش ایرانی دارای بالاترین صفات مورفولوژیک و عملکرد در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بود و می‌تواند به عنوان رقم متحمل در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان این پژوهش از پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران بخاطر حمایت مالی و معنوی کمال تشکر و قدر دانی را دارند.

References

[1] Javanmardi J, Khalighi A, Kashi A, Bais H, Vivanco J. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. J Agric Food Chem. 2002; 50(21): 5878-83.

[2] Labra M, Miele M, Ledda B, Grassi F, Mazzei M, Sala F. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. Plant Sci. 2004; 167(4): 725-31.

[3] Khalid KA. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs [*Ocimum* sp.]. Int Agrophysics. 2006; 20(4): 289-96.

[4] Lee S-J, Umano K, Shibamoto T, Lee K-G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. Food Chem. 2005; 91(1): 131-7.

[5] Rejeb KB, Abdelly C, Savouré A. How reactive oxygen species and proline face stress together. Plant Physiol Biochem. 2014; 80: 278-84.

[6] Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol Biochem. 2010; 48(12): 909-30.

[7] Xu Z, Zhou G, Shimizu H. Plant responses to drought and rewatering. Plant Signal Behav. 2010; 5(6): 649-54.

[8] Geber MA, Dawson TE. Genetic variation in and covariation between leaf gas

exchange, morphology, and development in *Polygonum arenastrum*, an annual plant. Oecologia. 1990; 85: 153-8.
[9] Afkari A. Effect of water stress on potassium accumulation and seed yield of different sunflower (*Helianthus Annuus* L.) varieties. Int J Life Sci. 2014; 4(3): 808-11.
[10] Dashti M, Kafi M, Tavakkoli H, Mirza M. The study of some morpho-physiological indices Noruzak medicinal plants under drought stress. Iran J Field Crops Res. 2015; 13(2): 298-307 (In Farsi).
[11] Turner NC. Turgor maintenance by osmotic adjustment: 40 years of progress. J Exp Bot. 2018; 69(13): 3223-33.
[12] Beikircher B, De Cesare C, Mayr S. Hydraulics of high-yield orchard trees: a case study of three Malus domestica cultivars. Tree Physiol. 2013; 33(12): 1296-307.
[13] Sirousmehr A, Arbabi J, Asgharipour MR. Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum*). Adv Environ Biol. 2014; 8(4): 880-5.
[14] Afkari A. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iran J Medicinal Aromat Plant Res. 2018; 33(6): 1047-59 (In Farsi).
[15] Ghaemi M, Zare Z, Nasiri YM. Effect of drought stress on some morphological characteristics and essential oil production levels of *Ocimum basilicum* in different stages of growth and development. Dev Biol. 2019; 11(1): 15-26 (In Farsi).
[16] Kalamartzis I, Menexes G, Georgiou P, Dordas C. Effect of water stress on the physiological characteristics of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. Agronomy. 2020; 10(7): Article 1029.
[17] Esmaielpour B, Fatemi H, Moradi M. Effects of nitric oxide on some morphophysiological and biochemical properties of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iran J Medicinal Aromat Plant Res. 2019; 35(4): 601-16 (In Farsi).
[18] Karimi S, Zahedi B, Mumivand H. Evaluation of the effect of drouth stress on growth, esential oil and some physiological traits of four basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. J Plant Prod Res. 2020; 27(2): 201-13 (In Farsi).
[19] Lichtenthaler HK. [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology. 148: Elsevier; 1987. p. 350-82.
[20] Bates LS, Waldren Ra, Teare I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 1973;39:205-7.
[21] SAS-Institute-Inc. Base SAS 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Third Edition. USA: SAS Institute Inc., Cary, NC; 2014.
[22] Wei T, Simko V, Levy M, Xie Y, Jin Y, Zemla J. Package 'corrplot'. Statistician. 2017; 56(316): e24.
[23] Wang Z, Li G, Sun H, Ma L, Guo Y, Zhao Z, et al. Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. Biol Open. 2018; 7(11): bio035279.
[24] Kafi MA, Mahdavi Damghani M. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Iran: Ferdwsi University of Mashhad Press; 2003. 467p (Translated In Persian) p.
[25] Heuer B. Role of proline in plant response to drought and salinity. In: Pessarakli M, editor. Handbook of plant and crop stress. 3. USA: CRC Press; 2010. p. 213-38.
[26] Jambhale V, Awari V, Aher A, Shinde K, Pagire G. Assessment of genetic variability in *Ocimum spp.* Pharm Innov J. 2023; 12(3): 3016-20.
[27] Yaldiz G, Camlica M. Agro-morphological and phenotypic variability of sweet basil genotypes for breeding purposes. Crop Sci. 2021;61(1):621-42.
[28] Kumar RR, Reddy LPA, Patel RP. Genetic association for oil yield and its component traits in different *Ocimum* species. Electron J Plant Breed. 2012; 3(2): 794-9.
[29] Moghaddam M, Omidbeygi R, Salimi A, Naghavi M. An Assessment of genetic diversity among Iranian populations of basil (*Ocimum* spp.) using morphological traits. Iran J Hortic Sci. 2014; 44(3): 227-43.

[30] Patel RP, Singh R, Lal RK, Gupta P, Kesarwani A, Goyal N. Genetic variability of agronomic traits and chemo diversity in the genus *Ocimum*. Trends Phytochem Res. 2018; 2(2): 103-10.
[31] 3Singh Y, Gaurav S, Kumar P, Ojha A. Genetic variability and correlation coeff icient in F_2 segregating population of basil (*Ocimum basilicum* L.). Med Plants - Int J Phytomed Relat Ind. 2015; 7(3): 196-207.
[32] Khurana E, Singh J. Influence of seed size on seedling growth of Albizia procera under different soil water levels. Ann Bot. 2000; 86(6): 1185-92.
[33] Asghari J, Mahdavikia H, Rezaei-Chiyaneh E, Banaei-Asl F, Amani Machiani M, Harrison MT. Selenium nanoparticles improve physiological and phytochemical properties of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Land. 2023; 12(1): Article 164.
[34] Hamidi M, Tohidi Moghadam H, Nasri M, Kasraie P, Larijani H. How do mycorrhiza and plant growth stimulants improve the qualitative and quantitative yields of basil (*Ocimum basilicum* L.) under different irrigation regimes? Gesunde Pflanz. 2023; 75(1): 165-77.
[35] Egert M, Tevini M. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environ Exp Bot. 2002; 48(1): 43-9.
[36] Mohammadi D. Antioxidant activity and morphometric black bean genotypes in normal conditions and water stress. Ilam, Iran: Ilam University; 2013.

Investigating the effects of moisture stress (water scarcity) on the morphological and physiological characteristics of five basil cultivars

Keshavarzi A.[1], Rahimi M.[1*], Baghizadeh A.[1]

[1] Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.

* (Corresponding author): me.rahimi@kgut.ac.ir; mehdi83ra@yahoo.com

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1993482.1372

Received: July 2023 Accepted: September 2023

Abstract

Basil is a medicinal plant as well as a vegetable, and its economic importance is due to its use in health and pharmaceutical industries. Also, moisture stress (water scarcity) is one of the environmental factors leading to a decrease in the yield of any plant. In this study, the effect of moisture stress on the morphological and physiological traits of basil medicinal plant was evaluated as a split plot experiment based on a completely randomized design with three replications in the greenhouse. The main plot was moisture stress (two levels) and the subplot was genotype (five levels). Correlation of traits in two conditions showed that leaf yield had a positive and significant correlation with traits of chlorophyll b and total chlorophyll. The results of variance analysis showed a significant difference at the probability level of 1% for the moisture stress effect as well as the genotype effect. The moisture stress × genotype interaction effect was significant for all traits, which means that the genotypes have shown different reactions under moisture stress. The moisture stress or water scarcity caused a significant decrease in chlorophyll a and b content, leaf yield, leaf width and length, leaf number and carotenoid content, while it increased leaf proline content. The highest accumulation of proline with an average of 0.0041 mg per gram of fresh weight was related to the Red Rubins basil variety under no-stress conditions and then the Iranian green basil variety with an average of 0.0029 mg per gram of fresh weight under medium moisture stress conditions. The maximum amount of growth characteristics (leaf length, number of leaves, leaf yield and shoot weight) was related to Iranian purple basil cultivar under without moisture stress conditions. Also, the genotype of Iranian green basil can be further investigated in future breeding programs due to its greater tolerance to moisture stress conditions.

Keywords: Correlation; chlorophyll; interaction effect; medicinal; proline.