دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) با استفاده از باکتری محرک رشد

رضا دهقانی بیدگلی[1*]، نازنین آذرنژاد[2]، مریم اخباری[3]

[1]استادیار گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
[2]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
[3]استادیار پژوهشکده اسانس‌های طبیعی، دانشگاه کاشان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۷

چکیده

مقدمه: تنش‌های محیطی جزء مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان دارویی به‌شمار می‌روند و استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهان نظیر باکتری‌های محرک رشد می‌تواند راهکاری برای کاهش اثرات تنش خشکی باشد. عوامل محیطی از یک سو 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.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در ۴ تکرار در گلخانه دانشگاه کاشان انجام شد. عامل اول آبیاری در ۳ سطح شامل آبیاری در حد ظرفیت زراعی (FC)، تنش ملایم (2/3 FC)، و تنش شدید (1/3 FC) بود که تیمارهای خشکی پس از استقرار کامل پایه‌های کشت شده انجام گرفت. عامل دوم سویه باکتری محرک رشد در چهار سطح شاهد (صفر) و افزودن 10^{-10}، 10^{-8} و 10^{-6} مولار به خاک گلدان‌ها به‌صورت محلول قبل از اعمال تنش خشکی بود. به‌منظور تعیین ظرفیت زراعی خاک ابتدا جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد. سپس براساس مقدار جرم خاک گلدان‌ها ارتفاع خاک تنظیم شد. سپس با قرار دادن زیرگلدانی در کف گلدان، تا حد اشباع با استوانه مدرج آب اضافه گردید. سپس وزن گلدان و خاک اشباع با ترازو تعیین گردید و سر گلدان‌ها با پلاستیک پوشانده شد و پس از گذشت ۴۸ ساعت مجدداً

*نویسنده مسئول: dehghanir@kashanu.ac.ir

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

گلدان‌ها توزین شد و اختلاف وزن، مقدار آب ثقلی است. از کسر وزن آب ثقلی از میزان آب اولیه، آب لازم برای ظرفیت زراعی محاسبه گردید.

نتایج: از نتایج بدست آمده مشخص شد که استفاده از ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی (باکتری محرک رشد) برای حفظ عملکرد اقتصادی گیاهان تحت تنش ضروری و قابل توجیه است. نتایج نشان داد که کاهش آبیاری تاثیر معنی‌داری در کاهش پارامترهای رشد شامل وزن خشک، طول ریشه، ارتفاع گیاه و عملکرد اسانس داشت. براساس نتایج، درصد اسانس با کاهش آبیاری، افزایش معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان داد؛ به‌طوری‌که درصد اسانس از ۰/۳۴ در تیمار آبیاری کامل به ۰/۸۵ در تنش شدید و استفاده از 10^{-8} مولار باکتری رسید.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که استفاده از این باکتری از طریق تحریک افزایش پارامترهای رشد و عملکرد ماده خشک رزماری باعث افزایش عملکرد اسانس این گیاه شد و راهکار مناسبی برای مقابله با شرایط تنش خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری، تنش، درصد اسانس، ظرفیت زراعی، وزن خشک

مقدمه

عوامل محیطی از یک سو 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 (Zargar, 2000). 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). دمیر کایا 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. دامبولنا و همکاران (Dambolena *et al*., 2011) تأثیر تنش آبی را بر ارتفاع و عملکرد اسانس چند گونه گیاه دارویی بررسی کردند و نشان دادند که هرچند که بالاترین سطح تنش آبی، ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک گیاه را کاهش داد؛ اما موجب افزایش میزان اسانس در مرحله گلدهی به‌طور معنی‌داری گردید.

گیاه داوریی 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 با برگ‌های سبز دائمی و بسیار معطر با آرایش متقابل با کناره‌ی برگشته، باریک، دراز و نوک تیز.

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

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 تقریبا در تمام اندام‌های آن البته با نسبت‌های متفاوت وجود دارد.

یکی از مواردی که می‌تواند باعث افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های گوناگون گردد باکتری محرک رشد می‌باشد. باکتری‌های محرک رشد تحمل گیاهان را در محدوه وسیعی از استرس‌های محیطی از قبیل: خشکی، شوری و گرما افزایش داده‌اند (Clouse *et al*., 1992). رشد و تولید روغن‌های ضروری گیاهان دارویی می‌تواند تحت تاثیر استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی قرار بگیرد. سوامی و همکاران (Swamy *et al*., 2008) نشان دادند که با کاربرد مواد محرک، رشد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و با کاربرد میزان ناچیزی از این مواد در حد میکروگرم، محتوای روغن ضروری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در تحقیق دیگر تاررافس و همکاران (Tarrafs *et al*., 1999) دریافتند که میزان روغن‌های ضروری رزماری با کاربرد تحریک‌کننده‌های رشد گیاهی افزایش معنی‌داری یافت.

از آنجایی که تنش‌های محیطی و به‌ویژه تنش خشکی یکی از موانع اصلی در کاهش تولید محصولات گیاهان دارویی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هم‌چون ایران محسوب می‌شوند. بنابراین، انجام آزمایشات مربوطه و کاربرد مواد موثر در کاهش اثرات سوء تنش‌ها برای حصول آستانه‌های اقتصادی عملکرد گیاهان زراعی و دارویی مهم به‌نظر می‌رسد. در این رابطه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد به‌منظور بهبود آثار کم آبی در گیاهان در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه دانشگاه کاشان اجرا گردید. در این تحقیق از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به ظرفیت ۶ کیلوگرم خاک مزرعه و رویشگاه گیاه مورد نظر استفاده شد. 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). به‌منظور تعیین ظرفیت زراعی خاک ابتدا جرم مخصوص ظاهری خاک رو محاسبه شد. سپس براساس مقدار جرم خاک گلدان‌ها ارتفاع خاک تنظیم شد. سپس با قرار دادن زیرگلدانی در کف گلدان، تا حد اشباع با استوانه مدرج آب اضافه گردید. سپس وزن گلدان و خاک اشباع با ترازو تعیین گردید و سر گلدان‌ها با پلاستیک پوشانده شد، پس از گذشت ۴۸ ساعت مجدداً گلدان‌ها توزین شد. اختلاف وزن، مقدار آب ثقلی است. از کسر وزن آب ثقلی از میزان آب اولیه، آب لازم برای ظرفیت زراعی محاسبه گردید.

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

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (۳۰-۰ سانتی‌متر)
Table 1- Physical and chemical properties of the tested soil (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	Clay loam
وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g per cubic centimeter)	1.5
رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity moisture (percentage of dry weight)	22.8%
هدایت الکتریکی EC (ds/m)	1.3
اسیدیته pH	7.43

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار و ۱۲ تیمار انجام شد. عامل اول شامل ۳ سطح آبیاری شامل آبیاری در حد ظرفیت زراعی (FC)، تنش ملایم (2/3 FC) و تنش شدید (1/3 FC) بود که تیمارهای خشکی پس از استقرار کامل پایه‌های کشت شده انجام شد. برای محاسبه میزان آب مورد نیاز هر گلدان از روش توزین گلدان‌ها و تعیین میانگین آن به‌عنوان آب مصرفی تیمارها استفاده گردید (Sardashti *et al*., 2013). در طول دوره رشد، هر روز کلیه گلدان‌ها با ترازوی حساس توزین و هر گلدان در وزن تیمار مربوطه ثابت نگه داشته شد.

اعمال تیمارها برحسب تغییر رطوبت خاک انجام پذیرفت و با توجه به نیاز آبی گیاه رزماری و مقاومت نسبی آن هر ۱۰ روز یک‌بار در سه سطح ذکر شده به مدت ۴ ماه آبیاری انجام شد. عامل دوم شامل افزودن سویه باکتری محرک رشد در چهار سطح شامل شاهد (صفر) و $۱۰^{-۱۰}$، $۱۰^{-۸}$ و $۱۰^{-۶}$ مولار بود که به خاک گلدان‌ها به‌صورت محلول قبل از اعمال تنش خشکی اضافه شد. با توجه به نتایج آنالیز خاک گلدان‌ها هیچ‌گونه کود دیگری به گلدان‌ها اضافه نگردید. قبل از شروع تیمار تنش، همه گیاهان رزماری به‌طور منظم در حد ظرفیت مزرعه‌ای آبیاری شدند. در طول مدت آزمایش، گلدان‌ها در دمای گلخانه (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) با سقف پلاستکی نگهداری شدند (شکل ۱).

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

شکل ۱- شیوه کشت گونه رزماری در طرح آزمایش
Figure 1- *Rosmarinus Officinalis* in the experimental design

در آغاز دوره گل‌دهی، ۵ پایه از گیاهان کشت شده در گلدان‌ها را به همراه ریشه‌ها به‌دقت از گلدان خارج کرده و صفات مورد نظر شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و هم‌چنین وزن خشک تولیدی در واحد مترمربع اندازه‌گیری و محاسبه گردید. برای تعیین میزان اسانس از روش استخراج و تقطیر با بخار به‌طور همزمان با یک حلال آلی و دستگاه SDE[۲] (ساخت شرکت اشک شیشه ایران) استفاده گردید به این صورت که ۵۰ گرم از بخش هوایی خشک شده گیاه کاملاً خرد شده و در بالن ۲۵۰ سی‌سی ریخته و به آن میزان ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر اضافه گردید. بعد چهار ساعت با دانستن وزن ماده خشک گیاه و وزن اسانس، از طریق تناسب بازده اسانس به‌صورت درصد مشخص شد.

بازده اسانس = (وزن اسانس / وزن ماده خشک) × ۱۰۰

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel انجام شد.

[2] Simultaneous Steam Distillation and Extraction

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

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثر سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر ارتفاع بوته‌های رزماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ اما اثر متقابل این دو فاکتور بر ارتفاع بوته معنی‌دار نشد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری کامل (FC) و کمترین میزان آن در تیمار تنش ملایم (2/3 FC) بدست آمد (جدول ۳). بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به‌ترتیب در تیمارهای 10^{-8} مولار و صفر مولار مشاهده شد (جدول ۴). براساس تحقیقات گذشته (El-Keblawy and Hassan, 2006) از مهم‌ترین دلایل کاهش در وزن گیاه در طول دوره تنش را می‌توان به اثرات سوء تنش بر رشد و فیزیولوژی گیاه شامل، رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن دانست که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

وزن خشک اندام هوایی: نتایج این تحقیق نشان داد که، اثر سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد؛ در حالی‌که اثر متقابل این دو فاکتور بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد وزن خشک اندام هوایی نشان می‌دهد که تیمار آبیاری کامل (FC) باعث تولید بیشترین عملکرد وزن خشک اندام هوایی شد و کاهش آبیاری باعث افت معنی‌دار این صفت، به‌ترتیب با کاهش ۳۷ و ۶۰ درصدی نسبت به شاهد گردید (جدول ۳).

مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی در غلظت‌های مختلف باکتری مورد استفاده نشان می‌دهد که تیمار 10^{-8} مولار از این ماده، بالاترین وزن خشک اندام هوایی رزماری را با افزایش ۷۰ درصدی نسبت به شاهد را داراست (جدول ۴). سچیلینگ و همکاران (Schilling *et al*., 1991) نیز در تحقیقات خود گزارش نمودند که تغییر سیستم آبیاری و مواد تغذیه ای ارتفاع گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد آن‌ها هم‌چنین عنوان کردند به‌نظر می‌رسد نقش تنظیم‌کننده‌های رشد در این مورد، بیشتر از کودها و سایر مواد تغذیه‌ای باشد.

وزن خشک ریشه: اثر سطوح مختلف آبیاری، غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد و اثر متقابل این دو بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار آبیاری کامل (FC) و کاربرد 10^{-8} مولار باکتری محرک رشد بود که باعث افزایش۳۰ درصدی نسبت به گیاهان شاهد گردید (شکل ۱). استفاده از باکتری محرک رشد در شرایط کاهش آبیاری، باعث بهبود معنی‌دار وزن خشک ریشه شد (شکل ۱).

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

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

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه رزماری تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد

Table 2- Analysis of variance (MS) of studied traits of *Rosmarinus Officinalis* at different levels of irrigation and PGPR concentrations

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک اندام هوایی Aerial part dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
آبیاری Irrigation(I)	2	223.7**	265.3 **	1.001 **	0.503 **	0.021 *
باکتری PGPR (P)	3	50.32**	64.42 **	0.2 **	0.11 **	3.241 **
آبیاری × باکتری I × P	6	21.79 ^{ns}	10.54 ^{ns}	0.11 *	0.003 ^{ns}	0.439 *
خطای آزمایش Error	33	12.03	6.61	0.022	0.002	0.204
ضریب تغییرات CV (%)	1.3	7.2	3.8	5	0.22	2.4

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

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

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

جدول ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات مورد مطالعه رزماری

Table 3- Effect of different irrigation levels on the traits studied of *Rosmarinus officinalis*

سطوح آبیاری Irrigation level	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Aerial part dry weight (g/m^{-2})	درصد اسانس Essential oil percentage (%)
FC	182.50a	238.4a	0.35a
2/3FC	67.52b	88.208c	0.612b
1/3FC	109.5ab	143.04b	0.507c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

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

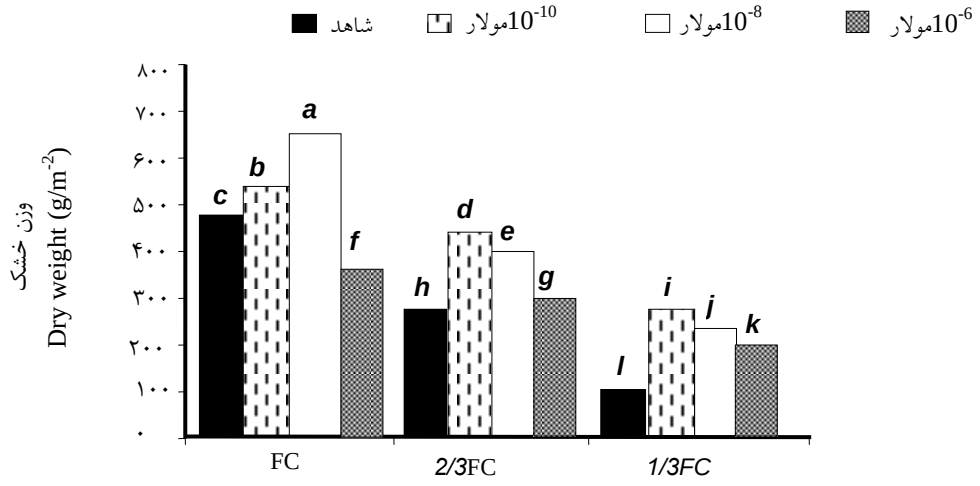
جدول ۴- اثر غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر صفات مورد مطالعه رزماری

Table 4- Effect of different concentrations of PGPR on the traits studied of *Rosmarinus officinalis*

غلظت‌های باکتری PGPR (Molar)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Aerial part dry weight (g/m^{-2})	درصد اسانس Essential oil percentage (%)
0	42.31c	49.24c	0.25d
10^{-10}	48.19ab	50.33b	0.29b
10^{-8}	60.45a	70.35a	.027c
10^{-6}	55.80bc	61.78bc	0.33a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

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



شکل ۱- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر وزن خشک ریشه رزماری

Figure 1- Interactions of different levels of irrigation and PGPR concentrations on root dry weight of *Rosmarinus Officinalis* (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

براساس یافته‌های انجاوی و همکاران (Enjavi *et al.*, 2015) استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد نقش قابل توجهی در افزایش رشد ریشه گیاهان دارد اگرچه این نقش در مورد گیاهان با ریشه غده‌ای بیشتر است؛ اما به‌نظر می‌رسد در مورد سایر گیاهان نیز این اثر قابل مشاهده باشد، از طرف دیگر از آنجایی که هرگونه افزایش در رشد ریشه گیاهان منجر به جذب مواد بیشتر و انتقال آن به سایر بخش‌های گیاه می‌گردد؛ بنابراین سایر عملکردهای گیاهی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2008) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد تنظیم‌کننده رشد باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهچه‌های گوجه فرنگی، شامل افزایش حجم ریشه، محتوی آنتی‌اکسیدانی و محتوی پرولین آزاد می شود.

درصد اسانس: اثر سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر درصد اسانس رزماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ اما اثر متقابل این دو فاکتور بر درصد اسانس معنی‌دار نشد

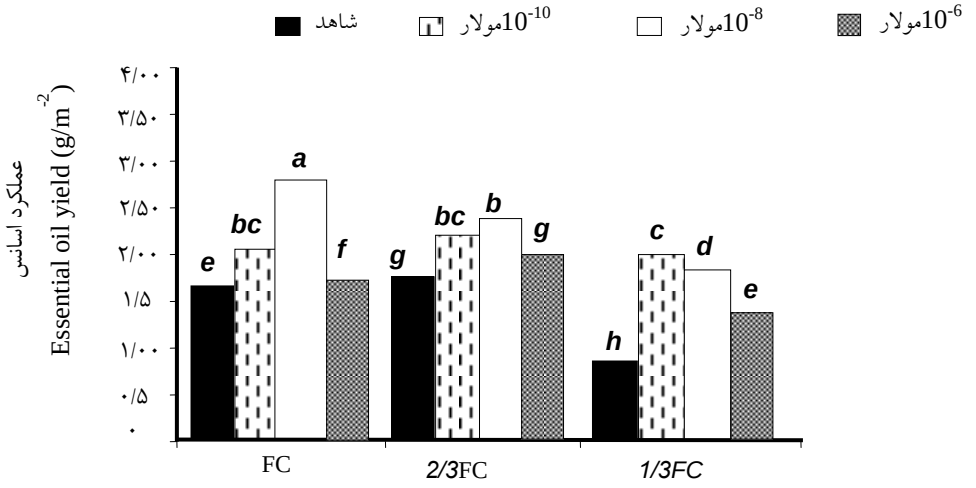
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-08-23]

(جدول ۲). درصد اسانس رزماری با کاهش آبیاری، افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ به‌طوری‌که با کاهش آبیاری به ۲/۳ و ۱/۳ ظرفیت زراعی به‌ترتیب افزایش ۴۵ و ۷۵ درصدی در درصد اسانس نسبت به تیمار شاهد ثبت شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که تیمار 10^{-6} مولار بیشترین درصد اسانس را نسبت به سایر تیمارها تولید می‌کند (جدول ۴). به‌طور کلی و براساس نتایج تحقیقات گذشته (Manieval *et al.*, 2001) تنش خشکی درصد روغن‌های ضروری اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، چون در موارد استرس متابولیت‌های بیشتری تولید شده و این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شوند.

عملکرد اسانس: براساس نتایج به‌دست آمده، سطوح مختلف تنش باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اسانس در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). تیمارهای تنش ملایم (2/3 FC) و تنش شدید (1/3 FC) نسبت به تیمار شاهد، به‌ترتیب ۱۶ و ۲۰ درصد عملکرد اسانس را کاهش داده است (شکل ۲). نتایج نشان که کاربرد باکتری محرک رشد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در سطح یک درصد گردید (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد اسانس به‌ترتیب مربوط به تیمار باکتری 10^{-8} مولار و با میانگین ۲/۷۳۲ گرم در مترمربع می‌باشد که بیش از ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۲). اثرات متقابل سطوح آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری بر عملکرد اسانس در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثرات متقابل آبیاری و باکتری بر عملکرد اسانس، در گروه‌های مختلف آماری متفاوت قرار گرفتند. همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود در شرایط تنش ملایم (2/3 FC) استفاده از غلظت‌های 10^{-8} و 10^{-10} مولار باکتری باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گردید؛ به‌نحوی که باعث افزایش ۵۲ و ۵۳ درصدی این صفت نسبت به گیاهان شاهد گردید.

اگرچه تنش خشکی موجب افزایش درصد روغن‌های ضروری گیاه رزماری گردید؛ اما محتوی روغن ضروری تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت که این تاثیر در مورد اکثر گیاهان دارویی به‌همین صورت می‌باشد (Manieval *et al.*, 2001). رحمانی و همکاران (Rahmani *et al.*, 2008) نشان دادند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد روغن و درصد روغن ضروری گیاه همیشه بهار دارد. اثر تنش خشکی بر اسیدهای چرب، عملکرد و ترکیبات گیاه دارویی مریم گلی نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوی اسید چرب این گیاه گردید (Bettaieb *et al.*, 2008). تاراف و همکاران (Tarraf *et al.*, 1999) با آزمایشی که روی پاسخ فیزیولوژیک گیاه دارویی رزماری انجام دادند، دریافتند که میزان روغن‌های ضروری با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد افزایش معنی‌داری را داشته است. چنین تاثیری در شرایط تنش شدید (1/3 FC) افزایش ۴۰ و ۳۷ درصد عملکرد نسبت به گیاهان شاهد می‌باشد.

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



شکل ۲- اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف باکتری محرک رشد بر عملکرد اسانس رزماری

Figure 2- Interactions of different levels of irrigation and PGPR concentrations on essential oil yield of *Rosmarinus officinalis* (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

نتیجه‌گیری

در این آزمایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار پارامترهای رشد شامل طول ریشه، وزن‌تر و خشک ریشه، ارتفاع گیاه، و نهایتاً وزن تر و خشک اندام هوایی رزماری گشت، هم‌چنین استفاده از باکتری محرک رشد در غلظت های $۱۰^{-۸}$ و $۱۰^{-۱۰}$ مولار از طریق کاهش اثرات تنش خشکی باعث بهبود و افزایش معنی‌دار پارامترهای رشد و عملکرد ماده خشک تولیدی در شرایط آبیاری کامل و کاهش اثرات تنش در شرایط تنش ملایم و شدید می‌گردد. یکی از جنبه‌های مثبت تنش خشکی در گیاهان داوریی افزایش درصد روغن‌های ضروری می‌باشد؛ اما محتوی روغن ضروری تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد؛ زیرا برهمکنش بین مقدار درصد روغن ضروری و عملکرد اندام گیاه، دو مولفه مهم و تعیین‌کننده مقدار روغن ضروری می‌باشد. با افزایش تنش هرچند درصد روغن ضروری افزایش

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

یافته؛ اما همراه با تنش عملکرد اندام هوایی کاهش یافته و به نوبه خود باعث کاهش در محتوی روغن ضروری رزماری گردید.

نتایج نشان داد که استفاده از غلظت‌های $۱۰^{-۸}$ مولار باکتری محرک رشد در شرایط آبیاری کامل با تحریک پارامترهای رشد، تولید ماده خشک و عملکرد اسانس را افزایش می‌دهد و چون این افزایش در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشد، از لحاظ اقتصادی، توجیه دارد. از نتایج بدست آمده مشخص شد که استفاده از ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی برای حفظ عملکرد اقتصادی گیاهان تحت تنش ضروری و قابل توجیه است. همان‌طور که بارتلس و اینگرام (Bartels and Ingram, 1996) در تحقیقات خود نشان دادند یکی از ترکیباتی که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند تنظیم‌کننده‌های رشد هستند به‌خوبی روشن شده است که تنظیم‌کننده‌های رشد محافظت خوبی را در برابر تعدادی از تنش‌های غیرزنده فراهم می‌کنند. نحوه اثر تنظیم‌کننده رشد در کاهش اثرات تنش شدید نیاز به بررسی بیشتری دارد. به هر حال نتایج نشان می‌دهد که تیمار به وسیله تنظیم‌کننده رشد می‌تواند اثرات استرس آبی را در گیاه رزماری کاهش دهد. بنابراین، این روش می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی در بهبود عملکرد در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد. به نظر می‌رسد بدست آوردن نقطه برخورد بین دو تیمار اعمال تنش خشکی و باکتری محرک رشد برای تعیین عملکرد اقتصادی اسانس رزماری قابل توجه است. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق به‌نظر می‌رسد تولید زیتوده بیشتر در شرایط تنش با استفاده از این ماده منجر به این عملکرد شده است که نیاز است این موضوع با سویه‌های دیگر باکتری و اعمال تنش‌های دیگر در گونه‌های متخلف گیاهان دارویی مورد بررسی قرار بگیرد.

منابع

Bettaieb I., Zakhama N., Wannes W.A., Kchouk M.E., Marzouk B. 2008. Water deficit effects on Salvia officinalis fatty acids and essential oils composition. Science Journal of Horticulture, 120 (2): 271-275.

Clouse S.D., Zurek D.M., McMorris T.C., Baker M.E. 1992. Effect of brassinolide on gene expression in elongating soybean epicotyls. Journal of Plant Physiology, 100: 1377-1388.

Dambolena J.S., Zunino M.P., Lucini E.I., Olmedo R., Banchio E., Bima P.J., Zygadlo J.A. 2010. Total phenolic content, radic alscavenging properties and essential oil composition of Origanum species from different populations. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 1115-1120.

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.

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

El-Keblawy A., Hassan N. 2006. Salinity, temperature and light affects see of *Haloxylon salicornium*: acommon plant in sandy habitats Arabian Desert. International Symposium in Drylands, Ecology and Human Security, Dubai, United Arab Emirates, Pp: 15-32.

Enjavi F., Taghvaei M., Sadeghei H., Hassanli H. 2015. Effects of superabsorbent polymer on early vigor and water use efficiency of (*Calotropis procera* L.) seedlings under drought stress. Iranian Journal of Range and Desert Research, 22 (2): 216-230. (In Persian).

Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Journal of Plant Physiology, 47: 377-403.

Inze D., Montag M.V. 2000. Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Carnawell. Great Britain, 321 p.

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

Li K.R., Wang H.H., Han G., Wang Q., Fan J. 2008. Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water stress. Journal of New Forests, 35: 255-266.

Manieval S., Thierry D., Christiane G. 2001. Relationship between biomass and phenolic in grain sorghum grown under different conditions. Agronomy Journal, 93: 49-54.

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

Rahmani N., Aliabadi Farahani H., Valadabadi S.A.R. 2008. Effects of nitrogen on oil yield and its component of Calendula (*Calendula officinalis* L.) in drought stress conditions. Abstracts Book of The world congress on medicinal and aromatic plants, South Africa, 364 p.

Sardashti A.R., Valizadeh J., Adhami Y. 2013. Variation in the essential oil composition of *Perovskia abrotanoides* of different growth stage in Baluchestan. Middle East Journal of Scientific Research, 6: 781-4.

Schilling G., Schiller C., Otto S. 1991. Influence of brassinosteroids on organ relations and enzyme activities of sugar-beet plants. In Brassinosteroids. Chemistry, Bioactivity, and Applications. ACS Symposium Series" (H.G. Cutler, T. Yokota, and G. Adam, Eds.),. American Chemical Society, Washington, 474: 208-219.

Sofo A., Tuzio A.C., Dichio B., Xiloyannis C. 2005. Influence of water deficit and rewatering on the components of the ascorbate-glutathione cycle in four interspecific Prunus hybrids. Journal of Plant Science, 69: 403-412.

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.

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

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.

Zargari A. 2000. Medicinal Plants. Tehran University Publication, 923 p. (In Persian).

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