دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱

اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس ریحان

حمداله سیفی[۱] و احمد افکاری*[۲]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.
۲) استادیار فیزیولوژی گیاهی، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.
مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: afkariahmad@yahoo.com
(تاریخ دریافت: ۲۷ مرداد ماه ۱۴۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۱۵ دی ماه ۱۴۰۱)

چکیده

کاربرد کودهای زیستی و سالیسیلیک‌اسید اثرات مختلفی بر فعالیت زیست- شیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان داشته و به‌عنوان یک پیامرسان در افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها عمل می‌نمایند. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد ماده خشک و تولید اسانس گیاه ریحان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸ در شهرستان هوراند از توابع استان آذربایجان‌شرقی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) به‌عنوان فاکتور اول و تلقیح بذر با باکتری‌ها در ۵ سطح عدم تلقیح (شاهد)، تلقیح با *ازوتوباکتر*، *سودوموناس*، *آزوسپریلیوم* و کاربرد همزمان *ازوتوباکتر*، *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم* به‌عنوان فاکتور دوم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح عدم مصرف، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به‌عنوان فاکتور سوم بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش اثرهای دوگانه تنش خشکی × باکتری‌ها، تنش خشکی × سالیسیلیک‌اسید، باکتری‌ها × سالیسیلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس ریحان گذاشت. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد ساقه، تعداد برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، عملکرد ماده خشک، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس ریحان شد. اما تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها تأثیر معنی‌داری بر افزایش این صفات داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی سهم مهمی بر کاهش فاکتورهای اساسی در رشد ریحان دارد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی بر میزان پرولین افزوده شد. به‌طوریکه بیش‌ترین میزان پرولین (۱/۶۹ میکرومول در گرم وزن تر)) از تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. بر اساس نتایج حاصله در این آزمایش می‌توان بیان کرد، مصرف سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و کاربرد توأم باکتری‌ها در رفع اثرات منفی تنش خشکی نقش دارند و استفاده از آن‌ها می‌تواند به‌طور موثری باعث افزایش در خصوصیات کمّی و کیفی در ریحان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش کم‌آبی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، کودهای بیولوژیک، محلول‌پاشی.

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله علفی و معطر از خانواده نعنائیان می‌باشد. ریحان دارای ساقه منشعب از قاعده و به ارتفاع ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر، برگ‌ها متقابل، بیضوی، نوک تیز با کناره دندانه دار و گل‌هایی معطر به رنگ‌های سفید گلی و گاهی بنفش و مجتمع به‌صورت دسته‌های ۴ تا ۶ تایی در طول قسمت انتهایی ساقه قرار دارند (۹). اسانس ریحان خاصیت ضدقارچی و ضدباکتریایی داشته و دفع کننده حشرات است و به‌طور گسترده در صنایع غذایی، عطرسازی، فرآورده‌های دهان و دندان کاربرد دارد (۱). از میان فاکتورهای بازدارنده محیطی مؤثر بر عملکرد گیاهان باغی و دارویی، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل اصلی محدود کننده تولیدات کشاورزی به‌شمار می‌رود، که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول‌دهی باز می‌دارد (۱). به‌طور کلی کمبود آب اثرهای نامطلوبی بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه همانند فتوسنتز، جذب عناصر غذایی، توسعه سلول، تقسیم سلولی، تجمع و انتقال مواد غذایی دارد (۲۷). در شرایط خشکی ترکیبات شیمیایی گیاهان از جمله پرولین، قند، پروتئین و میزان کلروفیل تغییر می‌کند، که می‌توانند مکانیسم‌های مقاومت به خشکی محسوب شوند. گیاهان دارویی بر خلاف محصولات زراعی که در شرایط تنش از نظر مقدار عملکرد لطمه می‌بینند، ممکن است در چنین وضعیتی تولید مواد شیمیایی بیش‌تر و در نتیجه بازدهی اقتصادی برتری پیدا کند (۱۱). در طی بروز تنش خشکی، گیاهان با ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی همانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها سعی در مقابله با تنش دارند. در میان ترکیبات آلی، پرولین یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های اسمزی به‌شمار می‌رود (۲). نتایج آزمایش دو ساله روی دو گونه ریحان تحت تاثیر سطوح تنش خشکی نشان داد که کمبود آب سبب افزایش درصد پرولین و کربوهیدرات می‌شود (۳۴). سالیسیلیک‌اسید یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک‌اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشد که معمولاً قابل حل در آب بوده و یک ترکیب که نقش مهمی در مقاومت به آنتی‌اکسیدانی و از جمله هورمون‌های گیاهی است (۳). نتایج پژوهش‌های انجام شده حاکی از تأثیر غیرقابل انکار سالیسیلیک‌اسید و دیگر مشتقات سالیسیلات بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه می‌باشد. میزان این تغییرات بسیار متفاوت بوده و ممکن است در بعضی واکنش‌ها تحریک کننده، در بعضی تسریع کننده و در بعضی دیگر متوقف کننده باشد (۵). پژوهش‌های گذشته نشان داده است که استفاده از سالیسیلیک‌اسید در گیاهان زراعی باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شود که ناشی از تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه است (۳۳). سالیسیلیک‌اسید تأثیر خود را بر فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای، رنگیزه و ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند (۱۱). باکتری‌های محرک رشد گیاه نوعی باکتری‌های مفید هستند که عمدتا در ریزوسفر گیاه زندگی می‌کنند و هنگامی که این باکتری‌ها در ارتباط با یک گیاه رشد می‌کنند، به‌طور غیرمستقیم یا مستقیم رشد گیاه میزبان را بهبود می‌بخشند (۱۳). باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت تحریک تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های غیرزنده از جمله تنش خشکی به‌عنوان یک استراتژی جذاب مورد بررسی قرار گرفته است (۷ و ۱۸). کودهای زیستی از اجزای مهم برای مدیریت مواد غذایی هستند. کودهای زیستی نقش مهمی در پایداری خاک و حفاظت از محیط زیست بر عهده دارند و نهاده‌هایی کم هزینه برای کشاورزان به‌شمار می‌روند (۱۴). گونه‌های مختلف باکتری‌های موجود در خاک، به‌ویژه آن‌هایی که متعلق به جنس سودوموناس و باسیلوس هستند، با ترشح نمودن اسیدهایی مانند سیتریک، تارتاریک، فرمیک، استیک، پروپیونیک، الکتیک، گلوکونیک، فوماریک و سوکسینیک قادر به محلول نمودن فسفر نامحلول در خاک هستند (۲۰). ویسانی و همکاران (۱۹) گزارش نمودند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس و تغییر ترکیب شیمیایی اسانس گیاهان دارویی می‌گردد. بنابراین هدف اصلی از این پژوهش، بررسی تأثیر محلول‌پاشی

سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی در کاهش اثرات تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیکی، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس در گیاه ریحان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژیک، عملکرد ماده خشک و تولید اسانس گیاه ریحان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸ در شهرستان هوراند از توابع استان آذربایجان‌شرقی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی (D_1:۷۰ ، D_2:۱۴۰ و D_3: ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) به‌عنوان فاکتور اول و تلقیح بذر با باکتری‌ها در ۵ سطح (عدم تلقیح :B_0، *ازوتوباکتر*:B_1، *سودوموناس*:B_2، *آزوسپریلیوم*:B_3 و کاربرد همزمان *ازوتوباکتر*، *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم*:B_4 به‌عنوان فاکتور دوم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (عدم مصرف:.S، S_1:۰/۵، S_2:۱ و S_3:۱/۵ میلی‌مولار به‌عنوان فاکتور سوم بودند. محلول‌پاشی در سه مرحله از ۳۰ روز بعد از کشت به فاصله هر ۱۰ روز انجام گردید. مایع تلقیح باکتریایی(10^8 CFU mL^{-1}) از گروه میکروبیولوژی انستیتوی مؤسسه تحقیقات آب و خاک تهران ایران خریداری گردید. مصرف سویه‌های مختلف باکتری به روش بذر مال انجام شد. در این روش بر اساس توصیه مؤسسه آب و خاک ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول باکتری با ۱۰۰ گرم از بذر ریحان با کیفیت عالی و جوانه‌زنی بالای ۹۸ درصد به مدت ۴۰ دقیقه مخلوط و بعد بذرها در شرایط سایه تا زمان کاشت نگهداری شدند. همزمان با کاشت، تیمارهای باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در کنار بذرها قرار داده شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. اندازه هر کرت دو × چهار متر، فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای طرح، بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک (جدول ۱)، کود شیمیایی نیتروژن به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبـع اوره، کود فسفره P_2O_5 به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به‌عنوان کود پایه، به‌صورت یکسان به زمین داده شد. کاشت در نیمه اول اردیبهشت ۱۳۹۸ به روش دستی انجام شد. تنش خشکی ۱۰ روز بعد از جوانه‌زنی و استقرار کامل گیاهچه‌ها (۶-۷ برگی) بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر اعمال شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	تخلخل خاک (درصد)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۳۰-۱۵	شنی لومی	۷/۶	۲/۵۹	۱۰	۳۸۰	۰/۰۶	۲۱	۴۱	۳۸

پس از اعمال تنش، نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی در مرحله آغاز گلدهی انجام شد و تعداد ۵ بوته در هر کرت برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه در بوته) مشخص شد. به‌منظور تعیین عملکرد ماده خشک، ۵ بوته از دو ردیف وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شد و پس از اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس با

استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند. سپس وزن خشک اندام هوایی آنها توزین شد و زیست توده برحسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ که در پایان مرحله گلدهی جمع شده بود، توزین شد و ضمن ساییدن داخل هاون چینی به تدریج ۱۰ میلی‌متر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به وسیله هاون، هموژن شده و عصاره حاصل صاف شد. ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک و دو میلی‌لیتر نایِن هیدرین به دو میلی‌متر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تَر محاسبه شد (۲۴). اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b و کلروفیل کل با روش دری و همکاران (۲۶) انجام شد. ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر) مدل Carry 50، شارکت Varian، استرالیا (قرائت و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ محاسبه شدند.

رابطه ۱: $Chlorophyll_a = 15.65A_{666}-7.340A_{653}$

رابطه ۲: $Chlorophyll_b = 27.05A_{653}-11.21A_{666}$

رابطه ۳: $Chlorophyll_T = Chlorophyll_a + Chlorophyll_b$

در پایان مرحله گلدهی، مقدار آب نسبی با انتخاب جوانترین برگ توسعه یافته در هر کرت اندازه‌گیری شد، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار داده شدند. وزن نمونه‌های آماس شده با ترازوی حساس توزین و پس از آن نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها توزین شد. مقدار آب نسبی هر نمونه با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (۲۸).

رابطه ۴: $RWC= (Fw-Dw) / (Sw-Dw) \times ۱۰۰$

که در آن Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر می‌باشند.

در مرحله گلدهی، سرشاخه‌های گلدار برداشت و در شرایط سایه خشک شد. پس از آسیاب کردن گیاه، استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و به‌وسیله دستگاه کلونجر (Clevenger) به مدت ۴ ساعت انجام شد. برای جداسازی اسانس از دی‌اتیل‌اتر استفاده شد. اسانس به‌دست آمده با سولفات سدیم خشک و بازده آن محاسبه شد (۱۰). عملکرد اسانس ازحاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد اندام هوایی بر اساس رابطه ۵ محاسبه شد (۲۱).

رابطه ۵: عملکرد اسانس = (عملکرد اندام هوایی× درصد اسانس) /۱۰۰

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سالیسیلیک‌اسید، تنش خشکی و کودهای زیستی بر تمام صفات مورد ارزیابی اثر معنی‌داری داشتند. نتایج نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، عملکرد ماده خشک، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل a، کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. هم‌چنین برهمکنش تنش و سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل

کل در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد که اثر دو جانبه کودهای زیستی در سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. هم‌چنین اثر سه جانبه (تنش خشکی × سالیسیلیک‌اسید × کودهای زیستی) بر هیچ یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نشدند (جدول ۲).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از ارتفاع بوته کاسته شده و بیش‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب به تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌ها *(ازوتوباکتر+آزوسپریلیوم + سودوموناس)* و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و کاربرد همزمان باکتری‌ها) اختصاص یافت و کم‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب از تیمارهای (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها، ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید و عدم مصرف سالیسیلیک‌اسید و عدم تلقیح بذر) به‌دست آمد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). با افزایش شدت تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش یافته، به‌طوری که بیش‌ترین ارتفاع آن در سطح عدم تنش خشکی به‌دست آمد اما محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها *(ازوتوباکتر+آزوسپریلیوم+ سودوموناس)* در همه سطوح تنش خشکی سبب افزایش ارتفاع بوته شد. کاپلاری و همکاران (۲۵) در مطالعه‌ای گزارش کردند که پارامترهای رشد نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در گیاهان تلقیح شده با باکتری *P. fluorescens* به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهان شاهد بود. کاهش پارامترهای رشد در شرایط تنش خشکی در گیاهان دارویی از قبیل ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (۱) و ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) (۱۶) نیز گزارش شده است. تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر شود تاثیر کم‌تری بر ارتفاع گیاه دارد (۲۹). دلیل افزایش ارتفاع بوته را می‌توان چنین بیان کرد که در تیمارهای باکتریایی همراه با محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در مقابل تنش خشکی مقاوم گردیده و کود زیستی باکتریایی و سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش خشکی شده اشت. نتایج این تحقیق در خصوص اثر تنش کمبود آب و اثر تعدیل کنندهٔ سالیسیلیک‌اسید در کاهش خسارت ناشی از تنش با یافته‌های (۴) مطابقت داشت.

تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته

با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته کاسته شده و بیش‌ترین تعداد ساقه در بوته و تعداد برگ مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین تعداد ساقه در بوته و تعداد برگ در بوته مربوط به سطح ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بود. از نتایج استنباط می‌شود که با افزایش مصرف سالیسیلیک‌اسید تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته نیز افزایش یافت. و بیش‌ترین تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید حاصل شد و کم‌ترین تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته از تیمار عدم استفاده از سالیسیلک‌اسید به‌دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته از تیمار مصرف توأم باکتری‌ها *(ازوتوباکتر+ آزوسپریلیوم + سودوموناس)* و کم‌ترین تعداد ساقه و تعداد برگ در بوته از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (جدول ۳). برخی معتقدند تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌گردد که به نوبه خود در افزایش تعداد ساقه و برگ در بوته موثر است (۶).

اسیدآمینه پرولین

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان پرولین نشان داد که با افزایش سطح خشکی از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بر میزان پرولین در بافت سبز برگ افزوده شد. بنابراین بیش‌ترین میزان پرولین برگ از تیمار آبیاری ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر یا تنش شدید خشکی و کم‌ترین مقدار پرولین برگ از تیمار آبیاری نرمال بدون تنش به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و استفاده از کودهای زیستی سبب افزایش میزان مقدار پرولین برگ شد، به‌طوریکه بیش‌ترین مقدار پرولین برگ از محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید حاصل شد. و کم‌ترین مقدار پرولین از تیمار عدم استفاده از سالیسیلک‌اسید به‌دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین از تیمار مصرف توأم باکتری‌ها و کم‌ترین مقدار پرولین از تیمار عدم تلقیح به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی، محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و استفاده از کودهای زیستی باکتریایی موجب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و سنتز پرولین در گیاه ریحان گردید. بدین معنی که گیاه با تجمع مواد تنظیم‌کننده‌های اسمزی سعی بر مقابله با تنش داشت. با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید میزان کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت و بیش‌ترین میزان کربوهیدرات‌های محلول با کاربرد ۲ میلی‌مولار حاصل شد. افزایش هیدرات‌های کربن محلول در زمان تنش را می‌توان به علت توقف رشد، سنتز این ترکیبات از مسیر غیرفتوسنتزی و هم‌چنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول می‌شود، نسبت داد (۱۵). ماتیوانان و همکاران (۳۵) نیز نشان دادند که کاربرد سویه‌های مختلف کودهای زیستی باکتریایی باعث افزایش معنی‌دار پراکسیدازها، کاتالاز و پرولین در گیاه می‌شود. آنان این افزایش را ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی دانستند. گیاهان در مواجهه با تنش اسمزی ناشی از خشکی، طی فرایند تنظیم اسمزی اسمولیت‌های سازگاری مانند پرولین را انباشت می‌کنند که این فرایند سبب برقراری تورژسانس سلولی می‌گردد (۱). رمرودی و خمر (۱۱) نتایج مشابهی را در ریحان با کاهش رطوبت خاک بر میزان پرولین گزارش داده‌اند، که علت آن را رابطه نزدیک بین میزان تجمع پرولین و مقدار محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی بیان کرده‌اند.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار نسبی آب برگ به‌ترتیب از تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌ها و مصرف توأم باکتری‌ها با محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید حاصل شد و کم‌ترین مقدار نسبی آب برگ به ترتیب به تیمارهای (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید، ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها و عدم مصرف سالیسیلیک‌اسید و عدم تلقیح بذر) اختصاص یافت (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). با افزایش شدت تنش خشکی محتوای آب نسبی برگ کاهش یافته، به‌طوری که بیش‌ترین میزان آن در سطح عدم تنش خشکی به‌دست آمد اما محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+آزوسپریلیوم+ سودوموناس*) در همه سطوح تنش خشکی سبب بهبود محتوای نسبی آب برگ شد. در این پژوهش با افزایش تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ به‌شدت کاهش پیدا کرد. محتوی نسبی آب در هنگام تنش شدید رابطه نزدیکی با پتانسیل آب گیاه دارد، تنش کم‌آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توسعه‌ی برگ‌ها می‌شود و به‌دلیل کاهش دی‌اکسیدکربن در دسترس گیاه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (۱۷). به طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های مختلف و مصرف باکتری‌های محرک رشد گیاه (چه به صورت منفرد و یا توأم) در مقایسه با تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) هم در شرایط نرمال و هم تنش شدید خشکی سبب بهبود محتوای نسبی آب برگ ریحان گردید.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای ساده تنش خشکی، کودهای زیستی باکتریایی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و برهمکنش اثرهای دوگانه تنش خشکی × کودهای زیستی باکتریایی، تنش خشکی × سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل کل برگ داشتند. با افزایش شدت تنش خشکی از میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل گیاه ریحان کاسته شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار کلروفیل b از تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و استفاده از کود زیستی سبب افزایش مقدار کلروفیل b شد. هم‌چنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۰/۸۶۹ و ۱/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها و کم‌ترین مقدار کلروفیل b (۰/۴۹۲ و ۰/۵۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) از تیمار عدم استفاده از سالیسیلک‌اسید و عدم تلقیح باکتری‌ها به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۲/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌ها) و کم‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها) اختصاص یافت (جدول ۴). از طرفی بیش‌ترین میزان کلروفیل کل برگ (۳/۹۸ و ۳/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به ترتیب به تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌ها) اختصاص یافت و کم‌ترین میزان کلروفیل کل برگ (۱/۲۴ و ۱/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌ترتیب به تیمارهای (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم استفاده از سالیسیلیک‌اسید و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها) اختصاص یافت (جدول‌های ۴ و ۵). نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط کمبود آب میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش یافت. کاهش محتوای کلروفیل یک پدیده عمومی مشاهده شده تحت تنش خشکی در بسیاری از گیاهان می‌باشد (۱). عمدتاً کاهش کلروفیل تحت تنش خشکی، در نتیجه آسیب به کلروپلاست به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال به‌دلیل جلوگیری از سنتز این رنگیزه، یا تخریب رنگیزه و هم‌چنین آسیب به کلروپلاست‌ها می‌باشد (۲). از آنجا که میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک با همدیگر مرتبط هستند، بیشتر بودن میزان کلروفیل با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید، می‌تواند به افزایش فرآیند فتوسنتز و تولید ماده خشک منجر شود. مظفری و همکاران (۱۸) گزارش کردند که تیمار مصرف توأم باکتری بالاترین میزان صفات مرفوفیزیولوژیکی یعنی عملکرد بیولوژیکی (۲۴/۲۵ تن در هکتار)، شاخص برداشت (۴۲/۰۷ درصد)، کلروفیل a (۱۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و محتوی کلروفیل b (۵/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در مقایسه با مصرف تکی ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه و تیمار عدم مصرف باکتری (شاهد) به خود اختصاص داد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش محتوی کلروفیل و میزان فتوسنتز گیاهان زراعی مختلف تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه گزارش شده است (۳۳). زند و همکاران (۱۲) با بررسی اثر تنش خشکی و کودهای زیستی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی، درصد و عملکرد اسانس در نعناع گزارش کردند که با افزایش میزان تنش خشکی، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از یک روند کاهشی پیروی کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی باکتریایی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و میزان اسانس ریحان در شرایط تنش خشکی

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد ساقه در بوته	تعداد برگ در بوته	عملکرد ماده خشک	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	پرولین	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۰/۴۲۷^{ns}	۱۱/۱۲^{ns}	۲/۷۸^{ns}	۸/۴۹ns	۴۲۱/۱۲^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۴۲^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۸۹۲^{ns}	۵۴/۲۷^{ns}
تنش خشکی	۲	۱۱۲/۶۷**	۶۱۷/۱۲**	۴۹۱۲/۱۱**	۳۹۲۷۱/۴۰**	۲۹۸/۱۸**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۷**	۰/۱۴۵**	۴/۰۹۱**	۲۷/۶۲**
کود زیستی	۴	۳۰۹/۴۷**	۱۱۹/۱۷**	۶۲۰۹/۱۶**	۴۶۸۲۰/۱۷**	۱۴۲/۵۵**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۸**	۰/۰۶۹**	۰/۳۲۸*	۱۲/۸۶**
سالیسیلیک‌اسید	۳	۲۸۱/۵۸**	۱۱۱/۷۲**	۳۹۳۲/۸۴**	۱۲۳۱۷/۵۲**	۱۲۷/۰۸**	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۶**	۰/۰۷۶**	۰/۵۹۶*	۱۱/۰۸**
تنش× باکتری‌ها	۸	۱۱۹/۸۲**	۱۳/۰۸^{ns}	۴۶۲/۲۸^{ns}	۱۱۲۷۵/۴۱**	۴۴/۷۲**	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۱۹۶*	۰/۰۷۲^{ns}	۴/۹۲**
تنش× سالیسیلیک‌اسید	۶	۱۵۳/۱۷**	۱/۳۸^{ns}	۱۳۸/۴۲^{ns}	۱۰۰۷/۴۲^{ns}	۳۸/۲۵**	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۱۹۳*	۰/۰۹۲۷^{ns}	۳/۴۳**
باکتری‌ها× سالیسیلیک‌اسید	۱۲	۱۰۸/۹۲**	۷/۰۹^{ns}	۱۳۴/۷۰^{ns}	۸۸۶۴/۷۲^{ns}	۲۹/۱۸**	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۷۳^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲/۷۵**
باکتری‌ها× سالیسیلیک× تنش	۲۴	۴۷/۵۲^{ns}	۰/۰۹۲^{ns}	۲۹/۵۲^{ns}	۳۰۷۴/۸۱^{ns}	۷/۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۷۴^{ns}	۱/۵۹^{ns}
خطای آزمایش	۱۱۸	۳۹/۹۳	۱۱/۱۷۶	۶۶۶/۱۵	۷۲۸۱/۰۳	۶/۴۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۱۴۳	۰/۱۶۹	۱/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۹/۲۳	۱۰/۰۶	۱۰/۵۷	۱۲/۸۶	۱۰/۷۷	۱۰/۷۶	۱۱/۰۹	۹/۹۴	۱۲/۶۳	۱۳/۴۲

*، ** و ^{ns}: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ۱٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای آزمایش بر صفات کلروفیل b، پرولین، تعداد ساقه و درصد روغن در گیاه ریحان

تیمار	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	تعداد ساقه	تعداد برگ
تنش خشکی (میلی‌متر)				
۷۰	۰/۸۱۲^{a}	۱/۲۷۲^{b}	۱۵/۸۷^{a}	۷۵/۶۲^{a}
۱۴۰	۰/۷۶۳^{a}	۱/۶۷۷^{a}	۱۳/۸۱^{ab}	۶۵/۶۸^{b}
۲۱۰	۰/۴۳۸^{ab}	۱/۷۰۴^{a}	۱۲/۱۳^{b}	۵۳/۲۵^{c}
کودهای زیستی باکتریایی				
عدم تلقیح	۰/۵۸۲^{c}	۱/۳۴۲^{c}	۱۱/۳۳^{c}	۵۴/۷۱^{c}
ازوتوباکتر	۰/۸۲۹^{ab}	۱/۷۹۳^{ab}	۱۳/۸۹^{ab}	۶۶/۴۷^{ab}
آزوسپریلیوم	۰/۹۵۴^{ab}	۱/۹۸۳^{ab}	۱۴/۲۸^{ab}	۶۹/۵۸^{ab}
سودوموناس	۰/۷۵۲^{b}	۱/۶۹۱^{b}	۱۲/۷۶^{b}	۶۱/۲۸^{b}
کاربرد توأم باکتری‌ها	۱/۲۸^{a}	۲/۳۴۱^{a}	۱۵/۹۲^{a}	۷۶/۴۹^{a}
سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)				
عدم مصرف	۰/۴۹۲^{a}	۱/۲۳۸^{a}	۱۳/۳۳^{a}	۵۵/۰۳^{a}
۰/۵	۰/۷۵۳^{ab}	۱/۵۸۴^{b}	۱۴/۲۱^{c}	۶۴/۲۲^{ab}
۱	۰/۸۴۶^{b}	۱/۷۱۴^{c}	۱۴/۳۹^{b}	۶۷/۳۸^{b}
۱/۵	۰/۸۶۹^{b}	۱/۸۲۹^{b}	۱۴/۵۸^{b}	۶۸/۹۲^{b}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

عملکرد ماده خشک

مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و باکتری‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد ماده خشک کاهش یافت اما مصرف کود زیستی باکتریایی سبب افزایش عملکرد ماده خشک در هر سه سطح تنش خشکی شد به‌طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب در تیمارهای عدم تنش خشکی همراه با مصرف توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر*+ *آزوسپریلیوم*+ *سودوموناس*) (۱۷۸۲/۱۱ کیلوگرم در هکتار) و تیمار تنش خشکی شدید و عدم تلقیح باکتری‌ها (۱۰۰۳/۱۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۴). بروز تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ‌ها می‌شود در نتیجه جذب نور نیز کاهش می‌یابد و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش خواهد یافت. بنابراین با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، تولید ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (۱). فیشر و همکاران (۳۰) گزارش کردند که باکتری‌های جنس *آزوسپریلیوم* با افزایش فراهمی نیتروژن باعث افزایش رشد و عملکرد گندم شدند. هم‌چنین تلقیح گیاه زراعی گندم با

استرین‌های مختلف باکتری *آزوسپریلیوم* سبب افزایش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک نسبت به تیمار کنترل شده است.

تنش خشکی (میلی‌متر)	کودهای زیستی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	مقدار نسبی آب (درصد)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
	عدم تلقیح	۵۹/۰۸^{bc}	۲/۱۳^{b}	۲/۸۹^{b}	۶۷/۵۸^{b}	۱۲۶۹/۰۵^{bc}	۱۳/۹۶^{cd}
	ازوتوباکتر	۶۴/۵۱^{a}	۲/۴۹^{ab}	۳/۵۴^{a}	۷۲/۴۱^{a}	۱۶۴۸/۳۹^{a}	۱۹/۲۹^{b}
۷۰	*آزوسپریلیوم*	۶۳/۱۹^{ab}	۲/۶۵^{a}	۳/۷۲^{a}	۷۳/۲۹^{a}	۱۵۸۴/۵۷^{ab}	۲۲/۸۲^{a}
	سودوموناس	۶۱/۱۷^{b}	۲/۲۹^{b}	۳/۳۰^{ab}	۷۰/۰۹^{ab}	۱۳۲۵/۵۷^{b}	۱۸/۰۳^{b}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۶/۵۸^{a}	۲/۹۲^{a}	۳/۹۸^{a}	۷۵/۹۸^{a}	۱۷۸۲/۱۱^{a}	۲۸/۸۱^{a}
	عدم تلقیح	۵۶/۶۳^{c}	۱/۷۲^{bc}	۲/۳۷^{b}	۶۴/۸۶^{c}	۱۱۲۰/۲۵^{d}	۱۳/۱۱^{cd}
	ازوتوباکتر	۶۱/۲۱^{b}	۲/۰۹^{b}	۳/۰۹^{ab}	۶۹/۶۴^{b}	۱۵۱۸/۴۱^{ab}	۲۱/۱۱^{ab}
۱۴۰	*آزوسپریلیوم*	۶۰/۲۹^{b}	۲/۲۵^{b}	۳/۲۹^{ab}	۷۰/۰۸^{ab}	۱۴۰۸/۴۷^{b}	۲۳/۳۸^{ab}
	سودوموناس	۵۹/۰۵^{bc}	۱/۹۱^{bc}	۲/۸۸^{b}	۶۷/۱۸^{b}	۱۱۷۴/۶۳^{c}	۱۸/۵۶^{b}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۴/۲۹^{a}	۲/۴۹^{ab}	۳/۱۶^{ab}	۷۲/۴۴^{a}	۱۶۲۳/۰۷^{a}	۲۷/۸۹^{a}
	عدم تلقیح	۵۴/۰۹^{d}	۱/۳۲^{cd}	۱/۸۲^{c}	۵۷/۳۵^{d}	۱۰۰۳/۱۵^{d}	۱۳/۵۴^{cd}
	ازوتوباکتر	۵۸/۵۲^{bc}	۱/۵۹^{c}	۲/۵۹^{b}	۶۲/۵۲^{c}	۱۳۸۷/۸۴^{b}	۱۹/۷۱^{b}
۲۱۰	*آزوسپریلیوم*	۵۷/۲۹^{c}	۱/۸۴^{bc}	۲/۶۴^{b}	۶۳/۴۲^{c}	۱۲۹۱/۵۷^{bc}	۲۱/۷۰^{ab}
	سودوموناس	۵۵/۵۳^{d}	۱/۴۷^{c}	۲/۱۳^{c}	۶۰/۳۰^{d}	۱۰۵۸/۹^{d}	۱۶/۹۴^{c}
۷۸	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۰/۴۱^{b}	۲/۰۶^{bc}	۲/۴۶^{bc}	۶۴/۲۱a	۱۴۹۴/۸۷^{b}	۲۶/۹۱^{a}

نتایج به‌دست آمده با نتایج (۱۸) مطابقت دارد.

جدول ۴: برهمکنش تنش خشکی × کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، کلروفیل کل ، مقدار نسبی آب و عملکرد عملکرد اسانس

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

عملکرد اسانس

ننتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها نشان داد که با افزایش تنش خشکی عملکرد اسانس کاهش یافت. در صورتیکه محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و استفاده از سویه‌های کود زیستی باکتریایی سبب افزایش عملکرد اسانس ریحان شد. به‌طوریکه بیش‌ترین عملکرد اسانس به ترتیب به تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌ها، ۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها) اختصاص یافت (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). با توجه به نتایج می‌توان گفت که با افزایش غلظت سالیسلیک‌اسید و استفاده از کودهای زیستی باکتریایی درصد و عملکرد اسانس افزایش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که برای درصد بالای اسانس در گیاه ریحان

که سبب افزایش کیفی محصول می‌شود، اعمال تنش کم‌آبی می‌تواند مناسب باشد. با کاهش سطح برگ ناشی از تنش

تنش خشکی (میلی‌متر)	سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	مقدار نسبی آب (درصد)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
۷۰	عدم مصرف	۵۱/۲۴^{b}	۲/۷۹^{ab}	۶۷/۴۷^{b}	۱۴/۳^{ab}
	۰/۵	۵۶/۹۲^{ab}	۳/۰۴^{ab}	۶۹/۹۲^{ab}	۱۵/۸۹^{ab}
	۱	۵۸/۷۴^{a}	۳/۲۱^{a}	۷۲/۳۰^{a}	۲۰/۷۴^{a}
	۱/۵	۵۹/۸۷^{a}	۳/۴۳^{a}	۷۳/۱۸^{a}	۲۴/۸۲^{a}
۱۴۰	عدم مصرف	۴۹/۱۲^{c}	۱/۸۳^{c}	۶۴/۷۲^{c}	۱۴/۰۷^{bc}
	۰/۵	۵۵/۷۸^{b}	۲/۵۵^{b}	۶۷/۰۵^{b}	۱۵/۱۳^{b}
	۱	۵۷/۶۱^{ab}	۲/۷۲^{ab}	۶۹/۳۹^{ab}	۱۹/۵۲^{ab}
	۱/۵	۵۸/۶۳^{a}	۲/۹۹^{ab}	۷۰/۶۲^{ab}	۲۲/۰۳^{a}
۲۱۰	عدم مصرف	۴۴/۸۲^{d}	۱/۲۴^{c}	۵۷/۱۷^{d}	۱۳/۶۳^{c}
	۰/۵	۵۲/۴۸^{b}	۱/۸۹^{c}	۶۰/۲۷^{cd}	۱۴/۲۴^{c}
	۱	۵۴/۲۹^{b}	۲/۱۱^{b}	۶۲/۲۷^{c}	۱۸/۶۳^{bc}
	۱/۵	۵۵/۳۸^{ab}	۲/۴۱^{b}	۶۳/۲۸^{c}	۲۰/۷۴^{b}

خشکی، تعداد غده‌های مترشحه اسانس افزایش می‌یابد؛ در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت.

جدول ۵: برهمکنش تنش خشکی × سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته، کلروفیل a، کلروفیل کل، مقدار نسبی آب،عملکرد ماده خشک و عملکرد اسانس

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی، محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و مصرف کود زیستی باکتریایی نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد اسانس کاهش یافت اما محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و مصرف توأم باکتری‌ها سبب افزایش عملکرد اسانس در هر سه سطح تنش خشکی شد. شاید بتوان درصد بالای اسانس برای برخی ترکیب‌های غالب در ریحان را با کاهش سطح برگ و متعاقب آن افزایش تراکم غده‌های ترشح‌کننده اساانس توجیه کرد (۲۳). زند و همکاران (۱۲) و اسماعیل‌پور و همکاران (۱) نتایج مشابهی را در گیاه دارویی ریحان گزارش نموده‌اند. با توجه به نتایج می‌توان گفت که با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید و استفاده از کودهای زیستی درصد و عملکرد اسانس افزایش یافت. هم‌چنین طبق گزارشاتی میزان عملکرد اسانس در ریحان دادوندسراب و همکاران (۸)، نعناع فلفلی نصیری و همکاران (۳۶) و بابونه حیدری و همکاران (۳۲) تحت تأثیر تیمار کود افزایش یافت. بانچیو و همکاران (۲۲) اعلام کردند که کاربرد باسیلوس روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و ز یست توده ریحان شده و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد. مصرف سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و مصرف توأم باکتری‌ها از طریق کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و کاهش اثرات مضر اکسیداتیو و در نهایت فراهم شدن بهتر آب در گیاه نقش دارند و استفاده از آن‌ها می‌تواند به‌طور

موثری باعث افزایش در صفات کمی و کیفی در گیاه ریحان گردد. در بررسی دیگری آلی و همکاران (۲۱) و فرجزاده معماری تبریزی و همکاران (۱۴) نیز افزایش درصد و عملکرد اسانس شوید و ریحان را با کاربرد کود زیستی باکتریایی [illegible] ۸۰ [illegible] ردند.

جدول ۶: برهمکنش محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی بر ارتفاع بوته، مقدار نسبی آب و عملکرد اسانس

سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)	تیمارها کودهای زیستی باکتریایی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
عدم مصرف	عدم تلقیح	۴۷/۵۵^{de}	۶۶/۱۵^{d}	۱۲/۴۱^{d}
	ازوتوباکتر	۵۸/۲۲^{b}	۷۱/۲۳b^{c}	۱۴/۹۴^{c}
	آزوسپریلیوم	۵۷/۱۱^{b}	۷۲/۱۷^{b}	۱۴/۶۲^{c}
	سودوموناس	۵۱/۰۹^{d}	۶۹/۴۱^{c}	۱۴/۷۳^{c}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۰/۱^{ab}	۷۴/۸۹^{a}	۱۶/۵۷^{b}
۰/۵	عدم تلقیح	۴۸/۶۱^{d}	۶۶/۵d	۱۳/۰۹^{d}
	ازوتوباکتر	۵۹/۶۲^{ab}	۷۱/۶۸b^{c}	۱۵/۸۳^{c}
	آزوسپریلیوم	۵۸/۵۱^{b}	۷۲/۵۷^{b}	۱۵/۶۶^{c}
	سودوموناس	۵۳/۲۹^{c}	۷۰/۱۲^{c}	۱۵/۷۲^{c}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۲/۲۱^{a}	۷۵/۵۷^{a}	۱۷/۳۳^{b}
۱	عدم تلقیح	۴۹/۷۵^{d}	۶۷/۳^{d}	۱۳/۹۹^{c}
	ازوتوباکتر	۶۱/۴۲^{ab}	۷۲/۱۲^{b}	۱۶/۸۷^{b}
	آزوسپریلیوم	۵۹/۴۱^{b}	۷۳/۰۷^{ab}	۱۶/۴۲^{b}
	سودوموناس	۵۴/۷۹c	۷۰/۵۷^{c}	۱۶/۵۴^{b}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۳/۱۳^{a}	۷۶/۴۷^{a}	۱۹/۱۱^{a}
۱/۵	عدم تلقیح	۵۰/۳۵^{d}	۶۷/۶۶^{d}	۱۴/۷۴^{b}
	ازوتوباکتر	۶۲/۸۲^{a}	۷۲/۲۷^{b}	۱۷/۴۸^{b}
	آزوسپریلیوم	۶۰/۹۱^{ab}	۷۳/۵۷^{b}	۱۷/۸۶^{b}
	سودوموناس	۵۵/۳۲^{c}	۷۰/۹۶^{c}	۱۸/۲۱^{ab}
	تلقیح توأم باکتری‌ها	۶۴/۸۸^{a}	۷۷/۳۴^{a}	۲۱/۰۹^{a}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر آن است که با افزایش تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل آبیاری، ارتفاع بوته، تعداد ساقه، تعداد برگ، عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل a، b، کل، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد اسانس کاهش، ولی تنظم‌کننده اسمزی (پرولین) افزایش یافت. طبق نتایج به‌دست آمده، مصرف سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و مصرف توأم باکتری‌ها از طریق کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و کاهش اثرات مضر اکسیداتیو و در نهایت فراهم شدن بهتر آب در گیاه نقش

دارند و استفاده از آن‌ها می‌تواند به‌طور موثری باعث افزایش در صفات کمی و کیفی در گیاه ریحان گردد. در مجموع آبیاری نرمال بدون تنش (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و مصرف توأم باکتری‌ها (*ازوتوباکتر+ آزوسپریلیوم + سودوموناس*) به‌عنوان تیمار برتر برای دستیابی به بالاترین مقدار صفات مورفولوژیکی، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ، تنظم‌کننده اسمزی و عملکرد اسانس ریحان توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

۱-اسماعیل پور، ا.، فاطمی، ح و مرادی، م. ۱۳۹۸. اثر نیتریک اکسید بر فیزیولوژی و متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۴(۳۵) : ۶۰۱-۶۱۶.

۲- افکاری، ا. ۱۳۹۶. تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژنه بر میزان و عملکرد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۶(۳۳) : ۱۰۵۹-۱۰۴۷.

۳- **افکاری، ا. ۱۳۹۷**. اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان. فصلنامه علمی-پژوهشی زیست شناسی تکوینی. ۲(۱۳) :۳۳-۴۴.

۴- **اکبری، ژ. و ملکی، ع. ۱۳۹۶.** تأثیر محلول پاشی اسیدآسکوربیک و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تنش خشکی. تحقیقات کاربردی اکوفوفیزولوژی گیاهی. ۲(۴) :۱۵۷-۱۸۰.

۵- **جمشیدی‌جم، ب.، شکاری، ف. و زنگانی، ه. ۱۳۹۲.** تأثیر کود بیو گوگرد و پیش تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک بر پارامترهای فتوسنتزی گلرنگ. مجله تولیدات گیاهی. ۴ (۱۱): ۳۰۶۸-۳۰۷۵۸.

۶- **خلیل‌زاده، ر.، سیدشریفی ر. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۵.** اثر سایکوسل و کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه. گندم در شرایط محدودیت آب. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۱) : ۴۱-۶۰.

۷- **خیری زاده، ی.، سید شریفی، ر.، صدقی، م. و برمکی، م. ۱۳۹۴** . اثر کودهای زیستی و نانواکسید روی بر فرآیند انتقال مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط دیم. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۲۶): ۳۷-۵۶.

۸- **دادوندسراب، م.ر.، نقدی‌بادی، ح.ع.، نصری، م.، مکی‌زاده‌تفتی، م. و امیدی، ح. ۱۳۸۷.** تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی ریحان تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن. گیاهان دارویی. ۷(۲۷) :۶۰-۷۰.

۹- **درویش زاده، ف.، نجات زاده، ف.، ایرانبخش، ع. ۱۳۹۴.** تأثیر نانو ذرات نقره بر تحمل به شوری گیاه ریحان در مراحل جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی، مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. ۵(۲۰) : ۶۳-۷۰.

۱۰- **دست‌برهان، س.، زهتاب سلماسی، س.، نصراله‌زاده، ص. و توسلی، ع.ر. ۱۳۹۰.** تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه و مقادیر مختلف نیتروژن شیمیایی بر عملکرد گل و اسانس و کارایی مصرف نیتروژن بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲(۲۷) : ۲۹۰-۳۰۵.

۱۱- **رمرودی، م. و ع.ر. خم**ر. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم کننده‌های اسمزی ریحان. تحقیقات کاربردی اکوفوفیزولوژی گیاهی. ۲(۴) : ۱۹-۳۲.

۱۲- **زند، ا.، آرویی، ح.، چائی‌چی، م.ر. و نعمتی، س.ح. ۱۳۹۶.** تأثیر کودهای زیستی بر میزان و عملکرد اسانس و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.) در شرایط کم‌آبیاری. نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱(۳۳) : ۱۱۲-۱۲۵.

۱۳- **عبداللهی آرپناهی، ع.، فیضیان، م و مهدی‌پوریان، غ. ۱۳۹۹.** تأثیر تنش کم‌آبی و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و ترکیب اسانس آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Clack). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳(۳۶) : ۴۱۷-۴۲۸.

۱۴- فرج زاده‌معماری‌تبریزی، ا.، رشدی‌ملکی، م.، فرج زاده‌معماری‌تبریزی، ن و احمدزاده، و. ۱۳۹۷. تأثیر تلقیح بذر با سویه‌های مختلف باکتری و قارچ میکوریزا بر رشد، تولید اسانس، خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۵(۳۴) : ۸۰۵-۸۱۹.

۱۵- **کمالی، م.، شور، م.، تهرانی‌فر، ع.، گلدانی، م. و سلاح ورزی، ی. ۱۳۹۳.** اثر تنش شوری و افزایش دی اکسید کربن بر تجمع پرولین، کربوهیدرات و سایر صفات مورفوفیزیولوژیک گل زلف عروس. نشریه روابط خاک و گیاه. ۴(۵) : ۲۲۹-۲۳۹.

۱۶- لطفی، م.، عباس‌زاده، ب و میرزا، م. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، پرولین، قندهای محلول و عملکرد ترخون (*Artemisia dracunculus* L.). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱(۳۰) : ۲۹-۱۹.

۱۷- **مجدم، م.، پاینده، خ.، لک، ش. و مرعشی، ک. ۱۳۹۵.** اثر پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ذرت بهاره (*Zea mays* L.) در شرایط تنش کمبود آب. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۲) : ۶۱-۷۳.

۱۸- **مظفری، ا.، دانشیان، ج.، حبیبی، د.، شیرانی‌راد، ا.ح. و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۴.** بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی زراعی. ۷(۲۷) : ۲۱-۳۶.

۱۹- **ویسانی، و.، رحیم‌زاده، س. و سهرابی، ی. ۱۳۹۱.** تأثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱(۲۸) : ۷۳-۸۷.

20. Afzal, A. and Bano, A., 2008. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). International Journal of Agriculture and Biology, 10: 85-88.
21. Aly, M.S., EL-Shahat, A.N., Naguib, N.Y., Ahl, H.A.S., Zakaria, A.M. and Abou Dahab, M.A. 2015. Effect of nitrogen and/or bio-fertilizer on the yield, total flavonoids, carbohydrate contents, essential oil quantity and constituents of dill plants. Middle East Journal of Agriculture. 4: 291-296.
22. Banchio, E., Xie, X., Zhang, H. and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 653-657.
23. Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of Plantago ovata and Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
24.Bates, L.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
25. Cappellari, L., Santoro, M.V., Reinoso, H., Travaglia, C., Giordano, W. and Banchio, E. 2015. Anatomical, morphological, and phytochemical effects of inoculation with plant growth- promoting Rhizobacteria on peppermint (*Mentha piperita*). Journal of Chemical Ecology. 41(2): 149-158.
26. Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. Botany. 22: 13-17.
27. Devnarain, N., Crampton, B.G., Chikwamba, R., Becker, J.V.W. and O'Kennedy, M.M. 2016. Physiological responses of selected African sorghum landraces to progressive water stress and rewatering. South African Journal of Botany. 103: 61-69. **28**. **Diaz-Perez, J.C., Shackel, K.A. and Sutter, E.G. 2006.** Relative water content. Annals of Botany. 97(1): 85-96**.** **29. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D, and Basra, S. M. A. 2009.** Plant drought stress, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development. 29: 185- 212.
30. Fischer, S.E., Fischer, S.I., Magris, S. and Mori, G.B. 2007. Isolation and characterization of bacteria from the rhizosphere of wheat. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 23: 895–903.
31. Gray, E.J. and Smith, D.L. 2005. Intracellular and extracellular ۸۴ commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry. 37: 395– 412.
32. Heidari, M., Mousavinik, S.M. and Golpayegani, A. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) effect on hysiological parameters and mineral uptake in basil (*Ociumum basilicum* L.) under water stress. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 6: 78-91.
33. Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat. Tarim Bilimleri Dergisi. 13: 114-119.

34. Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophyiscs. 20: 289-296.

35. Mathivanan, S., Chidambaram, A.L.A., Sundaramoorthy, P., Baskaran, L. and Kalaikandhan, R., 2014. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on groundnut (Ar*achis hypogaea* L.) seed germination and biochemical constituents. International Journal of Current Research and Academic Review. 2: 187-194.

36. Nasiri. Y., Zehtabe-Salmasi, S., Nasrollahzade, S., Najafi, N. and Ghassemi-Golezani, K. 2010. Effect of foliar application of micronutrient (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomila* L.). Journal of Medicinal Plants Research. 4(17): 1733-1737.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 12, Issue 2, autumn and winter 2022

Effect of foliar application of salicylic acid and biofertilizerson in adjustment of the effects of drought stress on some morphophysiological characteristics, dry matter yield and essential oil production of basil (*Ocimum basilicum* L.)

Hamdollah Seyfi[1] and Ahmad Afkari[*2]

1- M.Sc. student Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
2- Assistant Professor Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University Kaleibar, Iran

*** Corresponding Author, Email: afkariahmad@yahoo.com**
(Received: 18 August 2022; Accepted: 5 January 2022)

Abstract

The use of biofertilizers and salicylic acid have different effects on the biochemical and physiological activity of plants and act as messengers in increasing resistance to stresses. In the present study, the influence of foliar application of salicylic acid and biofertilizers on modulating the effects of drought stress on some morphophysiological characteristics, dry matter yield and essential oil production of basil (*Ocimum basilicum L.*) was investigated using a factorial experiment based on a randomized complete block design in triplicate within the 2019 crop year in the protected area of Hurand city of the province of East Azarbaijan. Experimental treatments included three levels of drought stress (70, 140 and 210 mm of evaporation from Class A evaporation pan) as the first factor, seed inoculation with bacteria at five levels (no inoculation as control, inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* and co-inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas* and *Azospirillum*) as the second factor and salicylic acid foliar application at four levels (0, 0.5, 1 and 1.5 mM) as the third factor. The results showed that the interaction of the double effects of drought stress × bacteria, drought stress × salicylic acid, bacteria × salicylic acid had a significant effect on plant height traits, relative leaf water content and basil essential oil yield. The results of this study showed that drought stress reduced plant height, number of stems, number of leaves, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, dry matter yield, relative leaf water content and yield of basil essential oil. However, foliar application of salicylic acid and the co-inoculation of bacteria had a significant effect on increasing these traits.The results of this study showed that the drought stress had an important role in reducing the basic factors in basil growth. The results showed that with increasing the intensity of drought stress, the proline content increased. So that the highest proline content (1.69 µM/g fresh weight) were obtained from the treatment of 210-mm evaporation. Based on the results obtained in this experiment can be expressed, the use of salicylic acid at a concentration of 1.5 mM and the co-inoculation of bacteria play a role in relieving the negative effects of drought stress and their administration can effectively increase the quantitative and qualitative properties of the basil.

Keywords: Essential oil, Drought stress, Photosynthetic pigments, Basil (*Ocimum basilicum L.*), Biofertilizers, Foliar application.