مقاله پژوهشی

تأثیر تنش کم آبی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی مریم نخودی بلوچستانی (*Teucrium stocksianum* Boiss)

مهدیه کمالی[۱]، داوود صمصام‌پور[۱*]، عبدالنبی باقری[۲]، علی مهرآفرین[۳] و احمد همایی[۴]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] گروه تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

[۳] مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، البرز، ایران

[۴] گروه زیست شناسی،دانشکده زیست شناسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۷/۱۲، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۹/۰۱)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی مریم نخودی بلوچستانی (*Teucrium stocksianum* Boiss) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج دور آبیاری شاهد، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز با چهار تکرار اجرا شد. نتایج حاصل نشان داد تنش خشکی شدید و خیلی شدید سبب کاهش معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) طول و عرض برگ، ارتفاع و عرض بوته، طول ریشه، عرض گیاه، قطر ساقه اصلی و فرعی، وزن تر اندام هوایی و ریشه و وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها گردید. بیشترین مقدار نشت یونی، پرولین، کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز، مالون دی‌آلدهید، فلاونوئید و آنتوسیانین در تیمار خشکی شدید مشاهده شد. به‌طورکلی گیاه دارویی مریم نخودی بلوچستانی با بکارگیری مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش صفات موفولوژیکی، تجمع سریع مواد آلی تنظیم‌کننده اسمزی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی واکنش مناسبی در مقابل تنش خشکی نشان داد و با صرف حداقل انرژی به جذب عناصر غذایی و رشد ادامه می‌دهد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت تنش خفیف و متوسط خشکی تأثیر کمی برکلیه پارامترهای مورد بررسی در گیاه مریم نخودی بلوچستانی داشت. اما در شرایط تنش شدید و خیلی شدید، رشد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، پارامترهای رشدی، پارامترهای فیزیولوژی، پارامترهای بیوشیمیایی، مریم نخودی بلوچستانی (کلپوره کوهی)

مقدمه

تنش‌های غیرزیستی اغلب بر رشد و بهره‌وری گیاهان در طول زندگی‌شان، به‌ویژه برای دوره‌های طولانی، تأثیر می‌گذارند (Seleiman *et al.*, 2021). تنش خشکی، یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم، زمانی اتفاق می‌افتد که پتانسیل آب و تورگر به حدی کاهش یابد که عملکرد متابولیکی طبیعی و ظرفیت تولیدمثلی گیاه را مختل کند (Ahmad *et al.*, 2014). خشکسالی یکی از شدیدترین تهدیدات محیط زیستی است که

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Samsampoor@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

امروزه جمعیت جهان با آن مواجه است. پیش‌بینی می‌شود به‌دلیل کاهش بارندگی و تبخیر بیشتر به دلیل تغییرات آب و هوایی جهانی در بسیاری از نقاط شیوع و شدت بیشتری پیدا کند. علاوه بر این، گرم شدن کره زمین سبب الگوهای بارش غیرقابل پیش‌بینی شده است که منجر به تکرار دوره‌های طولانی خشکسالی در سراسر جهان شده است (Diatta *et al.*, 2020; Okorie *et al.*, 2019). خشکسالی به‌طور قابل توجهی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و باعث تأخیر در رشد، اختلال در فیزیولوژی و آسیب به تولید مثل می‌شود (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam, 2020). امروزه انتخاب گیاهان مناسب با شرایط مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حائز اهمیت است (طباطبایی‌زاده و همکارن، ۱۳۹۹). با توجه به ارزش گیاهان دارویی و نقش اساسی آن‌ها در پیشبرد اهداف ملی، منطقه‌ای و جهانی، تشخیص وضعیت رشد گیاهان دارویی در شرایط کم آبی و خشکی راهنمای مناسبی جهت کشت این گیاهان هستند. (کمالی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به سازگاری گیاهان دارویی با بدن، افزایش نیاز به دارو و تأکید سازمان بهداشت جهانی بر جایگزینی دارویی شیمیایی به مصرف داروهای گیاهی، تقاضای مصرف این گیاهان روز به روز افزایش می‌یابد (رحیمی تنها و همکاران، ۱۳۹۵).

گیاه دارویی مریم نخودی (کلپوره) تفتانی یا بلوچستانی یا کوهی (*Teucrium stocksianum* Boiss) در جهان در کشورهای ایران، پاکستان، عربستان، امارات متحده عربی و همچنین عمان پراکنده است(Rahim *et al.*, 2012; Nadaf *et al.*, 2003). پراکنش این گیاه در ایران شامل جنوب ایران، استان هرمزگان (بین حاجی‌آباد و بندرعباس، گهره حاجی‌آباد) و استان سیستان و بلوچستان (مکران، سرباز، بین بمپور و نیک شهر، بام پشت) است (مظفریان، ۱۳۹۱؛ جمزاد، ۱۳۹۱). این گیاه دارویی از خانواده نعناعیان است و از نظر خواص درمانی حائز اهمیت فراوانی است، زیرا دارای اثرات ضددیابت (Islam *et al.*, 1999)، ضدزخم (Islam *et al.*, 2002) و همچنین دارای خواص آنتی‌اکسیدان، ضددرد و ضدالتهاب (Shah and Shah, 2015; Radhakrishnan *et al.*, 2001) می‌باشد. مطالعات فارماکولوژیک نشان داده که عصاره مریم نخودی بلوچستانی حاوی عوامل محافظ کبدی است که می‌تواند علائم آسیب کبدی را در موش کاهش دهد (Rasheed, 1995). علاوه بر این، مشخص شده که عصاره مریم نخودی بلوچستانی دارای خواص ضداولسروژنیک و محافظ سلولی روی ضایعات مختلف معده است (Islam *et al.*, 2002) و منبع بالقوه و ایمن ترکیبات ضدباکتری و ضدقارچی است. ماده مؤثره عمده گیاه مریم نخودی بلوچستانی آلفاپینن، بتاپینن، کادنین میرسین و بتاکاریوفیل گزارش شده است (Mukarram shah, 2015). این ترکیبات جز دسته مونوترپن‌های دو حلقه‌ای بوده که در ساخت فرآورده‌های نظیر داروهای ضدعفونی‌کننده، حشره‌کش‌ها، صابون، عطر و ... کابرد فراوانی دارند (جوکار و همکاران، ۱۳۸۴).

استفاده بی‌رویه انسان، چرای بیش از اندازه دام سبب از بین رفتن مراتع و خطر انقراض این گیاهان گردیده است. لذا علاوه بر حفاظت از عرصه‌های طبیعی، تمهیداتی جهت اهلی کردن آنها ضروری به نظر می‌رسد. تغییرات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاهان دارویی تحت تنش خشکی موضوع مطالعات گسترده‌ای توسط دانشمندان بوده است (Sozen *et al.*, 2017). در گیاه ریحان در شرایط خشکی شدید منجر به ارتفاع کوتاه‌تر، برگ‌های باریک‌تر و کوچک‌تر و تاج پوشش کمتر نسبت به گیاه شاهد و همچنین ۵۰ درصد کاهش در وزن تر و خشک و عملکرد گیاه گردید (Mulugeta and Radacsi, 2022). در مطالعه‌ای دیگر تنش خشکی شدید سبب کاهش ارتفاع کل انشعابات ساقه، ارتفاع ساقه‌چه‌ها و وزن تر و خشک ساقه گیاه مریم نخودی گردید (طباطبایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش محتوای کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با افزایش تنش خشکی در همیشه بهار (قدیه‌زرین آبادی و همکاران، ۱۳۹۸)، رزماری (Hassan *et al.*, 2013; Farhoudi, 2013)، آویشن دنایی (Bahreininejad *et al.*, 2013) گزارش شده است. افزایش قابل توجه فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز در درخت آرگان در شرایط تنش خشکی نشان داده شده که نشان‌دهنده نقش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

آن‌ها به‌عنوان یک خط دفاعی مؤثر آنتی‌اکسیدانی در برابر آسیب اکسیداتیو است (Chakhchar *et al*., 2011). علی‌رغم مطالعات گسترده در مورد تأثیر تنش‌های محیطی بر رشد گیاهان دارویی، تا کنون مطالعه‌ای در مورد واگنش گیاه دارویی مریم نخودی بلوچستانی (*Teucrium stocksianum* Boiss.) به تنش‌های محیطی، ارزیابی امکان کشت و استقرار آن صورت نگرفته است. با توجه به نقش دارویی ارزشمند این گیاه و پراکنش محدود آن در ایران، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر چهار رژیم آبیاری کنترل شده بر روی پارامترهای موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و در نهایت تعیین مناسب‌ترین رژیم آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذر مریم نخودی بلوچستانی، از منطقه سیرمند، هرمزگان، ایران (۴۱۴۴۵۶ طول جغرافیایی، ۳۰۹۵۱۱۷ عرض جغرافیایی و ۱۲۲۰ متر بالاتر از میانگین سطح دریا) در تیرماه سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری و در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. ابتدا گلدان‌ها ضدعفونی و شسته شدند، پس از خشک شدن وزن گلدان‌های خالی اندازه‌گیری شد و به هر گلدان (ارتفاع ۳۰ و قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر) ۲ کیلوگرم خاک نسبتاً سبک (شنی لومی) (دارای خاک اتوکلاو شده با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر) اضافه شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ گزارش شده است. گیاهچه‌های چهار برگی به گلدان‌ها در گلخانه با شرایط دمای (۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت ۷۰-۶۵ درصد منتقل شدند. چهار هفته بعد از استقرار گیاهچه‌ها تنش خشکی (آب-مقطر) در پنج سطح (صفر، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز) به گیاهچه‌ها اعمال گردید. برای اعمال تنش خشکی، ظرفیت زراعی خاک براساس روش وزنی تعیین شد و سپس تبدیل به روز شد. جهت تعیین ظرفیت زراعی، گلدان‌ها با خاک مورد نظر در یک شرایط یکسان گلخانه تا حدی از آب اشباع می‌شوند تا آبی از کف گلدان خارج نشود این حالت به عنوان وزن خاک در حالت اشباع Fw درنظر گرفته می‌شود. سپس خاک گلدان را با آون کاملاً خشک شده و وزن آن با fd نشان می‌دهند. حاصل تفریق دو عدد برابر است با ظرفیت زراعی که با fc نشان می‌دهند. Fc = Fw – Fd (Baghizade *et al*., 2019). پس از آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی، روزانه گلدان‌ها وزن و درصدهای کاهش ظرفیت زراعی (شاهد ۱۰۰ درصد، ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی) تعیین و به روز (شاهد، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز) تبدیل گردید (رحیمی تنها و همکاران، ۱۳۹۵؛ Razmjoo *et al*., 2008). دور آبیاری گیاهان در شاهد هر دو روز بود. بعد از سه ماه از اعمال تنش، در اواسط فروردین‌ماه ۱۴۰۱ نمونه‌برداری از گیاهان پس از کامل شدن رشد رویشی جهت اندازه‌گیری پارامترهای رشدی، فیزیولوژیک و بیوشیمایی انجام شد و نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری طول و عرض برگ، طول ریشه، عرض گیاه، قطر ساقه اصلی و فرعی، از خط‌کش میلی‌متری استفاده شد و ارتفاع گیاه از سطح خاک تا آخرین برگ ثبت و گزارش شد. قسمت‌های شاخه و ریشه هر گیاه به‌طور جداگانه برداشت و با آب‌مقطر استریل شسته شد تا ذرات خاک از بین برود. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک (ساقه و ریشه) بعد از قرارگیری این اندام‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در داخل آون، وزن آن‌ها توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ از روش Karimi و همکاران (۲۰۱۲) استفاده گردید. تعیین درصد نشت الکترولیت با استفاده از روش Sairam و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه گردید. رنگیزه‌های گیاهی شامل کلروفیل کل، کلروفیل a، b و کاروتنوئید با روش Lichtenthaler و Buschmann (۲۰۰۱) استخراج شد. پرولین در نمونه‌های برگ برداشت شده با روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. سنجش میزان فعالیت پلی‌فنل اکسیداز با روش Putter (۱۹۷۴) انجام شد. سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با استفاده از روش Heath و Packer (۱۹۶۸) براساس تشکیل مالون

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

جدول ۱- نتایج آنالیز خاک مورد مطالعه

ترکیب	مقدار	ترکیب	مقدار
شن (٪)	۶۹/۶	کلر (meq/lit)	۸
سیلت (٪)	۱۷	نیتروژن (٪)	۰/۰۱۷
رس (٪)	۱۳/۴	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۸۳/۲۵
pH	۷/۹	فسفر (mg/kg)	۲/۶
هدایت الکتریکی (µS/cm)	۴۴۰	سدیم (meq/lit)	۷/۷۳
کربن آلی (٪)	۰/۴	منیزیم (meq/lit)	۱
سولفات (meq/lit)	۰/۲	کلسیم (meq/lit)	۲/۳
بی کربنات (meq/lit)	۳		

دی‌آلدئید حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با تیوباربیتوریک اسید انجام شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش Hasanuzzaman و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد. میزان فلاونوئید کل با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد (Toor and Savage, 2005). محتوای آنتوسیانین با روش Nadernejad و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) انجام شد. داده‌های حاصل پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌های ثبت شده مورد تجزیه و تحلیل آماری تجزیه واریانس (ANOVA)، همبستگی و رگرسیون توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) قرار گرفتند و میانگین مقادیر با آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه شد ($P <$ ۰/۰۵) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT (۲۰۲۱) انجام شد.

نتایج

پارامترهای مورفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه مریم نخودی بلوچستانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار خشکی شدید و خیلی شدید (۸ و ۱۰ روز) به‌ترتیب سبب کاهش طول برگ به‌میزان ۳۲ و ۴۹ درصد در مقایسه با شاهد گردید. درحالیکه بین تنش خشکی متوسط و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار خشکی متوسط و شدید (۶، ۸ و ۱۰ روز) به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش عرض برگ به‌میزان ۲۰، ۲۶ و ۸۷ درصد نسبت به شاهد شد. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه نشان داد که تیمار خشکی خیلی شدید (۱۰ روز) به‌طور معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع گیاه به‌میزان ۳۳ درصد گردید. درحالیکه بین تنش خشکی خفیف و متوسط با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار خشکی ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش طول ریشه گیاه به‌میزان ۲۰ و ۳۸ درصد گردید. تیمار خشکی ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش وزن تر ساقه به‌میزان ۱۵، ۲۳ و ۴۳ درصد گردید. همچنین تیمار خشکی ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش وزن خشک ساقه به‌میزان ۱۸، ۳۳ و ۵۰ درصد گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار خشکی ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش وزن تر ریشه به‌میزان ۷ و ۱۴ درصد شد. همچنین تیمار خشکی ۸ و ۱۰ روز به طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب کاهش وزن خشک ریشه به‌میزان ۲۱ و ۳۵ درصد شد (جدول ۳).

پارامترهای فیزیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مریم نخودی بلوچستانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین مقدار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی بر برخی پارامترهای رشدی گیاه مریم نخودی بلوچستانی

منابع تغییر	درجه آزادی	طول برگ	عرض برگ	ارتفاع بوته	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
خشکی	۴	۰/۳۱۲**	۰/۰۸**	۱۹/۱۷**	۲۹/۷**	۷/۶۷**	۲/۹۴**	۰/۰۳**	۰/۰۴**
خطای آزمایش	۱۵	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۷۹	۲	۰/۲	۰/۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۷	۷/۱	۸/۵	۹/۵	۷/۸	۸/۶	۵/۳	۱۱/۸

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای رشدی گیاه مریم نخودی بلوچستانی تحت تیمار خشکی

تیمار	سطح (روز)	طول برگ (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
تنش خشکی	۰	۱/۳۷±۰/۰۲^{abc}	۰/۷۵±۰/۰۲۷^{a}	۱۳/۵±۱/۵۱^{ab}	۱۷/۴۵±۰/۴۷^{ab}	۷/۷±۰/۱۷^{a}	۳/۹±۰/۰۴۹^{a}	۱/۵۵±۰/۰۳۳^{a}	۰/۶۴±۰/۰۲۶^{a}
	۴	۱/۲۷±۰/۰۴۷^{bc}	۰/۷±۰/۰۰۰^{ab}	۱۳/۸±۰/۳۲^{ab}	۱۶/۴۵±۰/۹۸^{ab}	۷/۵±۰/۱۶^{a}	۳/۹±۰/۰۷۲^{ab}	۱/۵۴±۰/۰۳۵^{a}	۰/۶۳±۰/۰۳۰^{a}
	۶	۱/۲۲±۰/۰۴^{c}	۰/۶±۰/۰۰۱^{c}	۱۴/۵±۰/۰۰۱^{ab}	۱۶±۰/۴۷۱^{b}	۶/۵±۰/۱۳۶^{b}	۳/۲±۰/۰۹۵^{c}	۱/۵۳±۰/۰۳۴^{ab}	۰/۶۲±۰/۰۲۶^{a}
	۸	۰/۹۲±۰/۰۲۷^{d}	۰/۵۵±۰/۰۲^{c}	۱۲±۰/۸۱۷^{b}	۱۳/۸±۰/۹۵۳^{c}	۵/۹±۰/۳۲۱^{b}	۲/۶±۰/۱۹^{d}	۱/۴۴±۰/۰۴۷^{b}	۰/۵±۰/۰۳۴^{b}
	۱۰	۰/۶±۰/۰۴۷^{e}	۰/۳۷±۰/۰۲۷^{d}	۹±۰/۵۴۴^{c}	۱۰/۷±۰/۳۵^{d}	۴/۳±۰/۴۰۸^{c}	۱/۹۲±۰/۲۱۶^{e}	۱/۳۳±۰/۰۶۴^{b}	۰/۴۱±۰/۰۳۴^{c}

میانگین دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مریم نخودی بلوچستانی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	محتوای آب نسبی	نشت یونی
خشکی	۴	۳۴/۳**	۵۰/۴**	۲۴۹**	۳۴/۷**	۹۰۲/۵**	۳۵۷/۳**
خطای آزمایش	۱۵	۰/۸	۳	۷/۱	۱/۲	۴/۵	۷/۸
ضریب تغییرات (٪)		۵/۱	۱۰/۴	۱۱/۲	۵/۸	۳/۳	۱۰/۲

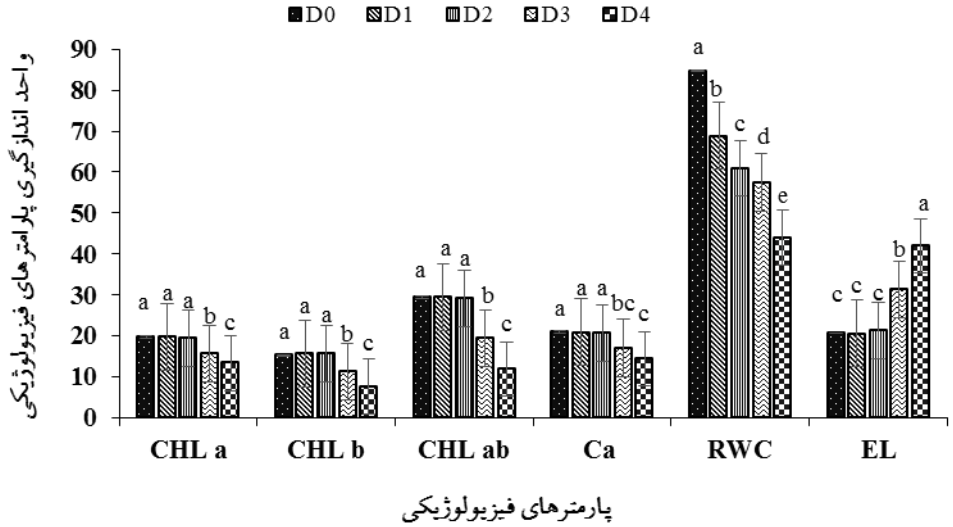
* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید مربوط به شاهد و تیمار تنش خشکی خفیف و ملایم بود که از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند و کمترین مقدار این صفات به‌طور معنی‌داری مربوط به تیمار تنش خشکی شدید بود. مقایسه میانگین محتوای آب نسبی نشان داد بیشترین میزان مربوط به شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود. بیشترین میزان نشت یونی متعلق به تیمار تنش خشکی شدید و کمترین میزان آن مربوط به شاهد و تیمار خشکی خفیف و متوسط بود (شکل ۱).

پارامترهای بیوشیمیایی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار خشکی بر پارامترهای بیوشیمیایی برگ در برگ گیاه مریم نخودی بلوچستانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تیمار خشکی سبب افزایش میزان پرولین گردید به‌نحوی‌که تیمارهای تنش خشکی ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب افزایش میزان پرولین به‌میزان ۱۷، ۳۰، ۳۰ و ۶۶ درصد نسبت به شاهدگردیدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]



شکل ۱- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی تحت تنش خشکی در گیاه مریم نخودی بلوچستانی (میانگین دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند). (CHL a= کلروفیل، CHL b= کلروفیل، CHL ab= کلروفیل کل، Ca = کارتنوئید، RWC= محتوای آب نسبی،EL = نشت یونی) (تنش خشکی: D0= بدون تنش خشکی (شاهد)، D1= ۴ روز، D2= ۶ روز، D3= ۸ روز و D4= ۱۰ روز)

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر پارامترهای بیوشیمیایی گیاه مریم نخودی بلوچستانی

منابع تغییر	درجه آزادی	پلی‌فنل اکسیداز	کاتالاز	آنتوسیانین	فلاونوئید	مالون دی‌آلدهید	پرولین
خشکی	۴	۱۰**	۱/۸۱**	۰/۱۶**	۷/۷۵**	۱/۹۷**	۰/۱۲۹**
خطای آزمایش	۱۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۲	۱۰/۸	۱۲/۷	۷/۲	۱۰	۸

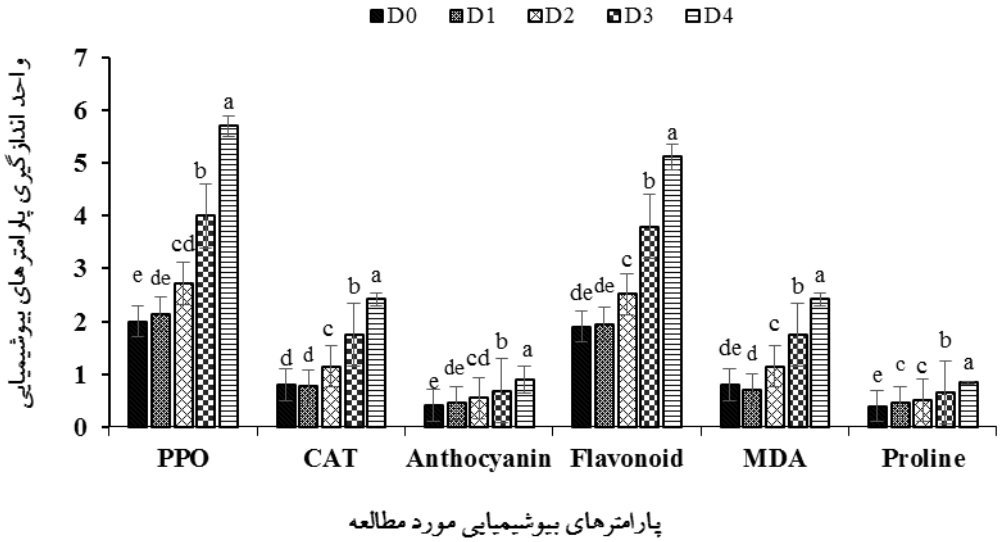
*** و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد**

نتایج مقایسه میانگین میزان فلاونوئید نشان داد که، تیمار تنش خشکی متوسط و شدید به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب افزایش میزان فلاونوئید گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار تنش خشکی ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب افزایش آنتوسیانین به‌میزان ۱۰، ۳۳، ۶۸ درصد گردید. نتایج مقایسه میانگین کاتالاز نشان داد که تیمار تنش خشکی سبب افزایش میزان کاتالاز شد به نحوی‌که سطوح خشکی ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب سبب افزایش کاتالاز به‌میزان ۴۳، ۱۱۹ و ۲۰۲ درصد گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان پلی‌فنل اکسیداز گردید به نحوی‌که سطوح خشکی ۶، ۸ و ۱۰ روز به‌ترتیب سبب افزایش میزان پلی‌فنل اکسیداز به ۳۶، ۱۰۲ و ۱۸۸ درصد گردید. مقایسه میانگین میزان مالون دی‌آلدئید نشان داد که تیمار تنش خشکی متوسط و شدید سبب افزایش معنی‌دار میزان مالون دی‌آلدئید گردید (شکل ۲).

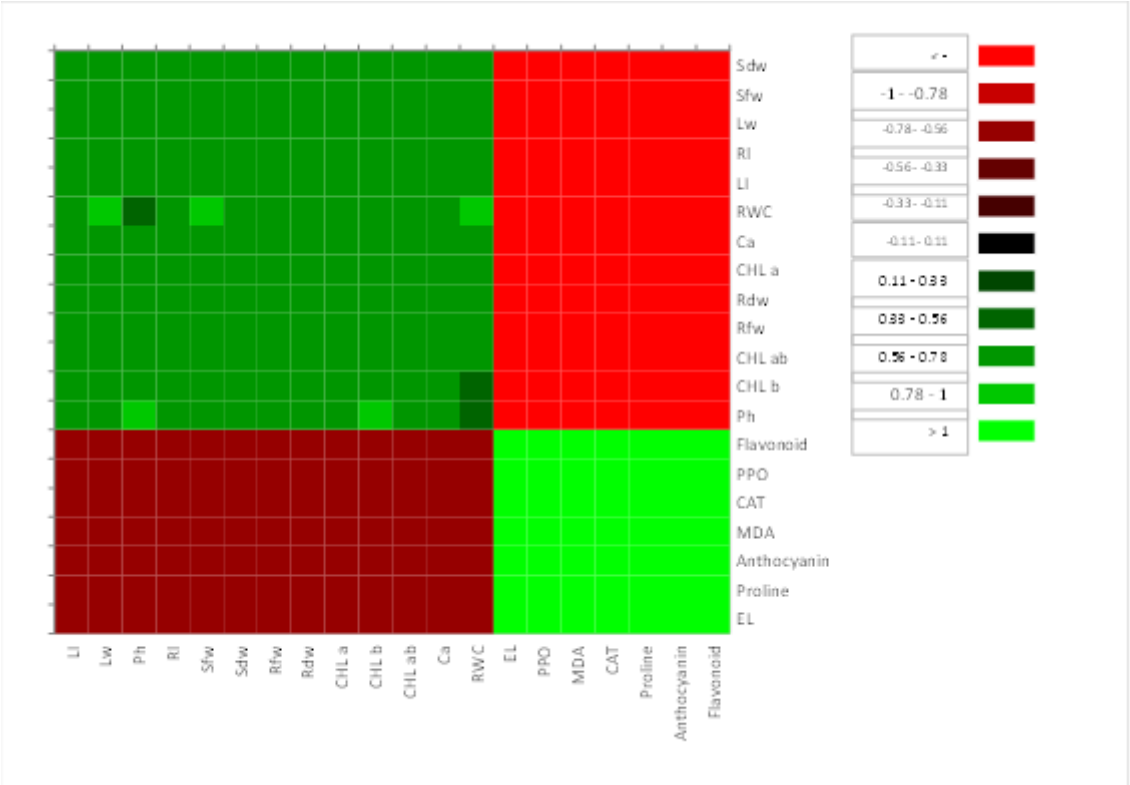
همبستگی: بررسی جدول ضرایب همبستگی صفات نشان داد که طول برگ با صفات عرض برگ، ارتفاع بوته، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، محتوای نسبی آب و نشت یونی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱٪ و با طول ریشه همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۵٪ دارد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]



شکل ۲- مقایسه میانگین پارامترهای بیوشیمیایی تحت تنش خشکی در گیاه مریم نخودی بلوچستانی (میانگین دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند). (PPO=پلی‌فنل اکسیداز، CAT=کاتالاز، Anthocyanin= آنتوسیانین، Flavonoid = فلاونوئید، MDA= مالون دی آلدهید ،Proline =پرولین) (تنش خشکی: D0= بدون تنش خشکی (شاهد)، D1= ۴ روز، D2= ۶ روز، D3= ۸ روز و D4= ۱۰ روز)



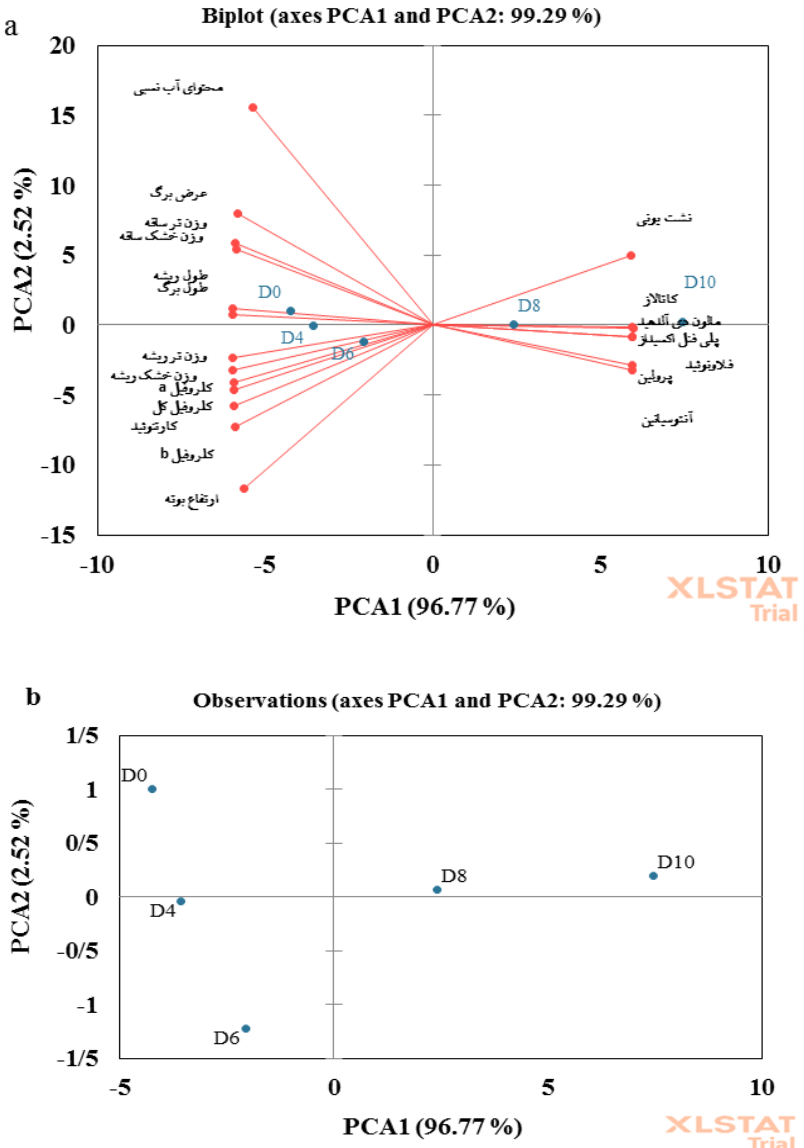
شکل ۳- نقشه حرارتی نتایج همبستگی ساده بین صفات موفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی تحت تنش خشکی در گیاه مریم نخودی بلوچستانی (رنگ سبز نشان‌دهنده همبستگی مثبت و رنگ زرد نشان‌دهنده همبستگی منفی است).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

جدول ۶- تجزیه رگرسیون صفت وزن خشک اندام هوایی مؤثر بر سایر صفات اندازه‌گیری شده

اجزای مدل رگرسیونی				مدل رگرسیونی			
R^2	P	F	متغیرهای مستقل در معادله	R^2	P	F	معادله
۰/۹۳	۰/۰۰۱	۲۶۷/۶	وزن تر اندام هوایی	۰/۹۸	۰/۰۰۰۱	۲۶۷/۶	= وزن خشک اندام هوایی ۰/۵ (وزن تر ساقه) +۱/۸۲– ۰/۰۵– (ارتفاع بوته) + (کلروفیل b ۰/۰۵)+ ۱/۶۴ (وزن خشک ریشه) + ۰/۰۱(نشت یونی) +
۰/۹۵	۰/۰۱	۷/۸	کلروفیل b				
۰/۹۶	۰/۰۴	۴/۶۹	ارتفاع بوته				
۰/۹۷	۰/۰۱	۷/۲	وزن خشک ریشه				
۰/۹۸	۰/۱	۲/۷۹	نشت یونی				



شکل ۴- پراکنش دوبعدی a: صفات موفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی b: تیمار خشکی اعمال شده (تنش خشکی: D0= بدون تنش خشکی (شاهد)، D1= ۴ روز، D2= ۶ روز، D3= ۸ روز و D4= ۱۰ روز)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

به‌علاوه این صفت با صفات پلی‌فنل اکسیداز، مالون دی‌آلدهید، کاتالاز، پرولین، آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد. صفات عرض برگ، ارتفاع بوته، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید، محتوای نسبی آب و نشت یونی با صفات پلی‌فنل اکسیداز، مالون دی-آلدهید، کاتالاز، پرولین، آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۱٪ و با طول ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ دارد. فنل اکسیداز با صفات مالون دی‌آلدهید، کاتالاز، پرولین، آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد. مالون دی‌آلدهید با صفات کاتالاز، پرولین، آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد. کاتالاز با صفات پرولین، آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد. پرولین با صفات آنتوسیانین و فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد. همچنین آنتوسیانین با صفت فلاونوئید همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ دارد (شکل ۳).

رگرسیون: نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که پنج صفت وزن تر اندام هوایی، کلروفیل b، ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و نشت یونی به عنوان مؤثرترین صفات تعیین‌کننده وزن خشک اندام هوایی وارد مدل شدند. ضریب تبیین تجمعی صفات مذکور در تأثیرگذاری بر وزن خشک اندام هوایی حدود ۹۸٪ است (جدول ۶).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی: نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۲۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. که سهم هر یک از آن‌ها به ترتیب ۹۶/۷۷ و ۲/۵۲ درصد بود. کلیه صفات در مؤلفه اول از ضرایب بالاتری برخوردار بودند. تیمار خشکی کم و متوسط در مؤلفه اول بر صفات طول و عرض برگ، ارتفاع و عرض بوته، طول ریشه، عرض گیاه، قطر ساقه اصلی و فرعی، وزن تر اندام هوایی و ریشه و وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید مؤثر بودند. تیمار خشکی شدید و خیلی شدید بر نشت یونی، پرولین، کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز، مالون دی آلدهید، فلاونوئید و آنتوسیانین مؤثر بودند (شکل ۴).

بحث

امروزه مهم‌ترین پیامد تغییر اقلیم، تنش خشکی است. برای مقابله با تنش شدید خشکی در آینده نزدیک، تعیین فعل و انفعالات، مکانیسم‌ها و مسیرهای سیگنالی مسئول افزایش تحمل به خشکی در موجودات خشکی به شدت ضروری است (Yang *et al*., 2021). نتایج این پژوهش نشان داد که طول برگ، عرض برگ، ارتفاع گیاه، طول ریشه، عرض گیاه، قطر ساقه اصلی و قطر ساقه فرعی، وزن تر ساقه و ریشه و وزن خشک ساقه و ریشه در گیاه مریم نخودی بلوچستانی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به آبیاری در حد ظرفیت زراعی و تنش خشکی متوسط کاهش معنی‌دار رشد نشان داد. کاهش میزان صفات مورفولوژیک تحت شرایط تنش خشکی شدید در گیاه مورد مطالعه در این آزمایش مطابق با نتایج بدست آمده روی سایر گیاهان دارویی نظیر آویشن دنایی (Bahreininejad, 2013)، رزماری (Hassan *et al*., 2013)، بابونه (Baghalian *et al*., 2011)، اسطوخودوس (خراسانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴)، تحت شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر بود. علائم بارز کمبود آب در طول دوره رویشی شامل کاهش ارتفاع بوته، پژمردگی برگ، تغییر تعداد و مساحت برگ‌ها است. ارتفاع بوته که به شدت تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته است، ارتباط نزدیکی با بزرگ شدن سلول و پیری برگ دارد. کاهش ارتفاع گیاه عمدتاً به‌دلیل کاهش انبساط سلولی، افزایش ریزش برگ و اختلال در میتوز در شرایط خشکی است (Msaada *et al*., 2007). پژوهش قبلی نشان داد اولین مرحله دفاع گیاه در برابر تنش خشکی کاهش سطح برگ و طول ساقه است که به علت اختلاف پتانسیل آب در مدت دوره تنش خشکی و در نتیجه کاهش آب بافت‌های گیاه اتفاق می‌افتد (Hassan *et al*., 2013). با پیشرفت تنش خشکی فتوسنتز برگ کاهش می‌یابد و در نتیجه نیاز قندی جهت تنظیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

اسمزی در گیاه زیاد شده و به‌دنبال آن کاهش معنی‌دار رشد ریشه اتفاق می‌افتد (Dinakar *et al*., 2012). همچنین کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول ریشه و وزن تر و خشک تحت تنش آبی شاید به‌دلیل کاهش آماس، متوقف شدن تقسیم و توسعه سلول در ساقه و برگ‌ها و پیری زودرس برگ می‌تواند ناشی از کاهش فشار تورژسانس باشد (Bahreininejad *et al*., 2013). به علاوه کاهش رشد و نمو گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدید می‌تواند در اثر افزایش اسید آبسیزیک، کاهش اکسین و سیتوکینین نسبت به شرایط بدون تنش باشد (طباطبایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش زیست‌توده تحت شرایط خشکی شدید می‌تواند تحت تأثیر رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی، متابولیسم نیتروژن و فشار آماس سلولی ناشی از کاهش سطح باشد (Bandurska, 2022). تنش خشکی منجر به از دست دادن تورژسانس، کاهش جذب نوری و متابولیت‌های مورد نیاز برای تقسیم سلولی می‌شود. در نتیجه، اختلال در میتوز، طویل شدن و انبساط سلولی منجر به کاهش رشد می‌شود (Mulugeta and Radacsi, 2022).

در مطالعه حاضر محتوی رطوبت نسبی آب برگ در سطوح خشکی شدید نسبت به شاهد و سطوح خشکی متوسط و خفیف کاهش یافت. مطالعات انجام‌شده روی گیاهان دارویی نظیر ریحان (Mulugeta and Radacsi, 2022)، همیشه بهار (قدیه‌زرین آبادی و همکاران، ۱۳۹۸)، رزماری (Hassan *et al*., 2013)، مرزه سهندی (شریعت و همکاران، ۱۳۹۷) و کلپوره (طباطبایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹) کاهش محتوی نسبی آب تحت تنش خشکی را نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری وضعیت آب بافت‌های گیاهی محتوای رطوبت نسبی به‌علت سرعت و سهولت اندازه‌گیری معیارهای قابل اعتماد هستند به علاوه محتوای نسبی آب در فعالیت‌های متابولیکی در بافت‌ها نقش دارند. محتوی رطوبت نسبی تحت تأثیر مراحل رشد گیاه و شرایط محیطی تغییر می‌کنند که می‌توان از این شاخص به شناسایی سطوح قابل تحمل تنش خشکی توسط گیاهان استفاده نمود (Tatrai *et al*., 2016). همچنین گزارش شده است که گیاهان متحمل به خشکی دارای محتوای آب نسبی بالاتر به‌علت توانایی جذب آب از پروتوپلاست، آب بیشتری را در خود نگهداری می‌کنند (Radacsi *et al*., 2010). کاهش محتوای نسبی آب منجر به از دست دادن تورژسانس می‌شود که به شدت بر رشد گیاه و تولید زیست‌توده از طریق تأثیر آن بر گسترش سلول تأثیر می‌گذارد (Beadle, 1985). در مطالعه حاضر در شرایط اعمال تنش شدید خشکی، میزان نشت یونی افزایش یافت. مشابه این نتایج در استویا (Srivastava and Srivastava, 2014)، خرفه (Jin *et al*., 2015) و باقلا (Siddiqui *et al*., 2015) گزارش شده است. جهت سنجش میزان تراوایی غشا از شاخص نشت یونی استفاده می‌شود. سطوح بالای تنش خشکی سبب آسیب به غشا سلولی به‌علت سطح بالای گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه افزایش میزان نشت یونی می‌گردد. نتایج نشان داد افزایش شدت و مدت زمان تنش خشکی باعث ایجاد اختلال شدیدتر در فعالیت‌های بیولوژیک غشای سلولی، کاهش سیالیت آن و غیرفعال‌سازی یا کاهش سرعت پمپ شدن یون‌های غشایی می‌شود، بنابراین بر میزان نشت یون‌ها نیز افزوده گردید (Mohammadi *et al*., 2011). نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح شدید تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها گردید. کاهش کلروفیل تحت تنش خشکی در گیاه مریم نخودی بلوچستانی نشان داد که تنش خشکی بر بیوسنتز کلروفیل این گیاه تأثیر گذاشته است. در گیاه خرفه تنش خشکی باعث مهار سنتز کلروفیل در گیاهان شد و پروتئین‌های دخیل در سنتز کلروپلاست با مشکل مواجه شدند (Jin *et al*., 2015). تخریب پروتئین‌های غشا تیلاکوئیدی، اثر فعالیت آنزیم کلروفیلاز، پراکسیداز، ترکیبات فنلی، اختلال در فعالیت آنزیم‌های سنتز کلروفیل و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌تواند سبب کاهش کلروفیل در برگ‌ها ناشی از تنش خشکی شود. کاروتنوئیدها نقش حفاظتی در سیستم فتوسنتزی ایفا می‌کنند و در مواردی دارای همبستگی بالایی با شاخص تحمل به خشکی نشان می‌دهند (Cui *et al*., 2012). مطالعات قبلی نشان داده که کاهش سرعت فتوسنتز تحت تنش خشکی نتیجه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

محدودیت روزنه‌ای و محدودیت غیرروزنه‌ای است. محدودیت روزنه‌ای عامل اصلی کاهش سرعت فتوسنتز در شرایط خشکسالی ملایم بود. با این حال، در شرایط خشکسالی شدید، عوامل غیرروزنه‌ای دلیل اصلی کاهش نرخ فتوسنتز بودند. هنگامی که آب کمبود داشته باشد، به‌طور مستقیم از طریق کاهش در دسترس بودن دی‌اکسید کربن منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود که منجر به محدودیت‌های انتشار روزنه و مزوفیل می‌شود. با این حال، با افزایش کمبود آب، عوامل غیرروزنه‌ای نقش مهمی را ایفا کردند. در این زمان، سرعت جذب دی‌اکسید کربن فتوسنتزی و فعالیت یا محتوای اجزای بسیاری از فرآیندهای مهم مرتبط با فتوسنتز مربوط می‌شود، کاهش می‌یابد (Flexas *et al*., 2004).

نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح متوسط و شدید و خیلی شدید تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار پرولین گردید. در آزمایشات متعددی افزایش میزان پرولین در پاسخ به تنش خشکی در گیاهان دارویی نظیر کلپوره (توحیدی و همکاران، ۱۴۰۰)، رزماری (تمدن کوشکی و ریاست، ۱۴۰۰)، تنباکو (Cirillo *et al*., 2021)، آویشن (Moradi *et al*., 2014) بادرنجبویه (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶) و همیشه‌بهار (قدیه زرین‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۸) گزارش شده است. هنگامی که گیاهان تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، تنظیم اسمزی به سه روش کاهش می‌یابد، یعنی کاهش آب درون سلولی، کاهش حجم سلول و افزایش محتویات سلولی (Osakabe *et al*., 2014). مواد تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهان عمدتاً شامل مواد تنظیم‌کننده اسمزی آلی (ترکیبات آمین (گلیسین بتائین و پلی‌آمین‌ها)، ترکیبات اسیدآمینه (پرولین) و ترهالوز، فروکتان، مانیتول) و یون‌های معدنی هستند. این مواد معمولاً با وزن مولکولی کوچک، بسیار محلول هستند و سمیت کمی برای سلول‌ها دارند. آن‌ها می‌توانند تنظیم سطح فشار اسمزی طبیعی، محافظت از فعالیت پروتئین و ساختار غشای سلولی و غیره را انجام دهند. پژوهش قبلی نشان داد تجمع پتاسیم و پرولین آزاد نقش مهمی در سازگاری گیاهان سازگار به تنش خشکی ایفا می‌کند (Wang *et al*., 2004). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که تجمع پرولین یک اقدام محافظتی توسط گیاهان برای مقاومت در برابر تنش خشکی است (Ashraf *et al*., 2007). پرولین دارای توانایی قوی برای هیدراته کردن است، بنابراین می‌تواند نقش محافظتی در ساختار سلول ایفا کند. در صورت آسیب به گیاه، پرولین با پروتئین‌ها تعامل می‌کند و یک اسکلت آب‌گریز را برای تثبیت و محافظت از ماکرومولکول‌های بیولوژیک و ساختارهای غشای سلولی تشکیل می‌دهد. پرولین همچنین انواعی از پاک‌کننده‌های رادیکال آزاد است. پرولین می‌تواند آسیب اکسیژن ناشی از استرس را از طریق از بین بردن اکسیژن منفرد و رادیکال هیدروکسیل کاهش دهد. راه دیگر پرولین برای حذف گونه‌های فعال اکسیژن، تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، سوپراکسید دسموتاز و پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز) و سایر آنزیم‌ها در گیاهان است (Osakabe *et al*., 2014).

در مطالعه حاضر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز در پاسخ به تنش خشکی شدید و خیلی شدید افزایش یافت. پتانسیل آنتی‌اکسیدانی گیاه مریم نخودی بلوچستانی در شرایط تنش متوسط و شدید بالا بود به‌دلیل اینکه گیاهان قادر به دفاع در برابر شرایط شدید تنش آبی بود، این پتانسیل زیاد بود. این نتایج با یافته‌های سایرین در گونه‌های رازیانه (داداشی جمایران و همکاران، ۱۳۹۹)، باقلا (Siddiqui *et al*., 2015)، سیاهدانه (کبیری و همکاران، ۱۳۹۲) و گیاه آرگان (Chakhchar *et al*., 2015) مطابقت دارد. محتوای فلاونوئید کل تحت تنش خشکی شدید افزایش یافت. همسو با نتایج ما تنش خشکی سبب افزایش محتوای فلاونوئید در خشخاش (داوودنیا و همکاران، ۱۳۹۶)، قره قات (Yazdi *et al*., 2018)، چتر گندمی (Yang *et al*., 2020)، شیرین‌بیان (Yang *et al*., 2007) شد. افزایش غلظت فلاونوئیدها سبب کاهش پراکسیداسیون لیپدها، نشت الکترولیت، غلظت پراکسید هیدروژن، محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش، به‌عنوان دفاع در برابر پاتوژن‌ها و آفات، به‌عنوان سیگنال‌دهی با میکروارگانیسم‌ها، به‌عنوان تنظیم حامل اکسین و رنگدانه و کاهش اثرات مخرب تنش خشکی گردید (Winkel-Shirley,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

2001) فلاونوئیدها به پاسخ‌های گیاه به تنش‌های غیرزیستی شدید کمک می‌کنند و نقش عمده‌ای در تمایز سلولی، رشد و سیگنال‌دهی دفاعی دارند (Ma *et al.*, 2014). مسیرهای بیوسنتزی این متابولیت‌های تخصصی به شدت در قلمرو گیاهی حفظ شده است، که احتمالاً نقش کلیدی در سازگاری آن‌ها با تنش‌های محیطی در طول تکامل داشته است (Agati and Tattini, 2010). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش اعمال شده به‌طور معنی‌داری موجب افزایش آنتوسیانین گردید. افزایش مقدار آنتوسیانین تحت تنش خشکی در گیاهان تنباکو (Cirillo *et al.*, 2021)، توتون (نورسته‌نیا و یوسف‌زاده، ۱۳۹۵)، مرزنجوش (فارسی و همکاران، ۱۳۹۶) و قره قات (Yazdi *et al.*, 2018) نیز گزارش شده است. تجمع آنتوسیانین‌ها، بازیگر اصلی رنگ برگ قرمز، ممکن است دو وظیفه مهم را انجام دهد. اول، آن‌ها به‌عنوان یک فیلتر برای محافظت از گیاهان در برابر نور بیش از حد خورشید عمل می‌کنند. دوم، آن‌ها از دست دادن آب گیاه را با کاهش تعرق و تراکم روزنه کنترل می‌کنند. از آنجایی که نور و دمای بیش از حد خورشید، مرتبط با تغییرات آب و هوایی، همراه با کمبود آب است، این رنگدانه‌ها ممکن است از گیاهان محافظت کرده و به زنده ماندن گیاهان در فصول گرم و خشک کمک کنند (Landi *et al.*, 2015).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر خشکی بر غلظت مالون دی‌آلدئید نشان داد که بیشترین غلظت مالون دی‌آلدئید در سطوح خشکی بالا مشاهده شد. که بیانگر تخریب غشا سلولی تحت تنش خشکی شدید بود. فعالیت آنزیم لیپوکسیژیناز سبب پراکسیداسیون لیپیدها و اختلال در ثبات غشای سلولی‌های گیاهی و افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید گردید (کبیری و همکاران، ۱۳۹۲). Farhoudi در سال ۲۰۱۳ دریافت که تنش خشکی باعث افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید در رزماری شد، اما میزان کلروفیل کل و میزان فتوسنتز را کاهش داد. تنش آبی باعث کاهش فتوسنتز گیاه، محتوای کلروپلاست و پایداری غشای سلولی در بابونه شد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۴). چربی‌های غشا اولین هدف گونه‌های فعال اکسیژن هستند و پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشا منجر به تولید مالون دی‌آلدئید می‌شود که عموماً به‌عنوان یک نشانگر زیستی آلدئید پراکسیداسیون چربی و شاخص مهمی از حساسیت به تنش در گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Turkan *et al.*, 2005).

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه زمانی که گیاه دارویی مریم نخودی بلوچستانی تحت تنش خشکی قرار گرفت، ساختار و فیزیولوژی گیاهان بر این اساس برای سازگاری با خشکی تغییر کرد. تنش خفیف و متوسط خشکی تأثیر کمی بر مریم نخودی بلوچستانی داشت. اما در شرایط تنش شدید، رشد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در همان زمان، گیاهان نیز پاسخ‌های مربوطه را به خشکی نشان دادند. افزایش مواد تنظیم‌کننده اسمزی ظرفیت جذب آب گیاهان را افزایش داد، در حالی که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن تولیدشده در پاسخ به تنش خشکی را کاهش داد. همه این تغییرات مثبت مکانیسم مقاومت به تنش خشکی این گیاه را تشکیل می‌دهند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آینده برای معرفی گیاهان مقاوم به خشکی بکار برود.

منابع

تمدن کوشکی، ل. و ریاست، م. (۱۴۰۰) تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و ترکیبات فنلی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۴۴۸-۴۳۹.

توحیدی، ز.، سبحانیان، ح. و باقی‌زاده، ا. (۱۴۰۰) ارزیابی و مقایسه ده اکوتیپ از گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium* L.) در تحمل به تنش خشکی. فیزیولوژی محیطی گیاهی ۱۶: ۱۳۸-۱۲۳.

جم‌زاد، ز. (۱۳۹۱) فلور ایران تیره نعنا (Lamiaceae). جلد اول. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

جوکار، ک. ف.، فولادی، ج. و بیات، م. (۱۳۸۴) بیوترانسفورماسیون بتا-پینن به آلفا-پینن توسط بیوکاتالیزورها. چهارمین همایش ملی بیوتکنولوژی ایران- تهران.

خراسانی‌نژاد، س.، سلطانلو، ح.، رمضان‌پور، س.، هادیان، ج. و آتشی، ص. (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس. به زراعی کشاورزی (مجله کشاورزی پردیس ابوریحان) ۱۷: ۹۸۸-۹۷۹.

داداشی جمایران، ق.، اصغری، ع.، عبادی، ا.، و یوسفی آذرخانیان، م. (۱۳۹۹) ارزیابی برخی خصوصیات بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانتی اکوتیپ‌های گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) تحت تأثیر تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۱۲: ۱۴۹-۱۴۰.

داودنیا، ب.، احمدی، ج. و فابریکی اورنگ، ص. (۱۳۹۶) ارزیابی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی چهار گونه از جنس Papaver. اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی ۵: ۳۶-۲۴.

رحیمی تنها، ش.، قاسم‌نژاد، ع.، بابایی‌زاد، و. ا. و علاالدین، م. ز. (۱۳۹۵) اثر همزیستی *Piriformospora indica* بر عملکرد کنگرفرنگی در شرایط تنش شوری و کم‌آبی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۳: ۵۷-۳۷.

طباطبایی‌زاده، م. ا.، کریمیان، ع. ا.، متینی‌زاده، م.، راد، م. ه. و صباغ، س. ک. (۱۳۹۹) بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium* L.) به تنش خشکی. مرتع ۱۴: ۴۶۱-۴۵۲.

شریعت، آ.، کریم‌زاده، ق.، عصاره، م. و هادیان، ج. (۱۳۹۷) کاربرد نویدبخش تنش خشکی به منظور افزایش کیفیت محصول گیاه دارویی مرزه سهندی (*Satureja sahendica* Bornm) بومی ایران. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران) ۴۹: ۱۷۷-۱۶۷.

صالحی شانجانی، پ.، ایزدپناه، م.، فلاح حسینی، ل.، رمضانی یگانه، م.، رسول‌زاده، ل.، کاوندی، آ.، سردابی، ف.، پهلوانی، م.، امیرخانی، م. و سیدیان، س. (۱۳۹۴) مقایسه اثر تنش خشکی بر تنظیم اسمزی، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و پیگمان‌ها در نمونه‌های بذری مختلف بابونه کاذب و بابونه زرد *Anthemis tinctoria* و *Tripleurospermum servanes* بانک ژن منابع طبیعی ایران. پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران) ۲۸: ۱۳۹-۱۲۶.

عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.، نادری حاجی باقرکندی، م. و مقدمی، ف. (۱۳۸۶) اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳: ۵۱۳-۵۰۴.

فارسی، عبدالهی، ف.، صالحی، ا. و قاسمی، ش. (۱۳۹۶) مطالعه صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزنجوش یک ساله (*Origanum majorana*) در پاسخ به عنصر روی در شرایط تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۰: ۵۷۰-۵۵۹.

قدیه زرین‌آبادی، ا.، رزمجو، ج.، ابدالی مشهدی، ع. و مجتی، ح. ک. (۱۳۹۸) ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) تحت تأثیر رژیم آبیاری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۳۲: ۴۶-۲۹.

کبیری، ر.، نصیبی، ف. و فرحبخش، ح. (۱۳۹۲) مطالعه برخی پارامترهای اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در گیاه سیاهدانه در شرایط کشت هیدروپونیک. فرآیند و کارکرد گیاهی ۲: ۱۹-۱۱.

کمالی‌زاده، م.، بی‌همتا، م. ر.، پیغمبری، س. ع. و هادیان، ج. (۱۳۹۴) اثر سطوح مختلف نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) بر دو ترکیب فنلی در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۱: ۴۳۵-۴۲۸.

مظفریان، و. (۱۳۹۱) شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران. فرهنگ معاصر.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

نورسته‌نیا، ا. و یوسف‌زاده، گ. (۱۳۹۵) بهبود رشد گیاهچه توتون (*Nicotiana tabacum* L.) در شرایط تنش خشکی تحت تیمار متیل جاسمونات. یافته‌های نوین در علوم زیستی (نشریه علوم) ۳: ۳۱۸–۳۰۸.

Agati, G. and Tattini, M. (2010) Multiple functional roles of flavonoids in photoprotection. The New Phytologist 186: 786-793.

Ahmad, P., Jamsheed, S., Hameed, A., Rasool, S., Sharma, I., Azooz, M. M. and Hasanuzzaman, M. (2014) Drought stress-induced oxidative damage and antioxidants in plants. In Oxidative Damage to Plants 345-367.

Ashraf, M. F. M. R. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Baghalian, K., Abdoshah, S., Khalighi-Sigaroodi, F. and Paknejad, F. (2011) Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant Physiology and Biochemistry 49: 201-207.

Baghizade, A., Haj Mohammad Rezaei, M. and Tohidi, Z. (2019) Evaluation of interaction effect of drought stress with ascorbate and salicylic acid on the activity of some antioxidant enzymes and flavonoids in *Hibiscus esculentus* L. Journal of Cellular and Molecular Research 33: 142-152.

Bahreininejad, B., Razmjou, J. and Mirza, M. (2013) Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production 7: 151-166.

Bandurska, H. (2022) Drought stress responses: Coping strategy and resistance. Plants 11: 922.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Beadle, C. L. (1985) Plant growth analysis. In Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis 20-25.

Chakhchar, A., Wahbi, S., Lamaoui, M., Ferradous, A., El Mousadik, A., Ibnsouda-Koraichi, S., Filali-Maltouf, A. and El Modafar, C. (2015) Physiological and biochemical traits of drought tolerance in *Argania spinosa*. Journal of Plant Interactions 10: 252-261.

Cirillo, V., D'Amelia, V., Esposito, M., Amitrano, C., Carillo, P., Carputo, D. and Maggio, A. (2021) Anthocyanins are key regulators of drought stress tolerance in tobacco. Biology 10: 139.

Cui, S., Hu, J., Guo, S., Wang, J., Cheng, Y., Dang, X., Wu, L. and He, Y. (2012) Proteome analysis of *Physcomitrella patens* exposed to progressive dehydration and rehydration. Journal of Experimental Botany 63: 711-726.

Diatta, A. A., Fike, J. H., Battaglia, M. L., Galbraith, J. and Baig, M. B. (2020) Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review. Arabian Journal of Geosciences 13: 595.

Dinakar, C., Djilianov, D. and Bartels, D. (2012) In desiccation tolerant plants: Energy metabolism and antioxidative stress defense. Plant Science 182: 29-41.

Farhoudi, R. (2013) Effect of drought stress on chemical constituents, photosynthesis and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* essential oil. Journal of Medicinal Plants and By-products 1: 17-22.

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. and Sharkey, T. D. (2004) Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biology 6: 269-279.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress 25-87.

Hassan, F., Ali, E. F. and El-Zahrany, O. M. (2013) Effect of amino acids application and different water regimes on the growth and volatile oil of *Rosmarinus officinalis* L. plant under Taif region conditions. European Journal of Scientific Research 101: 346-359.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics125: 189-198.

Islam, M. W., Zakaria, M. N. M., Radhakrishnan, R. and Kamil, M. (2002) Effect of *Teucrium stocksianum* on gastric ulceration and secretion in rats. Pharmaceutical Biology 40: 216-220.

Islam, M. W., Zakaria, M. N. M., Radhakrishnan, R., Ismail, A., Liu, X. M., Chan, K. and Habibullah, M. (1999) Preliminary studies on the anti-diabetic effect of *Teucrium stocksianum* Boiss. (Fam. Labiatae) in streptozotocin diabetic mice. Journal of Pharmacy and Pharmacology 51: 342-342.

Jin, R., Shi, H., Han, C., Zhong, B., Wang, Q. and Chan, Z. (2015) Physiological changes of purslane (*Portulaca oleracea* L.) after progressive drought stress and rehydration. Scientia Horticulturae 194: 215-221.

Karimi, S. A., Yadollahi, R., Nazari-Moghadam, A., Imani, and Arzani, K. (2012) In vitro screening of almond (*Prunus dulcis* (Mill.)) genotypes for drought tolerance. Journal of Biological and. Environmental Sciences 6: 263-270.

Landi, M., Tattini, M. and Gould, K. S. (2015) Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. Environmental and Experimental Botany 119: 4-17.

Lichtenthaler, H. K. and Buschmann, C. (2001) Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry 1: 4-3.

Ma, D., Sun, D., Wang, C., Li, Y. and Guo, T. (2014) Expression of flavonoid biosynthesis genes and accumulation of flavonoid in wheat leaves in response to drought stress. Plant Physiology and Biochemistry 80: 60-66.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

Mohammadi, A., Habibi, D., Rohami, M. and Mafakheri, S. (2011) Effect of drought stress on antioxidant enzymes activity of some chickpea cultivars. Am-Euras. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 11: 782-785.

Moradi, P., Ford-Lloyd, B. and Pritchard, J. (2014) Plant-water responses of different medicinal plant thyme (*Thymus* spp.) species to drought stress condition. Australian Journal of Crop Science 8: 666-673.

Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M. B., Chahed, T., Kchouk, M. E. and Marzouk, B. (2007) Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. Food Chemistry 102: 1131-1134.

Mukarram Shah, S. M. (2015) A possible anti-inflammatory mechanism of ethyl acetate extracts of *Teucrium stocksianum* Bioss. BMC Complementary and Alternative Medicine 15: 1-6.

Mulugeta, S. M. and Radacsi, P. (2022) Influence of drought stress on growth and essential oil yield of Ocimum species. Horticulturae 8: 175.

Nadaf, S. K., Al-Farsi, S. M. and Al-Hinai, S. A. (2003) Germplasm Collection of Range Land Forage and Medicinal Plant Species in North Oman. Annu Rep ICARDA–APRP. ICARDA–APRP, Dubai.

Nadernejad, N., Ahmadimoghadam, A., Hossyinifard, J. and Poorseyedi, S. (2013) Study of the rootstock and cultivar effect in PAL activity, production of phenolic and flavonoid compounds on flower, leaf and fruit in Pistachio (*Pistacia vera* L.). Iranian Journal of Plant Biology 5: 95-110.

Okorie, V. O., Mphambukeli, T. N. and Amusan, S. O. (2019) Exploring the political economy of water and food security nexus in BRICS. Africa Insight 48: 21-38.

Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. and Tran, L. S. P. (2014) Response of plants to water stress. Frontiers in Plant Science 5: 86.

Putter, J. (1974) Peroxidase. In "Methods of Enzymatic Analysis". Bergmeyer, HU.

Radacsi, P., Inotai, K., Sarosi, S., Czovek, P., Bernath, J. and Nemeth, E. (2010) Effect of water supply on the physiological characteristic and production of basil (*Ocimum basilicum* L.). European Journal of Horticultural Science 75: 193.

Radhakrishnan, R., Zakaria, M. N. M., Islam, M. W., Kamil, M., Ismail, A., Chan, K. and Al-Attas, A. (2001) Analgesic and anti-inflammatory activities of *Teucrium stocksianum*. Pharmaceutical Biology 39: 455-459.

Rahim, G., Qureshi, R., Gulfraz, M., Arshad, M. and Rahim, S. (2012) Preliminary phytochemical screening and ethnomedicinal uses of *Teucrium stocksianum* from Malakand Division. Journal of Medicinal Plants Research 6: 704-707.

Rasheed, R A. (1995) Effect of *Teucrium stocksianum* on paracetamol induced hepatotoxicity in mice. General Pharmaceuticals 26: 297-301.

Razmjoo, K. H. O. R. S. H. I. D., Heydarizadeh, P. A. R. I. S. A. and Sabzalian, M. R. (2008) Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of Matricaria chamomile. International Journal of Agriculture and Biology 451-454.

Sairam, R. K., Rao, K. V. and Srivastava, G. C. (2002) Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Journal of Plant Science 163: 1037-1046.

Salehi-Lisar, S. Y. and Bakhshayeshan-Agdam, H. (2020) Agronomic crop responses and tolerance to drought stress. In Agronomic Crops 63-91.

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H. and Battaglia, M. L. (2021) Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants 10: 259.

Shah, S. M. M. and Shah, S. M. H. (2015) Phytochemicals, antioxidant, antinociceptive and anti-inflammatory potential of the aqueous extract of *Teucrium stocksianum* bioss. BMC Complementary and Alternative Medicine 15: 1-7.

Siddiqui, M. H., Al-Khaishany, M. Y., Al-Qutami, M. A., Al-Whaibi, M. H., Grover, A., Ali, H. M., Al-Wahibi, M. S. and Bukhari, N. A. (2015) Response of different genotypes of faba bean plant to drought stress. International Journal of Molecular Sciences 16: 10214-10227.

Srivastava, S. and Srivastava, M. (2014) Morphological changes and antioxidant activity of Stevia rebaudiana under water stress. American Journal of Plant Sciences 5: 3417.

Sozen, E., Hilooglu, M. and Kandemir, A. (2017) Genetic diversity of local endemic *Teucrium leucophyllum* Montbret and Aucher ex Bentham. (Lamiaceae) in Turkey. Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research 51: 195-199.

Tatrai, Z. A., Sanoubar, R., Pluhar, Z., Mancarella, S., Orsini, F. and Gianquinto, G. (2016) Morphological and physiological plant responses to drought stress in *Thymus citriodorus*. International Journal of Agronomy 120-132.

Toor, R. K. and Savage, G. P. (2005) Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food Research International 38: 487-494.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. and Koca, H. (2005) Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Wang, S., Wan, C., Wang, Y., Chen, H., Zhou, Z., Fu, H. and Sosebee, R. E. (2004) The characteristics of Na^+, K^+ and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alxa Desert, China. Journal of Arid Environments 56: 525-539.

Winkel-Shirley, B. (2001) Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. Plant Physiology 126: 485-493.

Yang, L. L., Yang, L., Yang, X., Zhang, T., Lan, Y. M., Zhao, Y., Han, M. and Yang, L. M. (2020) Drought stress induces biosynthesis of flavonoids in leaves and saikosaponins in roots of Bupleurum chinense DC. Phytochemistry 177: 112434.

Yang, S. H., Wang, L. J. and Li, S. H. (2007) Ultraviolet-B irradiation-induced freezing tolerance in relation to antioxidant system in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. Journal Environmental and Experimental Botany 60: 300-307.

Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z. and Chen, S. (2021) Response mechanism of plants to drought stress. Horticulturae 7: 50.

Yazdi, M. E. T., Khara, J., Housaindokht, M. R., Sadeghnia, H. R., Bahabadid, S. E., Amiri, M. S. and Darroudi, M. (2018) Biocomponents and antioxidant activity of *Ribes khorasanicum*. International Journal of Basic Science in Medicine 3: 99-103.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]

Influence of Wate Stress on the Morphophysiological and Biochemical Traits of the Medicinal Plant *Teucrium stocksianum* Boiss.

Mahdiye Kamali[1], Davood Samsampour[1*], Abdoolnabi Bagheri [2], Ali Mehrafarin[3], Ahmad Homaei[4]

[1] Horticultural Sciences Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
[2] Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organiziation (AREEO), Bandar Abbas, Iran
[3] Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Alborz, Iran
[4] Department of Biology, Faculty of Marine Biology and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
(Received: 04/10/2022, Accepted: 22/11/2022)

Abstract

In order to investigate the effect of drought stress on some morphological, physiological, and biochemical traits of the medicinal plant *Teucrium stocksianum* Boiss, an experiment was conducted in the form of a completely randomized design by 5 rounds of irrigation of 0, 4, 6, 8 and 10 days and in four replications. The results showed that severe drought stress caused a significant decrease ($P < 0.05$) in leaf length and width, plant height and width, root length, plant width, the diameter of main and secondary stems, fresh weight of shoots and roots, and dry weight of shoot and root, relative humidity content, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids. The highest amount of ion leakage, proline, catalase, polyphenol oxidase, malondialdehyde, flavonoid, and anthocyanin were observed in severe drought treatment. In general, by using defense mechanisms such as reduction of morphological traits, rapid accumulation of organic substances regulating osmosis, and increasing the activity of antioxidant enzymes, the medicinal plant *Teucrium stocksianum* Boiss showed a suitable response to drought stress and absorbed nutrients by spending minimal energy and the growth continues.

Keywords: Drought Stress, Growth parameters, Physiology parameters, Biochemical parameters *Teucrium stocksianum* Boiss

Corresponding author, Email: Samsampoor@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.19.9]