

اثر محلول پاشی اسیدآبسیزیک بر افزایش تحمل به تنش خشکی در گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* cv. Munstead Organic)

حسین گرگینی شبانکاره^۱، سارا خراسانی نژاد^{۲*}، حسن سلطانلو^۳ و وحید شریعتی^۴

۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: khorasaninejad@gau.ac.ir

۳- دانشیار، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- استادیار، گروه مهندسی ژنتیک و بیوانفورماتیک، مرکز ملی مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۶

چکیده

گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) با دارا بودن قابلیت اقتصادی و زینتی و کاربرد زیاد آن در صنایع آرایشی-بهداشتی و دارویی، در سراسر جهان کشت می‌شود. به منظور بررسی اثر محلول پاشی اسیدآبسیزیک بر افزایش تحمل به تنش خشکی در رقم Munstead Organic این گیاه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش در چهار سطح رژیم‌های آبیاری (شامل ۹۰-۱۰۰، ۸۰-۷۰، ۶۰-۵۰ و ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول پاشی اسیدآبسیزیک در سه سطح (شامل صفر، ۱۵ و ۳۰ میکرومولار در لیتر) لحاظ گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس با میانگین ۱/۱۸ درصد از کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط تنش خشکی (آبیاری ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در حالی که بیشترین عملکرد اسانس با میانگین ۰/۰۵۵ گرم در گیاه مربوط به کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط آبیاری ۸۰-۷۰ درصد ظرفیت زراعی بود. همچنین گروه بندی اجزای اسانس نشان داد که از میان ۲۶ ترکیب شناسایی شده، شش ترکیب مونوترپن هیدروکرپن، ۱۰ ترکیب مونوترپن اکسیژنه، ۶ ترکیب سسکوئیترین هیدروژنه و چهار ترکیب سسکوئیترین اکسیژنه بودند. با افزایش خشکی میزان ترکیبات مونوترپنی هیدروکرپن و اکسیژنه کاهش و ترکیبات سسکوئیترینی هیدروکرپن و اکسیژنه افزایش یافتند. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان لیمونن (۱۰ درصد) از کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۸۰-۷۰ درصد ظرفیت زراعی، کامفور (۱۰/۴۷ درصد) و بورتئول (۵۱/۵۸ درصد) از آبیاری کامل و عدم کاربرد اسیدآبسیزیک، کاربوفیلن اکساید (۷/۸۰ درصد) از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۶۰-۵۰ درصد ظرفیت زراعی و آلفامورولن (۲۴/۹۰ درصد) از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. در کل، یافته‌های این پژوهش نشان داد که محلول پاشی اسیدآبسیزیک در خشکی ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی می‌تواند سبب افزایش درصد اسانس و ترکیبات سسکوئیترینی برای مقابله با شرایط خشکی در گیاه اسطوخودوس شود.

واژه‌های کلیدی: اسطوخودوس، خشکی، سسکوئیترین، محلول پاشی، مونوترپن.

مقدمه

اسانس‌ها و اجزای آنها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی هستند که می‌توانند طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها را کنترل کنند. اسانس‌ها به دلیل قابلیت ضد میکروبی، در صنایع دارویی، آرایشی و غذایی، به عنوان داروهای طبیعی و همچنین مواد نگهدارنده زیستی کاربرد فراوانی دارند (Ribeiro-Santos et al., 2018; Benjema et al., 2018). در پژوهش‌های قبلی، اثر ضد میکروبی و ضد سرطانی گیاهان دارویی مختلف از جمله اسطوخودوس ثابت شده است (Rabani et al., 2014). اسطوخودوس (*Lavandula*) از گیاهان گلدار خانواده نعناع (Lamiaceae) بوده و به طور وحشی در نواحی مدیترانه‌ای، شبه جزیره عربستان، جزایر قناری و هند می‌روید. تاکنون ۳۹ گونه از آن شناسایی شده است که پرکاربردترین گونه آن به لحاظ صنایع آرایشی-بهداشتی و دارویی اسطوخودوس انگلیسی (*Lavandula angustifolia*) می‌باشد (Upson & Andrews, 2004). اسطوخودوس انگلیسی گیاهی چندساله، بومی مناطق مدیترانه‌ای با میزان بارش بالا و تابستان طولانی می‌باشد (Du & Rennenberg, 2018) که با توجه به قابلیت اقتصادی و زینتی آن، این گیاه در سراسر جهان کشت می‌شود (Stanev et al., 2016).

در بین عوامل محیطی مؤثر بر گیاهان، آب محدودکننده‌ترین عامل برای کیفیت و عملکرد محصول تولیدی گیاهان زراعی می‌باشد (Dai, 2013). به طور کلی، خشکسالی از این جهت به عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده محیطی محسوب می‌شود که با ایجاد اختلال در وضعیت آب و اثرگذاری کلیدی بر فرایندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تنفس و جذب مواد مغذی معدنی سبب اختلال در میزان رشد و تکامل گیاه می‌گردد (Qi et al., 2018). پاسخ‌های کاهش فشارهای محیط روی گیاهان توسط فرایندهای پیچیده‌ای کنترل می‌شوند که عوامل مختلفی از جمله سنجش و پیام‌رسانی به دلیل عوامل رونویسی از DNA، تعدیل سطح هورمونی و تولید متابولیت‌های ثانویه را شامل می‌شود (El-Esawi et al.,

2019). در این میان، متابولیت‌های ثانویه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، زیرا آنها در تنظیم فعل و انفعالات محیطی گیاهان و پاسخ‌های سازگاری بعدی، عملکردهای مهمی دارند (Elkeilsh et al., 2019). مطالعه ترکیبات شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی دو گونه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* و *Lavandula × intermedia*) تحت خشکی نشان داد که ترکیبات شاخص اسانس در *Lavandula × intermedia* لینالول (۵۷/۱ درصد)، لینالول استات (۹/۸ درصد) و ۱-۸- سینئول (۸/۴ درصد) بودند. در حالی که در *L. angustifolia* لینالول (۵۴ درصد)، لینالول استات (۱۱/۶ درصد) و لاواندیل استات (۶/۶ درصد) به عنوان شاخص‌ترین ترکیبات بودند (Blazekovic et al., 2018). در مطالعه‌ای روی مریم‌گلی (*Salvia dolomitica*) (Codd 2018) رشد کرده تحت تنش شدید خشکی، مشخص شد که میزان مونوترپن‌های هیدروژنه کاهش و میزان سزکوئی‌ترین‌های هیدروژنه از قبیل دلتا-۳-کارن، بتاسیمون و بتاکاریوفیلین افزایش یافته است (Caser et al., 2019). تحقیقات انجام شده روی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) نشان داد که خشکی سبب افزایش متابولیت‌های ثانویه گیاه مذکور گردیده است، به طوری که بیشترین مقدار ترکیبات لیمونن (۵/۰۲ درصد)، برنشول استات (۵/۰۲ درصد) و پی‌سیمن (۵ درصد) در خشکی شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و بیشترین مقدار ترکیبات آلفاپینن (۲۹/۳۵ درصد)، کامفون (۷/۳۸ درصد) و ۳-اکتانون (۱/۶ درصد) در خشکی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد (Abbaszadeh et al., 2020). تنش‌های زنده و غیرزنده در ارتباط مستقیم با فاکتورهایی به نام تنظیم‌کننده‌های رشد (فیتوهورمون‌ها) از قبیل اسیدآبسیزیک، اتیلن، جیبرلین، سائتوکینین و براسینواستروئیدها هستند. این گروه ترکیبات شیمیایی، بسیاری از فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان را کنترل می‌کنند و از این طریق سبب تغییر در رشد و توسعه گیاه می‌شوند (Arulbalachandran et al., 2016). گیاهان از این شبکه‌های تنظیم‌کننده فیتوهورمونی به عنوان

با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، طول ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۵ متری از سطح دریا اجرا شد. در این تحقیق اثرهای دو عامل رژیم‌های آبیاری و ABA بر درصد، عملکرد و اجزای اسانس گیاه دارویی اسطوخودوس به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (هر تکرار شامل سه واحد آزمایشی) بررسی شد. رژیم آبیاری در چهار سطح آبیاری ۱۰۰-۹۰٪، ۸۰-۷۰٪، ۶۰-۵۰٪ و ۴۰-۳۰٪ ظرفیت زراعی و محلول پاشی ABA در سه غلظت صفر، ۱۵ و ۳۰ میکرومولار بر لیتر در نظر گرفته شدند. غلظت‌های انتخاب شده بر اساس گزارش‌های قبلی و انجام آزمایش‌های اولیه برای این گیاه می‌باشد.

بذر گیاه اسطوخودوس *L. angustifolia* رقم Strictly Medicinal از شرکت Munstead Organic Seeds® آمریکا تهیه شد. برای شکست خواب بذر، در سال ۱۳۹۶، اردیبهشت ماه بذرها به مدت سه هفته در محیط کاملاً مرطوب، در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در خردادماه در داخل سینی نشاء کاشته شدند. حدود سه ماه بعد از کشت در سینی نشاء، یک نشاء در داخل گلدان‌هایی با قطر ۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر کشت گردید. دی‌ماه نشاءها در مرحله ده‌برگی به گلدان‌های اصلی (گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) منتقل شدند. در مجموع ۱۰۸ گلدان (با احتساب زیرواحدهای موجود در هر تکرار) برای کشت استفاده شد. پس از سه ماه و سازگار شدن نشاءها، گلدان‌ها در اواخر فروردین‌ماه سال ۹۷ به فضای آزاد منتقل شدند. بعد از سبز شدن بوته‌ها، وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

اعمال تیمارهای تنش خشکی، به روش وزنی بود. به طوری که ابتدا در کف هر یک از گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (برای انجام زهکشی) ریخته شد، با استفاده از ترازو به صورت هم‌وزن از خاک پر شدند (در داخل هر گلدان ۹ کیلوگرم خاک). سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و به مدت ۴۸ ساعت روی

یک سازوکار بقاء در جهت کاهش اثرهای سوء تنش‌های محیطی استفاده می‌کنند. در پاسخ به تنش‌های محیطی، اسیدآبسیزیک (ABA) نقش مهمی در راه‌اندازی و هماهنگی بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی دارد (Wang et al., 2016). اسیدآبسیزیک یکی از مهمترین هورمون‌های گیاهی متعلق به ترپنوئیدها می‌باشد و در بسیاری از فرایندهای بیولوژیکی گیاه از جمله تنظیم رسیدگی بذرها، خواب بذر، تقسیم سلولی، ریزش برگ‌ها، کنترل حرکات روزنه‌ای و واکنش‌های تنشی گیاه دخالت می‌کند (Yu et al., 2016). اسیدآبسیزیک از طریق تشکیل یک سیستم هومئوستازی به شرایط تنش پاسخ می‌دهد، به طوری که این سیستم شامل تعامل با سیستم یوبی‌کوئینون-پروتوزوم است که سبب تغییر تخریب رونویسی تنظیم‌کننده‌ها و بسته شدن روزنه‌ها شده و رشد سلولی را محدود می‌کند، قرار دارد (Wilkinson & Davies, 2010; Yu et al., 2016). بررسی اثر محلول پاشی ABA بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) تحت شرایط رطوبتی مختلف نشان داد که محلول پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ABA در شرایط تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش متابولیت‌های گیاه شاهدانه شد (Motamedi et al., 2019). با توجه به اینکه خشکی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر، راه فراری نیست و با عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن عملکرد گیاهان دارویی و اهمیت اسیدآبسیزیک در کاهش این اثرها، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر استفاده از مقادیر مختلف محلول پاشی ABA در کاهش اثر کم‌آبی و بهبود درصد، عملکرد و اجزای اسانس گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) رقم Monstead Organic طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

برای تعیین رژیم‌های آبیاری به‌طور روزانه، رطوبت از هریک از گلدان‌های نمونه اندازه‌گیری و در هر رژیم آبیاری، برای رساندن درصد وزنی رطوبت خاک به میزان رطوبت در تیمار موردنظر، آبیاری به اندازه مقدار کمبود از میزان ظرفیت زراعی، انجام شد (Khorasaninejad *et al.*, 2018).

اسیدآبسیزیک از شرکت Sigma Aldrich® تهیه شد. محلول پاشی ABA در سه مرحله رشد: ۱- کامل شدن دوره رشد رویشی، ۲- شروع گلدهی و ۳- گلدهی کامل انجام شد. برای تهیه محلول‌های مورد نظر، ابتدا اسیدآبسیزیک در ۰/۵ میلی‌لیتر محلول سود یک نرمال حل شده و با آب مقطر به حجم مورد نظر (با احتساب مقدار مورد نیاز برای هر سطح) رسانده شد. تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایش در آزمایشگاه تجزیه آب و خاک ۹۴۷ گرگان انجام گردید (جدول ۱).

سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی برسد. در این مرحله گلدان‌ها به سرعت وزن شده و خاک آنها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص شد تا با توزین روزانه گلدان نمونه در هر بلوک (بدون گیاه برای لحاظ نشدن وزن گیاه در وزن گلدان و خاک)، کسری آب محاسبه و مقدار آب مورد نیاز به گلدان‌ها اضافه گردد. برای کنترل وزن خشک بوته‌ها، هر تیمار رطوبتی دارای گلدان اضافی بود تا وزن خشک بوته‌ها به وزن خشک گلدان‌ها اضافه نشده و مقدار صحیحی از آب در زمان اعمال تیمارهای رطوبتی به هر گلدان اختصاص یابد. تا ۲ ماه بعد از انتقال گلدان‌های اصلی به فضای آزاد (اواسط خرداد ۹۷)، گلدان‌ها با رژیم‌های یکسان آبیاری شدند و از این مرحله به بعد،

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

قدرت هدایت الکتریکی دانه‌بندی خاک (میکروموس)	درصد کل نیتروژن کربن آلی فسفر در دسترس	پتاسیم در دسترس (ppm)	رس سیلت ماسه بافت (%) (%) (%)
۴/۰۷۶	۵/۵۹	۲۴/۸	۴۲ ۴۲ ۱۲
۱۴۱/۸۶	۰/۰۹	۰/۹	رس-سیلت

به مدت ۳ ساعت مورد اسانس‌گیری قرار گرفت. عملکرد اسانس پس از رطوبت‌زدایی با سولفات سدیم بدون آب برحسب گرم در سرشاخه‌های گلدار به وسیله رابطه ۱ محاسبه شد (Mahdavi *et al.*, 2015).

برای استخراج و اندازه‌گیری اسانس، سرشاخه‌های هوایی گیاه در مرحله گلدهی کامل برداشت شد و در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سایه خشک گردید، سپس برای تعیین میزان اسانس، مقدار ۵۰ گرم از شاخساره هوایی به وسیله دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{درصد اسانس} = \text{عملکرد سرشاخه هوایی} \times \text{عملکرد اسانس در سرشاخه های هوایی}$$

کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهیدبهشتی استفاده شد.

برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری ترکیب‌های موجود، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و

هیدروکربن‌های نرمال (C8-C24) در شرایط یکسان به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ (SAS Institute, 2013, Cary, NC) انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.

نتایج

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تیمار خشکی، اثر محلول پاشی با اسیدآبسیزیک و اثر متقابل آنها برای درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان درصد اسانس (۱/۱۸ درصد) از کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط آبیاری ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان درصد اسانس (۰/۱۰ درصد) از عدم کاربرد اسیدآبسیزیک در شرایط عدم تنش (۹۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد (شکل ۱).

دستگاه کروماتوگراف گازی مدل TRACE GC ساخت شرکت Thermo Quest-Finnigan و مجهز به آشکارساز FID بود. طول ستون DB-5، ۳۰ متر، قطر داخلی ستون، ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن، ۰/۲۵ میکرومتر بود و برنامه‌ریزی حرارتی از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه انجام شد. دمای قسمت تزریق برابر با ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز برابر ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم با سرعت جریان ۱/۱ میلی‌لیتر در دقیقه به‌عنوان فاز متحرک مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه کروماتوگراف گازی مدل TRACE MS ساخت شرکت Thermo Quest-Finnigan متصل شده به دستگاه طیف‌سنج جرمی Quadrupole و ستون HP-5MS با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. انرژی یونیزاسیون برابر ۷۰ الکترون‌ولت بود. برنامه‌ریزی حرارتی، نوع و سرعت گاز حامل و دمای محفظه تزریق مانند دستگاه GC تنظیم گردید. شناسایی ترکیب‌های آن با مقایسه طیف جرمی هر پیک با ترکیب‌های استاندارد در کتابخانه دستگاه (Adams, Wiley و Main library) و همچنین محاسبه شاخص بازداری و مطابقت هر ترکیب با منابع از طریق تزریق

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد و عملکرد اسانس اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* cv. Monstead Organic) تحت سطوح

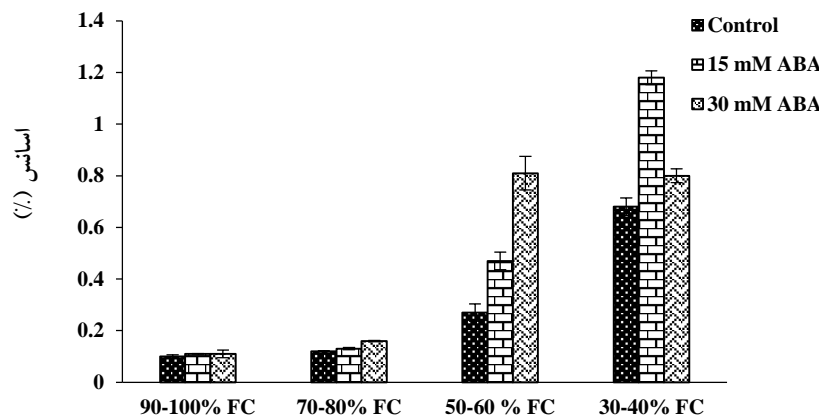
مختلف آبیاری و محلول پاشی اسیدآبسیزیک

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییرات
عملکرد اسانس	درصد اسانس		
۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۷	۲	تکرار
۰/۰۰۲۱**	۱/۲۰**	۳	خشکی
۰/۰۰۰۲۲**	۰/۱۲**	۲	اسیدآبسیزیک
۰/۰۰۰۲۵*	۰/۰۹۸**	۶	خشکی × اسیدآبسیزیک
۰/۰۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۸	۲۲	خطا
۱۰/۹۶	۶/۹۸		درصد ضریب تغییرات

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

درصد ظرفیت زراعی بود. در حالی که کمترین میزان عملکرد اسانس (۰/۰۰۷ گرم در گیاه) از عدم کاربرد اسیدآبسیزیک در سطح خشکی ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (شکل ۲).

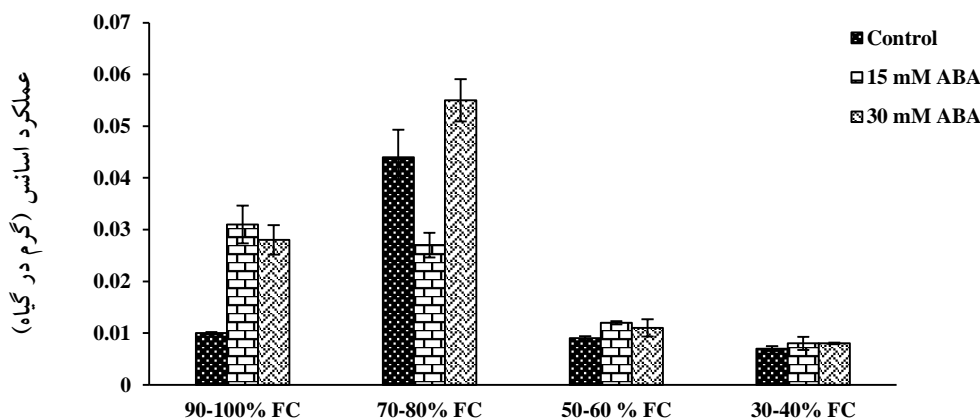
همچنین نتایج نشان داد که با افزایش خشکی میزان عملکرد اسانس کاهش یافت، به طوری که بیشترین میزان عملکرد اسانس (۰/۰۵۵ گرم در گیاه) مربوط به کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط آبیاری ۷۰-۸۰



خشکی (درصد ظرفیت زراعی)

شکل ۱- اثر متقابل خشکی و اسیدآبسیزیک بر درصد اسانس سرشاخه‌های هوایی گیاه اسطوخودوس

(*Lavandula angustifolia* cv. Monstead Organic)



خشکی (درصد ظرفیت زراعی)

شکل ۲- اثر متقابل خشکی و اسیدآبسیزیک بر عملکرد اسانس سرشاخه‌های هوایی گیاه اسطوخودوس

(*Lavandula angustifolia* cv. Monstead Organic)

اسیدآبسیزیک منجر به حصول بیشترین میزان عملکرد و درصد اسانس گردید، در حالی که کاربرد اسیدآبسیزیک در

بر اساس این تحقیق با افزایش خشکی تا ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۱۵ میکرومولار

همچنین گروه بندی اجزای اسانس نشان داد که از میان ۲۶ ترکیب شناسایی شده، ۶ ترکیب مونوترپن هیدروکربنه، ۱۰ ترکیب مونوترپن اکسیژنه، ۶ ترکیب سسکوئی ترپن هیدروژنه و ۴ ترکیب سسکوئی ترپن اکسیژنه بودند که با افزایش خشکی میزان ترکیبات مونوترپنی هیدروکربنه و اکسیژنه کاهش یافتند؛ در حالی که ترکیبات سسکوئی ترپنی هیدروکربنه و اکسیژنه افزایش یافتند (شکل ۳).

نتایج نشان داد که بالاترین میزان مونوترپن های هیدروکربنه با ۳/۹۴ درصد از تنش ملایم ۸۰-۷۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک، بالاترین میزان مونوترپن های اکسیژنه با ۷۲/۹۳ درصد از عدم کاربرد اسیدآبسیزیک همراه با آبیاری کامل، بالاترین میزان سسکوئی ترپن های هیدروکربنه با ۳۹/۲۹ درصد از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شدیدترین حالت خشکی (۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و بالاترین میزان سسکوئی ترپن های اکسیژنه با ۱۵/۰۸ درصد از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۶۰-۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۳). بررسی گروه بندی اجزای اسانس نشان داد که از میان ۴ گروه مونوترپن های هیدروکربنه و اکسیژنه و سسکوئی ترپن هیدروکربنه و اکسیژنه، بخش اعظم اجزای اسانس مربوط به گروه مونوترپن های اکسیژنه بود که با افزایش خشکی کاهش یافت (شکل ۴).

شدیدترین حالت خشکی، کمترین عملکرد و درصد اسانس را به دنبال داشت. به طور کلی بیشترین درصد و عملکرد اسانس در تیمارهای خشکی از کاربرد اسیدآبسیزیک به دست آمد.

نتایج حاصل از آنالیز اسانس گیاه اسطوخودوس در جدول ۳ ارائه شده است. با مطالعه طیف های جرمی و شاخص بازداری کواتس، تعداد ۲۶ ترکیب در اسانس شناسایی شد (جدول ۳). ترکیبات لیمونن، کامفور، بورنتول، کاریوفیلن اکساید و آلفامورولن به عنوان ترکیبات شاخص و مشترک در سطوح مختلف خشکی و اسیدآبسیزیک بودند. بیشترین درصد اسانس (۱۰۰ درصد) از عدم کاربرد اسیدآبسیزیک در آبیاری کامل و کمترین درصد اسانس (۸۴/۸۱ درصد) از کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۳). بارزترین نکته مشاهده شده در جدول ۳، درصد بالای ترکیبات لیمونن، کامفور و بورنتول بود که با افزایش خشکی میزان این ترکیبات کاهش و در مقابل، ترکیباتی از قبیل کاریوفیلن اکساید و آلفامورولن افزایش یافتند. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان لیمونن (۱۰ درصد) از کاربرد ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۸۰-۷۰ درصد ظرفیت زراعی، کامفور (۱۰/۴۷ درصد) و بورنتول (۵۱/۵۸ درصد) از آبیاری کامل و عدم کاربرد اسیدآبسیزیک، کاریوفیلن اکساید (۷/۸۰ درصد) از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در آبیاری ۶۰-۵۰ درصد ظرفیت زراعی و آلفامورولن (۲۴/۹۰ درصد) از کاربرد ۳۰ میکرومولار اسیدآبسیزیک در شرایط ۴۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر محلول پاشی اسیدآبسیزیک بر ترکیب اسانس اسطوخودوس رقم **Munstead Organic** تحت تنش خشکی

RI	Compound		D1A1	D1A2	D1A3	D2A1	D2A2	D2A3	D3A1	D3A2	D3A3	D4A1	D4A2	D4A3
933	α -Pinene	MH	۰/۶۱	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۴۷	۱/۶۰	۱/۰۶	۰/۷۸	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۵۴	۰/۵۰
948	Camphene	MH	۰/۷۸	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۶۹	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۷
977	β -Pinene	MH	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰
1011	δ -3-Carene	MH	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰
1022	<i>p</i> -Cymene	MH	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۶
1025	<i>O</i> -Cymene	MH	۱/۲	۰/۸۷	۱/۱۹	۱/۳۳	۱/۲۳	۱/۱۱	۱/۲	۱/۰۹	۱	۱/۹۰	۰/۸۱	۰/۷۷
1033	Limonene	OM	۹/۴۹	۹/۶۵	۱۰/۱۱	۹/۴۰	۸/۹۰	۱۰	۸/۳۴	۸/۲۳	۸/۹۰	۷/۲۱	۴/۶۰	۶/۹۰
1127	α -Campholenal	OM	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۹	-	-	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
1149	Camphor	OM	۱۰/۴۷	۸/۳۲	۱۰/۴۵	۸/۳۲	۸/۴۱	۸/۰۰	۷/۲۳	۷/۱۲	۶/۹۱	۴/۱۸	۵/۱۱	۲/۹۰
1184	Borneol	OM	۵۱/۵۸	۵۰/۳۲	۴۶/۲۰	۴۴/۷۱	۴۲/۲۳	۳۹/۷۹	۴۰/۲۱	۳۶/۴۴	۳۲/۲۱	۲۷/۷۰	۲۱/۵۰	۱۸/۶۵
1193	<i>p</i> -Cymen-8-ol	OM	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۱
1216	Eucarvone	OM	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹
1230	Bornyl formate	OM	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۰
1287	Bornyl Acetate	OM	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۱
1291	Lavandulyl acetate	OM	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۷۷	۰/۸۹	۱/۷۰	۲/۷۶	۳/۲۴
1340	Myrtenyl acetate	OM	۰/۰۹	۰/۱۰	-	۰/۱۰	۰/۱۰	-	۰/۱۰	-	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	-
1422	α -Santalene	SH	۰/۹۹	۰/۹۲	۱/۱۵	۰/۹۰	۱	۱/۴۵	۱/۱۲	۱/۵۶	۱/۷۰	۱/۷۷	۱/۹۰	۲/۱۹
1436	<i>trans</i> - β -Bergamotene	SH	۰/۱۹	۰/۷۶	۱/۱۲	۰/۷۰	۱/۲۱	۱/۳۳	۱/۶۷	۱/۸۷	۱/۹۹	۲/۲۱	۲/۴۰	۲/۶۶

RI	Compound		D1A1	D1A2	D1A3	D2A1	D2A2	D2A3	D3A1	D3A2	D3A3	D4A1	D4A2	D4A3
1517	γ -Cadinene	SH	۱/۷	۱/۹۸	۲/۱۶	۱/۸۴	۱/۸۸	۲/۲۴	۱/۹۰	۲/۴۴	۲/۷۹	۳/۲۱	۳/۶۷	۳/۹۰
1524	δ -Cadinene	SH	۰/۷۲	۱/۳۱	۱/۵۴	۱/۳۲	۱/۶۷	۱/۹۰	۱/۳۳	۱/۹۰	۲/۱۰	۲/۳۴	۲/۶۰	۲/۹۱
1588	Spathulenol	OS	۱/۹۸	۲/۵۴	۲/۵۱	۲/۶۰	۲/۷۷	۳/۱۱	۲/۹۰	۲/۹۸	۳/۲۲	۳/۱۹	۳/۸۹	۳/۹۰
1591	Caryophyllene oxide	OS	۰/۹۷	۱	۱/۲۳	۱/۵۶	۵/۲۱	۵/۷۷	۶/۱۲	۶/۴۵	۸/۷۰	۵/۱۰	۵/۳۳	۵/۹۴
1619	Ledene oxide	OS	۰/۴۴	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۶۶	۰/۸۸	۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۹۳	۰/۷۸	۰/۹۰	۱/۱۰
1652	α -Muurolene	SH	۱۴/۲	۱۶/۶۶	۱۵/۷۱	۱۵/۱۱	۱۴/۷۸	۱۴/۹۹	۱۵/۳۰	۱۷/۲۰	۲۱/۷۷	۱۹/۲۰	۲۲/۹۰	۲۴/۹۰
1688	2-methyl-1-hexadecanol	OS	۱/۳۳	۱/۳۴	۱/۴۹	۱/۳۵	۱/۷۹	۲/۰۸	۱/۴۲	۱/۹۰	۲/۲۳	۱/۹۳	۱/۹۹	۱/۵۰
1753	Isobicyclgermacrenal	SH	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۰۶	۱/۱۰	۱/۲۷	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۳۹	۱/۶۰	۲/۴۵	۲/۵۹	۲/۷۳
Total			۱۰۰	۹۹/۷۱	۹۹/۵۵	۹۶/۵۵	۹۶/۸۰	۹۷/۱۵	۹۳/۶۴	۹۴/۳۱	۹۹/۰۶	۸۶/۱۸	۸۴/۸۱	۸۶/۷۵
Monoterpene Hydrocarbons (MH %)			۳/۴۳	۲/۸۵	۳/۲۵	۳	۳/۹۴	۳/۴۹	۳/۹۵	۲/۵۵	۲/۴۶	۲/۴۳	۱/۹۹	۱/۸۰
Oxygenated Monoterpene (OM %)			۷۲/۹۳	۶۹/۴۳	۶۷/۶۱	۶۳/۶۲	۶۰/۶۲	۵۸/۶۱	۵۶/۸۷	۵۳/۳۰	۴۹/۵۷	۴۱/۵۷	۳۴/۶۵	۳۲/۲۰
Sesquiterpene Hydrocarbons (SH %)			۱۸/۹۲	۲۱/۸۷	۲۲/۷۴	۲۰/۹۷	۲۱/۸۱	۲۳/۲۱	۲۲/۶۱	۲۶/۳۶	۳۱/۹۵	۳۱/۱۸	۳۶/۰۶	۳۹/۲۹
Oxygenated sesquiterpenes (OS %)			۴/۷۲	۵/۵۶	۵/۹۵	۸/۹۶	۱۰/۴۳	۱۱/۸۴	۱۱/۱۱	۱۲/۱۰	۱۵/۰۸	۱۱	۱۲/۱۱	۱۳/۴۶

(MH %) Monoterpene Hydrocarbons: هیدروکربن‌های مونوترپن

A1: شاهد (عدم محلول‌یافتگی):

D1: ۹۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی؛

(OM %) Oxygenated Monoterpene: مونوترپن‌های اکسیژنه

A2: ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک؛

D2: ۷۰-۸۰ درصد ظرفیت زراعی؛

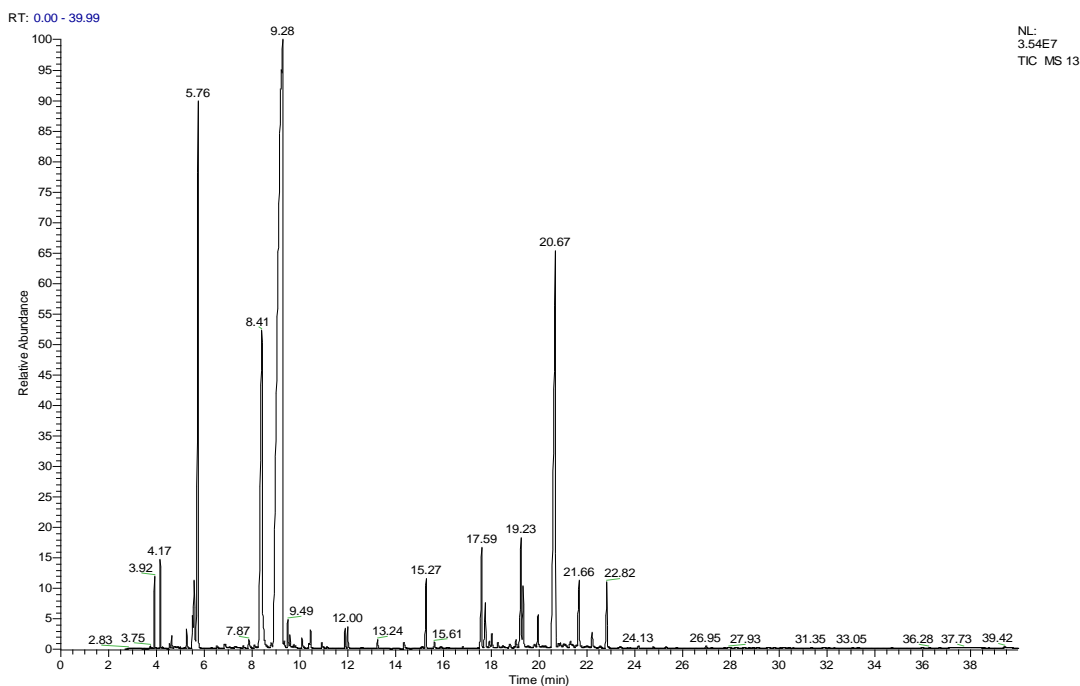
(SH %) Sesquiterpene Hydrocarbons: هیدروکربن‌های سسکوئینی‌ترین؛

A3: ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک

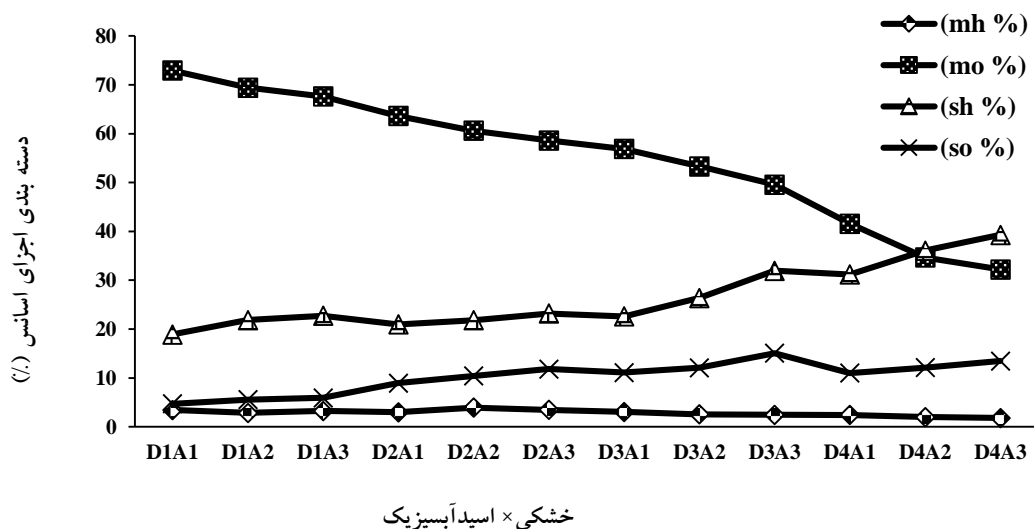
D3: ۵۰-۶۰ درصد ظرفیت زراعی؛

(SO %) Oxygenated sesquiterpenes: سسکوئینی‌ترین‌های اکسیژنه

D4: ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی؛



شکل ۳- کروماتوگرام TIC از دستگاه GCMS برای اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* cv. Monstead Organic)



شکل ۴- اثر متقابل خشکی و اسیدآبسیزیک بر درصد ترکیبات ترپنی اسانس سرشاخه‌های هوایی اسطوخودوس

D1 : ۹۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی؛	A1 : شاهد (عدم محلول‌پاشی)؛
D2 : ۷۰-۸۰ درصد ظرفیت زراعی؛	A2 : ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک؛
D3 : ۵۰-۶۰ درصد ظرفیت زراعی؛	A3 : ۱۵ میکرومولار اسیدآبسیزیک
D4 : ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی؛	

MH % Monoterpene Hydrocarbons : هیدروکربن‌های منوترین
 OM % Oxygenated Monoterpene : منوترین‌های اکسیژنه
 SH % Sesquiterpene Hydrocarbons : هیدروکربن‌های سسکوئین‌ترین؛
 SO % Oxygenated sesquiterpenes : سسکوئین‌ترین‌های اکسیژنه

بحث

با توجه به نتایج به دست آمده، تنش خشکی تولید اسانس را تحریک نمود. تولید مقادیر بالای ترین در گیاه در شرایط تنش به علت تخصیص کمتر کربن برای رشد است. در واقع در این حالت نوعی چالش در گیاه برای رشد و دفاع از خود در شرایط تنش به وجود می‌آید. در مطالعات مشابه، در گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین درصد و عملکرد اسانس را به دنبال داشت (Oveysi Omran et al., 2020). در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط تنش کمبود آب، عملکرد اسانس افزایش ۲/۲۱ درصدی در تنش متوسط و کاهش ۴۲/۸ درصدی را در تنش شدید در مقایسه با شاهد نشان داد (Bettaieb et al., 2011). به طوری که گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری نسبت به گیاهان رشد کرده در شرایط مطلوب برخوردار هستند، زیرا در این شرایط مواد پرورده موجود را به افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه اختصاص می‌دهند تا بقای خود را در شرایط سخت محیطی تضمین نمایند که این خود یک سازوکار دفاعی برای گیاه محسوب می‌شود (Alhathlool et al., 2019). در همین راستا Panahyan Kivie (۲۰۱۹) نیز دریافت که با افزایش خشکی درصد اسانس در گیاه گشنیز افزایش و عملکرد اسانس کاهش می‌یابد.

در گیاه اسطوخودوس با وجود افزایش درصد اسانس تحت تنش خشکی، عملکرد اسانس کاهش یافت. درصد اسانس و وزن خشک اندام هوایی دو عامل مهم و تعیین‌کننده در عملکرد اسانس گیاه اسطوخودوس می‌باشند. با تشدید کم‌آبی هرچند درصد اسانس افزایش یافت اما به دلیل افت عملکرد سرشاخه‌های هوایی در این شرایط، عملکرد اسانس کاهش یافت. Nourzad و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر عملکرد شاخه‌های گل‌دهنده، درصد و عملکرد اسانس دانه گشنیز داشت و بالاترین عملکرد اسانس و ماده خشک در تیمار آبیاری کامل و بیشترین درصد اسانس در تیمار تنش

شدید حاصل شده است. برخلاف یافته‌های این تحقیق، پژوهش انجام شده روی اسطوخودوس نشان داد که با افزایش خشکی تا ۸۵ درصد ظرفیت زراعی میزان درصد اسانس افزایش می‌یابد، در حالی که پس از آن با افزایش خشکی میزان درصد اسانس کاهش یافت (Khorasaninejad et al., 2015). به طوری که این اختلاف را می‌توان به اختلاف در سطوح پلوئیدی گونه‌ها و ارقام مختلف اسطوخودوس مرتبط دانست و این برداشت وجود دارد در ژنوتیپ‌هایی با سطح پلوئیدی بالاتر همزمان با افزایش درصد اسانس تحت شرایط کم‌آبی، عملکرد اسانس نیز افزایش می‌یابد ولی در ژنوتیپ‌هایی با سطح پلوئیدی پایین‌تر به ویژه ژنوتیپ‌های وحشی با افزایش محدودیت آبی، عملکرد اسانس کاهش می‌یابد. همانطور که در مطالعاتی که روی گیاه قلم (*Fortuynia bungei* Bioss) (Tajamoliyan et al., 2012)، دو گونه از گیاه اسپرس (*Onobrychis viciifolia* و *Onobrychis radiate*) (Ramak et al., 2006) و سه گونه اسپرس ایرانی (*Onobrychis sp.*) (Farahdost & Jafari, 2020) انجام شد، نشان داده شده است. به طور کلی، بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که گیاه دارویی اسطوخودوس از لحاظ درصد، عملکرد و اجزای اسانس با توجه به شرایط خشکی و مقدار اسیدآبسیزیک به کاررفته، رفتار متفاوتی از خود بروز می‌دهد، به نحوی که در بین تیمارهای آبی و اسیدآبسیزیک به کاررفته بعد از تیمار شاهد، گیاهان در سطح رطوبتی ۳۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی، بالاترین درصد اسانس و شرایط آبی ۷۰-۸۰ درصد ظرفیت زراعی، بالاترین عملکرد اسانس را داشتند. علاوه بر این، محلول‌پاشی اسیدآبسیزیک با غلظت ۱۵ و ۳۰ میکرومولار در لیتر توانست سبب بهبود درصد و عملکرد اسانس در مواجهه با این شرایط گردد.

به طور کلی بررسی گروه‌بندی ترکیبات اسانس در اسطوخودوس رقم Monstead Organic نشان داد که حصول هر یک از ترکیبات مونوترپنی و سسکوئی‌ترپنی به مقدار اسیدآبسیزیک به کاررفته در شرایط آبیاری بستگی

- Bettaieb, I., Bourgo, S., Sriti, J., Msaada, K. and Limam, F.B., 2011. Essential oils and fatty acids composition of Tunisian and Indian cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds: a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 2100-2107.
- Blazekovic, B., Yang, W., Wang, Y., Li, C., Kindl, M., Pepeljnjak, S. and Vladimir-Knezevic, S., 2018. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of *Lavandula×intermedia* 'Budrovka and *L. angustifolia* cultivated in Croatia. *Industrial Crops and Products*, 123: 173-182.
- Caser, M., Chitarro, W., Angiolillo, F., Perrone, I., Demasio, S., Lovisolio, C., Pistelli, L., Pistelli, L. and Scariot, P., 2019. Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in *Salvia dolomitica* Codd. *Industrial Crops and Products*, 129: 85-96.
- Dai, A., 2013. Increasing drought under global warming in observations and models, *Nature*.
- Du, B. and Rennenberg, H., 2018. Physiological responses of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) to water deficit and recovery. *Journal Science African of Botany*, 119: 212-218.
- El-Esawi, M.A., Al-Ghamdi, A.A., Ali, H.M. and Alayafi, A.A., 2019. *Azospirillum lipoferum* FK1 confers improved salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) by modulating osmolytes, antioxidant machinery and stress-related genes expression *Environmental and Experimental Botany*, 159: 55-65.
- Elkeilsh, A., Awad, Y.M. and Soliman, M.H., 2019. Abu-Elsaoud, A., Abdelhamid, M.T., El-Metwally, I.M. Exogenous application of -sitosterol mediated growth and yield improvement in water-stressed wheat (*Triticum aestivum*) involves up-regulated antioxidant system. *Journal of Plant Research*, 132: 46-60.
- Farahdost, R. and Jafari, A.A. 2020. Effect of Drought Stress on Seed Germination Characteristics in the Populations of Four Native Species of *Onobrychis* sp. In Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 27(2): 309-318. (In Persian).
- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Ramezani, S.S., Hadian, J. and Atashi, S. 2015. The effect of drought stress on the growth, essential oil yield and chemical composition of Lavender. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)*, 17 (4): 979-988. (In Persian).
- Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A. and Hemmati, K., 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. *Scientia Horticulturae*, 239: 314-323.
- Mahdavi, S.K., Sadegh nia omran, N., Ghelich nia Narjes Alipoor, H. 2015. Investigation of some environmental conditions effect on the quality and quantity of essential oil of *Origanum vulgare* L. (Case study: Nemarestagh, Amol). *Journal of Natural Ecosystem of Iran*, 5(2): 51-64. (In Persian).
- Motamedi, H., Hemati, Kh. and Khorasaninejad, S., 2019. The Effect of abscisic acid foliar application on morphophysiological properties and some biochemical properties of *Cannabis sativa* L. under different soil

دارد و می‌توان چنین بیان کرد که با توجه به هدف به‌زراعی برای کشت گیاه اسطوخودوس، برای تهیه هر یک از ترکیبات مونوترپنی یا سسکوئی‌ترینی باید گیاه را در شرایط رطوبتی و مقدار اسیدآبسیزیک متناسب با ساخت آن ترکیب قرار داد، به‌طوری‌که در اسطوخودوس رقم Monstead Organic برای حصول ترکیبات مونوترپنی، خشکی و اسیدآبسیزیک با درصد پایین و در مقابل برای حصول ترکیبات سسکوئی‌ترینی، خشکی و اسیدآبسیزیک با درصد بالا نیاز می‌باشد. به‌طوری‌که در کاربردهای آروماتراپی (عطر درمانی) اسطوخودوس بیشتر ترکیبات مونوترپنی موردنظر بوده و در استفاده‌های خوراکی یا ترکیبات بهداشتی و شوینده بیشتر سسکوئی‌ترین‌ها مورد استفاده می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد که کاربرد اسیدآبسیزیک با نقشی که در فرایندهای متابولیسمی دارد، منجر به افزایش میزان درصد و عملکرد اسانس در گیاه اسطوخودوس می‌گردد که این افزایش با توجه به شرایط خشکی که در آن استفاده می‌شود آستانه‌ای دارد. همچنین کاربرد اسیدآبسیزیک توأم با خشکی بالا سبب افزایش سنتز ترکیبات سسکوئی‌ترینی شد که می‌تواند یک سازوکار مقاومتی در گیاه اسطوخودوس برای مقابله با شرایط خشکی باشد.

منابع مورد استفاده

- Abbaszadeh, B., Layeghaghghi, M., Azimi, R. and Hadi, N., 2020. Improving water use efficiency through drought stress and using salicylic acid for proper production of *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 144: 120-132.
- Alhathloul, H., Soliman, M., Ameta, K., El-Esawi, M. and Elkelish, A., 2019. Changes in ecophysiology, osmolytes, and secondary metabolites of the medicinal plants of *Mentha piperita* and *Catharanthus roseus* subjected to drought and heat stress. *Biomolecules*, 43: 1-21.
- Arulbalachandran, D., Yasmin, K. and Jothamani, K., 2016. Role of ABA on antioxidant mechanism under drought crops. *International Journal for Species*, 17: 48-55.
- Benjema, M., Neves, M.A., Falleh, H., Isoda, H., Ksouri, R. and Nakajima, M., 2018. Nanoencapsulation of *Thymus capitatus* essential oil: formulation process, physical stability characterization and antibacterial efficiency monitoring. *Industrial Crops and Products*, 113: 414-421.

- Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Ramosde Melo, N., Regianedos Santos, F., de Araujo Neves, I., Geraldode Carvalhoe, M. and Sanches-Silva, A., 2018. Biological activities and major components determination in essential oils intended for a biodegradable food packaging. *Industrial Crops and Products*, 97: 201–210.
- Stanev, S., Zagorcheva, T. and Atanassiov, I., 2016. Lavender cultivation in Bulgaria-21st century developments, breeding challenges and opportunities. *Bulgarian Journal Biologicula Agricultural of Science*, 22: 584–590.
- Tajamolliyan, M., Irannezhad Parizi, M.H., Malekinezhad, H., Rad, M.H. and Sodaiizadeh, h., 2012. Effects of water deficit stress on physiological reaction in *Fortuynia bungei* Boiss. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 20(2): 273-283. (In Persian).
- Upson, T.M. and Andrews, S., 2004. The Genus *Lavandula*, a Botanical Magazine Monograph. Kew: Royal Botanical Gardens, Kew, UK.
- Wang, F., Liu, J., Chen, M., Zhou, L., Li, Z., Zhao, Q., Pan, G., Zaidi, S.H.R. and Cheng, F., 2016. Involvement of abscisic acid in PSII photodamage and D1 protein turnover for light-induced premature senescence of rice flag leaves, *PLoS ONE*, 11: e0161203.
- Wilkinson, S. and Davies, W.J., 2010. Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. *Plant, cell Environment*, 33: 510–525.
- Yu, F., Wu, Y. and Xie, Q., 2016. Ubiquitin–proteasome system in ABA signaling: from perception to action. *Molocholar Plant*, 9: 21–33.
- conditions. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 1: 12-24 (In Persian).
- Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, E., 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander (*Coriandrum sativum* L.) treated with organic and inorganic fertilizers. *Journal of Crops Improvement*, 2: 289-302.
- Oveysi Omran, M., Zavareh, M., Sefidkon, F., Abaszadeh, B. and Asadi-Sanam, S., 2020. Effects of potassium and brassinosteroids on some morphological characteristics and essential oils of *Echinacea purpurea* (L.) Moench in different availability water. *Iranian journal of medicinal and aromatic plants*. 36: 40-58. (In Persian).
- Panahyan, K., 2019. Effects of zinc sulfate foliar spray on yield, yield components and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of medicinal and Aromatic plants*, 35: 309-322.
- Qi, J., Song, C.P., Wang, B., Zhou, J., Kangasjarvi, J., Zhu, J.K. and Gong, Z., 2018. Reactive oxygen species signaling and stomatal movement in plant responses to drought stress and pathogen attack. *Journal Integrative Plant Biology*, 56: 1-23.
- Rabani, M., Rezaian deloie, R. and Jabari Noqabi, M., 2014. Antibacterial effect of lavender essential oil on *Xanthomonas campestris* and *Escherichia coli*. *Agroecology Journal*, 2: 33-42.
- Ramak, P., Khavari-Nejad, R., Hidari Sharifabad, H., Rafiee, M. and Khademi, K. 2006. The effect of water stress on dry weight and photosynthetic pigments in two sainfoin species. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 14(2): 80-9. (In Persian).

The effect of foliar application of abscisic acid on increasing drought stress tolerance in *Lavandula angustifolia* cv. Munstead Organic

H. Gorgini Shabankareh¹, S. Khorasaninejad^{2*}, H. Soltanloo³ and V. Shariati⁴

1- PhD graduated, Horticultural Sciences Department, Plant Production Faculty, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

2*- Corresponding author, Assist. Prof. Horticultural Sciences Department, Plant Production Faculty, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. khorasaninejad@gau.ac.ir.

3- Assoc. Prof, Plant Breeding Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural, Gorgan, I.R. Iran.

4- Assist. Prof. National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, I.R. Iran.

Received: 17.06.2020

Accepted: 27.09.2020

Abstract

The medicinal plant Lavender (*Lavandula angustifolia*) is cultivated all over the world due to its economic and ornamental potential and its wide application in the cosmetic and pharmaceutical industries. To investigate the effect of abscisic acid foliar application on increasing drought stress tolerance in Munstead Organic cultivar, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block with three replications in the Faculty of Plant Production of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran in year 2016-2017. Experimental treatments were considered at four levels of irrigation regimes (including 90-100, 70-80, 50-60, and 30-40% of field capacity(FC)) and three levels of abscisic acid foliar application (including zero, 15, and 30 mM/l). Data analysis showed that the highest percentage of the essential oil (1.18%) was obtained in 15 μ M abscisic acid and 30-40%FC. While the highest yield of the essential oil (0.055 g/plant) was related to the application of 30 μ M abscisic acid in 70-80%FC. The category of the essential oil components also showed that out of 26 identified components, six compounds were hydrocarbon monoterpene, 10 compounds were oxygen monoterpene, six compounds were hydrogen peroxide and four components were oxygen sedimentation. With increasing drought, stress, the amount of hydrocarbon and oxygen monoterpene compounds decreased, but hydrocarbon and oxygen sesquiterpene compounds increased. The results also showed that the highest amount of limonene (10%) was obtained from adding 15 μ M abscisic acid in irrigation of 70-80%FC. The highest amounts of camphor (10.47%) and bernoulli (51.58%) were achieved in complete irrigation and non-use of abscisic acid. However, the highest amounts of cariofillenoxide (7.80%) and α -Muuroolene (24.90%) was observed in 30 μ M abscisic acid and 60-50%FC and in 30 μ M abscisic acid and 30-40%FC, respectively. Overall, it was found that foliar application of abscisic acid under drought stress 30-40%FC, could increase the percentage of the essential oils and sesquiterpene compounds to cope with drought conditions in lavender.

Keywords: *Lavandula angustifolia*, Drought, Sesquiterpene, Spraying, Monoterpene.