امکان سنجی کشت ژنوتیپ های *Thymus* تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب در شرایط آب و هوایی سنندج

میثم یوسفوند[۱]، منصور سراجوقی[۲]، خسرو محمدی[۳]، بابک پاساری[۴] و فرزاد فیاض[۵]

۱، ۳، ۴ و ۵) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
۲) گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
نویسنده مسئول[*]:msarajuoghi@gmail.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۹/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۷**

چکیده

با توجه به کمبود آب در بخش کشاورزی، مدیریت مصرف آب جهت توسعه کشت ضروری است. یکی از گیاهان مهم که امروزه سطح زیر کشت آن در ایران در حال افزایش است، ژنوتیپ‌های مختلف *Thymus* می باشد که عملکرد کمی و کیفی آن عمدتاً تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد. به منظور بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف *Thymus*، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی و آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. تنش کمبود آب به عنوان عامل اصلی در پنج سطح شامل: ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی یا آبیاری کامل (به عنوان شاهد)، ۸۰٪ ظرفیت زراعی (کم آبی نسبتاً ملایم)، ۶۰٪ ظرفیت زراعی (کم آبی ملایم)، ۴۰٪ ظرفیت زراعی (کم آبی نسبتاً شدید) و ۲۰٪ ظرفیت زراعی (کم آبی شدید) و ژنوتیپ های *Thymus* به عنوان عامل فرعی شامل: دنایی (*Thymus daenensis*)، شیرازی (*Zataria multiflora*)، کرمانی (*Thymus carmanicus*) و باغی (*Thymus vulgaris*) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه‌های آماری آزمایش نشان داد که تنش کمبود آب و تفاوت بین گونه اثر معنی‌دار بر صفات رشدی، عملکرد سرشاخه، انباشت پرولین و محتوی تیمول داشتند. با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش و عملکرد سرشاخه گلدار کاهش و محتوی اسانس، تیمول، کارواکرول، پرولین و قندهای محلول افزایش یافت. با توجه به یافته‌های آزمایش، ترکیب تیماری گونه باغی همراه با تنش کم آبی ملایم (ظرفیت زراعی ۶۰ درصد) با عملکرد سرشاخه ۱۳۷۷ کیلوگرم در هکتار و ۱/۳۴ درصد اسانس به عنوان رویکردی کاربردی برای بهینه سازی تولید این گیاه قابل‌توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود آب، اسانس، تیمول و قندهای محلول.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

مقدمه

یکی ازگیاهان چندساله و بومی مدیترانه که امروزه اهمیت زیادی پیدا کرده و سطح زیر کشت آن در حال افزایش است، ژنوتیپ های *Thymus* است که دارای برگ‌های کوچک نیزه‌ای، سبز رنگ به طول ۱۲-۶ میلی‌متر، ساقه کوتاه و چهارگوش، در پایین ساقه چوبی و در بخش جوانتر سبز رنگ می‌باشد که سرشاخه‌های گلدار آن غنی از اسانس است (امیدبیگی، ۱۳۸۷). کمبود آب علاوه بر کاهش توسعه سطح برگ می‌تواند از طریق ریزش و مرگ برگ‌ها در طول مراحل مختلف رشد، بر نرخ فتوسنتز و عملکرد گیاه اثر منفی بگذارد (Baghdadi *et al.*, 2023). گزارش شده است که تنش کم‌آبی در گیاه آویشن سبب کاهش عملکرد سرشاخه، ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش و افزایش درصد اسانس می‌گردد (فخری و همکاران ۱۴۰۲). به طور کلی، تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (Babaei *et al.*, 2010). تنش خشکی به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را (که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند) کاهش دهد (بالازاده و همکاران، ۱۴۰۱). از این رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Sodaeizadeh *et al.*, 2016). به طور کلی، اثر تنش آب تنها به رشد و عملکرد محدود نمی‌شود، بلکه بر کیفیت اسانس نیز تأثیر می‌گذارد. Abbaszadeh و همکاران (۲۰۰۸) در در تحقیقی که روی بادرنجبویه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین محتوی پرولین مربوط به تیمار تنش شدید (۲۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. میزان اسانس گیاه نیز در این تحقیق تا تنش ۶۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش پیدا کرد و بعد از آن رو به کاهش گذاشت. Babaei و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و انباشت متابولیت‌های سازگاری (پرولین) و مواد موثره آویشن (تیمول) نشان دادند که تنش خشکی اثر معنی‌دار بر صفات رشدی، عملکرد اندام رویشی و انباشت پرولین و درصد تیمول داشت. با افزایش تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه کاهش نشان دادند. درصد تیمول و میزان پرولین تا ۵۵٪ ظرفیت زراعی، افزایش پیدا کرد و بعد از آن روند کاهشی داشت (Babaei *et al.*, 2010). Sodaeizadeh و Mansouri (۲۰۱۴) در تحقیقی با موضوع اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت برخی عناصر غذایی گیاه و همچنین میزان قند محلول گیاه مریم گلی لوله‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش خشکی، میزان تجمع ماده خشک و غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نیتروژن و فسفر کاهش یافته در حالی که غلظت عناصر سدیم، کلر، روی، آهن، مس و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

همچنین قند محلول افزایش یافته است. در بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مرزه، نشان داده شد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، سطح و حجم تاج پوشش، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، ضخامت ریشه و قندهای محلول شد و میزان پرولین، محتوی کلروفیل و همچنین طول ریشه تحت تنش خشکی افزایش یافت (Sodaeizadeh *et al.*, 2016). به خوبی مشخص شده است که اثر تنش آبی بر رشد و عملکرد بستگی به ژنوتیپ گیاه دارد. آب یکی از منابع کمیاب ایران بوده که تحت تأثیر میزان بارندگی است. اثر تنش آبی به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد، اما در رابطه با پاسخ‌های *Thymus* به شرایط مختلف محیطی اطلاعات کمی در دسترس است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تنش خشکی بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و ترکیبات گونه‌های مختلف این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج و در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸_۱۳۹۷ اجرا گردید. بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک این منطقه جزء مناطق آب و هوایی سرد و خشک می باشد. این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک بوده و متوسط بارندگی طبق آمار ۱۷ سال گذشته برابر با ۳۹۸ میلی‌متر در سال و میانگین دمای سالیانه منطقه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. ریزش باران عمدتاً در اواخر پائیز و اوایل بهار رخ می‌دهد. به منظور بررسی تاثیر تنش کم آبی بر عملکرد کمی و کیفی چهار ژنوتیپ گیاه زراعی شامل دنایی که گیاهی چندساله و بوته‌ای با برگ های باریک و متراکم به ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است. گونه شیرازی که گیاهی چندساله و بوته‌ای با برگ‌های پهن و ارتفاعی بین ۲۰ تا۱۰۰ سانتی‌متر است. گونه کرمانی که گیاهی چندساله به فرم بوته‌ای یا بالشتکی، به ارتفاع ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است و گونه باغی که گیاهی خشبی، چندساله با ارتفاع بوته بین ۲۰ تا۵۰ سانتی‌متر است (امیدبیگی، ۱۳۸۷). تیمارها ترکیب دو عامل تنش کمبود آب و ژنوتیپ بوده که عامل اول، تنش کمبود آب در پنج سطح شامل ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و یا آبیاری مطلوب (به عنوان شاهد)، ۸۰٪ ظرفیت زراعی (تنش کم آبی نسبتاً ملایم)، ۶۰٪ ظرفیت زراعی (تنش کم آبی ملایم)، ۴۰٪ ظرفیت زراعی (تنش کم آبی نسبتاً شدید) و ۲۰٪ ظرفیت زراعی (تنش کم آبی شدید) و عامل دوم، چهار ژنوتیپ گیاهی،شامل دنایی، شیرازی، کرمانی و باغی بود. قبل از شروع انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام گرفت و نمونه ای مرکب برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک نشان داد خاک مزرعه دارای بافت لومی شنی، اسیدیته ۷/۴ و شوری ۰/۸۱ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۱). در بهار سال ۱۳۹۶ عملیات تهیه زمین شامل شخمی به عمق ۳۰ سانتی‌متر با گاو آهن تمام برگردان، دیسک زدن زمین و تسطیح زمین انجام شد و کرت‌بندی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

زمین هم در آبان ماه قبل از کشت انجام شد. ابعاد هر کرت دو متر در چهار متر و به مساحت هشت متر مربع بود و کشت در آبان ماه انجام شد.

جدول۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	بافت	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۸۱	۷/۴	۳۴	۴۰	۲۶	لوم	۱۱/۷۵	۰/۹۷	۰/۰۹۲	۱۷/۷۲	۴۸۸/۰۹

فاصله پشته‌ها از یک دیگر ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی خط ۴۰ سانتی‌متر بود. آرایش بوته‌ها در داخل کرت به حالت ضربدری شکل جهت استفاده حداکثری از نور آفتاب کشت گردید. به منظور جلوگیری از نشت آب کرت‌های اصلی (سطوح تنش) فاصله کرت‌های اصلی از یک دیگر دو متر در نظر گرفته شد. بذور از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. مبارزه با علف هرز با وجین دستی طی دو مرحله در فصل بهار انجام شد و هیچ گونه آفات و بیماری هم مشاهده نگردید. بر اساس توصیه‌های کودی، در این آزمایش از کودهای فسفره و پتاسه استفاده نشد. برای تامین نیاز گیاهان به کود نیتروژنه بر اساس آزمون خاک، اوره به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار بعد از استقرار گیاهان و بعد از اولین مرحله وجین علف‌های هرز و قبل از اعمال تیمارهای تنش کمبود آب مصرف گردید. زمان اعمال تیمارهای تنش کمبود آب در بهار و پس از قطع بارندگی‌های بهاره و با کنترل آب مصرفی انجام شد. دو هفته قبل از اعمال تنش، برای یکنواخت کردن ارتفاع گیاهان، و تحریک رشد مجدد یکنواخت مزرعه، اقدام به کف‌بر کردن گیاهان از ارتفاع هشت سانتی‌متری از کف زمین شد. اعمال تنش به مدت چهار هفته (اواخر بهار) ادامه داشت. در طول دوره اعمال تنش، در صورت بروز بارندگی، به منظور حفظ یکنواختی اعمال تیمارهای تنش و جلوگیری از خطا ناشی از آب باران، از پوشش های پلاستیکی که برای بلوک‌ها در نظر گرفته شده، استفاده شد. و زمانی که هر یک از تیمارها به صددرصد گلدهی (تاریخ گلدهی در هر دو سال اواسط تیرماه تا اوایل مردادماه) رسیدند، صفات مورد نظر اندازه گیری و ثبت شد.

نحوه اعمال تنش

به منظور مطالعه تغییرات مقدار آب پروفیل خاک در تیمارهای مختلف، با استفاده از دستگاه رطوب‌سنج (تی.دی.آر مدل دلتا) رطوبت حجمی خاک در اعماق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. برای تعیین قدرت نگهداری آب خاک مزرعه به طور تصادفی شش نمونه دست نخورده از مزرعه از دو عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. نمونه برداری با استفاده از اوگر و حلقه‌های درب دار مخصوص انجام گرفت. نمونه‌ها پس از توزین به حالت رطوبت اشباع رسانده شد. مقدار آب ثقلی و مقدار رطوبت موجود در خاک در ظرفیت مزرعه و نقطهٔ پژمردگی دائم با استفاده از روش دستگاه صفحات فشاری و سپس خشک کردن در آون و محاسبه درصد رطوب باقی مانده در خاک تعیین شد (Dane and

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Hopmans2002). تمام کرت‌ها به سیستم لوله‌کشی آبیاری مجهز بودند. برای اندازه‌گیری آب از کنتور آب حجمی شماره ۱/۵ استفاده شد. به منظور اعمال تنش کم آبی، آبیاری به صورت غرقابی داخل هر کرت در طول دوره ی رویش گیاه بر اساس ظرفیت زراعی و سطوح تیمارهای رطوبتی به طور منظم و دقیق صورت پذیرفت. قدرت نگهداری آب خاک محل اجرای آزمایش در نقاط ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم محاسبه شد. مقدار آب لازم در هر تیمار و در هر زمان از طریق اندازه‌گیری درصد رطوبت حجمی خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (تی.دی.آر مدل دلتا) و در نتیجه سنجش آب مورد نیاز برای رسیدن به ظرفیت زراعی محاسبه شد (Baghdadi *et al*., 2023).

نحوه سنجش و اندازه‌گیری صفات

برای محاسبه ارتفاع بوته و قطر تاج‌پوشش از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و توسط خط‌کش پارچه‌ای اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد سرشاخه گلدار از هر کرت سطحی معادل یک مترمربع برداشت و توزین گردید. درصد اسانس با دستگاه کلونجر (مدل شیمی‌گستر ساخت ایران) و محتوی تیمول و کارواکرول با دستگاه کروماتوگراف گازی (مدل Agilen ساخت امریکا) تعیین شدند. میزان پرولین بر اساس روش Bates (۱۹۷۳) و قندهای محلول بر اساس روش Kochert (۱۹۷۸) اندازه‌گیری شدند. در پایان محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. پیش از انجام تجزیه واریانس از نرمال بودن پراکنش داده‌ها اطمینان حاصل شد و با توجه به نتایج آزمون بارتلت و همگن بودن واریانس خطا های آزمایشی طی دو سال، داده ها مورد تجزیه آماری مرکب قرار گرفتند. جهت تجزیه واریانس عامل سال به عنوان اثر تصادفی و تنش کم آبی و ژنوتیپ به عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایشی نشان داد تأثیر سال بر صفات ارتفاع بوته، عملکرد سرشاخه، محتوی تیمول و قندهای محلول در سطح احتمال پنج درصد و محتوی اسانس و کارواکرول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). قطر تاج‌پوشش و پرولین به طور معنی‌داری تحت تأثیر سال قرار نگرفتند. اثر اصلی تنش کمبود آب بر تمامی صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اختلاف در میزان رطوبت قابل‌جذب در سطوح مختلف تنش اعمال‌شده بر گیاه منجر به کاهش نقل و انتقالات گیاهی (اسمیلاسیون) شده است و تمامی خصوصیات زراعی وفیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین تأثیر متقابل سال و تنش خشکی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و بر صفات عملکرد سرشاخه و محتوی تیمول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر اصلی گونه بر تمامی صفات به جز عملکرد سرشاخه معنی‌دار بود ($p\leq0.01$). اثر متقابل سال و گونه بر عملکرد سرشاخه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

گلدار، قطر تاج‌پوشش و درصد کارواکرول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار نداشت. اثر متقابل تنش کمبود آب و گونه بر تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه سال، تنش خشکی و گونه نیز تنها بر قطر تاج‌پوشش معنی‌دار شد (جدول ۲).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و تنش کمبود آب نشان داد که گونه باغی در شرایط آبیاری مطلوب (۱۰۰٪ ظرفیت آبیاری) با ۳۷/۱۳ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد. کمترین ارتفاع بوته (۱۱/۲۸ سانتی‌متر) نیز در گونه شیرازی در شرایط تنش کمبود آب شدید (۲۰٪ ظرفیت آبیاری) به دست آمد (جدول ۳). رشد رویشی در گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که از مهم‌ترین این عوامل میزان آب در دسترس گیاه می‌باشد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش آماس و در نتیجه کاهش تقسیم و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد که در مطالعه حاضر نیز ارتفاع گیاه با افزایش تنش کاهش یافت (Ghalkhani *et al.*, 2023). Babaei و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش خشکی برصفات مورفولوژیک آویشن به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی‌دار و کاهشی بر پارامترهای رشدی و عملکرد اندام رویشی از جمله ارتفاع بوته و سطح برگ گیاه داشت. هزومی و همکاران (۲۰۱۵) طی بررسی که انجام دادند، مشاهده نمودند که کم آبی ارتفاع بوته را در گیاه دارویی *Ocimum gratissimum* کاهش می دهد. Abbasi و همکاران (۲۰۱۲) طی بررسی که انجام دادند، کاهش ۳۱ درصدی ارتفاع بوته های *Agropyron elongatum* را با کاهش آب آبیاری به دست آوردند. یعقوبیان و همکاران (۲۰۱۶) و اسدی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در گیاهان دارویی *Silybum marianum* و *Salvia sclarea* تاثیر منفی کم آبی بر ارتفاع بوته گزارش نمودند.همچنین در تحقیقات Fatima و همکاران (۱۹۹۹) اثر تنش بر گیاه سنبل هندی و Alkire و همکاران (۱۹۹۳) اثر تنش بر گیاه نعناع فلفلی بررسی شد و مشاهده گردید با افزایش شدت تنش، ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر افزایش شدت تنش خشکی اثر محسوسی بر رشد بوته داشته به طوری که تا ۴۶ درصد از ارتفاع بوته کاسته شد.

قطر تاج‌پوشش

بیشترین قطر تاج‌پوشش (۲۰/۳۶ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری مطلوب (۱۰۰٪ ظرفیت آبیاری) و گونه باغی و کمترین قطر (۶/۸۰ سانتی‌متر) در تیمار تنش شدید و گونه شیرازی ثبت شد (جدول ۳). گیاه در مواجه با تنش کمبود آب به منظور کاهش میزان جذب تشعشع، زاویه انشعاب شاخه‌های خود را نسبت به قطر اصلی کاهش داده که این عمل باعث

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

کاهش قطر تاج‌پوشش و در نتیجه کاهش حجم گیاه می‌گردد (Hassani and Omidbeigi, 2000). نتایج به دست آمده توسط Ardakani و همکاران (۲۰۱۰) بر روی بادرنجبویه و Safikhani و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گیاه بادرشبو نیز با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. Turk و همکاران (۲۰۱۵) نیز در گیاه دارویی *Salvia sclaria* نشان دادند که کم آبی قطر تاج پوشش را به طور معنی داری کاهش می دهد.

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب صفات مورفوفیزیولوژیکی آویشن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	قطر تاج پوشش	عملکرد سرشاخه	درصد اسانس	درصد تیمول	درصد کارواکرول	پرولین	قندهای محلول
سال	۱	۲۲/۲۷*	۷/۱۱^{ns}	۳۰۶۷/۳۷*	۰/۰۵۳**	۸۴/۴۳*	۰/۱۸**	۰/۱۱^{ns}	۱/۰۱*
تکرار (سال)	۴	۱/۶۹	۱/۶۸	۳۲۵/۲۲	۰/۰۰۲	۸/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۱۱
سطوح تنش کم آبی	۴	۹۲۵/۰۳**	۱۵۱/۱۱**	۳۳۴۲/۳۲**	۹/۸۲**	۱۰۰۱/۷**	۷/۸۳**	۶۳/۹۴**	۱۰۳/۷۵**
تنش کمبود آب سال ×(A)	۴	۲/۲۶**	۰/۱۷^{ns}	۱۳۹/۶۰**	۰/۰۲^{ns}	۱۳/۵۹*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}
خطا	۱۶	۰/۲۳	۰/۱۹	۴۷/۱۱	۰/۰۰۹	۵/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۳
گونه (B)	۳	۵۸۱/۵۲**	۵۳۳/۷۵**	۱۱۵۸/۸۵^{ns}	۳/۰۴**	۸۲۱۳/۸**	۸/۶۸**	۴/۴۶**	۹۶/۲۷**
سال×B	۳	۰/۳۰^{ns}	۰/۶۶**	۱۹۱۱/۵۶**	۰/۰۰۱^{ns}	۲/۱۶^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}
B×A	۱۲	۲۲/۹۵**	۴۹/۸۷**	۱۲۹۲/۲۶**	۰/۴۰**	۱۷۶/۲۳**	۳/۷۲**	۰/۵۰**	۱۲/۴۰**
سال×B×A	۱۲	۰/۱۳^{ns}	۰/۴۰**	۱۰/۵۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}
خطا	۶۰	۰/۱۷	۰/۱۱	۴۲/۰۴	۰/۰۱۱	۵/۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۳
درصد ضریب تغییرات	-	۱۱/۸۵	۱۲/۶۸	۱۲/۶۹	۷/۰۵	۴/۶۷	۳/۵۳	۳/۲۶	۲/۵۸

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

عملکرد سرشاخه گلدار

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کمبود آب و گونه نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه (۱۷۳۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و گونه باغی و کمترین عملکرد (۳۰۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تنش شدید و گونه شیرازی حاصل گردید (جدول ۳). نتایج مطالعه نشان داد صفات رشد رویشی با افزایش شدت تنش کمبود آب کاهش یافتند. کاهش عملکرد با افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی گیاه باشد (Sreevalli *et al.*, 2000). تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند (Kusaka *et al.*, 2005). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به‌ویژه در ساقه و برگ است .کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد.

جدول ۳: اثر متقابل تنش خشکی و گونه بر صفات مورفوفیزیولوژیکی آویشن

سطوح تنش	گونه	ارتفاع بوته (سانتی-متر)	قطر تاج‌پوشش (درصد)	عملکرد سرشاخه (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس (درصد)	درصد تیمول (درصد)	درصد کارواکرول (درصد)	پرولین (میلی‌گرم بر لیتر)	قندهای محلول (میلی‌گرم بر لیتر)
آبیاری مطلوب ۱۰۰ درصد	*T. vulgaris*	۳۷/۱۳a	۲۰/۳۶a	۱۵۲۰/۲۵b	۰/۷۷j	۳۶/۶۱f	۲/۴۶fg	۱/۷۳hi	۱/۶۰i
	T. daenensis	۲۳/۹۸h	۱۵/۹۸d	۸۸۱/۹۳k	۰/۶۷k	۴۹/۴۵d	۲/۱۹g	۲/۲۸g	۷/۶۸f
	Z. multiflora	۲۱/۳۱k	۱۵/۹۳d	۸۸۸/۲۲k	۰/۶۵l	۲۵/۱۲gh	۲/۴۵fg	۲/۱۶gh	۵/۶۰h
	T. carmanic	۲۹/۵۴e	۲۰/۱۶a	۱۱۷۷/۵۹f	۱/۲۴h	۳۶/۶۱fg	۲/۱۱g	۱/۷۰hi	۶/۴۱g
تنش نسبتاً ملایم ۸۰ درصد	*T. vulgaris*	۳۵/۶۶b	۱۲/۳۸e	۱۷۳۱/۱۱a	۱/۱۵i	۴۱/۷۳e	۳/۵۱d	۱/۵۶j	۱/۵۶j
	T. daenensis	۲۷/۳۵f	۱۰/۱۴f	۱۰۲۹/۲۶i	۰/۸۵j	۷۱/۸۰ab	۲/۶۱f	۲/۰۷gh	۷/۵f
	Z. multiflora	۲۲/۳۴i	۱۰/۲۱f	۱۱۴۶/۱۵g	۰/۸۱j	۳۳/۱۵fg	۳/۶۱d	۱/۹۸h	۵/۲۹h
	T. carmanic	۳۱/۴۴c	۱۵/۴۰d	۱۳۲۲/۱۸d	۱/۴۵f	۵۵/۴۶c	۳/۱۹e	۱/۱۰j	۶/۶۲g
تنش ملایم ۶۰ درصد	*T. vulgaris*	۳۰/۳۵d	۱۹/۳۰b	۱۳۷۷/۱۱c	۱/۳۴g	۴۰/۶۲e	۳/۰۲e	۱/۸۰hi	۱/۸۰i
	T. daenensis	۲۲/۴۴j	۱۸/۲۳c	۱۲۶۸/۱۶e	۱/۳۳g	۷۲/۸۰ab	۳/۲۱e	۳/۵۸f	۸/۷۹d
	Z. multiflora	۱۹/۴۱n	۱۰/۱۱f	۷۸۸/۵۶l	۱/۱۴i	۳۳/۱۲fg	۳/۵۹e	۳/۴۸f	۶/۴۱g
	T. carmanic	۲۶/۴۲g	۱۳/۱۲e	۱۲۲۴/۳۲h	۱/۱۳i	c۵۷/۰۷c	۳/۰۲e	۲/۹۶g	۸/۲۳e
تنش نسبتاً شدید ۴۰ درصد	*T. vulgaris*	۲۰/۵۶m	۱۸/۲۰c	۹۱۸/۲۵j	۱/۹۰d	۴۲/۴۱e	۲/۳۰g	۴/۱۷e	۸/۸۶d
	T. daenensis	۱۸/۵۳o	۱۱/۱۰f	۶۴۷/۱۲m	۱/۶۶f	۷۵/۴۱a	۳/۹۰c	۴/۶۸c	۹/۴۸c
	Z. multiflora	۱۵/۴۶q	۷/۰۲g	۵۵۴/۱۶n	۱/۲۵h	۳۰/۱۵gh	۳/۱۷c	۴/۵۹d	۷/۵۷f
	T. carmanic	۲۱/۳۹k	۱۹/۱۲c	۷۶۹/۱۲l	۲/۳۶b	۵۵/۹۵c	۲/۲۶g	۴/۲۰e	۸/۹۴d
تنش شدید ۲۰ درصد	*T. vulgaris*	۱۷/۵۲p	۹/۰۲f	۴۱۴/۱۲q	۲/۵۳c	۳۱/۱۴fg	۲/۵۱h	۵/۳۶b	۹/۷۰bc
	T. daenensis	۱۶/۶۷q	۹/۱۶f	۳۷۹/۰۰r	۲/۵۶c	۶۸/۸۸b	۵/۹۰a	۵/۸۷a	۱۰/۹۰a
	Z. multiflora	۱۱/۲۸r	۶/۸۰h	۳۰۵/۱۵r	۱/۷۷e	۲۳/۰۰h	۴/۸۰b	۵/۷۹a	۸/۸۱d
	T. carmanic	۱۷/۲۵p	۱۴/۱۵d	۴۵۸/۱۶p	۳/۱۵a	۳۶/۱۵f	۲/۳۰h	۵/۲۹b	۱۰/۰۰b

در هر ستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد (Pourali *et al*., 2023). به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. گزارش شده است که محدودیت منابعی مانند آب از طریق کاهش فتوسنتز جاری منجر به محدودیت منبع و محدودیت مخزن می گردد. بنابراین تجمع ماده خشک در بخش‌های مختلف گیاه کاهش می یابد (Madani *et al*., 2010). به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Omidbaygi *et al*., 2003).

درصد اسانس

بیشترین میزان اسانس (۳/۱۵ درصد) در گونه کرمانی تحت تنش شدید (۲۰٪ ظرفیت زراعی) حاصل گردید درحالی‌که کمترین میزان اسانس تولیدی (۰/۶۵ درصد) در گونه شیرازی تحت آبیاری مطلوب به دست آمد (جدول ۳). در شرایط تنش کم آبی متابولیسم گیاه تغیر می کند، از جمله اینکه تولید پروتئین ها و آنزیم ها دچار اختلال می شود. در این

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

شرایط در اثر افزایش تجزیه کربوهیدرات ها، پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک، تولید آلکالوئیدها، اسانس ها و مواد معطر گیاهان افزایش می یابد (مداحی نصب، ۱۳۸۹). تصور بر این است که در شرایط تنش کم آبی تولید مواد موثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. تأثیر تنش خشکی بر کاهش درصد اسانس گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش درصد اسانس می‌باشد. ایزدی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری را بر درصد اسانس نعناع فلفلی بررسی و مشاهده نمودند که با افت محتوای رطوبتی خاک، بر درصد اسانس نعناع فلفلی به طور معنی‌داری افزوده شد. در تولید گیاهان همان قدر که وجود آب یکی از امکانات مهم زیست‌محیطی است، کمبود آب نیز یک واقعیت است که توان افزایش مواد مؤثره را دارد. بر همین اساس، محدودیت آب در تولید گیاهان می‌تواند راهکاری بدون هزینه در جهت افزایش تولید ترکیب‌های مؤثره باشد. همچنین در دو گیاه ریحان و نعناع نیز گزارش شد که افزایش غده‌های مترشحه اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش خشکی، باعث تجمع بیشتر اسانس می‌شود (Charles *et al*., 1990).

تیمول

بیشترین محتوی تیمول (۷۵/۴۱ درصد) توسط گونه دنایی در شرایط تنش کم آبی نسبتاً شدید (۴۰درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد درحالی‌که کمترین محتوی تیمول (۲۳/۰۰ درصد) توسط گونه شیرازی در شرایط تنش کم آبی شدید (۲۰ درصد ظرفیت زراعی) به دست آمد. نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش تنش کم آبی تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی ترکیبات فنلی افزایش یافته و بعد از آن کاهش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های Babaei و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت. در این تحقیق مشاهده شد که اعمال تنش خشکی سبب افزایش ترکیبات تیمول و کارواکرول شده است. با توجه به این که تنش خشکی نتایجی از قبیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در سرعت انتقال مواد غذایی در گیاه، کاهش پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی، کاهش فتوسنتز، بازدارندگی از رشد، افزایش تجمع اسید آبسیزیک و پرولین، تشکیل رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو را به همراه دارد، لذا هنگامی که گیاهان در شرایط تنش محیطی قرار می‌گیرند از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه مختلفی همچون تیمول و کارواکرول از خود در برابر این شرایط محافظت می‌کنند (Akula and Ravishankar, 2011).

کارواکرول

بیشترین محتوی کارواکرول با ۵/۹۰٪ در گونه دنایی تحت تنش کم آبی شدید (۲۰ درصد ظرفیت زراعی) و کمترین آن (۲/۱۱ درصد) درگونه کرمانی تحت آبیاری مطلوب به دست آمد (جدول ۳). طبق گزارش Bahreininejad و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

(۲۰۱۳) تنش خشکی طی دو سال باعث افزایش تیمول و کاهش کارواکرول در گونه‌های کرمانی و دنایی شده است. البته در مطالعات دیگر نیز کاهش کارواکرول در گونه باغی گزارش شده است (Aziz and Hendawy, 2008). در حالی که میزان کارواکرول در گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی ملایم، افزایش و در شرایط تنش شدید کاهش یافته است (Baher *et al*., 2002). تفاوت روند تغییرات این دو ترکیب با مطالعه حاضر، احتمالاً ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و محیطی است (Figueiredo *et al*., 2008). هرچند بررسی Ghasemi Pirbalouti و همکاران (۲۰۱۴) در کونه دنایی روند کاهشی تیمول را در تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد ولی کارواکرول و بتاکاریوفیلن تغییرات معنی‌داری در شرایط شاهد و تنش نداشتند. بررسی‌های Davazdahemami و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مورد گونه مرزه، حاکی از عدم تأثیر خشکی بر میزان کارواکرول بود که در تایید یافته‌های این تحقیق قابل بحث است. هرچند Babaei و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که در گونه باغی با افزایش تنش خشکی میزان تیمول افزایش یافت. Aziz و Hendawy (۲۰۰۸) نیز نشان دادند در فواصل آبیاری ۱۰ روزه نسبت به سایر تیمارها (۳، ۵ و ۷ روزه) میزان تیمول بیشتری در گونه باغی تولید شد. Tutray و همکاران (۲۰۱۶) نیز مشاهده نمودند که کاهش اب آبیاری بر درصد کارواکرول در گیاه دارویی *Thymus citriodorus* می افزاید. از جمله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این گونه ترکیبات به عنوان پالاینده‌های گونه‌های فعال اکسیژن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Cabuslay *et al*., 2002). در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول در گیاه گندم مشخص گردید که علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل‌ها (فنیل آلانین آمونیالیاز) است (Tian and Lei, 2006). به نظر می‌رسد هر چهار گونه مورد کشت در این آزمایش از افزایش سطوح ترکیبات فنلی به عنوان مکانیسم آنتی اکسیدانی برای مقاومت در برابر تنش خشکی استفاده می‌کنند.

پرولین

بیشترین مقدار پرولین (۵/۸۷ میلی‌گرم در لیتر) در گونه دنایی تحت تنش کم آبی شدید (۲۰ درصد ظرفیت زراعی) و کمترین میزان آن (۱/۱۰ میلی‌گرم در لیتر) در گونه کرمانی تحت آبیاری مطلوب (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) به دست آمد. Hendawy و Khalid (۲۰۰۵) گزارش کردند که تغییرات در عملکرد اسانس و ترکیب‌های ناشی از فعالیت آنزیم‌ها و بهبود متابولیسم است. با کاهش پتانسیل آب در مطالعه حاضر میزان پرولین برگ‌ها به صورت معنی‌دار افزایش یافت که مشابه با نتایج Lazcano-ferrat و Lovatt (۱۹۹۹) می‌باشد. Shafighi و Pazooki (۲۰۱۴) در بررسی که در گیاه دارویی *Trigonella foenum-graceum* انجام دادند، مشاهده نمودند که کم آبی افزایش ۹۸ درصدی را در محتوای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

پرولین برگ های این گیاه شد هنگامی‌که گیاهان به وسیله تنش خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر فاکتورهایی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت تنظیم‌کننده‌های اسمزی را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه پیدا کند. Babaei و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنش خشکی در گونه باغی اثر معنی‌دار روی میزان پرولین برگ‌ها داشت و با افزایش سطح تنش، تجمع پرولین در برگ‌ها افزایش یافت به طوری که بیشترین مقدار پرولین مربوط به تنش شدید و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (بدون تنش) بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. پرولین از غشای سلولی محافظت کرده و از تخریب پروتئین ها جلوگیری می کند و می تواند رادیکال های آزاد موجود در درون سلول ها را از بین ببرد. پرولین ترکیبی آمینواسیدی است که در تنظیم اسمزی سلول ها نقش دارد. به نظر می رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد. در طی بروز تنش خشکی، تجمع ترکیب‌های آلی مانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهی افزایش می‌یابد. پرولین اسید آمینه ذخیره‌شده در سیتوپلاسم بوده و احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش خشکی نقش موثری دارد. عباس‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) نیز افزایش معنی‌دار محتوای پرولین گیاه بادرنجبویه تحت تاثیر کم‌آبی را گزارش نمودند که مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر است.

.قندهای محلول

بیشترین مقدار قندهای محلول (۱۰/۹۰ میلی‌گرم در لیتر) در گونه دنایی تحت تنش کم آبی شدید (۲۰٪ ظرفیت زراعی) و کمترین آن (۱/۵۶ میلی‌گرم در لیتر) در گونه باغی تحت آبیاری مطلوب به دست آمد. کاهش میزان قندهای محلول در تیمارهای تنش شدید می‌تواند به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد (Irigoyen *et al*., 1992). قندهای محلول به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی، ثبات‌دهنده غشاهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها عمل می‌کنند. ذخیره قندها در بخش‌های متفاوتی از گیاهان در واکنش به تنش خشکی انجام می‌شود (Balazadeh *et al*., 2022). تجمع قندهای محلول، به مقدار زیاد به تحمل خشکی در گیاهان ارتباط دارد (Hoekstra and Buitink, 2001). اکثر گیاهان به منظور حفظ وضعیت آبی خود با انباشتن متابولیت‌هایی نظیر پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و برخی یون‌ها اقدام به تنظیم تعادل اسمزی نموده و با تنش‌های خشکی و شوری مقابله می‌کنند (Hoseinian Khoshro *et al*., 2013).

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که هر چهار گونه گیاهی در این آزمایش مانند بیشتر گیاهان عکس‌العمل زراعی و فیزیولوژیک به تنش نشان دادند. به طوری‌که با افزایش شدت تنش از مقدار و اندازه صفات زراعی کاسته شد ولی مقدار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

پرولین و تیمول افزایش یافت که نوعی سازگاری گیاه به شرایط تنش محسوب می‌شود ؛ بنابراین در شرایط مدیریتی می‌توان در مقطعی از رشد گیاه از این راهبرد برای افزایش رشد رویشی و ماده موثره استفاده کرد. با توجه به نتایج آزمایش و شرایط اقلیمی منطقه سنندج، امکان کشت آویشن گونه باغی تحت شرایط تنش کمبود آب ملایم (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) با عملکرد مناسب و صرفه‌جویی قابل‌توجه در مصرف آب آبیاری وجود دارد.

منابع

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۷. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی.

ایزدی، ز.، م. اثنی عشری و گ. احمدوند. ۱۳۸۸. تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محتوای نسبی آب و میزان اسانس در نعناع فلفلی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۰ شماره ۳ صفحه‌های ۲۳۳-۲۲۳:(۳)۱۰.

بالازاده، م.، زمانیان، م.، گل‌زردی، ف.، محمدی‌ترکاشوند، ع. ۱۴۰۱. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تولید علوفه، پروتئین، انرژی و کارایی مصرف آب در ارقام شبدر برسیم. فیزیولوژی گیاهان زراعی.۱۴ (۵۶) :۵-۲۳.

عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م. ح.، نادری، حاجی‌باقر کندی، م.، مقدمی، ف. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳ (۴): ۵۱۳-۵۰۴.

فخری، ک.، سیف‌زاده، س.، سراجوقی، م.، ولدآبادی، س.ع.، حدیدی ماسوله، ا. ۱۴۰۲. تاثیر رژیم آبیاری، الگوی کاشت و مصرف بیوچار بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی وکیفی گیاه آویشن. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۲، صفحه ۱۸۶-۱۶۹.

مداحی‌نسب، م. ۱۳۸۹. تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و تنش خشکی بر عملکرد و تولید اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی. همایش ملی گیاهان دارویی و شناخت پتانسیل‌های اقتصادی و اشتغال زایی آن دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند – خرداد ۸۹، بیرجند.

Akula, R., and Ravishankar, G.A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling & Behavior. 6(11): 1720-1731.

Alkire, B.H., and Simon, J.E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha x piperita* L.) growing in highly organic soils, Indiana, USA. In International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants. 344: 544-556. doi:10.17660/ActaHortic.1993.344.63.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, B., Lebaschi, M.H., Moaveni, P. and Mohebbati, F. 2010. The effect of drought stress on the growth indices of Balm (*Melissa officinalis* L.). Plant and Ecosystem. 5(21): 47-58.

Aziz, E.E., and Hendawy, S.F. 2008. Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 4(4): 443-450.

Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 26(2): 239-251.

Baghdadi, A., Golzardi, F., Hashemi, M. 2023. The use of alternative irrigation and cropping systems in forage production may alleviate the water scarcity in semi-arid regions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(10): 5050-5060.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M. and Bagher Rezaii, M. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal. 17(4): 275-277.

Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production. 7(1): 151-166.

Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F. and Torkashvand, A.M. 2021. Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). Communications in Soil Science and Plant Analysis. 52(16): 1927-1942.

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

Cabuslay, G.S., Ito, O. and Alejar, A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science. 163(4): 815-827.

Charles, D.J., Joly, R.J. and Simon, J.E. 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. Photochemistry. 29(9): 2837-2840.

Dane JH, Hopmans JW. Pressure plate extractor. In: Dane JH, Topp GC, editor. Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods. SSSA Book Series, vol. 5. Madison, WI: SSSA; 2002. p. 688–690

Davazdahemami, S., Sefidcon, F., Rezaei, M. and Naderi, M. 2014. The effect of drought stress on quantitative and qualitative characters of essential oil and carvacrol yield in two endemic species of savory (*Satureja bachtiarica* and *S. khuzistarica*) in Iran. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 4(3): 143-146.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Fatima, S., Abad Farooqi, A.H., Ansari, S.R. and Sharma, s. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (Plamerosa) cultivars. Journal of Essential Oil Research. 11(4): 491-496.

Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. and Scheffer, J.J. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flavour and Fragrance Journal. 23(4): 213-226.

Ghalkhani, A., Golzardi, F., Khazaei, A., Mahrokh, A., Illés, A., Bojtor, C., Mousavi, S.M.N. and Széles, A. 2023. Irrigation management strategies to enhance forage yield, feed value, and water-use efficiency of sorghum cultivars. Plants. 12(11): 2154. doi: 10.3390/plants12112154.

Ghasemi Pirbalouti, A., Rahmani Samani, M., Hashemi, M. and Zeinali, H. 2014. Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical composition of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. Plant Growth Regulation. 72(3): 289-301.

Hassani, A., and Omidbeigi, R. 2000. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil. Journal of Agricultural Knowledge. 12(3): 47-59.

Hassan, F.A.S, S. Bazaid, E.F. Ali. 2013. Effect of deficit irrigation on growth, yield and volatile oil contenton *Rosmarinus officinalis* L. Plant. Journal of Medicinal Plants Studies. 1: 12-21.

Hazzoumi, Z., Y. Moustakime, E. Elharchli and K. Amrani Joutei. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and water stress on growth, phenolic compounds, glandular hairs, and yield of essential oil in basil (*Ocimum gratissimum* L). Hazzoumi *et al*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2:10

Hendawy, S.F., and Khalid, K.A. 2005. Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. Journal of Applied Sciences Research. 1(2): 147-155.

Hoekstra, F.A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science. 6(9): 431-438. doi: 10.1016/S1360-1385(01)02052-0.

Hoseinian Khoshro, H., Taleei, A., Bihamta, M.R., Shahbazi, M. and Abbasi, A.R. 2013. Expression analysis of the genes involved in osmotic adjustment in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions. Journal of Crop Science and Biotechnology. 16(3): 173-181. doi: 10.1007/s12892-013-0040-7.

Kochert, 1978. Carbohydrate determination by phenol-sulfuric acid method. In: Hellebust, J.A., and J.S. Craige, Editors, Handbook of physiological and biochemical methods. Cambridge University Press, London. Pp: 95–97.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Kusaka, M., Lalusin, A.G. and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science. 168(1): 1-14.

Lazcano-ferrat, I. and Lovatt, C.J. 1999. Relationship between reative water content, nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Science*. 39(2): 467-475. doi: 10.2135/cropsci1999.0011183X0039000200028x.

Madani, A., A. Shirani-Rad, A. Pazoki, G. Nourmohammadi, R. Zarghami, and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2010. The impact of source or sink limitations on yield formation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) due to post-anthesis water and nitrogen deficiencies. Plant, Soil and Environment. 56(5): 218-227.

Omidbaygi, R., Hassani, A. and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 6(2): 104-108. doi: 10.1080/0972-060X.2003.10643335.

Pourali, S., Aghayari, F., Ardakani, M.R., Paknejad, F. and Golzardi, F. 2023. Benefits from intercropped forage sorghum–red clover under drought stress conditions. *Gesunde Pflanzen*. 75, 1769-1780. doi: 10.1007/s10343-023-00833-4.

Safikhani, F., Heydari Sharifabad, H., Syadat, A., Sharifi Ashourabadi, A., Syednedjad, M. and Abbaszadeh, B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 23(2): 183-194.

Shafighi, A. and A. Pazoki. 2014. Effects of drought stress and stimulus growth bacteria on some physiological traits of medicinal plants of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L). Trends in Life Science. 3: 215-224.

Sodaeizadeh, H., and Mansouri, F. 2014. Effects of drought stress on dry matter accumulation, nutrient concentration and soluble carbohydrate of *Salvia macrosiphon* as a medicinal plant. Journal of Arid Biome. 4(1): 1-9.

Sodaeizadeh, H., Shamsaei, M., Tajamlian, M., Mirmohammadi Meybodi, S.A.M. and Hakimzadeh, M.A. 2016. The Effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. Journal of Plant Process and Function. 5(15): 1-12.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R.S. and Kuikkarn, R.N. 2000. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science. 22: 356-358.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Tátrai, Z. A., R. Sanoubar, Z. Pluhár, S. Mancarella, F. Orsini, and G. Gianquinto. 2016. Morphological and Physiological Plant Responses to Drought Stress in Thymus citriodorus. International Journal of Agronomy. 8: 23-34.

Tian, X., and Lei, Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum. 50(4): 775-778.

Toork, Z., M. Mirza. and B. Abbaszadeh. 2015. The effect of drought stress on traits of Salvia Sclarea. 4 th National Congress on Medicinal Plants. 12 may. Tehran, Iran.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]

Effects of some stress modulators and organic fertilizers on dry matter remobilization and grain filling components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress

M. Yoosefvand[1], M. Sarajooghi[*2], Kh. Mohammadi[3], B. Pasari[4] and F. Fayyaz[5]

1, 3, 4 & 5) Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
2) Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

[*]Corresponding author: msarajuoghi@gmail.com

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2023.12.20 **Accepted date: 2024.04.05**

Abstract

Given the shortage of water in the agricultural sector, it is essential to manage water consumption to improve cultivation. One of the important plants whose cultivated area is increasing in Iran is various genotypes of *Thymus*, with considering qualitative and quantitative performance which is primarily affected by water defecit stress. To investigate the effect of water defecit stress on agronomic and physiological traits of different *Thymus* genotypes, a split-plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Iran, during the cropping seasons of 2017- as the main factor at five levels, including: 100% of field 2018 and 2018-2019. water defecit stress was investigated capacity or full irrigation (as a control), 80% of field capacity (relatively mild water defict), 60% of field capacity (mild water deficit), 40% of field capacity (relatively severe water deficit) and 20% of field capacity (severe water deficit), and *Thymus* genotypes was evaluated as sub-factor at four levels, comprising *Thymus daenensis*, *Zataria multiflora*, *Thymus carmanic* and *Thymus vulgaris*. The results of the statistical analysis indicated that both water defecit stress and differences among genotypes had a significant effect on growth parameters, branch yield, proline accumulation, and thymol content. As water defecit stress increased, plant height, canopy diameter, and branch yield decreased, while the concentrations of essential oil, thymol, carvacrol, proline and soluble sugar increased. Based on the findings, the treatment combination of *Thymus vulgaris* with moderate water defecit stress (60% of field capacity) with a yield of 1377/11 kg/ ha and 1.34% of essential oil is recommended as a practical approach to optimize Thymus production.

Key words: Water defecit stress, Thymus, Thymol and Soluble sugars.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-03]