بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis*)

حمید سودائی زاده*[۱]، مریم شمسسایی[۱]، مهدیه تجملیان[۱]، سید علی محمد میرمحمدی میبدی[۲] و محمدعلی حکیم زاده[۱]

[۱]گروه مدیریت مناطق خشک، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، [۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۰۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۰۳/۰٦)

چکیده:

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه (*Satureja hortensis*)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار در چهار تکرار و در سال ۱۳۹۳ در گلخانه دانشگاه یزد اجرا شد. در این آزمایش، تیمارهای رطوبتی ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اعمال شد. نتایج حاصل نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار (P<۰/۰۱) ارتفاع، سطح و حجم تاج پوشش، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ضخامت ریشه و قندهای محلول شد. میزان پرولین، محتوی کلروفیل و همچنین طول ریشه تحت تنش خشکی افزایش یافت. بیشترین مقدار پرولین، کلرفیل a، b و کل و طول ریشه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بیشترین ارتفاع، حجم تاج، سطح برگ مربوط به تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه و سطح تاج در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی(شاهد) مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج بیانگر آن است که گیاه مرزه با به کارگیری برخی مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، قطر و حجم تاج پوشش، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و از طرف دیگر کاهش ضخامت و افزایش طول ریشه‌ها، افزایش محتوی پرولین و کلروفیل در مقابل تنش خشکی تا حدی مقاومت می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اندام هوایی، ظرفیت‌زراعی، کلروفیل، پرولین، قند، مرزه (*Saturej ahortensis*).

مقدمه:

مقدار آب در دسترس گیاه از عوامل مهم اقلیمی مؤثر بر توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر جهان بوده و می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه شود (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱). خشکی و شوری به عنوان دو مشکل مهم توسعه کشاورزی ایران مطرح است، لذا انتخاب گونه‌های مناسب مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حائز اهمیت است. در این راستا بسیاری ازکشاورزان بومی این مناطق، کشت گیاهان سازگار را انتخاب کرده‌اند (بنایان اول و همکاران، ۱۳۹۰). گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی آنها می‌باشد. عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، سطح و حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش،

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: hsodaie@yazd.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

ارتفاع، قطر، طول میان‌گره، قطر تنه، سطح مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌توانند بر میزان مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند (صباغ پور، ۱۳۸۳؛ Thomas and Gausling, 2000). برخی تغییرات فیزیولوژیک گیاهان مقاوم به خشکی درطی بروز تنش خشکی نیز موجب ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی همانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها می‌شود (Reddy *et al.*, 2004).

مرزه گیاهی است از خانواده نعناعیان و در ایران ۱۲ گونه علفی یکساله و چند ساله دارد که ۸ گونه آن مختص ایران است. *Satureja hortensis* که به مرزه تابستانه معروف است، گیاهی است یکساله که مناسب کشت درمناطق گرم و خشک با نور زیاد می‌باشد (مظفریان، ۱۳۷۵). این گیاه در درمان دردهای عضلانی، کرامپ، تهوع، بیماری‌های عفونی و اسهال کاربرد دارد و همچنین هضم کننده غذا، ادرارآور، خلط‌آور، ضددرد، ضد سرطان، محرک و مقوی معده می‌باشد (تجلی و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده تاکنون مطالعه جامعی در زمینه واکنش این گیاه به تنش خشکی صورت نگرفته است. با این وجود عکس‌العمل گیاهان دارویی مختلف به تنش خشکی در تحقیقات متعددی بررسی شده است. برای مثال بزازی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله را ارزیابی کردند و کاهش تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه) در اثر تنش خشکی را گزارش نمودند. مختاری و برادران (۱۳۹۰) نیز بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensi* شد، به‌طوری‌که بیشترین آنها مربوط به تیمار بدون تنش (آبیاری معمول منطقه هر ۵ روز یک‌بار) و کمترین میانگین صفات مربوط به تیمار دور آبیاری ۹ روز بود. بابایی و همکاران (۱۳۸۹)نیز اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک آویشن را بررسی و نشان دادند افزایش تنش خشکی موجب کاهش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه کاهش می‌شود. همچنین احیایی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی سه گیاه دارویی خار مریم، همیشه بهار و سیاه‌دانه نشان دادند که بیشترین ماده خشک تولیدی، تعداد برگ، دانه، وزن هزاردانه در تک بوته، ساقه و برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار در تیمار ۲۵ درصد مشاهده شد.

تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان در مواجهه با تنش خشکی نیز موضوع مطالعات متعدد دانشمندان بوده است. عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸٦) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) بیان کردند که بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰، ۲۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین تجمع پرولین مربوط به تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی بود. بالاترین قندهای محلول متعلق به تیمار ٦۰ درصد ظرفیت زراعی و حداکثر محتوای آب نسبی بافت مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. صفی‌خانی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که تأثیر سال و تیمار تنش خشکی بر درصد اسانس و مقدار پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که در سال اول بیشترین عملکرد اسانس، قندهای محلول و کلروفیل به ترتیب مربوط به تیمارهای ٦۰، ٤۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و در سال دوم بیشترین مقدار پرولین، قندهای محلول و کلروفیل به ترتیب مربوط به تیمارهای ٤۰ ، ٦۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود.

با توجه به نقش دارویی گیاه مرزه از نظر طب سنتی دارای خواص مختلف می‌باشد، و امکان توسعه کشت آن در مناطقی از کشور، اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

و فیزیولوژیک این گیاه و ارزیابی واکنش آن در مقابله با تنش خشکی در این تحقیق اجرا گردید.

مواد و روش‌ها:

این مطالعه در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار در گلخانه دانشگاه یزد تحت شرایط دمایی ٢٦ درجه و رطوبت ۳۰ درصد انجام شد. تیمارهای رطوبتی شامل ۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ ،۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود.

برای کشت نهال‌ها از گلدان‌های مناسب و زهکش‌دار به ارتفاع ۲۱ و قطر ۲۰ سانتیمتر استفاده و به منظور کاهش تبادل حرارتی بین خاک داخل و محیط بیرون، سطح آنها با فوم عایق‌بندی شد. به‌منظور بهبود وضعیت زهکشی، در کف گلدان‌ها سنگریزه ریخته شد و در زیر گلدان‌ها از ظروفی جهت خارج‌شدن آب اضافی استفاده شد.جهت انجام آزمایش ابتدا گلدان‌های پلاستیکی انتخاب و پس از ریختن پنج سانتیمتر سنگریزه در کف گلدان، با نسبت یک به سه با خاک شنی و کود برگ پر شدند (جدول ۱). به‌منظوراندازه‌گیری رطوبت خاک ازسیستم توزین گلدان‌ها استفاده و آبیاری بر اساس تغییر وزن خاک گلدان‌ها نسبت به ظرفیت‌های زراعی تعیین شده انجام گرفت.

ویژگی‌های مورفولوژیک مورد بررسی در این پژوهش شامل ارتفاع گیاه، حجم و سطح تاج پوشش، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، نسبت ریشه به اندام هوایی، وزن خشک ریشه، طول بزرگترین ریشه و ضخامت ریشه بود. ویژگی‌های فیزیولوژیکی نیز شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، پرولین، قندهای محلول و محتوی نسبی آب بود.

در پایان فصل رشد ارتفاع گیاهان و قطر متوسط (شمال- جنوب و شرق- غرب) بر حسب سانتی‌متر مورد محاسبه قرار گرفت. با اندازه‌گیری ارتفاع و قطر گیاهان در دو جهت شمال - جنوب و شرق - غرب میزان حجم گیاه با فرمول‌های ذیل محاسبه شد (خزاعی و کافی، ۱۳۸۲):

(۱) زمانی که ارتفاع کمتر از قطر باشد:

$$V = \frac{4}{3}\pi a^2 b$$

(۲) زمانی که قطر کمتر از ارتفاع باشد:

$$V = \frac{4}{3}\pi a b^2$$

که در این فرمول‌ها a برابر با ارتفاع گیاه، b قطر متوسط گیاه و Vحجم تاج پوشش است.

ضخامت ریشه نیز با استفاده از یک کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. همچنین وزن خشک ریشه و اندام هوایی با قراردادن در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت اندازه‌گیری شد (سلاح‌ورزی و همکاران، ۱۳۸۷).

برای اندازه‌گیری میزان آماس نسبی برگ یا مقدار محتوای آب (RWC) مقداری از برگ گیاه را در دمای ثابت ۳۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر قرار داده تا برگ به اندازه نیاز آب جذب نماید. پس از ٤ ساعت که برگ‌ها به حالت آماس کامل درآمدند، از آب خارج نموده و با کاغذ صافی آنها را خشک و وزن آماس شده برگ اندازه‌گیری شد. پس از توزین، برگ‌ها در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شده و پس از خشک شدن مجدداً وزن شدند. با قرار دادن اعداد به‌دست آمده در فرمول زیر، مقدار RWC محاسبه شد (علیزاده، ١٣٨٤): (۳)

$$\text{میزان نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تر برگ}}{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن برگ آماس کرده}} \times 100$$

برای محاسبه کلروفیل از روش Arnon (١٩٦٧) استفاده شد. در این روش از هر نمونه مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاه توزین شده و به درون هاون ریخته شد و سپس با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده و له شد و به لولهٔ آزمایش انتقال داده شد و سپس درون سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٦٠٠٠ دور در دقیقه قرار داده شد. بعد از تنظیم نمودن دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Jenvey Uv/vis 6300) و کالیبره کردن با استون، عصاره جداشده، درون آن قرار داده شد و میزان جذب در طول موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر قرائت شد و بر اساس فرمول مقدار هر کدام به دست آمد:

$$\text{کلروفیل a} = [۱۲/۷(a_{663}) - ۲/٦۹(b_{645})]\ \text{v/w} \times ۱۰۰۰ \quad (٤)$$

$$\text{کلروفیل b} = \{۲۲/۹(b_{645}) - ٤/٦۹(a_{663})\}\ \text{v/w} \times ۱۰۰۰ \quad (۵)$$

$$\text{کلروفیل کل} = \text{کلروفیل a} + \text{کلروفیل b} \quad (٦)$$

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک مورد استفاده در گلدان‌ها

هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش خاک (pH)	کربن‌آلی (درصد)	مواد آلی (درصد)	ظرفیت زارعی(٪)
۲	٦/۹۹	۲/۹۹	۵/۱٥٤	٪۱۷/۲۲

w: وزن نمونه بر حسب گرم

V: حجم نمونه قرار گرفته در دستگاه اسپکتروفوتومتر

a: میزان جذب صورت گرفته در طول موج ٦٦۳

b: میزان جذب صورت گرفته در طول موج ٦٤٥

همچنین برای سنجش قندهای محلول از روش Kochert (۱۹۷۸) استفاده شد در این روش، ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی (برگ) اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت یک هفته، ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه برداشته و سپس بر روی آن ۱ میلی‌لیتر فنول ۵ درصد اضافه کرده و خوب بهم زده و پس از آن ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. محلول زردرنگی به‌دست آمد که به مرور زمان تغییر رنگ داده و به قهوه‌ای روشن تمایل پیدا کرد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و کالیبره کردن با اتانول، در طول موج ٤۸۵ نانومتر، میزان جذب قرائت گردید و میزان قند محلول بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد.

برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۹۳) استفاده شد و در این روش مقدار ۰/۵ گرم از اندام های هوایی (برگ و ساقه) را توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و سپس نمونه‌ها صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص به نمونه‌ها در داخل لوله آزمایش افزوده شد و سپس لوله‌ها در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به‌مدت یک ساعت قرار داده شد. در مرحله بعد لوله‌ها در حمام یخ به مدت نیم‌ساعت قرار گرفتند. بعد از گذشت این مدت، به هر لوله آزمایش ٤ میلی‌لیتر تولوئن افزوده گردید ولوله‌ها خوب تکان داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و کالیبره کردن آن، میزان جذب لایه رنگی فوقانی در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. میزان پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد. در این روش برای کمی کردن تغییرات پرولین در نمونه های مورد آزمایش، یک منحنی استاندارد جذب بر اساس دامنه تغییر رنگ در نمونه‌هایی با مقادیر پرولین مشخص محاسبه شد.بدین منظور ابتدا محلول استاندارد پایه پرولین با حل کردن پرولین خالص در آب مقطر به غلظت ۱۰۰ قسمت در میلیون تهیه شد و سپس ۷ محلول استاندارد با غلظت صفر، ۲، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۲۰ قسمت در میلیون از محلول پایه مذکور تهیه شد. استاندارد صفر به عنوان بلانک دستگاه مورد استفاده قرار گرفت.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به نرمال بودن داده‌ها و تساوی واریانس‌ها از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش دانکن استفاده شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS۱٦ استفاده گردید.

نتایج و بحث:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ویژگی‌های مورفولوژیکی اندام هوایی مرزه نشان داد که اثر تنش خشکی بر ارتفاع، سطح و حجم تاج‌پوشش، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲).

براساس نتایج به‌دست آمده مقایسه میانگین آزمون دانکن، افزایش تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیکی اندام هوایی شد. بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار۷۵ درصد بود که با تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۱- a). همچنین بیشترین مقدار سطح برگ در تیمار ۷۵ درصد و کمترین مقدار در تیمار ۲۵ درصد بود که با تیمار ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱-b). رشد رویشی درگیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرارمی‌گیرد که از مهمترین این عوامل میزان آب در

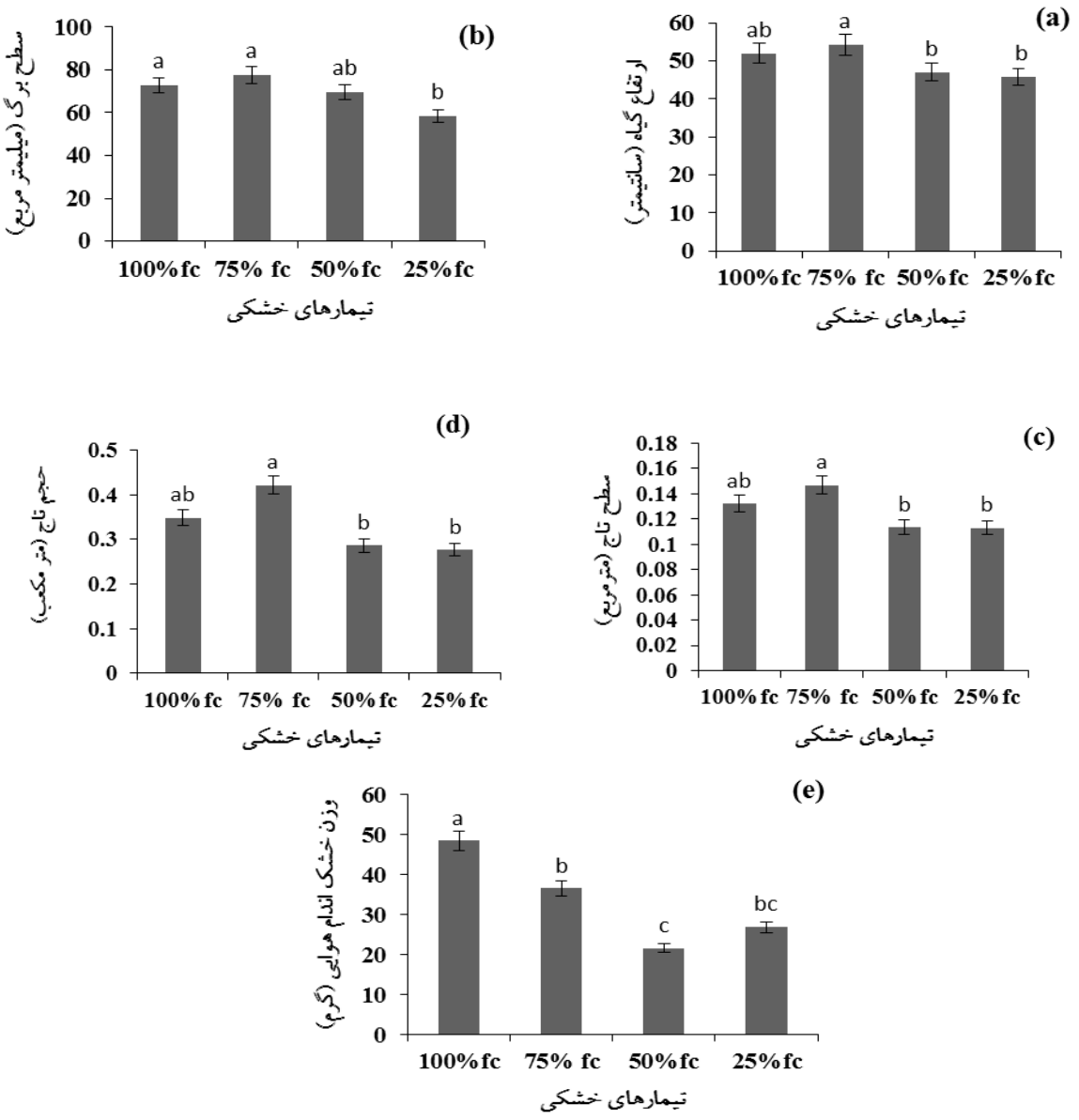
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف خشکی بر روی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در اندام هوایی مرزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع	سطح تاج	حجم تاج	وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ
تیمارهای خشکی	۳	۱۴۱/۶۶**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۱۵**	۸۵۷/۲۶**	۲۶۷/۳۲**
خطا	۱۲	۳/۲۵۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۱۴/۳۶	۲۱۷/۵
ضریب تغییرات	-	۱۱	۱۱/۱۱	۶/۶	۲۷/۱۴	۱۴/۶۳

***، **،ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵درصد، معنی‌داری در سطح ۱ درصد، عدم وجود تفاوت معنی‌دار**



شکل۱- تاثیر تیمارهای محتلف خشکی بر میانگین برخی صفات مورفولوژیکی اندام هوایی مرزه a) ارتفاع گیاه (سانتیمتر)، b) سطح برگ (میلیمتر مربع)، c) سطح تاج (مترمربع)، d) حجم تاج (مترکعب) e) وزن خشک اندام هوایی (گرم) (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

دسترس 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 کم آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (سلاح‌ورزی و همکاران، ۱۳۸۷) که در مطالعه حاضر نیز ارتفاع گیاه و سطح برگ با افزایش تنش کاهش یافت. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک در آویشن به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی‌دار و کاهشی بر پارامترهای رشدی و عملکرد اندام رویشی از جمله ارتفاع و سطح برگ گیاه داشت.

نتایج بررسی سطح و حجم تاج نیز نشان داد که بیشترین سطح تاج مربوط به تیمار ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار حجم تاج در تیمار ۷۵ درصد به‌دست آمد. کمترین مقدار این دو صفت به‌ترتیب مربوط به تیمار ۲۵ درصد بود که با تیمار ۵۰ درصد از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل۱– c و d). گیاه در مواجهه با تنش خشکی به‌منظور کاهش میزان جذب تشعشع، زاویه انشعاب شاخه‌های خود را نسبت به ساقه اصلی کاهش داده که این عمل باعث کاهش قطر تاج و در نتیجه حجم گیاه می‌گردد (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۹). نتایج به‌دست آمده توسط اردکانی و همکاران بر روی بادرنجبویه (۱۳۸۹)، صفی خانی و همکاران (۱۳۸۷) در مورد گیاه بادرشبو نیز با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

بیشترین ماده خشک در بخش هوایی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که با تیمار ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۱–e). در شرایط تنش، کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد (Lawlor, 2002). باهرنیک و همکاران (۱۳۸٦) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد بوته و اسانس گیاه مرزه به این نتیجه رسیدند که وزن تر و وزن خشک کل تحت تنش کاهش یافته است.بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی ریشه گیاه مرزه نشان داد که تنش خشکی بر وزن خشک ریشه، ضخامت و طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (جدول۳).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به ریشه گیاه مرزه نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک ریشه مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود و کمترین مقدار با ٤٤ درصد کاهش مربوط به تیمار۲۵ درصد بود که با ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۲– a). کاهش معنی‌دار ماده خشک ریشه در اثر افزایش تنش خشکی، دلالت بر تحت تأثیر قرار گرفتن ریشه به‌عنوان یکی از مهمترین اجزاء گیاه در اثر این پدیده محیطی دارد. در واقع با پیشرفت تنش خشکی همچنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می‌کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان زیاد شده و به دنبال آن رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری متوقف می‌گردد (مختاری و برادران، ۱۳۹۰).

بیشترین میانگین ضخامت ریشه مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵ درصد بود و تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی از این نظر اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (شکل۲–b). بنابراین در این آزمایش مشخص گردید که گیاه مرزه با تولید ریشه‌های نازک‌تر در پاسخ به تنش خشکی از یک استراتژی مناسب استفاده کرده و بدین وسیله جذب عناصر غذایی را با حداقل صرف انرژی ادامه داده است. اسید آبسزیک که در زمان تنش در گیاهان تجمع پیدا می‌کند دلیل اصلی کاهش ضخامت و تولید تارهای کشنده است (گزانچیان و همکاران، ۱۳۸٤). کاهش ضخامت ریشه در تاج در مطالعه راد و همکاران (۱۳۸۷) و کاهش ٥٤ درصدی ضخامت ریشه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در دو رقم فستوکای بومی و تجاری در مطالعه سلاح ورزی و همکاران (۱۳۸۷) نیز با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

بیشترین مقدار طول ریشه مربوط به تیمار ۲۵درصد ظرفیت زراعی بود که با تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشت، کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود (شکل۲–c). این نتایج نشان می‌دهد که رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش رطوبتی خاک بوده و با افزایش تنش رطوبتی

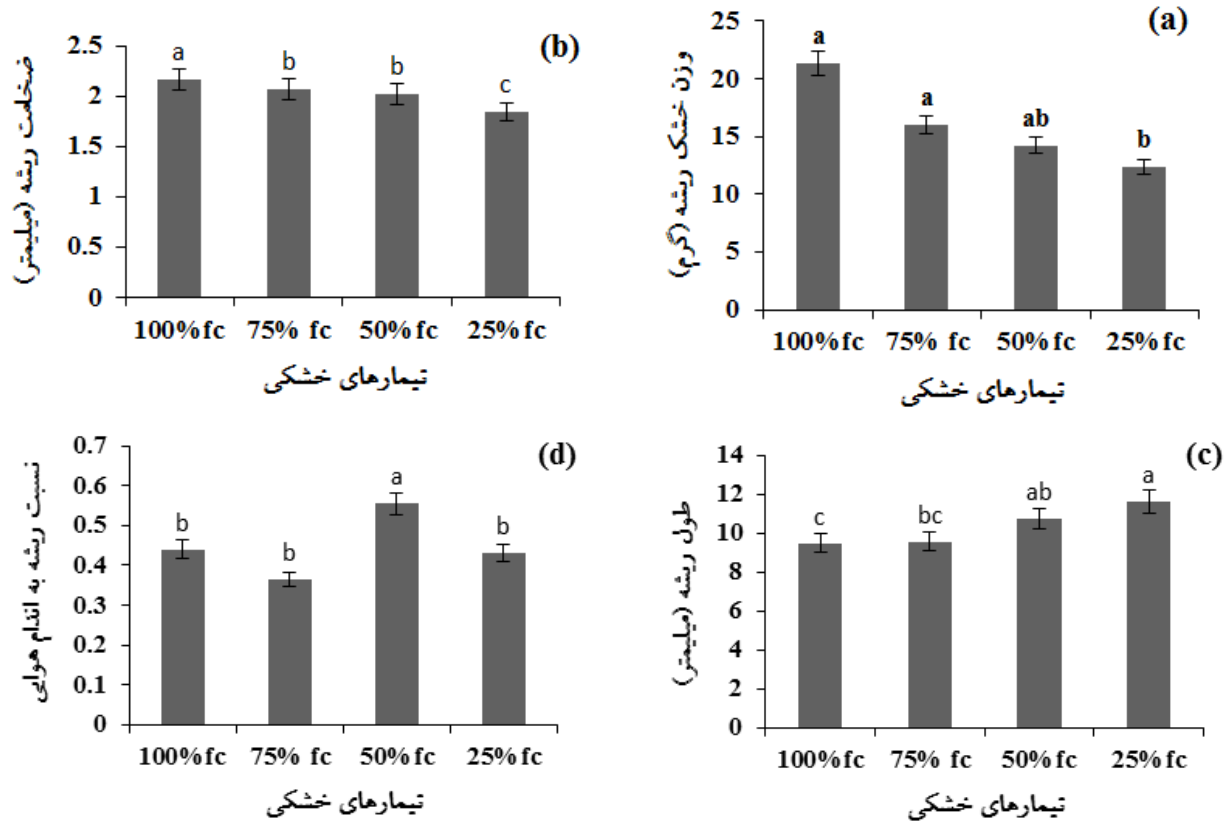
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر روی صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده در ریشه مرزه

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	طول ریشه	ضخامت ریشه	نسبت ریشه به اندام هوایی
تیمارهای خشکی	۳	۱۲۹/۲٤**	٤/۰٦**	۰/٦٦**	۰/۲٥**
خطا	۱۲	۱/۸٥	۰/٥۹٤	۰/۰۰۳	۰/۰۰٥
ضریب تغییرات		۲٤/۹	۱۰/۸۹	٥/۹۷	٤/٥

***، **،ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ٥درصد، معنی‌داری در سطح ۱ درصد، عدم وجود تفاوت معنی‌دار**



شکل۲- تاثیر تیمارهای خشکی بر a) وزن خشک ریشه b) ضخامت ریشه c) طول ریشه d) نسبت ریشه به اندام هوایی (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند درسطح ٥ درصدآزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

به عنوان یک عامل محدودکننده، ریشه‌ها به دنبال رطوبت بوده و در اعماق که رطوبت بیشتری در دسترس بوده است، توسعه بیشتری یافته‌اند (راد و همکاران،۱۳۸۷). خزاعی و کافی (۱۳۸۸) (۱۳۸۲) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد ریشه و توزیع ماده خشک بین ریشه و بخش هوایی در ارقام مقاوم و حساس گندم بیان کردند که ارقام مقاوم در برابر ارقام حساس در شرایط تنش خشکی طول ریشه بیشتری داشتند. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مقدار نسبت ریشه به اندام هوایی در اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل۲-d). افزایش این نسبت در تیمار٥۰درصد نشان دهنده کارایی این گیاه در توسعهٔ ریشه‌ها در استفاده از آب در شرایط تنش خشکی متوسط است.

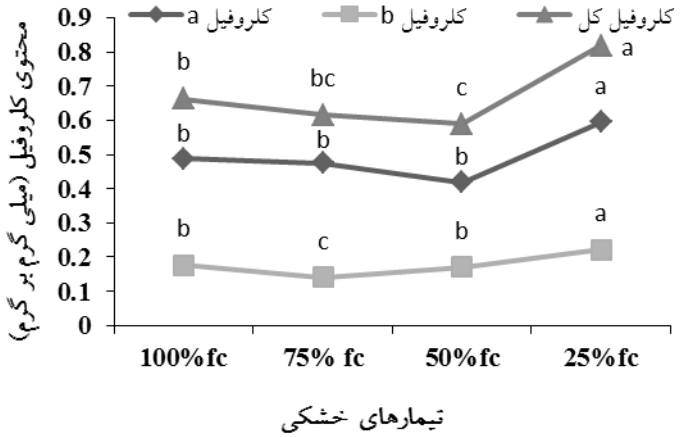
نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی مرزه بیانگر آن است که اثر تنش خشکی بر همه صفات مورد اندازه گیری به جز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

جدول٤- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف خشکی بر روی صفات فیزیولوژیکی گیاه مرزه

منابع تغییرات		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	کلروفیلa	کلروفیل b	کلروفیل کل	پرولین	قندهای محلول	محتوای نسبی آب برگ
تیمارهای خشکی	۳	۰/۲۲**	۰/۰۰٤**	۰/٤۲**	۰/۱٤**	۰/۲۸**	۲٦/۲۹^{ns}
خطا	۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۳/۲۵۰
ضریب تغییرات	-	۱۵/٦۸	۱۸/۷۵	۱٤/٦۱	۷/۰۷	۱٤/۵	۱۱/۳۵

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد* معنی‌داری در سطح ۵درصد،^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار



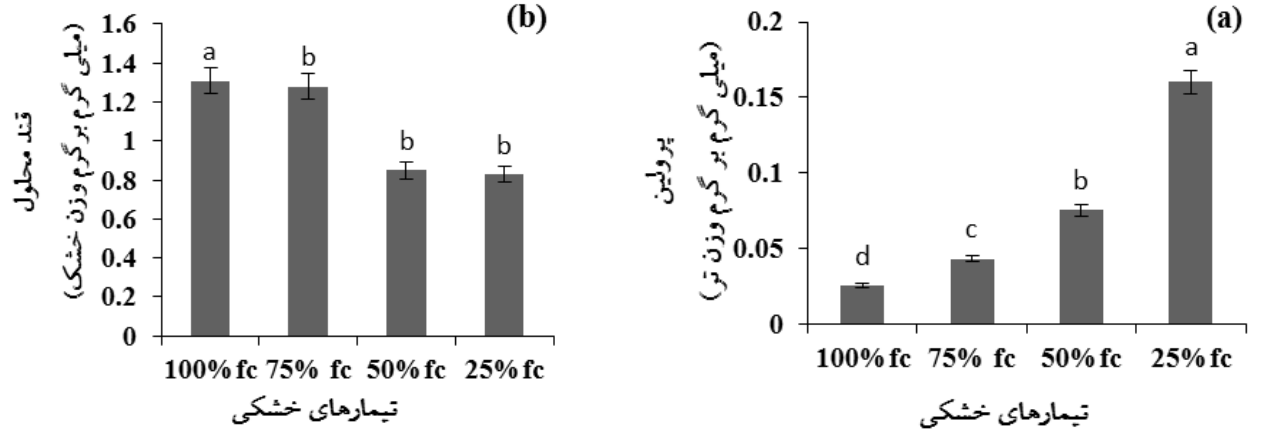
شکل۳- تاثیر تیمارهای خشکی بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصدآزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

گنجایش نسبی آب برگ که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول٤).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود که با سایر تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان مربوط به ظرفیت زراعی۵۰ درصد بود که با تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌دار ی نداشت. بیشترین مقدار کلروفیل b نیز مربوط به تیمار ۲۵ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۷۵ درصد بود. در مورد کلروفیل کل نیز بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰ درصد بود که با تیمار ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۳). افزایش کلروفیل در شرایط تنش نشان می‌دهد که در تنش خشکی رنگدانه‌های کلروفیل تا حدی به کاهش آب مقاوم هستند (Schutz and Fangmeir, 2001). در نتایجی مشابه با این تحقیق، گلدانی و سرو آزاد (۱۳۹۰) افزایش میزان کلروفیل a، کلروفیلb و کلروفیل کل در اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L) در اثر اعمال تنش رطوبتی را گزارش نمودند. Luvha و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی گیاه *Mangiferaindica* گزارش گردند که با افزایش تنش، کلروفیل a و کلروفیل کل به صورت یکنواختی افزایش یافتند.

بیشترین مقدار پرولین مربوط به تیمار ۲۵ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل٤-a). بررسی محتوای پرولین در بین تیمارهای رطوبتی مختلف نشان داد که بیشترین مقدار پرولین مربوط به تیمار ۲۵ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]



شکل٤- تاثیر تیمارهای تنش خشکی بر a) پرولین b) قند محلول و (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

داشت. در واقع تجمع پرولین در اثر تنش خشکی یک واکنش عمومی است که به علت ساخت پرولین در بافت‌ها (Schonfeld *et al*., 1988)، ممانعت از اکسیداتیو پرولین و جلوگیری از شرکت پرولین در ساخت پروتئین‌ها صورت می گیرد (Pedrol *et al*., 2000). صفی‌خانی و همکاران (۱۳۸٦) نیز در بررسی تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L) گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث افزیش مقدار پرولین شد. همچنین بابایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان پرولین در آویشن به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر انباشت پرولین داشته و میزان آن را افزایش داده است.

بیشترین مقدار قند محلول مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵ درصد بود که با سایر تیمار۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٤-b). قندهای محلول به‌عنوان محافظت کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و منبع اصلی ذخیرهٔ کربن آلی می‌باشند. اما قند محلول تنها پارامتر مهم در تنظیم اسمزی و حفظ فشار اسمزی نیست (تجملیان و همکاران، ۱۳۹۰). تجملیان و همکاران (۱۳۹۱) نیز کاهش اندک میزان قند محلول در اثر تنش خشکی را در گیاه قلم (*Fortuynia bungei* Boiss) گزارش کردند.

نتیجه گیری:

از راه‌های رایج برای تنظیم آب گیاه و حفظ تورژسانس سلول‌های آن، کاهش تعرق است. مکانیسم‌های مختلفی چون کاهش جذب تشعشع، افزایش مقاومت روزنه ای و کوتیکولی برای تحقق این کاهش در گیاه انجام می‌شود. طرز قرارگرفتن برگ، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، تغییر در سطح برگ در کاهش جذب تشعشع موثر بوده که کاهش میزان حرارت برگ و در نهایت کاهش سرعت تعرق را به‌دنبال خواهد داشت. به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر آن است که گیاه مرزه با به کارگیری برخی مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش معنی‌دار قطر و حجم تاج‌پوشش، ارتفاع گیاه، وزن اندام هوایی و کاهش سطح برگ، سطوح تعرق کننده خود را کاهش داده است. از طرف دیگر این گیاه با کاهش ضخامت ریشه‌ها و تولید ریشه‌های نازک‌تر، واکنش مناسبی در مقابل تنش خشکی نشان داده و بدین وسیله جذب عناصر غذایی را با حداقل صرف انرژی ادامه می‌دهد.

همچنین بر اساس نتایج این مطالعه، تجمع میزان پرولین در اندام‌های هوایی مرزه در مواجهه با تنش خشکی از دیگر مکانیسم‌های مقاومت به خشکی این گیاه به حساب می‌آید. تجمع سریع مواد آلی تنظیم کننده فشار اسمزی نظیر پرولین منجر به کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاهی شده و از این طریق آب جذب گیاه می‌شود. از طرف دیگر گیاه مرزه با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

افزایش میزان کلروفیل موجود در برگ‌های خود تا حدی به کاهش آب مقاوم نشان داده است. با این‌حال پیشنهاد می‌گردد که واکنش گیاه مذکور به تنش خشکی و سایر تنش‌های غیر زیستی در شرایط مزرعه نیز بررسی شود.

منابع:

احیایی، ح.ر.، رضوانی مقدم، پ. و امیری ده احمدی، ر. (۱۳۸۸) بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی سه گیاه دارویی خار مریم، همیشه بهار و سیاهدانه در شرایط گلخانه، اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، بیرجند، ایران.

اردکانی، م. ر.، عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.ح.، معاونی، پ. و محبتی، ف. (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، گیاه و زیست بوم ۶:۴۷-۵۸.

بابایی، ک.، امینی‌دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع.م. و جباری، ر. (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶: ۲۳۹-۲۵۱.

باهرنیک، ز.، رضایی، م.ب.، قربانی، م.، عسگری، ف. و عراقی، م.ک. (۱۳۸۲) بررسی تغییرات متابولیسمی حاصل از تنش‌های خشکی درگیاه مرزه (*sturefa hortensis*)، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰: ۲۶۳-۲۷۵.

بزازی، ن.، خدام‌باشی م. و محمدی، ش. (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله، تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۳:۱۱-۲۳.

بنایان اول، م. ف.، خانی‌نژاد، س.ف.، قربانی، ص. و حسام عارفی، ا. (۱۳۹۰) ارزیابی نوسان برخی مولفه‌های تولیدی گیاه در گیاهان دارویی، پژوهش‌های زراعی ایران ۹: ۳۶۸-۳۷۸.

تجملیان، م.، ایران‌نژاد پاریزی، م.ح.، ملکی‌نژاد، ح.، راد، م. ه. و سودائی زاده، ح. (۱۳۹۱) اثرتنش کم آبی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مرتعی قلم (*Fortuynia bungei Boiss.*)، دوفصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۲۰: ۲۷۳-۲۸۳.

تهرانی‌فر، ع.، سلاح ورزی، ی.،گزانچیان، ع. و آرویی، ح. (۱۳۸۸). بررسی پاسخ‌های گراس‌های بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از خشکی (بخش هوایی)، علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳: ۹-۱.

حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. (۱۳۸۱) اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان، دانش کشاورزی ۱۲: ۵۹-۴۷.

خزاعی، ک. و کافی، م. (۱۳۸۲) تاثیر تنش خشکی بر رشد ریشه و توزیع ماده خشک بین ریشه و بخش هوایی در ارقام مقاوم و حساس گندم، پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۳۳-۴۱.

راد، م. ه.، عصاره م. و سلطانی، م. (۱۳۸۹) واکنش ریشه اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) نسبت به تنش خشکی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۸ (۲): ۲۸۵ – ۲۹۶.

راد، م.ه، مشکوه، م. ع. و سلطانی، م. (۱۳۸۸) تاثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه تاغ (*Haloxylon aphyllum*)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۶ : ۴۳-۳۴.

رسول‌زادگان، ی. (۱۳۶۸) میوه‌کاری در مناطق معتدله، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.

سلاح ورزی، ی.، تهرانی فر، ع. و گزانچیان، ع. (۱۳۸۷) بررسی تغییرهای فیزیومورفولوژیک سبز فرش‌های بومی و خارجی، در تنش خشکی و آبیاری دوباره، علوم وفنون باغبانی ایران ۹: ۲۰۴-۱۹۳.

صباغ‌پور، س.ح. (۱۳۸۳) شاخص‌ها و مکانیزم‌های مقاومت به خشکی در گیاهان، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. معاونت زراعت. کمیته ملی مدیریت خشکی وخشکسالی کشاورزی، تهران.

صفی‌خانی، ف.، حیدری شریف آباد، ح.، شریفی عاشورآبادی،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

ا.، سیادت، ع.، سیدنژاد، م. و عباس زاده، ب. (۱۳۸۷) اثر کم آبی بر عملکرد و اندام‌های مختلف بادرشبو (*Dracocephalum moldavical*) در شرایط گلخانه. مجله پژوهش و سازندگی (ویژه نامه)، ۱۲:۲-۱۲.

عباس‌زاده، ب.، شریفی‌عاشورآبادی، ا. و فرج‌اللهی، م. (۱۳۸٦) تاثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان.

علیزاده، ا. (۱۳۸٤) رابطه آب و خاک و گیاه، چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

گزانچیان، ع.، خوش‌خلق‌سیما، ن.، ملبوبی، م. ع. و مجیدی، ا. (۱۳۸٤) بررسی اثر تنش خشکی و آبیاری مجدد در مراحل اولیه رویشی گراس‌های دایمی فصل سرد پس از استقرار، مجله منابع طبیعی ایران ۵۸: ۲۳۰-۲۱۷.

گلدانی، م. و سرو آزاد، ن. (۱۳۹۰) اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اندام هوایی و ریشه و ماده موثره، همایش ملی گیاهان دارویی.

مختاری، ا. و برادران، ر. (۱۳۹۰) تاثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های رشدی گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensis*، همایش منطقه ای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. شوشتر.

مظفریان، و. (۱۳۷۵) فرهنگ نام‌های گیاهان ایران، انتشارات فرهنگ معاصر. تهران.

راد، م. ه.، میرحسینی، س. ر.، مشکوه، م. ع. و سلطانی، م. (۱۳۸۷) بررسی تاثیر رطوبت خاک بر چگونگی توسعه ریشه گیاه تاغ (*Haloxylon* spp.)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱٦: ۱۲۳- ۱۱۲.

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

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

Corlette, J. E., Jones, H. G. and Masojidek, J. (1994) Water deficit, leaf rolling and susceptibility to photo inhibition of field grown sorghum. Plant Physiology, 92:4223-4230.

Homes, J. (1979) Induction of root hairs from maize roots and abscisic acid. In: (ed Pilet, P. E.) Pp. 148-149Collected Abstracts. The 9th International Conference on Plant Grow.

Ingram, J. and Bartels, D. (1996) the molecular basis of dehydration tolerance in plants. Plant Physiology 47: 377-403.

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

Lawlor, D. W. and Cornic, G. (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant, cell and Environment 25:275-249.

Lu, Z. and Neumann, PM. (1998) Water stressed maize, barley and rice seedling shoe species specific diversity in mechanisms of leaf growth inhibition, Experimental Botany 49:1945-1952.

Luvha, E., Netondo, G.W. and Ouma, G. (2008) Effect of water deficit on physiological and Morphological characteristics of mango (*Mangifera indica*) rootstock seedlings. American Jornal of Plant Physiology 3:1-15.

Ogbonnaya, C. L., nwalozie, M. C., Roy- Macauley, H. and nonerose, D. (1998) Growth and water relations of Kanaf under water deficit on a sandy soil, Industrial Crops and Products 8: 65-76.

Pedrol, N., Ramos, P. and Riegosa, M. J. (2000) phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvet-grass: a long-term greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. Plant Physiology 157: 383-393.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.

Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F. and Mornhinweg, D.W. (1988) Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28:526-531.

Schutz, M. and Fangmeir, E. (2001) Growth and yield responses of spring wheat (T*riticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.

Sofo A., Tuzio, A. C., Dichio, B. and Xiloyannis, C. (2005) Influence of water deficit and rewatering on the components of the ascorbate-gluta-thione cycle in four interspecific Prunus hybrids. Plant Science 69: 403-412.

Thomas, M.T. and Gausling, T. (2000) Morphological and physiological responses of oak (*Quercuspet raea* and *Q.robur*) to moderat drought, Annals of Forest Science 57:325-333.

Vurayai, R., Emongor, V. and Moseki, B. (2011) Effect of water Stress Imposed at Different Growth and Development Stages on Morphological Traits and Yield of *Bambara Groundnusts* (*Vignasubterranean* L.Verdc). Plant Physiology 6:17-2.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.9.2]