مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۳ صفحه های ۳۲۵ تا ۳۴۸ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گیاه بومی برازمبل (*Perovskia* spp.) جهت استفاده در فضای سبز شهری[1]

Investigating Drought Stress Tolerance in Endemic Perovskia for Using in the Urban Landscape

سحر میرزایی* و سید محمد بنی جمالی[2]

چکیده

ایران یکی از کشورهایی است که در ناحیه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. استفاده از گیاه بومی برازمبل (*Perovskia* spp.) در فضای سبز شهری، به‌دلیل سازگاری با اقلیم کشور، تحمل بالا به خشکی و جذابیت گل‌ها، موجب بهینه‌سازی مصرف آب و ایجاد زمینه مناسب جهت دستیابی به توسعه فضای سبز پایدار می‌شود. این پژوهش در راستای معرفی گونه‌های مختلف گیاه برازمبل، برای استفاده در فضای سبز شهری مناطق خشک و نیمه خشک، انجام شد. بنابراین گیاهان برازمبل از سه منطقه در استان‌های اصفهان، خراسان و مرکزی جمع‌آوری و میزان تحمل به خشکی (چهار سطح آبیاری ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه) در سه گونه مختلف برازمبل (*P. atriplicifolia, P. artemisioides & P. abrotanoides*) بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد، تنش خشکی موجب افزایش پرولین، کاتالاز، پراکسیداز، نشت یونی و کاهش کلروفیل شد. اما در اثر تنش خشکی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی (ارتفاع و قطر پوشش گیاه، تعداد شاخه و برگ، وزن تر و خشک بوته) کاهش یافت. از بین سه گونه بررسی شده، *P. atriplicifolia* دارای بالاترین شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی در شرایط تنش خشکی بود. با توجه به نتیجه‌ها، می‌توان گیاه بومی و کمتر شناخته شده برازمبل را به عنوان گیاهی متحمل به خشکی و مناسب جهت استفاده در فضای سبز شهری معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: برازمبل، پرولین، کم‌آب‌بر، گیاه بومی، نشت یونی.

مقدمه

اگرچه در حال حاضر گونه‌های زیادی از گیاهان زینتی در دسترس است، اما با این حال، به‌دلیل مطالبه همیشگی بازار برای گیاهان جدید، همچنان فرصت معرفی گونه‌های جدید وجود دارد. به‌طور معمول، در نقاط مختلف دنیا، واریته‌های جدید از گیاهان مختلف جهت پرورش معرفی می‌شوند (۳۰). در ایران ذخایر ژنتیکی بسیار غنی از گیاهان بومی وجود دارد که قابلیت استفاده شدن به‌عنوان گیاه زینتی جهت استفاده در فضای سبز شهری را دارند. از سوی دیگر، با توجه به بحران کمبود آب در کشور و گسترش روز افزون زمین‌های خشک به دلایل مختلف از جمله میزان اندک بارندگی و میزان بالای تبخیر و همچنین مدیریت نادرست منابع آب، دستیابی به گیاهان کم‌توقع در فضای سبز نه‌تنها کمک شایانی به بهینه‌سازی مصرف آب خواهد کرد. بلکه به‌دلیل استفاده از گیاهان بومی و سازگاری این گونه‌ها با اقلیم طبیعی کشور، زمینه را جهت دستیابی به توسعه پایدار فضای سبزفراهم می‌آورد. همچنین، خشکی خاک ازجمله عوامل تنش‌زای محیطی است که افزون بر کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه‌ها، گیاهان را نیز از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می‌نماید (۲). بنابراین

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۹

۲- استادیاران پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (sahar_mirzaei81@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

کاربرد گیاهان با قابلیت تحمل بالا به خشکی اهمیت بسیار زیادی در قابلیت استفاده از این اراضی خشک و همچنین کاهش هزینه‌های ایجاد فضای سبز دارد (۱۳).

خشکی، یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. مناطق گسترده‌ای از ایران به‌دلیل کاهش بارندگی و کمبود آب جاری در معرض خشکسالی است. پژوهشگران اثر تنش خشکی در سطوح ۷۰٪ و ۱۰۰٪ را بر روی گیاهان خانواده نعنائیان (لاوندر، نعناء، سلوی و آویشن) بررسی و مشاهده کردند وزن تر و خشک همه گیاهان و به تبع آن سایر شاخص‌های ریخت‌شناسی گیاهان کاهش پیدا کرد (۱۴). همچنین پژوهشگران اثرات تنش خشکی را بر روی گل جعفری بررسی و مشاهده نمودند که در اثر تنش خشکی ۷۰٪، فاکتورهای ریخت‌شناسی از جمله ارتفاع گیاه کاهش پیدا کردند (۲۸). این نتیجه‌ها توسط سایر پژوهشگران نیز تایید شده است (۱۹). در چنین شرایطی استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی، به‌دلیل کاهش آبیاری، یک اقدام اساسی در صرفه‌جویی آب مصرفی جهت ایجاد فضای‌سبز شهری است. آنچه که مسلم است باید دانش طراحی منظر و فضای سبز در شهرها به سمتی پیش برود که با حداقل مصرف آب، حداکثر میزان فضای سبز را ایجاد نماید. بنابراین مفهومی از طراحی منظر سازگار با مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت عنوان خشک‌منظری یا زری‌اسکیپ[۱] می‌تواند بدون آسیب رساندن به کیفیت و زیبایی محیط، مصرف آب را تا ۵۰ درصد کاهش دهد (۱۳).

گیاه برازمبل با نام علمی *Perovskia* spp. از تیره Lamiaceae است و در ایران دارای ۳ گونه (*P. atriplicifolia, P. abrotanoides, P. artemisioides*) است (۲۶). گیاه برازمبل بومی آسیا و از گیاهان ارزشمند بومی و دارویی است که اغلب به صورت خودرو درحاشیه جاده‌های کوهستانی با اقلیم سرد و خشک رویش دارد. در خاک‌های غیرآهکی ، غیرشور با درصد رطوبت ٪ ۲۶/۷-۲۰، pH حدود ۷/۶-۷/۴ و خاک به‌نسبت سبک با بافتی شنی لومی و لومی به‌خوبی رشد میکند (۲۶). برازمبل گیاهی است چند ساله، بوته‌ای یا نیمه‌درختچه‌ای، به ارتفاع ۳۰ الی ۱۲۰ سانتی‌متر که دارای ساقه‌های راست و منشعب پوشیده از کرک‌های کوتاه و سفید است که ساده و منشعب یا ستاره‌ای هستند. برگ‌ها کشیده، به طول ۴ تا ۷ سانتیمتر، دارای پهنکی چندقسمتی، بدون کرک یا دارای کرک‌های کوتاه و پراکنده و به رنگ سبز تیره می‌باشند. برگ‌ها روی دمبرگ‌هایی به طول ۵ تا ۸ میلیمتر قرار دارند. گل‌ها به رنگ بنفش و به شکل مجتمع در بالای شاخه‌های منشعب دیده می‌شوند. فاصله گل‌ها از یکدیگر زیاد است و موجب تشکیل گل‌آذین به شکل پانیکول و به طول ۲۷ تا ۴۰ سانتیمتر می‌شود (۱۱). دوره گلدهی آن نیز از اردیبهشت تا آذر ماه است. جهت استفاده در فضای سبز، باید آن را در پاییز تکثیر و در خزانه نگهداری کرد. سپس در ماه فروردین در مرحله چندبرگی به زمین اصلی منتقل نمود. در همین راستا اثرات تنش خشکی روی گیاه بومی برازمبل بررسی شد تا با انجام این پروژه به معرفی گونه‌های زینتی گونه‌های برازمبل در ایران انجام و با افزودن به تنوع گیاهان زینتی در بازار، به فراهم آوردن پوشش‌های سبز با هزینه اندک در فضای سبز شهری کمک شایانی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکده گل و گیاهان زینتی شهرستان محلات در ارتفاع ۱۷۵۰ متری از سطح دریا، طول جغرافیایی ″۵۰ ′۲۸ شرقی و عرض جغرافیایی ″۳۳ ′۵۴ شمالی، با هدف بررسی میزان تحمل به خشکی این گیاه جهت توصیه آن در شرایط خشکسالی برای ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور انجام شد. ژرم‌پلاسم گیاه بومی برازمبل(*Perovskia spp.*) از سه منطقه جمع‌آوری شد (شکل ۱) و جهت شناسایی به باغ گیاه‌شناسی ارسال شدند، که عبارتند از (*P. abrotanoides*) از استان خراسان جنوبی با طول و عرض جغرافیایی (′۲۱ °۵۹ و ′۸۶ °۳۲)، (*P. artemisioides*) از استان اصفهان با طول و عرض جغرافیایی (′۶۶ °۵۱ و ′۶۷ °۳۲) و (*P. atriplicifolia*) از استان مرکزی با طول و عرض جغرافیایی (′۶۸ °۴۹ و ′۰۸ °۳۴).

۱- Xeriscape

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

P. atriplicifolia *P. artemisioides* *P. abrotanoides*

Fig. 1. Location of collecting *Perovscia* plants in Iran map.

شکل ۱- منطقه جمع‌آوری گیاهان برازمبل در نقشه ایران.

گیاهان جمع‌آوری شده از طریق قلمه نرم، بدون اعمال تیمار، تکثیر شدند و پس از گذشت یک سال، گیاهان سالم و هم‌اندازه انتخاب و در گلدان‌های پلاستیکی ۵ کیلوگرمی سایز ۱۹، به قطر۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، حاوی خاک زراعی+ ماسه + کود پوسیده دامی، به‌ترتیب به‌نسبت ۱:۱:۳ کاشته و در فضای آزاد نگه‌داری شدند. مراقبت‌های لازم در دوره رشد انجام گرفت (جدول ۱ و ۲).

تیمار تنش خشکی شامل چهار سطح (شامل ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه) و سه تکرار بود که از ماه خرداد الی مهر ۱۳۹۸، به مدت ۵ ماه انجام شد. در ابتدا، مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم در ۲۵۰ گرم از خاک به کار رفته برای بستر کشت در آزمایشگاه خاکشناسی، اندازه‌گیری و مشخص شد که مقدار رطوبت خاک در نقطه ظرفیت مزرعه ۳۰٪ و در نقطه پژمردگی دائم ۲۰٪ بود. با توجه به وزن خاک مورد استفاده که ۵۰۰۰ گرم بود، مقدار آبی که در این حالت باید برای رسیدن خاک خشک به ظرفیت مزرعه افزوده شد۱۵۰۰ میلی‌لیتر و این کار با وزن کردن خاک و افزودن آب به گلدان‌ها تا رسیدن به وزن ۶۵۰۰ گرم انجام شد و برای سطح‌های تنش خشکی که شامل ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه بودند، به‌ترتیب ۱۱۲۵، ۷۵۰ و ۳۷۵ میلی‌لیتر آب برای رساندن به تیمارهای مورد نظر به کار رفت.

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوای منطقه در زمان آزمایش اعمال تنش خشکی در گیاهان برازمبل.

Table 1. Weather indices of the region, during dought stress treatments of perovskia plants.

نام منطقه Region	طول و عرض جغرافیایی Altitude and latitude	مدت زمان تنش خشکی Drought stress duration	متوسط دما Midd temp.	متوسط میزان رطوبت Midd R.H.	متوسط بارندگی Midd Rain
مرکزی- محلات Markazi- Mahallat	(33º54”, 50º28”)	5 minths (June-Oct.)	29.5 ºC	20%	0 mm

جدول ۲- شاخص‌های خاک منطقه جهت آزمایش اعمال تنش خشکی در گیاهان برازمبل.

Table 2. Soil properties of the region, for dought stress treatments of perovskia plants.

منطقه Region	عمق Depth (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته pH	کربن C (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	کلسیم K (ppm)	روی Zn (ppm)	منیزیم Mn (ppm)	آهن Fe (ppm)	مس Cu (ppm)
محلات Mahallat	0-30	لومی شنی SL	0.78	7.9	0.4	0.041	10.32	170	1.1	5.86	4	0.9

SL: Sandy Loam

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

شاخص‌های ریخت‌شناسی

برای تعیین ویژگی‌های ریخت‌شناسی (ارتفاع بوته، قطر سایه‌سار، تعداد شاخه گل دهنده در بوته، تعداد برگ در شاخه، وزن تر و خشک بوته) اندازه‌گیری و روند تغییرات آن‌ها در طول پنج ماه اعمال تنش خشکی ثبت شد. همچنین جهت اندازه‌گیری قطر تاج پوشش، پهنای سطح گیاه با متر اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن تر و خشک بوته‌ها نیز نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و توزین شد. جهت خشک کردن نمونه‌ها از آون الکتریکی با دمای ۵۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور اول:گونه‌های مختلف برازمبل، فاکتور دوم: مدت زمان اعمال تنش خشکی و فاکتور سوم: سطوح تنش خشکی) به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، توسط نرم افزار آماری SAS، آنالیز شد.

شاخص‌های فیزیولوژیکی

پس از اتمام اعمال تنش خشکی، اثر تنش خشکی روی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان (میزان پرولین، کلروفیل، کاروتنوئید، آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز و میزان نشت یونی) اندازه‌گیری و در قالب بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار آنالیز شد. مراحل انجام کار به شرح زیر است.

میزان پرولین

۰/۵ گرم نمونه گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ ساییده شده و سپس صاف گردید. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از این محول با ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (۹۸٪) مخلوط شده و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به هر لوله افزوده شد. نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۹۶ درجه سلسیوس قرار داده شدند. به هر لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به هم زده تا به‌طور کامل یکنواخت شدند. پس از تشکیل دو فاز رویی و زیرین، میزان جذب لایه رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) خوانده شد (۶).

$$\text{Proline } (\mu\text{mol g-1FW}) = (M \times T \times W)/115.5 \times 1000$$

M= عدد خوانده شده با اسپکتوفتومتر

T= حجم تولوئن

W= وزن نمونه گیاهی

میزان کلروفیل و کاروتنوئید

۱ گرم نمونه برگ گیاه را جدا و در یک هاون تمیز له نموده، ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به آن اضافه کرده و به له کردن نمونه گیاهی ادامه دادیم تا بافت یکدست حاصل شود. در این مرحله به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ (۵۰۰۰ دور در دقیقه) شد و رونشین جدا و در بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتر با استون ۸۰٪ به حجم رسانده شد. میزان جذب محلول برای کلروفیل در ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و برای کاروتنوئید در ۴۷۰ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-۱۲۰-۲۰) اندازه‌گیری و در نهایت میزان کلروفیل و کاروتنوئید (میلی‌گرم در هر گرم بافت گیاهی) توسط فورمول‌های زیر محاسبه شد (۴).

$$\text{Chlorophyll (mg /g tissue)} = 20.2\,(A645) + 8.02\,(A663) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{Carotenoides (mg /g tissue)} = 100\,(A470) - 3.27\,(\text{mg chl. a}) - 104\,(\text{mg chl. b})\,/227$$

(A = جذب در طول موج خاص)

(V = حجم نهایی کلروفیل استخراج شده)

(W = وزن تر بافت جدا شده)

آنزیم پراکسیداز[1]

در ابتدا ۳۳ میکرولیتر از عصاره آنزیمی را با یک میلی‌لیتر از محلول پراکسیداز که شامل ۱۳ میلی مولار گوایکول، ۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH =7) است مخلوط نموده و به‌مدت یک دقیقه با

۱- Peroxidase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

فواصل ۱۰ ثانیه در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. جهت تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم، ۳۹ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم مونو بازیک ۵۰ میلی مولار با ۶۱ میلی‌لیتر فسفات دی‌بازیک ۵۰ میلی مولار ترکیب گردید (۸).

POD =۲×۲۶/۶/(۱۰۰× عدد اسپکتروفتومتر)

آنزیم کاتالاز[۱]

۵۰ میکرو لیتر از عصاره آنزیمی با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7) و ۱۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن بود آمیخته و جذب در طول مدت یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. یک واحد آنزیمی کاتالاز برابر با تجزیه یک میلی مولار پراکسید هیدروژن در یک دقیقه است (برحسب واحد بر گرم وزن تر) (۸).

CAT = ۲×۳۹/۲/(۱۰۰× عدد اسپکتروفتومتر)

نشت یونی

میزان نشت یونی با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌های گیاهی جدا شده به‌منظور از بین بردن خاک و ذرات خارجی سه بار با آب مقطرشسته شدند، در ظروف شیشه‌ای که حاوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر، قرار داده شدند. دهانه ظروف به‌وسیله آلومینیوم فویل پوشیده و در دمای اتاق (۲۵°C) به مدت ۲۴ ساعت بر روی همزن (۱۰۰ دور در دقیقه) قرار داده شد. پس از آن EC_1 اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در انکوباتور با دمای ۱۲۰°C به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. پس از خنک شدن محلول در دمای اتاق، EC_2 اندازه‌گیری گردید. سپس میزان نشت یونی به‌وسیله فرمول زیر محاسبه شد (۷).

$$IL\ (\%) = (EC1/EC2) \times 100$$

نتایج و بحث

ویژگی‌های ریخت‌شناسی

نتیجه‌های پژوهش نشان داد که اعمال تنش خشکی در سطوح ۵۰٪ و ۷۵٪ باعث کاهش شاخص‌های ریخت‌شناسی در مقایسه با گیاهان شاهد (سطح ۲۵٪) شد. این روند در تمام مدت اعمال تنش خشکی ادامه داشت. همچنین، درسطح ۱۰۰٪ تنش خشکی ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در طول زمان نیز این کاهش ادامه داشت. طبق نتیجه‌های پژوهشگران نیز، رشد و توسعه گیاهان به طور مستقیم زیر تاثیر شرایط محیطی مثل انواع تنش‌ها قرار می‌گیرند که مهم‌ترین عامل در کاهش عملکرد گیاهان در جهان هستند. تنش خشکی یکی از فاکتورهای محدودکننده گیاه است و میزان تحمل به خشکی به جهت ارتباط مستقیم با عملکرد گیاه بسیار حائز اهمیت است (۲۴، ۲۰). همچنین تنش آبی باعث کاهش ویژگی‌های ریخت‌شناسی از جمله ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، تعداد شاخه در گیاه، تعداد برگ در گیاه و وزن تر و خشک بوته می‌شود (۳۳). از طرفی، اثر تنش خشکی بیشتر بر ویژگی‌های رویشی در مقایسه با فاکتورهای زایشی از جمله عملکرد گیاه است. هرچند، تنش در مرحله توسعه برگ‌ها و ساقه و فتوسنتز بسیار مهم است (۲۱). گیاهانی که در مناطق خشک جهان قرار دارند، معمولا به صورت کم یا زیاد در معرض تنش خشکی هستند. کمبود آب باعث اختلال در فرایند فیزیولوژیکی گیاه، رشد برگ‌ها، فتوسنتز، عملکرد روزنه‌ها، تغییرات متابولیسم، خشک شدن و در نهایت مرگ گیاه می‌شود (۱۰). پژوهشگران اثرات تنش خشکی را بر روی گل جعفری بررسی و مشاهده نمودند که در اثر تنش خشکی ۷۰٪، فاکتورهای ریخت‌شناسی از جمله ارتفاع گیاه کاهش پیدا کردند (۲۸). این نتیجه‌ها توسط سایر پژوهشگران نیز تایید شده است (۱۹). طبق نتیجه‌های حاصل شده از این پژوهش، گرچه با کاهش آب آبیاری از سطح ۲۵٪ به ۵۰٪ و ۷۵٪ گیاهان دچار کاهش در شاخص‌های ریخت‌شناسی شدند، اما گیاهان روند رشد طبیعی خود را طی نمودند. اما با افزایش تنش در سطح ۱۰۰٪ گیاهان تحت تنش علایم تنش را از طریق کاهش معنی‌دار فاکتورهای ریخت‌شناسی گیاهان، از جمله ارتفاع، قطر تاج پوشش، تعداد شاخه، تعداد برگ، و وزن تر و خشک بوته نشان داد که با نتیجه‌های سایر پژوهشگران ذکر شده فوق همسو است. با توجه به حفظ شاخص‌های ظاهری گیاهان تحت تنش خشکی در سطوح ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪، می‌توان متحمل به خشکی بودن گیاه برازمبل را گزارش داد (شکل ۲).

۱- Catalase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

Fig. 2. Effect of five months drought stress on perovskia plants

شکل ۲- اثر پنج ماه تنش خشکی بر گیاه برازمبل.

پژوهشگران گزارش دادند که آبیاری زیاد نمی‌تواند دلیلی بر عملکرد بهتر گیاه باشد. به‌طوری که عملکرد بهینه گیاه تنباکو با حجم آبیاری ۱۵۵ لیتر بدست آمد، در حالی که با حجم بیشتر ۱۶۵ لیتر عملکرد کمتری در گیاه حاصل شد و فاکتورهای ریخت‌شناسی گیاه دچار کاهش شدند (۳۴). نتیجه‌های ما نیز همسو با موارد فوق است، به‌گونه‌ای که گیاه برازمبل در شرایط تنش ۵۰٪ و ۷۵٪ ، با وجود دریافت آب کمتر، عملکرد قابل قبولی را در شاخص‌های ریخت‌شناسی نشان دادند. در شاخص‌های ریخت‌شناسی گیاه برازمبل از جمله ارتفاع، قطر تاج پوشش، تعداد شاخه، تعداد برگ و وزن تر و خشک بوته‌های برازمبل، در گیاهان تحت تنش ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ دارای عملکرد بهینه بودند. بر اساس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در گونه‌های مختلف برازمبل، میزان تحمل نسبت به خشکی به ترتیب می‌توان *P. atriplicifolia* و *P. artemisioides* را متحمل‌تر از *P. abrotanoides* معرفی نمود. (جدول ۳)

گیاهان تحت تنش در سطح ۱۰۰٪ در طول زمان دچار کاهش ارتفاع و قطر پوشش گیاه شدند که این امر به دلیل خشکیدگی و پژمرده شدن اندام‌ها است. ارتفاع و قطر پوشش گیاهان در سطوح تنش ۱۰۰٪ کاهش بیشتری را نسبت به سطوح دیگر تنش نشان داد. طبق نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطوح تنش خشکی بر روی ارتفاع و قطر پوشش گیاهان برازمبل و همچنین برهمکنش تنش خشکی و زمان در سطح ۰/۰۰۱٪ معنی دار بود. از طرف دیگر، تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف از لحاظ اثرات متقابل تنش و نوع گونه مشاهده نشد (جدول ۳).

یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه یاخته‌ها به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش رشد یاخته، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عنصرهای غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد (۲۵). در این پژوهش نیز که با نتیجه‌های فوق همسو است، تعداد شاخه و تعداد برگ در سطوح مختلف تنش کاهش یافت (جدول ۳)، اما این کاهش معنی‌دار نبود. بجز در تنش شدید ۱۰۰٪ که کاهش معنی‌داری پیدا کرد. طبق نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطوح تنش خشکی و همچنین برهمکنش تنش خشکی و زمان، بر روی قطر تاج پوشش گیاه، تعداد شاخه‌ها و تعداد برگ‌ها در سطح ۰/۰۰۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). برهمکنش تجزیه واریانس سطوح مختلف تنش و نوع رقم گیاه برازمبل نشان داد که گونه‌های مختلف در قطر تاج پوشش گیاه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

تفاوت معنی داری را در شرایط تنش خشکی نشان ندادند اما این تفاوت در تعداد شاخه‌ها در سطح ۰/۱٪ و در تعداد برگ در سطح ۰/۰۰۱٪ معنی‌دار بود.

تنش خشکی باعث جلوگیری از رشد یاخته و منتج به کاهش توسعه برگ‌ها و شاخه‌ها می‌گردد. کاهش برگ‌ها و شاخه‌ها سبب کاهش جذب آب از خاک و به‌تبع آن کاهش تبخیر می‌گردد. محدود شدن تعداد برگ‌ها و شاخه‌ها اولین اقدام در ایجاد تحمل در برابر کم‌آبی است. در ادامه رویارویی با کم‌آبی در سطح ۱۰۰٪ تنش خشکی، برگ‌های قدیمی گیاه شروع به ریزش می‌کنند. این پدیده کاهش تعداد برگ‌ها و شاخه‌ها و به عبارتی کاهش پوشش گیاه می‌شود (جدول ۳) و در دراز مدت در ایجاد تحمل در برابر کمبود آب بسیار مهم است (۲۴).

کاهش تعداد برگ‌ها در شرایط تنش خشکی، به طور عمده نتیجه ساخت و عملکرد آبسیزیک اسید در گیاهان است. آبسزیک اسید به طور مداوم و در حجم کم در یاخته‌های مزوفیل برگ تولید می‌شود و در کلروپلاست تجمع می‌یابد. با چروکیده و جمع شدن مزوفیل، دو اتفاق می‌افتد. اول، مقدار آبسزیک اسیدی که در یاخته‌های مزوفیل ذخیره شده به یاخته‌های محافظ منتقل می‌شود. دوم، نسبت تولید آبسزیک اسید افزایش می‌یابد. در نتیجه، با توزیع مجدد آبسزیک اسید ذخیره شده در مزوفیل به آپوپلاست، بسته شدن منافذ آغاز می‌گردد. با بسته شدن منافذ، مجددا تولید آبسزیک اسید آغاز می‌شود و به‌نظر می‌رسد که تشدید یا طولانی شدن بسته ماندن منافذ به آبسزیک اسید ذخیره شده مربوط است (۲۱). در شرایط تنش خشکی رشد شاخساره و ریشه نیز کاهش می‌یابد و باعث کاهش اندازه گیاه می‌شود و به تبع آن عملکرد گیاه نیز کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر نیز در سطوح مختلف تنش، وزن تر و خشک بوته‌ها کاهش یافت (جدول ۳) که با نتیجه‌های فوق همسو است.

میزان وزن تر گیاه، یکی از ویژگی‌های مهمی است که رابطه مستقیم با محتوای آب موجود در خاک دارد و نشان‌دهنده وضعیت آبی خاک است. میزان وزن تر یکی از چندین روش اندازه‌گیری وضعیت آبی بافت است، که رابطه نزدیکی با پتانسیل آبی برگ دارد (۱۷) و به‌عنوان شاخص مهم در تنش خشکی در گیاهان است که می‌تواند توانایی گیاه را برای در امان بودن از شدت تنش زیر تاثیر قرار دهد و درنتیجه بر عملکرد و پایداری آن مؤثر باشد (۱۷).

بالا بودن میزان وزن تر گیاه در شرایط کم‌آبی با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط می‌باشد (۲۹). وزن تر گیاه به طور معنی‌داری با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش می‌یابد. کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد. وزن تر گیاه با ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق و فتوسنتز همبستگی دارد. با اعمال تنش خشکی ابتدا هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، سپس محتوای آب و فتوسنتز شروع به کاهش می‌کند (۱۷). کاهش شدید هدایت روزنه‌ای با تغییر جزیی محتوای آب نسبی بیانگر آن است که احتمالا سیگنال‌های ارسالی از ریشه در شرایط تنش خشکی، عامل بسته شدن روزنه و کاهش فتوسنتز است. این سیگنال شیمیایی همان آبسریک اسید است (۳۵). به این ترتیب که کاهش محتوای آب در گیاه، هدایت روزنه‌ای و در نتیجه ورود دی‌اکسیدکربن به داخل برگ را کاهش می‌دهد که این عامل به نوبه خود باعث کاهش فتوسنتز می‌شود. اختلاف در محتوای آب برگ‌ها در مرحله‌ای که با تنش مواجه می‌شود ممکن است از تفاوت قابلیت ارتجاعی دیواره‌های یاخته‌ای در این شرایط ناشی شده باشد (۱۷).

عامل مهم در وزن خشک گیاه در مرحله رشد رویشی در دوران تنش، میزان فتوسنتز و شاخص میزان برگ است. پژوهشگران اثر تنش خشکی را بر روی گیاه کاسنی بررسی نمودند و مشاهده کردند که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان وزن تر و به تبع آن وزن خشک گیاهان کاسنی کاهش پیدا کرد. به‌طوری که بیشترین وزن تر و خشک در تیمار ۹۰ درصد و کمترین آن در تیمار ۴۵ درصد به‌دست آمد (۱۸). روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبرو هستند کاهش تولید وزن تر و خشک گیاه است. پژوهشگران اثر تنش خشکی را در سطوح ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده خاک در دو تیپ زینتی و دارویی گیاه همیشه بهار را بررسی و مشاهده نمودند که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان وزن خشک گیاهان کاهش پیدا نمود. به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان وزن خشک را به ترتیب در گیاهانی مشاهده کردند که به میزان ۸۰ و ۲۰ درصد آب قابل استفاده آبیاری شدند (۱۲). بالاترین وزن خشک مربوط به تنش ۲۵٪ و کمترین آن مربوط به تنش ۱۰۰٪ بود که با نتیجه‌های فوق همسو بود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

خشکی، نوع رقم، زمان و برهمکنش آنها بر روی میزان وزن تر و خشک گیاهان برازمیل در سطح ۰/۰۰۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد مناسب گیاه تا سطح ۷۵٪ تنش خشکی، با وجود کاهش وزن تر و خشک گیاه، نشان دهنده متحمل بودن گیاه برازمبل به شرایط خشکسالی و توانایی این گیاه برای ایجاد فضای سبز مناسب با وجود مصرف آب کم جهت آبیاری است.

نتیجه‌های اندازه‌گیری وزن تر گیاه نشان داد، با سطوح مختلف تنش، باعث کاهش در وزن تر گیاهان برازمبل شد. بالاترین وزن تر مربوط به تنش ۲۵٪ و کمترین آن مربوط به تنش ۱۰۰٪ بود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی، نوع رقم، زمان و برهمکنش آن‌ها بر روی میزان وزن تر گیاهان برازمیل در سطح ۰،۰۰۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه برازمبل.

Table 3. Mean comparision of drought stress effect on morphological parameters in *Perovskia spp*.

زمان Duration	گونه‌های برازمبل Perovskia spp.	تنش خشکی Drought Stress	ارتفاع بوته P.H. (cm)	قطر پوشش بوته P.D. (cm)	تعداد شاخه Sh.N.	تعاد برگ L.N.	وزن تر بوته F.Wp (g)	وزن خشک بوته D.Wp (g)
خرداد May	*P. artemisioides*	25	20.00 q-t	5.66 t-z	1.00 pq	18.66 m-p	5.90 p-t	3.14p-w
		50	17.7 r-v	5.43 t-z	1.00 pq	15.33 p-r	5.03p-v	2.52s-z
		75	15.93 t-v	4.83 u-z	1.00 pq	12.66 q-t	4.55q-x	2.06u-z
		100	15.00 t-v	3.53 w-z	1.00 pq	10.66 s-w	3.46r-y	1.37x-z
	P. abrotanoides	25	20.00q-t	5.60t-z	1.00pq	15.00p-s	5.37p-u	2.71r-x
		50	15.43t-v	4.96u-z	1.00pq	12.00q-u	4.76p-w	2.68r-x
		75	14.33t-v	4.40v-z	1.00pq	11.33r-v	3.97r-y	1.85w-z
		100	13.13t-v	3.03w-z	1.00pq	9.66t-x	3.36s-y	1.15yz
	P. atriplicifolia	25	20.00q-t	8.33o-w	1.00pq	20.33l-o	6.79o-q	3.27p-w
		50	19.26r-u	6.86r-z	1.00pq	16.33o-q	6.10o-s	2.48s-z
		75	17.00r-v	6.46s-z	1.00pq	15.00p-s	4.75p-w	1.97v-z
		100	16.26s-v	5.56t-z	1.00pq	11.66r-v	3.79r-y	1.48x-z
تیر June	*P. artemisioides*	25	32.30n-p	12.76i-q	3.00o-q	21.66i-n	7.45op	4.23m-q
		50	30.20o-q	11.93k-s	2.33o-q	18.33m-p	6.18o-r	3.14p-w
		75	26.53p-s	9.90n-v	2.00o-q	15.33p-r	5.69p-t	2.58r-y
		100	14.20t-v	3.26w-z	1.00pq	9.66t-x	3.40s-y	1.13yz
	P. abrotanoides	25	27.40p-r	10.26m-u	2.33o-q	18.66m-p	6.86o-q	3.57o-t
		50	27.46p-r	8.10p-x	1.66o-q	15.66p-r	5.61p-t	3.06p-w
		75	27.36p-r	7.56q-y	1.33pq	12.00q-u	5.27p-u	2.17t-z
		100	11.86t-v	3.06w-z	1.00pq	9.33t-x	2.85u-y	1.07z
	P. atriplicifolia	25	36.00m-p	13.83g-o	4.00m-o	25.33f-j	8.64o	3.39o-v
		50	34.26m-p	12.16j-r	3.66n-p	20.33l-o	6.96o-q	2.71r-x
		75	31.66n-p	10.03n-v	3.00o-q	16.33o-q	5.94p-s	2.34t-z
		100	15.16t-v	4.66u-z	1.00pq	10.66s-w	3.53r-y	1.33x-z
مرداد Jully	*P. artemisioides*	25	49.76h-k	17.60c-j	8.66g-k	25.33f-j	16.29k-m	4.34l-q
		50	46.06j-l	16.40e-l	6.33k-m	21.66i-n	14.84lm	3.55o-u
		75	39.23l-o	15.93e-l	5.66l-n	21.66i-n	14.05mn	3.20p-w
		100	12.86t-v	3.03w-z	1.00pq	9.00t-y	2.68u-y	0.87b-f
	P. abrotanoides	25	47.60i-l	15.73e-m	7.33j-l	20.66k-o	15.97k-m	4.07m-r
		50	43.66j-m	14.13g-n	6.33k-m	17.33n-p	14.14mn	3.94n-s
		75	30.50op	11.00l-t	4.00m-o	15.00p-s	12.31n	2.48s-z
		100	10.80t-v	2.63w-z	0.66q	7.33v-z	2.46v-y	0.64d-f
	P. atriplicifolia	25	50.93g-k	18.93b-h	9.33f-j	27.66e-h	19.30ij	5.25i-n
		50	47.03i-l	18.20c-i	7.33j-l	23.66h-l	17.25j-l	3.05q-w
		75	40.80k-n	17.76c-j	5.66l-n	19.00m-p	15.68k-m	2.60r-y
		100	13.76t-v	4.23w-z	1.00pq	9.33t-x	3.16t-y	1.10z
شهریور August	*P. artemisioides*	25	65.06b-d	19.10b-g	12.00c-e	29.33d-g	27.21e	9.50de
		50	61.53b-f	18.90b-h	10.00e-i	26.00e-i	24.96e-g	8.69e
		75	58.93c-h	16.46e-l	7.33j-l	25.33f-j	23.56f-h	5.67g-l
		100	9.76t-v	2.43x-z	0.66q	6.66w-z	2.20w-y	0.74c-f
	P. abrotanoides	25	60.63b-g	18.30c-i	10.00e-i	23.66h-l	18.84j	4.81j-o
		50	56.83d-i	15.90e-l	8.00h-l	21.33j-n	17.54jk	4.53k-p
		75	51.36f-j	13.36h-p	5.66l-n	18.66m-p	15.95k-m	3.66o-t

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

		100	8.70uv	2.16yz	0.66q	6.00x-z	1.98xy	0.47f7
	P. atriplicifolia	25	69.86ab	24.13ab	14.00bc	32.66cd	31.34cd	13.55b
		50	64.13b-d	20.06a-f	11.66c-f	29.00d-g	27.10e	6.77f-h
		75	61.16b-g	17.16c-k	9.00g-j	22.66i-m	25.88ef	5.77g-k
		100	10.40t-v	3.06w-z	0.66q	8.00u-z	2.66u-y	1.03a-f
	P. artemisioides	25	69.96ab	22.23a-d	15.33ab	34.33bc	33.79b	11.01c
		50	62.56b-e	20.43a-f	12.66cd	30.33de	30.79cd	8.95de
		75	60.76b-g	19.53b-g	10.33d-h	29.66d-f	25.41e-g	6.32f-i
		100	7.76v	2.23yz	0.33q	4.66yz	1.96xy	0.54ef
	P. abrotanoides	25	66.50a-d	20.96a-e	13.33bc	29.33d-g	23.13gh	6.83fg
		50	59.40b-h	16.70d-k	10.66d-g	25.33f-j	21.36hi	6.16f-j
مهر September		75	53.16e-j	14.93f-n	7.66i-l	21.66i-n	17.67jk	5.40h-m
		100	7.46v	1.46z	0.33q	4.00z	1.63y	0.40f
	P. atriplicifolia	25	75.33a	25.10a	17.33a	40.00a	36.44a	19.76a
		50	67.66a-c	22.76a-c	15.66ab	37.33ab	33.06bc	10.07cd
		75	63.70b-e	22.13a-d	12.33c-e	25.00g-k	29.50d	7.15f
		100	9.50t-v	2.76w-z	0.33q	5.66x-z	2.43v-y	0.84c-f

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of significance.
P.H.: Plant Height, P.D.: Plant Diameter, Sh.N.: Shoot Number, L.N.: Leaf Number, L.A.: Leaf Area, F.N.: Flower Number, F.D.: Flower Diameter, F.Wp: Fresh Weight of Plant, D.Wp: Dry Weight of Plant

میانگین ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

P.H.: ارتفاع بوته، P.D.: قطر پوشش بوته، Sh.N.: تعداد شاخه، L.N.: تعداد برگ، L.A. : سطح برگ، F.N. : تعداد گل، F.D.: قطر گل، F.Wp: وزن تر بوته،D.Wp: وزن خشک بوته.

ویژگی‌های فیزیولوژیکی

پس از اعمال سطوح مختلف تنش خشکی، مقدار پرولین در گیاه برازمبل اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان پرولین نیز افزایش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین و بیشترین میزان پرولین به ترتیب در سطوح تنش ۲۵٪ و ۱۰۰٪ مشاهده شد (جدول ۴). همچنین تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح تنش بر میزان پرولین گیاهان برازمبل در سطح ۰/۰۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). اما گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را در میزان تولید پرولین، تحت تنش خشکی نشان ندادند. پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی به‌عنوان محافظ در برابر تنش نیز عمل می‌کند. بدین‌ترتیب که به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم با ماکرومولکول‌ها برهمکنش داشته و از این طریق به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها در شرایط تنش کمک می‌کند (۲۲). به‌عنوان مثال، بررسی تنش روی گیاه فلفل نشان داد که مقدار پرولین در گیاه افزایش یافت (۲۲). بنابراین با توجه به میزان افزایش در مقدار پرولین در مقایسه با گیاهان شاهد، می‌توان متحمل بودن گیاه برازمبل تحت شرایط تنش را اثبات نمود، به‌گونه‌ای که تنها در شرایط تنش ۱۰۰٪ گیاهان علائم کاهش عملکرد را نشان دادند و میزان پرولین به میزان ۴۸٪ افزایش یافت.

فاکتورهای فیزیولوژیک گیاه از جمله بسته شدن منافذ، میزان پرولین، کلروفیل، کاروتنوئید و غیره نیز در شرایط تنش خشکی زیر تاثیر قرار می‌گیرد. در نتیجه کاهش آب گیاه، کاهش رشد یاخته‌ها و ساخت پروتئین، کاهش جریان دی‌اکسیدکربن درکلروپلاست و تنفس برگ‌ها (بسته شدن روزنه‌ها)، کاهش فتوسنتز و افزایش پرولین و آبسزیک اسید است. در شرایط تنش معمولی یا سخت، غلظت پرولین افزایش می‌یابد، پرولین مانند یک تانک ذخیره نیتروژن به تحمل گیاه در برابر تنش کمک می‌کند (۱۶).

متعاقب کاهش برگ‌ها، 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. محدود شدن شاخه‌دهی در شرایط تنش خشکی در گیاه، یک مکانیسم سازگاری است که به‌وسیله آن گیاه تلاش می‌کند تا آب را برای مراحل بحرانی حفظ نماید (۲۷). در پژوهش حاضر نیز کاهش تعداد شاخه، ارتفاع و به‌تبع آن کاهش فتوسنتز در شرایط تنش شدید خشکی را می‌توان به عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه برازمبل درنظر گرفت. پس از اعمال تنش خشکی، مقدار کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان کاهش پیدا کرد. با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان تحت تنش کاهش یافت. بیشترین میزان کلروفیل و کارتنوئید در سطح تنش ۲۵٪ و کمترین آن‌ها در سطح ۱۰۰٪ تنش بود. نتیجه‌های

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل و کارتنوئید به ترتیب در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). کلروفیل از مهمترین ترکیبات کلروپلاست برای فتوسنتز است (۲۷). کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی، بستگی به مدت و شدت سطح خشکی دارد و به عنوان علامت معمول اکسیداسیون رنگدانه‌ها و تخریب کلروفیل است. کاهش میزان کلروفیل کل در شرایط تنش خشکی، نشان دهنده ظرفیت کمتر برای دریافت نور است. از آنجایی‌که اعمال حیاتی گیاهان با جذب اکسیژن در دستگاه فتوسنتزی انجام می‌شود، بنابراین در شرایط تنش با کاهش رنگدانه‌های جذب کننده، شاخص‌های حیاتی و ریخت‌شناسی گیاه نیز دچار کاهش کمی و کیفی و در نتیجه خشک شدن گیاه می‌شود (۲۳). تنش خشکی در گیاه کاسنی باعث کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل شد. به‌گونه‌ای که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان کلروفیل نیز روند کاهش را طی نمود (۱۸).

نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش با گزارش سایر پژوهشگران (۳۱) مشابه است، که در پژوهشی تاثیر تنش خشکی را بر گیاه شوید بررسی کردند و مشاهده نمودند که با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل در اندام گیاه کاهش پیدا کرد. در اثر تنش، یاخته‌های مزوفیل برگ دهیدراته می‌شوند. آبسزیک اسید که می‌بایست در کلروپلاست ذخیره شود، در یاخته‌های محافظ مصرف می‌شود. درنتیجه ساخت و ساز آبسزیک اسید در یاخته‌های محافظ و مزوفیل افزایش می‌یابد. با افزایش آبسزیک اسید، پتاسیم و کلسیم در یاخته‌های محافظ افزایش می‌یابد و نتیجه این پروسه بسته شدن روزنه‌ها، همزمان با کاهش آب در یاخته‌های محافظ است. با کمبود آب در گیاه، میزان فتوسنتز در گیاه نیز کاهش می‌یابد که این پدیده به‌خاطر کاهش آنزیم‌های فتوسینتتیک است. به‌دنبال آن کمبود آب باعث رنگ‌پریدگی نیز می‌شود. در تنش شدید خشکی، ریشه‌ها و برگ‌ها حالت جمع شدگی پیدا می‌کنند (۵).

پس از اعمال تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و پروکسیداز در گیاه اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد میزان فعالیت آنزیم در گیاهان تحت تنش افزایش پیدا کرد، به‌طوری که کمترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سطح تنش ۲۵٪ و بیشترین فعالیت در سطح ۱۰۰٪ تنش مشاهده شد. نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). نتیجه‌های بدست آمده با گزارش سایر پژوهشگران (۱۵) مشابه است، که در پژوهشی اثر تنش خشکی بر در پنج رقم گندم دوروم بررسی شد و مشاهده نمودند که فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در واکنش به تنش خشکی معنی‌دار شد و افزایش نشان داد. رقمی که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز را در برابر تنش خشکی از خود نشان داد، رقمی مقاوم در برابر تنش خشکی محسوب شد. در پژوهش حاضر نیز مشاهده می‌شود که با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتر شد. این نتیجه بیانگر آن است که با افزایش تنش خشکی در گیاه برازمبل، میزان تحمل آن در برابر شرایط خشکی بالاتر می‌رود. به گونه‌ای که در تنش ۱۰۰٪ بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مشاهده شد. پژوهشگران اثر تنش خشکی را بر روی پونه معطر بررسی کرده و مشاهده نمودند که با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز افزوده شد (۱). در پژوهش حاضر نیز مشاهده می‌شود که با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بیشتر شد. این نتیجه بیانگر آن است که با افزایش تنش خشکی در گیاه برازمبل، میزان تحمل آن در برابر شرایط خشکی بالاتر می‌رود. این نتیجه‌ها توسط سایر پژوهشگران نیز تایید می‌گردد (۹، ۳۲).

پس از اعمال تنش خشکی میزان نشت یونی در گیاه اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان نشت یونی در گیاهان تحت تنش بالاتر رفت. به‌گونه‌ای که کمترین و بیشترین میزان نشت یونی به ترتیب در در سطح تنش ۲۵٪ و ۱۰۰٪ مشاهده شد. نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان نشت یونی در گیاهان تحت تنش در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). افزایش شدت شرایط خشکسالی و به تبع آن تجمع نمک و یون‌ها در لایه‌های بالایی خاک در اطراف ریشه باعث ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی می‌شود. اولین پاسخ به تنش، یک پاسخ بیوفیزیکال است. در حقیقت با افزایش میزان تنش، چروکیده و شل شدن دیواره یاخته‌ای، حجم یاخته، فشار اسمزی و در نتیجه رشد کاهش می‌یابد. درنتیجه نشت یونی افزایش یافته و از طرفی فاکتورهای ریخت‌شناسی گیاه نیز کاهش می‌یابد (۵). طی مشاهدات انجام شده در این پژوهش، پس از اتمام تنش خشکی و آبیاری بهتر گیاهان برازمبل تحت تنش، حتی در گیاهان تحت تنش ۱۰۰٪، تمامی اثرات تنش از بین رفت و گیاه مجددا خود را احیا نموده و به رشد طبیعی برگشت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

نتیجه‌های بدست آمده با گزارش پژوهشگران (۳) مشابه است، که در پژوهشی تأثیر پیش تیمار خشکی بر افزایش تحمل به تنش خشکی دو گونه چمن را بررسی نمودند و مشاهده کردند که پیش تیمار خشکی در چمن بنت‌گراس خزنده سبب حفظ محتوای آب گیاه تا سطح شاهد شد. در مجموع، به نظر می‌رسد که گیاهان پیش تیمار شده با افزایش طول ریشه، کاهش طول شاخساره،کاهش نشت الکترولیت و حفظ میزان آب گیاه، تحمل به تنش خشکی را در دو گونه چمن افزایش داده است. در این پژوهش نیز با شروع تنش خشکی (۲۵٪ و ۵۰٪)، گیاه با القای تحمل در خود، روند رشد را با حفظ فاکتورهایی مانند ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، تعداد شاخه در گیاه ، تعداد برگ در گیاه و سطح برگ، ادامه داد. اما با ادامه تنش در سطح ۱۰۰٪ فاکتورهای ذکر شده کاهش یافت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه برازمبل.

Table 4. Mean comparision of drought stress effect on physiological parameters in *Perovskia spp*.

گونه‌های برازمبل *Perovskia spp.*	تنش خشکی Drought Stress (%)	کلروفیل Chl. (mg g^{-1} Fw)	کاروتنوئید CAR. (mg g^{-1} fw)	پرولین Pro. (µmol g^{-1} FW)	کاتالاز CAT. (µMol g^{-1}FW.min)	پراکسیداز PROX. (µMol g^{-1}FW.min)	نشت یونی I.L. (%)
P. artemisioides	25	2.75 ab	8.99 ab	2.27 bc	0.25 fg	0.048 c	4.60 f
	50	2.35 b-d	7.52 b-d	2.78 bc	0.36 e-g	0.073 a-c	5.32 d-f
	75	1.99 cd	6.73 c-e	2.97 bc	0.95 d	0.081 a-c	5.99 cd
	100	1.99 cd	6.24 de	4.64 ab	2.19 b	0.092 a-c	6.76 bc
P. abrotanoides	25	2.49 bc	8.33 bc	2.06 c	0.18 g	0.043 c	5.00 ef
	50	2.19 cd	7.31 cd	2.38 bc	0.24 g	0.052 bc	5.89 c-e
	75	1.97 cd	6.67 c-e	2.84 bc	0.55 e	0.053 bc	7.37 ab
	100	1.88 d	5.23 e	3.96 a-c	1.13 cd	0.066 a-c	8.01 a
P. atriplicifolia	25	3.17 a	10.19 a	2.46 bc	0.27 fg	0.059 bc	2.70 g
	50	2.77 ab	9.13 ab	3.05 bc	0.52 ef	0.080 a-c	4.60 f
	75	2.32 b-d	7.86 b-d	3.37 bc	1.23 c	0.099 ab	5.24 d-f
	100	2.13 cd	7.06 cd	6.04 a	2.76 a	0.111 a	6.29 c

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of significance.

Chl.: Chlorophyll, CAR.: Carotenoid, Pro.: Proline, CAT.: Catalase, PROX.: Peroxidase, I.L.: Ion Leakage

میانگین ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

.Chl: کلروفیل، .CAR: کاروتنوئید، .Pro : پرولین، CAT: کاتالاز، .PROX: پراکسیداز، .I.L: نشت یونی.

P. atriplicifolia *P. artemisioides* *P. abrotanoides*

Fig. 3. Domesticated *Perovskia spp*. plants in the research field of Ornamental Plants Research Center

شکل ۳- گیاهان اهلی شده برازمبل در مزرعه پژوهشی پژوهشکده گل و گیاهان زینتی.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

نتیجه‌گیری

بر اساس نتیجه‌های حاصل از این پژوهش، گیاه برازمبل در شرایط تنش خشکی کاملا متحمل است و تمامی فاکتورهای ریخت‌شناسی خود را (گل‌های زیبا، دوره گلدهی طولانی (اردیبهشت الی آذر)، پوشش سبز زیبا، چندساله بودن، ارتفاع مناسب و قطر پوشش گیاهی مناسب) در شرایط تنش حفظ می‌نماید. در تنش ۲۵ ٪ بالاترین میزان ارتفاع گیاه، قطر پوشش گیاه، تعداد شاخه و تعداد برگ به‌دست آمد. در واقع مصرف آب این گیاه در حالت بهینه ۲۵ درصد ظرفیت زراعی است. با توجه به نتیجه‌ها، تنش خشکی در سطوح ۲۵ ،۵۰ و حتی ۷۵٪ نیز کاملا توصیه می‌شود. گرچه گیاهان برازمبل در سطح تنش ۱۰۰ ٪ نیز از بین نرفتند و همچنان پوشش سبز خود را حفظ کردند. نکته مهم آن است که گیاه برازمبل با دارا بودن قابلیت القاء تحمل در خود، پس از گذشت شرایط گرما و خشکسالی، دوباره با نشاط شده (حتی گیاهان در معرض تنش ۱۰۰٪)، و هیچ اثری از گذراندن دوران خشکسالی در آنان مشاهده نشد. بنابراین گیاه برازمبل با ظاهر زیبا، گل‌های بنفش رنگ و تحمل به تنش‌های محیطی ازجمله گرما و خشکسالی و نیز ایجاد پوشش زیبای چندساله بر روی زمین، برای مناطق خشک و نیمه‌خشک کاملا متحمل است و برای کاشت در فضای سبز شهری توصیه می‌شود (شکل ۳).

References منابع

1. Afshar-mohammdian, M., F. Ghanati, S. Ahmadiani, K. Sadr-zamani. 2016. Effect of drought stress on the activity of antioxidant enzymes and soluble sugars content of Pe-nnyroyal (*Mentha pulegium* L.). Nova Biol. Rep. 3 (3) :228-237. (In Persian)
2. Aghababaei, Z. and M. Sabzi. 2012. Introducing *Achillea millefolium* as a medicinal plant and evaluating its drought resistance, first national congress of desert, International research center of desert, Tehran University. (In Persian)
3. Amiri-nasab K., H. Zaki zade, M. Ghasem nejad and M.H. Bigluei. 2014. The effect of drought pre conditioning on increasing drought stress tolerance in two turfgrass species, creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* cv. Palustris) and tall fescue (*Festuca arundinacea* cv. Greystone). J. Crop Improv. 16(3): 599-611. (In Persian)
4. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. J. Agron. 23:112-121.
5. Bagheri, A. 2009. Effects of drought stress on chlorophyll, proline and rates of photosynthesis and respiration and activity of superoxide dismutase and peroxidase in millet (*Panicum milenaceum* L.). National conference on water scarcity and drought management in agriculture. Islamic Azad University Arsanjan, p.16.
6. Bates, L.S., R.P. Waldern and I.D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-107.
7. Blum, A. and A. Ebercon. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Sci. 21: 43-47.
8. Chance, B. and A.C. Maehly. 1955. Assay of catalase and peroxidases. Elsevier, Meth. Enzymol. 2: 764-775.
9. Costa, C.T., de Almeida, M.R., Ruedell, C.M., Schwambach, J., Maraschin, F.S. and Fett-Neto, A.G. 2013. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. Front Plant Sci. 4: 1–19.
10. Davies, P.J. 2010. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: Ed. Plant hormones. Springer, Netherlands, pp 1–15.
11. Dixon, G.R. and D.E. Aldous. 2014. Book of Horticulture: Plants for People and Places, Volume 1.
12. Ebrahimi, M., Gh.R. Zamani and Z. Alizadeh. 2017. A study on the effects of water deficit on physiological and yield-related traits of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). J. Med. Aromat. Plants. 33(3): 492-508. (In Persian)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

13. Elahi, S. 2011. Xeriscape, new knowledge in sustainable landscape architecture of desert areas. 1st Conference of Civil and Development, Zibakenar, Iran. (In Persian)
14. Garcia-Caparros, P., M.J. Romero, A. Llanderal, P. Cermeno, M.T. Lao and M.L. Segura. 2019. Effects of drought stress on biomass, essential oil content, nutritional parameters, and costs of production in six Lamiaceae species. Water. 11: 573.
15. Hassan-poor, K., J. Ahmadi, J. Daneshian and S. Hatami. 2015. Changes in Chlorophyll, Protein and Antioxidant Enzymes on Durum Wheat under Drought Stress. J. Crop Breed. 7 (15): 76-87. (In Persian)
16. Heidaiy, Y. and P. Moaveni. 2009. Study of Drought stress on accumulation and proline among aba in different genotypes forage corn .Res. J. Biol. Sci. 4:1121-1124.
17. Heidari, N., M. Pouryousef and A. Tavakoli. 2015. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). J. Plant Res. 5(27): 829- 839. (In Persian)
18. Jazi-zade, E. and F. Mortezaei nejad. 2017. Effects of Water stress on Morphological and Physiological Indices of (*Cichorium intybus* L.) for introduction in urban landscapes. J. Plant Proc. Func. 6 (21) :279-290. (In Persian)
19. Jorenush, M.H. and M. Rajabi. 2015. Effect of Drought and Salinity Tensions on Germination and Seedling Growth of Artichoke (*Cynara Scolymus* L.). Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 3 (3): 297-302.
20. Junior, E.D.S., Barbosa, M.S.D.M., Silva, C.M.A.D., Silva, R.C.S.D., Kiill, L.H.P. and Beckmann-Cavalcante, M.Z. 2018. Vegetative propagation of *Rhaphiodon echinus* Schauer (Lamiaceae): effects of the period of cutting in rooting, cuttings arrangement and IBA concentrations for seedlings production. Ornam. Hortic. 24(3): 238-247.
21. Kabiri, R. 2010. Effect of salicylic acid to reduce the oxidative stress caused by drought in the hydroponic cultivation of Nigella sativa (*Nigella sativa*). MA thesis. Kerman Shahid Bahonar University.
22. Koc, E., C. İslek and A.S. Üstun. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi Univ. J. Sci. 23: 1-6.
23. Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P.C. Struik and Y. Sohrabi. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll content in three Chickpea cultivars. Aust. J. Crop Sci. 4(8): 580-585.
24. Maleki, A., R. Naderi, A. Naseri, A. Fathi, S. Bahamin and R. Maleki. 2013. Physiological Performance of Soybean Cultivars under Drought Stress. Bullet. Environ. Pharmacol. Life Sci. 2 (6): 38-44.
25. Mandal, K., R. Saravanan and S. Maiti. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (Peronospora plantaginis) and seed yield of Plantago ovata. J. Crop Prot. 27(6): 988-995.
26. Mozaffarian, V. 2013. Dictionary of Iranian plants names, Farhang Moaser publication, Tehran. pp: 594. (In Persian)
27. Rahdari, P., S.M. Hoseini and S. Tavakoli. 2012. The studying effect of drought stress on germination, proline, sugar, lipid, protein and chlorophyll content in Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) leaves. J. Med. Plants Res. 6(9): 1539-
28. Riaz, A., Younis, A., Riaz Taj, A., Karim, A., Tariq, U., Munir, Sh. and Riaz, S. 2013. Effect of drought stress on growth and flowering of Marigold (*Tagetes erecta* L.). Pak. J. Bot. 45(1): 123-131.
29. Sandom, Ch.J., Hughes, J. and Macdonald, D.W. 2013. Rooting for rewilding: Quantifying wild boar's *Sus scrofa* rooting rate in Scottish highlands. Restor. Ecol. 329-336.
30. Seaton, K., A. Bettin and H. Grüneberg. 2014. New Ornamental Plants for Horticulture, Chapter 12.
31. Setayesh-Mehr Z. and A. Ganjeali. 2013. Effects of Drought Stress on Growth and Physiological Characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). J. Hort. Sci. 27(1): 27-35. (In Persian)
32. Tatari, M., R. Fotouhi Ghazvini, A. Mousavi and Gh. Babaei. 2018. Comparison of some physiological aspects of drought stress resistance in two ground cover genus. J. Plant Nutr. 41(10): 1215-1226.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

33. Yamaguchi, M. and R.E. Sharp, 2010. Complexity and coordination of root growth at low water potentials: recent advances from transcriptomic and proteomic analyses. Plant Cell Environ. 33: 590-603.
34. Yuan, Y.B., D.Y. Chen, X.H. Shao, Y.H. Li, F. Ding and C. Kwizera. 2012. Effects of different irrigation quantities on plant growth and photosynthesis characters of flue-cured tobacco. J. Food Agric. Environ. 10(2): 1160-1163.
35. Zhou, R., X. Yu, C.O. Ottosen, E. Rosenqvist, L. Zhao, Y. Wang and Z. Wu. 2017. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. BMC Plant Biol. 17(1): 24.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (3): 325-348 (2021)
Research article

Investigating Drought Stress Tolerance in Endemic Perovskia for Using in the Urban Landscape

S. Mirzaei* and S.M. Banijamali[1]

Iran is one of the countries placed in arid and semi-arid areas. Using endemic perovskia (*Perovskia* spp.) in the urban landscape helps in optimizing the amount of water in the irrigation. In addition, due to their compatibility with the country climate, high drought resistance and attractive flowers, provides suitable field for achieving the sustainable landscape development. This study was laid out to introduce different varities of perovskia, which are suitable for urban landscaping of dry and semi dry areas. Therefore, perovskia plants were collected from three regions in Isfahan, khorasan and Markazi provinces and their tolerance to drought stress was evaluated in four levels (25%, 50%, 75% and 100% of field capacity) in three different species of perovskia (*P. atriplicifolia*, *P. artemisioides & P. abrotanoides*). Results indicated that drought stress increased proline, catalase, peroxidase, ion leakage and reduced chlorophyll and carotenoids. Although, due to drought stress, morphological parameters (plant height and diameter, shoots number, leaves number and plants fresh and dry weight) was decreased. Between three species, *P. atriplicifolia* showed the highest indexes in case of morphological and physiological parameters in drought stress condition. According to the results, we can introduce endemic perovskia, which is a less known plant, as a suitable drought tolerant plant for urban landscape.
Keywords: Electrical coductivity, Drought tolerant, Native Plant, Perovskia, Proline.

1. Assistant Professors of Ornamental Plants Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran.
* Corresponding Author, Email: (sahar_mirzaei81@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.7.2]