دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

تاثیر تنش‌های خشکی و شوری بر برخی از متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis*)

رضا دهقانی بیدگلی[۱]
استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۷

چکیده

مقدمه: آگاهی از تغییرات ترکیبات ساخته شده توسط گیاهان از اهمیت زیادی برخوردار است. این موضوع در مورد برخی از ترکیبات گیاهی که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و در صنعت داروسازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. یکی از عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت ترکیبات گیاهی عوامل محیطی و شرایط زندگی گیاهان می‌باشد؛ به‌طوری‌که، کیفیت این مواد به شدت تحت تاثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور سنجش تاثیر دو تنش خشکی و شوری بر ترکیبات فنولی که جزء مهم‌ترین متابولیت‌های گیاهی می‌باشند، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه و آزمایشگاه دانشگاه کاشان در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. در این آزمایش گیاه رزماری داخل گلدان کشت گردید و پس از اعمال تنش‌های مورد نظر، اندام هوایی گیاه برداشت شدند. عصاره‌گیری به روش ماسراسیون انجام گرفت و ترکیبات فنولی با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا اندازه‌گیری گردید.

نتایج: نتایج آزمایش نشان داد که تنش شوری و خشکی اثر معنی‌داری در میزان ترکیبات فنولی از جمله α-pinene دارند. در تنش خشکی مقادیر camphene، α-pinene، α-terpinene، linalool L و camphor به‌ترتیب ۴۳، ۱۴۸، ۱۳۲، ۱۸۴ و ۷۹ درصد نسبت به شرایط بدون تنش افزایش نشان دادند. مقدار ترکیبات

*نویسنده مسئول: dehghanir@kashanu.ac.ir

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

بررسی شده در اثر تنش شوری نیز تغییراتی نشان داد؛ اما این تغییرات در مقایسه با تنش خشکی قابل توجه نبود. بیشترین افزایش در تنش شوری مربوط به ترکیب 1,8-cineol بود که نسبت به شاهد افزایش ۲۸ درصدی را نشان داد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که استفاده از تنش‌های محیطی با تاثیر روی پارامترهای رشد تولید متابولیت‌های ثانویه و محتوی فنولی باعث افزایش عملکرد این گیاه شده و راهکار مناسبی برای افزایش راندمان و عملکرد گیاهی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عصاره‌گیری، عوامل محیطی، فنول، کروماتوگرام، HPLC

مقدمه

تنش‌های محیطی جزء مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان به‌شمار می‌روند این در حالی است که در مورد برخی از گیاهان دارویی، استفاده از تنش‌های محیطی می‌تواند روشی برای افزایش عملکرد گیاه باشد (Walpola and Arunakumara., 2017). عوامل محیطی از یک طرف باعث تغییراتی در رشد گیاهان دارویی و از طرف دیگر موجب تغییر در مقدار و کیفیت مواد موثره آن‌ها نظیر آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار (اسانس‌ها) می‌گردند. عملکرد یک گیاه دارویی وقتی مقرون به‌صرفه است که مقدار متابولیت‌های اولیه و ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد. بنابراین، با مدیریت عوامل محیطی می‌توان به حداکثر محصول دست یافت (Kusano *et al*., 2008).

دمیرکایا و همکاران (Demir kaya *et al*., 2006) در تحقیقات خود نشان دادند که شوری عملکرد اسانس در گیاهان خانواده نعنائیان را کاهش می‌دهد و از طرفی استرس خشکی می‌تواند باعث افزایش درصد روغن‌های ضروری اکثر گیاهان دارویی شود؛ زیرا در این حالت متابولیت‌های بیشتری تولید شده و این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شوند. هم‌چنین گزارشات فراوانی از انواع خواص بیولوژیکی و دارویی ترکیبات فنولی گیاهان این خانواده گیاهی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدباکتری، ضدویروسی، ضدالتهابی و غیره اشاره کرد (Baidez *et al*., 2007; Huang *et al*., 2009).

تحقیقات نشان داده که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاهان، تنش‌های محیطی اعمال شده بر آن‌ها است، در حقیقت یکی از با اهمیت‌ترین وظایف متابولیت‌های ثانویه در گیاهان نقش محافظتی آن‌ها در شرایط تنش است. این ترکیبات به گیاهان کمک می‌کنند تا بتوانند در مقابل عوامل مزاحم خارجی (مانند آفات و پاتوژن‌ها) و شرایط نامساعد محیطی (مانند خشکی و یا شرایط نامساعد خاک) مقاومت کنند و به حیات خود ادامه دهند. شواهد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

زیادی بر افزایش چند برابری متابولیت‌های ثانویه تحت تنش‌های محیطی وجود دارد، اما برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد که این تأثیر همیشگی نیست و در مواردی حتی کاهش میزان متابولیت‌های ثانویه تحت شرایط تنش‌های محیطی دیده می‌شود (Walpola and Arunakumara., 2017; Ramakrishna and Ravishankar, 2011). بررسی و به دست آوردن بهترین شرایط محیط کشت که بتواند منجر به تولید گیاهی با بیشترین درصد متابولیت‌های ثانویه گردد از مهم‌ترین اهداف در تحقیقات مربوط به کشت گیاهان دارویی می‌باشد (Jaafar *et al*., 2012).

گیاه دارویی اکلیل کوهی با نام عمومی رزماری و نام علمی *Rosmarinus officinalis* L. گیاهی از تیره نعناع می‌باشد. از نظر ساختار، گیاهی است علفی، پایا، دارای ساقه‌ای چوبی به ارتفاع نیم تا یک متر، برگ‌های سبز دائمی و بسیار معطر با آرایش متقابل با کناره‌ی برگشته، باریک، دراز و نوک تیز سطح فوقانی برگ آن به‌رنگ سبز و سطح تحتانی به‌علت وجود کرک‌ها سبز مایل به سفید است (Mozafarian, 1998). اهمیت این گونه گیاهی بیشتر به خاطر اسانس موجود در آن می‌باشد که تقریباً در تمام اندام‌های آن البته با نسبت‌های متفاوت وجود دارد.

رشد و تولید روغن‌های ضروری گیاهان دارویی می‌تواند تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار بگیرد. سوامی و همکاران و والترز و همکاران (Swamy *et al*., 2008; Walters *et al*., 2016) نشان دادند که با کاربرد تنش، رشد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و با کاربرد سطوح پائین تنش، محتوای روغن ضروری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در تحقیق دیگر تاراف و ابراهیم (Tarraf and Ibrahim, 1999) دریافتند که میزان روغن‌های ضروری رزماری با کاربرد تنش‌های محیطی افزایش معنی‌داری یافت.

از آنجایی که تنش‌های محیطی و به ویژه تنش خشکی و شوری یکی از موانع اصلی در کاهش تولید محصولات گیاهان دارویی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران محسوب می‌شوند، از طرف دیگر از آنجایی که ترکیبات تولید شده در گیاهان دارویی تحت تاثیر تنش‌های محیطی ممکن است افزایش یابند. بنابراین انجام آزمایشات مربوطه شناسایی کاهش اثرات سوء و هم‌چنین اثرات احتمالی مثبت تنش‌ها برای حصول آستانه‌های اقتصادی عملکرد گیاهان دارویی مهم به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در خردادماه سال ۱۳۹۶ در شرایط گلخانه (کشت گیاهان و اعمال تنش) و آزمایشگاه (اندازه‌گیری ترکیبات فنولی) دانشگاه کاشان در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر روی گیاه رزماری اجرا گردید. جهت کشت گیاه از نهال‌های ۱۰ سانتی‌متری استفاده گردید. تیمار اول مورد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

استفاده در این تحقیق شامل اعمال تنش خشکی به‌صورت یک بازه زمانی عدم آبیاری تا ظهور علائم تنش (ده روزه) و تیمار دوم تنش شوری با استفاده از محلول نمک Nacl با غلظت ppm ۴۰۰ به‌همراه تیمار سوم شاهد (آبیاری معمولی و بدون تنش) بودند. در این تحقیق از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با ظرفیت ۶ کیلوگرم خاک استفاده شد و پیش از انجام آزمایش، خاک مورد استفاده در آزمایشگاه آب و خاک دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil tested

رطوبت ظرفیت مزره ای(درصد وزن خشک) Field capacity moisture	22.8%
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density	1.5 (g/cm^3)
اسیدیته خاک Soil pH	7.43
هدایت الکتریکی EC	1.3 (dS/m^2)
بافت خاک Soil texture	لومی - رسی Loam-Clay

برای آماده‌سازی نمونه های گیاهی جهت عصاره‌گیری، ابتدا اندام‌های گیاهی در دمای اتاق و دور از نور خورشید خشک گردیدند. سپس ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی که به خوبی در هاون خرد شده بود توسط ۲۰ میلی‌لیتر حلال اتانول ۸۰ درصد تحت عصاره‌گیری به روش ماسیراسیون قرارگرفت (Aliabadi-Farhani *et al*., 2009). فرآیند استخراج به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برروی شیکر ادامه یافت. در نهایت پس از تکمیل فرآیند عصاره‌گیری، محلول با استفاده از کاغذ واتمن صاف گردید و پس از سانتریفیوژ کردن (مدت ۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه) محلول عصاره به‌صورتی کاملاً صاف و شفاف به‌دست آمد. این محلول با استفاده از دستگاه تبخیرکننده چرخان خشک گردید و متناسب با وزن عصاره به‌دست آمده از هر نمونه، محلول‌های استوک (ppm ۱۰۰۰) با استفاده از حلال متانول تهیه شد که از این محلول‌ها جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنولی استفاده گردید (Aleksandra *et al*., 2011).

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی از روش کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا (HPLC) استفاده شد. برای این منظور ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده به دستگاه HPLC (مدلKNAUER-Germany)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

تزریق گردید. این دستگاه مجهز به دتکتور UV مدل K۲۵۰۰ و ستون $C_{۱۸}$ (Vertex) دارای اندازه ذرات ۵ میکرومتر، طول ۲۵۰ میلی‌متر و قطر ۴ میلی‌متر بود. شستشوی ستون با استفاده از آب حاوی ۰/۲ درصد اسیدسولفوریک به‌عنوان حلال A و متانول حاوی ۰/۲ درصد اسیدسولفوریک به‌عنوان حلال B با شدت جریان ۰/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌صورت گرادیانت انجام گرفت. نحوه تغییر درصد حلال‌ها در طی فرآیند آنالیز با جزئیات کامل در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات ستون HPLC جهت تعیین ترکیبات عصاره گیاه دارویی رزماری

Table 2- Characteristics of the HPLC column to determine the compounds of *Rosmarinus officinalis* extract

زمان Time	محلول A (درصد) Solvent A (%)	محلول B (درصد) Solvent B (%)
0-5	80	20
5-10	75-80	25-20
10-15	75	25
15-20	50-55	50-45
20-25	55	45
25-30	15-65	75-35
30-35	10	90
35-40	10-80	90-20
40-45	80	20

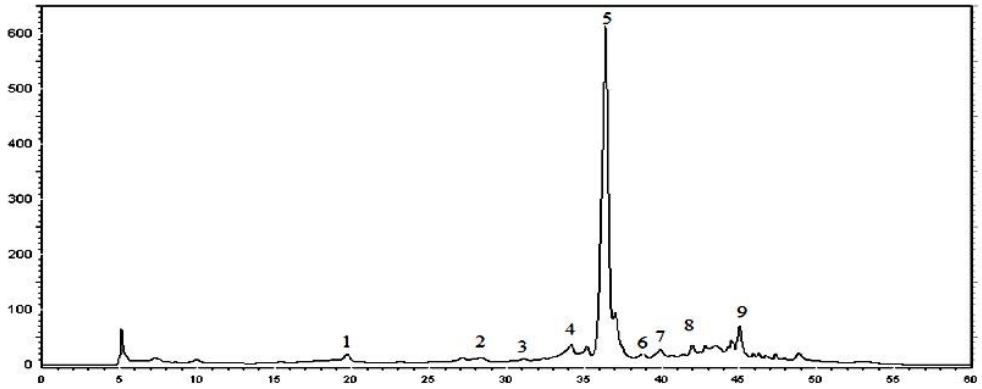
اندازه‌گیری α-pinene در طول موج ۲۷۵ نانومتر و α-terpinene، linalool L، camphene، camphor و 1,8-cineol در طول موج ۳۱۵ نانومتر انجام شد. آنالیز کیفی هر کدام از ترکیبات مورد نظر با استفاده از مقایسه زمان بازداری پیک‌های موجود در کروماتوگرام با زمان بازداری پیک مربوط به ماده خالص استاندارد انجام گرفت. هم‌چنین جهت آنالیز کمی ترکیبات فنولی، با تزریق محلول‌های استاندارد با غلظت‌های معین و به دست آوردن سطح زیر پیک هر کدام منحنی کالیبراسیون مربوط به هر ترکیب رسم شد و با استفاده از معادله خطی این منحنی کالیبراسیون، میزان کلی هر کدام از مواد مورد نظر در عصاره‌ها تعیین گردید (Aleksandra *et al.*, 2011).

پس از اندازه‌گیری صفات و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس صفات و نیز مقایسه میانگین تیمارها به روش چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارMSTATC و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

نتایج و بحث

کروماتوگرام مربوط به عصاره گیاه رزماری تحت تنش خشکی در شکل ۱ آورده شده است که در آن پیک مربوط به هر کدام از ترکیبات مورد بررسی مشخص شده است.



شکل ۱- کروماتوگرام مربوط به آنالیز HPLC عصاره‌های گیاه رزماری تحت تنش خشکی

Figure 1- Chromatograms related to HPLC analysis of *Rosmarinus officinalis* extracts under drought stress

(1- camphene, 2- camphor, 3- α-terpinene, 4-linalool L, 5- 1,8-cineol 6- α-pinene and 7, 8, 9- other compounds)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش‌های خشکی و شوری اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان درگیاه رزماری داشته‌اند (جدول ۳). با اعمال تنش خشکی میزان α-pinene در گیاه ۴۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین مقدار α-pinene (۱۱/۲۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش خشکی و کمترین میزان آن (۶/۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۲). مطابق شکل ۲، بین میزان α-pinene در شرایط تنش شوری و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید؛ ولی میزان α-pinene در تیمار شوری بیشتر از تیمار شاهد بود.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که، اثر تنش‌های خشکی و شوری روی میزان α-terpinene در گیاه رزماری معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). همان‌طوری که در شکل ۳ مشاهده می‌شود این اختلاف‌ها به قدری زیاد بود که تیمارها در سه گروه مختلف قرار گرفتند، به‌طوری بیشترین و کمترین میزان α-terpinene به‌ترتیب در تنش خشکی، تیمار شاهد و تنش شوری به‌دست آمد. با اعمال تنش خشکی میزان α-terpinene (۷۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) ۱۴۸درصد نسبت به میزان آن در تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۳).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

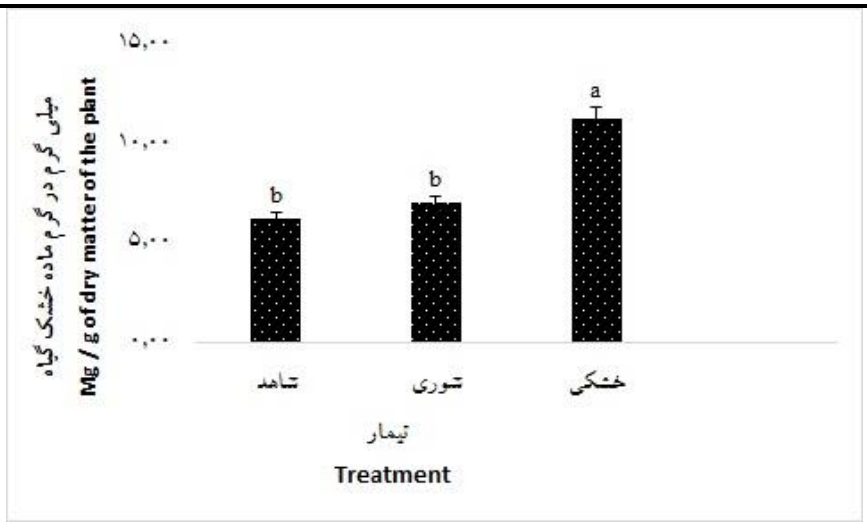
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ترکیبات عصاره گیاه رزماری در تیمارهای شاهد، شوری و خشکی

Table 3- Analysis of variance (MS) of *Rosmarinus officinalis* extract in control, salinity and drought treatments

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	α-Pinene	α-Terpinene	Camphene	Linalool L	Camphor	1,8-Cineol
تیمار Treatments	2	12.50**	2.41**	4.5**	12.10**	6.7**	0.27**
خطای آزمایش Error	6	0.70	2.80	0.02	0.18	0.20	0.012
ضریب تغییرات CV (%)		6.50	4.1	9.6	10	10	6

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

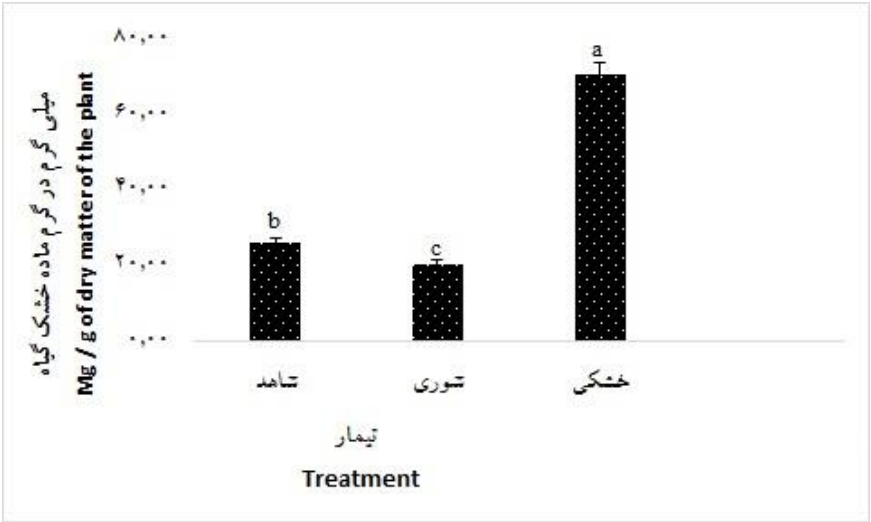
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the levels of five and one percent probability, respectively.



شکل ۲- مقایسه میانگین میزان α-pinene در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

Figure 2- Mean comparisons of α-pinene content in *Rosmarinus officinalis* under drought, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)



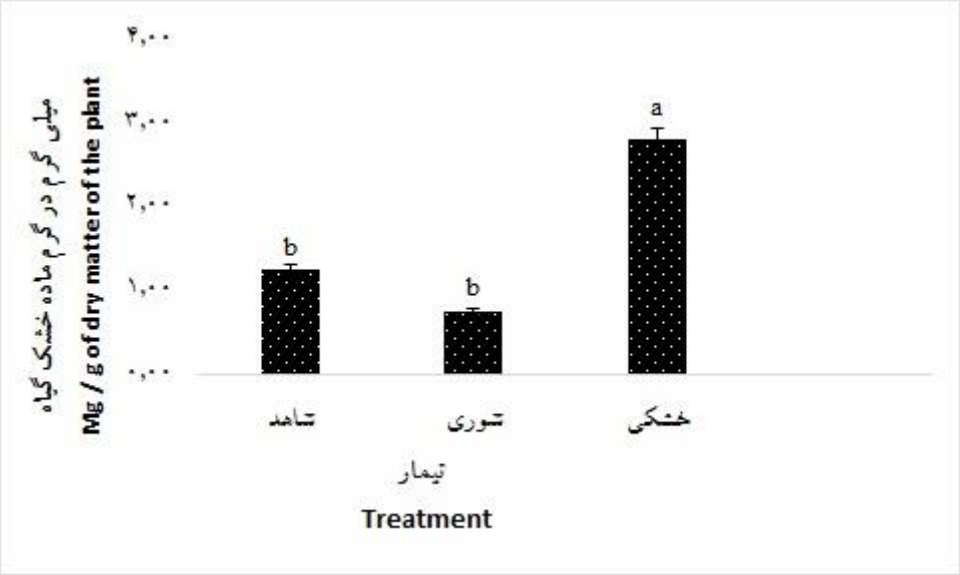
شکل ۳- مقایسه میانگین میزان α-terpinene در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

Figure 3- Mean comparisons of α-terpinene content in *Rosmarinus officinalis* under drought, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

نتایج نشان داد که بین تیمارها مختلف از نظر میزان camphene اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳)؛ به‌طوری که بیشترین مقدار camphene (۲/۸۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش خشکی و کمترین میزان آن (۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش شوری مشاهده شد (شکل ۴).



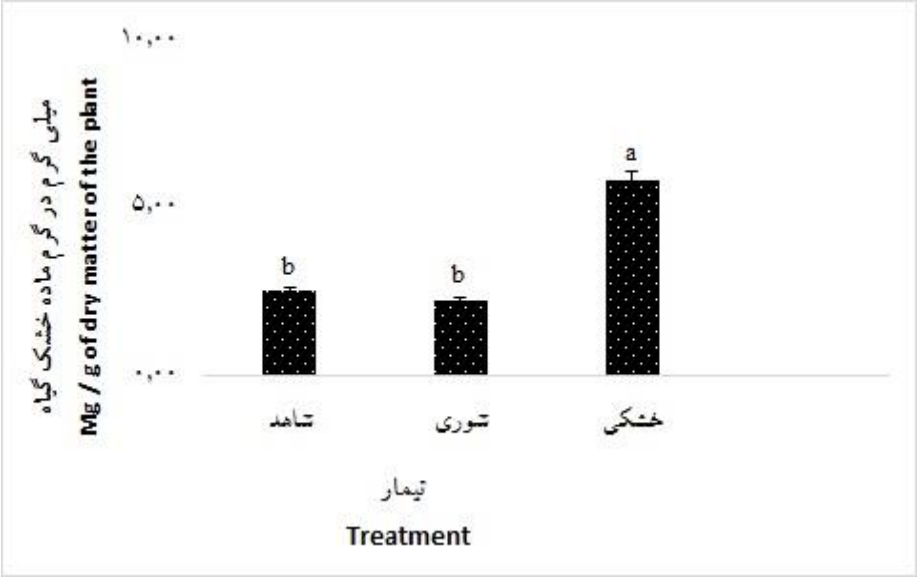
شکل ۴- مقایسه میانگین میزان camphene در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

Figure 4- Mean comparisons of camphene content in *Rosmarinus officinalis* under drought, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر میزان camphor اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تنش خشکی اختلاف معنی‌داری با تنش شوری و تیمار شاهد داشته؛ به‌طوری که بیشترین مقدار camphor (۵/۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش خشکی و کمترین مقدار آن (۱/۷۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش شوری مشاهده گردید (شکل ۵).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]



شکل ۵- مقایسه میانگین میزان camphor در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

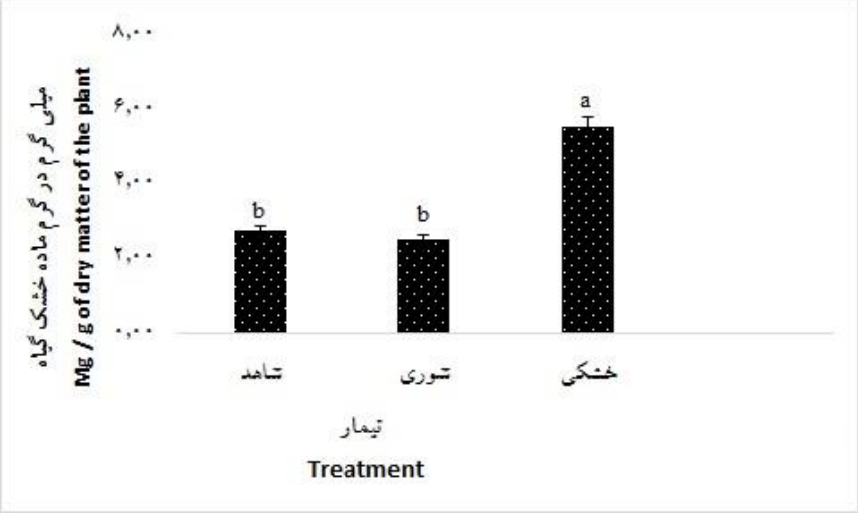
Figure 5- Mean comparisons of camphor content in *Rosmarinus officinalis* under drought, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اعمال تیمارهای مختلف بر میزان linalool L در گیاه رزماری تاثیر معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تنش خشکی اختلاف معنی‌داری با تنش شوری و تیمار شاهد داشت؛ به‌طوری که بیشترین مقدار linalool L (۵/۵۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش خشکی و کمترین مقدار آن (۲/۵۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه) در تنش شوری مشاهده گردید (شکل۶).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای خشکی و شوری بر میزان 1,8-cineol در رزماری تاثیر معنی‌دار دارد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار 1,8-cineol به‌ترتیب در تنش شوری و تنش خشکی با میزان ۲/۵ و ۱/۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گیاه بود (شکل ۷). میزان افزایش 1,8-cineol در تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش ۲۸ درصد بود (شکل ۷).

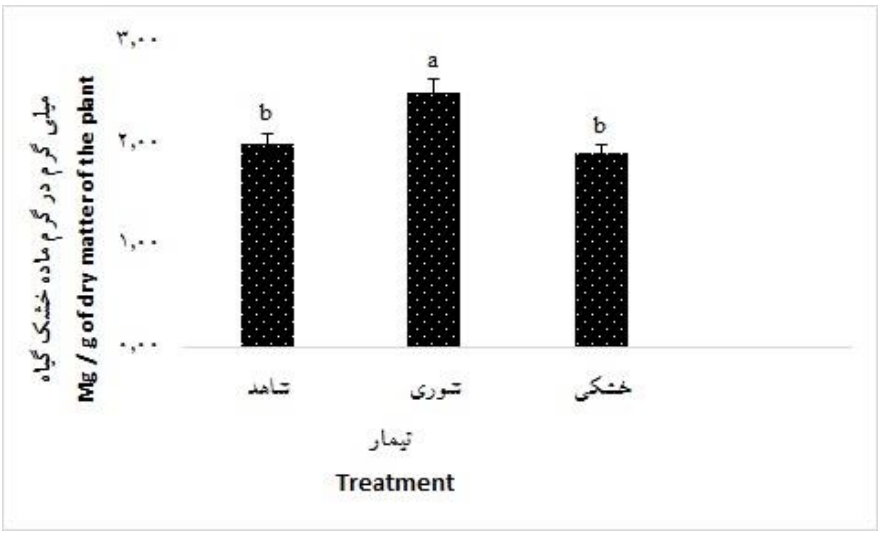
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]



شکل ۶- مقایسه میانگین میزان linalool L در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

Figure 6- Mean comparisons of linalool L content in *Rosmarinus officinalis* under drough, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)



شکل ۷- مقایسه میانگین میزان 1,8-cineol در گیاه رزماری تحت تیمارهای خشکی، شوری و شاهد

Figure 7- Mean comparisons of 1,8-cineol content in *Rosmarinus officinalis* under drought, salinity and control treatments

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی بر ترکیبات مورد مطالعه گیاه رزماری اثر معنی‌داری دارد، به‌طوری که در اثر تنش خشکی میزان camphene، α-pinene، α-terpinene، L linalool و camphor افزایش یافتند؛ اما ترکیب 1,8-cineol تحت تاثیر تنش خشکی نه تنها افزایش نشان نداد بلکه در این شرایط کاهش نیز داشته است. بیشترین افزایش به‌دست آمده در شرایط تحت تنش خشکی نسبت به شاهد مربوط به ترکیب camphene به میزان ۱۸۰/۵درصد بود که نتایج این آزمایش با سایر تحقیقات که در آن‌ها تنش آبی سبب افزایش اسانس در پونه‌کوهی (Dunford and Vazquez, 2000)، مرزه (Ghorbanali, *et al*., 2001) و بادرنجبویه (Aliabadi-Farhani *et al*., 2009) شده است، مطابقت دارد.

آزا و همکاران (Azza *et al*., 2009) در بررسی اثر چهار سطح خشکی بر گیاه رزماری مشاهده کردند که بالاترین درصد نسبی ترکیب α-pinene در تیمار فاصله آبیاری ۱۰ روز حاصل شده است. نتایج حاصل از این تحقیق در مورد میزان 1,8-cineol با نتایج فوق مغایرت دارد؛ در حالی‌که با گزارش ازتورک و همکاران (Ozturk *et al*., 2004) بر روی میزان اسانس و ترکیبهای فنولی در رزماری و نوروزی‌پور و رضوانی‌مقدم (Norozpoor and Rezvani-Moghaddam, 2006) در سیاهدانه که نسبت به شاهد کاهش گزارش کردهاند مطابقت دارد. برخی از محققین گزارش نموده‌اند که به‌دلیل کاهش رشد در اثر القای تنش خشکی، تثبیت کربن در طی فتوسنتز صرف تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Turtola *et al*., 2003) و بیشتر متابولیت‌های تولیدی در گیاهان در شرایط تنش به منظور جلوگیری از اکسیداسیون سلولی است (Aliabadi-Farhani *et al*., 2009) .

ازتورک و همکاران (Ozturk *et al*., 2004) بیان کردند که افزایش میزان شوری با کاهش در میزان اسانس بادرنجبویه همراه است. در سایر تحقیقاتی که در تنش شوری صورت گرفته است اثرات نامناسب تنش شوری در کاهش عملکرد اسانس در شوید (Riaze *et al*., 2007)، ماده مؤثره کامازولن در بابونه (Hornok, 1996)، میزان اسانس در رازیانه (Ashraf and Akhtar, 2004) و زنیان (Ashraf and Orooj, 2006) گزارش شده است. در آزمایشی بر روی گیاه نعنا که با یک محلول شور آبیاری شده بود مشاهده شد که آب شور با کاهش رشد و توقف تشکیل اسانس در گیاه شده است (El-Keltawi and Croteau, 1986). در تحقیق مشابه، در بررسی اثر شوری آب آبیاری را بر روی گیاهان مرزنجوش و مشخص شده بود که شوری آب باعث کاهش ۲۱ درصدی عملکرد اسانس می‌شود (El-Keltawi and Croteau, 1987). در تحقیقی بر روی گیاه شوید مشاهده شد که افزایش شوری، غلظت کل اسانس را کاهش می‌دهد (Udagawa *et al*., 1995; Arazmjo *et al*., 2017; Walters *et al*., 2016). تمام این تحقیقات موید این مطلب هستند که تنش‌های مختلف تاثیر چشم‌گیری بر روی ترکیبات گیاهی خصوصاً متابولیت‌های ثانویه دارند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

نتیجه‌گیری

هرچند گیاهان در شرایط تنش تلاش می‌کنند تا خود را در شرایط ایده‌آل نگه دارند؛ اما این روند در روزهای نخستین تنش فقط مانع بروز تغییرات جدی در ترکیبات گیاهی می‌شود و پس از گذشت چند روز ترکیبات گیاهی به‌شدت تحت تاثیر تنش‌های اعمال شده قرار می‌گیرند و از نظر کمی و کیفی با شرایط بدون تنش تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. آنچه در این تحقیق نیز مشاهده شد نیز این مطلب را تائید می‌کند. کاهش تولید متابولیت‌های گیاهی در نتیجه تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری ممکن است ناشی از اثر زیان‌آور تنش بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد، به عبارت دیگر با کاهش عملکرد پیکر رویشی گیاه رزماری در شرایط تنش، عملکرد گیاه از نظر تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه نظیر اسانس‌ها نیز کاهش می‌یابد. اگرچه در برخی از گیاهان عملکرد پیکر رویشی و تولید متابولیت‌های گیاهی همسو نمی‌باشند و نقش مثبت تنش‌های محیطی در این دسته از گیاهان اهمیت ویژه‌ای دارد. اگرچه ترکیبات مختلف گیاهی عکس العمل‌های متفاوتی نسبت به تنش‌های مختلف از خود نشان می‌دهند؛ اما به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی از این تحقیق می‌توان گفت که با ایجاد تنش‌های محیطی امکان افزایش کمی متابولیت‌های ثانویه برای برخی از گیاهان فراهم می‌شود، که در تحقیق حاضر اثر تنش خشکی بر ترکیبات گیاه رزماری بیشتر از تنش شوری بوده است.

منابع

Aleksandra C.M., Neda M.M., Anamarija I.M., Marijana B.S., Ivan L.M., Ivana J.S. 2011. Development of a rapid resolution HPLC method for the separation and determination of 17 phenolic compounds in crude plant extracts. Central European Journal of Chemistry, 9 (1): 133-142.

Aliabadi-Farahani H., Valadabadi S.A., Daneshian J., Khalvati M.A. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plant Research, 3: 329-333.

Ashraf M., Akhtar N. 2004. Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. Journal of Bologia Plantarum, 48 (3): 461-464.

Ashraf M., Orooj A. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi*). Journal of Arid Environments, 64: 209-220.

Azza A., El-Din E., Eman E., Aziz S.F., Hendawy A., Omer, E.A. 2009. Response of *Thymus vulgaris* L. to salt stress and alar (B9) in newly reclaimed soil. Journal of Applied Sciences Research, 5 (12): 2165-2170.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

Baidez A.G., Gomez P., Del Rio J.A., Ortuno A. 2007. Dys functionality of the xylem in *Oleaeuropaea L*. plants associated with the infection process by *Verticillium dahliae* Kleb. Role of phenolic compounds in plant defense mechanism. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 3373-3377.

Demir Kaya M., Gamze O., Yakup M.C. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295.

Dunford N.T., Vazquez R.S. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7: 20-22.

El-Keltawi N.E., Croteau R. 1987. Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. Journal of Phytochemistry, 26: 1333-1334.

Ghorbanali M., Baher Z., Mirza, M., Rezaei M.B. 2001. Evaluation of some growth parameters and quantitative and qualitative changes in the composition *Saturejasahendica* under different irrigation regimes during the vegetative and reproductive growth stages. Iranian Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 52: 40-45. (In Persian).

Hornok L. 1996. Essential oil of *Matricaria chamomilla*is affected by irrigation regime and nitrogen in in two cultivars. Journal of American Society of Horticultural Science, 13: 169-175.

Huang W.Y., Cai Y.Z., Zhang Y. 2009. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: Potential use for cancer Prevention. Journal of Nutrition and cancer, 62: 1-20.

Jaafar H.Z.E., Ibrahim M.H., Fakri N.F.M. 2012. Impact of soil field water capacity on secondary metabolites, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), maliondialdehyde (MDA) and photosynthetic responses of Malaysian kacipfatimah (*Labisiapumila*). Journal of Molecules. 17: 7305-7322.

Kusano T., Berberich T., Tateda C., Takahashi Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta, 228: 367-381.

Mozafarian V.A. 1998. Culture of Plants Name of Iran. Contemporary Culture, 435 p. (In Persian).

Norozpoor G., Rezvani-Moghaddam P. 2006. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). Iranian Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 19 (4): 133-138. (In Persian).

Ozturk A., Ipek A., Unlukara A., Gurbuz B. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Pakistan Journal of Botany, 36 (4): 787-792.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

Ramakrishna A., Ravishankar G.A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Journal of Plant Signaling and Behavior, 6: 1720-1731.

Riaz P., Surendra S., Harting H. 2007. Effect of irrigation intervals and splitted nitrogen on carvone content of *Anethum graveolense* L. grown in semi-arid region. Journal of Horticulture Environment Biotechnology, 41 (4): 25-30.

Swamy K., Ram N., Rao S. 2008. Influence of 28-homobrassinolid on growth, photosynthesis metabolite and essential oil of geranium. American Journal of Plant Physiology, 3 (4): 173-179.

Tarraf S., Ibrahim M.E. 1999. Physiological response of rosemary, *Rosmarinus officinalis* L. plant to brassinosteroid and uniconazole. Cultivation and Production of Medicinal and Aromatic Plants, 230 p.

Turtola S., Manninen A., Rikala R., Kainulainen P.2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in scots pine and norway spruce seedling. Journal of Chemical Ecology, 29: 1981-1995.

Udagawa Y., Ito T., Tognoni F., Namiki T., Nukaya A., Maruo T. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*) grown in hydroponics to the concentration of nutrient solution. Journal of Acta Horticulture, 396: 203-210.

Walpola B.C., Arunakumara K.K. 2017. Effect of salt stress on decomposition of organic matter and nitrogen mineralization in animal manure amended soils. Journal of Agrcultural Science, 5 (1): 9-18.

Walters D.T., Aulakh M.S., Doran J.W. 2016. Effect of soil aeration, legume residue and soil texture on transformation of macro and micronutrients in soils. Journal of Soil Science, 153: 100-107.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]