تأثیر مایه‌کوبی با میکروارگانیسم‌های محرک رشد بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) تحت شرایط تنش خشکی

زهرا اصلانی[۱]، عباس حسنی*[۲]، بابک عبدالهی مندولکانی[۳]، محسن برین[٤]، رامین ملکی[٥]

[۱و۲] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۴] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۵] گروه پژوهشی کروماتوگرافی، جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: a.hassani@urmia.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مایه‌کوبی با قارچ *Piriformospora indica* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) تحت شرایط تنش خشکی، یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل مایه‌کوبی با میکروارگانیسم‌ها در سه سطح (مایه‌کوبی با قارچ *P. indica* و باکتری *P. fluorescens* و شاهد (بدون مایه‌کوبی) و تنش خشکی در سه سطح (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند. نتایج نشان داد تنش خشکی و کاربرد میکروارگانیسم‌ها، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده داشته‌اند. با کاهش میزان آب خاک، محتوی نسبی آب برگ و میزان کلروفیل کاهش در حالی‌که میزان انباشت پرولین، مالون‌دی‌آلدهید، نشت یونی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آرسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. هم‌چنین مقادیر محتوی نسبی آب برگ، کلروفیل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پرولین در گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ و باکتری بیشتر از گیاهان بدون مایه‌کوبی بود. درحالی‌که بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید و نشت یونی در گیاهان بدون مایه‌کوبی مشاهده گردید. در مجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که مایه‌کوبی با میکروارگانیسم‌های محرک رشد می‌تواند منجر به کاهش اثرات سوء خشکی و بهبود رشد گیاه مریم‌گلی گردد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پرولین، تنش کم آبی، کلروفیل، مریم‌گلی

مقدمه

مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) گیاهی چندساله و متعلق به تیره نعناع می‌باشد که منشأ آن نواحی شمالی مدیترانه گزارش شده است. اندام‌های هوایی مریم‌گلی به خصوص برگ‌ها حاوی اسانس هستند. اسانس این گیاه خاصیت ضد باکتریایی دارد و از آن در صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی–بهداشتی استفاده می‌شود (Raal *et al*., 2007). آب یکی از عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای در رشد و نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. تنش کم‌آبی علاوه بر کاهش رشد گیاه، باعث تحریک پاسخ‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی متعددی نظیر بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و تعرق، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، انباشت مواد محلول و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌گردد (Bettaieb *et al*., 2009). بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی مریم‌گلی سهندی (*Salvia sahendica* L.) به تنش خشکی نشان داد که میزان کلروفیل و محتوی نسبی آب برگ در پاسخ به تنش خشکی کاهش یافت در حالی‌که میزان پرولین و نشت یونی افزایش یافت (پروانک، ۱۳۹۷). محمدی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) گزارش کردند با افزایش شدت تنش، محتوی نسبی آب برگ و میزان کلروفیل کاهش یافت درحالی‌که میزان پرولین و مالون‌دی‌آلدهید افزایش پیدا کرد. کودهای بیولوژیکی، از میکروارگانیسم‌های مفیدی تشکیل شده‌اند که با استفاده از مکانیسم‌هایی از قبیل انحلال ترکیبات کم‌محلول و نامحلول (فسفر و روی) و افزایش میزان در دسترس بودن آن‌ها، کنترل بیماری‌های گیاهی، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های شوری، خشکی، سمیت عناصر و تولید هورمون‌های گیاهی موجب بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Glick, 2014). در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های عملی

کاهش و تعدیل اثرات خشکی بر گیاهان نظیر استفاده از کودهای زیستی اهمیت بالایی پیدا کرده است. در تحقیقات مختلف گزارش شده است که میکروارگانیسم‌های محرک رشد با افزایش جذب آب، تغییر سطوح هورمونی، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و انباشت محلول‌های سازگار نظیر اسیدهای آمینه، قندها و پلی‌آمین‌ها باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط تنش خشکی می‌گردند (Rajkumar *et al*., 2017). لذا در این تحقیق تأثیر مایه‌کوبی با قارچ *Piriformospora indica* و باکتری *Pseudomonas fluorescens* بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مریم‌گلی تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل مایه‌کوبی با میکروارگانیسم‌ها در سه سطح (شاهد (بدون مایه‌کوبی)، مایه‌کوبی با قارچ *Piriformospora indica* و مایه‌کوبی با باکتری *Pseudomonas fluorescens*) و تنش خشکی نیز در سه سطح (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) اعمال گردیدند. جهت مایه‌کوبی، ابتدا بذور گیاه مریم‌گلی با اتانول ۷۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه و سپس با هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به‌مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. سپس چندین مرتبه با آب استریل شستشو گردیده و روی کاغذ صافی واتمن در پتری دیش‌ها به مدت ۵ روز جهت جوانه‌زنی کشت گردیدند. بذور جوانه زده با سوسپانسیون قارچ حاوی $10^5\times$ ۵ اسپور در میلی‌لیتر مایه‌کوبی و به‌مدت یک ساعت بر روی شیکر جهت اتصال اسپورهای قارچ به سطح ریشه‌چه قرار داده شدند. برای مایه‌کوبی با باکتری، بذور ضدعفونی شده به محلول حاوی باکتری *P. fluorescens* سویه ۱۷۳ منتقل و به مدت یک ساعت در شیکر قرار داده شدند. غلظت باکتری 10^8 سلول در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح بود. در نهایت ۲۰ عدد از بذور شاهد و مایه‌کوبی شده در گلدان‌های جداگانه کشت شدند. پس از سبزشدن بذور و تا مرحله هشت برگی شدن بوته‌ها (حدود یک ماه پس از کاشت بذور)، گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری گردیده و از این مرحله به بعد، تیمارهای آبیاری با توزین روزانه گلدان‌ها و جبران آب مصرفی (بر اثر تبخیر و تعرق) باتوجه به هر تیمار اعمال شد. حدود ۲ ماه پس از اعمال تیمارهای تنش خشکی، صفاتی نظیر محتوی نسبی آب برگ (Turner,1981)، کلروفیل (Arnon, 1967)، درصد نشت یونی (Lutts *et al*., 1995)، میزان تولید مالون‌دی‌آلدهید (Heath and Packer, 1968)، میزان پرولین (Paquin and Lechasseur, 1979)، فعالیت آنزیم کاتالاز (Aebi, 1984) و فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (Zhang and Kirkham ,1992) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. داده‌های بدست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

طبق نتایج این تحقیق، اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد میکروارگانیسم‌ها بر کلیه صفات مورد اندازه‌گیری (به جز میزان کلروفیل b) معنی‌دار بود. صرفنظر از کاربرد میکروارگانیسم‌ها، با کاهش رطوبت خاک محتوی نسبی آب برگ و میزان کلروفیل کاهش درحالی‌که میزان نشت یونی، مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزیش یافت. همچنین گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ و باکتری از محتوی نسبی آب برگ، کلروفیل، پرولین و فعالیت آنزیم‌های بیشتر و میزان نشت یونی ومالون-دی‌آلدهید کمتری نسبت به تیمار شاهد (بدون مایه‌کوبی) برخوردار بودند (جداول ۱ و ۲). در تحقیقی Swetha و Padmavathi (۲۰۲۰) گزارش کردند که در گیاه بادمجان (*Solanum melongena*) با افزایش شدت تنش خشکی محتوی نسبی آب برگ کاهش یافت درحالی‌که در گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ *P. indica*، حضور قارچ موجب حفظ محتوی نسبی آب برگ گردید. کاهش میزان کلروفیل a و b در شرایط تنش خشکی در اثر هیدرولیز پروتئین‌های کلروپلاست و کاهش رنگدانه‌های برگ و نیز تجزیه آن به دلیل آسیب اکسیداتیو ناشی از تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن می‌باشد. وجود حداکثر مقدار کلروفیل در گیاهان مایه‌کوبی شده ممکن است به دلیل تثبیت بیشتر کربن، انباشت کربوهیدرات و بهبود تغذیه گیاه باشد، که سرعت فتوسنتز را بهینه کرده و سلامت فیزیولوژیکی گیاهان را تثبیت می‌کند (Mandal *et al*., 2013). تنش خشکی با القای تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد

اکسیژن مستقیماً به پروتئین‌ها، چربی‌ها، اسیدهای نوکلئیک و از همه مهم‌تر به غشاهای سلولی آسیب وارد می‌کند و از طریق پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشاهای سلولی نفوذپذیری غشاء، نشت یونی و تولید مالون‌دی‌آلدهید را افزایش می‌دهد (شهریور و همکاران، ۱۳۹۸). کاهش نشت الکترولیتی در تیمارهای مایه‌کوبی نشان می‌دهد که گیاهان مایه‌کوبی شده قادر به حفظ ظرفیت تبادل گازی در شرایط تنش خشکی و در نتیجه کاهش آسیب غشایی هستند (Durán *et al*., 2016). گیاهان از طریق مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی گونه‌های فعال اکسیژن را جاروب می‌کنند. در گیاه بادمجان مایه‌کوبی شده با قارچ *P. indica* با افزایش شدت تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز افزایش یافت و در گیاهان مایه‌کوبی شده میزان فعالیت این آنزیم‌ها در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده بیشتر بود (Swetha and Padmavathi, 2020). چیاپرو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که در گیاه نعناع فلفلی مایه‌کوبی شده با باکتری *P. fluorescens* میزان تولید مالون‌دی‌آلدهید در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید کمتر از تیمار شاهد بود. کاهش انباشت مالون‌دی‌آلدهید در برگ گیاهان مایه‌کوبی شده با میکروارگانیسم‌ها نشان می‌دهد که حضور این میکروارگانیسم‌ها می‌تواند میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی تحت تنش خشکی را کاهش دهد و در نتیجه سلول برگ را از آسیب محافظت کنند (Chiappero *et al*., 2019). یکی از تغییرات متابولیکی معمول در پاسخ به تنش خشکی یا شوری سنتز ترکیبات با وزن مولکولی کم از قبیل پرولین و گلایسین بتائین می‌باشد، که بعنوان تنظیم کننده اسمزی عمل می‌کنند (Rhodes *et al*., 2002). در تحقیقی Swetha و Padmavathi (۲۰۲۰) گزارش کردند که در گیاه بادمجان با افزایش شدت تنش خشکی انباشت پرولین افزایش یافت و در گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ *P. indica* مقدار بیشتری پرولین در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده مشاهده گردید. درمجموع نتایج این پژوهش نشان داد که مایه‌کوبی با قارچ *P. indica* و باکتری *P. fluorescens* می‌تواند با بهبود جذب آب و عناصر غذایی، حفظ مقادیر کلروفیل، افزایش انباشت پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث تعدیل اثرات تنش خشکی بر گیاه مریم‌گلی گردد.

جدول۱: مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد میکروارگانیسم‌ها بر صفات فیزیولوژیکی.

صفات / تیمار	محتوی نسبی آب برگ (٪)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	نشت یونی (٪)	مالون‌دی‌آلدهید (نانومول بر گرم وزن تر)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۸۰/۲۰a	۳/۳۶a	۲/۶۸a	۲۰/۲۸e	۱/۳۷f
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× باکتری	۷۹/۴۷a	۳/۳۰a	۲/۶۷a	۲۸/۸۹d	۱/۷۹f
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۷۰/۰۵b	۲/۷۳b	۲/۳۹ab	۲۹/۴۶d	۱/۷۷f
۷۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۷۳/۱۸b	۲/۶۴b	۲/۰۸bc	۳۰/۳۶d	۴/۵۱e
۷۰ درصد ظرفیت زراعی× باکتری	۷۸/۶۶a	۲/۶۱b	۲/۰۶bc	۳۰/۷۲d	۵/۴۸d
۷۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۶۵/۸۵c	۲/۳۰bc	۱/۵۱d	۴۱/۲۹b	۷/۵۲c
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۶۳/۰۲ cd	۲/۴۰bc	۱/۷۹cd	۳۶/۷۷c	۷/۵۲c
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× باکتری	۶۱/۲۳d	۲/۶۰b	۱/۷۸cd	۳۴/۷۹c	۹/۱۴b
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۵۱/۶۰e	۱/۹۰c	۱/۷۰cd	۴۵/۶۲a	۱۱/۳۸a

حروف متفاوت در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد (آزمون دانکن).

جدول۲: مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد میکروارگانیسم‌ها بر صفات بیوشیمیایی.

صفات / تیمار	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	گایاکول پراکسیداز (یونیت بر گرم وزن تر)	کاتالاز (یونیت بر گرم وزن تر)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۰/۷۷d	۱/۲۷d	۱۱/۷۴ef
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× باکتری	۱/۲۰cd	۱/۰۶e	۹/۱۸f
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۰/۶۲d	۱/۲۷d	۱۰/۴۴f
۷۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۳/۴۱b	۱/۹۰a	۲۳/۰۱a
۷۰ درصد ظرفیت زراعی × باکتری	۳/۲۳b	۱/۴۶b	۲۱/۳۷b
۷۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۱/۵۷c	۱/۳۵cd	۱۱/۷۶ef
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× قارچ	۵/۲۵a	۱/۸۵a	۱۷/۷۹c
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× باکتری	۵/۱۳a	۱/۰۵e	۱۹/۵۰bc
۴۰ درصد ظرفیت زراعی× شاهد	۲/۹۰b	۱/۴۳bc	۱۵/۲۵d

حروف متفاوت در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد (آزمون دانکن).

منابع

پروانک، ک. ۱۳۹۷. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گونه مریم گلی سهندی (*Salvia sahendica* L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۲(۴): ۱۲۴۹-۱۲۳۷.

شهریور، ز.، ابطحی، ف. و حاتمی، م. ۱۳۹۸. تأثیر تنظیم کننده رشد سالیسیلات بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۲(۴): ۱۶-۱.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105: 121-126.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W.A., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia horticulturae, 120(2): 271-275.

Chiappero, J., Cappellari, L.D.R., Alderete, L.G. S., Palermo, T.B. and Banchio, E. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria improve the antioxidant status in *Mentha piperita* grown under drought stress leading to an enhancement of plant growth and total phenolic content. Industrial Crops and Products, 139: 111-123.

Durán, P., Acuña, J.J., Armada, E., López-Castillo, O.M., Cornejo, P., Moraand, M.L. and Azcón, R. 2016. Inoculation with selenobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi to enhance selenium content in lettuce plants and improve tolerance against drought stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16 (1): 201-225.

Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research, 169: 30-39.

Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloro-plasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Journal of Biochemistry and Biophysics, 125: 180-198.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1995. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78(3): 389-398.

Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F. and Hashempour, H. 2019. Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. Industrial Crops and Products, 129: 561-574.

Mandal, S., Evelin, H, Giri, B., Singh, V.P. and Kapoor, R. 2013. Arbuscular mycorrhizal enhances the production of stevioside and rebaudioside-A in *Stevia rebaudiana* via nutritional and non – nutritional mechanisms. Applied Soil Ecology, 72:187-194.

Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plants. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.

Raal A., Orav A. and Arak, E. 2007. Composition of the essential oil of *Salvia officinalis* L. from various European countries. Natural Product Research, 21: 406-411.

Rajkumar, M., Brunuo, L.B. and Banu, J.R. 2017. Alleviation of environmental stress in plants: the role of beneficial *Pseudomonas* spp. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 47(6): 372-407.

Rhodes, D., Nadolska-Orczyk A. and Rich, P.J. 2002. Salinity, osmolytes and compatible solutes In: Lauchli, A., Luttge, U. (eds). Salinity, Environment, Plant, Molecules. Netherlands: Al-Kluwer Academic Publishers, pp. 181-204.

Swetha, S. and Padmavathi, T. 2020. Mitigation of drought stress by *Piriformospora indica* in *Solanum melongena* L. cultivars. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 90(3): 585-593.

Turner, N.C. 1981. Techniues and experimental approaches for measurement of plant water status. International Journal of Plant-Soil Relationships, 58: 339-366.

Zhang, J. and Kirkham, M.B. 1992. Drought-stress-induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. Plant and Cell Physiology, 35(5): 785-791.

Effect of growth-promoting microorganisms inoculation on some physiological and biochemical characteristics of sage (*Salvia officinalis*) under drought stress condition

Zahra Aslani[1], Abbas Hassani[2]*, Babak Abdollahi Mandoulakani[3], Mohsen Barin[4] and Ramin Maleki[5]

[1]Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

[2*]Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

[3]Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

[4]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

[5]Research Department of Chromatography, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Urmia, Iran

[*]*Corresponding Author: a.hassani@urmia.ac.ir*

Abstract

To investigate the effect of inoculation with *Piriformospora indica* and *Pseudomonas fluorescens* on some physiological and biochemical parameters of sage (*Salvia* officinalis) under drought stress, a pot experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications. Experimental factors included inoculation with microorganisms at three levels (inoculation with *P. indica* and *P. fluorescens* and control (without inoculation)) and drought stress at three levels (40, 70 and 100% of field capacity). The results showed that drought stress and application of microorganisms had a significant effect on the measured parameters. With decreasing soil water content, leaf relative water content (RWC) and chlorophyll content decreased while proline accumulation, malondialdehyde content, ion leakage, catalase and arsorbate peroxidase activity increased. Also, RWC, chlorophyll content, activity of antioxidant enzymes and proline accumulation in plants inoculated with fungi and bacteria were higher than non-inoculated control plants. In addition, the highest amount of malondialdehyde and ion leakage was observed in non-inoculated control plants. Overall, the findings of this study showed that inoculation with growth-promoting microorganisms can reduce the adverse effects of drought and improve the growth of sage.

***Keywords*:** Antioxidant enzymes, Chlorophyll, Proline, Sage, Water deficit stress.