نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۹۸
۹۳-۱۱۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI10.22069/ejcp.2020.15979.2204:

اثر محلول پاشی عصاره مرزنجوش (*Origanum vulgare*) و آویشن کوهی (*Thymus vulgaris*) بر برخی شاخص‌های رشدی و کیفی گیاه کنجد در رژیم‌های مختلف آبیاری

زهره انصار[۱*]، مهدی برادران فیروز آبادی[۲]، سراله گالشی[۳]، احمد غلامی[۲]، مهدیه پارسائیان[۴]

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود. شاهرود، ایران
[۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
[۳]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۴]استادیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: کم‌آبی سبب طیف وسیعی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود و یکی از سازوکارهای کارآمدی که گیاه به هنگام روبرو شدن با کم‌آبی، برای حفظ آماس سلولی به‌کار می‌گیرد، تنظیم اسمزی است. امروزه شیوه محلول‌پاشی برگی به‌عنوان مکمل روش‌های خاکی شیوه‌ای مؤثر در مقابله با تنش‌های محیطی می‌باشد، از آنجایی‌که عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی دارای ترکیبات ضد اکسیدانی می‌باشند، به‌نظر می‌رسد این ترکیبات جهت کاهش شدت تنش مفید باشند، از این‌رو، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد رقم ناز تحت شرایط تنش کم آبی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گرگان به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش طی دو سال به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۲ رژیم مختلف آبیاری؛ هر ۱۵ روز یک‌بار و هر ۲۵ روز یک‌بار، ۳ سطح محلول‌پاشی مرزنجوش صفر، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی و ۳ سطح محلول‌پاشی آویشن‌کوهی صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی بود. سطوح رژیم آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی و سطوح مرزنجوش و آویشن‌کوهی به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در نهایت تمامی داده‌ها با استفاده از برنامه SAS 9.2 آنالیز شدند.

یافته‌ها: با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده از قبیل شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک میوه، ارتفاع بوته، میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b شد. همچنین، نتایج نشان داد که تنش کم آبی سبب افزایش میزان کاروتنوئید، میزان فلاونوئید، کلسیم و پتاسیم شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۳/۷۶ و ۲/۹۳)، وزن خشک برگ (۵۷/۸۸ گرم در متر مربع)، ارتفاع بوته (۱۵۹ سانتی‌متر)، کلروفیل a (۲۱/۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل b (۲۰/۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به شرایط آبیاری مناسب و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی بود. بیشترین میزان کاروتنوئید (۱۸/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلسیم (۰/۵۷ درصد) و پتاسیم (۲/۹۷ درصد)مربوط به شرایط کم آبیاری و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی بود. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف عصاره

* مسئول مکاتبه: ansar1442@yahoo.com

مرزنجوش و آویشن کوهی شاخص‌های اندازه‌گیری شده تحت هر دو شرایط تنش کم آبی و عدم تنش افزایش یافت. بیشترین اثر بر میزان شاخص‌های اندازه‌گیری شده تحت هر دو شرایط تنش کم آبی و عدم تنش مربوط به تیمار محلول‌پاشی ۶۰ درصد حجمی عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی عصاره آویشن کوهی بود، ولی در برخی از صفات با تیمار محلول‌پاشی ۶۰ درصد حجمی عصاره مرزنجوش و ۱۰ درصد حجمی عصاره آویشن کوهی و محلول‌پاشی ۴۰ درصد حجمی عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی عصاره آویشن کوهی اختلاف معنی‌داری نداشت. استفاده از عصاره گیاهی در هر دو شرایط آبیاری اثر گذار بود ولی اثرگذاری آن در شرایط تنش بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، می‌توان اظهار داشت که در شرایط کم‌آبی استفاده از عصاره آویشن و مرزنجوش می‌تواند سبب القای تحمل در گیاه در مقابله با شرایط کم‌آبی شود. بنابراین، در مناطقی که با شرایط کم‌آبی روبرو می‌باشند، می‌توان جهت افزایش عملکرد استفاده از عصاره آویشن‌کوهی و مرزنجوش را پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، عصاره گیاهان دارویی، کلروفیل، کلسیم، کم‌آبی، وزن خشک.

مقدمه

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. یکی از منابع تولید روغن است. با توجه به این که هر ساله مبالغ زیادی ارز صرف واردات روغن به کشور می‌گردد، توجه به دانه‌های روغنی و افزایش تولید آن‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. این گیاه محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است و معمولا با تنش خشکی در فصل زراعی روبه‌رو می‌شود. تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی مختلف می‌باشد که این اثر عمدتاً از طریق افت فتوسنتز صورت می‌پذیرد (۳۲). کم‌آبی از متداول‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را از طریق ایجاد اختلال در فرآیندهای ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک با محدودیت روبه‌رو می‌کند و بازده عملکردی گیاه را کاهش می‌دهد (۲۰). گزارش شده است که کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش محصول و ویژگی‌های ریخت‌شناسی (ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ و سطح برگ) در گیاهان مختلف می‌باشد (۶، ۱۹).

همچنین، گزارش شده است که کم‌آبی با اثرگذاری بر فتوسنتز به‌طور مستقیم بر عملکرد اثرگذار است. کاهش قابل توجه در کلروفیل، کاروتنوئید و کل رنگدانه‌ها تحت تنش کم‌آبی نیز بر اثر کمبود آب و عمدتاً به‌دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های اکسیژن فعال روی می‌دهد (۳). کاروتنوئیدها توانایی واکنش مستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن را داشته و با احیای کامل آن‌ها از اثرات منفی آن‌ها بر بخش‌های مختلف سلول ممانعت می‌کند (۲۴). تنش کم‌آبی سبب طیف وسیعی از واکنش‌های مختلف در گیاهان می‌شود و یکی از سازوکارهای کارآمدی که گیاه به هنگام روبرو شدن با کم‌آبی، برای حفظ آماس سلولی به‌کار می‌گیرند، تنظیم اسمزی است (۳۹). مواد اسمزی به‌طور عمده شامل برخی از عناصر (پتاسیم، سدیم و کلسیم) و برخی متابولیت‌ها نظیر قندها، اسیدهای آمینه (پرولین) و اسیدهای آلی می‌باشند (۲۸ و ۲۹).

بعضی از گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها دارای اثرهای طبیعی همچون ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی هستند (۲۱). گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها به‌دلیل عواملی چون ارزش بالای اقتصادی و کم هزینه بودن تولید آن‌ها، نداشتن اثرهای تخریبی بر محیط زیست، کم عوارض بودن در مقایسه با کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر از ارزش و

جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده‌اند. اسانس‌های گیاهی مخلوطی پیچیده از ترکیبات هستند که بر اساس خصوصیات آروماتیک مواد گیاهی که از آن استخراج می‌شوند، نام‌گذاری می‌شوند. از جمله خانواده‌های مهم گیاهی که در برگیرنده مقادیر قابل ملاحظه‌ای اسانس می‌باشند، می‌توان به نعنانیان و چتریان اشاره کرد. آویشن با نام علمی *Thymus vulgaris* از خانواده نعنایان یکی از شناخته‌شده‌ترین گیاهان دارویی در طب سنتی ایران و اروپا می‌باشد و گیاه مرزنجوش با نام علمی *Origanum vulgare* از تیره لامیاسه می‌باشد که پراکنش جهانی دارد (۳۹). از مهم‌ترین ترکیباتی که در عصاره آویشن مشخص شده است می‌توان به مونوترپن‌های فنلی تیمول ۳۵ درصد و کارواکرول ۳۲ درصد اشاره کرد و همچنین، دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد (۶). در بررسی آثار فارمالوژیک مرزنجوش ترکیبات فنلی به‌خصوص اسیدهای فنلی و فلاوونیدها به‌عنوان عوامل مؤثر احتمالی مطرح شده‌اند (۴۵). مواد مؤثره اصلی موجود در اسانس این دو گیاه شامل تیمول و کارواکرول است. این مواد جز ترکیبات فنلی بوده و خواص یاد شده برای این گیاهان به این مواد نسبت داده شده است (۶، ۳۴).

امروزه شیوه محلول‌پاشی برگی به‌عنوان مکمل روش‌های خاکی، شیوه‌ای مؤثر در به‌کارگیری عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک، هورمون‌های رشد گیاهی، عصاره جلبک‌های دریایی و هیدرات‌های‌کربن می‌باشد. محققان مختلف با استفاده از محلول‌پاشی ترکیبات مختلف مواد آلی سبب بهبود رشد گیاهان مختلف تحت شرایط کم‌آبی شده‌اند (۹، ۲۱، ۱۴، ۱۵، ۳۴، ۴۸)، اما در زمینه اثر عصاره‌های گیاهان دارویی بر شاخص‌های رشدی گیاهان زراعی تاکنون مطالعات چندانی انجام نشده است، ولی اثر این عصاره‌ها بر رشد گل‌های زینتی و همچنین، اثر بر کنترل باکتری‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در این خصوص سولگی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که ترکیب‌های کارواکرول و تیمول به‌عنوان مواد ضد میکروبی قادر به افزایش شاخص‌های رشد در گل‌های بریده ژربرا شد (۴۳). بنی نعیم و صمصام پور (۲۰۱۵) اظهار داشتند که استفاده از اسانس آویشن و مرزه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش در وزن تر گیاه گل نرگس (*Narcissus Tazetta* L) در مقایسه با تیمار شاهد شد (۱۰). در مطالعه‌ای دیگر مکادم و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های اسانس ۲ گونه از جنس Mentha را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند اسانس‌های حاصل از این ۲ گونه ویژگی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی دارند و می‌توانند از فعالیت باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها جلوگیری کنند (۳۳).

با توجه به اینکه ایران جزو مناطق خشک جهان محسوب می‌شود و بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر گیاهان مختلف ضروری می‌باشد و از آنجایی که تاکنون اثر عصاره گیاهان دارویی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاهان زراعی مورد بررسی قرار نگرفته است، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی با عصاره آویشن کوهی و مرزنجوش بر شاخص‌های ریخت‌شناسی (شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، ساقه و میوه)، فیزیولوژیک (کلروفیل، کاروتنوئید و فلاونوئید) و برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی (کلسیم و پتاسیم) گیاه کنجد تحت شرایط تنش کم‌آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌مدت دو سال (۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶) جهت بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و

آویشن‌کوهی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد رقم ناز چندشاخه با کپسول شکوفا و بذرهای به رنگ سفید تا کرم و طول دوره رشد بهاره ۱۲۰ روزه و تابستانه ۱۱۰ روزه به اجرا درآمد. متوسط بارندگی منطقه ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و دامنه نوسان دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بافت خاک مزرعه از نوع لوم رس سیلتی با اسیدیته ۷/۶ و میزان کربن آلی ۱/۰۴ درصد و میزان نیتروژن کل ۰/۱ درصد بود. میزان کود پایه توصیه شده ۴۶ کیلوگرم فسفر خالص (۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل)و ۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص (۱۰۰ کیلوگرم اوره) در هکتار بود که قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رژیم مختلف آبیاری شامل آبیاری نرمال (بر اساس عرف منطقه هر ۱۵ روز یک‌بار) و کم‌آبیاری (هر ۲۵ روز یک‌بار) به‌عنوان فاکتور اصلی، سه سطح محلول‌پاشی مرزنجوش (صفر، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی) و سه سطح محلول‌پاشی آویشن کوهی (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای و با دست در تاریخ ۲۰ خرداد سال‌های ۹۵ و ۹۶ انجام گرفت. اولین آبیاری قبل از کاشت، دومین آبیاری به فاصله هفت روز بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی در کرت‌هایی که دارای تیمار آبیاری بودند، بر اساس عرف منطقه هر ۱۵ روز یک‌بار و در کرت‌هایی که دارای تیمار کم‌آبیاری بودند هر ۲۵ روز یک‌بار صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد و زمانی که ارتفاع بوته به بیش از ۱۰ سانتی‌متر رسید، مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز صورت پذیرفت. جهت عصاره‌گیری ابتدا برگ‌های گیاهان مرزنجوش و آویشن کوهی از بوته‌ها جدا و سپس خشک و آسیاب شدند و با کمک دستگاه سوکسله (G-SX100 England) عصاره آن‌ها استخراج شد. کاربرد مرزنجوش و آویشن‌کوهی به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ طی سه مرحله انجام شد. اولین محلول‌پاشی یک ماه بعد از کاشت و تقریباً دو هفته بعد از اعمال رژیم آبیاری صورت گرفت. محلول‌پاشی دوم و سوم به فاصله ۱۲ روز بعد از مرحله قبل صورت گرفت. روش کار بدین صورت بود که ابتدا عصاره مرزنجوش و دو روز بعد آویشن‌کوهی اعمال شد.

در پایان آزمایش از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته با حذف اثر حاشیه و به‌منظور تعیین صفاتی از قبیل وزن خشک برگ، وزن خشک میوه، وزن خشک ساقه و ارتفاع بوته نمونه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح‌برگ‌سنج Area Meter AM 300 (ADC Bioscientific Ltd) استفاده شد، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ ۶۰ روز بعد از کاشت انجام شد.

برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم و پتاسیم، نمونه‌های برگی ۱۴ روز بعد از اعمال کلیه تیمارها (بعد از ۸۰ درصد گلدهی و اوایل مرحله غلاف بندی) به صورت تصادفی انتخاب و پس از شستشو و خشک کردن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۴۸ ساعت، به وسیلهٔ آسیاب پودر شدند. عصارهٔ نمونه‌ها توسط هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک تهیه گردید (۱۷، ۵۰)، اندازه‌گیری مقدار پتاسیم موجود در عصارهٔ تهیه شده به روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلیم فتومتر (JEAY PFP7) انجام گرفت. مقادیر کلسیم به روش جذب اتمی شعله‌ای و به کمک دستگاه جذب اتمی (Shimadzu 1- 670) اندازه‌گیری شد (۵۰).

کلروفیل a، b و کارتنوئیدها به روش آرنون (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شدند و برای محاسبه فلاونوئید از روش آلومینیوم کلرید استفاده شد (۱۶). اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کارتنوئیدها و فلاونوئید از نمونه‌های برگ جوان و کاملا توسعه یافته در مراحل آخر گلدهی صورت گرفت. در نهایت با استفاده از معادلات زیر میزان کلروفیل a، b و کارتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد:

Chlorophyll a= (19.3×A663-0.86×A645)V/100W

Chlorophyll b= (19.3×A645-3.6×A663)V/100W

Carotenoides= 100(A470)-3.27 (mg chl.a)-140(mg chl.b)/227

در این روابط، V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) (میلی‌لیتر)، A: جذب نور (نانومتر) و W: وزن تر نمونه (گرم) می‌باشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، در ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و به‌دلیل عدم معنی‌دار شدن، همگنی واریانس اشتباه آزمایشی تأیید شد و در ادامه تجزیه مرکب صفات اندازه‌گیری شده به کمک نرم افزار SAS انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. از نرم افزار Excel نیز برای ترسیم شکل‌ها استفاده شد. از آنجایی که اثر سال معنی‌دار نبود آنالیز صفات کیفی برای سال دوم انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که برهمکنش سال و تنش بر وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه معنی‌دار نبود، ولی بر سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر مرزنجوش بر کلیه صفات معنی‌دار بود و اثر آویشن کوهی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تنش و عصاره مرزنجوش بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش سال، تنش و عصاره مرزنجوش بر وزن خشک میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بر سایر صفات معنی‌دار نبود. برهمکنش تنش و آویشن کوهی بر ارتفاع بوته و وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش مرزنجوش و آویشن بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد و بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تنش، مرزنجوش و آویشن بر سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری، مرزنجوش و آویشن‌کوهی نشان داد که افزایش در عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی مورد استفاده در هر دو شرایط کم‌آبیاری و آبیاری مناسب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سطح برگ کنجد شد، به‌طوری که میانگین شاخص سطح برگ کنجد در شرایط آبیاری مناسب و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی ۳/۷۶ و در شرایط کم‌آبیاری و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی ۲/۹۳ بود که در هر دو مورد افزایشی حدود ۱۸ درصد را نسبت به شاهد در پی داشت (شکل ۱). اگرچه شاخص سطح برگ در شرایط تنش توسط تیمارهای مذکور بهبود یافت ولی کاهش رخ داده توسط تنش جبران نشد.

جدول ۱- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) اثر سال، آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی شاخص‌های رشدی گیاه کنجد.

Table 1- Combined analysis (Mean squares) of the effect of year, irrigation levels and *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying on some growth traits of sesame.

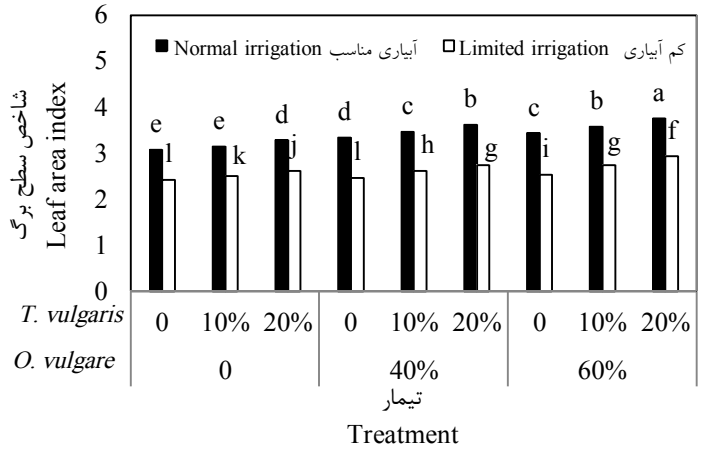
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	شاخص سطح برگ Leaf area (index)	ارتفاع بوته Length (plant)	وزن خشک برگ Leaf dry (weight	وزن خشک ساقه Stem dry (weight	وزن خشک میوه Fruit dry (weight
سال (a) Year (a)	1	9027.49**	850.08**	48.54**	68699.28ns	134.64**
تکرار(سال) Rep (Year)	4	6972.94	283.36	22.25	18843.51	2.09
آبیاری (b) Irrigation (b)	1	547074.53**	87381.33**	755.65**	4481.08ns	1387.5**
a×b	1	4071.37**	280.33**	4.49ns	58772ns	106.41**
اشتباه اصلی Error 1	4	1730.77	49	2.66	1559.22ns	23.02
مرزنجوش(C) *Origanum vulgare (c)*	2	30900.49**	2154.25**	84.07**	85319.75*	115.09**
a×c	2	183.09ns	30.08ns	0.77ns	55109.32ns	3.51ns
b×c	2	4173.8**	10.08**	13.36**	52214.33**	2.79ns
a×b×c	2	646.93ns	26.33ns	1.27ns	54208.03ns	7.36**
آویشن‌کوهی(d) *Thymus vulgaris (d)*	2	22831.36**	1972.94**	187.14**	56808.5ns	277.51**
a×d	2	149.45ns	28.02ns	2.18ns	54452.33ns	1.32ns
b×d	2	145.9ns	85.89**	5.94**	58860.75ns	1.02ns
c×d	4	733.93**	31.25ns	0.05ns	60999.67*	0.19ns
a×b×d	2	758.43ns	24.65ns	1.36ns	61107.43ns	5.16ns
a×c×d	4	151.98ns	12.23ns	0.53ns	23452.11ns	1.76ns
b×c×d	4	351.39*	39.21*	3.41*	59818.78*	0.69ns
a×b×c×d	8	95.64ns	20.27ns	2.32ns	2194.97ns	2.77ns
اشتباه فرعی Error 2	64	193.8	14.87	1.17	19856.44	1.74
درصد ضریب تغییرات CV(%)	-	2.56	3.23	2.09	6.84	4.69

*،** و ns به‌ترتیب نشان داده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

*,** and ns indicates significant difference at 5%, 1% probability levels and not significantly respectively.

در گیاهان مختلف از قبیل کنجد و آویشن مشخص شده است که تنش کم‌آبیاری، شاخص سطح برگ را به‌دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آن‌ها کاهش می‌دهد و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس است. البته این کاهش به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری در جهت کم کردن میزان تعرق معرفی شده است (۳۹، ۴۶). ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری شاخص سطح برگ ارقام مختلف کنجد را

کاهش داد ولی محلول‌پاشی برگی با استفاده از ترکیبات آلی (آهن و اسید فولیک) در شرایط تنش، شاخص سطح برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۸). گزارش شده است که اسانس مرزنجوش و آویشن‌کوهی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند و محققان بیشترین عملکرد ضد باکتریایی و ضد اکسیدانی اسانس این گیاهان را به ترکیبات فنلی مثل تیمول و کارواکرول نسبت داده‌اند (۶). به‌طور کلی، اسانس مرزنجوش و آویشن‌کوهی سبب افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن خواهد شد و ریزش برگ تحت شرایط تنش را کاهش می‌دهد و در نتیجه شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهند (۶). بنابراین، به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم اسانس مرزنجوش و آویشن کوهی با قابلیت افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه، تأخیر پیری و کاهش ریزش برگ باعث افزایش شاخص سطح برگ گردیده است.

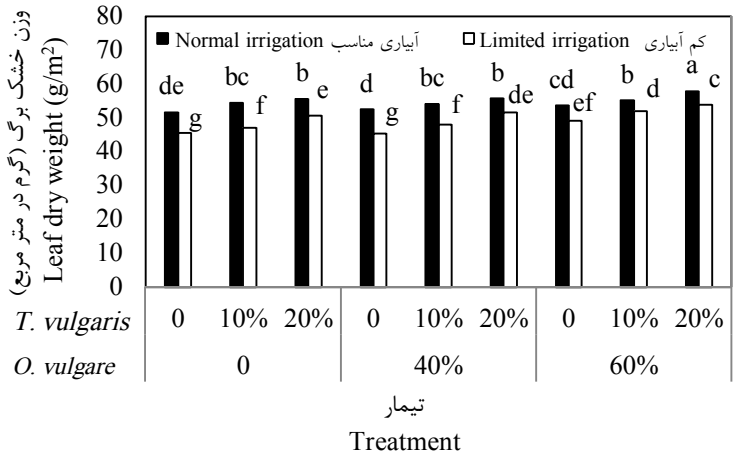


شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

Figure 1- Mean comparison for leaf area index affected by irrigation levels, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying in sesame.

نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری و مصرف عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر وزن خشک برگ نشان داد که تنش کم آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن خشک برگ کنجد شد و بیشترین وزن خشک برگ با میانگین ۵۷/۸۸ گرم در مترمربع مربوط به تیمار مصرف ۲۰ درصد حجمی آویشن و ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش بود در حالی که وزن خشک برگ در شرایط عدم استفاده از عصاره گیاهی و تنش ۴۵/۵۱ گرم در مترمربع به‌دست آمد. به‌طور کلی، در شرایط آبیاری مناسب استفاده از تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصدی مرزنجوش و ۲۰ درصدی آویشن نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۰/۸۱ درصدی و در شرایط تنش افزایشی ۱۵/۵۵ درصدی را نشان داد که نشان دهنده اثرگذاری بیشتر این عصاره‌ها در شرایط نامساعد بود. در شرایط تنش استفاده همزمان از مرزنجوش ۴۰ درصد و آویشن ۲۰ درصد و نیز کاربرد توأم مرزنجوش ۶۰ درصد و آویشن ۱۰ درصد با جبران آثار تنش ماده خشک برگ را به حد گیاهان شاهد رساند. در اثر محلول‌پاشی این دو ماده با بالاترین غلظت در شرایط کم‌آبیاری این صفت به طور معنی‌داری بهتر از گیاهان شاهد شد (شکل ۲). به‌طور کلی، در هر دو شرایط تنش کم آبیاری و

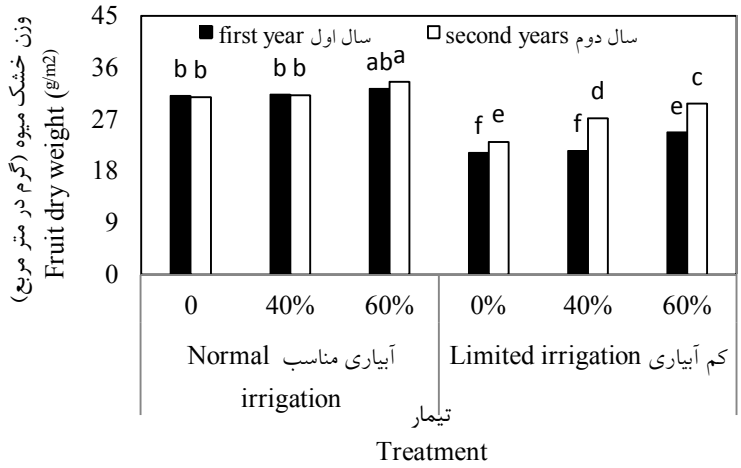
آبیاری مناسب در تمامی سطوح مرزنجوش با افزایش دز مصرفی آویشن کوهی نیز وزن خشک برگ افزایش یافت. افزایش در وزن خشک در نتیجه استفاده همزمان از مرزنجوش و آویشن را می‌توان به تاثیر این مواد بر افزایش رشد و اقزایش شاخص سطح برگ نسبت داد که به‌دنبال آن وزن خشک برگ بیشتر خواهد شد. گزارش شده است که افزایش شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با محلول‌های آلی یکی از علل افزایش عملکرد برگ (وزن خشک برگ) در گیاهان می‌باشد (۲۰، ۶). احتمالا یکی دیگر از دلایل بالا بودن وزن خشک برگ در غلظت بالای آویشن و مرزنجوش به تعویق افتادن پیری و ریزش برگ است. در همین رابطه گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی توسط ترکیبات آلی می‌تواند از طریق اثر روی سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد (۵۰).



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

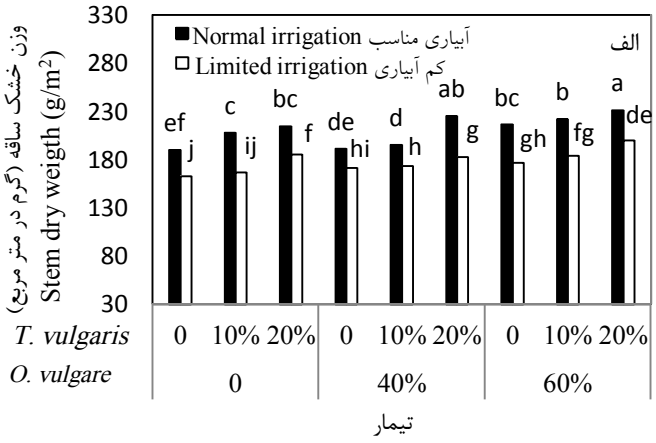
Figure 2- Mean comparison for leaf dry weight affected by irrigation levels, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying in sesame.

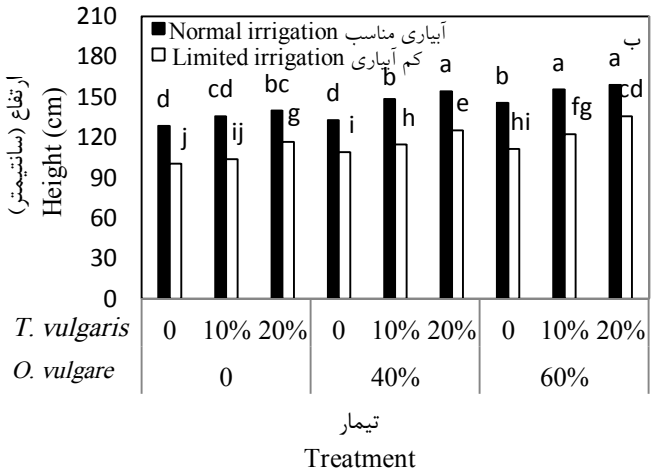
نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و عصاره مرزنجوش طی ۲ سال زراعی نشان داد که تنش کم‌آبیاری در طی دو سال به‌طور معنی‌داری وزن خشک میوه را کاهش داد و بیشترین وزن خشک میوه با میانگین ۳۳/۵۵ گرم در بوته مربوط به تیمار مصرف عصاره مرزنجوش با غلظت ۶۰ درصد و در شرایط آبیاری مناسب و مربوط به سال دوم بود که با تیمار مشابه در سال اول و با میانگین ۳۲/۳۳ گرم در بوته اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). نتایج نشان داد که بین سطوح مختلف مرزنجوش در شرایط آبیاری مناسب در سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در شرایط کم آبیاری وزن خشک میوه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. در شرایط کم‌آبیاری در هر دو سال، سطح سوم مرزنجوش (۶۰ درصد) از نظر اثرگذاری بر ماده خشک میوه به لحاظ آماری برتر بود (شکل ۳). کاهش وزن خشک میوه در نتیجه تنش را می‌توان به کاهش شاخص سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی نسبت داد. استفاده از محلول‌های گیاهی سبب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز خواهد شد و به‌دنبال آن وزن خشک میوه افزایش خواهد یافت.



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک میوه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.

Figure 3- Mean comparison of fruit dry weight affected by year, irrigation levels and *Origanum vulgare* extract spraying in sesame.





شکل ٤- مقایسه میانگین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

Figure 4- Mean comparison of length plant and stem dry weight affected by irrigation levels, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying in sesame.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری وزن خشک ساقه را کاهش داد. اگرچه در شرایط کم‌آبیاری استفاده از سطوح مختلف عصاره مرزنجوش و آویشن سبب افزایش در وزن خشک ساقه گردید، ولی تنها توأم شدن دو سطح ۱۰ و ۲۰ درصد آویشن با مرزنجوش ۶۰ درصد در این شرایط توانست مقدار این صفت را به حد گیاهان شاهد در شرایط عدم تنش نزدیک نماید (شکل ۴ الف). در شرایط آبیاری مناسب تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن افزایش ۱۷ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد که همراه با تیمار ترکیبی عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بالاترین مقادیر ثبت شده برای این صفت بودند (شکل ۴ الف). نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته به‌ترتیب با میانگین ۱۵۹، ۱۵۶ و ۱۵۴/۲۵ سانتی‌متر مربوط به شرایط آبیاری مناسب و استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی آویشن و عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود (شکل ۴ ب).

گزارشات مختلف حاکی از آن است که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری وزن خشک برگ، ساقه و میوه و همچنین، ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد (۲۶، ۴۶)، که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. در شرایط عدم تنش به دلیل رطوبت کافی در خاک عناصر موجود در خاک نسبت به شرایط تنش قابل دسترس‌تر برای گیاه است. در نتیجه با افزایش جذب این مواد توسط ریشه، وزن خشک اندام هوایی نسبت به شرایط تنش بیشتر خواهد بود. بررسی‌های مختلف (۱۸، ۳۶) نشان داده است که رشد گیاه تحت تأثیر فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی قرار می‌گیرد که این فرایندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم آن دارد. به نظر می‌رسد با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب گیاه و به تبع آن پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم نمی‌باشد به طوری که سرعت رشد و سرعت تقسیم سلولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سینکلر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که وجود عوامل محدودکننده فتوسنتز در طی دوره رشدی و گلدهی باعث کاهش تعداد برگ و تعداد اندام زایشی و کوچک شدن برگ و اندام زایشی و در نتیجه کاهش وزن آنها می‌شود (۴۲). کاربرد محلول‌های آلی در غلظت مناسب با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه و در نتیجه افزایش وزن خشک اندام‌های مختلف می‌شود (۲۲، ۲۳). عصاره آویشن و مرزنجوش دارای ترکیبات مختلفی از قبیل کارواکرول و تیمول هستند و از آنجایی که این ترکیبات دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشند، ممکن است این ترکیبات میزان فتوسنتز را در گیاه افزایش و منجر به افزایش وزن اندام‌های مختلف شده باشند (۶). محلول‌پاشی به‌واسطه گسترش سطح برگ و افزایش پتانسیل فتوسنتزی گیاه، موجب بزرگ‌تر شدن ساختارهای رویشی، افزایش وزن و قطر ساقه‌ها و در نتیجه افزایش وزن قسمت‌های مختلف می‌شود (۱۱). به‌طورکلی، گزارشات مختلف حاکی از آن است که محلول‌پاشی با استفاده از ترکیبات مختلف از طریق افزایش فتوسنتز گیاه سبب انتقال بیشتر مواد پرورده گیاهی به اندام‌های زایشی و به دنبال آن افزایش باروری اندام زایشی تحت شرایط تنش و در نهایت افزایش وزن اندام زایشی می‌شود (۲۱، ۵۰). از مهم‌ترین پیامدهای تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی و ارتفاع گیاه است که دلیل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد (جیبرلین‌ها و اکسین‌ها) و افزایش

مواد بازدارنده رشد (اسید آبسیزیک و اتیلن) گزارش شده است (۱۲، ۳۷)، آماس سلول، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دورهٔ رشد گیاه و سازوکارهای گریز از تنش، همگی، می‌توانند مانع از توسعهٔ عادی سلول‌ها و در نتیجه، کاهش ارتفاع گیاه شوند (۴۳).

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات فیزیولوژیک نشان داد که اثر ساده کم‌آبیاری، مرزنجوش و آویشن کوهی و برهمکنش سه گانه بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و مرزنجوش بر صفات اندازه‌گیری شده به جز فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و آویشن کوهی بر کلروفیل a و b و کلسیم و پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش مرزنجوش و آویشن و برهمکنش آبیاری و مرزنجوش و آویشن بر تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه کنجد.

Table 2- Analysis variance (Mean squares) of irrigation levels, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying effects on some physiological traits of sesame.

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	کلروفیل a (Chlorophyll a)	کلروفیل b (Chlorophyll b)	فلاونوئید (Flavonoid)	کارتنوئید (Carotenoid)	کلسیم (Ca)	پتاسیم (K)
تکرار Rep	2	0.01^{ns}	0.07^{ns}	0.000001^{**}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	0.0001^{ns}
آبیاری (a) Irrigation (a)	1	492.07^{**}	549.99^{**}	0.00001^{**}	452.47^{**}	0.07^{**}	0.05^{**}
خطای آزمایش ۱ Error 1	2	0.01	0.05	0.000000001	0.09	0.01	0.0002
مرزنجوش (b) *Origanum vulgare (b)*	2	64.38^{**}	70.17^{**}	0.000001^{**}	27.58^{**}	0.06^{**}	0.03^{**}
a×b	2	25.48^{**}	26.91^{**}	0.00000002^{ns}	10.17^{**}	0.09^{**}	0.03^{**}
آویشن‌کوهی (c) *Thymus vulgaris* (c)	2	14.64^{**}	6.31^{**}	0.0000005^{**}	6.93^{**}	0.07^{**}	0.03^{**}
a×c	2	3.8^{**}	6.36^{**}	0.00000003^{ns}	0.65^{ns}	0.08^{**}	0.06^{**}
b×c	4	0.31^{**}	2.02^{**}	0.00000007^{**}	1.32^{**}	0.11^{**}	0.02^{**}
a×b×c	4	0.52^{**}	0.32^{**}	0.00000003^{**}	1.07^{**}	0.12^{**}	0.02^{**}
خطای آزمایش ۲ Error 2	32	0.07	0.12	0.00000001	0.21	0.02	0.001
درصد ضریب تغییرات CV (%)	-	2.27	2.61	4.74	3.71	12.03	14.76

*،** و ^{ns} به‌ترتیب نشان داده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

*,** and ns indicates significant difference at 5%, 1% probability levels and not significantly respectively.

نتایج مقایسه میانگین اثر سه جانبه رژیم آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن بر تغییرات کلروفیل a و b نشان داد که هر دو نوع کلروفیل تحت تأثیر تنش و عصاره گیاهی می‌باشند، به‌طوری که با اعمال تنش میزان هر دو کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی استفاده از دزهای مختلف عصاره مرزنجوش و

آویشن کوهی میزان هر دو کلروفیل را افزایش داد (جدول ۳). مقدار کلروفیل a از ۹/۳۶ تا ۲۱/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ متغیر بود. بیشترین مقادیر کلروفیل a در شرایطی به‌دست آمد که گیاهان آب کافی دریافت کردند و توسط بالاترین غلظت مرزنجوش (۶۰ درصد) محلول‌پاشی شدند. تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های آویشن در این سطح وجود نداشت. در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه مشاهده نشد، ولی کاربرد برگی مرزنجوش ۶۰ درصد هم‌زمان با هر سه سطح آویشن با جبران تنش این صفت را به حد گیاهان شاهد رساند. در کلروفیل b نیز تقریبا نتیجه مشابهی حاصل شد. مقدار این صفت در برگ گیاهان شاهد ۱۱/۵۸ بود که با ۷۸ درصد افزایش به ۲۰/۶۱ در ترکیب تیماری مرزنجوش ۶۰ درصد و آویشن ۲۰ درصد در شرایط عدم تنش رسید. ترکیب تیماری مذکور در شرایط تنش نیز بسیار مفید واقع شد و کاهش به‌وجود آمده در اثر تنش برای این صفت را جبران نمود (جدول ۳).

اثرات تنش خشکی بر میزان کلروفیل توسط منصوری فر و همکاران (۱۳۹۱) مورد مطالعه قرار گرفته است. ایشان بیان داشتند که با افزایش شدت تنش میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۲۹). به‌نظر می‌رسد کاهش در محتوای کلروفیل‌ها می‌تواند به دلیل افزایش کاتابولیسم و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه‌ی فراهم نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (۱۳). آگاستین و همکاران (۲۰۰۰) کاهش قابل توجه در کلروفیل و کارتنوئیدها و کل رنگدانه‌ها تحت شرایط تنش خشکی را عمدتاً به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های اکسیژن فعال دانسته‌اند (۳).

گزارش شده است که عصاره‌های گیاهی آویشن و مرزنجوش از طریق افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حفاظت می‌کنند (۶). این ترکیبات به‌دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی سبب جاروب کردن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده توسط تنش می‌شوند و در نتیجه میزان کلروفیل در گیاه را افزایش می‌دهند (۵، ۹). تعدادی از محققین نیز نشان دادند که محلول‌پاشی برگی با استفاده از ترکیبات آلی مختلف از طریق افزایش قدرت کلات‌کنندگی و جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌تواند سبب افزایش در محتوای کلروفیل گردد (۱۳، ۳۸).

در جدول ۳ ملاحظه می‌شود که تنش کم‌آبیاری سبب افزایش قابل توجه در میزان کارتنوئید برگی گردید به گونه‌ای که مقدار این صفت در گیاهانی که هیچ تیمار برگی دریافت نکرده بودند از ۸/۳۶ در آبیاری مناسب به ۱۲/۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر در شرایط تنش رسید. کاربرد برگی عصاره‌های گیاهی نیز به‌طور نسبی این صفت را بهبود بخشید، طوری‌که در نهایت بالاترین مقادیر کارتنوئید با میانگین ۱۷/۳۵ تا ۱۸/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در ترکیب تیماری ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و هر سه سطح آویشن در شرایط تنش ثبت شد (جدول ۳).

به‌نظر می‌رسد افزایش کاروتنوئیدها با افزایش شدت تنش بیان کننده نقش حفاظتی آن‌ها در شرایط خشکی باشد و با پیشرفت تنش به دلایلی از جمله پیری تسریع شده و تخریب آن‌ها توسط عوامل مخرب (از جمله اکسیژن فعال) از سرعت افزایش آنها کاسته می‌شود (۳۶). افزایش میزان کاروتنوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. کاروتنوئیدها از راه برگشت‌پذیر با رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تشکیل زانتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (۳۶، ۲۱). گزارشات مختلف

حاکی از آن است کـه اسـتفاده از تیمارهـای محلـول پاشی برگی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش در میـزان کاروتنوئیدها خواهد شد و این محققین بیـان داشـتند کـه محلـول پاشـی برگـی از طریـق اثـرات مثبـت فیزیولـوژیکی از جملـه افـزایش متابولیسـم در درون سلول‌هـا و همچنـین، بـالا بـردن میـزان کلروفیـل در برگ‌ها سبب افزایش کاروتنوئید و در نتیجه ماندگاری بیشتر برگ‌ها می‌شود (۱۲، ۳۶).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش کم‌آبیـاری و همچنین اسـتفاده از عصـاره مرزنجـوش و آویشـن کوهی بـه‌طـور معنـی‌داری سـبب افـزایش در میـزان فلاونوئیـد بـرگ شـد (جـدول ۳). بیشـترین میـزان فلاونوئید با میانگین ۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تـر مربوط به شرایط تنش و عصـاره ۶۰ درصـد حجمـی مرزنجوش در هر سه سطح آویشن بود که نسـبت بـه تیمار شاهد افزایشی ۱۰۰ درصدی را نشـان داد. البتـه تیمار مرزنجوش ۴۰ درصد توأم با آویشن ۲۰ درصـد در شرایط تنش نیز وضعیت مشابهی داشـت (جـدول ۳).

تحقیقات مختلف حاکی از آن است که تنش سبب کاهش میزان فلاونوئید می‌شود (۲، ۱۳، ۲۸) از جمله مکانیسـم‌هـای آنتـی‌اکسـیدانی گیاهـان تحـت تـنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این گونه ترکیبات به‌عنوان پالاینـده‌هـای گونـه‌هـای واکنش گر اکسیژن عمل مـی‌کننـد و در نتیجـه سـبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (۱۵). فلاونوئیدهای موجود در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. همچنـین، فلاونوئیـدهـا بـه‌طـور مسـتقیم بـا وارد شـدن در واکنش‌های احیایی و یا به‌طور غیر مستقیم به وسـیله کلات کردن آهن، مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (۵۰). از آنجـایی کـه عصـاره آویشـن و مرزنجـوش دارای خاصـیت آنتـی‌اکسـیدانی و دارای ترکیبـات فنلـی و متانولی می‌باشند، می‌توانند از این طریق افزایش میزان فلاونوئید از تخریب غشاهای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کنند. گزارش شده است که ترکیبات متانولی به‌طور معنی‌داری سبب تحمـل گیـاه در برابـر تنش خشکی در مقایسه با تیمار شاهد می‌شـود (۳۴). بهشتی و تدین (۲۰۱۷) گزارش کردند که محلول‌پاشی گیاه لوبیا با استفاده از ترکیبات آلی سـبب افـزایش در میزان فلاونوئید تحت شرایط تنش کم آبی شد (۱۲).

بررسی پتاسیم برگ نشـان داد کـه تحـت هـر دو شرایط عدم تنش و تنش بیشـترین میـزان پتاسـیم بـا میـانگین ۲/۳ و ۲/۹۷ درصـد مربـوط بـه اسـتفاده از عصاره ۶۰ درصـد حجمـی مرزنجـوش و ۲۰ درصـد حجمی آویشن بود، ولـی در شـرایط تـنش بـا تیمـار عصاره ۴۰ درصـد حجمـی مرزنجـوش و ۲۰ درصـد حجمی آویشن اخـتلاف معنـی‌داری وجـود نداشـت (جدول ۳). محلول‌پاشی با عصاره آویشن در شـرایط تنش مؤثرتر بود بـه گونـه‌ای کـه در ایـن شـرایط در تمامی سطوح عصاره مرزنجوش اسـتفاده از بـالاترین غلظت آویشن (۲۰ درصد) افزایش معنی‌داری در ایـن صفت ایجاد نمود (جدول ۳).

درصد کلسـیم بـرگ از ۰/۲۴ درصـد در گیاهـان شـاهد تـا ۰/۵۷ درصـد در شـرایط تـنش و اسـتفاده هم‌زمان از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن متغیر بود. ترکیب تیمـاری یـاد شـده در شـرایط آبیـاری مناسـب نیـز افـزایش قابـل تـوجهی در کلسـیم بـرگ ایجـاد نمـود. همچنـین، اثرگذاری محلول‌پاشی آویشن به ویژه بـا غلظـت ۲۰ درصد در سـطوح صـفر و ۶۰ درصـد مرزنجـوش در شـرایط عـدم تـنش و نیـز سـطوح ۴۰ و ۶۰ درصـد مرنجوش در شرایط تنش کاملا مشهود بـود (جـدول ۳).

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری سبب افزایش درصد پتاسیم و کلسیم شد و همچنین، با افزایش میزان مصرف عصاره مرزنجوش و آویشن، پتاسیم و کلسیم نیز افزایش یافت. همچنین، نتایج نشان داد که اثر گذاری تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بیشتر از شرایط عدم تنش بود و استفاده از تیمارهای ترکیبی نسبت به تیمار ساده عصاره‌های استفاده شده اثرات بیشتری بر میزان پتاسیم و کلسیم برگ داشت (جدول ۳).

گزارش‌های موجود در زمینهٔ اثر تنش خشکی بر میزان عناصر غذایی در گونه‌های گیاهی متفاوت است. هنگامی که رطوبت مساعد باشد ممکن است درصد پتاسیم در بافت‌های گیاه کاهش یابد و این موضوع می‌تواند به علت رقیق شدن آن باشد. به‌طور کلی، نظر بر این است که در اثر تنش خشکی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد و آن به‌دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است (۸). عمر (۲۰۰۶) سهم عناصر معدنی چون پتاسیم، کلر و سدیم را در تنظیم اسمزی قابل توجه گزارش کردند (۴۷). اشرف و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که در اثر تنش خشکی میزان جذب سدیم و پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد و آن به دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است (۷).

جدول ۳- مقایسه میانگین کلروفیل a و b، کارتنوئید، فلاونوئید، پتاسیم و کلسیم گیاه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن‌کوهی و مرزنجوش.

Table 3- Mean comparison effect of irrigation levels, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying on chlorophyll a, b, flavonoid, carotenoid, Ca and K of sesame.

رژیم آبیاری Levels of irrigation	مرزنجوش *Origanum vulgare*	آویشن *Thymus vulgaris*	کلروفیل a (Chlorophyll a)	کلروفیل b (Chlorophyll b)	کارتنوئید (Carotenoid)	فلاونوئید (Flavonoid)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)
			میلی گرم در گرم وزن تر (mg g^{-1}Fw)				(٪)	(٪)
آبیاری مناسب Normal irrigation	0	0	12.38^{cd}	11.58^{ef}	8.36^{h}	0.0015^{gh}	1.19^{i}	0.22^{n}
		10%	13.39^{c}	12.39^{e}	9.358^{gh}	0.0017^{fg}	1.22^{i}	0.26^{k-n}
		20%	15.2^{bc}	14.28^{d}	10.26^{fg}	0.0018^{fg}	1.29^{i}	0.27^{jkl}
	40%	0	15.42^{bc}	15.08^{cd}	9.235^{gh}	0.0019^{ef}	1.6^{h}	0.24^{mn}
		10%	16.68^{b}	16.48^{c}	10.92^{ef}	0.0014^{h}	1.69^{h}	0.26^{lmn}
		20%	16.52^{b}	17.2^{bc}	11.43^{de}	0.0022^{d}	1.77^{gh}	0.28^{jkl}
	60%	0	18.62^{ab}	17.39^{bc}	10.35^{efg}	0.002^{e}	1.99^{fg}	0.28^{jkl}
		10%	19.71^{a}	18.63^{ab}	10.33^{efg}	0.0021^{de}	2^{f}	0.29^{i-l}
		20%	21.7^{a}	20.61^{a}	12.83^{d}	0.0023^{d}	2.3^{de}	0.33^{h}
کم آبیاری Limited irrigation	0	0	9.45^{e}	9.25^{g}	12.41^{d}	0.0023^{d}	2.01^{f}	0.32^{hij}
		10%	9.53^{e}	9.23^{g}	14.24^{c}	0.0025^{cd}	2.35^{cde}	0.35^{gh}
		20%	9.71^{e}	9.36^{g}	15.03^{bc}	0.0027^{bc}	2.37^{bcd}	0.4^{efg}
	40%	0	10.5^{de}	9.34^{g}	15.58^{b}	0.0026^{c}	2.19^{ef}	0.32^{fgh}
		10%	10.46^{de}	9.39^{g}	15.06^{bc}	0.0027^{bc}	2.28^{de}	0.41^{def}
		20%	9.36^{e}	11.59^{ef}	16^{b}	0.0029^{ab}	2.73^{ab}	0.44^{bcd}
	60%	0	10.39^{de}	10.28^{fg}	17.35^{a}	0.003^{a}	2.37^{b-e}	0.42^{cde}
		10%	11.49^{cde}	10.36^{fg}	17.52^{a}	0.003^{a}	2.49^{b}	0.46^{b}
		20%	11.28^{cde}	12.38^{e}	18.58^{a}	0.003^{a}	2.97^{a}	0.57^{a}

بر اساس گزارش ماتسوماتو و همکاران (۲۰۰۲) تنش اسمزی شدید سبب افزایش کلسیم سیتوپلاسمی گردید و نقش یک سیگنال درک کننده تنش را دارد (۳۰). با سنتز و انتقال اسید آبسیزیک به برگ ناشی از تنش، کانال‌های کلسیمی در سلول‌های نگهبان روزنه فعال و روزنه‌ها بسته می‌شوند (۱). میل به افزایش کلسیم برگ تحت تنش که در شرایط این مطالعه مشاهده شد، همسو با نتایج عبدالمجید و همکاران (۲۰۰۷) و سردانز و آلاز (۲۰۰۸) است که افزایش کلسیم تحت تنش خشکی را اعلام کردند (۱، ۴۰). همچنین، برخی گزارشات دیگر حاکیست محلول‌پاشی با ترکیبات آلی در شرایط تنش سبب افزایش جذب عناصر معدنی می‌شوند (۱۳).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی شاخص‌های اندازه‌گیری شده تحت هر دو شرایط تنش و عدم تنش (در برخی صفات تنها در شرایط تنش) بهبود یافت. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که در شرایط کم‌آبی استفاده از عصاره آویشن و مرزنجوش می‌تواند سبب افزایش توان گیاه در مقابله با شرایط کم‌آبی شود و از آنجایی که نسبت به سایر روش‌ها هزینه کمتری نیاز دارد، بنابراین در مناطقی که با شرایط کم‌آبی روبرو هستند، می‌توان استفاده از عصاره آویشن‌کوهی و مرزنجوش را جهت جبران آسیب‌های ناشی از تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد پیشنهاد داد. البته با توجه به نتایج مطلوبی که در محدوده این پژوهش برای این ترکیبات به‌ویژه در غلظت‌های بالا در شرایط عدم تنش به‌دست آمد، استفاده از این مواد در شرایط آبیاری مناسب نیز قابل پیشنهاد خواهند بود.

منابع

1. Abdul-Majid, S., Rehana, A., and Ghulam, M. 2007. Potassium-calcium interrelationship linked to drought tolerance in wheat. Botany J. 39: 1. 609-1621.
2. Abedini, T., Moradi, P., and Hani, A. 2015. Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of Pot marigold. Novel Applied Sci. J. 4: 10. 1100-1103.
3. Agastin, P., Kingsley, S.J., and Vivekanandan, M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica J. 38: 2. 287-290.
4. Amiri, A., Sirousmehr, A.R., Yadollahi, P., Asgharipour, A.R., and EsmaeilzadehBahbadi, S. 2016. Effect of drought stress and spraying of salicylic acid and chitosan on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in safflower. Agri. Crop J. 18: 2. 453-466. (In Persian)
5. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 3. 112-121.
6. Ansar, Z., Baradaran Firouzabadi, M., Galeshi, S., Gholami, A., and Parsaian, M. 2019. The effect of *Origanum vulgare* and *Zatria mutifora* essence on yield, yield components and antioxidant enzymes of *Sesamum indicum* L under drought stress. Agri. Crop J. 21: 2. 149-166.
7. Ashraf, M., Ashfaq, M., and Ashraf, M.Y. 2002. Effect of increased supply of potassium on growth and nutrient content in pearl millet under water stress. Biol Plantarum J. 451: 2. 141-144.
8. Ayobizadeh, N., Laei, G., Amini Dehaghi, M., Masood Sinaki, J., and RzvanBidokhti, S. 2017. Effect of nano-iron and folic acid foliar application on yield and yield components of sesame varieties after wheat cultivation under drought stress conditions. Crop Improv J. 9: 3. 283-312. (In Persian)

9. Ayumi, T., Masumi, H., and Ryoichi, T. 2004. Chlorophyll metabolism and plant growth. Kagaku Seibutsu. 42: 93-98.
10. Baninaeim, I., and Samsampoor, D. 2015. The effects of Thymus vulgaris L. and Satureja hortensis L. Essential oils on post-harvest quality of cut Narcissus flowers (*Narcissus Tazetta*). 1st National Conference on Herbs and Herbal Medicine.
11. Bayoumi, T.Y., Eid, M., and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. Bio J. 7: 2341-2352.
12. Beheshti, S., and Tadayyon A.D. 2017. Effects of drought stress and humic acid on some physiological parameters of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). Plant pro J. 6: 19. 1-13.
13. Berglund, D.R. 2002. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Orth western innesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota. Soybean Council, 136p.
14. BorisĬev, M., BorisĬev, I., Zupunski, M., Arsenvo, D., Pajevic, S., Curcic, Z., Vasin, J., and Djordjevic, A. 2016. Drought Impact Is Alleviated in Sugar Beets (*Beta vulgaris* L.) by Foliar Application of Fullerenol Nanoparticles. Plos One. 10: 1-20.
15. Chang W.C., Kim, S.C., Hwang, S.S., Choi, B.K., and Kim, S.K. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Sci J. 163: 1161-1168.
16. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, Division of Agricultural Science.
17. Earl, H. J., and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agron J. 95: 688-696.
18. Emam, Y., and Zavarehi, M. 2005. Drought tolerance in higher (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran. (In Persian)
19. Foyer, C.H., Valadier, M.H., Migge, A. and Becker, T.W. 1998. Drought induced effects on reeducates activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. Plant physic J. 117: 1. 283-292.
20. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agric. Water Manag. 98: 9. 1477-1484.
21. Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: a plant hormone. Plant Physi J. 18: 137-145.
22. GhasemiPirbaluti, A., Pirali, A., Pishkar, G.R., Jalali, S.M.A., Raesi, M., Jafarian Dehkordi, M. and Hamedi, B. 2011. The essential oils of some medicinal plants on the immune system and growth of rainbow trout (*Oncorhync husmykiss*). Herbal Drugs J. 2: 2. 149-155. (In Persian)
23. Hosseini Boldaji, S.A., Khavari-Nejad, R.A., Hassan Sajedi, R., Fahimi, H., and Saadatmand, S. 2012. Water availability effects on antioxidant enzyme activities lipid peroxidation, and reducing sugar contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Physi Plantarum J. 34: 3. 1177-1186.
24. Inze, D., and Montagu, M.V. 2000. Oxidative stress in plant. Tj International Ltd. Padstow, Cornawall, Great Britain.
25. Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L.E., Ting-Xian, Y., and Xiao-Wen, Y. 2010. *Carthamus tinctorious* L. yield in Rajasthan. Ind J. Agric Sci. 40: 644-647.
26. Latha, P., Sudhakar, P., and Sreenivasula, Y. 2007. Relationship between total phenol and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of season drought conditions. Acta Physiol Plantarum J. 29: 6. 563-566.
27. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress, Vol.2, Academic Press, New York.
28. Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankar, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A., and Panneerselvam, R. 2007.

Growth, biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces. 59: 2. 141-149.
29. Mansourifar, S., Shaban, M., Ghobadi1, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iran J. Puls Res. 3: 1. 53-66. (In Persian)
30. Matsumoto, T.K., Ellsmore, A.J., Cessna, S.G., Low, P.S., Pardo, J.M., Bressan, R.A., and Hasegawa, P.M. 2002. Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of Saccharomyces cerevisiae. Bio Chem J. 27: 3075-3080.
31. Mehrabi, Z., and EhsanZade, P. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivar under different soil moister regimes. Agric Crop J. 13: 2. 77-88. (In Persian)
32. Misagh, M., Movahedi Dehnavi, M., Yadavi, A. and KhademHamze, H. 2016. Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame under drought stress by foliar application of zinc and boron. Elect Crop Prod J. 9: 1. 163-180. (In Persian)
33. Mkaddem, M., Bouajila, J., Ennajar, M., Lebrihi, A., Mathieu, F., and Romdhane, M. 2009. Hemicalcomposition and antimicrobial and antioxidant activities of Mentha essential oils. Food Sci J. 74: 7. 358-363.
34. Mombeini, T., Mombeini, M., and Aghayi, M. 2008. Evaluation of pharmacological effects of origanum genus (*Origanum genus*). Medic Plants J. 4: 29. 18-35. (In Persian).
35. Mozaffari, S., Khorasaninejad, S., and Gorgini shabankareh, H. 2017. The effects of irrigation regimes and humic acid on some of physiological and biochemical traits of Common Purslane in greenhouse. Agri Crop J. 19: 2. 401-416. (In Persian)
36. Mundree, S.G., and Baker, B. 2002. Physiological and molecular insights in to drought tolerance. Afric J. Biotechnol. 1: 2. 28-38.
37. Pagter, M., Bragato, C., and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of (*Phragmites australis*) to water deficit. Aquatic Bot. 81: 4. 285-299.
38. Pirzad, A., Shakiba, S., Zehtab-Salmasi, S.A., and Mohammadi, R. 2014; Effects of water stress on some nutrients uptake in *Matricaria chamomilla* L. Agron J (Pajouhesh & Sazandegi) 28: 106. 1-7. (In Persian)
39. Pour Amini, P., Habibi, H., Fotokian, M.H., Falah Nosrat Abadi, A.R., and Ebadi, M. 2016. Effect of thiobacillus and superabsorbent on the essential oil content and some of important agronomic characteristics in *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* celak. Iran J. Hort Sci and Technol. 17: 2. 221-232. (In Persian)
40. Sardanz, J., and Uelas, J.P. 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte *Hypnum cupressiforme* Hedw. Growing in a Mediterranean forest. J. Biol. 30: 1. 59-65.
41. Sikder, S., Foulkes, J., and West, H. 2015. Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. Photosynthetica. 53: 47-54.
42. Sinclair, T.R., Messina, C.D., Beatty, A., and Samples, M. 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. Agron J. 102: 2. 457-482.
43. Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T.S., and Naderi, R. 2009. Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Dune') flowers. Postharv Biol J. 53: 3. 155-158.
44. SoltanShahattary, F., and Mansourifar, C. 2017. The effect of drought stress on morphological and physiological traits and extract percentage of medicinal plant, *Nigella sativa*. Bio sci Biotechnol Res Com. 1: 298-305.
45. Tajkarimi, M., Ibrahim, S., and Cliver, D. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food control: 21: 1199-1218.
46. Tarkhorany, T., Madani, H., and Haidarisharif Abad, M. 2017. Evaluating the effect of kinetin

application on sesame cultivars. Sci Pap. Series A. Agron J. 7: 401-406.
47. Umar, S. 2006. Alleviation adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Bot J. 38: 5. 1373-1380.
48. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi , Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University.
49. Winkel -Shirley, B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Plant Biol J. 5: 218-223.
50. Yadegari, M. 2015. Foliar application of micronutrients on essential oils of borage, thyme and marigold. Soil Sci. J. 15: 4. 949-964.