



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸

۲۲۷-۲۴۳

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.15884.2439

## ارزیابی مقاومت به تنش کم‌آبی در گل ماهور (*Verbascum thapsus*)

### و معرفی آن به‌عنوان یک گیاه زینتی در فضای سبز شهری

زینب محمدی<sup>۱</sup>، پژمان آزادی<sup>۲</sup>، \*مرضیه قنبری جهرمی<sup>۳</sup> و سعید غالبی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، <sup>۲</sup> استادیار بیوتکنولوژی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، <sup>۳</sup> استادیار گروه علوم باغبانی، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، <sup>۴</sup> مربی پژوهشی، مؤسسه آب و خاک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲

#### چکیده

**سابقه و هدف:** با توجه به کمبود منابع آب در ایران معرفی و استفاده از گونه‌های بومی با ویژگی‌های ارزشمند دارویی مانند گل ماهور از اهمیت زیادی برخوردار است. خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که بر مراحل رشد، ساختار و فعالیت‌های گیاهی تأثیرات زیان‌آوری وارد می‌سازد. از آنجا که پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی در سطوح ریخت‌شناسی، سلولی و مولکولی متفاوت است، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و زیست-شیمیایی گل ماهور در دو مرحله رشد رویشی و زایشی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش حاضر با دو عامل تنش کم‌آبی در ۵ سطح بر اساس تخلیه رطوبت خاک در ۵ سطح مکش (شاهد (۰/۳)، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر) و دو مرحله رشد گیاه (رویشی و زایشی) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. صفات وزن تر شاخساره و ریشه، وضعیت سوختگی و پژمردگی گیاه، کلروفیل برگ، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و مقدار پرولین اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین دور آبیاری در هر دو مرحله رویشی و زایشی به‌ترتیب در تیمارهای ۱۵ اتمسفر و شاهد مشاهده شد. مقدار آب مصرفی در مرحله رشد زایشی بیش‌تر از مرحله رشد رویشی بود. وزن تر شاخساره و ریشه بیش‌تری در دوره رشد زایشی به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن تر شاخساره تحت تنش کم‌آبی در تیمار شاهد و تیمار تنش کم‌آبی در سطح ۲ اتمسفر و کم‌ترین مقدار در تیمار ۱۵ اتمسفر مشاهده شد، بیش‌ترین وزن تر ریشه در تیمار ۵ اتمسفر اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین درصد سوختگی و پژمردگی برگ در تیمار ۱۵ اتمسفر × مرحله زایشی و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای شاهد × مرحله رویشی و شاهد × مرحله زایشی مشاهده شد. کلروفیل کل در دوره رشد زایشی در مقایسه با مرحله رشد رویشی از مقدار بیش‌تری برخوردار بود. بیش‌ترین کلروفیل کل تحت تنش کم‌آبی در تیمارهای شاهد و ۲ اتمسفر (۱/۸ میلی‌گرم بر گرم) و کم‌ترین مقدار آن در ۱۵ اتمسفر (۱/۰۵ میلی‌گرم بر گرم) اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در تیمار ۱۵ اتمسفر × مرحله زایشی و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد × مرحله رویشی مشاهده شد. مقدار تولید پرولین در دوره رشد زایشی بیش‌تر از مرحله رشد رویشی بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت تحت تنش کم‌آبی به‌ترتیب در تیمار ۱۵ اتمسفر (۱/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) و شاهد (۰/۰۰۷ میکرومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد.

\* مسئول مکاتبه: [ghanbari460@gmail.com](mailto:ghanbari460@gmail.com)

**نتیجه‌گیری:** مشاهده شد که با اعمال تنش کم‌آبی تا ۵ اتمسفر، تغییرات معنی‌داری در صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی روی داد. افزایش شدت تنش از ۵ به ۱۰ اتمسفر سبب تغییرات منفی در اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده در گیاه شد. بنابراین با اعمال برنامه مدیریتی در مصرف آب، می‌توان مقدار آب را از ۱۸۱/۵۲ میلی‌متر ارتفاع آب (شاهد) به ۴۴/۵۹ میلی‌متر ارتفاع آب (۵ اتمسفر) در طی دوره رویشی و همچنین از ۱۵۹/۲۳ تا ۴۱/۴۰ میلی‌متر ارتفاع آب در طی دوره زایشی کاهش داد. از این گیاه می‌توان در طراحی فضای سبز شهری به‌منظور افزایش مدیریت مصرف منابع آبی، بهره‌جست.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تنش کم‌آبی، طراحی فضای سبز، گل ماهور، مراحل رشد

### مقدمه

رنگ‌های زرد، قرمز، ارغوانی، قرمز متمایل به قهوه‌ای و یا سفید مشاهده می‌شوند (۲۳). ضمن این‌که گل ماهور دارای خواص دارویی نیز می‌باشد. برگ و گل، خلط‌آور و تسکین‌دهنده در درمان مشکلات تنفسی و مدر هستند (۷). در درمان بیماری ذات‌الریه و آسم استفاده می‌شود (۳۲). برگ و گل و ریشه گل ماهور تسکین‌دهنده و ضدعفونی‌کننده، ضداسپاسم، ضد درد، آنتی‌هیستامین، ضدسرطان، ضدویروس، ضداکسیدان، قارچ‌کش، خواب‌آور، آرام‌بخش و نرم‌کننده انقباضات هستند (۴۵). از برگ به‌عنوان ضماد و درمان بواسیر نیز استفاده می‌شود (۴۰).

خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که روی بیش‌تر مراحل رشد، ساختار و فعالیت‌های گیاهی آثار مخرب و زیان‌آوری وارد می‌سازد. پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی در سطوح ریخت‌شناسی، سلولی و مولکولی متفاوت است (۵۴). توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی به نوع، شدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش بستگی دارد (۵۷).

گیاهان دارای حداقل نیاز آبی برای رشد و تولید عملکرد مطلوب هستند. در صورتی‌که حداقل نیاز آبی فراهم نشود، گیاه با تنش کم‌آبی مواجه می‌شود و در صورت مصادف شدن تنش با مراحل رشدی حساس به کمبود آب، صدمات جبران‌ناپذیری به محصول وارد می‌گردد (۱۷). در این زمینه کاهش مصرف آب

با توجه به سازگاری و توانایی‌های گیاهان دارویی و پایین بودن سطح توقع‌شان نسبت به آب و مواد غذایی و مقاومت در برابر تنش‌ها، عمر طولانی و استقامت بالای آن‌ها، در نتیجه در صورت کاربرد آن‌ها در طراحی فضای سبز، ضریب اطمینان موفقیت طرح و انعطاف طراحی بیش‌تر می‌شود. از این‌رو استفاده از گیاهان زیتنی دارویی در فضای سبز شهری بیش از پیش احساس می‌شود (۱۰). گل ماهور (*Verbascum thapsus*) گیاهی متعلق به خانواده گل‌میمون (*Scrophulariaceae*) است که ارتفاع آن تا حدود ۱/۵ متر می‌رسد. در مناطق مختلف ایران به‌نام‌های علف خرگوش، خرگوشک، گل ماهور و علف‌ماه‌ور شناخته شده است (۲۹). جنس *Verbascum* دارای ۳۶۰ گونه است که بیش‌تر آن‌ها دوساله و تعداد کمی از آن‌ها یک‌ساله، چندساله یا بوته‌ای همیشه‌سبز یا نیمه همیشه‌سبز هستند (۱۳). به‌طور معمول کرک‌دار بوده و دارای برگ‌های بزرگ متناوب، ساده و صاف یا لبه‌دار یا دندان‌دار که به‌صورت طوقه‌ای در پائین گیاه تشکیل می‌شوند. برگ‌های روی ساقه گل‌دهنده کوچک‌تر و بدون دم‌برگ هستند. یک یا چند ساقه گل‌دهنده به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر تشکیل می‌دهند، گل‌ها به‌صورت سنبله یا خوشه فشرده روی آن قرار دارند. اما گاهی خوشه گل در مرکز برگ‌های طوقه‌ای تشکیل می‌شوند. گل‌ها در

مشاهده شد. گیاه *Penstmon. barbatus* برای فضای سبز زینتی که آبیاری کمی دارند؛ توصیه شد. در فضاهای سبزی که آبیاری کمی دارند مناسب نیست زیرا کیفیت ظاهری پایینی حتی در شرایط خشکی متوسط نشان دادند (۶۲). آگ و همکاران (۷) تحمل به کم‌آبی در شاخه و برگ چند گیاه زینتی را بررسی کردند و روابط آب برگ در آن‌هایی که تا ۸ برگی (به‌عنوان نقطه پژمردگی) زنده ماندند، اندازه‌گیری شد. مریم‌گلی، متحمل‌ترین گونه شناسایی شد و مطلوب‌ترین مقدار پتانسیل آب برگ و بالاترین سازگاری اسمزی را نشان داد. گیاه کوکب و دو گونه گل حنا وابستگی مشابهی به آب در نقطه پژمردگی داشتند (۷). کاربرد گیاه دارویی - زینتی کاسنی با توجه به مقاومت نسبی آن در برابر تنش کم‌آبی در طراحی منظر توصیه شده است (۳۱).

با توجه به بروز خشکسالی‌های اخیر، استفاده از گیاهان دارویی زینتی مقاوم به تنش‌های محیطی از اولویت برخوردار می‌باشد و استفاده از این گیاهان در طراحی فضای سبز شهری اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (۳۲). در همین راستا، با توجه به چندساله بودن گل ماهور و نیز تنوع رنگ گل‌ها، پیش‌بینی می‌شود که این گیاه قابلیت استفاده در فضای سبز شهری را به‌عنوان یک گیاه زینتی داشته باشد. از آن‌جا که تاکنون پژوهشی روی چگونگی اثرگذاری اعمال تنش کم‌آبی بر رشد گل ماهور و مقدار تغییرات صفات رشدی و زیست-شیمیایی این گیاه مهم زینتی و دارویی انجام نشده است، بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گل ماهور انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در اواخر پاییز ۱۳۹۵ در پارک ملت تهران اجرا شد. به‌منظور معرفی گیاه علفی گل ماهور

تا سطحی که عملکرد محصول از آستانه عملکرد اقتصادی پایین‌تر نرود، توصیه شده است اما باید در نظر داشت که کمبود شدید آب می‌تواند صدمات سنگینی به رشد و نمو و مواد مؤثره دارویی گیاهان وارد نماید (۴۴)، از این‌رو یافتن مرحله رشدی که در آن گیاه کم‌ترین خسارت ناشی از بروز تنش را نشان می‌دهد، می‌تواند در مدیریت و کاهش مصرف آب راه‌گشا باشد. شناسایی زمان بحرانی برای گیاه، می‌تواند نقش کلیدی در افزایش کارایی آب مصرفی، بهبود عملیات آبیاری و افزایش قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی داشته باشد (۴۲).

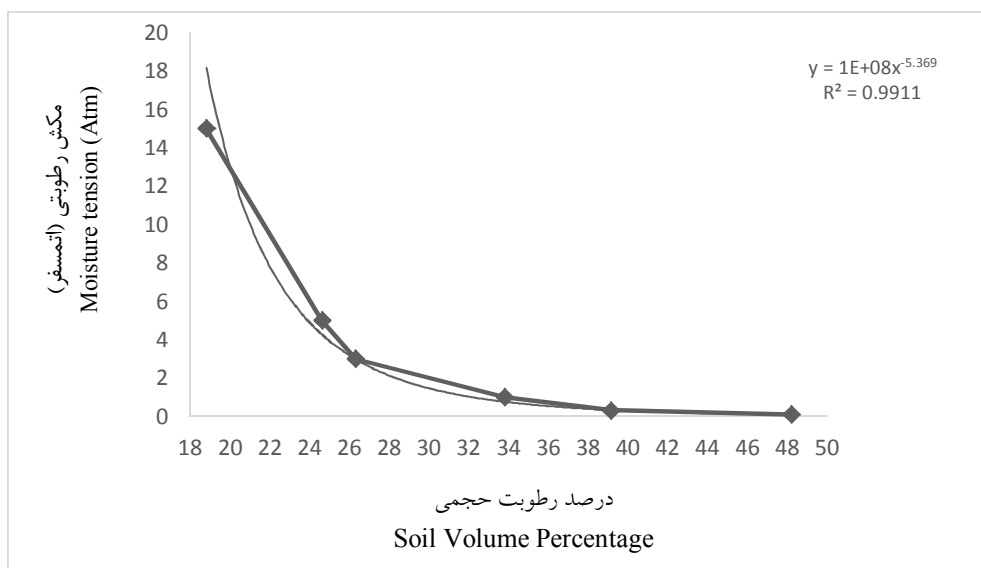
پژوهش‌های مختلفی به‌منظور تأثیر تنش کم‌آبی روی گیاهان زینتی و دارویی انجام شده است. که بسته به نوع گیاه و شدت تنش، تغییرات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی متفاوتی را می‌توان مشاهده کرد (۱۴). پژوهشگران (۶۰) در پژوهشی گیاه ارکید (*Dendrobium moniliforme*) را به مدت ۲۰ روز تحت تنش کم‌آبی (در ۴ سطح) قرار دادند. محتوای آب برگ به‌میزان قابل‌توجهی تحت تنش کم‌آبی شدید کاهش یافت. آنزیم کاتالاز کاهش و آنزیم‌های پراکسیداز و مالون دی‌آلدهید پلی‌ساکاریدها، فلاونوئید و آلکالوئید در ساقه افزایش یافت (۶۰). زالینگر و همکاران (۶۲) به بررسی تأثیر تنش کم‌آبی با اعمال دوره‌های آبیاری متفاوت بر ۶ گونه گیاه زینتی چندساله پرداختند. در ناحیه ریشه، *Penstmon. barbatus* در همه سطوح خشکی بهترین مقاومت را نشان داد و برای مقابله با خشکی، نسبت ریشه به شاخه افزایش و هدایت روزنه‌ای را با محدود شدن آب کاهش دادند. در مقایسه با گیاهان شاهد، وزن خشک شاخه گیاه *Gailardia. aristata*، ۵۰ تا ۸۴ درصد و *Lavandula. superbum* ۴۷ تا ۹۹ درصد کاهش پیدا کرد. کیفیت ظاهری ریشه *Echinacea. purpurea* در تمام تیمارهای آبیاری پایین بود و پژمردگی شدید

به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش کم‌آبی، آزمایشی تحت شرایط شاهد (بدون تنش کم‌آبی) و تنش کم‌آبی در ۵ سطح به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار و ۲ مشاهده اجرا گردید. بذر از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. در این بررسی پس از زمستان‌گذرانی بذرها (دو هفته درون یخچال با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد) در سینی نشاء (حجم هر حفره برابر ۶۵ سی‌سی، ابعاد سینی ۵۱×۵/۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع حفره برابر ۵/۵ سانتی‌متر) با بستر کوکوپیت و پرلیت (۱:۲) در گلخانه در شرایط دمای  $23 \pm 2$  کاشته شدند. روزانه سینی‌های نشاء با استفاده از مه‌افشان آبیاری می‌شدند. پس از ۲ هفته، جوانه‌زنی شروع شد. شش هفته بعد بوته‌های چهار برگی به گلدان‌ها پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر کاشته شدند. گلدان‌ها حاوی ۲ کیلوگرم خاک خشک شامل خاک زراعی، خاک برگ، پیت‌ماس، کوکوپیت به نسبت ۲:۲:۱:۱ بود. نتایج تجزیه ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است. با توجه به این‌که گل ماهور یک گل وحشی می‌باشد و هنگام رشد به شرایط محیطی خاصی نیاز ندارد؛ بنابراین با مساعد بودن دمای محیط، گلدان‌ها بعد از جوانه‌زنی بذر، به فضای آزاد انتقال داده شد. که در صورت تغییر شرایط مساعد جوی، مجدداً به گلخانه منتقل می‌شدند. جهت رسم منحنی خصوصیات رطوبتی خاک از دستگاه صفحه فشاری استفاده شد.

درصد وزنی رطوبت خاک در مکش‌های مختلف ۰/۳۳، ۰/۲، ۰/۵، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر، در آزمایشگاه فیزیک خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد. در ابتدا نشاءها پس از انتقال هر روز آبیاری شدند. به‌منظور استقرار گیاه، آبیاری گلدان‌ها یک روز در میان به‌مدت ۲ هفته انجام شد. گیاهان در مرحله رشد

رویشی و در مرحله رشد زایشی (از زمان غنچه‌دهی تا گلدهی کامل) تحت تنش کم‌آبی قرار گرفتند. تیمارهای تنش کم‌آبی در ۵ سطح دور آبیاری براساس تخلیه رطوبت خاک در مکش‌های مختلف شامل شاهد، پتانسیل رطوبت خاک در حدود ۲ اتمسفر به‌عنوان تنش ملایم، پتانسیل رطوبت خاک در حدود ۵ اتمسفر به‌عنوان تنش نسبتاً متوسط، پتانسیل رطوبت خاک در حدود ۱۰ اتمسفر به‌عنوان تنش شدید و پتانسیل رطوبت خاک در حدود ۱۵ اتمسفر به‌عنوان تنش بسیار شدید در نظر گرفته شد (۳۷). به‌منظور بررسی واکنش گیاهان به تنش کم‌آبی صفات مختلف فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی در دو مرحله رشد رویشی (۳۰ روز پس از انتقال به گلدان) و رشد زایشی (۶۰ روز پس از انتقال نشاء) مورد بررسی قرار گرفتند. در ابتدا با توزین وزن خاک خشک (وزن اولیه ۲ کیلوگرم)، وزن خاک با رطوبت در حد زراعی (۲/۶۸۰ کیلوگرم) و با استفاده از درصد رطوبت مزرعه‌ای و مکش‌های رطوبتی، وزن نرمالی که هر گلدان در هر مکش باید داشته باشد، به‌دست آمد. سپس با توجه به تخلیه رطوبتی خاک بر اساس مکش خاک، دور آبیاری تنظیم و مقدار آب مورد نیاز گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی تعیین شد.

**منحنی مشخصه رطوبتی خاک:** این منحنی از جمله مشخصه‌های مهم فیزیکی و هیدرولیکی خاک و بیانگر رابطه بین پتانسیل ماتریک و رطوبت خاک است. فرمول منحنی مکش خاک X بیانگر درصد رطوبت حجمی و Y برابر مکش رطوبتی می‌باشد که با قرار دادن مقدار X در رابطه، مقدار Y به‌دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- منحنی مشخصه رطوبتی خاک.

Fig. 1. Soil moisture characteristic curve.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک بستر کشت مورد آزمایش.

Table 1. The properties of experimental soil in the study.

سیلت Loam (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	مس Cu (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K (mg/kg)	فسفر قابل جذب P (mg/kg)	کربن آلی C (%)	نیتروژن کل N (%)	اسیدیته Acidity	هدایت الکتریکی EC (ds/m)
55	22	23	0.4	3.8	4.3	180	12.3	0.78	0.92	6.9	1.2

اندازه‌گیری میزان محتوای کلروفیل با روش آرنون (۶)، میزان پرولین موجود در برگ‌ها با روش بیتیس و همکاران (۱۰)، اندازه‌گیری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز طبق روش جیانوپلیتیس و همکاران (۲۲) و فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش کاکمک و مارسچنر (۱۴) محاسبه گردید. داده‌های به‌دست آمده به‌صورت آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح معنی‌دار ۱ یا ۵ درصد با آزمون چنددامنه‌ای دانکن بررسی شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

برای اندازه‌گیری درصد کربن آلی با روش والکی‌بلاک (۴۶)، میزان نیتروژن با روش کجلدال (۱۸)، فسفر با روش اولسن (۴۳) و پتاسیم قابل‌استخراج با استفاده از استات آمونیم مولار خنثی (۱۸) و درصد رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری (۲۲) تعیین گردید. اندازه‌گیری آهن، روی، مس و برخی از عناصر کم‌مصرف خاک از دستگاه فیلم اسپکترومتری اتمی استفاده شد.

#### اندازه‌گیری صفات

وضعیت ظاهری گیاه: وضعیت ظاهری از نظر پژمردگی توسط مقیاس ۵ شماره‌ای زالینگر و همکاران (۶۲) ارزیابی شد.

### نتایج و بحث

در این آزمایش بیش‌ترین تعداد دفعات آبیاری با ۳۰ مرتبه در مرحله رویشی تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن (۵ مرتبه) در تیمار ۱۵ اتمسفر و مرحله رشد زایشی اعمال گردید (جدول ۲). طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دور آبیاری در هر دو مرحله رویشی و زایشی به‌ترتیب در تیمارهای ۱۵ اتمسفر و شاهد مشاهده شد. همچنین مقدار آب مصرفی در دوره رشد

زایشی بیش‌تر از دوره رشد رویشی بود (جدول ۲). در لوبیا نیز بیش‌ترین نیاز آبی و بحرانی‌ترین زمان آبیاری در مرحله گلدهی معرفی شده است و گیاه در این مرحله رشدی بیش‌ترین حساسیت را به تنش کم‌آبی نشان داد (۸). کاهش آب مصرفی تیمارها نسبت به شاهد محاسبه شد که در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲- تعداد دفعات آبیاری، دور آبیاری و مقدار آب مصرفی و درصد کاهش آب مصرفی نسبت به تیمار شاهد در دو دوره رویشی و زایشی گل ماهور.

**Table 2. The number of irrigation, irrigation interval, and the water volume used during vegetative and reproductive stages.**

کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد Reduction of water use relative to control (%)		مقدار آب مصرفی Amount of water use (mm water height)		تعداد دور آبیاری Irrigation interval (day)		کاهش آب مصرفی Water reduction		مکش رطوبتی Moisture suction (atmospheric)
زایشی Rep.	رویشی Veg.	زایشی Rep.	رویشی Veg.	زایشی Rep.	رویشی Veg.	زایشی Rep.	رویشی Veg.	
-		159.23	181.52	1	1	26	30	شاهد Control
54.63	45.6	75.25	82.80	2	2	13	15	2
72	77.19	41.40	44.59	3	3	7	10	5
86	85.96	22.29	25.48	4	4	6	7	10
95	87.72	9.55	22.29	5	5	5	6	15

\* توضیح: برای استاندارد کردن واحد آب مصرفی به میلی‌متر ارتفاع آب، با استفاده از رابطه مصرف یک لیتر آب در یک مترمربع که معادل یک میلی‌متر ارتفاع آب می‌باشد، مقدار آب مصرفی بر اساس میلی‌لیتر در گلدان با قطر ۲۰ سانتی‌متر (مساحت ۳۱۴ سانتی‌مترمربع) محاسبه شده است.

Description: To standardize the unit of water consumption to a millimeter of water height, using the ratio of consuming one liter of water per square meter, equivalent to one millimeter of water height, the amount of water consumed per milliliter is calculated in a pot of 20 cm in diameter (314 cm<sup>2</sup> in area).

آبی در تیمار شاهد و ۲ اتمسفر (۴۳ گرم) و کم‌ترین مقدار در تیمار ۱۵ اتمسفر (۳۱ گرم) گزارش شد، اما بیش‌ترین وزن تر ریشه در تیمار ۵ اتمسفر مشاهده شد (جدول ۵).

کاهش وزن تر شاخساره ناشی از بروز تنش در گل ماهور در تطابق با گزارش‌های سایر پژوهشگران است. تنش کم‌آبی در مریم‌گلی لوله‌ای (۵۷) و لوبیا سبز (۲۰) نیز سبب کاهش شدید زیست‌توده خشک شد. مشابه با یافته‌های پژوهش صورت گرفته، در

وزن تر شاخساره و ریشه: اثرات اصلی دوره رشد و تنش کم‌آبی روی وزن تر شاخساره معنی‌دار شد ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر مرحله رشد نشان داد که وزن تر شاخساره در دوره زایشی (۴۸ گرم) بیش‌تر از مرحله رشد رویشی (۳۰/۴ گرم) به‌دست آمد (جدول ۴). وزن تر ریشه نیز در مرحله زایشی (۱۹/۳ گرم) بیش‌تر از وزن تر ریشه در مرحله رشد رویشی (۱۲/۳ گرم) به‌دست آمد (جدول ۴). بیش‌ترین وزن تر شاخساره تحت تنش

کاسنی نیز با اعمال تنش کم آبی، از وزن شاخساره و ریشه کاسته شد (۳۱). در شرایط بروز تنش کم آبی، توسعه سلولی کاهش می یابد و این کاهش، باعث کم شدن رشد گیاه و کاهش وزن تر می شود. احتمال دارد که کاهش وزن تر به دلیل کم شدن سطح برگ، فتوسنتز، ساخت و انتقال مواد باشد. از طرف دیگر، گیاه در شرایط تنش برای جذب آب، انرژی زیادی صرف می کند که به کاهش رشد گیاه منتهی می گردد (۳).

اثرات نامطلوب خشکی بر رشد گیاهان می تواند با توسعه ریشه جبران شده و باعث افزایش جذب آب توسط گیاه شود. این فرآیند با عمیق شدن ریشه ها، تغییر توزیع سیستم ریشه و یا تغییر اندازه در آوندهای ریشه صورت می گیرد. افزایش وزن ریشه تحت تأثیر خشکی توسط جعفرزاده و همکاران (۲۹) در گیاه همیشه بهار گزارش شده است. همچنین افزایش رشد ریشه تحت تأثیر تنش کم آبی در آفتابگردان گزارش شده است (۵۹). اما لوکت و همکاران (۳۶) کاهش معنی داری برای وزن ریشه چتر گندمی

را تحت تنش کم آبی مشاهده کردند. سودایی زاده و همکاران (۵۶) بیان کردند که یکی از راهکارهای گیاه مرزه جهت تحمل تنش کم آبی، کاهش وزن شاخساره و افزایش رشد ریشه است. با افزایش سطح تنش کم آبی در گندم (۴) و گشنیز (۹) نیز از طول ریشه کاسته شد. در موردی مشابه، در پژوهش حاضر نیز در تنش شدید کم آبی، کاهش وزن ریشه مشاهده شد. این امر می تواند به این دلیل باشد که گل ماهور تحت تنش کم آبی شدید، کاهش معنی داری را در اندام هوایی نشان داد. گیاه در این شرایط به منظور بقا و جهت حفظ نسبت ریشه به اندام هوایی مجبور به کاهش حجم ریشه جهت مقابله با تنش می شود.

در گیاهان سازگار با شرایط تنش، حتی اگر طول اندام ها کاهش یابد مقدار کاهش در اندام زیرزمینی به مراتب کم تر از اندام هوایی گیاه باید باشد تا بتواند با ایجاد تعادل در نسبت ساقه به ریشه، شرایط تنش را بهتر تحمل کند (۱۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی گل ماهور تحت تنش آبی در مراحل رشد رویشی و زایشی.

**Table 3. Analysis of variance of morphophysiological traits of florist under water stress in vegetative and reproductive stages *Verbascum thapsus*.**

پروترین Proline	کاتالاز CAT	سوپراکسید دیسموتاز SOD	کلروفیل کل Total chl.	سوختگی Burning	پژمردگی Wilting	وزن خشک اندامک هوایی Shoot dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	درجه آزادی Df	تیمار Treatment
0.93**	0.3 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	0.08*	340**	3020**	357**	2485**	1	دوره رشد Growth period
1.6**	18.4**	8.2**	0.62**	1508**	3524**	29.9**	138**	4	تنش آبی Water stress
0.05 <sup>ns</sup>	0.9**	0.14*	0.007 <sup>ns</sup>	78**	272**	0.89 <sup>ns</sup>	2.5 <sup>ns</sup>	4	دوره رشد * تنش آبی Growth period*drought stress
0.02	0.15	0.04	0.01	9.6	37.3	2.2	3.5	20	خطا Error
26.6	13.6	11.4	8.1	19.8	21.8	9.6	4.7		CV (%)

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین مرحله رشد بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل ماهور.

Table 4. Effect of growth stage on morphophysiological traits of *Verbascum thapsus*.

پرویلین Proline ( $\mu\text{mol}/\text{gr FW}$ )	سوپراکسید دیسموتاز SOD (U/mg protein)	کاتالاز CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ red. min/ mg protein)	کلروفیل کل Total chl. (mg/g)	سوختگی برگ Burning (%)	پژمردگی برگ Wilting (%)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight (gr)	مرحله رشد Growth period
0.46 <sup>b</sup>	1.84 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>	12.3 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	12.3 <sup>b</sup>	30.4 <sup>b</sup>	رویشی Vegetative
0.81 <sup>a</sup>	1.99 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	1.65 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	زایشی Reproductive

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Non-standard letters in each column represent a significant level of 5%.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین تنش آبی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل ماهور.

Table 5. Effect of water stress on morphophysiological traits of *Verbascum thapsus*.

پرویلین Proline ( $\mu\text{mol}/\text{gr FW}$ )	سوپراکسید دیسموتاز SOD (U/mg protein)	کاتالاز CAT ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ red. min/ mg protein)	کلروفیل کل Total chl. (mg/g)	سوختگی برگ Burning (%)	پژمردگی برگ Wilting (%)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight (gr)	خشکی Drought
0.007 <sup>d</sup>	0.61 <sup>e</sup>	0.14 <sup>e</sup>	1.8 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>e</sup>	17 <sup>b</sup>	43 <sup>a</sup>	شاهد Control
0.41 <sup>c</sup>	2.01 <sup>d</sup>	1.71 <sup>d</sup>	1.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>e</sup>	13.3 <sup>d</sup>	17.3 <sup>b</sup>	43 <sup>a</sup>	2
0.53 <sup>c</sup>	2.66 <sup>c</sup>	2.03 <sup>c</sup>	1.7 <sup>ab</sup>	8.6 <sup>e</sup>	24.5 <sup>c</sup>	20.8 <sup>a</sup>	41.4 <sup>a</sup>	5
0.83 <sup>b</sup>	3.85 <sup>b</sup>	2.33 <sup>b</sup>	1.5 <sup>b</sup>	24.8 <sup>b</sup>	39.1 <sup>b</sup>	13.8 <sup>c</sup>	38.2 <sup>b</sup>	10
1.4 <sup>a</sup>	5.21 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	1.05 <sup>c</sup>	38.8 <sup>a</sup>	62.8 <sup>a</sup>	10.1 <sup>d</sup>	31.5 <sup>c</sup>	15

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Non-standard letters in each column represent a significant level of 5%.

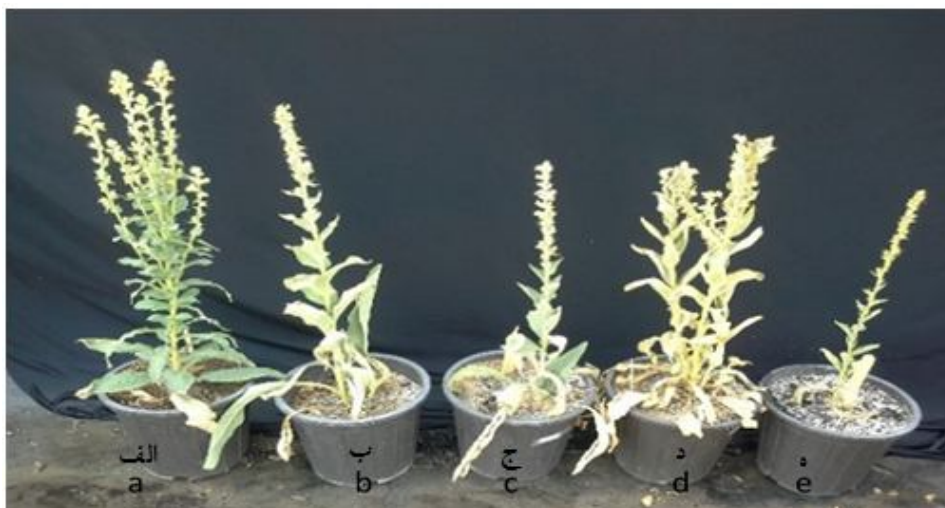
زایشی و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای شاهد × مرحله رویشی و شاهد (رویشی و زایشی) مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵). با طولانی شدن دور آبیاری درصد خشکیدگی افزایش یافت و با افزایش زمان رشد گیاه نیز بر این شدت افزوده شد. لویی و همکاران (۳۵) نیز نشان دادند که خشکیدگی و پژمردگی برگ با طولانی شدن تیمار هم‌زمان خشکی در پنج رقم چمن کنتاگی بلوگراس افزایش یافت. آن‌ها دوره تنش کم‌آبی را مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر

سوختگی و پژمردگی برگ: اثر متقابل تنش کم‌آبی × مرحله رشد بر درصد سوختگی برگ معنی‌دار شد ( $P \leq 0.05$ ) (جدول ۳). بیش‌ترین درصد سوختگی برگ در تیمار ۱۵ اتمسفر × مرحله زایشی و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای شاهد × مرحله رویشی و شاهد × مرحله زایشی مشاهده شد (شکل‌های ۲ و ۳). اثر متقابل تنش آبی × دوره رشد بر پژمردگی برگ در بوته معنی‌دار شد ( $P \leq 0.05$ ) (جدول ۳). بیش‌ترین درصد پژمردگی برگ در تیمار ۱۵ اتمسفر × مرحله



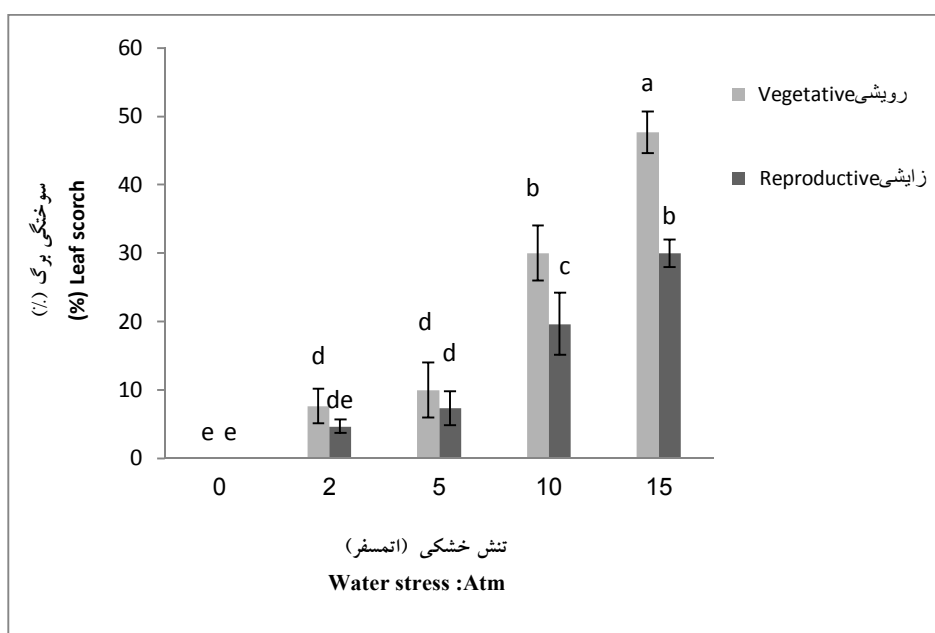
نمونه علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum*) و چمانواش بلند (*Festuca arundinaceae* Schreb.) مورد بررسی قرار گرفت و از نظر مقدار سوختگی برگ، نتایج مشابه با نتایج مطالعه حاضر به دست آمد (۵۸).

افزایش سوختگی و پژمردگی برگ دانستند. تاتاری و همکاران (۵۸) با بررسی تنش کم آبی روی ۳ گونه چمن مشاهده کردند با افزایش تنش کم آبی پژمردگی برگها افزایش نشان داد. تأثیر تنش کم آبی بر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی در چند



شکل ۲- کیفیت ظاهری (سوختگی) گل ماهور در شرایط تنش آبی الف: گیاه شاهد ب: تنش ۲ اتمسفر ج: تنش ۵ اتمسفر د: تنش ۱۰ اتمسفر ه: تنش ۱۵ اتمسفر.

Fig. 2. Appearance of *Verbascum thapsus* under water stress condition. a: Control, b: 2-Atm stress, c: 5-Atm stress Stress, d: 10-Atm stress, e: 15-Atm stress.



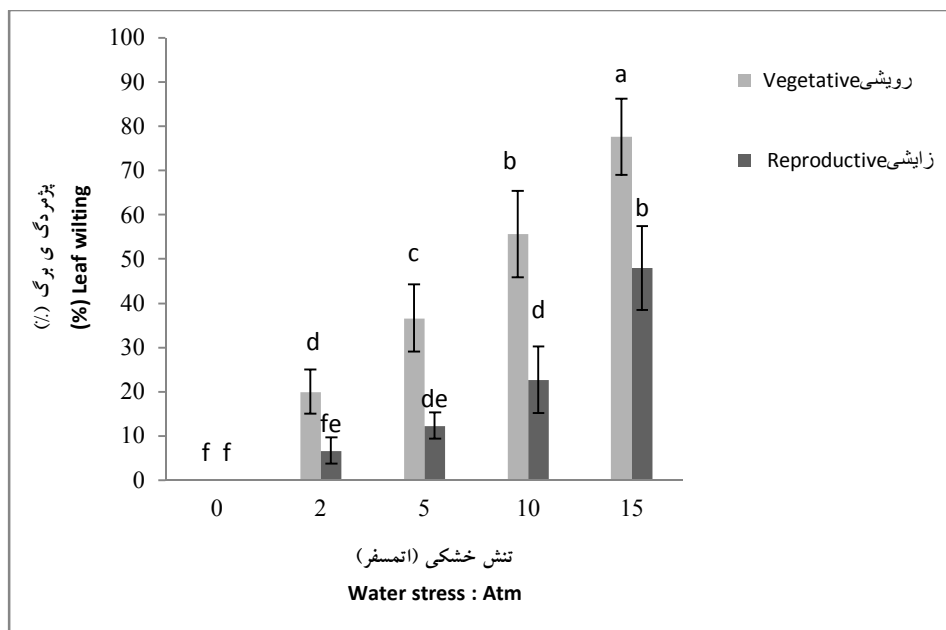
شکل ۳- اثر متقابل تنش آبی × دوره رشد بر درصد سوختگی برگ گیاه گل ماهور.

Fig. 3. Interaction of water stress × growth period on the percentage of leaf necrosis in *verbascum Thapsus*.



شکل ۴- کیفیت ظاهری (پژمردگی) گیاه گل ماهور تحت تأثیر تنش آبی الف: گیاه شاهد، ب: تنش ۲ اتمسفر، ج: تنش ۵ اتمسفر، د: تنش ۱۰ اتمسفر، ه: تنش ۱۵ اتمسفر.

Fig. 4. Appearance (wilting) of *Verbascum thapsus* under water stress a: Control, b: 2-Atm stress, c: 5-Atm stress, d: 10-Atm stress, e: 15-Atm stress.



شکل ۵- اثر متقابل تنش آبی × دوره رشد بر درصد پژمردگی برگ گیاه گل ماهور.

Fig. 5. Interaction of water stress × growth period on wilting percentage of *verbascum Thapsus* leaves.

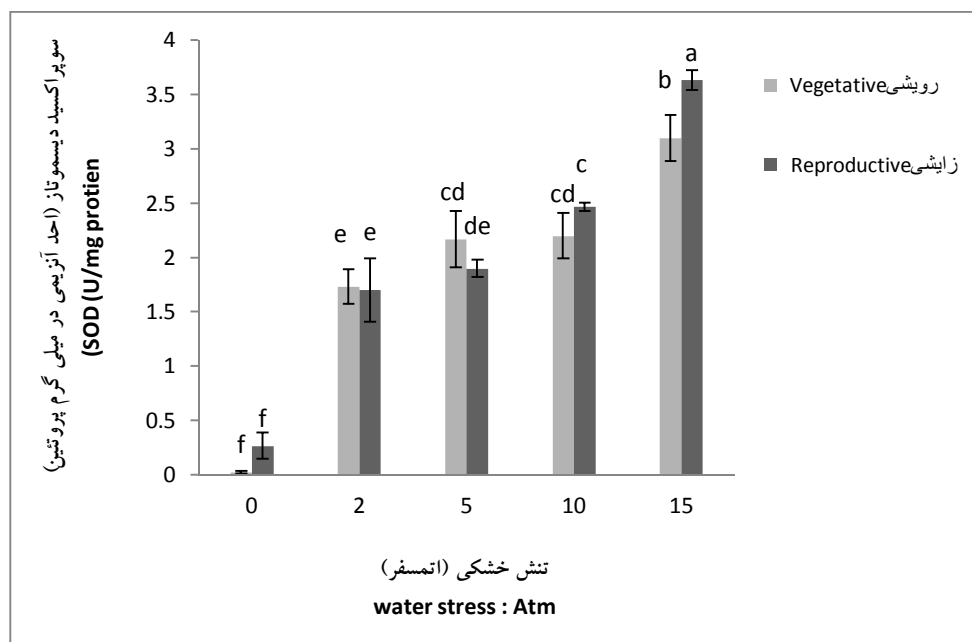
زایشی (۱/۶۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و دوره رشد رویشی (۱/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (جدول ۴). هم‌چنین بیش‌ترین کلروفیل کل تحت تنش کم‌آبی در تیمارهای شاهد و ۲ اتمسفر

کلروفیل کل: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی مرحله رشد و تنش کم‌آبی روی کلروفیل کل معنی‌دار شد ( $P \leq 0/01$ ) (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین کلروفیل کل در دوره رشد

سوپراکسید دیسموتاز معنی دار شد ( $P \leq 0.05$ ) (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ۱۵ اتمسفر  $\times$  مرحله زایشی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد  $\times$  مرحله رویشی مشاهده شد (شکل ۶). تنش کم‌آبی سبب افزایش ROS در گیاه می‌شود و سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان اولین خط دفاعی سیستم آنتی‌اکسیدانی در مقابل ROS فعال و باعث تبدیل رادیکال  $O_2^0$  به  $H_2O_2$  می‌گردد.  $H_2O_2$  ایجاد شده به مولکول آب و اکسیژن تجزیه شده که این عمل توسط آنزیم کاتالاز انجام می‌شود (۱۵). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اولین آنزیمی است که در چرخه آنتی‌اکسیدانی فعال می‌شود که در شرایط تنش افزایش می‌یابد (۱۰). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش آبی در گیاهان مختلف گزارش شده است (۲۲، ۲۷ و ۲۸) نتایج آزمایش حاضر با نتایج حاصل از آزمایش رحمانی و همکاران (۴۸) روی گیاه خردل وحشی مطابقت دارد. در این پژوهش نیز با افزایش تنش کم‌آبی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت. در توضیح این مسأله باید گفت که افزایش تنش سبب افزایش رادیکال‌های اکسیژن می‌شود. در نتیجه افزایش این متالوآنزیم‌ها، رادیکال‌های سمی را که دائماً به‌عنوان محصولات هوازی شکل می‌گیرد، جمع‌آوری می‌کند. از این آنزیم می‌توان جهت تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده نمود (۴۸).

(۱/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین مقدار آن در ۱۵ اتمسفر (۱/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۵). احمدی و بیکر (۲) بیان کردند که محدودکننده اصلی فتوسنتز در گیاه در شرایط تنش کم‌آبی، هدایت مزوفیلی است، اولین تأثیر منفی تنش کم‌آبی در کاهش میزان فتوسنتز و تولید کلروفیل مشاهده می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که کاهش فتوسنتز در اثر کمبود آب تحت تأثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی است (۵۷). محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان یک عامل مهم در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ محسوب می‌شود و کاهش محتوای کلروفیل به‌عنوان عاملی غیرروزنه‌ای می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ شود (۲۹). در واقع، توانایی حفظ کلروفیل توسط گیاه تحت تنش می‌تواند سبب بهبود وضعیت رویش گیاهچه شود (۱). در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی روی گندم (۱۸)، برنج (۵۱) و بادرنشبو (۵۰) مشاهده شد که افزایش سطح تنش با کاهش کلروفیل، همبستگی دارد. از دلایل کاهش کلروفیل در اثر بروز تنش کم‌آبی، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز (۱) و نیز تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش است که این ترکیبات از یک‌سو باعث افزایش تجزیه کلروفیل و از طرف دیگر سبب کاهش تولید رنگیزه‌ها می‌شوند (۵۵).

**فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز:** اثر تنش آبی در مرحله رشد رویشی و زایشی بر فعالیت آنزیم

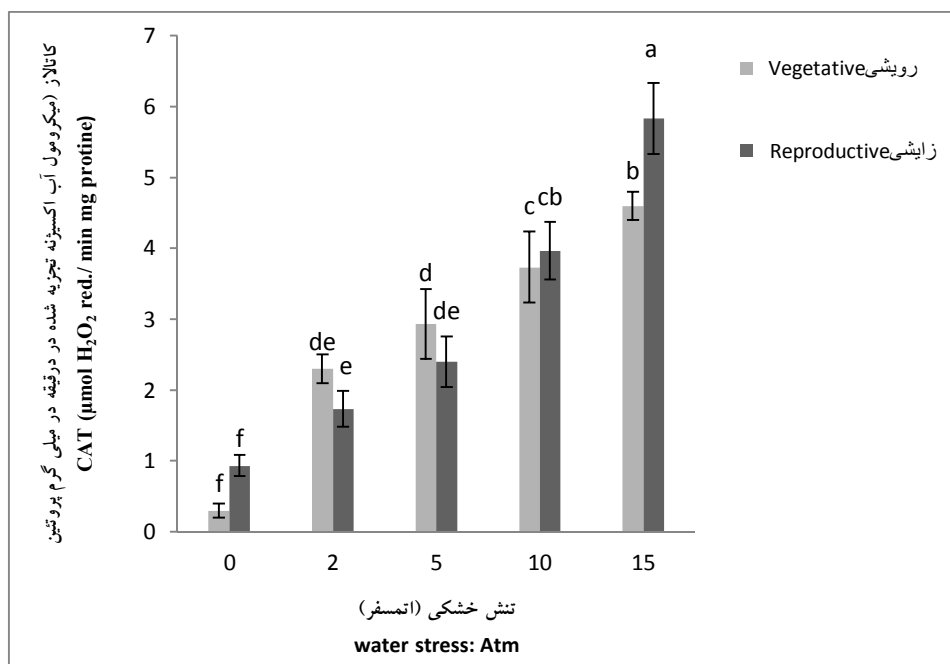


شکل ۶- اثر متقابل تنش آبی × دوره رشد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ گل ماهور.

Fig. 6. Interaction of water stress × Growth period on SOD activity of *verbascum thapsus* leaves.

بتا- اکسیداسیون اسیدهای چرب، اکسیداسیون در حین تنفس نوری و انتقال الکترون در زنجیره تنفسی میتوکندری‌ها را ایفا می‌کند (۵). نتایج به‌دست آمده از مطالعه پیش‌رو، با نتایج حاصل از آزمایش رحمانی و همکاران (۴۸) روی گیاه خردل وحشی برابری دارد. در این پژوهش نیز با افزایش تنش کم‌آبی، فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت. بر اساس نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش به‌دلیل ضروری بودن این آنزیم‌ها برای زنده ماندن سلول و ادامه یافتن اندام‌ها، حیاتی می‌باشد.

فعالیت آنزیم کاتالاز: اثر تنش آبی در دوره رشد رویشی و زایشی بر فعالیت کاتالاز معنی‌دار شد ( $P \leq 0.05$ ) (جدول ۳). بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۱۵ اتمسفر × دوره زایشی و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای شاهد × دوره رویشی مشاهده شد (شکل ۷). کاتالاز آنزیمی است که در تمام موجودات زنده از جمله سلول‌های گیاهی، جانوری و ریزجانداران هوازی یافت شده و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ایفای نقش می‌کند (۲۸، ۵۴ و ۵۸) و نقش مهمی در حذف  $H_2O_2$  تولیدشده به‌وسیله فرآیندهایی هم‌چون



شکل ۷- اثر متقابل تنش آبی × دوره رشد بر فعالیت کاتالاز برگ گل ماهور.

Fig. 7. Interaction of water stress × growth period on catalase activity of *verbascum thapsus* leaves.

گیاهانی که تحت تنش‌های سخت قرار می‌گیرند، بیش‌تر تولید می‌گردد (۱۱) که همسو با نتایج مطالعه پیشرو می‌باشد. مطالعات متعدد پرولین را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان معرفی کرده‌اند و پیشنهاد شده است که جاروب‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد، پرولین موجب افزایش بیان پروتئین‌های مرتبط با افزایش تحمل تنش و توسعه تحمل به تنش در گیاهان می‌شود، می‌باشد (۱۲). گزارش شده است که تنش شدید موجب توقف فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز در گیاهان می‌شوند، اما فعالیت این آنزیم‌ها در حضور پرولین به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از زمانی بود که پرولین کم‌تری وجود داشت. افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی توسط پرولین، گیاهان را در مقابل خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می‌نماید (۳۷). نتایج لطفی و همکاران (۳۷) روی گیاه ترخون، رضوی‌زاده و همکاران (۴) در زنیان و نورزاد و همکاران (۴۱) در گشنیز در تأیید یافته‌های مطالعه صورت گرفته، می‌باشد.

پرولین: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش کم‌آبی در دوره رشد رویشی و زایشی بر پرولین معنی‌دار شد ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۳). بر اساس جدول نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پرولین به‌ترتیب در مرحله رشد زایشی (۰/۸۱ میلی‌مول در گرم وزن تر) و (۰/۴۶ میلی‌مول در گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت تحت تنش کم‌آبی به‌ترتیب در تیمار ۱۵ اتمسفر (۱/۴ میلی‌مول در گرم وزن تر) و شاهد (۰/۰۰۷ میلی‌مول در گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۵). تجمع اسمولیت‌هایی همچون پرولین، یکی از شناخته‌شده‌ترین مکانیسم‌های افزایش تحمل تنش در گیاهان می‌باشد. هم‌چنین پیشنهاد شده است که تجمع پرولین ملاک مناسبی برای انتخاب گونه‌های متحمل نسبت به شرایط تنشی می‌باشد (۲۲). در ارتباط با میزان تولید اسید آمینه پرولین گزارش شده است که گیاهی با دسترسی مناسب به آب کافی پرولین آزاد بسیار کم‌تری تولید می‌کند، به همین دلیل پرولین در

### نتیجه‌گیری کلی

علی‌رغم اهمیت گل ماهور به‌عنوان گیاهی با کاربرد زینتی و دارویی، این گیاه کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که تنش ۱۵ اتمسفر دارای بیش‌ترین اثرات منفی بوده است. با توجه به این‌که اختلاف معنی‌داری بین شاهد و ۲ و ۵ اتمسفر در بیش‌تر صفات مشاهده نشد، پس می‌توان با برنامه مدیریتی مصرف آب را از ۱۸۱/۵۲ میلی‌متر ارتفاع آب (شاهد) به ۴۴/۵۹ میلی‌متر ارتفاع آب (۵ اتمسفر) در طی دوره رشد رویشی و همچنین از ۱۵۹/۲۳ تا ۴۱/۴۰ میلی‌متر ارتفاع آب در طی دوره رشد زایشی کاهش داد. بیش‌ترین آسیب به گیاه در مرحله زایشی اتفاق افتاد و اعمال تنش کم‌آبی در این مرحله موجب کاهش صفات اندازه‌گیری شد. اما با توجه به این‌که

گیاهان دارای ارتفاع کم‌تر، حجم کم‌تری را اشغال می‌کنند احتمال داده می‌شود که در این شرایط بتوان با افزایش تراکم گیاه در واحد سطح میزان کاهش عملکرد گیاه را جبران نمود. با توجه به این‌که مکش ۱۵ اتمسفر از نظر تئوری، پژمردگی دائم تعریف شده است و در این شرایط نابودی گیاه حتمی خواهد بود، بقای این گیاه در این شرایط نشانه تحمل به تنش آن نسبت به سایر گیاهان متعارف می‌باشد. بنابراین می‌توان با معرفی کردن گل ماهور به‌عنوان گیاهی مقاوم به تنش کم‌آبی ملایم به فضای سبز علاوه بر بهره‌مندی از تنوع رنگی گل‌ها و تامین اهداف مورد نیاز در زیباسازی فضای سبز شهری، به بهبود مدیریت مصرف آب نیز کمک کرد.

### منابع

1. Aebi, H. 1984. Methods of Enzymatic Analysis 3. Verlag chemie, Weinheim, Germany, Pp: 273-277.
2. Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. J. Plant Growth Regul. 35: 1. 81-91.
3. Aliabadi Farahani, H. and Vahad abadi, S.A.R. 2008. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress. J. Soil Water. 24: 1. 69-80.
4. Al-Karaki, G.N. and Al-Raddad, A. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza. 7: 83-88.
5. Arazmjo, A., Heidari, M. and Ghorbani, A. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Med. Aromat. Plant. 4: 4. 82-94. (In Persian)
6. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1. 1-9.
7. Auge, R.M., Stodola, A.J., Moore, J.L., Klingeman, W.E. and Duan, X. 2003. Comparative dehydration tolerance of foliage of several ornamental crops. Sci. Hort. 98: 4. 511-516.
8. Barry, M., Kurdish, S., Gerami, L., Hatami, A., Mehrabi, A.A. and Ghanbari, F. 2014. The effect of zinc solubility on adjustment of low-water stress in different growth stages of bean cultivars under Ilam weather conditions. Agr. Sci. 16: 3. 652-641.
9. Bastami, A. and Majidian, M. 2016. Comparison between mycorrhizal fungi phosphate biofertilizer and manure application on growth parameters and dry weight of coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant. Sci. Technol. Green. Cult. 7: 2. 23-33. (In Persian)
10. Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant soil. 39: 1. 205-207.

11. Bayer, C. 2007. Proper proline management needed for effective results. *J. Med. Chem.* 18: 3. 10-25.
12. Bileflimi, V.T.K. 2004. Chemical constituents of *Verbascum* L. species. *J. Pharm. Sci.* 29: 93-107.
13. Blum, A. 2017. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant Cell Environ.* 40: 1. 4-10.
14. Cakmak, I. and Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol.* 98: 4. 1222-1227.
15. Chakraborty, U. and Pradhan, D. 2011. High temperature-induced oxidative stress in *Lens culinaris* role of antioxidants and amelioration of stress by chemical pre-treatments. *Plant Interact.* 6: 1. 43-52.
16. Chapman, H.D. and Pratt, P.E. 1982. *Methods of analysis for soil plants and waters*, University of California publ. 4034p.
17. Chatzopoulos, F., Fugit, J.F. and Ouillous, L. 2000. Etu de cation function do different parameters dolabsption etalla desorption do sodium retitule. *Eur. Poly.* 36: 51-60.
18. Dai, G., Peng, K., Xiao, L. and Deng, G. 2006. Effect of drought stress simulated by PEG on malonaldehyde proline contents and superoxide dismutase activity in low potassium tolerant rice seedlings. *Zhon Shu Kex.* 20: 5. 557-559.
19. Falahi, J., Ebadi, T. and Thevictim, R. 2008. Effect of salinity and osmotic stresses on germination properties of Maryam-e-Golbayr. *Environ. Stress. Agric. Sci.* 1: 67-57.
20. Ganjeali, A., Ashiani, E., Zare, M. and Tabasi, E. 2017. Influences of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on morphophysiological traits and biochemical compounds of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under drought stress. *S. Afr. J. Plant Soil.* 35: 2. 121-127.
21. Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. *Methods of soil analysis. Part I. Soil Science Society of America.* Pp: 383-411.
22. Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutases: I Occurrence in higher plants. *Plant Physiol.* 59: 2. 309-314.
23. Grass, K.L. 1981. Predictions of fate from rosette size in four 'biennial' plant species *Verbascum Thapsus*, *Oenothera biennis*, *Daucus carota* and *Tragopogon dubius*. *Oecologia*, 48: 209-213.
24. Gratao, P.L., Polle, A., Lea, P.J. and Azevedo, R.A. 2005. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Funct. Plant Biol.* 32: 6. 481-494.
25. Grieve, M. 1981. *A Modern Herbal (Vol II)*. Dover Publications, New York, Pp: 562-566.
26. Habibi, D., Ascension, D., Taleghani, F., Pazaki, A. and Davoudi Fard, M. 2012. Evaluation of antioxidant enzymes and yield changes in different genotypes of ruminant under drought stress. *Agron. Plant Breed.* 8: 4. 63-82. (In Persian)
27. Hodges, D.M., Lester, G.E., Munro, K.D. and Toivonen, P.M. 2004. Oxidative stress importance for postharvest quality. *Hort. Sci.* 39: 5. 924-929.
28. Hossain, G.S., Van Thienen, J.V., Werstuck, G.H., Zhou, J., Sood, S.K., Dickhout, J.G. and Poddar, R. 2003. TDAG51 is induced by homocysteine, promotes detachment-mediated programmed cell death and contributes to the development of atherosclerosis in hyperhomocysteinemia. *Biol. Chem.* 123: 24-32.
29. Jafarzadeh, E., Omid, H. and Bostani, A.A. 2014. The study of drought stress and Bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). *Plant Res.* 27: 2. 180-193. (In Persian)
30. Jiang, Y. and Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Sci.* 41: 2. 436-442.
31. Jzadeh, A. and Mortazainazhad, F. 2017. Effects of Drought Stress on Physiological and Morphological Indices of Chicory (*Cichorium intybus* L.) for introduction in urban green space. *Plant Proc. Func.* 6: 21. 279-290. (In Persian)

32. Jamshid Zadeh, A. 2002. Basics of urban green space design. Green and Green Monthly. 23p. (In Persian)
33. Kosar, F., Akram, N.A. and Ashraf, M. 2015. Exogenously-applied 5-aminolevulinic acid modulates some key physiological characteristics and antioxidative defense system in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings under water stress. S. Afr. J. Bot. 96: 71-77.
34. Lipse, J., Kubota, T., Hidenori, I. and Hirosz, J. 1988. Measurement of plant water use under controlled soil moisture conditions by the negative pressure water circulation technique. Soil Sci. Plant Nutr. 34: 3. 417-428.
35. Liu, J., Xie, X., Du, J., Sun, J. and Bai, X. 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Hort. Sci. 115: 2. 190-195.
36. Lockett, T., Christopher, C., Calvert, L.E. and Grivetti, C. 2000. Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural Fulani, Northeastern Nigeria. Food Sci. Nutr. 51: 3. 195-208.
37. Lotfi, M., Abbaszadeh, B. and Mirza, M. 2013. Effect of drought stress on morphological traits, proline, soluble sugars and yield of tarragon (*Artemisia drucunculus* L.), Herb. Flower. 30: 1. 19-29. (In Persian)
38. Mabey, R. 1988. The New Age Herbalist. Macmillan Publishing Company, New York, 113p.
39. Nelson, L. and Sommers, L.E. 1990. Total carbon, organic carbon and organic matter, Methods of soil analysis. Part 2, Soil Science Society of America, Pp: 539-579.
40. Ngouajio, M., Wang, G. and Goldy, R. 2007. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. Agric. Water Manag. 87: 285-291.
41. Nourzad, S., Ahmadian, A. and Moghaddam, M. 2015. Estimation of proline, chlorophyll index, carbohydrate and nutrient uptake in coriander plant under the influence of drought stress and fertilization treatment. Crop Res. 1: 131-139. (In Persian)
42. Null, G. and Null, S. 1972. Herbs for the Seventies. Robert Speller & Sons, New York, 129p.
43. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, C.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Circular. 939.19.
44. Omidbaigi, R. 2005. Producing and processing of medicinal plants. Second edition Astan Ghods Razavi Pub. Iran, 438p. (In Persian)
45. Pan, Y., Wu, L.J. and Yu, Z.L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). Plant Growth Regul. 49: 3. 157-165.
46. Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. 2004. *Arbuscular mycorrhizal* influence on leaf water potential solute accumulation and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. J. Exp. Bot. 55: 403. 1743-1750.
47. Rahimi, A., Jahansuz, M., Rahimian mashhadi, H., Pour Yousef, M. and Madha Hosseini, Sh. 2009. Effect of Drought Stress on Two Plantago Species. Annal. Agric. Sci. 11: 2. 49-63.
48. Rahmani, M., Habibi, A., Shirani Rad, J., Daneshian, A., Valad Abadi, M. and Mashhadiakbar Bojar, A.Kh. 2010. Effect of Super Absorbent Polymer on Performance, Antioxidant Enzymes Activity Superoxide dismutase and catalase and stability of cytoplasmic membrane in medicinal plant under water stress. mustard volumetric, Plant Biom. 6: 22. 19-38.
49. Razavi-zadeh, R., Shafaghat, M. and Najafi, Sh. 2014. Effect of water deficit stress on morphological and physiological indices of herbivorous plants. Plant Biol. 22: 38-25. (In Persian)
50. Safi Khani, F. 2006. investigation of various physiological aspects of tolerance toward drought stress on *Dracocephalum moldavica* L. Ph.D. thesis, Chamran University of Ahvaz, 352p. (In Persian)



51. Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Saxna, D.C. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. *Biol. Plant.* 41: 387-394.
52. Scandalios, J.G., Guan, L. and Polidoros, A.N. 1997. Catalases in plants: gene structure properties regulation and expression. *Cold Spr. Har. Mono. Ser.* 34: 343-406.
53. Selda, O.R.S. and Ekinci, M. 2015. Drought stress and plant physiology. *Derim.* 32: 2. 237-250.
54. Shevyakova, N.I., Bakulina, E.A. and Kuznetsov, V.V. 2009. Proline antioxidant role in the common ice plant subjected to salinity and paraquat treatment inducing oxidative stress. *Plant Physiol.* 56: 5. 663-669.
55. Sodaiezadeh, H., Shamsaie, M., Tajamolijan, M., Mirmohammady maibody, A.M. and Hakimzadeh, M.A. 2016. The Effects of Water Stress on dry substance accumulation nutrition contents and soulable suger on *Salvia macrosiphon* Boiss. *Arid Biom.* 4: 1-9.
56. Sodaiezadeh, H., Shamsaie, M., Tajamolian, M., Mirmohamadi Maiabody, A.M. and Hakimzadeh, M.A. 2016. The effect of draught stress on some morphological and physiological properties of *Satureja hortensis*. *Med. Aromat. Plant.* 23: 44-52.
57. Tahir, M.H.N., Imran, M. and Hussain, M.K. 2002. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. *Agric. Biol.* 3: 398-400.
58. Tatari, M., Fotoohi, A. and Etemadi, N. 2014. Studying some morphological properties of three grasses under water stress. *Arid Biom.* 5: 2. 1-5. (In Persian)
59. Weldegergis, B.T., Zhu, F., Poelman, E.H. and Dicke, M. 2015. Drought stress affects plant metabolites and herbivore preference but not host location by its parasitoids. *Oecolog.* 177: 3. 701-713.
60. Xiaolu, W. 2016. Drought stress and re-watering increase secondary metabolites and enzyme activity in *Dendrobium moniliforme*. *Ind. Crop. Product.* 94: 385-393.
61. Xu, Y., Xu, Q. and Huang, B. 2015. Ascorbic acid mitigation of water stress-inhibition of root growth in association with oxidative defense in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Front Plant Sci.* 6: 807-813.
62. Zallinger, N., Kjelgren, R., Cerny-Koenig, T., Koppand, K. and Koenig, R. 2006. Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. *Sci. Hort.* 109: 3. 67-274.

