Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
۹۴۳-۹۵۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1081.1216

# بررسی تأثیر سطوح تنش رطوبتی بر عملکرد، میزان اسانس و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه زوفایی (*Thymbra spicata* L.)

**فاطمه ملک ملکی[1*]، نصرت اله عباسی[2]، ابراهیم شریفی عاشورآبادی[3]، مهرشاد براری[2]، محمدجواد زارع[2]**

۱. دانشجوی اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
۲. عضو هیئت‌علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. دانشیار، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی

**تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۵**

**چکیده**

**هدف انجام این آزمایش بررسی تغییرات عملکرد بوته، اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ دو اکوتیپ گیاه داروئی زوفایی به اعمال تنش رطوبتی بود. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام انجام گرفت. کرت‌های اصلی شامل سه سطح تنش رطوبتی (آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید) و کرت‌های فرعی دربرگیرنده فاکتور فرعی شامل دو اکوتیپ گیاه زوفایی بود. نتایج آزمایش نشان داد که سطوح مختلف تیمارهای تنش رطوبتی بر صفات موردبررسی ازجمله عملکرد خشک برگ و بوته، درصد و عملکرد اسانس، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و رنگیزه‌های فتوسنتزی تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که افزایش فاصله آبیاری از آبیاری نرمال تا تنش شدید سبب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مذکور شد. بیشترین عملکرد خشک برگ، بوته، شاخص سطح برگ و کلروفیل a در تیمار آبیاری نرمال و بیشترین میزان درصد و عملکرد اسانس، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در تیمار تنش ملایم حاصل گردید. با توجه به یافته‌های آزمایش اکوتیپ ملکشاهی ازنظر عملکرد خشک برگ و بوته، درصد و عملکرد اسانس نسبت به اکوتیپ سومار برتری داشت. نتیجه بررسی دوساله آزمایش نشان داد که طی سال دوم به دلیل افزایش ارتفاع و شاخص سطح برگ بوته‌ها، میانگین صفاتی از قبیل عملکرد خشک برگ و بوته و عملکرد اسانس ۱/۷ درصد نسبت به سال اول آزمایش افزایش نشان داد. ازآنجاکه دو اکوتیپ مورد آزمایش در طبیعت به‌صورت خودرو بوده و با شرایط اقلیمی ناپایدار و نامنظم بارشی سازگاری یافته‌اند، بنابراین اعمال آبیاری منظم در کشت آن‌ها به‌صورت زراعی در مقایسه با ایجاد محدودیت آبی ملایم موجب پاسخ منفی این گیاه ازنظر درصد و عملکرد اسانس و سایر خصوصیات رشدی می‌گردد که در مدیریت زراعی آن باید در نظر گرفته شود.**

***واژه‌های کلیدی: آبیاری، رنگیزه‌های فتوسنتزی، زوفایی، عملکرد خشک.***

## مقدمه

آب از دیرباز عامل توسعه بوده است و کشاورزی به‌واسطه آب صورت گرفته است. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تولید بالقوه و واقعی محصولات کشاورزی رابطه بسیار نزدیکی با آب دارد (Kamkar and Mahdavi Damghani, 2012; Haidari et al, 2014). آب در کشاورزی ایران که مناطق خشک و نیمه‌خشک اکثریت اراضی آن را تشکیل می‌دهد، از اهمیت زیادی برخوردار است و به‌عنوان یک عامل محدودکننده تولیدات کشاورزی باید دقیقاً موردبررسی قرار گیرد، مدیریت آب در مزرعه شامل؛ برنامه زمان‌بندی آبیاری، یکنواختی توزیع آب، کم‌آبیاری، مدیریت آب‌های شور و غیره است (Koocheki and Khajeh Hosseini, 2008). یکی از

* نگارنده پاسخگو: فاطمه ملک ملکی. پست الکترونیک: f.malekmaleki@ilam.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

راهکارهای موجود برای سازگاری به شرایط خشک استفاده از گیاهان دارویی بومی موجود در مناطق خشک به‌عنوان جایگزینی برای محصولات زراعی متداول است. دارا بودن پتانسیل رشد تحت شرایط تنش خشکی و ارزش اقتصادی بالای برخی از گیاهان دارویی و معطر سازگار به این مناطق، آن‌ها را جایگزین مناسبی برای محصولات زراعی در بوم نظام‌های زرعی مناطق خشک می‌نماید (Kafi and Mahdavi Damghani, 2007).

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشند. بر اساس بررسی انجام‌شده نزدیک به ۵۶۹ جنس گیاهان دارویی در ایران وجود دارد که ۱۱۶ جنس با ۸۳۶ گونه از آن‌ها جزء گیاهان معطر و بودار است (Mozaffarian, 2012). واردکردن گیاهان دارویی و معطر به نظام‌های کشاورزی از سده‌های پیش آغاز شده است و در سال‌های اخیر سرعت قابل‌توجهی یافته است (Tabrizi and Koocheki, 2015) گیاه زوفایی (*Thymbra spicata* L.) از جنس تیمبرا (Thymbra) به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) تعلق دارد. زوفایی از گیاهان دارویی و آروماتیک بومی استان ایلام و یکی از ۲۰ گونه گیاهی است که در کتاب سرخ ایران در لیست گونه‌های در حال انقراض قرارگرفته است، این گیاه علاوه بر ایران دارای دامنه پراکنش وسیعی در نواحی مدیترانه‌ای، ازجمله کشورهای عراق، لبنان، ترکیه، قسمت‌های اروپای شرقی، یونان، ایتالیا، اسپانیا و افریقا است (Miceli et al, 2006; Daneshvar Royandezagh et al, 2009; Kizil, 2010; Markovic et al, 2011; Barakat et al, 2013; Kizil et al, 2015). این گیاه به‌صورت بوته‌های چندساله در مناطق کوهستانی، تپه‌ها و مناطق آفتابی باز و در نواحی نیمه‌خشک و گرم و کوهستانی و در ارتفاعات ۴۲۰ تا ۱۱۶۰ متری استان رویش دارد (Nadery et al, 2017). از مهم‌ترین ترکیبات این گیاه دارویی کارواکرول (۳۴/۹ درصد)، گاماترپینن (۲۵/۶ درصد)، پاراسیمن (۹/۱ درصد)، آلفا ترپینن (۶/۹ درصد)، توجن (۵/۲ درصد)، ترنس کاریوفیلن (۵/۱ درصد) و بتا میرسن (۴/۸ درصد) گزارش شده است (Kilic, 2006). اسانس گیاه به دلیل وجود ترکیبات فنولی خاصیت ضد میکروبی، ضد قارچی و ضد باکتریایی دارد (Burt, 2004, Kilic, 2006; Dogan et al, 2007; Barakat et al, 2013; Usal et al, 2015; Toncer et al, 2016). از اسانس گیاه به‌صورت گسترده‌ای در صنایع تولید عطر، تولید غذا، شکلات، چاشنی، تهیه نوشیدنی، خمیردندان، دهان‌شویه و در صنایع آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. جوشانده گیاه به‌عنوان داروی ضد سرماخوردگی و ضد میکروب استفاده می‌شود (Sarac et al, 2009; Inan et al, 2011; Kizil et al, 2015).

نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تجمع اسیدهای آمینه، کاهش کلروفیل، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و تغییر در ساختار پروتئین‌ها خواهد شد (Gorgini Shabankareh et al, 2016). در بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر برخی فاکتورهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی اسانس در گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula anagustifolia* L.) گزارش شد که سطوح مختلف آبیاری بر تعداد شاخه فرعی، درصد اسانس، میزان کلروفیل، مقاومت روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری داشت به‌نحوی‌که بیشترین مقدار این فاکتورها در تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (Zarabi et al, 2014). در بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) گزارش شد که با افزایش تنش رطوبتی ارتفاع، طول و عرض برگ، عملکرد خشک برگ و اندام‌های هوایی گیاه کاهش، ولی درصد اسانس افزایش یافت. همچنین تنش خشکی شدید باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل a و کلروفیل کل شد ولی مقدار کلروفیل b افزایش یافت (Ardakani et al, 2008; Abbaszadeh et al, 2008).

در بررسی عملکرد اکوتیپ‌های مختلف آویشن دنایی و آویشن زراعی مشاهده شد که اکوتیپ‌های موردبررسی ازنظر عملکرد خشک و تر بوته، ارتفاع، شاخص سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین، قطر تاج پوشش میزان اسانس تفاوت معنی‌داری داشتند (Aflakian et al, 2012; Rezaei et al, 2016). در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر اکوتیپ‌های مختلف گیاه آویشن دنایی گزارش شد که اکوتیپ‌ها ازنظر عملکرد ماده خشک و درصد اسانس اختلاف معناداری داشتند (Khorshidi, 2016).

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اهمیت موضوع کمبود آب در بخش کشاورزی و لزوم توجه به مدیریت این موضوع از طریق کاشت گیاهان جایگزینی که بومی مناطق خشک هستند و ارزش اقتصادی بالایی را دارا می‌باشند، در این پژوهش سعی شده است شرایط تنش رطوبتی بر عملکرد، تولید اسانس و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو اکوتیپ از گیاه دارویی زوفایی از گیاهان دارویی بومی استان ایلام در شرایط زراعی موردبررسی قرار داده شود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام واقع در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه با ۱۱۷۴ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. آب‌وهوای منطقه معتدل نیمه مرطوب با تابستان گرم و زمستان ملایم و مرطوب با متوسط بارندگی سالانه ۶۰۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت منطقه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به نتایج جدول (۱) وضعیت خاک مزرعه ازنظر بافت خاک دارای بافت سیلتی- لومی و pH آن قلیایی بود.

این آزمایش به‌صورت کرت خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در دو سال اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس (A) و فاکتور فرعی نیز شامل دو اکوتیپ گیاه زوفایی (ملکشاهی و سومار) بود.

**جدول ۱. ویژگی‌های خاک مزرعه**

**Table 1. Soil properties of the location**

| بافت خاک Soil texture | شوری Salinity ($dS.m^{-1}$) | pH | کربن آلی O.C (%) | رس Clay (%) | لای Loam (%) | شن Sand (%) | نیتروژن Total N (%) | فسفر $P_2O_5$ (ppm) | پتاسیم $K_2O$ (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سیلتی- لومی Silty loam | 0.26 | 7.39 | 1.74 | 27 | 58 | 15 | 0.18 | 4.94 | 356.26 |

کاشت زوفایی ابتدا در بهمن‌ماه در شرایط گلخانه انجام گرفت. نشاهای تولیدی سپس در اردیبهشت‌ماه سال بعد به مزرعه انتقال داده شدند. کاشت گیاه در مزرعه به‌صورت ردیفی با فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. هر کرت آزمایش دارای چهار خط کاشت به طول دو متر بود. در طول فصل رویشی عملیات مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در سه نوبت طی سال اول و دوم کاشت انجام گرفت. در سال اول آزمایش تا زمان استقرار مناسب بوته‌ها در خاک آبیاری به‌صورت منظم و هر هفت روز یک‌بار به روش کرتی انجام گرفت. سپس نسبت به اعمال تنش خشکی با توجه به سطح تعریف‌شده تبخیر از تشتک تبخیر اقدام شد که برای این منظور نسبت به قرائت روزانه سطح تشتک تبخیر اقدام و با رسیدن به سطح تبخیر موردنظر نسبت به اعمال آبیاری تیمار مربوطه اقدام گردید. قبل از انجام آبیاری نسبت به تهیه نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری اقدام و با استفاده از توزین نمونه‌های تر و خشک، رطوبت وزنی خاک هر کرت محاسبه گردید. سپس با توجه به میزان رطوبت موجود در خاک نسبت به آبیاری و افزایش رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی با استفاده از کنتور اقدام گردید.

نمونه‌برداری و یادداشت‌برداری از گیاه در سال اول و دوم زراعی در زمان ورود گیاه به فاز گلدهی انجام گرفت. صفات موردانداز‌ه‌گیری در این آزمایش شامل؛ ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد خشک برگ و بوته، درصد و عملکرد اسانس، میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ بودند. جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ نمونه‌ها از دستگاه مساحت سنج دیجیتال (CI-203CA Conveyor Attachment) استفاده شد. به‌منظور محاسبه عملکرد ماده خشک شاخساره با در نظر گرفتن حاشیه‌ها مساحت یک مترمربع از گیاه در نظر گرفته شد که نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت (تا زمانی که وزن خشک گیاه ثابت بماند) در آون قرار گرفت، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت استخراج اسانس، نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در سایه و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، خشک و نسبت به آسیاب برگ آن‌ها اقدام شد، سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار ۴۰ گرم از پودر برگ هر نمونه جدا و اسانس گیاه با استفاده از روش تقطیر با آب (Water distillation) با دستگاه اسانس گیر کلونجر استخراج گردید. برای رطوبت‌زدایی آب اسانس، از سولفات سدیم استفاده شد. برحسب وزن خشک گیاه درصد اسانس و از حاصل‌ضرب درصد اسانس در وزن خشک برگ، عملکرد اسانس محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید، ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه به همراه ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شد و پس از صاف کردن، جذب آن‌ها با اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و غلظت رنگیزه‌ها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر با روش لیچتنتالر (Lichtenthaler, 1987) محاسبه گردید. برای تجزیه آماری ابتدا آزمون بارتلت جهت همگنی داده‌ها انجام سپس تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

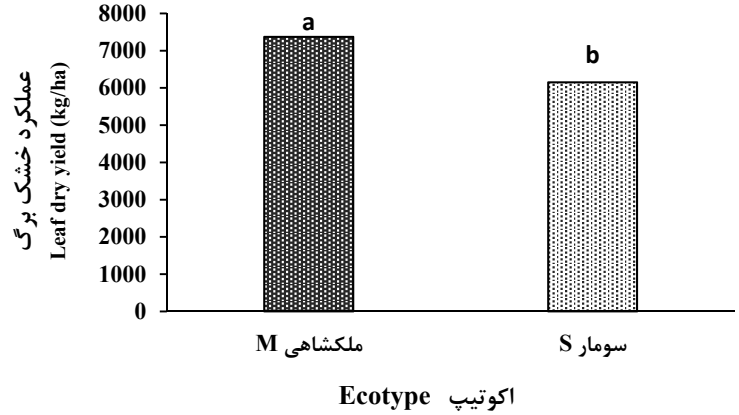
## نتایج و بحث

### *عملکرد خشک برگ و بوته*

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ و همچنین اثرات متقابل سال و تنش رطوبتی، تنش رطوبتی و اکوتیپ و سال و اکوتیپ به ترتیب بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار شدند (جدول ۲).

بر اساس نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین میزان عملکرد خشک برگ به ترتیب در سطوح تنش رطوبتی ملایم (۸۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) و آبیاری نرمال (۸۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم کاشت به دست آمد، به‌طوری‌که میانگین عملکرد در این تیمارها ۱/۶ تا ۱/۸ برابر سال اول بود (جدول ۴). با توجه به شکل ۱ مشاهده شد که بیشترین عملکرد خشک برگ (۷۳۶۹ کیلوگرم در هکتار معادل ۵۴/۵۱ درصد کل تولید) در تیمار ملکشاهی به دست آمده است. میزان افزایش عملکرد اکوتیپ ملکشاهی نسبت به سومار ۹/۰۲ درصد بود.

نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که اعمال تنش ملایم رطوبتی بر گیاهان باعث تحریک ریشه‌زایی و قوی‌تر شدن سیستم ریشه‌ای آن‌ها می‌شود درنتیجه نسبت حجم ریشه آن‌ها افزایش‌یافته و موجب می‌شود نسبت به گیاهانی که در شرایط رطوبتی بهتری کاشته شده‌اند از آب و مواد معدنی به‌صورت بهینه‌تری استفاده کنند (Kafi and Mahdavi Damghani, 2007; Bahreininejad et al, 2014). افزایش عملکرد گیاه زوفایی در شرایط تنش رطوبتی ملایم نیز می‌تواند به این عوامل مرتبط باشد. در بررسی دیگری گزارش‌شده است که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع، وزن تازه و خشک گیاه دارویی مرزه ۳۱ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت (Baher et al, 2002). در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه آویشن کوهی گزارش شد که تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک، سطح برگ و سرعت رشد محصول شد (Bahreininejad and Razmjoo, 2014).




**شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اکوتیپ بر عملکرد خشک برگ در گیاه زوفایی. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.**

**Fig. 1. Mean comparison for the effect of ecotype on leaf dry yield (kg/ha) in *Thymbra spicata*. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05). M:malekshahi ecotype, S: Sumar ecotype.**

www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۲. تجزیه مرکب اثر سطوح مختلف سطوح رطوبتی و اکوتیپ بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه زوفایی (*Thymbra spicata*) در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶**

**Table 2. Combined analysis for water stress and ecotype effect on some morphological and physiological parameters of *Thymbra spicata* under two years (2016-2017)**

| Sources of variance | منابع تغییر | درجه آزادی df | ارتفاع بوته Plant height | شاخص سطح برگ Leaf area Index | عملکرد خشک برگ Leaf dry yield | عملکرد خشک بوته Plant dry yield | عملکرد اسانس Essential oil yield |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication (R) | تکرار | 2 | 11.88 | 1.27 | 732146 | 2025309 | 10391 |
| Year (Y) | سال | 1 | 235.1** | 531.62** | 211093778** | 390457600** | 100799** |
| Water stress (WS) | تنش رطوبتی | 2 | 75.89** | 4.39** | 2865455* | 1641444* | 35540** |
| Y* WS | سال× تنش رطوبتی | 2 | 58.52* | 3.20** | 2224436** | 4318282** | 3220$^{ns}$ |
| Ea | اشتباه اصلی | 8 | 16.68 | 0.0304 | 220224 | 380736 | 6551 |
| Ecotype (E) | اکوتیپ | 1 | 132.2** | 3.80** | 6779427** | 13389744** | 18826** |
| WS*E | تنش رطوبتی ×اکوتیپ | 2 | 2.85 $^{ns}$ | 2.58* | 932387** | 1803681* | 1519* |
| Y *E | سال × اکوتیپ | 2 | 0.694 $^{ns}$ | 5.9** | 1094953* | 4152900** | 61.95 $^{ns}$ |
| Y *WS*E | سال ×تنش رطوبتی× اکوتیپ | 2 | 3.027 $^{ns}$ | 2.02* | 621839$^{ns}$ | 1534824* | 86.04 $^{ns}$ |
| Eb | اشتباه فرعی | 12 | 0.861 | .375 | 203482 | 299991 | 265.76 |
| CV (%) | ضریب تغییرات (٪) | - | *3.38* | *13.5* | *8.6* | *8.1* | *9.23* |

**Table 2. Continued** **جدول ۲. ادامه**

| Sources of variance | منابع تغییر | درجه آزادی df | درصد اسانس Essential oil percentage | کلروفیل a Chlorophyll a | کلروفیل b Chlorophyll b | کلروفیل کل Total chlorophyll | کاروتنوئید Carotenoids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication (R) | تکرار | 2 | 0.322 | 2.11 | 0.312 | 3.99 | 0.048 |
| Year (Y) | سال | 1 | 0.928 $^{ns}$ | 476.61** | 17.54$^{**}$ | 675.3$^{**}$ | 3.42** |
| Water stress (WS) | تنش رطوبتی | 2 | 3.39 ** | 9.89** | 0.878* | 16.55* | 0.448* |
| Y* WS | سال× تنش رطوبتی | 2 | 0.854 $^{ns}$ | 12.62** | 0.563 $^{ns}$ | 17.97* | 0.077 $^{ns}$ |
| Ea | اشتباه اصلی | 8 | 0.403 | 1.54 | 0.332 | 3.06 | 0.0425 |
| Ecotype (E) | اکوتیپ | 1 | 2.51** | 3.57 ns | 0.152 $^{ns}$ | 5.25 $^{ns}$ | 0.0427 $^{ns}$ |
| WS*E | تنش رطوبتی ×اکوتیپ | 2 | 0.128 $^{ns}$ | 0.441 $^{ns}$ | 0.204 $^{ns}$ | 1.31 $^{ns}$ | 0.160 $^{ns}$ |
| Y *E | سال × اکوتیپ | 2 | 0.246 $^{ns}$ | 8.07* | 1.18 * | 15.52* | 0.327* |
| Y *WS*E | سال ×تنش رطوبتی× اکوتیپ | 2 | 0.293 $^{ns}$ | 10.54** | 1.09* | 18.42* | 0.160 $^{ns}$ |
| Eb | اشتباه فرعی | 12 | 0.256 | 1.39 | 0.241 | 2.70 | .066 |
| CV (%) | ضریب تغییرات (٪) | - | *16.23* | *11.48* | *17* | *12.48* | *12.89* |

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

*, ** and ns: significant at 0.05, 0.01 levels, and not significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

در سال دوم آزمایش عواملی همچون؛ استقرار مناسب بوته‌ها در خاک، تطبیق با شرایط آب و هوایی منطقه، استفاده بهتر از نور و درجه حرارت محیط، گسترش عمیق ریشه‌ها در خاک، سبب شد گیاه عملکرد بیشتری نسبت به سال اول آزمایش تولید کند.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها اثرات متقابل سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ بر عملکرد خشک بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ مشاهده شد که بیشترین میزان عملکرد خشک بوته طی سال دوم آزمایش و در سطوح آبیاری نرمال و تنش ملایم و اکوتیپ ملکشاهی (با میانگین تولید ۱۲۲۲۶ و ۱۱۴۶۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل‌شده است. میزان افزایش تولید در این تیمارها طی سال دوم بین ۱/۲ تا ۱/۵ برابر سال اول آزمایش بود (جدول ۵).

علت افزایش عملکرد خشک برگ و بوته در سال دوم آزمایش می‌تواند به دلیل استقرار بهتر بوته‌ها در مزرعه و استفاده از مواد ذخیره‌شده در اندام‌های زیرزمینی و همچنین بهره‌گیری از درجه حرارت و نور در طول فصل رشد نسبت به سال اول آزمایش بوده باشد. نتایج حاصل‌شده با یافته‌های افلاطونی (Aflatuni, 2005)، اکبری نیا و همکاران (Akbarinia et al, 2010)و سپهوند و همکاران (Sepahvand et al, 2016) مطابق می‌کند. نتایج بررسی اثر سه دور آبیاری ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز بر گیاه دارویی اسطوخدوس (*Lavandula angustifoli*)، زوفا (*Hyssopus officinalis*) و رزماری (*Rosemarinus officinalis*) در شرایط آب و هوایی مشهد نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری، از عملکرد اندام هوایی گیاهان کاسته شد (Koocheki and Sabet teimuori, 2011). در بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد اکوتیپ‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) در سه سطح آبیاری (۸۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌عنوان آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید) گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به آبیاری نرمال و تیمار تنش ملایم و کمترین آن نیز مربوط به تنش شدید بود (Ahmadi Khandangholi et al, 2017). در بررسی عملکرد یازده اکوتیپ آویشن دنایی، مشخص شد که اکوتیپ بر عملکرد خشک و تر بوته، ارتفاع، شاخص سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد گل در بوته، قطر تاج پوشش تأثیر معنی‌داری داشت (Aflakian et al, 2012). کاهش در عملکرد خشک برگ و بوته با افزایش شدت تنش رطوبتی می‌تواند به دلیل کاهش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ گیاهان این تیمارها باشد که درنهایت منجر به کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک در گیاه شده است.

### *درصد و عملکرد اسانس*

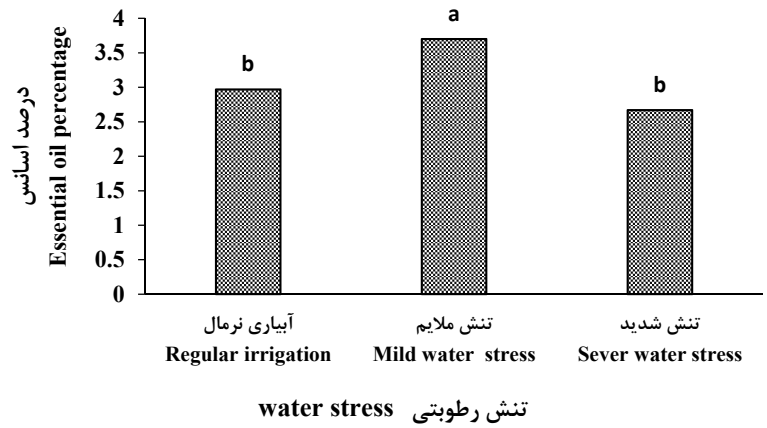
نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده تنش رطوبتی و اکوتیپ بر صفت درصد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین مشاهده شد که عملکرد اسانس تحت تأثیر اثرات ساده سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل تنش رطوبتی و اکوتیپ در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). ازنظر درصد اسانس تولیدی مشاهده شد که تیمار تنش رطوبتی ملایم با میانگین تولید ۳/۱۷ درصد نسبت به آبیاری نرمال و تنش شدید برتری نشان داد (شکل ۲). بین اکوتیپ‌های موردبررسی نیز، اکوتیپ ملکشاهی با میانگین تولید ۳/۳۸ درصد نسبت به اکوتیپ سومار، درصد اسانس بالاتری را تولید نمود (شکل ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی و اکوتیپ بر میزان عملکرد اسانس نشان داد که بیشترین میزان این شاخص (میانگین ۲۵۷ کیلوگرم در هکتار) معادل با ۲۴ درصد کل تولید در تیمار تنش رطوبتی ملایم و اکوتیپ ملکشاهی و کمترین میزان آن (۱۰۲ کیلوگرم در هکتار) معادل با ۱۲ درصد کل تولید در تیمار تنش رطوبتی شدید و اکوتیپ سومار حاصل شده است (جدول ۳). نتایج حاصله از کاشت دوساله گیاه نشان داد که عملکرد اسانس در سال زراعی دوم به دلیل افزایش عملکرد خشک برگ و شاخص سطح برگ افزایش معنی‌داری یافته است (شکل ۴).

در ارزیابی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گزارش شد که از بین تیمارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بالاترین میزان عملکرد دانه، روغن، اسانس و کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی حاصل گردید و با افزایش تنش آبی میزان عملکرد دانه، روغن اسانس و کارایی مصرف آب کاهش یافت (Ghamarnia et al, 2012).

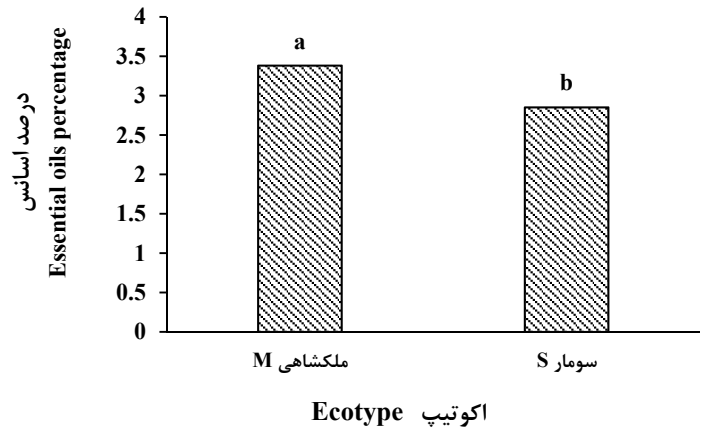
www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تنش رطوبتی بر درصد اسانس در گیاه زوفایی. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند**

**Fig. 2. Mean comparison for the effect of water stress on essential oil percentage in *Thymbra spicata*. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05).**



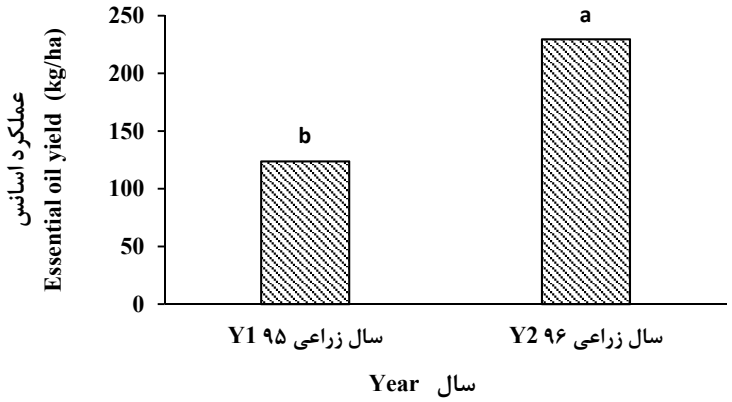

**شکل ۳. مقایسه میانگین اثر اکوتیپ بر درصد اسانس در گیاه زوفایی. میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.**

**Fig. 3. Mean comparison for the effect of Ecotype on essential oils percentage in *Thymbra spicata*. Means with different letters are significantlydifferent based on LSD test (p≤0.05). M: Malekshahi ecotype, S: Sumar ecotype.**

در پاسخ به تنش کم‌آبی در اکوتیپ‌های مختلف گیاه آویشن دنایی گزارش شد که اکوتیپ‌ها ازنظر عملکرد ماده خشک و درصد اسانس اختلاف معنی‌داری داشتند (Khorshidi et al, 2016). بررسی تنوع مورفولوژیکی و میزان اسانس چندگونه آویشن (*Thymus* sp.) نشان داد که تفاوت معنی‌داری ازنظر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس در بین جمعیت‌های مختلف آویشن مشاهده گردید (Rezaei et al, 2016). در آزمایش بررسی عملکرد دارویی، اسانس و کارواکرول دو گونه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) و (*Satureja rechingeri* Jamzad) کشت‌شده در دو مکان متفاوت گزارش شد که مکان و ژنوتیپ بر عملکرد اسانس تأثیر معنی‌داری داشتند. تفاوت در تولید اسانس می‌تواند به این دلیل باشد که این عامل در گیاه علاوه بر سازگاری با فاکتورهای محیطی به عوامل ژنتیکی نیز بستگی دارد (Nooshkam et al, 2017). نتایج حاصل‌شده در این بررسی با یافته‌های این محققان مطابقت می‌نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

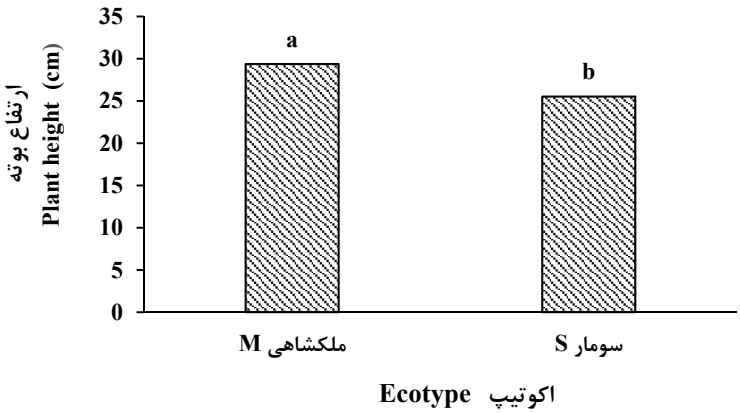



**شکل ۴. مقایسه میانگین عملکرد اسانس بوته (کیلوگرم در هکتار) گیاه زوفایی در دو سال زراعی. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند**

**Fig. 4. Mean comparison for essential oil yield (Kg/ha) in *Thymbra spicata* in two years. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05). Y1: 2016, Y2: 2017 years.**

### *ارتفاع بوته*

بر اساس جدول تجزیه واریانس مرکب اثر ساده سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل سال و تنش رطوبتی بر این صفت در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که از بین سطوح مختلف تنش رطوبتی، بوته‌های تحت تیمار آبیاری نرمال در دو سال زراعی بالاترین میزان ارتفاع بوته را داشتند که از این نظر با تیمار تنش ملایم در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. مقایسه میانگین ارتفاع بوته در دو سال زراعی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۳۰/۶۶ سانتی‌متر) در سال زراعی دوم حاصل‌شده است. از بین اکوتیپ‌های موردبررسی اکوتیپ ملکشاهی با میانگین ارتفاع بوته (۲۹/۳۶ سانتی‌متر) بر اکوتیپ سومار برتری داشت (شکل ۵). افزایش ارتفاع در تیمار آبیاری نرمال به دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای برای استفاده از آب و مواد غذایی ذکرشده است (Mohammadi et al, 2005). در شرایط تنش خشکی کاهش فشار تورگر منجر به کاهش جذب آب و محتوای آب بافت شده و درنتیجه از رشد طولی سلول و گیاه جلوگیری می‌کند. همچنین جذب عناصر غذایی لازم و فتوسنتز کافی برای تقسیم سلولی انجام نمی‌گیرد (Baghalian et al, 2011).




**شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اکوتیپ بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در گیاه زوفایی. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند**

**Fig 5. Mean comparison for the effect of ecotype on plant height (cm) in Thymbra spicata. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05). M: malekshahi ecotype, S: Sumar ecotype**

www.SID.ir

Archive of SID

### شاخص سطح برگ

اثر متقابل سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان می‌دهد که با افزایش سطح تنش، شاخص سطح برگ گیاه کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در سال دوم آزمایش بیشترین مقدار این شاخص (۱۰/۷۵) در تیمار آبیاری نرمال و اکوتیپ ملکشاهی و کمترین میزان آن (۶/۹۲) نیز در تیمار تنش شدید رطوبتی و اکوتیپ سومار حاصل شده است. مقایسه میانگین داده‌های دوساله نشان داد که میزان افزایش شاخص سطح برگ گیاه در سال دوم بین ۱ تا ۱/۶ درصد بوده است (جدول ۵). گزارش شده است که تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود و رشد و نمو گیاهان دارویی نیز مانند سایر گیاهان تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Jahan et al, 2015). بحرینی نژاد و همکاران (Bahreininejad et al, 2014) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه آویشن کوهی گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک و سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان درجه روزرشد موردنیاز تا تمامی مراحل فنولوژیک گردید. شریفی عاشورآبادی و همکاران (Sharifi Ashoorabadi et al, 2009) گزارش دادند که کاشت گیاه بومادران به‌صورت دیم و اعمال تنش شدید آب، به کاهش سطح برگ، کاهش سرعت رشد گیاه و کاهش تولید ماده خشک منجر گردید.

### رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات متقابل دوگانه (سال و اکوتیپ) و اثرات متقابل سه‌گانه (سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ) بر صفات کلروفیلa ، b و کل بود (جدول ۲). نتایج حاصل از شکل ۶ نشان می‌دهد که در سال اول آزمایش با افزایش تنش رطوبتی میزان کلروفیل a کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیلa (۳۸/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۱۸ درصد کل تولید، در تیمار آبیاری نرمال و اکوتیپ ملکشاهی حاصل گردید که از این نظر اختلاف معنی‌داری بین سطوح آبیاری نرمال و تنش ملایم مشاهده نشد. طی سال دوم آزمایش بیشترین مقدار این رنگیزه (۹/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۲۵ درصد کل تولید در تیمار تنش ملایم و اکوتیپ سومار مشاهده گردید. ازنظر میزان کلروفیل b بین تیمارهای تنش رطوبتی در سال زراعی اول بیشترین مقدار این رنگیزه (۴/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۱۹ درصد کل تولید در سطح تنش ملایم و اکوتیپ ملکشاهی و طی سال دوم آزمایش بیشترین میزان این رنگیزه (۳/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۲۵ درصد کل تولید در تیمار تنش ملایم و اکوتیپ سومار مشاهده گردید.

در خصوص کلروفیل کل نیز مشاهده می‌شود طی سال اول آزمایش بیشترین میزان آن (۱۹/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۱۸/۵ درصد تولید در سطح تنش ملایم و اکوتیپ ملکشاهی و طی سال دوم نیز بالاترین مقدار این رنگیزه (۱۳/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) معادل با ۲۵ درصد کل تولید در تیمار سطح تنش ملایم و اکوتیپ سومار حاصل شد. نتیجه بررسی میزان تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی در دو سال نشان داد که بین سطوح آبیاری نرمال و تنش ملایم اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد همچنین سطح تولیدی این رنگیزه در سال زراعی اول نسبت به سال زراعی دوم بیشتر بود.

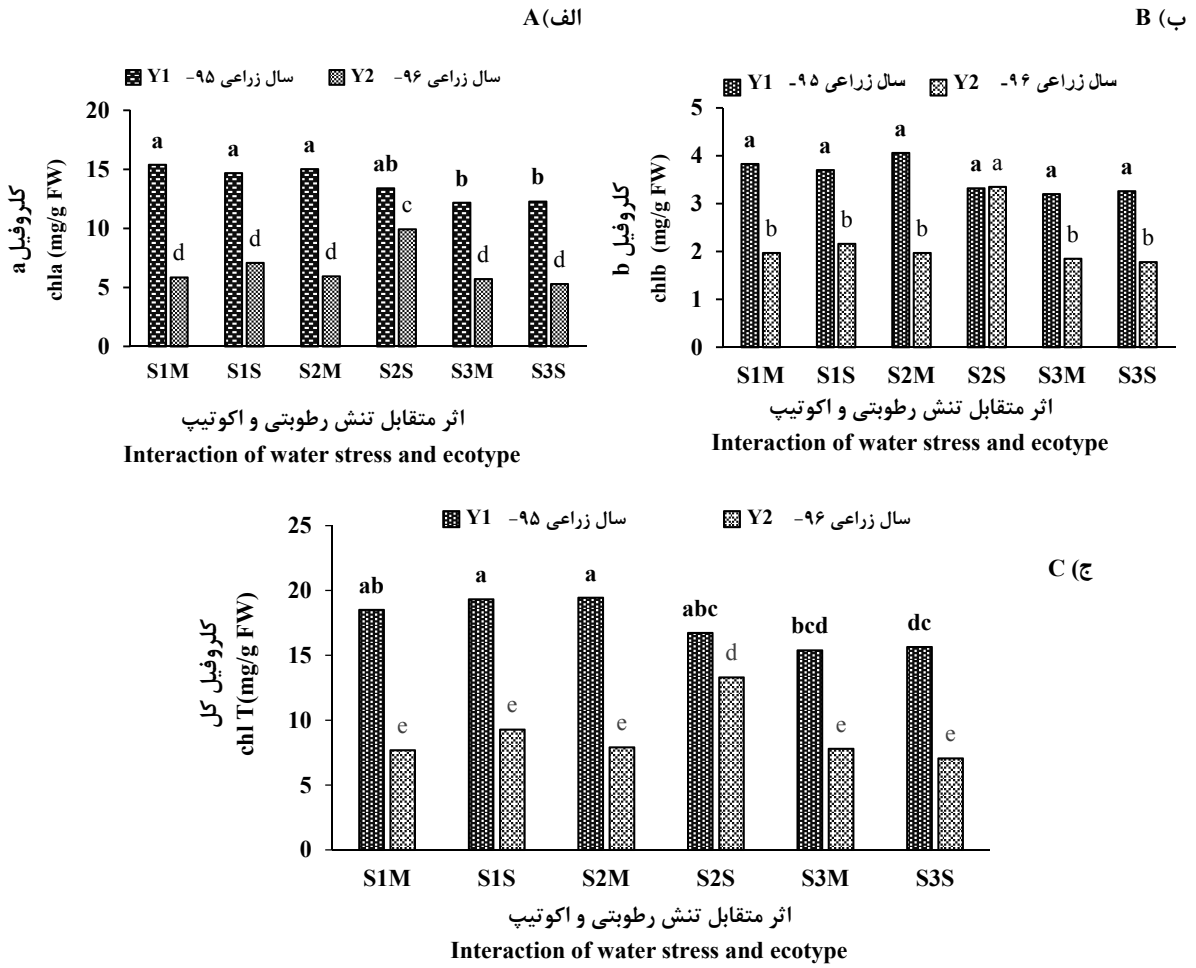
در بررسی سطوح تنش رطوبتی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن قره‌باغی (*Thymus fedtschenko*) گزارش شد که با افزایش شدت تنش رطوبتی میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی از-جمله کلروفیل a، b و کلروفیل کل افزایش پیدا کرد (Sodaiizadeh et al, 2017). در بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه گزارش شد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع، سطح و حجم تاج پوشش، سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی، ریشه و قندهای محلول شد ولی میزان پرولین، محتوای کلروفیل و همچنین طول ریشه تحت تنش خشکی افزایش یافت ( Sodaiizadeh et al, 2016). در تحقیقی که به‌منظور بررسی سطح تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه آویشن دنایی (*Thymus deanensis* Celak) انجام شده بود گزارش شد که با افزایش شدت تنش، سطح کلروفیل a در گیاه کاهش یافت که میزان کاهش در کلروفیل a نسبت به کلروفیل b به دلیل فعالیت آنزیم کلروفیلاز و حساسیت بیشتر آن به رادیکال‌های آزادی که در شرایط تنش در گیاه تولید می‌شوند بیشتر بود (Emami Bistgani et al, 2017). افزایش میزان کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح تنش رطوبتی ملایم می-تواند به دلیل بالاتر بودن میزان کاروتنوئید در این سطح از

www.SID.ir

Archive of SID

تنش و نقش حفاظتی این رنگیزه از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها باشد (Jafarzadeh et al, 2014).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، نشان داد که اثر متقابل سال و اکوتیپ در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده تنش رطوبتی در سطح احتمال یک درصد بر شاخص کاروتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال اول آزمایش بین اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد ولی در سال دوم آزمایش اکوتیپ سومار با میانگین تولید ۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بر اکوتیپ ملکشاهی برتری نشان داد (جدول ۳). بررسی دوساله آزمایش نشان داد که سطح تولید کاروتنوئید در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول آزمایش کاهش یافت. با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار رنگیزه کاروتنوئید (۲/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وز تر) در سطح تنش رطوبتی ملایم حاصل‌شده و با افزایش سطح تنش از مقدار این رنگیزه کاسته شده است.

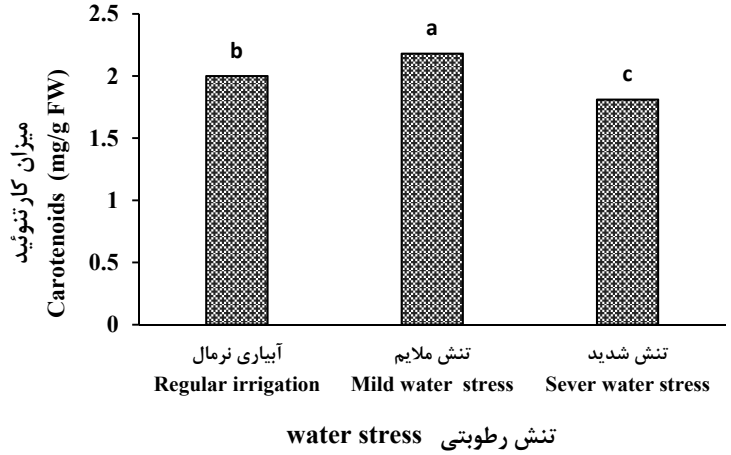



**شکل ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش رطوبتی و اکوتیپ بر کلروفیل a، b و کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) برگ طی دو سال زراعی ۹۶ و ۱۳۹۵. (الف) کلروفیل a؛ (ب) کلروفیل b، و (ج) کلروفیل کل. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند. آبیاری نرمال: S1، تنش ملایم رطوبتی: S2، تنش شدید رطوبتی: S3- اکوتیپ ملکشاهی: M، اکوتیپ سومار: S**

**Fig. 6. Mean comparison for the interaction effects of water stress and ecotype on chlorophyll a content (chl a) (A), Chlorophyll b content (chl b) (B) and total chlorophyll (Tchl) (C) of *Thymbra spicata* in two years. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05). S1: Regular irrigation. S2: Mild water Stress. S3: Severe water stress- M:malekshahi ecotype, S: Sumar ecotype. Y1: 2016, Y2: 2017 years.**

www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تنش رطوبتی بر کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر). میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند**

**Fig 7. Mean comparison for the effect of water stress on Carotenoids (mg/g FW) in *Thymbra spicata*. Means with different letters are significantly different based on LSD test (p≤0.05)**

**جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی، اکوتیپ و سال، اکوتیپ بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه زوفایی (*Thymbra spicata*)**

**Table 3. Mean comparison of the effect of water stress and ecotype on some morphological and physiological characteristic of *Thymbra spicata***

| Treatment / تیمار | | عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) | Treatment / تیمار | | کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم) |
|---|---|---|---|---|---|
| تنش رطوبتی Water stress | اکوتیپ Ecotype | Essential oil yield (kg/ha) | سال Year | اکوتیپ Ecotype | Carotenoids (mg/g) |
| آبیاری نرمال Regular irrigation | ملکشاهی Malekshahi | 211.03 b | سال اول Y1 | ملکشاهی Malekshahi | 2.39 a |
| | سومار Sumar | 147.64 c | | سومار Sumar | 2.30 a |
| تنش ملایم Mild water stress | ملکشاهی Malekshahi | 257.29 a | سال دوم Y2 | ملکشاهی Malekshahi | 1.57 b |
| | سومار Sumar | 211.63 b | | سومار Sumar | 1.72 b |
| تنش شدید Severe water stress | ملکشاهی Malekshahi | 129.07 c | | | |
| | سومار Sumar | 102.68 d | | | |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری دارای تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ نمی‌باشند.

Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD ($p<0.05$) test.

www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تنش رطوبتی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه زوفایی (*Thymbra spicata*)**

**Table 4. Mean comparison for the effect of year and water stress on some morphological characteristics of *Thymbra spicata***

| Treatment | | تیمار | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | عملکرد خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| سال Year | Water stress | تنش رطوبتی | Plant height (cm) | Leaf dry yield (kg/ha) |
| Y1 | Regular irrigation | آبیاری نرمال | 30.00 a | 3040.0 c |
| | Mild water stress | تنش ملایم | 28.83 ab | 2874.7 c |
| | Severe water stress | تنش شدید | 21.66 c | 2510.7 c |
| Y2 | Regular irrigation | آبیاری نرمال | 30.66 a | 8062.9 a |
| | Mild water stress | تنش ملایم | 30.50 a | 8090.1 a |
| | Severe water stress | تنش شدید | 23.66 bc | 6834.7 b |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری دارای تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ نمی‌باشند.

Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD ($p<0.05$) test.

**جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، تنش رطوبتی و اکوتیپ بر خصوصیات رویشی زوفایی (*Thymbra spicata*)**

**Table 5. Mean comparison for the effect of year and water stress and ecotype on some morphological characteristics of (*Thymbra spicata*)**

| Treatment | | | تیمار | | عملکرد خشک بوته |
|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | تنش رطوبتی Water stress | | Ecotype | اکوتیپ | شاخص سطح برگ Leaf area index | Plant dry yield (kg/ha) |
| سال اول Y1 | Regular irrigation | آبیاری نرمال | Malekshahi | ملکشاهی | 0.752 d | 4032e |
| | | | Sumar | سومار | 0.736 d | 3509.3 ef |
| | Mild water stress | تنش ملایم | Malekshahi | ملکشاهی | 0.960 c | 3712 e |
| | | | Sumar | سومار | 0.570 d | 3233ef |
| | Severe water stress | تنش شدید | Malekshahi | ملکشاهی | 0.533 d | 3232 ef |
| | | | Sumar | سومار | 0.608 d | 2848 f |
| سال دوم Y2 | Regular irrigation | آبیاری نرمال | Malekshahi | ملکشاهی | 10.75 a | 12226.7 a |
| | | | Sumar | سومار | 7.29 c | 8851.3 cd |
| | Mild water stress | تنش ملایم | Malekshahi | ملکشاهی | 9.33 b | 11465.1 a |
| | | | Sumar | سومار | 8.73 b | 10021.3 b |
| | Severe water stress | تنش شدید | Malekshahi | ملکشاهی | 7.24 c | 9460.8 bc |
| | | | Sumar | سومار | 6.92 c | 8334.9 d |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری دارای تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ نمی‌باشند.

Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD ($p<0.05$) test.

## نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل‌شده از این تحقیق مشاهده شد که در سطح آبیاری نرمال و تنش ملایم گیاه زوفایی عملکرد خشک برگ، بوته و اسانس قابل قبولی را تولید نمود. ولی در سطح تنش شدید میزان عملکرد رویشی و زایشی گیاه به دلیل تأثیری که تنش خشکی بر رشد ریشه و کاهش جذب آب و

www.SID.ir

Archive of SID

مواد غذایی از طریق آن می‌گذارد باعث تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و درنهایت کاهش رشد، عملکرد و ارزش اقتصادی محصول تولیدی گردید. در گیاه زوفایی با افزایش شدت تنش رطوبتی از میزان ارتفاع و شاخص سطح برگ گیاه به دلیل کاهش میزان آب در بافت‌ها و به دنبال آن کاهش فشار تورگر و رشد و نمو سلولی کاسته شد. همچنین تنش خشکی تغییرات فیزیولوژیکی ازجمله کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش میزان فتوسنتز در گیاه را به دنبال داشت. با کاهش سطح برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه تحت تنش، میزان فتوسنتز گیاه، عملکرد خشک بوته، برگ و عملکرد اسانس تولیدی در گیاه کاهش یافت. با توجه به سطوح تنش رطوبتی اعمال‌شده و اکوتیپ‌های کاشته شده، به‌منظور تولید زراعی و رسیدن به عملکرد مناسب در گیاه زوفایی، آبیاری بر اساس سطح تنش ملایم و اکوتیپ ملکشاهی توصیه می‌شود.

## 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), 504-513. [In Persian with English Summary].

Aflakian, S., Zeinali, H., Maddah Arefy, H., Enteshary, S.H., Kaveh, S.H., 2012. Study of yield and yield components in 11 ecotype of Thymus daenensis Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28(2), 187-197. [In Persian with English Summary].

Aflatuni, A., 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in northernOstrobothnia. Academic dissertation to be presented with the assent of the faculty of science. The University of Oulu.

Ahmadi Khandangholi, Y., Akbari, G.A., Izadi Darbandi, A., Alah Dadi, I., 2017. Effects of drought stress on performance and yield and other traits of different ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 10(1), 173-182. [In Persian with English Summary].

Akbarinia, A., Sharifi Ashoorabadi, E., Mirza, M., 2010. Study on drug yield and essential oil content and composition of *Thymus lancifolius* Celak. under the cultivated condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(2), 205-212. [In Persian with English Summary].

Ardakani, M. R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M. H., Packnejad, F., 2008. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(2), 251-261. [In Persian with English Summary].

Baghalian, K., Abdoshah, S.H., Khalighi-Sigaroodi, F., Paknejad, F., 2011. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant Physiology and Biochemistry. 49, 201-20.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., Rezaii, M.B. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortansis* L. Flavour Fragrance Journal., 17(4): 275–277.

Bahreininejad, B., Razmjoo, J., 2014. Effects of water stress on physiological growth indices and phonological traits in *Thymus kotschyanus* Boiss. Journal of Plant Process and Function. 3(7), 67-80. [In Persian with English Summary].

Barakat, A., Hanna Wakim, L., Apostolides, N.A., Srour, G., El Beyrouthy, M., 2013. Variation in the essential oils of *Thymbra spicata* L. growing wild in Lebanon according to the date of harvest. Journal of Oil Research. 25(6), 506-511.

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. A review. International Journal of food microbiology. 94, 223-253.

Daneshvar-Royandezagh, S., Khawar, K.M., Ozcan, S., 2009. Invitro micropropagation of garden thyme (*Thymbra spicata* L. var. spicata) collected from southeastern Turkey using cotyledonnode. Biotechnology. 23, 1319–1321.


www.SID.ir

Archive of SID

Dogan, S., Turan, P., Dogan, M., Arslan, O., Alkan, M., 2007. Partial characterizationof peroxidase from the leaves of Thymbra plant (*Thymbra spicata* L. var. spicata). European Food Research and Technology. 225, 865–871.

Emami Bistgani; Z., Siadat; S.A., Bakhshandeh; A., Ghasemi Pirbalouti, A., 2017. The effect of drought stress and elicitor of chitosan on photosynthetic pigments, proline, soluble sugars and lipid peroxidation in *Thymus deanensis* Celak. In Shahrekord climate. Environmental Stress in Crop Sciences. 10(1), 12-19. [In Persian with English Summary].

Ghamarnia, H., Bashipour, M., Ghobadi, M.A., 2012. Evaluation at a different level of irrigation on the seed yield and water use efficiency of coriander medicinal plant in a semi-arid climate. Journal of Water and Irrigation Management (Journal of Agriculture). 2(1), 15-24. [In Persian with English Summary].

Gorgini Shabankareh, H., Fakheri, B.A., Mohammadpuor Vashvaii, R., 2016. Effects of different levels of salinity and drought stress on growth parameters and essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Filed Crop Science. 46(4), 673- 686. [In Persian with English Summary].

Haidari, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A., 2014. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of plant Researches. 27(5), 829-839. [In Persian with English Summary].

Inan, M., Kirpik, M., Kaya, D.A., Kirici, S., 2011. Effect of Harvest Time on Essential Oil Composition of *Thymbra spicata* L. Growing in Flora of Adıyaman. Advances in Environmental Biology. 5(2), 356-358.

Jafarzadeh, L., Omidi, H., Bostani, A.A., 2014. The study of drought stress and Bio fertilizer of nitrogen on somem biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Biology. 27(2), 180-193. [In Persian with English Summary].

Jahan, M., Ghalenoei, Sh., Khamoshi, A., Amiri, M.B., 2015. Investigation agrocoagulative characteristics of basal (*Ocimum basilicum* L.) by using super absorbent moisture, humic acid and irrigation periods. Journal of Horticultural Science. 29(2), 240-254. [In Persian with English Summary].

Kafi, M., Mahdavi Damghani, A., 2007. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University of Mashhad Press. 472p. [In Persian].

Kamkar, B., Mahdavi Damghani, A., 2012. Principal of Sustainable Agriculture. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. 320p. [In Persian].

Khorshidi, J., Shokrpour, M., Nazeri, V., 2016. Evaluation of response to water deficit stress in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* using stress tolerance indices. Iranian Journal of Horticultural Science. 46(4), 563-573. [In Persian with English Summary].

Kilic, T., 2006. Analysis of Essential oil composition of *Thymbra spicata* var. *spicata*: antifungal, antibacterial and antimycobacterial activities. Zeitschrift fur Naturforschung C. 5-6, 324-328.

Kizil, S., 2010. Determination of essential oil variations of *Thymbra spicata* var. *spicata* L. naturally growing in the wild flora of east Mediterranean and Southeastern Anatolia regions of Turkey. Industrial Crops and Products. 32, 593-600.

Kizil, S., Toncer, O., Diraz, E., Karaman, S., 2015. Variation of agronomical characteristics and essential oil components of zahter (*Thymbra spicata* L. var *spicata*) population in semi-arid climatic conditions. Turkish Journal of Field Crops. 20(2), 242-251.

Koocheki, A., Khajeh Hosseini, M., 2008. Modern Agronomy. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. 712 p. [In Persian].

Koocheki, A., Sabet Teimouri, M., 2011. Effects of fertilizer types and irrigation intervals on quantity criteria of Lavender (*Lavandula angustifolia*), Rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research. 9(1), 78-87. [In Persian with English Summary].

Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrance. Methods in Enzymology. 148, 350-382.

Markovic, T., Chatzopoulou, P., Siljegovic, J., Nikolic, M., 2011. Chemical analysis and antimicrobial activities of the essential oils of *Satureja thymbra* L. and *Thymbra spicata* L. and their main components. Archives of Biological Sciences. 6(2), 457-464.

www.SID.ir

Archive of SID

Miceli, A., Negro, C., Tommasi, L., 2006. Essential oil variability in *Thymbra capicata* (L.) cav. growing wild in southern Apulia (Italy). Biochemical Systematics and Ecology. 34, 528-535.

Mohamadi, G., Javanshir, A., Khooie, F., Mohamadi, R., Zehtab Salmasi, S., 2005. Critical period of weed interference in chickpea. Weed Research. 45(1), 57-63.

Mozaffarian, V., 2012. Identification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang Moaser Publishers. 1444 p. [In Persian].

Nadery, M., Mosleh Arani, A., Ahmadi, R., Jafarzadeh, A.A., Tahmasebipour, A., 2017. Investigation of some ecological characteristics of medicinal and endangered *Thymbra spicata* in Ilam Province. Journal of Plant Ecosystem Conservation. 4(9), 17-34. [In Persian with English Summary].

Nooshkam, A., Mumivand, H., Hadian, J., Alemardand, A., Morshedloo, M. R., 2017. Drug yield and essential oil and carvacrol contents of two species of Satureja (*S. khuzistanica* Jamzad and *S. rechingeri* Jamzad) cultivated in two different locations. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 6, 126-130. [In Persian with English Summary].

Rezaei, M., Safarnejhad, A., Arab, M., Alamdari. S.B., Dalir, M., 2016. Evaluation of morphological diversity and essential oil content of Iranian native thymus (*Thymus* sp.). Journal of Horticultural Science, 30(3), 383-394. [In Persian with English Summary].

Sarac, N., Ugur, A., Duru, M.E., 2009. Antimicrobial activity and chemical composition of the essential oils of Thymbra spicata var. intricata. International Journal of Green Pharmacy. 3, 24-28.

Sepahvand, A., Khademi, K., Astereki, H., Mohammadian, A., 2016. Effects of density on yield and yield components of thyme (*Thymus lancifolius* Celak.) under dry farming conditions of Lorestan province. Iranian Journal of Medicinaland Aromatic Plants, 32(6), 998-997. [In Persian with English Summary].

Sharifi Ashoorabadi, E., Rouhipour, H., Assareh, M.H., Lebaschy, M.H., Abaszadeh, B., Naderi, B., Rezaei Sarkhosh, M., 2009. The effects of irrigation and dry farming on growth indices of yarrow (*Achillea millefolium* L.) in Karaj. Iranian Journal of Medicinal and Aromatics Plants. 25(3), 347-363. [In Persian with English Summary].

Sodaiizadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammadymaibody, A.M., Hakim, M.A., 2016. The Effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. Journal of Plant Process and Function. 5(15), 1-12. [In Persian with English Summary].

Sodaiizadeh; H., Shamsaie; M., Tajamoliyan; M., Mirmohammady Maibody; S.A.M., Hakimzadeh, M.A., 2017. Evaluation of some physiological characteristics of *Thymus fedtschenko* under different levels of water stress. Environmental Stress in Crop Sciences. 9(4), 315-427. [In Persian with English Summary].

Tabrizi, L., Koocheki, A., 2015. Medical Plants, Ecology, Production and Sustainable Utilization. University of Tehran Press. 2nd Edition. 441 p. [In Persian].

Toncer, O., Karaman, S., Diraz, E., Sogut, T., Kizil, S., 2016. Diurnal variation effects in essential oils of wild thyme (*Thymbra spicata* var. *spicata* L.) under cultivation condition. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 19(8): 2037-2048A

Usal, B., Gener, A., Oksal, B., 2015. Comparative antibacterial, chemical and morphological study of essential oils of *Thymbra spicata* var. s*picata* leaves by solvent-free microwave extraction and hydro-distillation. International Journal of Food Properties. 18(11), 2349-2359.

Zarabi, M.M., Mafakheri, S., yahor, A., Abedi, S., 2014. Effect of different irrigation levels on some morphological, physiological and phytochemical factors of essential oil in lavender (*Lavandula anagustifolia* L.) medicine. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plant. 2(2), 20-29. [In Persian with English Summary].

www.SID.ir