

The Effect of Water Stress on Evapotranspiration and Morphological Characteristics of *Satureja Hortensis*

MEHRI SAEEDINIA^{*1}, SEYED HAMZEH HOSSEINIAN², FARHAD BEIRANVAND³

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.

2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran

3. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.

(Received: Feb. 21, 2019- Revised: Apr. 19, 2019- Accepted: Apr. 29, 2019)

ABSTRACT

Regarding the importance of medicinal plants cultivation such as *Satureja hortensis* and the state of the country's water resources, determination of medicinal plants' evapotranspiration, essential oil content and yield is very important under water stress. As, no comprehensive research has been done on determining evapotranspiration, essential oil content and morphological factors of *Satureja hortensis* under drought stress conditions, an experiment was conducted at research field of Agricultural faculty in Lorestan University in 2017. For this purpose, mini lysimeters (pots with 25 cm in diameter and 30 cm in height) were used. In this research, irrigation was done by weighing method. Irrigation treatments included T100: supplying 100% of water requirement, T80: supplying 80% of water requirement, T60: supplying 60% of water requirement and T40: supplying 40% of water requirement. The results showed that all morphological characteristics (plant height, number of branches, stem diameter, as well as dry weight of leaf and flowering shoot, roots and stems) decreased significantly under water stress conditions. The dry matter (consist of leaf, flower and branch) in all treatments from T100 to T40 were 1731.92, 1640.9, 1529.9 and 1408.6 kg/ha, the essential oil percent were 1.08, 1.3, 1.58 and 2% and the amount of evapotranspiration were 758.68, 653.75, 566.47 and 479.208 mm, respectively. In T40 treatment the biomass decreased by 19%, the essential oil percent became double and water use efficiency increased by 29%. In this study, the yield response factor to water stress was estimated to be 0.61. According to this value, it seems *Satureja hortensis* is relatively resistant to water stress (under the condition of using pots).

Keywords: lysimeter, morphological characteristics, response factor, water stress.

اثر تنش آبی بر میزان تبخیر و تعرق، اسانس و برخی صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی مرزه

مهری سعیدی نیا^{۱*}، سید حمزه حسینیان^۲، فرهاد بیرانوند^۳

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۹)

چکیده

با توجه به اهمیت کشت گیاهان دارویی از جمله گیاه مرزه در سطح وسیع و وضعیت منابع آب کشور، تعیین میزان تبخیر و تعرق، اسانس و عملکرد گیاهان دارویی تحت تنش آبی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اینکه در زمینه برآورد میزان تبخیر و تعرق و ضرایب گیاهی مرزه تحقیق قابل توجه و جامعی انجام نشده است، برای این منظور، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. برای این منظور از مینی لایسیمترها (گلدان‌ها) با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده گردید. در این تحقیق آبیاری به روش وزنی انجام گرفت. تیمارهای آبیاری شامل T₁₀₀: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، T₈₀: تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی، T₆₀: تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی، T₄₀: تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد صفات مورفولوژیک (ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، قطر و طول ریشه و ماده خشک) تحت تأثیر تنش آبی به صورت معنی‌داری کاهش یافتند. میزان ماده خشک (برگ و گل و سرشاخه) در تمام تیمارها از T₁₀₀ تا T₄₀ به ترتیب برابر ۱۷۳۱/۹، ۱۶۴۰/۹، ۱۵۲۹/۹ و ۱۴۰۸/۶ کیلوگرم بر هکتار، درصد اسانس برابر ۱/۰۸، ۱/۳۰، ۱/۵۸ و ۲ درصد و میزان تبخیر و تعرق، برابر ۷۵۸/۶۸، ۷۵۳/۷۴، ۶۵۶/۴۷ و ۴۷۹/۲۱ میلی‌متر حاصل شد. در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی، میزان ماده خشک ۱۹ درصد کاهش یافت، درصد اسانس دو برابر شد و بهره‌وری مصرف آب ۲۹ درصد افزایش یافت. در این تحقیق میزان ضریب حساسیت گیاه مرزه به تنش آبی برابر ۰/۶۱ به دست آمد. با توجه به عدد مذکور، به نظر می‌رسد گیاه مرزه در شرایط گلدانی نسبت به تنش آبی نسبتاً مقاوم است.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، صفات مورفولوژیک، ضریب حساسیت، لایسیمتر

مقدمه

امروزه کمبود آب، یکی از مشکلات مهم در بخش کشاورزی است که بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد. برای مقابله با این مشکل راهکارهای مدیریتی مختلفی وجود دارد که لازمه آن‌ها بررسی وضعیت گیاه تحت تنش آبی می‌باشد. کم‌آبیاری یکی از راهکارهای مدیریتی تحت تنش آبی است. به طور کلی رشد و عملکرد یک محصول تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، تاریخ کاشت و برداشت، میزان استفاده از مواد مغذی، تراکم کشت قرار می‌گیرند اما در بین عوامل مذکور، آبیاری اثر زیادی بر میزان عملکرد یک گیاه دارد (Daneshmand *et al.*, 2004; Honar *et al.*, 2013). کاهش مقدار آب در دسترس گیاه، منجر به تنش کم‌آبی و بروز تغییرات نامناسب مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه می‌گردد (Abbaszadeh *et al.*, 2008). گونه‌های مختلف گیاهی به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی، مقاومت به خشکی وسیعی از خودشان نشان می‌دهند (Soadaii zadeh *et al.*, 2016). عوامل

مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، حجم پوشش سبز، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، طول میان‌گره، قطر تنه، سطح مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه و تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌توانند بر میزان مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند (Thomas and Gausling, 2000). Soadaii zadeh *et al.* طی یک آزمایشی با چهار تیمار آبیاری شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در گلخانه نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار پارامترهای مورفولوژیک گیاه مرزه، مانند ارتفاع، سطح و حجم تاج پوشش می‌شود. (Jaafar *et al.*, 2017). آبی بر روی گیاه دارویی *Marjorana Syriaca* پرداختند. تیمارهای آزمایشی بر اساس ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد میزان تبخیر و تعرق مشخص شدند. نتایج نشان داد میزان وزن تر و خشک این گیاه دارویی در تیمار ۱۲۰ درصد میزان تبخیر و تعرق به ترتیب ۱۸۵ و ۱۶۵ درصد بیشتر از مقادیر مشابه در تیمار ۶۰ درصد میزان تبخیر و تعرق به دست آمد. نتایج تحقیق Amiri

دارویی که امروزه مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته‌اند، به عنوان مواد اولیه برای تبدیل به داروهای بی‌خطر برای انسان تلقی می‌شوند که در این خصوص می‌توان از مرزه نام برد. مرزه گیاهی یکساله یا چند ساله، متعلق به خانواده نعنائیان است (Hadian *et al.*, 2008). مرزه زراعی (*Saturaja hortensis*) گیاهی یکساله بومی مناطق گرم با نیاز نوری زیاد است که در درمان بیماری‌های عفونی و اسهال، دردهای عضلانی، تهوع کاربرد زیادی دارد و همچنین هضم‌کننده غذا، ضد سرطان، محرک معده نیز به شمار می‌رود (Soadaii zadeh *et al.*, 2016; Mohtashami *et al.*, 2018). با توجه به وضعیت منابع آب کشور، اهمیت بحث استفاده بهینه از آب قابل دسترس و اینکه مساحت زیادی از کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، ضرورت صرفه جویی در مصرف آب کاملاً محسوس است. از سوی دیگر، اهمیت روز افزون گیاهان دارویی و نبود مطالعات زیاد در رابطه با تأثیر تنش آبی بر عملکرد، اسانس و صفات مورفولوژیک، ضرورت انجام چنین مطالعاتی را الزامی می‌دارد. این تحقیق جهت آگاهی از میزان تأثیر تنش آبی بر عملکرد، اسانس و برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی مرزه و ارزیابی واکنش آن در مقابله با تنش آبی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

این آزمایش در شرایط مینی‌لایسیمترهای وزنی (گلدانی) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۱۴۷ متری از سطح دریا انجام شد. متوسط ماهانه برخی از پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد گیاه مرزه در جدول (۱) آورده شده است.

هر کدام از گلدان‌ها با دهانه‌ای به قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و از جنس پلاستیک بود. طرح آزمایشی به صورت بلوک کامل تصادفی بوده و آزمایش شامل چهار تیمار آزمایشی، تأمین ۱۰۰ درصد (T₁₀₀)، ۸۰ درصد (T₈₀)، ۶۰ درصد (T₆₀) و ۴۰ درصد نیاز آبی (T₄₀) در سه تکرار بود. در هر گلدان، کاشت بذر با تراکم ۱۵۰ بوته در هر مترمربع انجام گرفت. در هر مینی‌لایسیمتر (گلدان)، به منظور خروج آب اضافی و اندازه‌گیری آن، سوراخ‌هایی در کف ایجاد گردید. برای سهولت زهکشی، یک لایه شن درشت‌دانه در کف هر گلدان قرار داده شد و حجم باقی‌مانده توسط خاک مزرعه، به همراه کود حیوانی (نسبت اختلاط ۱ (کود): ۴ (خاک)) پر شد. ویژگی‌های خاک و آب مورد استفاده در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است.

Deh Ahmadi *et al.* (2012) بر روی سه گیاه دارویی شوید، گشنیز و رازیانه در شرایط گلخانه‌ای نشان داد کاهش میزان آب خاک کمتر از حد ظرفیت زراعی تأثیر معنی‌داری بر روی کلیه صفات مورد بررسی (ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک بوته و شاخص برداشت) دارد. به عنوان نمونه، گیاه شوید در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۷ عدد) و وزن هزاردانه (۶/۵ گرم) و همچنین رازیانه در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کمترین تعداد دانه در بوته (۲ عدد) و وزن هزاردانه (۰/۱۵ گرم) را دارا بود. Babaei *et al.* (2010) اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک آویشن را بررسی و نشان دادند افزایش تنش خشکی موجب کاهش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه می‌شود. دیگر مطالعات نیز نشان دادند که تنش خشکی بطور قابل توجهی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد ماده خشک و همچنین عملکرد روغن فرار گیاه مرزه را تحت تأثیر قرار داده، اما تأثیر چشمگیری بر روی درصد روغن نداشته و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شده است (Nouri *et al.* 2014). Eskandari (2013) طی یک تحقیقی به بررسی تغییرات اسانس گیاه دارویی مرزه بختیاری تحت تأثیر مواد تنظیم‌کننده رشد (*28-Homobrassinolide*) در تنش خشکی پرداخت. نتایج ایشان نشان داد با افزایش تنش درصد اسانس گیاه نیز روند صعودی پیدا می‌کند و استفاده از تنظیم‌کننده‌ها باعث افزایش پارامترهای رشد و عملکرد ماده خشک این گیاه شده و راهکار مناسبی برای مقابله با شرایط تنش آبی به شمار می‌رود. Colom and Vazzana (2002) به بررسی اثر تنش خشکی بر روی سه واریته از گونه *Eragrostis curvula* (بومی جنوب آفریقا) پرداختند. نتایج نشان داد که تنش ناشی از کم آبی، به صورت معنی‌داری، باعث کاهش ارتفاع هر سه واریته، عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل آن‌ها گردید. Dianat *et al.* (2016) در آزمایشی اثر تنش خشکی را روی گل شاه پسند بررسی کردند. این محققین از تنظیم‌کننده رشد (salicylic acid) نیز استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تنش خشکی به صورت معنی‌داری باعث افزایش میزان قند، پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها شد. Chrysargyris *et al.* (2016) نیز به بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان رشد و اسانس گونه اسطوخودوس پرداختند. نتایج نشان داد، تحت تنش خشکی میزان رشد گونه، کاهش یافته اما میزان اسانس و کیفیت آن افزایش پیدا کرده است. Maatallah *et al.* (2016) اثر تنش خشکی بر روی میزان عملکرد و اسانس گونه *Laurel* را بررسی کردند و نتایج حاکی از این بود که میزان رشد نسبی گونه تحت تنش خشکی روند کاهشی داشته ولی درصد اسانس افزایش نشان می‌دهد. گیاهان

جدول ۱. میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد

پارامتر اقلیمی	تیر	مرداد	شهریور	مهر
بیشینه درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۴۰/۹	۴۱/۴۵	۳۹/۰۸	۳۴/۰۰
کمینه درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۲۰/۲۷	۲۱/۷۹	۱۸/۴۰	۳/۷۰
رطوبت نسبی (%)	۱۵/۸۷	۱۳/۹۸	۱۴/۹۸	۲۰/۰۰
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۶/۲۶	۵/۹۳	۵/۷	۱۲/۰۰
بارندگی (میلی‌متر)	۰	۰	۰	۰

جدول ۲. ویژگی‌های خاک مورد استفاده در کشت مرزه

نوع خاک	ترکیبات (%)			نقطه پژمردگی (درصد وزنی)
	رس	شن	سیلت	
SCL	۳۱	۴۶	۲۳	۱۶
			۳۲	

جدول ۳. خصوصیات کیفی آب آبیاری

SAR	Na ⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Ca ²⁺ (meq/l)	TDS (meq/l)	EC (dS/m)	PH
۰/۷۳	۱/۲۸	۱/۶	۴/۶	۳۹۷	۰/۶	۷

تحقیق ۰/۵ در نظر گرفته شد (با توجه به اینکه FAO در مورد گیاهان دارویی، در این زمینه اطلاعاتی را ارائه نداده است، لذا در این تحقیق تصمیم گرفته شد که حد وسط یعنی ۰/۵ در نظر گرفته شود). θ_{FC} میزان درصد رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی و θ_{PWP} میزان درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی می‌باشد. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، مقدار θ_m برابر ۲۴ درصد وزنی به دست آمد. به عبارت دیگر، هرگاه رطوبت وزنی خاک به ۲۴ درصد وزنی رسید آبیاری صورت گرفت و میزان آب آبیاری برای تیمار شاهد (۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی) به گونه‌ای محاسبه گردید که وزن گلدان به وزن گلدان در حالت ظرفیت زراعی برسد. میزان آب مورد نیاز هریک از تیمارهای تنش بر مبنای درصدهای مختلفی از تخلیه آب سهل‌الوصول در تیمار شاهد صورت می‌گرفت.

$T_{100}=100\%RAW$; $T_{80}=80\%RAW$; $T_{60}=60\%RAW$;
 $T_{40}=40\%RAW$

محاسبه تبخیر- تعرق واقعی

میزان تبخیر- تعرق واقعی مرزه به صورت مستقیم و با استفاده از معادله بیلان رطوبتی برآورد گردید. معادله کلی بیلان رطوبتی در شرایط استفاده از لایسیمتر به صورت رابطه (۲) است.

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه، ET_c : میزان تبخیر- تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، I : میزان آب آبیاری (میلی‌متر)، P : میزان بارندگی (میلی‌متر)، D : آب زهکشی شده (میلی‌متر) و ΔS : تغییرات

کشت در هر واحد آزمایشی در تاریخ ۱۴ تیرماه انجام شد. قبل از کشت، درصد رطوبت در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک با دستگاه صفحات فشاری^۱ مشخص گردید. از سوی دیگر، با توجه به اینکه در این تحقیق، وزن گلدان در ظرفیت زراعی مورد نیاز بود، این پارامتر به این صورت به دست آمد که ابتدا خاک گلدان اشباع شده، سطح خاک اشباع شده توسط زورق (foil)، به صورت کامل پوشش داده شد (برای جلوگیری از تبخیر). سپس هر روز گلدان وزن گردید تا زمانی که به یک مقدار ثابت رسید (۱۰/۴۴ کیلوگرم) و این وزن به عنوان وزن گلدان در ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. قابل ذکر است که وزن خشک خاک گلدان برابر ۷/۸۶ کیلوگرم بود. با این نتایج میزان رطوبت وزنی در حالت ظرفیت زراعی برابر ۰/۳۲۸ به دست آمد.

برنامه‌ریزی آبیاری

در طول دوره رشد، اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و میزان آب مورد نیاز به صورت وزنی انجام شد و آبیاری به گونه‌ای اعمال گردید که رطوبت در تیمار شاهد، در حد رطوبت سهل‌الوصول باقی بماند. بر این اساس که هر روز گلدان‌ها وزن گردید و زمانی که رطوبت خاک به حد پایین‌تر از رطوبت سهل‌الوصول (θ_m) رسید آبیاری انجام گردید. حد پایین رطوبت سهل‌الوصول از فرمول (۱) محاسبه گردید (Gontia & Tiwari, 2008).

$$\theta_m = |\theta_{fc} - MAD(\theta_{fc} - \theta_{PWP})| \quad (\text{رابطه ۱})$$

در روابط فوق، MAD حداکثر میزان تخلیه است که در این

$$K_y = \frac{1 - \left(\frac{y_a}{y_m}\right)}{1 - \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در فرمول (۳) y_a : میزان عملکرد تحت تیمار تنش (گرم)،
 y_m : میزان عملکرد (گرم) در شرایط بدون تنش (تیمار شاهد)،
 ET_a : میزان تبخیر و تعرق (میلی‌متر) تحت تیمار تنش و ET_m :
 میزان تبخیر و تعرق (میلی‌متر) تحت تیمار بدون تنش (شاهد)
 است.

نتایج و بحث

میزان تبخیر و تعرق گونه مرزه در گام‌های زمانی ده روز، تحت تیمارهای مختلف در جدول (۴) و میزان تبخیر و تعرق تجمعی در شکل (۱) نشان داده شده است. میزان تبخیر و تعرق در هر یک از تیمارها به ترتیب ۷۵۸/۶۸، ۶۵۳/۷۴، ۵۶۶/۴۷ و ۴۷۹/۲۰۸ میلی‌متر حاصل گردید. قابل ذکر است تاکنون تحقیق قابل توجهی در زمینه تعیین میزان تبخیر و تعرق گونه گیاهی مرزه انجام نشده است. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد تا قبل از اعمال تیمار تنش خشکی، میزان آبیاری و در نتیجه تبخیر و تعرق در هر چهار تیمار یکسان بود. با توجه به اینکه در این تحقیق از نشاء استفاده نگردید (بذرها مستقیماً در گلدان کشت شدند)، بنابراین مدت زمان جوانه‌زنی بیشتر از حد معمول طول کشید و به تبع آن زمان اعمال تنش طولانی گردید.

ذخیره‌های رطوبت خاک است (میلی‌متر). هر یک از ویژگی‌های فوق در طول دوره رشد به روش وزنی اندازه‌گیری شدند و در نهایت میزان تبخیر- تعرق واقعی محاسبه گردید.

محاسبه عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاه

نمونه‌برداری از گیاهان در زمان گلدهی گیاه مرزه انجام شد. گیاهان را به همراه ریشه‌ها به دقت از گلدان خارج کرده و صفات مورفولوژیک مورد نظر شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه و همچنین عملکرد ماده خشک اندازه‌گیری و محاسبه شد. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel انجام شد.

بهره‌وری مصرف آب

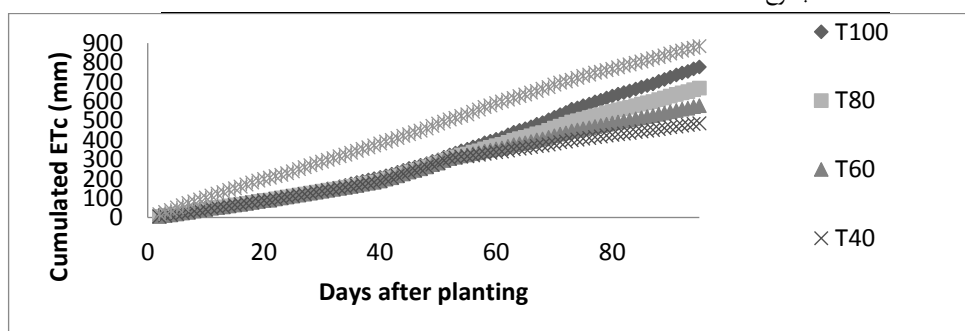
بهره‌وری مصرف آب از نسبت وزن خشک اندام هوایی (عملکرد مربوط به برگ و گل و سرشاخه) به آب کاربردی (مجموع بارندگی و آب آبیاری) به دست آمد.

ضریب حساسیت گیاه

ضریب حساسیت گیاه از معادله (۳) محاسبه شد (Doorenbos & Kassam, 1979).

جدول ۴. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرزه (میلی‌متر) در گام‌های زمانی ده روزه تحت تیمارهای مختلف تنش

روز پس از کشت	T ₁₀₀	T ₈₀	T ₆₀	T ₄₀
۱۰	۴۱/۴	۴۱/۴	۴۱/۴	۴۱/۴
۲۰	۴۷/۲۶	۴۵/۸۶	۴۵/۸۶	۴۵/۸۶
۳۰	۴۷/۸	۴۷/۸	۴۷/۸	۴۷/۸
۴۰	۶۹/۹	۵۳/۶۲	۵۳/۶۲	۵۳/۶۲
۵۰	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲
۶۰	۱۰۵/۱	۸۸/۸۸	۷۲/۶۶	۵۶/۴۴
۷۰	۱۱۳/۵۲	۹۰/۸۱۶	۶۸/۱۱۲	۴۵/۴۰۸
۸۰	۱۰۹/۱۲	۸۷/۲۹۶	۶۵/۴۷۲	۴۳/۶۴۸
۹۰	۹۳/۶۴	۷۴/۹۱۲	۵۶/۱۸۴	۳۷/۴۵۶
۹۵	۳۸/۹۴	۳۱/۱۵۲	۲۳/۳۶۴	۱۵/۵۷۶
مجموع	۷۵۸/۶۸	۶۵۳/۷۳۶	۵۶۶/۴۷۲	۴۷۹/۲۰۸



شکل ۱. میزان تبخیر و تعرق تجمعی گیاه مرزه تحت تنش‌های مختلف و همچنین گیاه مرجع چمن

واریانس و مقایسه میانگین برخی از خصوصیات مورفولوژیک تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی به ترتیب در جداول (۵ و ۶) ارائه شده است.

اثر تنش آبی بر همه صفات مورفولوژیک مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. برای نشان دادن اثر تنش آبی بر صفات مورفولوژیک گونه مرزه، نتایج مربوط به تجزیه

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک گیاه مرزه تحت شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع شاخه فرعی	تعداد شاخه فرعی تک بوته	قطر ساقه	وزن خشک ریشه تک بوته	وزن خشک ساقه تک بوته	وزن خشک برگ و گل تک بوته
بلوک	۲	۰/۰۸	۰/۶۴۶	۱/۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
تیمار	۳	**۳۵/۶۷	**۵۶/۲۴۳	**۶۴/۱۱۷	**۲/۲۹	**۲**۰/۰	**۲**۰/۰	**۱۵**۰/۰
خطای آزمایشی	۶	۱/۰۸	۰/۳۶۸	۶۵/۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۴۱	۳۷/۲	۲/۵۰	۱/۵۸	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۴

** معنی دار در سطح یک درصد را نشان می دهد.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک گیاه مرزه تحت شرایط تنش خشکی

سطح تنش آبی	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع شاخه فرعی (cm)	تعداد شاخه فرعی تک بوته	قطر ساقه (mm)	وزن خشک ریشه تک بوته (g)	وزن خشک ساقه تک بوته (g)	وزن خشک برگ و گل و سرشاخه تک بوته (g)
T ₁₀₀	۴۷/۰a	۳۰/۵a	۳۶/۷a	۳/۱a	۰/۲۲۰a	۰/۸۹۰a	۰/۸۶۶a
T ₈₀	۴۴/۷b	۲۷/۲b	۳۲/۳b	۲/۷b	۰/۲۱۱b	۰/۸۲۳b	۰/۸۲۰b
T ₆₀	۴۲/۰c	۲۴/۲c	۲۸/۰c	۱/۹c	۰/۱۹۶c	۰/۷۶۲c	۰/۷۶۵c
T ₄₀	۳۹/۰d	۲۰/۳d	۲۲/۰d	۱/۲d	۰/۱۶۰d	۰/۷۱۷d	۰/۷۰۴d

میانگین های با حروف غیر یکسان در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ هستند.

(2016) با بررسی اثر تنش آبی بر صفات مورفولوژیک ریشه گیاه مرزه بیان کردند که تنش خشکی بر وزن خشک ریشه، ضخامت و طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی اثر معنی داری داشت. کاهش معنی دار ماده خشک ریشه در اثر افزایش تنش خشکی، دلالت بر تحت تأثیر قرار گرفتن ریشه به عنوان یکی از مهم ترین اجزاء گیاه در اثر این پدیده محیطی دارد. در واقع با پیشرفت تنش آبی همچنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان زیاد شده و به دنبال آن رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری متوقف می گردد. *Baher et al.* (2002) کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و ارتفاع گیاهان لوبیا، ریحان و مرزه را در شرایط تنش آبی گزارش دادند. *Esmailpour et al.* (2013) نیز گزارش دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی از قبیل تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید به دست آمد. از

تجزیه واریانس داده های مربوط به خصوصیات مورفولوژیک نشان داد که اثر تنش خشکی بر روی همه صفات مورفولوژیک مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات مورفولوژیک مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه و همچنین وزن خشک برگ و سرشاخه گلدار، ریشه و ساقه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی) به دست آمد (جدول ۶). در تحقیقات دیگر نیز تنش آب منجر به کاهش ارتفاع در گیاه مریم گلی (*Bettaieb et al.* 2009)، بابونه (*Baghalian et al.*, 2011) و زیره سبز (*vazin*, 2013) شد. طبق گفته محققین، کاهش ارتفاع در اثر تنش خشکی شاید به دلیل کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش جذب آب و محتوای آب بافت باشد که منجر به عدم رشد طولی مناسب سلول و گیاه می شود؛ همچنین در شرایط تنش آبی، عناصر غذایی لازم و فتوسنتز کافی برای تقسیم سلولی انجام نمی شود (*Baghalian et al.*, 2011). *Soadaii zadeh et al.*

به گیاه داده شده است، احتمال تجمع نمک وجود دارد و با توجه به اینکه تنش شوری باعث کاهش عملکرد و سایر پارامترهای مورفولوژیکی گیاه می‌شود، بهتر است در این گونه آزمایش‌ها، آبیاری با اعمال ضریب آبخوبی انجام شود و اثر شوری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

اثر تنش آبی بر درصد اسانس و میزان عملکرد اسانس گیاه مرزه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برای نشان دادن اثر تنش آبی بر درصد اسانس و میزان عملکرد اسانس گیاه مرزه، نتایج مربوط به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برخی از خصوصیات مورفولوژیک تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی به ترتیب در جداول (۷ و ۸) ارائه شده است.

جدول ۷. تجزیه واریانس درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه مرزه تحت شرایط تنش خشکی سال اول

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد اسانس در بوته	درصد اسانس		
۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	^{ns} ۰/۰۰۵۸	۲	بلوک
۰/۰۰۰۰۰۱۲۲۳ ^{**}	۰/۴۷۰۳ ^{**}	۳	تیمار
۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳	۶	خطای آزمایشی
۰/۹۸	۱/۱۲	-	ضریب تغییرات (/.)

^{ns} و ^{**} به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

2016; Chrysargyris *et al.* 2016; Alinian and Razmjoo, 2014) با انجام تحقیقات مختلف روی گیاهان مختلف همچون lavender & Satureja hortensis L., Laurus nobilis L., Cumin نشان دادند که با افزایش تنش آبی، درصد اسانس و در نتیجه عملکرد اسانس افزایش یافته است. نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش آبی، درصد روغن‌های اسانسی بیشتر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، زیرا در شرایط تنش آبی، متابولیت‌های بیشتری تولید شده و این باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شود (Farahani *et al.*, 2009 and Eskandari, 2013).

در این تحقیق واکنش عملکرد گیاه نسبت به مصرف آب، بر اساس ضریب حساسیت عملکرد (K_y) بررسی گردید. تغییرات افت نسبی مصرف آب در تیمارهای مختلف مصرف آب در جدول (۹) نشان داده شده است. همان‌طور که جدول (۹) نشان می‌دهد با افزایش میزان تنش، میزان ضریب حساسیت نیز افزایش پیدا می‌کند. برای مشخص شدن میزان ضریب حساسیت کلی گیاه در طول فصل رشد از معادله رگرسیونی ارائه شده در شکل (۲) استفاده گردید.

مهم‌ترین دلایل کاهش وزن گیاه در طول دوره تنش می‌توان به اثرات سوء تنش بر رشد و فیزیولوژی گیاه شامل، اختلال در رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن اشاره کرد. رشد و نمو یک گیاه به تقسیم سلولی، رشد و تمایز سلول‌ها وابسته است. رشد سلولی یکی از حساس‌ترین واکنش‌های گیاهی در برابر تنش خشکی به شمار می‌رود. در نتیجه کاهش اندازه سلول در رابطه با الگوی رشد گیاه به زمان وقوع کمبود آب از نظر فنولوژی گیاه بستگی دارد. اگر تنش آبی در ابتدای چرخه رشد گیاه رخ دهد، سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه تثبیت کربن در فصل رشد کاهش خواهد یافت (Eskandari, 2013). قابل ذکر است با توجه به اینکه شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر بوده و آبیاری به اندازه نیاز خالص

جدول ۸. مقایسه میانگین درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه مرزه تحت شرایط تنش خشکی سال اول

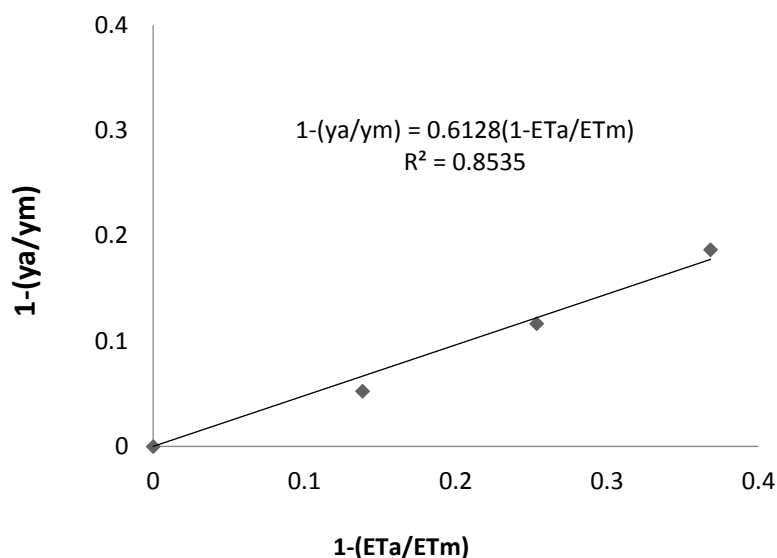
عملکرد اسانس در بوته (میلی لیتر)	اسانس (درصد)	سطح تنش آبی
۰/۰۰۹۴d	۱/۰۸۳d	T ₁₀₀
۰/۰۱۰۷c	۱/۳۰۰c	T ₈₀
۰/۰۱۲۱b	۱/۵۸۳b	T ₆₀
۰/۰۱۴۱a	۲/۰۰۰a	T ₄₀

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

همان‌طور که داده‌های جدول (۸) نشان می‌دهد با افزایش تنش آبی، درصد اسانس و عملکرد اسانس افزایش یافته است. مقادیر درصد اسانس در تیمارهای آزمایشی T₁₀₀، T₈₀، T₆₀ و T₄₀ به ترتیب برابر ۱/۰۸، ۱/۳۰، ۱/۵۸ و ۲ درصد به دست آمد. در تیمار تنش آبی T₄₀، میزان درصد اسانس تقریباً دو برابر شده است. (Baher *et al.*, 2002) نشان داد میزان درصد اسانس مرزه (*Satureja hortensis*) تحت تیمارهای تنش ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد ظرفیت زراعی، برابر ۱/۷۵، ۲/۲ و ۲/۳ درصد بوده است. محققان زیادی همچون Katar *et al.* 2017; Maatallah *et al.*

جدول ۹. ضریب حساسیت گیاه به تنش آبی در تیمارهای مختلف تنش آبی

تیمار	γ_a/γ_m	$1-\gamma_a/\gamma_m$	ET_a/ET_m	$1-ET_a/ET_m$	K_y
T80	۰/۹۵	۰/۰۵	۰/۸۶	۰/۱۴	۰/۳۸
T60	۰/۸۸	۰/۱۲	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۴۶
T40	۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۶۳	۰/۳۷	۰/۵۱



شکل ۲. تعیین میزان ضریب حساسیت گیاه مرزه به تنش آبی

نتیجه‌گیری

با توجه به وضعیت منابع آب ایران، بررسی واکنش گیاهان تحت تنش آبی، امری ضروری به نظر می‌رسد. تحت این شرایط، کم‌آبیاری یکی از مدیریت‌های مؤثر به شمار می‌رود. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد و سایر خصوصیات مورفولوژیک نشان داد که اثر تنش آبی بر روی میزان عملکرد و همه صفات مورفولوژیک مورد بررسی (ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، و همچنین وزن خشک برگ و سرشاخه گلدار، ریشه و ساقه در گیاه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با افزایش تنش آبی، تمام صفات مورفولوژیک مذکور کاهش یافتند. افزایش تنش آبی باعث کاهش رشد سلولی، کاهش فتوسنتز برگ و جذب عناصر غذایی می‌گردد، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان زیاد شده و به دنبال آن وزن اندام‌های هوایی، ریشه و سایر صفات مورفولوژیک گیاه به طور اجتناب‌ناپذیری کاهش می‌یابد. میزان عملکرد (ماده خشک برگ و گل و سرشاخه گیاه مرزه) در تیمارهای T₁₀₀، T₈₀، T₆₀ و T₄₀ به ترتیب برابر ۱۷۳۱/۹۲، ۱۶۴۰/۹، ۱۵۲۹/۹ و ۱۴۰۸/۶ کیلوگرم بر هکتار و درصد اسانس در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر ۱/۰۸، ۱/۳۰، ۱/۵۸ و ۲ درصد به دست آمد. در تیمار تنش

چنانچه شکل (۲) نشان می‌دهد، میزان ضریب حساسیت گیاه مرزه به تنش آبی (K_y) برابر ۰/۶۱ است. میزان K_y در برخی گیاهان زراعی مانند یونجه ۱/۱، پنبه ۰/۸۵، ذرت ۱/۲۵ گزارش شده است (Doorenbos & Kassam, 1979). هرچه حساسیت گیاه به تنش آبی بیشتر باشد، ضریب حساسیت بیشتر خواهد بود. با توجه به میزان K_y برای گیاه مرزه، به نظر می‌رسد این گیاه نسبت به تنش خشکی، نسبتاً مقاوم است. با در نظر گرفتن ۱۵۰ بوته در هر مترمربع، میزان عملکرد، نیاز آبی و بهره‌وری در جدول (۱۰) ارائه شده است. بر اساس داده‌های جدول (۷) به ازای کاهش نیاز آبی به اندازه ۴۰ درصد نیاز آبی، میزان عملکرد ۱۹ درصد کاهش و میزان بهره‌وری مصرف آب، ۲۹ درصد افزایش یافت.

جدول ۱۰. میزان بهره‌وری مصرف آب گیاه مرزه تحت تنش آبی

تیمار	عملکرد (برگ و گل و سرشاخه) (کیلوگرم در هکتار)	تبخیر و تعرق (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)
T ₁₀₀	۱۷۳۱/۹۲	۷۵۸۶/۷	۰/۲۲۸
T ₈₀	۱۶۴۰/۹	۶۵۳۷/۳	۰/۲۵۱
T ₆₀	۱۵۲۹/۹	۵۶۶۴/۷	۰/۲۷۰
T ₄₀	۱۴۰۸/۶	۴۷۹۲	۰/۲۹۴

مشابه قابل کاربرد می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در شرایط تنش آبی با توجه به احتمال تجمع املاح و اثر آن بر میزان تبخیر و تعرق، عملکرد و پارامترهای مورفولوژیکی، اثرات تنش شوری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

تحقیق حاضر در نتیجه بخشی از اطلاعات طرح تحقیقاتی درون دانشگاهی با عنوان بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر گیاه مرزه در منطقه خرم آباد، ارائه شده است (قابل ذکر است که در این طرح آزمایش‌ها مربوط به اعمال تنش شوری و تنش خشکی کاملاً مستقل بوده است). از دانشگاه لرستان به خاطر تأمین بخش مالی تحقیق کمال سپاسگزاری را دارم.

REFERENCES

- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M., 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. doi: 10.22092/ijmapr.2008.10090. (In Persian).
- Alinian, S. and Razmjoo, E. (2014). Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 54, 167-174.
- Amiri Deh Ahmadi, S. R., Rezvani Moghaddam, P., & Ehyae, H. R. (2012). The Effects of Drought Stress on Morphological Traits and Yield of Three Medicinal Plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in Greenhouse Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 116-124. <https://doi.org/10.22067/gsc.v10i1.14479>. (In Persian).
- Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S., & Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2), 239-251. doi: 10.22092/ijmapr.2010.6939. (In Persian).
- Baghalian, K., Abdoshah, S., Khalighi-Sigaroodi, F., & Paknejad, F. (2011). Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 201-207.
- Baher, Z. F., Mirza, M., Ghorbanli, M., & Bagher Rezaii, M. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(4), 275-277.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W. A., Kchouk, M. E., & Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 271-275.
- Colom, M. R., & Vazzana, C. (2002). Water stress effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*. *Italian Journal of Agronomy*, 6(2), 127-132.
- Chrysargyris, A., Laoutari, S., Litskas, V. D., Stavrinides, M. C., & Tzortzakis, N. (2016). Effects of water stress on lavender and sage biomass production, essential oil composition and biocidal properties against *Tetranychus urticae* (Koch). *Scientia horticulturae*, 213, 96-103.
- Daneshmand, A., Shiranirad, A. H., Nourmohammadi, G., & Daneshian, J. (2008). Effect of irrigation regimens and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 10 (3): 244-261.
- Dianat, M., Saharkhiz, M. J., & Tavassolian, I. (2016). Salicylic acid mitigates drought stress in *Lippia citriodora* L.: Effects on biochemical traits and essential oil yield. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 8, 286-293.
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. FAO, Irrigation and drainage paper, No. 33, FAO, Rome, Pp: 1-57.
- Eskandari, M. (2013). Changes in growth parameters and essential oil content of *Satureja bachtiarica* Bunge under the effects of 28-Homobrassinolid and drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(1), 176-186. doi: 10.22092/ijmapr.2013.2899. (In Persian).
- Gontia, N. K., and Tiwari, K. N. (2008). Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural water management*, 95(10), 1144-1152.
- Esmailpour, B., Jalilvand, P., & Hadian, J. (2013). Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis*

- L.). *Agroecology*, 5(2), 169-177. <https://doi.org/10.22067/jag.v5i2.24496>. (In Persian).
- Hadian, J., Tabatabaei, S. M. F., Naghavi, M. R., Jamzad, Z., & Ramak-Masoumi, T. (2008). Genetic diversity of Iranian accessions of *Satureja hortensis* L. based on horticultural traits and RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 115(2), 196-202.
- Honar, T. A., Sabet Sarvestani, Sh., Shams, A., R. Sepaskhah & Kamgar Haghghi, A. A. (2013). Effect of drought stress in different growth stages on grain yield and yield components of rapeseed (cv. Talayeh). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14(4), 320-332. (In Persian).
- Jaafar, H., Khraizat, Z., Bashour, I., & Haidar, M. (2017). Determining water requirements of biblical hyssop using an ET-based drip irrigation system. *Agricultural Water Management*, 180, 107-117.
- Katar, D., Kacar, O., Kara, N., Aytac, Z., Göksu, E., Kara, S. ... & Elmastaş, M. (2017). Ecological variation of yield and aroma components of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 7, 131-135.
- Maatallah, S., Nasri, N., Hajlaoui, H., Albouchi, A., & Elaissi, A. (2016). Evaluation changing of essential oil of laurel (*Laurus nobilis* L.) under water deficit stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 91, 170-178.
- Mohtashami, S., Rowshan, V., Tabrizi, L., Babalar, M., & Ghani, A. (2018). Summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil constituent oscillation at different storage conditions. *Industrial Crops and Products*, 111, 226-231.
- Nouri, M., Asadi, P., Rahimabadi, A. D., & Golchin, A. (2014). The Effect of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer Levels on Growth and Essential Oil of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3, 71-77.
- Pessarakli, M., Huber, J. T., & Tucker, T. C. (1989). Protein synthesis in green-beans under salt stress with two nitrogen sources. *Journal of Plant nutrition*, 12(11), 1361-1377.
- Sodaii zadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammady maibody, A. M., & Hakim zadeh, M. A. (2016). The Effects of Water Stress on some Morphological and physiological Characteristics of *Satureja hortensis*. *Plant Process and Function*, 5 (15), 1-12. (In Persian).
- Thomas, F. M., & Gausling, T. (2000). Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science*, 57(4), 325-333.
- Vazin, F. (2013). RETRACTED: Water stress effects on Cumin (*Cuminum cyminum* L.) yield and oil essential components. *Scientia Horticulturae*, 151, P. 135-141.