

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر برخی فاکتورهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی اسانس در گیاه دارویی *Lavandula angustifolia* L.

محمد مهدی ضرابی^۱، سودابه مفاخری*^۲، بهور اصغری^۳ و سحر عابدی^۴

^۱ استادیار، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

^۲ استادیار، گروه تولید و اصلاح نباتات، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

^۴ کارشناس، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۳

چکیده

تنش‌های محیطی مختلف از جمله عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشند. اما اعمال این تنش‌ها روی گیاهان دارویی بر میزان مواد مؤثره آن‌ها اثرگذار است. در این تحقیق تأثیر مقادیر مختلف آبیاری بر برخی فاکتورهای کمی و کیفی در گیاه دارویی اسطوخدوس (*L. angustifolia* L.) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور قلمه‌های ریشه‌دار اسطوخدوس در بهار ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) کشت شد و اثرات سطوح مختلف آبیاری (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه یا FC) بر برخی فاکتورهای مورفولوژیکی و عملکرد اسانس گیاه در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار بررسی گردید. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب (طرح کلونجر) انجام و مواد مؤثره اسانس به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC/MS) شناسایی گردید. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در تمام اندازه‌گیری‌ها، سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته داشت اما در ارتفاع گیاه، قطر ساقه و طول و عرض برگ تفاوت معنی‌دار ایجاد نکردید. همچنین تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد اسانس، میزان کلروفیل و مقاومت روزنه‌ای نیز نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در این صفت‌ها بود. بیشترین درصد اسانس (۲/۶ درصد)، بیشترین میزان کلروفیل (۵۴/۷۳)، بالاترین مقدار مقاومت روزنه‌ای (۱۲/۲) و بیشترین مقدار آلفا-پینین، بتا-پینین و آلفا-کادینول، در تیمار آبیاری ۴۰٪ FC حاصل گردید.

واژگان کلیدی: آبیاری، اسانس، اسطوخدوس، ظرفیت مزرعه، گیاه دارویی

مقدمه

مربوط به سیستم عصبی و رماتیسم توصیه شده است (Da Porto et al., 2009).

مطالعات زیادی به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاهان دارویی انجام شده است. به عنوان مثال در یک تحقیق علمی، تأثیر دور آبیاری بر تعدادی از گیاهان فضای سبزی از جمله اسطوخدوس، سرخارگل و رعنازیا مورد بررسی قرار گرفت، این آزمایش به صورت گلدانی و در شرایط گلخانه اجرا گردید. نتایج حاصل نشان داد که اسطوخدوس دارای مقاومت بالایی در برابر کم آبی است و فاکتورهای رویشی این گیاه تنها در شرایط تنش شدید تحت تأثیر قرار گرفتند (Zollinger et al., 2006). همچنین تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر فاکتورهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه دارویی رزماری به صورت آزمایش گلدانی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش دور آبیاری، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک و طول ریشه به طور معنی داری کاهش می یابند (Sanchez-Blanco et al., 2004).

در پژوهشی که بر روی سه گیاه دارویی شوید، گشنیز و رازیانه انجام شد، صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و تعداد شاخه جانبی در بوته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که کاهش میزان آب در خاک از حد ظرفیت زراعی (FC) تأثیر معنی دار و متفاوتی بر تمامی صفات مورد مطالعه داشت (امیری ده احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). در آزمایشی دیگر، اثرات سطوح مختلف تنش خشکی و کمپوست زیباله شهری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی نعنای فلفلی به صورت گلخانه ای بررسی گردید. تیمارها شامل سه سطح آبیاری؛ کامل در حد ظرفیت مزرعه ای (شاهد)، ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه ای

تنش های محیطی مهم ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند. هر چه مقاومت به این تنش ها بیشتر شود، امکان افزایش محصول فراهم تر خواهد بود. در برخی نقاط کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش زا در تولید محصولات کشاورزی تأثیر بیشتری دارند. ایران از جمله این کشورهاست که در اکثر زمین های زراعی آن، تنش های مهم غیرزنده نظیر خشکی، موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و گاهی عدم امکان ادامه کشاورزی شده است. در سال های اخیر، گیاهان دارویی بازگشتی دوباره به طب ایران داشته اند و در همه نقاط کشور مورد کشت و کار قرار گرفته اند. کشت این گیاهان نیازمند بررسی قابلیت آن ها برای تولید در سطح وسیع و بررسی مقاومت آن ها به شرایط نامساعد محیطی از جمله کمبود آب آبیاری است (کافی و همکاران، ۱۳۹۱). اسطوخودوس با نام علمی *Lavandula angustifolia* L. گیاهی دارویی از خانواده نعناع می باشد. این گیاه خشبی و چند ساله، ارتفاعی ۴۰ تا ۶۰ سانتی متری دارد. دارای سیستم ریشه طویل به عمق ۳ تا ۴ متر، برگ های نیزه ای شکل به رنگ سبز تیره، کرک های فراوان خاکستری تا نقره ای و همچنین گل هایی به رنگ آبی متمایل به بنفش که به صورت گل آذین خوشه بر روی ساقه گل دهنده قرار گرفته اند، می باشد (امیدبیگی، ۱۳۸۴). گل ها و پیکر رویشی اسطوخودوس حاوی اسانس است، که در صنایع آرایشی بهداشتی کاربرد فراوانی دارد. مهم ترین ترکیبات اسانس این گیاه لینالول، لینالیل استات، او ۸-سینئول و کامفور است. در اکثر فارماکوپه ها به خاصیت دارویی مواد مؤثره این گیاه اشاره شده و مصرف آن برای درمان بیماری های

نمو، بر فاکتورهای مورفولوژیکی، میزان و اجزای اصلی اسانس پیکر رویشی اسطوخودوس مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تغییرات ناشی از مقادیر مختلف آب بر ویژگی‌های مورفولوژی و عملکرد اسانس گیاه اسطوخودوس در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام‌خیمینی (ره)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۴ تیمار انجام پذیرفت. تیمارها شامل سطوح مختلف آبیاری بر اساس ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه (FC) بود. برای انجام این پروژه‌ها از گلدان‌های پلاستیکی مشابه به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. گلدان‌ها با حجم مساوی خاک پر گردید و سپس قلمه‌های ریشه‌دار اسطوخودوس که همگی هم‌شکل و هم‌اندازه بودند در گلدان‌ها کشت شدند. رطوبت خاک گلدان‌ها هر ۴ روز یک‌بار به وسیله دستگاه رطوبت سنج مدل (TYPE WET-2) که قبلاً برای خاک مورد استفاده کالیبره شده بود اندازه‌گیری گردید و بسته به تیمار مورد نظر در تمام دوره آزمایش آبیاری صورت گرفت.

در طی دوره اجرای آزمایش هر چهار هفته یک بار ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه نظیر ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، طول و عرض برگ و قطر شاخه اندازه‌گیری و ثبت گردید. قبل از برداشت نیز میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج و مقاومت روزنه‌ای نیز با استفاده از دستگاه پرومتر مدل AP4 (DELTA-T DEVICES-U.K.) بر حسب ثانیه بر سانتی‌متر تعیین شد. از هر گلدان نمونه‌هایی جهت خشک کردن و اسانس‌گیری تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و

(تنش ملایم) و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای (تنش شدید) و چهار سطح کود کمپوست بودند. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش تنش خشکی فاکتورهای اندازه‌گیری شده کاهش یافتند (فروزنده، ۱۳۹۰). به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد و اجزای عملکرد انیسون (*Pimpinella anisum* L.) تحقیقی انجام گرفت که در آن اثر تنش خشکی در سه سطح و در مراحل مختلف رشدی گیاه اعمال گردید. نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته، شاخص برداشت، درصد اسانس و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. به استثنای درصد اسانس، تمامی صفات مذکور در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافتند، اما درصد اسانس افزایش یافت (حیدری، ۱۳۹۱). در تحقیقی دیگر به منظور بررسی اثر تنش کم آبی در مراحل رویشی و زایشی، روی کمیت و کیفیت اسانس شوید آزمایشی دوساله اجرا گردید. نتایج نشان داد که میزان آب در دسترس و مراحل رشد اثرات معنی‌داری بر کمیت و کیفیت اسانس داشتند. در تمامی تیمارهای آبیاری، درصد عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدان و دانه‌ها بیشتر از برگ‌ها بود. درصد اسانس برگ‌ها، سرشاخه‌های گل‌دار و دانه‌های گیاهانی که در مراحل مختلف نمودی تحت تأثیر تنش‌های ملایم و شدید خشکی قرار گرفته بودند به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت (عندلیبی، ۱۳۹۰). نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده که عموماً تشکیل و تجمع اسانس، در گیاهان تحت شرایط محیطی خشک، افزایش نشان می‌دهد (Abreu and Mazzafera, 2005; Bannayan et al., 2008).

تعیین مناسب‌ترین مقدار آب آبیاری به‌منظور تولید بهترین کیفیت و کمیت محصول در گیاه دارویی و زیتتی اسطوخودوس امری ضروری است. لذا در این پژوهش اثرات کمبود آب در مراحل مختلف رشد و

توسط دستگاه کلونجر انجام گردید و در نهایت درصد اسانس محاسبه شد.

آنالیز GC و GC-MS: آنالیز کمی اسانس به دست آمده، به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی Shimadzu مدل ۲۰۱۴ انجام گرفت که مجهز به آشکار ساز FID و ستونی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5 بود. برنامه دمایی اعمال شده به صورت زیر بود: دمای آن در ابتدای آنالیز ۵۰ درجه سانتی گراد بود که به مدت ۱۰ دقیقه این دما ثابت نگه داشته می شد و سپس افزایش دما تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد با شیب دمایی ۳ °C/min انجام گرفت و در نهایت افزایش دما تا ۳۰۰ °C با شیب دمایی ۴ °C/min اعمال گردید. دمای محل تزریق ۲۵۰ °C بود و از گاز هلیوم با سرعت جریان ۱/۱ ml/min به عنوان گاز حامل استفاده شد. ترکیبات تشکیل دهنده اسانس توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی Agilent مدل 7890A که متصل به یک طیف نگار جرمی Agilent مدل 5975C بود، شناسایی گردید. مشخصات ستون و برنامه ریزی دمایی این دستگاه مشابه دستگاه قبل بود. دمای منبع یونیزاسیون طیف نگار جرمی ۲۳۰ °C و ولتاژ یونیزاسیون آن نیز ۷۰ الکترون ولت بود.

شناسایی مواد تشکیل دهنده اسانس به وسیله محاسبه اندیس بازدارداری کواتز برای هر کدام از ترکیبات و مقایسه آن ها با مقادیر موجود در منابع (Adams, 2007) و همچنین مقایسه طیف جرمی آن ها با اطلاعات موجود در کتابخانه داخلی دستگاه GC-MS انجام گرفت.

نتایج

فاکتورهای مورفولوژیکی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در هر چهار سری اندازه گیری، سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته داشت (در سطح ۵

درصد)، اما در سایر صفات از جمله ارتفاع گیاه، قطر ساقه و طول و عرض برگ تفاوت معنی دار نگردید (جدول های ۱ تا ۴). همان گونه که در جدول مقایسه میانگین ها مشاهده می شود، در سری اول نمونه برداری، بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمار کاربرد آبیاری ۲۰٪ FC تولید گردید. با این وجود از لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین تیمارهای ۲۰٪، ۶۰٪ و ۸۰٪ FC مشاهده نشد (جدول ۶). در سری های دوم، سوم و چهارم نمونه برداری، بیشترین تعداد شاخه فرعی را تیمار آبیاری ۸۰٪ FC به ترتیب به تعداد ۱۰، ۱۱/۳۳ و ۱۲/۶۷ شاخه در سری های مختلف، تولید نمود، با این وجود از لحاظ آماری بین تیمارهای ۸۰٪ و ۲۰٪ تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۶).

فاکتورهای فیزیولوژیکی: اندازه گیری میزان کلروفیل برگ و مقاومت روزنه ای فقط در سری چهارم داده برداری، و قبل از برداشت پیکر رویشی گیاه، انجام گرفت و نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد در فاکتور میزان کلروفیل برگ و در سطح ۱ درصد در مقاومت روزنه ای بود (جدول ۴). میزان آب آبیاری تأثیر معنی داری بر مقدار کلروفیل برگ در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین ها نشان دهنده افزایش معنی دار میزان کلروفیل برگ متناسب با کاهش FC بود، به طوری که بیشترین مقدار کلروفیل برگ در تیمار ۲۰٪ FC به میزان ۵۶/۴۳ ثبت گردید. با این وجود از لحاظ آماری دو تیمار ۴۰٪ و ۲۰٪ FC در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۶).

همانگونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده می شود، تنش خشکی تأثیر معنی داری بر مقدار مقاومت روزنه ای داشت (در سطح ۱ درصد). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که با کاهش میزان آب در دسترس گیاه، مقاومت روزنه ای به طور معنی داری

اطلاعات به دست آمده از تجزیه داده‌های آزمایش بیانگر آن بود که تأثیر سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد بر میزان ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اسطوخودوس معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار آلفا-پینن، بتا-پینن و آلفا-کادینول در اسانس گیاهان تحت تیمار آبیاری ۴۰٪ ظرفیت مزرعه و به ترتیب به مقدار ۲/۸۹۳، ۳/۷۵۹ و ۳/۶۵۸ درصد مشاهده شد، که در مقایسه با مقدار ترکیبات مذکور در تیمار ۸۰٪ ظرفیت مزرعه (۱/۵۶۶، ۱/۷۶۷ و ۲/۰۶۳ درصد) به ترتیب بیش از ۴۵، ۵۲ و ۴۳ درصد افزایش نشان داده است (جدول ۷). بالاترین مقدار ۸-سینثولو کامفوردر اسانس گیاهان تحت تیمار رژیم آبیاری ۸۰٪ FC و به مقدار ۴۱/۲۸۴ و ۱۸/۷۶۵ درصد، و بیشترین میزان برنئولدر تیمار ۲۰٪ FC تولید گردیدند (جدول ۷).

افزایش می‌یابد. بیشترین میزان مقاومت روزنه‌ای در تیمارهای ۲۰٪ و ۴۰٪ FC به ترتیب به میزان ۱۱/۱ و ۱۲/۲ و کمترین مقدار آن در تیمار ۸۰٪ FC به میزان ۴/۲۵ مشاهده گردید (جدول ۶).

درصد اسانس: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر آن بود که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر درصد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار اسانس در تیمار ۴۰٪ FC (۲/۶ درصد) حاصل گردید که در مقایسه با تیمار ۸۰٪ FC (۱/۸۵ درصد)، بیش از ۲۸ درصد افزایش نشان می‌دهد (جدول ۶).

ترکیبات اسانس: در اسانس اسطوخودوس ۲۷ ترکیب مختلف شناسایی شد که از آن میان شش ترکیب بیشترین درصد تشکیل‌دهنده اسانس بودند. به همین دلیل داده‌های مربوط به این شش ترکیب آنالیز گردید.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سری اول داده‌برداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	قطر ساقه	شاخه فرعی	طول برگ
تیمار	۳	۲/۴۱۶ns	۱/۴۰۴ns	*۱۶/۳۰۶	۰/۲۲۱ns
خطای آزمایش	۸	۱۸/۵۷۳	۲۴/۳۱۰	۳۸	۱۹۸/۲۰۲
کل	۱۲				۲/۸۴۰

ns * و ** به ترتیب بی معنی، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سری دوم داده‌برداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	قطر ساقه	شاخه فرعی	طول برگ
تیمار	۳	۰/۵۴۸ns	۲/۹۷۲ns	*۲۲	۲۶/۰۰۸ns
خطای آزمایش	۸	۱۲/۸۶۷	۶۵/۴۶۵	۵۴/۶۶۷	۳۵۴/۴۵۹
کل	۱۲				۲/۶۰۰

ns * و ** به ترتیب بی معنی، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سری سوم داده‌برداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	قطر ساقه	شاخه فرعی	طول برگ
تیمار	۳	۱/۱۵۹ns	۴/۳۷۳ns	*۲۶	۲۱/۷۹۱ns
خطای آزمایش	۸	۱۰/۸۳۳	۷۱/۱۲۰	۴۲/۶۶۷	۲۷۱/۴۱۸
کل	۱۲				۲/۵۸۳

ns * و ** به ترتیب بی معنی، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سری چهارم داده برداری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مقاومت روزنه‌ای	میزان کلروفیل	عرض برگ	طول برگ	شاخه فرعی	قطر ساقه	ارتفاع		
۳۹/۳۲۲**	۷۶/۶۸۶**	۱/۸۸۶ns	۱۱۱/۳۴۸ns	*۴۷/۳۳۳	۴/۹۵۲ns	۳۶/۰۸۳ns	۳	تیمار
۱/۳۸۶	۷/۳۶۸	۱۸/۹۳۴	۱۳۶۹/۴۹۱	۸۶/۶۶۷	۸۴/۷۶۰	۲۳۶/۷۸۰	۸	خطای آزمایش
							۱۲	کل

ns* و** به ترتیب بی معنی، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵: تجزیه واریانس درصد اسانسو ترکیبات تشکیل دهنده اسانس

میانگین مربعات						درصد اسانس	درجه آزادی	منابع تغییرات
α -Cadinol	Borneol	Camphor	1,8-Cineole	β -Pinene	α -Pinene			
۰/۹۷۶**	۷/۲۳۰**	۱۰/۵۶۱**	۸/۵۵۷**	۱/۴۶۷**	۰/۶۱۴**	**۰/۲۱۰	۳	تیمار
۰/۰۰۴	۰/۲۳۷	۰/۰۹۶	۱/۲۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۴	خطای آزمایش
							۸	کل

**معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۶: مقایسه میانگین فاکتورهای اندازه گیری شده

داده‌های سری اول							
تیمار	ارتفاع (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	شاخه فرعی (عدد)	طول برگ (میلی متر)	عرض برگ (میلی تر)	درصد اسانس (%)	میزان کلروفیل
۸۰٪	۱۲/۹۳ a	۳/۳۲ a	۸/۰۰ a	۳۶/۰۹ a	۵/۲۳ a		
۶۰٪	۱۳/۰۰ a	۴/۵۷ a	۵/۳۳ab	۳۹/۷۴ a	۵/۲۰ a		
۴۰٪	۱۳/۵۰ a	۴/۰۵ a	۳/۶۶ b	۳۳/۴۰ a	۵/۲۸ a		
۲۰٪	۱۴/۸۷ a	۴/۸۸ a	۸/۶۶ a	۳۸/۰۱ a	۵/۷۷ a		
داده‌های سری دوم							
۸۰٪	۱۴/۶۷ a	۳/۷۱ a	۱۰/۰۰ a	۴۲/۱۳ a	۵/۵۹ a		
۶۰٪	۱۴/۱۷ a	۵/۹۵ a	۴/۰۰ b	۳۹/۳۱ a	۵/۷۹ a		
۴۰٪	۱۵/۰۷ a	۵/۵۲ a	۶/۳۳ab	۳۵/۷۷ a	۴/۹۲ a		
۲۰٪	۱۵/۰۷ a	۵/۵۳ a	۹/۰۰ab	۳۶/۳۲ a	۴/۷۰ a		
داده‌های سری سوم							
۸۰٪	۱۷/۹۷ a	۴/۰۲ a	۱۱/۳۳ a	۴۱/۱۶ a	۵/۱۹ a		
۶۰٪	۱۷/۲۳ a	۶/۸۳ a	۴/۳۳ b	۴۱/۱۵ a	۵/۶۵ a		
۴۰٪	۱۶/۵۰ a	۶/۲۰ a	۶/۳۳ b	۳۶/۹۲a	۵/۷۳ a		
۲۰٪	۱۶/۹۰ a	۵/۸۳ a	۷/۳۳ab	۳۶/۱۲ a	۵/۱۸ a		
داده‌های سری چهارم							
۸۰٪	۲۰/۴۳ a	۴/۸۳ a	۱۲/۶۷ a	۴۲/۸۹ a	۵/۱۰ a	۱/۸۵ c	۴۵/۱۰c
۶۰٪	۱۲/۴۰ a	۳/۰۵ a	۵/۰۰ b	۲۸/۵۲ a	۳/۳۷ a	۲/۰۰bc	۵۰/۴۷b
۴۰٪	۱۸/۶۷ a	۵/۳۳ a	۴/۰۰ b	۳۷/۰۹ a	۴/۹۲ a	۲/۶۰a	۵۴/۷۳ab
۲۰٪	۱۷/۹۳ a	۶/۰۷ a	۹/۰۰ab	۳۳/۱۴ a	۴/۸۱ a	۲/۱۵ b	۵۶/۴۳a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۷: مقایسه میانگین ترکیبات اساسی

تیمار	α -Pinene	β -Pinene	1,8-Cineole	Camphor	Borneol	α -Cadinol
۲۰٪	۲/۴۰۴b	۳/۳۳۳b	۳۸/۳۹۴ab	۱۴/۳۴۴c	۲۰/۱۳۰a	۳/۱۳۸c
۴۰٪	۲/۸۹۳ a	۳/۷۵۹ a	۳۶/۶۳۹b	۱۷/۹۰۴b	۱۵/۴۸۲c	۳/۶۵۸ a
۶۰٪	۲/۱۲۶c	۲/۹۵۶c	۴۰/۳۵۵a	۱۴/۴۶۱c	۱۸/۰۵۸b	۳/۳۸۶b
۸۰٪	۱/۵۶۶ d	۱/۷۶۷d	۴۱/۲۸۴a	۱۸/۷۶۵a	۱۷/۸۸۵b	۲/۰۶۳d

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

بحث

(Chapman and Barreto, 1997). این محققین خاطر

نشان کردند که ضخامت برگ ممکن است با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، رقم و شرایط محیطی تغییر کند. لذا شاید بتوان افزایش کلروفیل در آبیاری کم را از نظر عدد کلروفیل‌متر، به اختلافات موجود در بین تیمارها از نظر ضخامت برگ مرتبط دانست. افزایش عدد SPAD در شرایط تنش همچنین می‌تواند به علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها باشد. ماچادو و پائولسن تغییرات فیزیولوژیکی سریع مانند لوله‌ای شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای را جزء مکانیسم‌های اجتناب از تنش خشکی معرفی کرده‌اند (Machado and Paulsen, 2001).

همانگونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده می‌شود، تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر مقدار مقاومت روزنه‌ای داشته است، عمده تفاوت‌های مشاهده شده در مقاومت روزنه‌ای بین تیمارهای رطوبتی، احتمالاً ناشی از این استراتژی است که گیاه برای اینکه بتواند در مقابل خشکی مقاومت کرده و از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد نهایت استفاده را بکند، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌نماید تا از هدر رفت آب جلوگیری شود. بنابراین با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه‌ای خود را در سطح حداکثر نگه می‌دارد ولی باتداوم دوره خشکی اقدام به تنگ نمودن روزنه‌های خود و در نهایت بستن آنها می‌نماید (Hopkins and Huner,

در بیشتر مطالعات صورت گرفته در رابطه با بررسی تأثیر دور آبیاری و تنش خشکی بر فاکتورهای مورفولوژیکی گیاهان مختلف، مشخص شده است که با کاهش آبیاری تعداد شاخه‌های فرعی نیز کاهش پیدا می‌کند. از جمله این موارد نتیجه آزمایش رزمجو است که با افزایش دور آبیاری از ۲ روز به ۱۰ روز، کاهش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در گیاه بابونه مشاهده گردید که با نتیجه به دست آمده در رابطه با اسطوخودوس مطابقت ندارد (Razmjoo, 2008). آبیاری تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی و در نتیجه تعداد شاخه‌های فرعی گیاهان دارد. با این وجود به دلیل مقاومت بالای اسطوخودوس به تنش خشکی و کم آبی، تفاوت معنی‌داری بین سطح پایین و بالای آبیاری در رابطه با تعداد شاخه فرعی مشاهده نگردید. نتیجه تحقیقی که توسط زولینگر و همکاران انجام شد، نتایج حاصل از تحقیق حاضر را تایید می‌کند (Zollinger et al., 2006).

موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۷) نیز بیان کردند که تنش خشکی موجب افزایش میزان کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه شده است. ایشان با اشاره به وجود رابطه مثبت قوی بین میزان نیتروژن، کلروفیل و SPAD، افزایش عدد کلروفیل‌متر را نشان از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ می‌دانند. همچنین چاپمن و بارتو اظهار داشتند که عدد کلروفیل‌متر تحت تأثیر ضخامت برگ گیاه تغییر می‌کند

خشکی زیاد شد. میزان بتافلاندرن تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار نگرفت، ولی مقدار آلفافلاندرون تحت تأثیر تنش‌های ملایم و شدید کاهش یافت. در پژوهشی دیگر که به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر مکانیسم‌های دفاعی غیرآنزیمی گیاه دارویی کتان انجام گرفت، مشخص شد که میزان آنتوسیانین، ترکیب‌های فنلی و پرولین با افزایش تنش خشکی افزایش یافت و این افزایش معنی‌دار بود. میزان فلاونوئیدها در شرایط تنش خشکی ابتدا افزایش و بعد کمی کاهش یافت، اما به هر حال در مقایسه با شاهد میزان فلاونوئیدها افزایش یافت. میزان کاروتنوئیدها در این آزمایش در برگ گیاه کتان کاهش معنی‌داری را با شاهد نشان داد (قربانلی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده که عموماً تشکیل و تجمع متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات اسانسی، در گیاهان تحت شرایط محیطی خشک افزایش نشان می‌دهد (Abreu and Mazzafera, 2005; Bannayan et al., 2008). در بیان این پدیده هرمز و ماتسون، فرضیه‌ای را با عنوان فرضیه موازنه رشد و تمایز ارائه نمودند و اظهار داشتند که هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد (Herms and Mattson, 1992). به‌عنوان مثال در ریحان بنفش با اعمال تنش خشکی، میزان اسانس برگ گیاه افزایش یافت (Moeini Alishah et al., 2006). اعمال تنش خشکی مقدار منتون، منتول، او ۸ سینئول و لیمونن را در نعناع‌افزایش و میزان کاروون را کاهش داد (Hussein et al., 2014)، درصد اسانس و مقدار کل لیپیدها در مرزنگوش (Rhizopoulos & Diamatoglon, 1991) و لینالول و متیل کایوکول، در ریحان (Moeini Alishah et al., 2006). تحت تأثیر خشکی افزایش یافت. حداکثر درصد هیوسیامین واسکوپولامین در ریشه‌های گیاه بلادون در تنش

در تحقیقی که توسط صالحی و همکاران (۱۳۸۲) انجام گرفت، ثابت شد که در گندم با افزایش تنش خشکی محتوای کلروفیل برگ و مقاومت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که با نتیجه به دست آمده در پژوهش حاضر مطابقت دارد.

نتایج حاصل از مطالعات سایر محققان درخصوص اثر فواصل آبیاری بر تولید متابولیت‌های ثانویه و درصد اسانس مرزه و رزماری نیز مؤید نتایج این آزمایش است، به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری و کاهش ظرفیت زراعی مزرعه، بردرصد اسانس این گیاهان نیز افزوده شده است (Baher et al., 2002). رضائی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۰) گزارش کردند که نوبت آبیاری تأثیر بسیار معنی‌داری بر درصد اسانس زیره سبز داشت. جوانشیر و همکاران (۱۳۸۰) نیز در بررسی اثرات آبیاری بر روی میزان اسانس گیاه دارویی انیسون مشاهده کردند که تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس داشت. همچنین تنش آبی سبب افزایش میزان اسانس در گیاه دارویی ارگانو شده است (Said-Al Ahl et al., 2009).

در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با کشاورزی مشاهده می‌شود که تنش‌های محیطی در گیاهان دارویی اسانس‌دار ضمن افزایشی که در بعضی از ترکیب‌های اسانس ایجاد می‌کنند، سبب کاهش در بعضی دیگر از ترکیبات می‌شوند، گیاه دارویی اسطوخودوس نیز از این امر مستثنی نیست. در تحقیقی که توسط عندلیبی و همکاران (۱۳۹۰) به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی روی کمیت و کیفیت اسانس شوید، اجرا گردید. نتایج نشان داد که میزان آب در دسترس و مراحل رشد اثرات معنی‌داری بر روی کمیت و کیفیت اسانس داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد میزان آپیول در اثر تنش شدید خشکی افزایش چشم‌گیری یافت، در حالی که کاروون تحت تنش‌های ملایم

۳. جوانشیر، ع.، زهتاب، س.، امیدبیگی، ر. و قاسمی گلعداری، ک. ۱۳۸۰. اثرات آبیاری بر روی میزان اسانس و آنتول در گیاه دارویی انیسون. همایش ملی گیاهان دارویی ایران، صفحه ۱۱۹.

۴. حیدری، ن.، پوریوسف، پ.، توکلی، ا. و صبا، ج. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد دانه و تولید اسانس انیسون. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱: ۱۳۲-۱۲۱.

۵. رضایی نژاد، ع.، خادمی، ک. و یاری، م. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر آبیاری و فاصله ردیف بر عملکرد دانه و اسانس زیره سبز در خرم‌آباد. همایش ملی گیاهان دارویی ایران، صفحه ۳۲-۳۳.

۶. صالحی، م.، کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۲. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به‌عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۱(۲): ۲۶-۴۰.

۷. عندلیبی، ب.، زهتاب سلماسی، س.، قاسمی گلعدانی، ک. و صبا، ج. ۱۳۹۰. تغییرات میزان و ترکیب اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) تحت شرایط آبیاری محدود. فصلنامه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲: ۲۷-۱۴.

۸. فاخر باهر، ز.، رضایی، م. ب.، میرزا، م. و عباس‌زاده، ب. ۱۳۸۰. بررسی تغییرات کمی و کیفی اسانس مرزه در تشخیص‌شکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، ۱۱: ۱۲-۲۲.

۹. فروزنده، م.، سیروس مهر، ا.، قنبری، ا.، اصغری‌پور، ع. ر. و خمیری، ع. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح تنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۶۷۰-۴: ۶۷۰-۶۸۷.

شدید خشکی حاصل گردید (Baricevic et al., 1999). همچنین فاخر باهر و همکاران (۱۳۸۰) نشان دادند که ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه مرزه گاما ترپین و کارواکرول است که افزایش تنش موجب کاهش مقدار گاما ترپین در اسانس گردید. روند تغییرات کارواکرول در طی تنش متغیر بوده و حداکثر میزان این ترکیب در تیمارهای تنش ملایم مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آنجا که بیشترین درصد اسانس (۲/۶ درصد)، بیشترین میزان کلروفیل (۵۴/۷۳) و بیشترین مقدار آلفا-پینن، بتا-پینن و آلفا-کادینول، در تیمار آبیاری ۴۰٪ FC حاصل گردید، در صورتی که هدف از کشت اسطوخودوس، استخراج ماده موثره باشد، مناسب‌ترین میزان آبیاری، برای استحصال بیشترین مقدار ماده موثره، آبیاری در ۴۰٪ FC می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به مقاومت بالای این گیاه به کم آبی، می‌توان از آن به‌عنوان یک گیاه فضای سبزی مناسب برای مناطق گرم و خشک بهره برد.

منابع

۱. امید بیگی، ر. ۱۳۸۴. تولید و فراوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی، جلد سوم، ۴۲۳ ص.
۲. امیری ده‌احمدی، س.ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، و احیایی، ح.ر. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد سه گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens*)، گشنیز (*Coriandrum sativum*) و رازیانه (*Foeniculum vulgaris*) در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱: ۱۱۶-۱۲۶.

19. Da Porto, C., Decortia, D. and Kikicb, I. 2009. Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. Food Chemistry. 112(4): 1072-1078.
20. Herms, D.A. and Mattson, W.J. 1992. The dilemma of plants: To grow or defend. Quart. Rev. Biology, 67:283-325.
21. Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd Ed. John Wiley and Sons publication, Hoboken, NJ.
22. Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Hendawy, S.F., EL Gohary, A.E. and Ghazal, G.M. 2014. Response of *Mentha longifolia* to water irrigation intervals. Journal of Mater. Environ. Sciences, 5(4):995-1004.
23. Machado, S. and Paulsen, G.M. 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. Plant and Soil, 223:179-187.
24. Moeini Alishah, H., Heidari, R., Hassani, A., and Asadi Dizaji, A. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Biological Science. 6(4): 763-767.
25. Razmjoo, KH., Heydarizadeh, P. and Sabzalian, MR. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. International Journal of Agri. Biology, 10(4): 23-28.
26. Rhizopoulous, S. and Diamatoglou, S. 1991. Water stress induced diurnal variations in leaf water relations, stomatal conductance, soluble sugars, lipids and essential oil content of *Origanum majorana* L. Journal of Horticultural Science, 66(1):119-125.
27. Said-Al Ahl, HAH., Omer, E.A., and Naguib, N.Y. 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. Int. Agrophysics 23: 269-275.
28. Sánchez-Blanco, J., Ferrández, T., Navarro, A., Bañon, S. and Alarcón, JJ., 2004. Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. Journal of Plant Physiology, 161(10): 1133-1142.
29. Zollinger, N., Kjelgren, R., Cerny-Koenig, T., Koppa, K. and Koenig, R. 2006. Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. Scientia Horticulture, 109(3): 267-274.
۱۰. قربانلی، م.، بخشی خانیکی، غ. و ذاکری، ا. ۱۳۹۰. بررسی اثر تنش خشکی بر ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کتان. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۵۴: ۶۵۹-۶۴۷.
۱۱. کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۹۱. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۰ ص.
۱۲. موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و برزگر، م. ۱۳۸۷. اثر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی روی و منگنز بر محتوا و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه در دو ژنوتیپ گلرنگ پاییزه. خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲۸-۳۰ مرداد ماه. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. صفحه ۲۱۶.
13. Abreu, I.N. and Mazzafera, P. 2005. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiology and Biochemistry, 43: 241-248.
14. Adams, R.P. 2007. Identification of essential oils components by gas Chromatography /quadrupole mass spectroscopy. Carol Stream, IL: Allured Publishing, 804 pp.
15. Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, MB. 2002. The influence of water stress on plant height, herb and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavor Fragrance Journal, 17:275-277.
16. Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
17. Baricevic, D., Umek, A., Kreft, S., Maticic, B. and Zupancic, A. 1999. Effect of water stress and nitrogen fertilization on the content of hyoscyamine and scopolamine in root of deadly nightshade (*Atropa belladonna*). Environmental Botany, 42: 17-24.
18. Chapman, S.C. and Barreto, H.J. 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agronomy Journal, 89:557-562.