Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۲۳۷-۱۲۴۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1737.1396

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گونه مریم‌گلی سهندی (*Salvia sahendica* L.)

کامران پروانک

گروه کشاورزی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرری

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۲

چکیده

با توجه به اهمیت گیاه دارویی مریم‌گلی سهندی (*Salvia sahendica* L.) در صنایع مختلف ازجمله داروسازی، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس این گیاه در سال ۱۳۹۵ در شهرستان مبارکه انجام گردید. سطوح تنش خشکی شامل دور آبیاری ۴ روزه (شاهد)، ۸، ۱۲ و ۱۶ روزه بود که در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در شرایط مزرعه اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس حاصل از نرم‌افزار MSTAT-C نشان داد، کاربرد سطوح مختلف دور آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس اثر معنی‌دار دارد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان نسبی آب برگ (۹۵٪)، کلروفیل کل، a و b به ترتیب با میانگین ۲/۴۷، ۱/۳۲، ۰/۹۸ میلی‌گرم برگرم مربوط به تیمار شاهد بود. بالاترین پتانسیل آب برگ (۱/۷۸- مگاپاسکال)، تجمع پرولین (۳/۱ میلی‌گرم بر گرم) و نشت الکترولیت (۵۷/۷٪) را دور آبیاری ۱۶ روزه نشان داد. حداکثر میزان قند محلول، درصد و عملکرد اسانس به ترتیب با میانگین ۲/۵۵ میلی‌گرم بر گرم، ۰/۳ درصد و ۱۴/۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به دور آبیاری ۱۲ روزه بود. این نتایج نشان می‌دهد، این گیاه در مواجه با تنش خشکی از طریق افزایش انباشت میزان پرولین و قندهای محلول (تنظیم اسمزی) به تنش آبی مقاومت نشان می‌دهد. بررسی همبستگی صفات نشان داد، بین کلروفیل a، کلروفیل b با پرولین، قندهای محلول، درصد و عملکرد اسانس رابطه منفی حاکم است. زیرا در شرایط بدون تنش که مقدار کلروفیل a در حداکثر مقدار خود قرار دارد، پرولین، قندهای محلول و اسانس بسیار اندک تولید می‌شوند. به‌طورکلی، با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار شاخص‌های فیزیولوژیک در دورهای ۸ و ۱۲ روزه نسبت به شاهد می‌توان با اطمینان ۹۵٪ نتیجه گرفت که رژیم آبیاری بهینه برای تولید درصد بیشتر اسانس و استفاده از این گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دور آبیاری ۱۲ روزه است.

***واژه‌های کلیدی*: پرولین، دور آبیاری، شاخص‌های مقاومت به تنش، میزان نسبی آب**

مقدمه

ایران به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک، یکی از کشورهایی است که در اکثر نقاط آن تنش آبی موجب کاهش عملکرد گیاه و از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است. از طرفی، گیاهان با تولید و ذخیره متابولیت‌های ثانویه و نیز مواد تنظیم‌کننده اسمزی با تنش آبی سازگاری نشان داده و یا با آن مقابله می‌کنند (Omid Bigi, 2008). مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی بیشتر شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها هستند. پرولین یکی از اسیدآمینه‌های فعال است که گیاهان آن را در پاسخ به تنش‌ها از گلوتامین در برگ هایشان سنتز می‌کنند. این آمینواسید در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه (تنظیم اسمزی) نقش به سزایی دارد (Abbaszadeh et al., 2008). قندهای محلول گروهی دیگر از اسمولیت‌های سازگاری هستند که در زمان تنش بر محتوای این ترکیب‌ها در داخل سلول‌های گیاهی افزوده می‌شوند. نقش و اهمیت تجمع قندها به این دلیل است که این

* نگارنده پاسخگو: کامران پروانک. پست الکترونیک: ka.parvanak@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مواد محلول سازگار با واکنش‌های آنزیمی در داخل سلول تداخل نداشته و تجمع آن‌ها سبب تنظیم فشار اسمزی، کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری آماس می‌شوند (Abbaszadeh et al., 2008).

جنس مریم‌گلی (*Salvia spp*) که متعلق به تیره‌ی نعناعیان (Lamiaceae) است با پراکنش وسیع و گونه‌های متعدد یکی از بزرگ‌ترین دسته‌های گیاهان معطر و دارویی است. این جنس در جهان نزدیک به ۹۰۰ گونه و در نقاط مختلف ایران حدود ۵۸ گونه دارد که ۱۷ گونه آن بومی و انحصاری ایران است. گونه مریم‌گلی سهندی (*Salvia sahendica* L.) گیاهی است بومی ایران، چندساله، ساقه راست، تقریباً خشبی به ارتفاع حدود ۹۰-۴۰ سانتی‌متر و معطر است. برگ منظم مستطیلی- سرنیزه‌ای، چین‌دار، کنگره‌ای ریز با سطح فوقانی سبز تقریباً بدون کرک، سطح زیرین خاکستری- سبز دارای پوشش مویی متراکم، گل‌آذین ساده یا منشعب، چرخه‌ها دارای ۴ تا ۶ گل زیبای سفید- سبز در هر گل‌آذین است (Omid Bigi, 2008). امروزه از اسانس مریم‌گلی سهندی در صنایع دارویی برای درمان سرماخوردگی، برونشیت، اختلالات دستگاه گوارش، به‌صورت قرقره در بهبود التهاب دهان، حلق و خونریزی لثه، به‌عنوان ضد قارچ، ضدویروس، ضد تومور، پایین آورنده فشارخون، رفع سوءهاضمه و در صنایع عطرسازی و صنایع غذایی (به‌عنوان چاشنی و طعم‌دهنده و از گل‌های آن به‌عنوان نوعی نوشابه) استفاده می‌شود (Zhiming et al., 2013).

استفاده از گونه مریم‌گلی سهندی در صنایع مختلف دارویی، غذایی و بهداشتی و به‌علاوه داشتن پتانسیل بالا برای کشت در اقلیم‌های تنش خیز، باعث توجه به این گیاه جهت بهره‌وری بیشتر از سرزمین‌های کم‌بهره شده است (Omid Bigi, 2008). بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده تاکنون مطالعه جامعی در زمینه واکنش گونه مریم‌گلی سهندی نسبت به تنش خشکی صورت نگرفته است. بااین‌وجود عکس‌العمل گیاهان مختلف به تنش خشکی در تحقیقات متعددی بررسی شده است. به‌عنوان‌مثال نتایج بررسی تغییرات متابولیسمی حاصل از تنش خشکی توسط بهار نیک و همکاران (Baher Nik et al., 2004) روی گیاه مرزه و نیز سودایی زاده و همکاران (Sodaei Zadeh et al., 2016) در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) نشان داد، افزایش تنش از ۰/۵- مگاپاسکال تا ۱/۵- مگاپاسکال باعث کاهش پتانسیل آب خاک و افزایش میزان پرولین گیاه گردید. عباس‌زاده و همکاران (Abbaszadeh et al, 2008) نیز در بررسی تأثیر پنج سطح تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک بادرنجبویه دریافتند، بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰، ۲۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود، بیشترین تجمع پرولین با میانگین ۲/۱ میلی‌گرم در لیتر مربوط به تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی بود. بالاترین مقدار قندهای محلول با میانگین ۲/۵۴ میلی‌گرم در لیتر مربوط به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بود و حداکثر میزان نسبی آب برگ با میانگین ۹۳/۳ درصد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی است. صفی‌خانی و همکاران (Safikhani et al., 2009) تأثیر سه سطح تنش خشکی (۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) را بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد حداقل مقدار پرولین مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار قندهای محلول و کلروفیل کل را به ترتیب تیمارهای ۴۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی داشتند. راداسی و همکاران (Radacsi et al., 2010) نشان دادند که با کاهش ظرفیت آب خاک به ۳۰ درصد وزنی، میزان نسبی آب برگ در گیاه ریحان به میزان ۲۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. دشتی و همکاران (Dashti, et al., 2015) اثر تنش خشکی را روی گیاه دارویی نوروزک (*Salvia leriifolia Benth*) بررسی کرده و نتیجه گرفتند محتوای نسبی آب برگ در تنش شدید (۱/۹۲- مگاپاسگال) ۱۷/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با افزایش شدت تنش میزان قندهای محلول و محتوای پرولین برگ‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد.

میزان رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر میزان و عملکرد اسانس در گیاهان معطر است به‌عنوان‌مثال در اثر کمبود آب عملکرد اسانس رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) کاهش یافت اما درصد اسانس افزایش یافت (Singh and Ramesh, 2000; Mohammadi Alborzi et al., 2013). در همین راستا، با طولانی شدن دور آبیاری از ۷ روز به ۲۸ روز، رشد گیاه و عملکرد اسانس ریحان کاهش یافت، ولی درصد اسانس افزایش پیدا کرد (Refaat and Saleh, 1997). بتایب و همکاران (Bettaieb et al., 2010) گزارش کردند که تنش خشکی بر رشد و عملکرد اسانس مریم‌گلی تأثیر معنی‌دار دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طوری‌که تنش متوسط عملکرد اسانس را افزایش داد. ایسو و همکاران (Eiasu et al., 2012) تأثیر پنج دور آبیاری را بر رشد و عملکرد اسانس در نوعی شمعدانی هیبرید (*Pelargonium capitatum* × *P. radens*) بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد، با طولانی شدن دور آبیاری از هر روز به پنج روز یک‌بار میزان اسانس افزایش داشت، ولی عملکرد پیکر رویشی و اسانس کاهش یافت. با توجه به خواص مختلف و نقش دارویی گیاه مریم‌گلی سهندی و نیز در راستای ارزیابی امکان تولید و توسعه کشت آن در شرایط تنش خشکی، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گونه مریم‌گلی سهندی و تعیین آستانه تحمل به تنش این گیاه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی شهر مبارکه که در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی قرار دارد، انجام گرفت. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۸۰ متر و متوسط بارندگی و دمای منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. در اوایل بهار سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اقدام به آماده‌سازی مزرعه (شامل شخم، کرت‌بندی و نمونه‌برداری از خاک و آماده‌سازی سیستم آبیاری قطره‌ای) انجام گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌ها مطابق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (Page, 1992). نتایج در جدول (۱) ارائه شده است. نیاز کودی از منبع کود دامی پوسیده بر اساس نتایج آنالیز خاک محاسبه و به خاک مزرعه تا عمق توسعه ریشه (۳۵ سانتی‌متری) اضافه گردید. نتایج آنالیز آب چاه مورداستفاده برای آبیاری نشان داد، این آب ازنظر میزان شوری (با EC=3.75 $dS.m^{-1}$) دارای محدودیت شدید، ازنظر میزان قلیائیت (با SAR =9.9) دارای محدودیت کم، ازنظر اسیدیته، pH آب کاربردی در حد معمول بود. بعد از آماده‌سازی مزرعه مطالعاتی، در هر کرت به ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر تعداد ۹ بوته از گیاه موردمطالعه با فاصله کاشت ۵۰×۵۰ سانتی‌متر در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار کشت و بلافاصله آبیاری گردید. با اندازه‌گیری ضرایب FC و PWP خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در پتانسیل‌های ۰/۳ و ۱۵ اتمسفر (Page, 1992)، در نظر گرفتن تخلیه مجاز رطوبتی معادل ۵۰٪، عمق توسعه ریشه گیاه معادل ۳۰ سانتی‌متر مقدار آب آبیاری محاسبه شد و سپس با توجه به ابعاد کرت‌ها حجم آب آبیاری محاسبه گردید. در ابتدای کاشت، تمام کرت‌ها هر ۱ تا ۲ روز یک‌بار تا حدود دو هفته آبیاری شدند تا گیاه کاملاً استقرار یافت. سپس تأثیر تنش آبیاری از طریق تیمارهای دور آبیاری شامل دور آبیاری ۴ روزه (شاهد)، ۸، ۱۲ و ۱۶ روزه اعمال گردید. در پایان فصل تابستان از برگ گیاه کشت‌شده نمونه‌برداری انجام شد. برخی شاخص‌های مقاومت به تنش شامل میزان نسبی آب برگ با تعیین وزن تازه، آماس و خشک چند برگ کاملاً توسعه‌یافته انتهای ساقه گیاه به روش یاماساکی و دیلنبورگ (Yamasaki and Dillenburg, 1999) محاسبه گردید. پتانسیل آب برگ‌های جوان توسعه‌یافته توسط دستگاه محفظه فشار (مدل ELE ساخت انگلستان)، میزان رنگ‌دانه‌های گیاهی شامل کلروفیل کل، a و b به روش آرنون (Arnon, 1994)، استخراج و سنجش پرولین به روش بیتس و همکاران (Bates et al., 1973)، استخراج و تعیین میزان قندهای محلول برگ با استفاده از معرف آنترون و به روش مک‌کریدی و همکاران (McCready et al., 1990) و استفاده از استاندارد گلوکز، میزان نشت الکترولیت برگ‌های تازه انتهایی گیاه به روش ژائو و همکاران (Zhao et al., 1992) در سه تکرار برای تیمارهای مختلف دور آبیاری اندازه‌گیری و ثبت گردید. در مرحله گلدهی اقدام به برداشت نمونه جهت اسانس‌گیری شد. اسانس‌گیری با استفاده از روش تقطیر با آب انجام شد. درصد اسانس نمونه‌ها برحسب وزن خشک ماده گیاهی مورداستفاده محاسبه شد. سپس بر اساس تعداد ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار عملکرد سرشاخه گل‌دار و عملکرد اسانس در هکتار محاسبه گردید (Charles and Simon, 1990). اطلاعات به‌دست‌آمده برای هر فاصله آبیاری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEl انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر روی صفات اندازه‌گیری شده گونه موردمطالعه در جدول (۲) درج شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، سطوح مختلف کاربرد دور آبیاری بر پتانسیل آب برگ، میزان نسبی آب برگ، قندهای محلول، میزان نشت الکترولیت، درصد و عملکرد اسانس

www.SID.ir

Archive of SID

در سطح آماری ۱ درصد و بر میزان پرولین و کلروفیل کل، a و b در سطح ۵ درصد اثر معنی‌دار نشان دادند.

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات موردسنجش گونه موردمطالعه

میزان نسبی آب برگ (RWC) و پتانسیل آب برگ

نتایج مقایسه میانگین اثر دورهای مختلف آبیاری بر میزان نسبی آب برگ و نیز پتانسیل آب برگ به ترتیب در شکل (A-۱ و B-۱) درج شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین میزان نسبی آب برگ گونه موردمطالعه (۹۵٪) مربوط به دور آبیاری ۴ روزه است. با افزایش دور آبیاری به بیش از ۴ روز مقدار این شاخص کاهش یافت، لیکن کاهش میانگین میزان نسبی آب برگ با افزایش دور آبیاری از ۴ روزه به ۸ و ۱۲ روزه معنی‌دار نبود و با افزایش دور آبیاری به ۱۶ روز، تفاوت‌ها معنی‌دار گردید (شکل A-۱). حداقل میزان نسبی آب برگ با میانگین ۵۸ درصد مربوط به دور آبیاری ۱۶ روزه بود (شکل A-۱) که با سایر دورهای آبیاری تفاوت معنی‌دار نشان داد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکو - شیمیایی خاک مزرعه مطالعاتی

Table 1. Selected physical & chemical charecterestics of the studied soils

عمق Depht (cm)	بافت خاک Soil texture	pH	جرم مخصوص ظاهری Bulk density	EC_e	ماده آلی Organic matter	نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر قابل‌جذب Phosphor Available	پتاسیم Potasium	آب قابل‌استفاده Avaliable water
			$gr.cm^{-3}$	$dS.m^{-1}$	%	%	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	%
0-30	لوم	7.7	1.55	3.75	1.46	0.15	5.1	207	11

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات موردبررسی در گونه مریم‌گلی سهندی

Table 2. Analysis of variance (mean square) of the effect of leveles differences interval irrigation on measured traits in Salvia sahendica

			میانگین مربعات Mean squares				
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میزان نسبی آب برگ Relative water content of leaves	پتانسیل آب برگ Leaf water potential	پرولین Proline	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	قندهای محلول Soluble sugars
Replacation	تکرار	2	3.083^{**}	0.040^{**}	0.077^{*}	1.383^{**}	0.001^{**}
Treatment (Interval irrigation)	تیمار (دور آبیاری)	3	14.197^{**}	0.271^{**}	0.164^{*}	21.008^{**}	1.726^{**}
Error	خطا	6	7.083	0.001	0.034	2.944	0.028

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

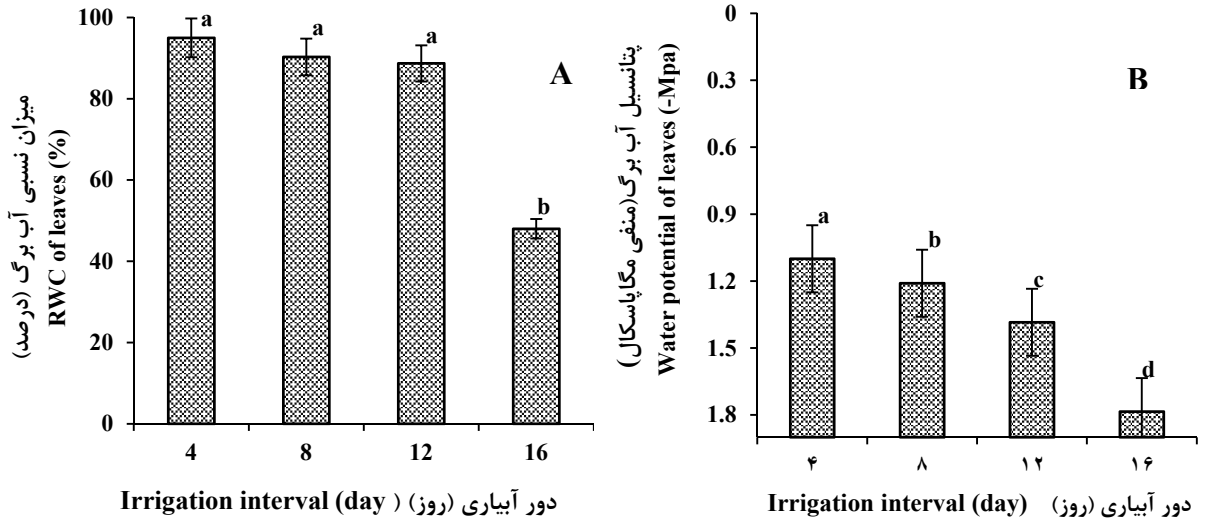
			میانگین مربعات Mean squares				
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	Chlorophyll a/ Chlorophyll b	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
Replacation	تکرار	2	0.078^{*}	0.068^{*}	0.001^{*}	0.065^{*}	0.011^{**}	3.042^{**}
Treatment (Interval irrigation)	تیمار (دور آبیاری)	3	0.797^{*}	0.206^{*}	0.200^{*}	0.157^{*}	0.067^{**}	28.786^{**}
Error	خطا	6	0.084	0.033	0.029	0.109	0.001	4.864

ns، *و** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر (A) میزان نسبی آب برگ و (B) بر پتانسیل آب برگ. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌ار ندارند.

Fig. 1. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on (A) Water potential of leaves and (B) RWCof leaves. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test.

نتایج مقایسه میانگین پتانسیل آب برگ‌ها (شکل B-۱) نیز نشان داد، با افزایش دور آبیاری از ۴ به ۱۶ روزه پتانسیل آب برگ‌ها به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. بیشترین میزان پتانسیل آب برگ‌ها (۱/۱۰- مگا پاسکال) در تیمار دور آبیاری ۴ روزه و کمترین میزان آن (۱/۷۸- مگاپاسکال) در تیمار دور آبیاری ۱۶ روزه مشاهده شد. در این بررسی نیز بین پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ همبستگی بالایی (r=۰/۹۵**) وجود داشت و با کاهش پتانسیل آب برگ تحت شرایط کاهش رطوبت میزان نسبی آب برگ کاهش یافت (جدول ۳).

میزان نسبی آب برگ به‌عنوان شاخصی مهم در انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق میزان نسبی آب برگ مربوط به تیمار شاهد و دور آبیاری ۸ و ۱۲ روزه بیشتر از ۵۰ درصد بود (شکل A-۱)؛ بنابراین طبق تقسیم‌بندی لودلو (Ludlow,1989) گونه موردبررسی دارای مکانیسم گریز از خشکی است. همچنین میزان نسبی آب برگ بالاتر در دورهای ۴، ۸ و ۱۲ روزه به این معناست که در شرایط تنش خشکی برگ‌های این گیاه قادر است آب بیشتری را حفظ و ریشه نیز می‌تواند آب بیشتری را جذب کند (Blum and Ebercon, 2001). تحقیقات انجام‌شده توسط مون و همکاران (Munne ,.et al 2009) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی گیاه رزماری، راداسی و همکاران (Radacsi et al., 2010) در گیاه ریحان، پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2011) در گیاه بابونه، صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2014) در گیاه چمانواش بلند، حیدری و همکاران (Heydari et al., 2015) بر روی گیاه انیسون و عسکری و همکاران (Askary et al., 2017) بر روی آویشن باغی و دنایی نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش پتانسیل آبی و میزان نسبی آب برگ‌های این گیاهان گردید. نتایج تحقیقات فوق‌الذکر با نتایج تحقیق حاضر انطباق دارد.

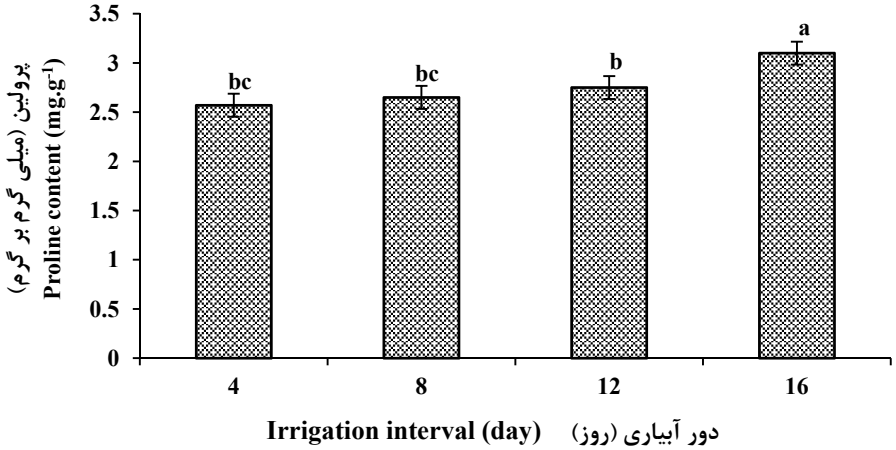
پرولین

مطابق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲)، کمترین میزان تجمع پرولین (۲/۵۷ میلی‌گرم در گرم) مربوط به دور آبیاری ۴ روزه بود که با دورهای ۸ و ۱۲ روزه تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان تجمع پرولین (۳/۱ میلی‌گرم در گرم) مربوط به دور آبیاری ۱۶ روزه بود که با سایر دورهای آبیاری تفاوت معنی‌دار نشان داد. مقدار پرولین در دور آبیاری ۱۶ روزه به ترتیب حدود ۱۲/۷، ۱۷ و ۲۰/۶ برابر مقدار پرولین در دور آبیاری ۱۲، ۸ و ۴ روزه بود. بنابراین می‌توان گفت با افزایش دور آبیاری، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد. درواقع، تجمع مقدار پرولین با افزایش دور آبیاری یک واکنش عمومی است که ممکن است به علت فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزی

www.SID.ir

Archive of SID

پرولین و درنتیجه ساخت پرولین در بافت گیاهی و جلوگیری از شرکت پرولین در سنتز پروتئین‌ها صورت گیرد (Mahajan, 2005). گونه موردمطالعه در تحقیق حاضر به دلیل فوق پرولین خود را افزایش می‌دهد و درنتیجه از طریق تنظیم اسمزی باعث حرکت آب سلول‌های برگ و افزایش فشار تورگر می‌گردد. در این تحقیق میزان پرولین همبستگی بالایی را با پتانسیل آب برگ (r=-۰/۹۹**) و میزان نسبی آب برگ (r=-۰/۹۷**) نشان داد (جدول ۳). افزایش مقدار پرولین با افزایش دور آبیاری و همبستگی بالای آن با پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ توسط ایفیلو و همکاران (Efeoglu et al., 2009) در سه رقم ذرت، بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) در گیاه آویشن، جعفرزاده و همکاران (Jafarzadeh et al., 2013) در گیاه همیشه‌بهار، جعفری و همکاران (Jafarei et al., 2016) در گیاه شمعدانی معطر و افکاری (Afkari, 2018) در گیاه ریحان گزارش شده است؛ بنابراین تجمع پرولین تحت شرایط کم‌آبی را می‌توان به‌عنوان شاخص حساس برای تعیین وضعیت آماس برگ‌های گونه موردمطالعه در نظر گرفت.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر میزان پرولین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 2. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on proline content. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test.

نشت الکترولیت

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثـر دورهای مختلف آبیاری بر میزان نشت الکترولیت گونه موردمطالعه (شکل ۳) نشان داد، بیشترین میزان نشت الـکترولیت (۵۷/۷٪) مربـوط به دور آبیاری ۱۶ روزه بـود که با سایر دورهـای آبیاری تفاوت معنی‌داری نشان داد. بالا بودن نشت الکترولیت در این دور آبیاری می‌تواند درنتیجه افزایش برخی ترکیبات فعال اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل باشد که باعث می‌شود، غشای سلولی در گیاه تحت تنش آسیب ببیند و الکترولیت‌های سلول به بیرون تراوش کند. کمترین میزان نشت الکترولیت (۳/۳٪) در دور آبیاری ۴ روزه به دست آمد که با دور ۸ و ۱۲ روزه تفاوت معنی‌داری نداشت. پایین بودن میزان نشت الکترولیت در این سطوح آبیاری می‌تواند ناشی از مقاوم شدن بافت و یاخته‌های برگی آن‌ها و در نتیجه قدرت بالای آن‌ها در حفظ آب سلول‌ها و جلوگیری از آب کشیدگی در مواجهه با تنش آبی سلول‌ها باشد. این امر می‌تواند سبب افزایش ظرفیت تحمل این گیاه در برابر تنش‌های بعدی خشکی شود (Wang et al., 2009). این نتایج با نتایج تحقیقات موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2012) و دشتی و همکاران (Dashti et al., 2015) در بررسی تنش آبی بر میزان نشت الکترولیت به ترتیب در گیاه همیشه‌بهار و نوروزک انطباق دارد. در این بررسی نیز میزان نشت الکترولیت همبستگی بالایی را با پتانسیل آب برگ (r= -۰/۹۳**) و میزان نسبی آب برگ (r= -۰/۹۹**) نشان داد (جدول ۳). این همبستگی‌ها منفی بوده و درواقع با کاهش پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ تحت شرایط کاهش رطوبت، میزان نیز نشت الکترولیت افزایش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

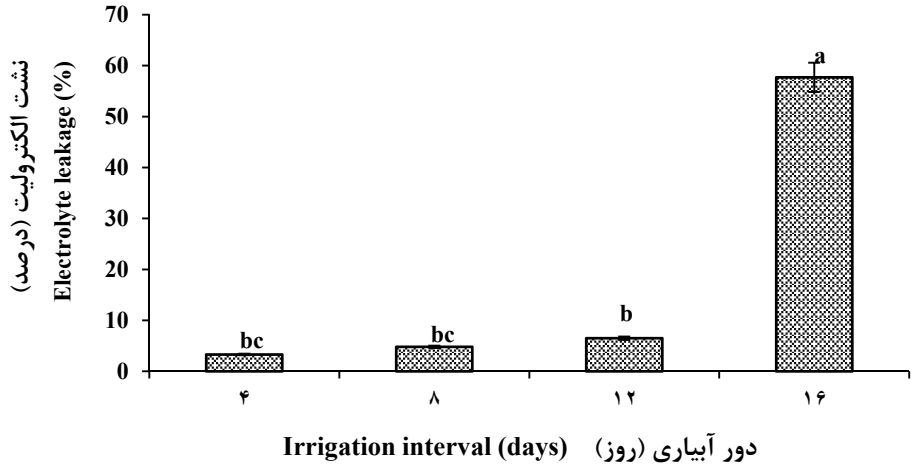
جدول ۳. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های فیزیولوژیک تحت تنش خشکی

Table 3. Correlation coefficie between physiological indices under water strees in *Salvia sahendica*

	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	درصد اسانس Essential oil percentage	1								
2	عملکرد اسانس Essential oil yield	0.997**	1							
3	RWC Relative water content	-0.695**	-0.841**	1						
4	پتانسیل آب برگ Leaf water potential	-0.837**	-0.986**	0.958**	1					
5	پرولین Proline	0.829**	0.974**	-0.978**	-0.996**	1				
6	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	0.653*	0.967**	-0.996**	-0.939**	0.963**	1			
7	قندهای محلول soluble sugars	0.976**	0.957**	-0.961**	-0.991**	0.997**	0.999**	1		
8	کلروفیل کل Total Chlorophyll	-0.701**	-0.945**	0.999**	0.960**	-0.980**	-0.998**	-0.999**	1	
9	کلروفیل b Chlorophyll b	-0.815**	-0.960**	0.983**	0.994**	-0.999**	-0.981**	-0.999**	0.984**	1
10	کلروفیل a Chlorophyll a	-0.784**	-0.967**	0.991**	0.987**	-0.997**	-0.969**	-0.997**	0.992**	0.998**

**,*: به ترتیب وجود اختلاف در سطح ۱ و ۵ درصد است

**, *: Significant at the 5% and 1% levels of probability respectively



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر میزان نشت الکترولیت. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

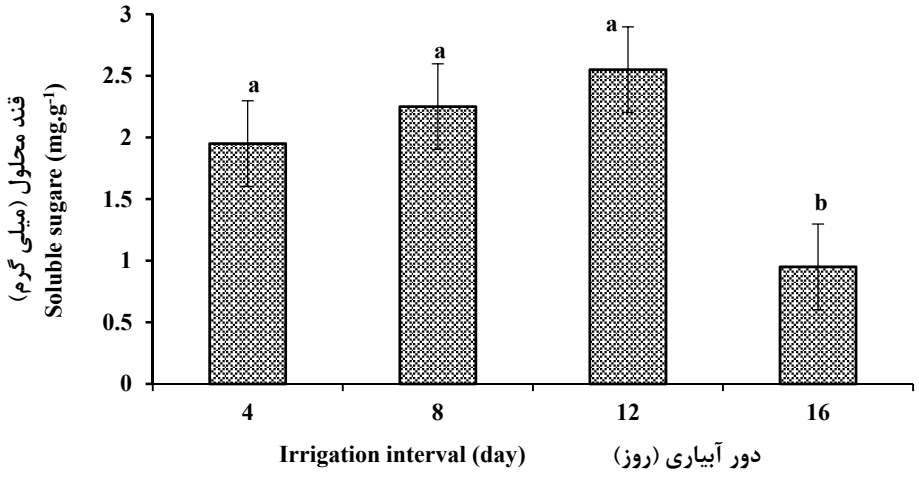
Fig. 3. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on electrolyte leakage content. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

قندهای محلول

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان داد، بیشترین میزان قندهای محلول (۲/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) مربوط به دور آبیاری ۱۲ روزه بود که با دور ۴ و ۸ روزه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد علت افزایش اولیه قندهای محلول در شدت‌های کم تنش (دور ۸ روزه) و متوسط (دور ۱۲ روزه) نسبت به شاهد، برای بالا بردن مقاومت گیاه به دلیل تنظیم فشار اسمزی سلول بوده است. زیرا از یک‌سو با کاهش پتانسیل اسمزی سلول به تداوم جذب آب و حفظ تورژسانس کمک می‌کند و از سویی دیگر با تشکیل پیوند هیدروژنی با دنباله‌های قطبی و پلی پپتیدها و گروه‌های فسفات لیپید از پروتئین‌ها و غشاهای سلولی محافظت می‌کنند (Sodaei Zadeh et al., 2016). با افزایش دور آبیاری (تنش خشکی) به بیش از ۱۲ روز میزان قندهای محلول شروع به کاهش گذاشت به‌طوری‌که تیمار دور آبیاری ۱۶ روزه (تنش شدید خشکی) کمترین مقدار قندهای محلول (۰/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) را به خود اختصاص داد و با دیگر سطوح دور آبیاری تفاوت معنی‌دار داشت. کاهش میزان قندهای محلول در تیمار تنش شدید خشکی می‌تواند به دلیل مصرف قندها در ساخت متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد. در این تحقیق نیز همبستگی بالا بین میزان قندهای محلول و پتانسیل آب برگ ($r= -۰/۸۹^{**}$) و نیز بین قندهای محلول و میزان نسبی آب برگ ($r= -۰/۹۶^{**}$) مشاهده شد (جدول ۳). بنا بر گزارش شمسی (Shamsi, 2010) بر روی ارقام گندم، لطفی و همکاران (Lotfi et al., 2014) بر روی گیاه ترخون، رسام و همکاران (Raasam et al., 2015) بر روی گیاه زوفا، رسولی و فاخری (Rasoul and Fakheri, 2016) بر روی دو گونه ریحان تجمع قندهای محلول همبستگی نزدیکی با میزان نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ نشان داد که منطبق بر نتایج تحقیق حاضر است و نتایج این تحقیق را مورد تائید قرار می‌دهد. بنابراین تجمع قندهای محلول را نیز می‌توان به‌عنوان شاخصی حساس برای تعیین وضعیت آماس برگ‌های گونه موردمطالعه در نظر گرفت.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر میزان قندهای محلول. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 4. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on soluble sugare content. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test.

.

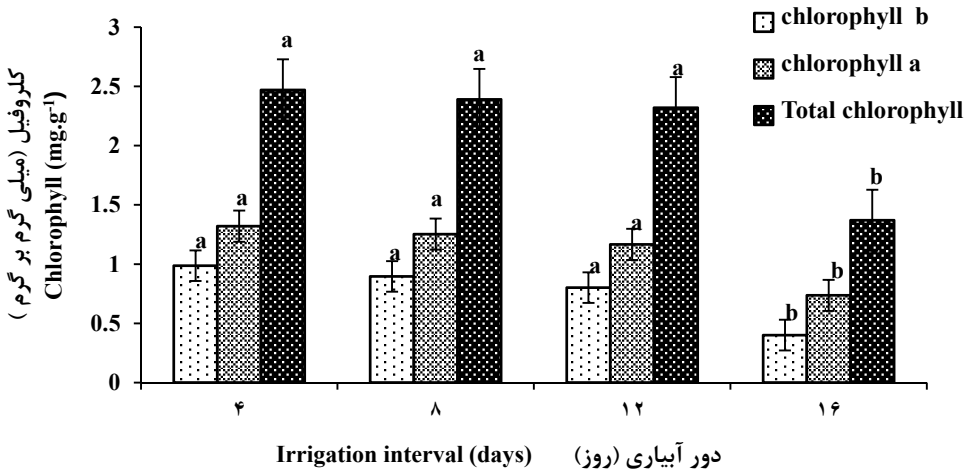
محتوای کلروفیل

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a و b به ترتیب با میانگین ۲/۴۷، ۱/۳۲ و ۰/۹۸ میلی‌گرم در لیتر در دور آبیاری ۴ روزه به دست آمد (شکل ۵). با افزایش دور آبیاری به بیش از ۴ روز مقدار این سه شاخص کاهش یافت. هرچند بین دور آبیاری ۴ روزه با دور ۸ و ۱۲ روزه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. لیکن با افزایش دور آبیاری به بیش از ۱۲ روز مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a و b کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل ۵). به‌طوری‌که کمترین مقدار کلروفیل کل، a و b در تیمار دور آبیاری ۱۶ روزه (تنش شدید خشکی)

www.SID.ir

Archive of SID

به دست آمد. به نظر می‌رسد، کاهش میزان کلروفیل کل، a و b در اثر افزایش دور آبیاری، به‌این‌علت است که با افزایش برخی از مواد تنظیم‌کننده رشد نظیر اتیلن و اسید آبسیزیک در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیلاز تحریک و با تجزیه کلروفیل، کلروفیلید آزاد و در مراحل بعدی با باز شدن حلقه-های پورفیرینی این محصولات به‌صورت فعال به واکوئل منتقل می‌شوند. نتایج فعالیت‌های پژوهشی پژوهشگران در این رابطه نشان می‌دهد که با کاهش پتانسیل آب برگ در گندم فعالیت کلروفیلاز به‌طور ناگهانی زیاد می‌شود که خود مؤید این مسئله است (Draikewicz, 2004). در این تحقیق مقدار کلروفیل کل همبستگی بالایی را با پتانسیل آب برگ (r=۰/۹۶**) و میزان نسبی آب برگ (r=۰/۹۹**) نشان داد (جدول ۳) و با افزایش پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ، مقدار کلروفیل کل افزایش یافت. همبستگی بالا بین کلروفیل کل با پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ که کوچکی و همکاران (Koochaki et al., 2004) در گیاه آویشن باغی و شیرازی، رسام و همکاران (Raasam et al., 2015) در گیاه زوفا، حیدری و همکاران (Heydari et al., 2015) در گیاه انیسون، ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2017) در گیاه همیشه‌بهار گزارش داده‌اند با نتایج تحقیق حاضر انطباق دارد. همچنین گزارش شده است کمبود آب غلظت کلروفیل b را بیش از کلروفیل a کاهش می‌دهد. بنابراین منجر به افزایش نسبت کلروفیل a به b می‌گردد (Raasam et al., 2015). در آزمایش حاضر نیز با افزایش کمبود آب نسبت کلروفیل a به b افزایش پیدا نمود (جدول ۳) و مشابه نتیجه‌ای است که در بررسی تأثیر کمبود آب روی گندم حاصل گردید (Ahmadi and Sio-Se Mardeh, 2005).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر انواع کلروفیل. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 5. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on chlorophyll content. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test.

درصد و عملکرد اسانس

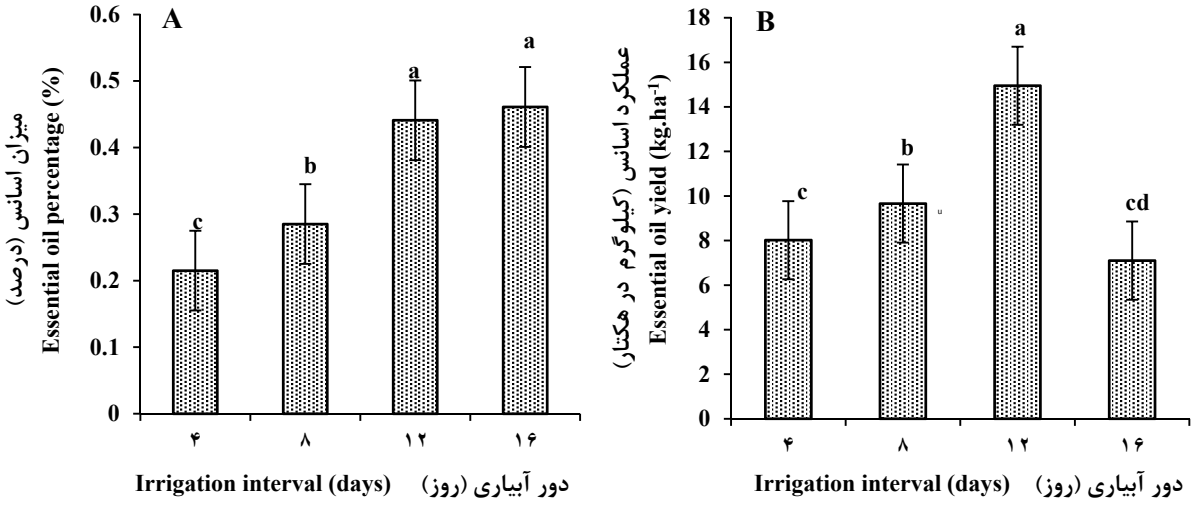
عموماً تشکیل و تجمع اسانس در گیاهان تحت شرایط محیطی خشک‌تر تمایل به افزایش دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد اسانس (شکل A -۶) نشان داد، با اعمال تنش متوسط (دور ۸ روزه) افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار شاهد کم بوده و سپس با اعمال تنش نسبتاً شدید (دوره ۱۲ روزه) درصد اسانس به‌شدت افزایش معنی‌دار نشان داد؛ زیرا تحت تأثیر تنش خشکی مقدار فنل‌ها و فلانوییدها که از اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌های گیاهان دارویی هستند افزایش می‌یابد (Khorasaninejad et al., 2004). با شدیدتر شدن میزان تنش (دور ۱۶ روزه) درصد اسانس کمی نیز افزایش یافت لیکن بین تیمارهای ۱۲ و ۱۶ روزه به لحاظ درصد اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. این امر نشان می‌دهد که اعمال تنش‌های متوسط و نسبتاً شدید برای به دست آوردن درصد بالاتر اسانس مناسب خواهد بود. هم‌زمان با افزایش درصد اسانس با افزایش دور آبیاری از ۴ به ۱۲ روزه عملکرد اسانس نیز به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. این افزایش عملکرد اسانس در مقایسه با شرایط نرمال ناشی از

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش درصد اسانس تحت تأثیر تنش خشکی بود (شکل A -۶). با افزایش دور آبیاری به بیش از ۱۲ روز عملکرد اسانس کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل B -۶). ازآنجاکه در گیاهان دارویی اسانس‌دار مانند سلوی سهندی، اثر متقابل درصد اسانس و عملکرد سرشاخه گل‌دار به‌عنوان دو مؤلفه تشکیل‌دهنده عملکرد اسانس موردتوجه هستند لذا در تنش خشکی شدید به دلیل کاهش شدید عملکرد سرشاخه‌های گل‌دار، افزایش درصد اسانس از کاهش عملکرد اسانس جلوگیری ننمود.

کمترین مقدار اسانس تولیدشده با میانگین ۷/۱۰۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به دور آبیاری ۱۶ روزه بود (شکل B -۶). در این تحقیق عملکرد اسانس همبستگی بالایی را با پتانسیل آب برگ (r=۰/۹۴**) و میزان نسبی آب برگ (r=-۰/۸۴**) نشان داد (جدول ۳) و با افزایش پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ، عملکرد اسانس افزایش یافت. بتایب و همکاران (Bettaieb et al., 2010) در بررسی گیاه مریم‌گلی، ایسیو و همکاران (Eiasu et al., 2012) در گیاه شمعدانی هیبریدی، کوچکی و تیموری (Koocheki, and Sabet Teimouri, 2012) در گیاهان اسطوخدوس، رزماری و زوفا، محمدی البرزی و همکاران (Mohammadi Alborzi et al., 2013) در گیاه انیسون و فرهادی و همکاران (Farhadi et al., 2018) در بررسی گیاه بابونه آلمانی نشان دادند با افزایش فاصله آبیاری و یا کاهش میزان آب خاک، رشد و عملکرد اسانس کاهش اما درصد اسانس افزایش یافت که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر A) درصد اسانس و B) بر عملکرد اسانس. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 6. Comparison of the mean effect of different levels of irrigation intervals on A) essential oil percentage and B) essential oil yield. Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to LSD test

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، با افزایش دور آبیاری از ۴ روزه به ۸، ۱۲ و ۱۶ روزه، پتانسیل آب برگ، میزان نسبی آب برگ و کلروفیل کل، a و b تنها در دور آبیاری ۱۶ روزه کاهش معنی‌دار نشان داد. همچنین میزان پرولین، قندهای محلول و نشت الکترولیت نیز تنها در دور آبیاری ۱۶ روزه افزایش معنی‌دار نشان داد. بررسی همبستگی صفات با همدیگر نیز نشان داد که بین کلروفیل a، کلروفیل b، با پرولین، قندهای محلول، درصد و عملکرد اسانس رابطه منفی حاکم است. زیرا در شرایط بدون تنش که مقدار کلروفیل a در حداکثر مقدار خود قرار دارد، پرولین، قندهای محلول و اسانس بسیار اندک تولید می‌شوند. همچنین پرولین و قندهای محلول با میزان نسبی آب برگ رابطه منفی داشتند که نشان می‌دهد هر چه میزان آب نسبی برگ بالا باشد، امکان تولید این دو ماده کاهش پیدا می‌کند. بین بازده اسانس و عملکرد اسانس نیز رابطه مثبت برقرار بوده و نشان می‌دهد

www.SID.ir

Archive of SID

که افزایش بازده اسانس موجب افزایش عملکرد اسانس می‌گردد. وجود ارتباط منفی بین میزان نسبی آب برگ و بازده اسانس نیز حکایت از کاهش درصد اسانس در شرایط بدون تنش دارد. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که گونه مریم‌گلی سهندی به هنگام مواجه‌شدن با تنش آبی، با افزایش انباشت میزان پرولین و قندهای محلول (تنظیم اسمزی) به تنش آبی مقاومت نشان می‌دهد. بنابراین تجمع پرولین و قندهای محلول را می‌توان به‌عنوان شاخصی حساس برای تعیین وضعیت آماس برگ‌ها در نظر گرفت. درمجموع، با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار کلیه شاخص‌های فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در این گیاه در دورهای ۸ و ۱۲ روزه نسبت به تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که رژیم آبیاری بهینه برای تولید درصد بیشتر اسانس و استفاده از این گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که باعث صرفه‌جویی در مصرف منابع محدود آبیاری می‌گردد، دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار است. لذا استفاده از گونه مریم‌گلی سهندی با دور آبیاری ۱۲ روزه جهت کاربرد در منطقه موردمطالعه و سایر مناطق مشابه با اطمینان ۹۵ درصد پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی و نظرات ارزشمند علمی مدیران و کارشناسان ارشد محترم ادارات پژوهش و فناوری و فضای سبز شرکت فولاد مبارکه اصفهان آقایان دکتر عباسی، مهندس نظامی‌نیا، مهندس هنرمندیان، مهندس بختیاری، دکتر بختیاروند، مهندس فروجانی‌زاده، مهندس کریمی، مهندس قربانی، مهندس ابراهیمی، مهندس هراتیان، مهندس احمدی، مهندس پاکمنش که در کلیه مراحل تحقیق از صمیم دل با اینجانب همکاری داشتند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

منابع

Abbaszadeh, B., Sharifi ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Naderi Hajibagher Kandy, M., Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(4), 504-53. [In Persian with English Summary].

Ahmadi, A., Sio-Se Mardeh, A., 2005. The effects of water stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and proline contents of four Iranian wheat cultivars under different moisture regimes. Iranian Journal of Agriculture Sciences. 3(35), 753-763. [In Persian with English Summary].

Arnon, D.I., 1994. Copper enzymes in lsolated chloroplasts, polyphenol oxidas in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24, 1-15.

Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Jamialahmadi, M., Mahmoodi, S., 2017. Effects of water stress and manure on stomatal conductance, relative water content, photosynthetic pigments and quantitative and qualitative yield of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 33(5), 793-811. [In Persian with English Summary].

Babaee, K., Amini Dehghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., Jabbar, R., 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of *Thyme* (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26(2), 239-251. [In Persian with English Summary].

Baher Nik, Z., Rezaee, M. B., Ghorbanli, M., Asgari, F., Araghi, M. K., 2004. Research on the changes of metabolism in response to water stress in *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 20(3), 263-275. [In Persian with English Summary].

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

Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk M.E., Marzouk, B., 2010. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120, 271-275.

Blum, A., Ebercon, A., 2001. Cell membrane stability as a measure of ought and heat tolerance in wheat. Crop Science. 21, 43-47.

Charles, D. J., Simon, J. E., 1990. Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. Journal of the American Society for Horticultural Science. 115(3), 458-462.

www.SID.ir

Archive of SID

Dashti, M., Kafi, M., Tavakoli, H., Mirza, M., 2015. The effect of water deficit stress on water relationships, photosynthesis and osmolithic accumulation in the *Salvia leriifolia* Benth Medicinal Plant. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4), 813-821. [In Persian with English Summary].

Draikewicz, M., 2004. Chlorophylase occurrence functions, mechanism of action, effect of extra and internal factors. Phtosyth. 30, 321-337.

Ebrahimi. M., Zamani, Gh.R., Alizadeh., Z., 2017. A study on the effects of water deficit on physiological and yield-related traits of pot Marigold (*Calendulaofficinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 33(3), 492-508. [In Persian with English Summary].

Efeoglu, B., Ekmekci, Y., Cicek, N., 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany. 75(1), 34-42.

Eiasu B.K., Steyn, J.M., Soundy, P., 2012. Physiomorphological response of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) to irrigation frequency. South African Journal of Botany. 78, 96-103.

Farhadi, A., Daneshvar, M., Eisvand, H.R., Nazarian Firoozabadi, F., 2018. Effects of humic acid on morpho -physiological characteristics, yield components and essential oil of *Matiricaria chamomilla* L. under water deficit stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 33(6), 1060-1071. [In Persian with English Summary].

Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A., 2015. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Plant Research. 27 (5), 829-839. [In Persian with English Summary].

Jafarzadeh, L., Omidi, H., Bostani, A.A., 2013. Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 29(3), 666- 680. [In Persian with English Summary].

Khorasaninejad S., Mousavi A., Soltanloo H., Hemmati Kh., Khalighi A., 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (Mentha piperita L.) Journal of Medicinal Plants Research. 5(22), 5360-5365.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Azizi, G., 2004. Thec effect of water stress and defoliation on some of quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*. Iranian Crop Researches. 2(1), 89-105. [In Persian with English Summary].

Koocheki, A., Sabet Teimouri, M., 2012. Effect of irrigation intervals, fertilizer type and harvesting stage on the percentage and essential oil yield of three medicinal plants: Lavender (*Lavandula angustifolia*), Rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and Hyssop (*Hyssopus* officinalis) under Mashhad conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(3), 485-494. [In Persian].

Lotfi, M., Abbaszadeh, B., Mirza, M., 2014. The effect of drought strees on morphology, proline content and soluble carbohydrates of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(1), 19-29. [In Persian with English Summary].

Ludlow M.M., 1989. Strategies in response to water stress. p. 269-281. In: H. K. Kreeb et al. (eds.). Structural and Functional Response to Environmental Stress: Water Shortage. SPB Academic Press, the Netherlands.

Mahajan S., Tuteja N., 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444, 139-158.

McCready, R. M., Guggolz, J. Silviera V., Owens, H. S., 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical Chemistry. 22, 1156-1158.

Mohammadi Alborzi, M., Safikhani, F., Sinaki, M., Abbaszadeh, B., 2013. The effect of drought strees on dry matter yield and essential oils of Anisum (*Pimpinella anisum* L.). Crop Production in Environmental Strees. 5(1), 11-22. [In Persian with English Summary].

Mousavi, S.G.R., Seghatoleslami, M.J., Ansarinia, E., Javadi, H., 2012. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on yield and water use effeciency of *Calendula officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28(3), 493-508. [In Persian with English Summary].

Munne, S., Schwarz, K., Alegre, L., Horvath, G., Szigeti, Z., 2009. Alpha-tocopherol protection against drought, induced damage in *Rosmarinus officinalis* L and *Melissa officinalis* L. p. 505-512. Proceedings of an

www.SID.ir

Archive of SID

International Workshop. 23- 26 August. 2009. Tata, Hungary.

Omid Beigi, R., 2008. Focusing on medicinal plant in low-yielding land, a strategy for sustainable employment. P. 410-407. Proceeding of the 1th International Conference on Sustainable Agricultural Development and Management in Iran, 8-10 Jul. 2004. Ahvaz, Iran.

Page, A.L., 1992. Methods of soil Analysis. ASA and SSSA Publishers Madison WI.

Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R., Samadi, A., 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. Journal of Medicinal Plants Research. 5(12), 2483-2488. [In Persian with English Summary].

Radacsi, P., Inotai, K., Sarosi, S., Czovek, P., Bernath, J., Nemeth, E., 2010. Effect of water supply on the physiological characteristic and production of Basil (*Ocimum basilicum L.*). European Journal of Horticultural Science. 75, 193-197.

Raasam, Gh., Dadkhah, A., Khoshnood Yazdi, A., 2015. Evaluation of water deficit on morphological and physiological traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis L.*). Journal of Agronomy Sciences. 10 (5), 1-12. [In Persian with English Summary].

Rasouli, D., Fakheri, B., 2016. Effects of drought stress on quantitative and qualitative yield, physiological characteristics and essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum americanum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 32(5), 900-914. [In Persian with English Summary].

Refaat, A.M., Saleh, M.M., 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo. 48, 515-527.

Safikhani, F., Heydari sharifabad, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M., Abbaszadeh, B., 2009. The effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(1), 86-99. [In Persian with English Summary].

Sadeghi, A., Etemadi, N., Shams, M., Niyazmand, F., 2014. Effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of *Festuca arundinaceae* Schreb and *Agropyron desertorum*. Journal of Horticultural Science. 28(4), 553-544. [In Persian].

Shamsi, K. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences. (8)3, 1051- 1060.

Singh, M., Ramesh, S., 2000. Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water-use efficiency in rosemary grown under semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences. 22 (1B), 659-662.

Sodaei Zadeh, H., Shamsaei, M., Tajamoleian, M., Mirmohamadi Mibodisadeghi, S.A.M, Hakimzadeh, M.A., 2016. Effect of drought stress on some morphological and physiological traits of satureja plant. Journal of Plant Process and Function**.** 5(15), 1-12. [In Persian with English Summary].

Wang F., Zeng B., Sun Z., Zhu C., 2009. Relationship between proline and Hg^{+2}-induced oxidative stress in tolerant rice mutant. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 56 (4), 723-731.

Yamasaki, S., Dillenburg, L.R., 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasilleira de Fisiologia Vegetal. 11(2), 69-75.

Zhao, Y., Aspinall, D., Paleg, L.G., 1992. Protection of membrane integrity in Medicago sativa L. by glycinebetaine against the effects of freezing. Journal Plant Physiology. 140, 541-543.

Zhiming, F.W., Hang, H., Iaofei, X., Zhaolin, S., Chunchao, H., 2013. The pharmacological properties of *Salvia* essential oil. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 3(7), 122-127.

www.SID.ir