



تأثیر مغناطیس کردن آب شور بر زیست توده شاخساره، محتوای کلروفیل، فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در مریم گلی ترکه ای (*Salvia virgata* Jacq.)

میترا خسرو جردی^۱ و محمد مقدم*

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۴)

چکیده

به منظور بررسی اثر آب شور مغناطیس شده بر مریم گلی ترکه ای، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. براساس یافته ها، شوری (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم به ترتیب برابر مقادیر رسانایی الکتریکی ۰، ۲/۵، ۵/۲۵ و ۷/۸۸ دسی زیمنس بر متر) سبب کاهش سطح برگ، زیست توده تازه و خشک شاخساره، محتوای کلروفیل و افزایش وزن ویژه برگ، فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی شد. کاربرد تیمارهای آب مغناطیسی (آب غیرمغناطیسی، ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر، ۰/۶ تسلا یکبار گذر، ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر، ۰/۳ تسلا یکبار گذر) سبب تعدیل آثار تنش شوری بر صفات مورد بررسی شد. به طور کلی کاربرد آب مغناطیسی سبب افزایش ۳۴٪ زیست توده تازه شاخساره، ۴۵٪ زیست توده خشک شاخساره، ۲۰٪ سطح برگ در بوته، ۲۰٪ کلروفیل b، ۵۵٪ کلروفیل a، ۴۷٪ کلروفیل کل، ۱۵۸٪ فنول کل و ۱۲٪ فعالیت آنتی اکسیدانی شد. با توجه به نتایج این پژوهش، هر چه شدت و مدت مغناطیسی کردن آب شور بیش تر شود، توانایی آب مغناطیسی در کاهش آثار مخرب شوری افزایش می یابد. نتایج نشان داد در سطوح بالای شوری شدت میدان ۰/۶ تسلا با نیم ساعت گذر تحمل گیاه به تنش شوری را افزایش می دهد. فناوری مغناطیسی کردن آب شور یک فناوری امیدوارکننده در کشاورزی می تواند باشد که البته نیازمند بررسی های وسیع تر است.

واژه های کلیدی: فعالیت آنتی اکسیدانی، سطح برگ، میدان مغناطیسی، وزن ویژه برگ.

مقدمه

۲۰۵۰ حدود ۵۰ درصد از زمین های زراعی جهان تحت تأثیر شوری قرار گیرند (۱۴). شوری به دلیل افزایش فشار اسمزی خاک و اختلال در تغذیه، بر رشد گیاهان تأثیرگذار است (۵۳). در این وضعیت فعالیت فتوسنتزی به دلیل بسته شدن روزنه ها و دهیدراته شدن غشای سلولی و غیرفعال شدن

گیاهان در دوره رشد و نمو خود ممکن است با تنش های مختلفی روبه رو شوند. پس از خشکی، تنش شوری یکی از مهم ترین محدودیت های محیطی برای رشد و توسعه گیاهان است (۸۴). بر اساس پژوهش ها، پیش بینی می شود که تا سال

۱- گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.moghadam@um.ac.ir

سامانه انتقال الکترون در فتوسنتز، کاهش می‌یابد (۸۳). پژوهش‌های پیشین نشان داد که تنش شوری سبب کاهش صفات رشدی و فعالیت فتوسنتزی در مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L. (۵۷)، کاهش محتوای کلروفیل‌های a و b و افزایش محتوای کاروتنوئیدها در زوفا (*Hyssopus officinalis* L. (۴۲)، کاهش زیست‌توده خشک شاخساره در دو گونه مریم‌گلی (*Salvia spinosa* L. و *Salvia viridis* L. (۳)، کاهش سطح برگ، غلظت کلروفیل و افزایش کاروتنوئیدها در مریم‌گلی کبیر (*Salvia sclarea* L. (۴۴)، کاهش زیست‌توده شاخساره، غلظت کلروفیل a و b و کل و افزایش فنول کل در مریم‌گلی مزرعه (*Salvia nemorosa* L. (۳۴)، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنول کل در گونه‌ای مریم‌گلی (*Salvia mirzayanii* L. (۸۶) و کاهش تعداد و سطح برگ در اسفناج (*Spinacia oleracea* L. (۲۰) شد.

با توجه به آثار منفی تنش شوری بر گیاهان، راهکارهای متفاوتی از جمله شناسایی گیاهان متحمل به شوری (۱۰) و حفظ کمیّت و کیفیت آب آبیاری پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های نوین به‌منظور بهبود کارایی آبیاری، عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی است (۲۲ و ۶۷). پژوهش‌ها نشان می‌دهد هنگامی که آب در معرض میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند کشش سطحی، پتانسیل الکتریکی، قابلیت حل نمک‌ها و pH تغییر می‌کند. براساس یک نظریه میدان مغناطیسی سبب تغییر در آرایش مولکول‌های آب می‌شود. به این ترتیب که وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور داده می‌شود، در سطح یون‌های مثبت و منفی بار الکتریکی القا می‌شود و در نتیجه به جای این‌که یون‌های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع می‌کنند که موجب کاهش تعداد مولکول‌ها در حلقه‌های مولکولی آب شده و این امر منجر به کاهش کشش سطحی آب و افزایش حلالیت نمک در آب مغناطیسی می‌شود (۲۲ و ۶۰). عبور آب از یک میدان مغناطیسی، سبب کاهش هیدراسیون یون‌های نمک و کلونیدها شده و آثار مثبتی بر حلالیت نمک، انعقاد و تبلور

سریع نمک دارد (۳۵). از مزایای آبیاری با آب مغناطیسی می‌توان به حفظ محیط زیست (کاهش تغذیه و حیات جلبک‌ها، خزه‌ها و پاتوژن‌هایی مانند: ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها و کنترل جمعیت آن‌ها در مزرعه)، شکستن خواب بذور، بهبود فعالیت ریزجاندانان و افزایش تحمل گیاهان به عوامل تنش‌زا اشاره کرد (۲). آب مغناطیسی به جذب آسان‌تر و سریع‌تر عناصر غذایی توسط گیاه کمک می‌کند (۶)، به‌طوری‌که سبب افزایش تولید هورمون سائتوکینین در گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L. شده و منجر به تقسیم سلولی و رشد ساقه می‌شود (۱). در آبیاری با آب غیرشور مغناطیسی، گزارش‌هایی مبنی بر افزایش تعداد برگ، طول برگ، تعداد گل و قطر گل در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L. (۷۳)، افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل a و کارایی مصرف آب در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L. (۵۴)، افزایش کلروفیل a و b و عملکرد اسفناج (۸)، افزایش سطح برگ در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L. (۸۷)، افزایش کلروفیل، کاروتنوئیدها و فنول در نخودفرنگی (*Pisum sativum* L. (۳۶) و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni. (۴) وجود دارد. در شرایط کاربرد آب شور همراه با مغناطیس کردن آن در کشت ذرت (*Zea mays* L.، آبشویی نمک‌ها از خاک آسان‌تر انجام شد (۵۸). آب مغناطیس به‌عنوان یک محرک رشد بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تأثیرگذار بوده است (۲۷). در آزمایش‌هایی که بر روی خیار (*Cucumis sativus* L.)، گوجه‌فرنگی، فلفل سبز (*Capsicum annuum* L.) و گندم در مصر انجام شد، گزارش شد که گلدان‌هایی با خاک لوم شنی که با آب معمولی بسیار شور (با رسانایی الکتریکی ۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شده بودند نسبت به گلدان‌های آبیاری شده با آب شور مغناطیسی، نمک را حفظ کردند. بنابراین نتیجه‌گیری شد که آب مغناطیسی سبب افزایش آبشویی نمک و کاهش قلیائیت خاک شده و مقداری از نمک در آب حل شده است. این پدیده را به افزایش قابلیت حل نمک و کاهش کشش سطحی آب مغناطیسی می‌-

به عنوان یک گیاه دارویی، این پژوهش با هدف بررسی اثر برهم کنش تنش شوری و آب مغناطیسی بر زیست توده شاخساره و ویژگی های فیزیولوژیک مریم گلی ترکه ای در شرایط گلخانه ای طراحی و اجرا شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شدت های آب مغناطیسی در پنج سطح (آب غیرمغناطیسی، ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر، ۰/۶ تسلا یکبار گذر، ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر و ۰/۳ تسلا یکبار گذر) و چهار سطح شوری (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم به- ترتیب برابر مقادیر رسانایی الکتریکی ۰، ۲/۵، ۵/۲۵ و ۷/۸۸ دسی-زیمنس بر متر) بود. برای تهیه آب مغناطیسی، آب از دستگاه که شامل دو مخزن آب، لوله ها و شیرآلات برای چرخش آب بین دو مخزن، دستگاه مغناطیس کننده با قابلیت تنظیم شدت میدان مغناطیسی، دستگاه اینورتر برای تنظیم شدت دور موتور و پمپ آب بود، عبور داده شد (شکل ۱). به منظور تهیه آب مغناطیسی، آب شور با غلظت مورد نظر آماده شده و در مخزن پایین دستگاه ریخته شد. پس از انتخاب شدت میدان مورد نظر، برای تیمارهای نیم ساعت گذر شیر مربوط به چرخش آب بین دو مخزن باز شده و پس از گذشت نیم ساعت دستگاه خاموش شد. در این مدت آب به صورت چرخشی از میدان مغناطیسی با شدت مورد نظر عبور داده شد. برای تیمارهای یکبار گذر شیر مربوط به چرخش آب بین دو مخزن بسته شد و پس از انتقال تمام آب از مخزن پایین به مخزن بالا آب در همانجا متوقف گشت و دستگاه خاموش شد.

بدور مریم گلی ترکه ای از مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. به منظور شکست خواب، بذرها مرطوب شده و در دمای پنج درجه سلسیوس به مدت دو هفته قرار گرفتند (۶۳). در اوایل بهمن ماه سال ۱۳۹۹،

توان مربوط دانست (۳۵). سرواستا و همکاران (۷۹) قابلیت حل نمک های NaCl و Na_2CO_3 در آب مغناطیسی را بررسی کرده و پیشنهاد کردند از آب مغناطیسی برای آبخویی خاک های شور یا سدیمی استفاده شود. بوگاتن (۲۱) با افزودن نمک های مختلف به خاک، آزمایش های آبخویی را بر روی ستون های دست خورده چند نوع خاک شور انجام داد. وی بیشترین اثر آبخویی با آب مغناطیسی را به ترتیب بر روی نمونه های خاک شور شده با سدیم، کلرید و سولفات مشاهده کرد. به گفته وی حرکت یون کلرید نسبت به نمونه های شاهد ۳۰ تا ۴۰ درصد بیش تر بود. سلیها (۷۵) اثر کاربرد آب مغناطیسی بر ویژگی های شیمیایی خاک را بررسی کرد. وی با مشاهده کاهش معنی دار رسانایی الکتریکی (EC) و pH و افزایش حلالیت CaCO_3 در خاک، اثر کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبخویی نمک ها و میزان انحلال CaCO_3 را تأیید کرد. با این حال نتایج متفاوتی از تأثیر آب مغناطیسی گزارش شده است، به طوری که آب مغناطیسی تأثیر مثبتی بر افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها در مرزه (*Satureja hortensis* L.) نداشته است (۶۴).

جنس سالویا متعلق به زیرخانواده Nepetoideae از قبیله Mentheae در خانواده Lamiaceae است (۷۰). این جنس تقریباً شامل ۱۰۰۰ گونه بوده که در سراسر جهان پراکنده است و در فلور کشورمان ۵۸ گونه دارد و ۱۷ گونه آن بومی ایران است (۱۲). پژوهش های گوناگون نشان می دهد که گونه های مختلف مریم گلی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی، ضد اسهال، محافظ قلب، ضد التهاب، ضد دیابت، ضد قارچ، ضد میکروب، ضد سرطان و مالاریا است (۳۹). مریم گلی ترکه ای یا مریم گلی-هرز (*Salvia virgata* Jacq.) یکی از گونه های مریم گلی در ایران است که در آب و هوای گرم و خشک و خاک های رسی حاصل خیز با نفوذپذیری مناسب به خوبی رشد می کند (۴۴). با توجه به کاهش منابع آب با کیفیت و اهمیت شوری، از طرفی احتمال آثار مفید آب مغناطیسی بر رشد و صفات فیزیولوژیک گیاهان در شرایط شور و همچنین اهمیت گیاه مریم گلی ترکه ای

آب مورد نیاز برای رسیدن هر گلدان به سطوح مختلف (۹۰، ۸۰، ۷۰، ۶۰، ۵۰ و ۴۰ درصد گنجایش گلدانی) براساس روش وزنی محاسبه شده و دوباره میزان رطوبت خاک گلدان با استفاده از دستگاه رطوبت سنج در هریک از سطوح قرائت شد که از آن یک نمودار خطی به دست آمد. در نهایت با اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج، میزان آب لازم برای رساندن رطوبت خاک گلدان به ۱۰۰ درصد گنجایش گلدانی محاسبه شد. سپس براساس میزان خاک استفاده شده در هر گلدان (۱۲ کیلوگرم) میزان آب مورد نیاز برای هر گلدان برای رسیدن به ۱۰۰٪ گنجایش گلدانی محاسبه شد. هر دو الی سه روز یکبار رطوبت خاک اندازه‌گیری می‌شد و اگر عدد به دست آمده از رطوبت‌سنج ۷۰٪ گنجایش گلدانی را نشان می‌داد، آبیاری گلدان‌ها به گونه‌ای انجام می‌شد که به ۱۰۰٪ گنجایش گلدانی برسد. در این آزمایش با توجه به پژوهش‌های پیشین برای جلوگیری از تجمع نمک، هر دو هفته یکبار آبشویی انجام شد.

پس از گذشت ۴۰ روز از اعمال تیمارها، اندازه‌گیری صفات آغاز شد. برای اندازه‌گیری زیست‌توده تر شاخساره از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. سپس برای محاسبه زیست‌توده خشک شاخساره نمونه‌ها به‌طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی گذاشته و در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و در نهایت وزن آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T Devices Ltd) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن ویژه برگ از معادله (۱) استفاده شد:

$$SLW (g/cm^2) = LDW/LA \quad (1)$$

در این معادله LA سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع و LDW وزن خشک برگ بود.

برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید، ۵۰٪ گرم (۵۰ میلی گرم) برگ تازه کاملاً توسعه یافته را جدا کرده و آن را در هاون چینی با ۳ میلی لیتر متانول ۹۹٪ برای



شکل ۱. دستگاه آب مغناطیسی

Fig. 1. Magnetic water device

کشت بذر در سینی نشاء با بستر کوکوپیت و پرلیت (۱:۲) انجام شد. سپس چهار نشاء سالم و یکنواخت در مرحله چهار برگی به هر گلدان (قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی متر) با ظرفیت ۱۲ کیلوگرم خاک با ترکیب ۵۰٪ (حجمی) خاک زراعی، ۲۵٪ (حجمی) ماسه و ۲۵٪ (حجمی) خاک برگ منتقل شد. رشد این گیاهان در گلخانه در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس در روز و 18 ± 2 درجه سلسیوس در شب انجام گرفت. میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۲ تا ۸۴ درصد بود. در ابتدا برای استقرار کامل، گلدان‌ها با آب بدون شوری آبیاری شدند و پس از گذشت ۱۸ روز در مرحله ۸-۶ برگی تیمارها اعمال شد. پس از محاسبه گنجایش گلدانی، میزان آبیاری و دور آبیاری برای هر گلدان تعیین شد. آبیاری هنگامی انجام می‌شد که مقدار رطوبت خاک گلدان به ۷۰ درصد گنجایش گلدانی می‌رسید. به‌منظور تعیین گنجایش گلدانی در ابتدا مقداری از خاک مورد استفاده در گلدان ریخته شده و اشباع شد. برای جلوگیری از تبخیر، سطح گلدان با نایلون پوشانده شد. هر روز این خاک را وزن کرده تا زمانی که وزن آن ثابت شد، و وزن به دست آمده وزن خاک در گنجایش گلدانی در نظر گرفته شد. در این زمان با استفاده از رطوبت‌سنج دیجیتال مدل TDH میزان رطوبت خاک اندازه‌گیری شد که عدد ۲۴ درصد را نشان داد. سپس خاک به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفت و وزن خشک آن تعیین شد. در این وضعیت رطوبت‌سنج عدد صفر را نشان داد. سپس میزان

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر برهمکنش شوری و میدان مغناطیسی بر زیست توده تازه و خشک شاخساره، وزن ویژه برگ و سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار زیست توده تازه شاخساره در تیمار شاهد (عدم شوری و آب غیرمغناطیسی) و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و شدت میدان ۰/۶ تسلا یکبار گذر بود. زیست توده تازه شاخساره در شوری ۳۰ میلی مولار تحت تأثیر تیمار ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر ۳۴ درصد نسبت به شاهد همان سطح افزایش یافت و همچنین در تیمارهای شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار، آب مغناطیسی به ترتیب با شدت‌های ۰/۳ و ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر در کاهش آثار شوری مؤثر عمل کردند. در بیشترین سطح شوری (۹۰ میلی مولار)، آب مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر توانست زیست توده تازه شاخساره را نسبت به سه شدت دیگر به ترتیب ۳۱، ۲۵ و ۲۴ درصد افزایش دهد (جدول ۲). بیشترین مقدار زیست توده خشک شاخساره در تیمار عدم شوری و ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر مشاهده شد که ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر بود. تمام شدت‌های آب مغناطیسی در شوری ۶۰ میلی مولار و همچنین آب مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر در شوری ۹۰ میلی مولار سبب کاهش آثار شوری بر زیست توده خشک شاخساره شدند. در شوری ۹۰ میلی مولار تیمار ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر در مقایسه با سه شدت دیگر آب مغناطیسی توانست زیست توده خشک شاخساره را به ترتیب ۴۵، ۵۰ و ۴۳ درصد افزایش دهد (جدول ۲). بیشترین سطح برگ در تیمار ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر و عدم شوری بدست آمد که ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و ۰/۶ تسلا یکبار گذر مشاهده شد. تیمار ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر در شوری ۳۰ میلی مولار سطح برگ را ۲۳ درصد نسبت

استخراج رنگ دانه‌ها ساییده، سپس به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت (از این عصاره برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانتی و فنول کل نیز استفاده شد). سپس عصاره استخراج شده را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت مقدار کلروفیل با استفاده از روابط زیر به دست آمد (۵۱):

$$\text{Chl a} = (15.65A_{666}) - (7.34A_{653}) \quad (2)$$

$$\text{Chl b} = (27.05 A_{653}) - (11.21A_{666}) \quad (3)$$

$$\text{Car} = (1000A_{470} - 2.860\text{Chl a} - 129.2\text{Chl b})/245 \quad (4)$$

$$\text{Chl T} = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad (5)$$

در این فرمول Chl a کلروفیل a ، Chl b کلروفیل b ، Car کارتنوئید و Chl T کلروفیل کل است. برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از عصاره متانولی تهیه شده با معرف فولین سیکالتو استفاده شد. میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و مقدار فنل کل براساس معادل میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد (۸۰). به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی، عصاره متانولی به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق شد. برای غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد به هر نمونه ۴ میلی لیتر ماده DPPH (2,2-Diphenyl- Picryl- Hydrazyl) افزوده شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. جذب محلول‌های حاصل شده و همچنین نمونه شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد بازدارندگی از DPPH با مقایسه نمونه‌های عصاره و نمونه شاهد و با استفاده از فرمول زیر به دست آمد (۶۱):

$$\text{درصد مهار} = \frac{AD - AS}{AD} \times 100 \quad (6)$$

در این معادله AD : میزان جذب DPPH و AS : جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab18 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری آب آبیاری و میدان مغناطیسی بر صفات مورد بررسی در مریم‌گلی ترکه‌ای.
Table 1. Analysis of variance (mean squares) of the effects of water salinity and magnetic field on the studied traits in *Salvia virgata*.

| منبع تغییرات Source of variation | درجه آزادی df | زیست‌توده تازه Fresh weight of shoot | زیست‌توده خشک شاخساره Dry weight of shoot | سطح برگ Leaf area | وزن ویژه برگ Specific leaf weight | کلروفیل a Chlorophyll a | کلروفیل b Chlorophyll b | کلروفیل کل Total chlorophyll | نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b | فنول کل Total phenol | فعالیت آنی اکسیدانی Antioxidant activity |
|-------------------------------------|------------------|---|--|----------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---|
| Salinity (S) | 3 | 511.46** | 43.77** | 129784** | 0.000001* | 9.53** | 3.23** | 22.9** | 10.8** | 4.19** | 278** |
| Magnetic water (M) | 4 | 146.17** | 8.96** | 36553** | 0.000001** | 13.2** | 1.73** | 21.2** | 14.5** | 51.93** | 489** |
| S × M | 12 | 54.42** | 5.32** | 16702** | 0.000002** | 4.31** | 2.63** | 8.06** | 15.3** | 8.85** | 667** |
| Error | 40 | 0.19 | 0.03 | 64 | 0.0 | 0.12 | 0.06 | 0.26 | 0.0 | 0.12 | 1.27 |

ns، ** و * به ترتیب اثر غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ را نشان می‌دهد.

ns, ** and * show no significant and significant effect at 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش شوری و آب مغناطیسی بر صفات مورد بررسی در مریم‌گلی ترکه‌ای.

| Table 2. Mean comparison of salinity and magnetic water interaction effect on the studied traits in <i>Salvia virgata</i> . | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|--|
| شوری Salinity (mM) | آب مغناطیسی Magnetic water | سطح برگ در بوته Leaf area per plant (cm ²) | وزن ویژه برگ Leaf specific weight (g/cm ²) | زیست توده تازه شاخساره Fresh weight of shoot (g/plant) | زیست توده خشک شاخساره Dry weight of shoot (g/plant) | |
| 0 | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 378 ^c | 0.0033 ^g | 30.79 ^a | 6.47 ^b | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.6T half an hour passed | 516 ^a | 0.0036 ^g | 22.28 ^b | 9.41 ^a | |
| | تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 513 ^a | 0.0034 ^g | 17.73 ^c | 5.63 ^{cd} | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 341 ^{d-e} | 0.0036 ^g | 17.25 ^{cd} | 4.65 ^{ef} | |
| 30 | تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 343 ^{d-e} | 0.0040 ^{d-g} | 15.92 ^d | 4.81 ^{ef} | |
| | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 358 ^{cd} | 0.0036 ^g | 17.22 ^{cd} | 5.75 ^c | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.6T half an hour passed | 346 ^{de} | 0.0039 ^{e-g} | 23.20 ^b | 5.07 ^{de} | |
| | تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 255 ^g | 0.0037 ^{fg} | 9.36 ^f | 2.68 ^{g-i} | |
| 60 | تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 441 ^b | 0.0042 ^{c-g} | 15.94 ^d | 4.26 ^f | |
| | تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 251 ^g | 0.0046 ^{b-f} | 11.24 ^e | 3.07 ^{gh} | |
| | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 323 ^{ef} | 0.0037 ^g | 11.16 ^e | 2.96 ^{gh} | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.6T half an hour passed | 345 ^{de} | 0.0047 ^{b-e} | 11.44 ^e | 2.86 ^{g-i} | |
| 90 | تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 184 ⁱ | 0.0041 ^{c-g} | 7.62 ^g | 2.67 ^g | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 212 ^h | 0.0048 ^{b-d} | 7.14 ^g | 3.15 ^g | |
| | تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 170 ⁱ | 0.0047 ^{b-e} | 7.52 ^g | 2.90 ^{g-i} | |
| | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 318 ^f | 0.0050 ^{a-c} | 10.08 ^{ef} | 2.37 ⁱ | |
| 90 | تسلا نیم ساعت گذر 0.6T half an hour passed | 263 ^g | 0.0052 ^{ab} | 7.12 ^g | 2.51 ^{hi} | |
| | تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 131 ^j | 0.0058 ^a | 4.90 ^h | 1.37 ^j | |
| | تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 140 ^j | 0.0052 ^{ab} | 5.28 ^h | 1.24 ^j | |
| | تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 167 ⁱ | 0.0047 ^{b-e} | 5.36 ^h | 1.43 ^j | |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. T* معادل تسلا است.

In each column, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$). *T is equivalent to Tesla.

تنش شوری موجود است که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. برگ‌ها به‌عنوان اندام تولیدکننده مواد فتوسنتزی، مواد لازم برای رشد گیاه را تهیه می‌کنند که مقدار آن به سطح فتوسنتزکننده و کارایی فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد (۴۶). در تنش شوری به‌علت کاهش تعداد و اندازه سلول‌های مزوفیل، از سطح برگ کاسته می‌شود (۲۹). به‌دلیل سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلرید در برگ، کاهش سطح برگ تشدید می‌شود. در تنش شوری، سلول‌های اپیدرم مزوفیل آب بیشتری در خود جمع کرده، آبدار و گوشتی می‌شوند که همین امر سبب افزایش ضخامت برگ می‌شود (۶۹). در تنش شوری کاهش سطح برگ را می‌توان به کاهش میزان هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدانه رشد نسبت داد (۶۷). کاهش سطح برگ در اسفناج (۲۰)، مریم‌گلی آتشین (۳۸)، فلفل دلمه‌ای (۳۰) و همچنین افزایش وزن و ویژه برگ در توت‌فرنگی (*Fragaria* × *annanasa* Duch. (۶۹) تحت تنش شوری گزارش شده است که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. بهبود صفات رشدی تحت تیمار آب مغناطیسی می‌تواند به‌دلیل افزایش نظم در آرایش مولکول‌های آب باشد که سبب افزایش انحلال کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌شود و در پی آن جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه افزایش می‌یابد (۵، ۶۶ و ۴۹). در نتیجه میزان پروتئین بافت‌ها بیش‌تر شده و فعالیت هورمون‌هایی که باعث رشد، تقسیم و کشیدگی سلول‌ها می‌شود، بیش‌تر می‌شود؛ پس سطح برگ گیاه افزایش می‌یابد و میزان دریافت نور خورشید و عمل فتوسنتز توسط گیاه بیش‌تر شده و در نتیجه عملکرد و تولید محصول بیش‌تر می‌شود (۱۷ و ۶۶). گزارش‌هایی از افزایش سطح برگ تحت تیمار آب مغناطیسی در گوجه فرنگی (۲۵) و تربچه (*Raphanus sativus* L.) (۵۷) موجود است که با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین آب مغناطیسی سبب کاهش آثار شوری بر سطح برگ در پنبه (*Gossypium arboreum* L. (۸۸) شد؛ اما در سطوح بالای شوری (۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) کاربرد آب مغناطیسی تأثیر مثبتی بر افزایش سطح برگ و کاهش آثار شوری نشان نداد. در گیاهان آبیاری شده با

به شاهد افزایش داد. در بیش‌ترین سطح شوری، شدت میدان ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر سطح برگ را به‌ترتیب ۵۰، ۴۶ و ۳۶ درصد در مقایسه با سایر شدت‌ها افزایش داد (جدول ۲). با افزایش شوری وزن ویژه برگ افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی‌مولار و ۰/۶ تسلا یکبار گذر و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. تمام شدت‌های آب مغناطیسی شوری ۹۰ میلی‌مولار آثار شوری را بر وزن ویژه برگ نسبت به شاهد همان سطح کاهش داد (جدول ۲). با توجه به نتایج ضرایب همبستگی رابطه مثبت و معنی‌داری بین زیست‌توده تازه و خشک شاخساره و سطح برگ مشاهده شد. به‌طوری‌که با افزایش سطح برگ، ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد (جدول ۳).

تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی سبب کاهش جذب برخی از عناصر غذایی همچون کلسیم، پتاسیم و آمونیوم شده و منجر به سمیت یونی و کاهش آب در دسترس گیاه می‌شود؛ در نتیجه تمام مراحل رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات مورفولوژیک ایجاد شده در گیاهان همچون کاهش وزن خشک در مواجهه با تنش شوری رخ می‌دهد (۴۶). با افزایش غلظت نمک فشار اسمزی محلول خاک افزایش می‌یابد، در نتیجه گیاه برای جذب آب انرژی بیش‌تری را صرف می‌کند (۶۶). همچنین شوری با کاهش کربوهیدرات‌های تولیدی سبب کاهش رشد اندام‌های مختلف گیاه شده و در نتیجه سبب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود (۸۲). گزارش‌هایی از کاهش زیست‌توده تازه و خشک اندام هوایی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd (۳۳)، زیست‌توده تازه و خشک شاخساره در مریم‌گلی آتشین (*S. splendens* L.) (۳۸)، زیست‌توده شاخساره در مریم‌گلی (*S. officinalis* L.) (۲۶)، زیست‌توده خشک شاخساره در مریم‌گلی کبیر (۱۸)، زیست‌توده تازه و خشک شاخساره در سه گونه مریم‌گلی (*S. farinacea* L. و *S. coccinea* L. و *S. splendens* L.) (۵۳)، زیست‌توده تازه و خشک اندام هوایی بادرشو (*Dracocephalum moldavica* L.) (۶۳) و زیست‌توده تازه و خشک کل گیاهچه گندم (۸۵) تحت

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در مریم گلی ترکه‌ای.

Table 3. Correlation coefficients between the studied traits in *Salvia virgata*.

| No. | Traits صفات | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|---------|----------------------|
| 1 | Chlorophyll a کلروفیل آ | 1 | | | | | | | | | |
| 2 | Chlorophyll b کلروفیل ب | 0.362** | 1 | | | | | | | | |
| 3 | Carotenoid کاروتنوئید | 0.467** | -0.323* | 1 | | | | | | | |
| 4 | Total chlorophyll کلروفیل کل | 0.893** | 0.742** | 0.180 ^{ns} | 1 | | | | | | |
| 5 | Chlorophyll a/b کلروفیل آ/ب | 0.317* | -0.491** | 0.823** | -0.009 ^{ns} | 1 | | | | | |
| 6 | Leaf specific weight وزن ویژه برگ | -0.241 ^{ns} | -0.138 ^{ns} | 0.025 ^{ns} | -0.240 ^{ns} | 0.146 ^{ns} | 1 | | | | |
| 7 | Leaf area per plant سطح برگ در بوته | 0.391** | 0.129 ^{ns} | 0.092 ^{ns} | 0.343** | 0.077 ^{ns} | -0.443** | 1 | | | |
| | Fresh weight of shoot زیست توده تازه شاخساره | 0.575** | 0.508** | 0.077 ^{ns} | 0.658** | -0.033 ^{ns} | -0.337** | 0.659** | 1 | | |
| 9 | Dry weight of shoot زیست توده خشک شاخساره | 0.573** | 0.431** | 0.064 ^{ns} | 0.619** | -0.052 ^{ns} | -0.330** | 0.729** | 0.832** | 1 | |
| 10 | Antioxidant activity فعالیت آنتی اکسیدانی | 0.409** | 0.049 ^{ns} | 0.338** | 0.318* | 0.202 ^{ns} | -0.208 ^{ns} | 0.286* | 0.301* | 0.417** | 1 |
| 11 | Total phenol فنول کل | -0.328* | -0.180 ^{ns} | -0.181 ^{ns} | -0.323* | -0.240 ^{ns} | 0.141 ^{ns} | -0.372** | -0.334** | -0.326* | -0.188 ^{ns} |

^{ns} و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱/۵ و ۱/۵ را نشان می دهد.

^{ns}, ** and * show non-significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

pH و افزایش گنجایش نگه‌داری آب در خاک و جذب بیش‌تر آب توسط گیاه، به کاهش آثار مخرب شوری و افزایش تحمل به تنش شوری در گیاهان کمک می‌کنند. افزایش تحمل به تنش شوری و بهبود عملکرد گیاه تحت آبیاری با آب مغناطیسی در شلغم (*Brassica rapa* L.) (۲۳) و درخت ارچون (*Terminalia atjuna* (Roxb.) wight & Arn) (۲۴) گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

رنگدانه‌های فتوستزی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر برهم‌کنش شوری و آب مغناطیسی بر کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a/b در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین مقدار کلروفیل a در شوری ۳۰ میلی‌مولار و آب غیرمغناطیسی و کم‌ترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی‌مولار و شدت ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر مشاهده شد. آب مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا یکبار گذر در شوری ۹۰ میلی‌مولار کلروفیل a را ۵۵ درصد در مقایسه با شاهد در همین سطح شوری افزایش داد در بیش‌ترین سطح شوری، شدت میدان ۰/۶ تسلا یکبار گذر در مقایسه با دو شدت ۰/۳ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر به‌ترتیب ۳۵ و ۳۹ درصد کلروفیل a را افزایش داد (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار کلروفیل b در شوری ۳۰ میلی‌مولار و شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر بدست آمد که نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش داشت و کم‌ترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی‌مولار و آب غیرمغناطیسی مشاهده شد. آب مغناطیسی با شدت ۰/۳ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر در شوری ۶۰ میلی‌مولار به‌ترتیب کلروفیل b را ۶۲ و ۱۰۱ درصد نسبت به شاهد همان سطح شوری افزایش داد. به‌علاوه تمام شدت‌های آب مغناطیسی در شوری ۹۰ میلی‌مولار کلروفیل b را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد همان سطح افزایش داد. در شوری ۹۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آب مغناطیسی مشاهده نشد (جدول ۴). بیش‌ترین غلظت کاروتنوئید در شوری ۶۰ میلی‌مولار و آب

آب مغناطیسی به‌علت تبادل گازی آسان‌تر نسبت به آب غیرمغناطیسی، آوندهای چوبی و آبکش رشد و نمو بیش‌تری دارند و سلول‌های پارانشیم و اتاقت زیر روزنه افزایش می‌یابند. اعمال میدان مغناطیسی سبب تأثیر بر متابولیسم سلول‌های مرستمی، افزایش جذب و آسمیلاسیون عناصر غذایی و بهبود فعالیت فتوستزی می‌شود. علاوه بر این میدان مغناطیسی سبب صعود موئینه در مکانیسم انتقال مواد در بافت‌های زنده گیاهی می‌شود. آب مغناطیسی سبب افزایش میزان آب در دسترس گیاه، آماس سلولی و تقسیم سلولی می‌شود و صفاتی همچون سطح برگ، ارتفاع گیاه و قطر ساقه افزایش می‌یابد که در پی آن میزان ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد (۷۴). همچنین در اثر مغناطیسی کردن آب میزان نمک‌های موجود در آب کاهش یافته و از تجمع نمک در ناحیه توسعه ریشه کاسته می‌شود؛ بنابراین، گیاهان در این وضعیت رشد و نمو بهتری دارند (۶۶). در آزمایشی تأثیر آب مغناطیسی با سه شدت صفر، ۰/۳ و ۰/۶ تسلا بر نعنای فلفلی (*Mentha × piperita* L.) نشان داد اعمال آب مغناطیسی سبب افزایش زیست‌توده تازه و خشک گیاه نسبت به شاهد شد (۴۴) که با یافته‌های این پژوهش هماهنگی دارد. گزارش‌های مختلفی از افزایش زیست‌توده تازه و خشک شاخساره در خیار (*Cucumis sativus* L.) (۴۲) و افزایش رشد رویشی و زایشی در پنبه (*Gossypium arboreum* L.) (۸۸) تحت آبیاری با آب مغناطیسی موجود است که با نتایج این پژوهش هماهنگ است. براساس بررسی منابع صورت گرفته اطلاعاتی در مورد تأثیر آب مغناطیسی در تعدیل آثار شوری بر وزن ویژه برگ یافت نشد. تنش‌های محیطی (از جمله شوری و خشکی) با کاهش سطح برگ و از طرفی با افزایش ضخامت برگ باعث افزایش وزن ویژه برگ می‌شوند (۶۹). در پژوهش حاضر این احتمال داده می‌شود که میدان مغناطیسی با کاهش آثار شوری و جذب بهتر آب موجب افزایش سطح برگ و بهبود شرایط فتوستزی و افزایش وزن خشک برگ شده و در نتیجه آب مغناطیسی توانسته آثار شوری بر وزن ویژه برگ را کاهش دهد. میدان‌های مغناطیسی با کاهش رسانایی الکتریکی و

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش شوری و آب مغناطیسی بر صفات مورد بررسی در مریم گلی ترکه‌ای.

Table 4. Mean comparison of the interaction effect of salinity and magnetic water on the studied traits in *Salvia virgata*.

| شوری Salinity (mM) | آب مغناطیسی Magnetic water | کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW) | کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW) | کاروتنوئید Carotenoid (mg/g FW) | کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g FW) | نسبت a/b کلروفیل Chlorophyll a/b | فنول کل Total phenol (mg/g FW) | فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%) |
|--------------------------|--|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 0 | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 7.34 ^{ab} | 3.94 ^b | 0.35 ^{b-g} | 11.28 ^a | 1.86 ^{b-d} | 4.38 ^{kl} | 41.70 ^{e-e} |
| | ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر 0.6T* half an hour passed | 6.47 ^b | 2.84 ^{ee} | 0.38 ^{b-f} | 9.31 ^b | 2.30 ^b | 4.37 ^{kl} | 39.88 ^d |
| | ۰/۶ تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 3.88 ^{d-h} | 1.89 ^{g-i} | 0.22 ^{f-j} | 5.77 ^{e-i} | 2.04 ^{bc} | 6.50 ^{g-i} | 27.29 ^{g-i} |
| | ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 3.04 ^h | 1.30 ^j | 0.22 ^{f-j} | 4.35 ⁱ | 2.34 ^b | 9.03 ^{c-e} | 13.68 ^k |
| | ۰/۳ تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 5.31 ^c | 2.72 ^{d-f} | 0.45 ^{b-d} | 8.03 ^{b-d} | 1.95 ^{bc} | 7.17 ^g | 29.37 ^{gh} |
| 30 | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 7.67 ^a | 3.78 ^b | 0.51 ^b | 11.45 ^a | 2.03 ^{bc} | 4.48 ^{jk} | 42.72 ^{cd} |
| | ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر 0.6T* half an hour passed | 3.32 ^{gh} | 4.76 ^a | 0.09 ^{ij} | 7.42 ^{c-e} | 0.71 ^f | 6.77 ^{gh} | 43.67 ^{bc} |
| | ۰/۶ تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 4.30 ^{c-g} | 2.13 ^{e-i} | 0.32 ^{c-h} | 6.43 ^{d-h} | 2.03 ^{bc} | 7.55 ^{fg} | 29.99 ^g |
| | ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 4.51 ^{c-f} | 2.20 ^{d-i} | 0.35 ^{b-g} | 6.71 ^{c-g} | 2.05 ^{bc} | 10.14 ^{bc} | 25.98 ^{hi} |
| | ۰/۳ تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 4.92 ^{cd} | 2.52 ^{d-g} | 0.41 ^{b-e} | 7.44 ^{cd} | 1.95 ^{bc} | 8.94 ^{de} | 36.16 ^{ef} |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. T* معادل تسلا است.

In each column, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$). *T is equivalent to Tesla.

ادامه جدول ۴.

Table 4. (continued).

| شوری Salinity (mM) | آب مغناطیسی Magnetic water | کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW) | کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW) | کاروتنوئید Carotenoid (mg/g FW) | کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g FW) | نسبت a/b کلروفیل Chlorophyll a/b | فنول کل Total phenol (mg/g FW) | فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%) |
|--------------------------|--|---|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 60 | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 6.57 ^{ab} | 1.77 ^{h-j} | 1.32 ^a | 7.35 ^{e-f} | 1.72 ^{cd} | 5.56 ^{ij} | 44.76 ^{a-c} |
| | ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر 0.6T* half an hour passed | 3.61 ^{f-h} | 1.99 ^{f-j} | 0.17 ^{h-j} | 5.61 ^{g-i} | 1.82 ^{b-d} | 8.43 ^{ef} | 44.23 ^{a-f} |
| | ۰/۶ تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 3.07 ^h | 1.66 ^{h-j} | 0.17 ^{h-j} | 4.73 ⁱ | 1.85 ^{b-d} | 9.72 ^{b-d} | 36.90 ^f |
| | ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 2.94 ^h | 2.88 ^{cd} | 0.49 ^{bc} | 5.39 ^{g-i} | 1.02 ^{ef} | 11.32 ^a | 41.63 ^{c-e} |
| | ۰/۳ تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 4.77 ^{c-e} | 3.56 ^{bc} | 0.23 ^{f-i} | 8.34 ^{bc} | 1.37 ^{de} | 10.30 ^{ab} | 46.89 ^{ab} |
| 90 | آب غیر مغناطیسی Non-magnetic water | 3 ^h | 0.45 ^k | 0.20 ^{g-j} | 4.78 ^{hi} | 14.61 ^a | 3.58 ^{kl} | 8.30 ^l |
| | ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر 0.6T half an hour passed | 3.73 ^{c-h} | 1.96 ^{g-j} | 0.24 ^{e-i} | 5.69 ^{f-i} | 1.90 ^{bc} | 3.36 ^l | 24.40 ^{ij} |
| | ۰/۶ تسلا یکبار گذر 0.6T once passed | 4.67 ^{c-f} | 2.35 ^{d-h} | 0.37 ^{b-g} | 7.03 ^{c-g} | 1.99 ^d | 7.30 ^g | 22.20 ^j |
| | ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر 0.3T half an hour passed | 2.81 ^h | 1.55 ^{gh} | 0.28 ^{d-h} | 4.34 ⁱ | 1.81 ^{b-d} | 8.78 ^{de} | 5.68 ^l |
| | ۰/۳ تسلا یکبار گذر 0.3T once passed | 2.99 ^h | 1.94 ^{g-j} | 0.05 ^j | 4.93 ^{hi} | 1.56 ^{c-d} | 5.74 ^{hi} | 7.10 ^l |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. T* معادل تسلا است.

In each column, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$). *T is equivalent to Tesla.

غیرمغناطیسی مشاهده شد که ۲۷۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و ۰/۳ تسلا یکبار گذر بود. دو شدت میدان ۰/۳ تسلا نیم ساعت و یکبار گذر در شوری ۳۰ میلی مولار و تمام شدت های آب مغناطیسی در شوری ۹۰ میلی مولار در کاهش آثار شوری بر کاروتنوئید مؤثر بودند. در شوری ۹۰ میلی مولار شدت ۰/۳ تسلا یکبار گذر در مقایسه با سه تیمار دیگر تأثیر مثبتی بر افزایش کاروتنوئید نداشت (جدول ۴). بیشترین مقدار کلروفیل کل در شوری ۳۰ میلی مولار و آب غیرمغناطیسی و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر بود. در شوری ۹۰ میلی مولار شدت میدان ۰/۶ تسلا یکبار گذر ۴۷ درصد کلروفیل کل را در مقایسه با شاهد همان سطح افزایش داد. تمام شدت ها در شوری ۹۰ میلی مولار توانستند آثار مخرب شوری بر کلروفیل کل را تعدیل کنند. همچنین شدت ۰/۶ تسلا یکبار گذر توانست کلروفیل کل را در مقایسه با تیمارهای ۰/۳ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر به ترتیب ۲۹ و ۳۸ درصد افزایش دهد (جدول ۴). بیشترین نسبت کلروفیل a/b در شوری ۹۰ میلی مولار و آب غیرمغناطیس حاصل شد که ۶۸۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت و کمترین نسبت آن در تیمار ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر و شوری ۳۰ میلی مولار حاصل شد. در شوری ۳۰ میلی مولار تمام شدت های آب مغناطیسی به جز ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر و در شوری ۶۰ میلی مولار تمام شدت های میدان به جز ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر در کاهش آثار شوری بر نسبت کلروفیل a/b موفق عمل کردند (جدول ۴). نتایج ضرایب همبستگی نشان داد رابطه مثبت و معنی داری بین کلروفیل a و b و کل وجود دارد. همچنین مشاهده شد بین کلروفیل a و کل با صفات رشدی شامل وزن تازه و خشک شاخساره و سطح برگ رابطه مثبت و معنی داری برقرار است، به طوری که با افزایش سطح برگ میزان سنتز کلروفیل افزایش یافته و در نتیجه میزان ماده خشک گیاه افزایش می یابد (جدول ۳).

رنگیزه های فتوسنتزی به عنوان یکی از فاکتورهای مهم حفظ

ظرفیت فتوسنتزی شناخته شده اند و تنش شوری سبب تغییر در میزان این مولکول ها در سلول های گیاهی می شود (۹). گزارش شده است افزایش ترکیبات فعال اکسیژن (ROS) در اثر تنش شوری سبب کاهش میزان کلروفیل ها در مریم گلی زراعی (S. officinalis L.) (۴۷) شد که هم راستا با نتایج این پژوهش است. در برخی از گیاهان افزایش شوری تا یک حد متعادل سبب افزایش سنتز کلروفیل و سبزتر شدن برگ می شود. در پژوهش های پیشین گزارش شد که کلروفیل برگ جعفری مکزیکی (Tagetes minuta L.) (۴۰) با اعمال تنش شوری ملایم افزایش یافت که با نتایج این پژوهش هم خوانی دارد. کاهش رنگدانه های فتوسنتزی در شوری های زیاد را می توان به کاهش فعالیت آنزیم های مؤثر در سنتز کلروفیل، اکسیداسیون نوری سریع تر کلروفیل نسبت به سنتز آن، تخریب رنگدانه های کمکی، تداخل نمک با سنتز کلروفیل و آثار آنتاگونیسمی یون سدیم بر جذب منیزیم نسبت داد (۹). در پژوهشی عکس العمل چند رقم برنج (Oryza sativa L.) تحت تنش شوری بررسی شد، نتایج نشان داد که سرعت تعرق و هدایت روزنه ای بیش از ۶۰ درصد بافت برگ آسیب دیده است (۷۶). همچنین گزارش شد که تحت غلظت های زیاد شوری، محتوای سبزینه برگ های پسته (Pistacia vera L.) کاهش می یابد و این کاهش ممکن است به علت تخریب لاملای کلروفیل برگ ها باشد (۷۱). نتایج این پژوهش گران با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. افزایش محتوای کلروفیل تحت تیمار آب مغناطیسی می تواند به دلیل اثر میدان مغناطیسی بر تغییرات کلیدی فرایندهای سلولی مانند رونویسی ژنی باشد که نقش مهمی در تغییر فرایندهای سلولی ایفا می کند (۱ و ۵۶). همچنین به سبب تغییر در آرایش مولکول های آب تحت میدان مغناطیسی جذب موادی مانند نیتروژن و منیزیم افزایش یافته و همچنین منجر به افزایش آنزیم و پلاستیدها می شود (۸ و ۶۶). به علاوه تحت تأثیر میدان مغناطیسی غلظت اسید جیبرلیک در گیاه افزایش می یابد که این خود دلیلی بر افزایش رنگیزه های فتوسنتزی است (۷۸). در بررسی اثر آب مغناطیسی بر رشد، عملکرد و برخی صفات

به ترتیب در عدم کاربرد آب مغناطیسی، آب مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر و آب مغناطیسی با شدت ۰/۳ تسلا یکبار گذر بود که تنها شدت میدان ۰/۳ تسلا تفاوت آماری با شاهد داشت و در مقایسه با شاهد ۱۲ درصد افزایش یافت. کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و به ترتیب در عدم کاربرد آب مغناطیسی، ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر و ۰/۳ تسلا یکبار گذر مشاهده شد. تیمار ۰/۶ تسلا نیم ساعت و یکبار گذر در شوری ۹۰ میلی مولار به ترتیب ۱۹۳ و ۱۶۷ درصد فعالیت آنتی اکسیدانی را نسبت به شاهد در همان سطح شوری افزایش داد. در بیشترین سطح شوری شدت میدان ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر در مقایسه با دو شدت ۰/۳ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر به ترتیب ۷۰ و ۷۶ درصد سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شد (جدول ۴). براساس نتایج ضرایب همبستگی، رابطه مثبت و معنی داری بین فعالیت آنتی اکسیدانی با صفات کلروفیل a، کلروفیل کل، زیست توده تازه و خشک شاخساره و سطح برگ مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج اثر شوری بر فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در پژوهش حاضر با نتایج باقری فرد (۱۲) در کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) و رئوفی و همکاران (۷۰) در پسته همخوانی دارد که اعلام کردند سنتز فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در شوری میانه افزایش می یابد. افزایش ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی تحت تنش شوری در پژوهش های گذشته گزارش شده است (۸۰). تجمع ترکیبات فنولی و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی تحت تنش شوری در مریم گلی ترکه ای نشان می دهد که این ترکیبات تحت تنش های محیطی تحریک می شوند. یکی از سازوکارهای دفاعی برای جمع آوری رادیکال های آزاد (ROS)، تولید ترکیبات فنولی و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی است که این موضوع سبب محافظت ساختمان سلولی از آسیب اکسیداتیو می شود (۴۹). گیاهان در شرایط تنش شوری در معرض گونه های فعال اکسیژن هستند که برای مقابله با این گونه های فعال دارای سیستم های دفاع آنزیمی همانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز هستند. اثر

بیوشیمیایی در گندم گزارش شد که آب مغناطیسی سبب افزایش کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها نسبت به تیمار شاهد شد. این پژوهش گران اثر تحریک کنندگی آب مغناطیسی بر صفات رشدی را به افزایش محتوای کلروفیل، محرک های داخلی (IAA) و افزایش پروتئین نسبت دادند (۳۷). گزارش هایی از بهبود محتوای کلروفیل تحت تیمار آب مغناطیسی در برگ ذرت و اسفناج (۱۹) و گندم (۷۷) موجود است که با نتایج به دست آمده در این پژوهش همخوانی دارد. همچنین در آزمایشی آثار کاربرد آب مغناطیسی بر کاهش تنش شوری در گیاه پنبه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد میدان مغناطیسی توزیع آب و نمک در خاک را تغییر داده، گنجایش نگهداری آب و شستشوی نمک در خاک را افزایش داده و سبب کاهش مقدار نمک در نیمرخ خاک می شود، و می تواند به بهبود محتوای کلروفیل کمک کند که در پی آن افزایش صفات رشدی را سبب می شود (۸۶).

فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر برهم کنش شوری آب و میدان مغناطیسی بر میزان فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱). براساس مقایسه میانگین ها، بیشترین میزان فنول کل در شوری ۶۰ میلی مولار و شدت ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر مشاهده شد که ۱۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین مقدار آن در شوری ۹۰ میلی مولار و شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر بدست آمد. شدت های ۰/۶ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر و ۰/۳ تسلا یکبار و نیم ساعت گذر به ترتیب ۷۲، ۵۴، ۱۰۴ و ۱۵۸ درصد در شوری ۳۰ میلی مولار و به ترتیب ۱۲۱، ۹۲، ۱۳۵ و ۱۵۸ درصد در شوری ۶۰ میلی مولار سبب افزایش فنول کل در مقایسه با شاهد همان سطح شد. در شوری ۹۰ میلی مولار شدت ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر در مقایسه با سه تیمار دیگر توانست به ترتیب ۶۱، ۱۶ و ۳۴ درصد فنول کل را افزایش دهد (جدول ۴). بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در شوری ۶۰ میلی مولار و

فرایند متابولیسم می تواند سبب بهبود فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی شود (۱۲). گزارش هایی از اثر آب مغناطیسی بر افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی در زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) (۶۱) و مورینگا (۳۲) موجود است که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. همچنین در آزمایشی مشاهده شد کاربرد آب مغناطیسی سبب افزایش صفات رشدی، فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در لوبیا شد (۶۴). این پژوهشگر اظهار کرد آب مغناطیسی می تواند سیستم های دفاعی آنتی اکسیدانی، فعالیت فتوسنتتیک و کارایی جابجایی فتوسیمیلیت ها را در گیاهان شبیه سازی کند و به همین دلیل یک فناوری مفید و امیدوارکننده ای در بهبود صفات رشدی و فیزیولوژیک گیاهان است (۶۴). در پژوهشی تأثیر آب مغناطیسی بر کاهش آثار شوری در فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی بر گیاه درمنه (*Artemisia vulgaris*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد میدان مغناطیسی نه تنها سبب افزایش فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در برگ شد بلکه تحمل آن را به تنش شوری از طریق افزایش پایداری و یکپارچگی غشاء سلولی افزایش داد (۱۱).

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر برهم کنش آب مغناطیسی و سطوح مختلف شوری بر برخی صفات رشدی و فیزیولوژیک مریم گلی ترکه ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد گیاه مریم گلی ترکه ای توانست شوری با غلظت های ۳۰ و ۶۰ میلی مولار را تحمل کند؛ اما در شوری ۹۰ میلی مولار به طور قابل توجهی آسیب دید. بنابراین، مریم گلی ترکه ای گیاهی با تحمل متوسط نسبت به شوری است. براساس یافته های این پژوهش، تنش شوری سبب کاهش صفات رشدی مریم گلی ترکه ای شد. کاربرد آب مغناطیسی در تعدیل آثار مخرب شوری مؤثر بود به طوری که در بیش ترین سطح شوری (۹۰ میلی مولار) اعمال آب مغناطیسی توانست آثار تنش را بر زیست توده خشک شاخساره، وزن ویژه برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فنول

تنش های محیطی بر گیاهان از طریق تغییر در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان گزارش شده است (۷۱). زمانی که غلظت نمک ها تا حد قابل تحمل گیاه افزایش یابد، پس از آن گیاه برای مقابله با ترکیبات اکسیداتیو از مکانیزم های دیگری استفاده می کند که همسو با ترکیبات فنولی عمل می کنند و این موضوع یکی از دلایل کاهش ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی در سطوح بالای شوری است. در سایر پژوهش ها بین فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی همبستگی مشاهده شد (۵۰ و ۸۰). در این آزمایش آب مغناطیسی سبب افزایش معنی دار فنول کل شد که با نتایج نیروپور دیزج (۶۴) در مرزه (*S. hortensis* L.) و حسن و همکاران (۳۲) در مورینگا (*Moringa oleifera* Lam.) هم خوانی داشت. میدان مغناطیسی به سبب افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلاز که یکی از آنزیم های اصلی در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنولی است، سبب افزایش فنول کل در گیاه می شود (۱۲). همچنین کاربرد آب مغناطیسی در نخود (*Cicer arietinum* L.) سبب افزایش ترکیبات فنولی شد که علت آن را تغییر در بارهای الکتریکی مولکول های آب در میدان های مغناطیسی و تشکیل مولکول های کوچک تر آب، افزایش قدرت حلالیت آب و کاهش درجه سختی آب دانستند (۲۸). میدان مغناطیسی سبب جذب آسان تر آب و مواد مغذی توسط ریشه گیاهان می شود (۱۵). بنابراین یکی از مکانیسم های تأثیر میدان مغناطیسی بر سیستم های زنده از طریق برهم کنش با مولکول ها یا عناصر دارای خاصیت مغناطیسی است که در این میان آهن عنصر مناسبی برای این برهم کنش ها است. با توجه به حضور آهن در ساختار آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز، یکی از مکانیزم های احتمالی تغییر فعالیت این آنزیم ها در پاسخ به میدان مغناطیسی، از طریق تأثیر بر آهن و تغییر ساختار فضایی آنزیم است (۱۶). شاید یکی از دلایل افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی توسط میدان مغناطیسی تأثیر میدان ها بر آب و جذب آسان تر مواد معدنی و تأثیر بر آنزیم های آنتی اکسیدانی باشد. همچنین فرضیه هایی موجود است که میدان مغناطیسی با تأثیر بر تبادل یون ها در غشاء و یا تأثیر بر آنزیم های دخیل در

شیمیایی آب طبیعی را تغییر داده و به بهبود قدرت پالایش و حلالیت آن کمک می‌کنند. بنابراین می‌توان به سادگی از آب-هایی با شوری زیاد که معمولاً مناسب نیستند، برای آبیاری کلیه گیاهان استفاده کرد. به‌علاوه آب مغناطیسی استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و گران‌قیمت را کاهش می‌دهد. شایان ذکر است که اثر میدان مغناطیسی بر آب به مدت ۲۴-۴۸ ساعت باقی می‌ماند. در آب راکد مدت اثر مغناطیسی حداکثر تا ۲ روز است؛ زیرا در حالت معمولی اکسیژن منفی از یک مولکول آب و هیدروژن مثبت از مولکول دیگر توسط پیوند هیدروژنی به هم متصل می‌شوند؛ اما با قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی مولکول‌های آب در واقع یک جهتی و فشرده شده و این حالتی ناپایدار است. به همین علت در صورت نگهداری آب کشاورزی در استخر، دستگاه مغناطیس‌کننده باید در خروجی آب استخر نصب شود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت کاربرد آب مغناطیسی اثر مفیدی بر صفات رشدی مریم-گلی ترکه‌ای دارد. در نتیجه با نصب تجهیزات آن بر روی لوله-های آب می‌توان از بهبود نسبی عملکرد به‌ویژه در شرایط تنش شوری استفاده کرد. اگرچه عمده آزمایش‌های تنش شوری به‌صورت گلدانی و در شرایط گلخانه انجام می‌شود، برای بررسی دقیق‌تر اثر فناوری آب مغناطیسی پیشنهاد می‌شود با انجام پژوهش‌های تکمیلی در سطح مزرعه و با دامنه وسیع‌تری از شدت‌های میدان مغناطیسی و در سال‌های مختلف، اهمیت این روش را برای افزایش تولید اقتصادی محصولات کشاورزی در شرایط آبیاری با آب‌های نامتعارف بررسی کرد.

کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش دهد. به‌علاوه کاربرد آب مغناطیسی در تعدیل آثار شوری در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار هم مؤثر بود و سبب کاهش آثار تنش بر صفات زیست‌توده تازه شاخساره، سطح برگ و نسبت کلروفیل a/b شد. اعمال آب مغناطیسی با دو شدت ۰/۶ و ۰/۳ تسلا نیم ساعت گذر نسبت به سایر شدت‌ها در کاهش آثار تنش شوری ۳۰ میلی‌مولار بر صفات رشدی مؤثرتر عمل کردند؛ اما با افزایش سطوح شوری تنها شدت ۰/۶ تسلا نیم ساعت گذر توانست آثار مخرب شوری را کاهش دهد. همچنین آب مغناطیسی با شدت‌های ۰/۳ تسلا نیم ساعت و یکبار گذر در سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار در کاهش آثار شوری بر محتوای کلروفیل، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثر بیش‌تری داشت. اما در شوری ۹۰ میلی‌مولار افزایش شدت میدان و مدت چرخش آب در معرض میدان مغناطیسی اثر بیش‌تری در تعدیل آثار تنش بر محتوای کلروفیل، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد. به‌طور کلی براساس نتایج، هر چه شدت و مدت مغناطیسی کردن آب شور آبیاری بیش‌تر شود، توانایی آب مغناطیسی در کاهش آثار مخرب شوری افزایش می‌یابد. به‌طور کلی کاربرد آب مغناطیسی سبب افزایش سرعت رشد گیاه و کاهش میزان آب مصرفی می‌شود که به بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی کمک می‌کند. لذا با انجام آزمایش‌های مشابه بر روی گیاهان مختلف می‌توان این روش را به کشاورزان معرفی کرد تا به کمک این فناوری به اقتصاد کشاورز و بهره‌وری آب در کشاورزی کمک کرد. همچنین سیستم‌های مغناطیسی ویژگی‌های فیزیکی و

منابع مورد استفاده

1. Abdul-Qados, A.M.S., Hozayn, M., 2010. Response of growth, yield, yield components and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water. *World Applied Sciences Journal* 8: 630-634.
2. Abou El-Yazied, A., El-Gizawy, A.M., Khalf, S.M., El-Satar, A., Shalaby, O.A., 2012. Effect of magnetic field treatments for seeds and irrigation water as well as N, P and K levels on productivity of tomato plants. *Journal of Applied Sciences Research* 8(4): 2088-2099.
3. Aghaei Joubani, K., Taei, N., Kanani, M.R., 2015. Effect of salt stress on some physiological and biochemical parameters of two *Salvia* species. *Journal of Plant Process and Function* 3(9): 85-96.
4. Ahmadi, M., 2015. Effect of Magnetized Saline Water on The Yield and Postharvest Quality of Leaves of *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni). MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5. Aladjadjian, A., 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central*

European Agriculture 8(3): 369–380.

6. Al-Khazan, M., Abdullatif, B.M., Al-Assaf, N., 2011. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. *African Journal of Environmental Science and Technology* 5: 722–731.
7. Alpsoy, H.C., Unal, H., 2019. Effect of stationary magnetic field on seed germination and crop yield in spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences* 72(5): 32–43.
8. Alzubaidy, N.A., 2014. Research article effect of magnetic treatment of seeds and irrigation water at different intensities in the growth and production of maize. *International Journal of Recent Scientific Research* 5(10): 1923–1925.
9. Amirjani, M.R., 2011. Comparative study of relative tolerance of chlorophyll biosynthesis and ETR of two wheat (*Triticum aestivum*) varieties in response to salt stress. *Journal of Cell and Tissue* 2: 57–67. (In Persian with English abstract)
10. Arzani, A., 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: A biotechnological view. *Journal in Vitro Cellular and Developmental Biolo-Plant* 44: 373–383. (In Persian with English abstract)
11. Azimian, F., Roshandel, P., 2015. Magnetic field effects on total phenolic content and antioxidant activity in *Artemisia sieberi* under salinity. *Indian Journal of Plant Physiology* 20(3): 264–270.
12. Bagherifard, A., 2013. Effect of Magnetic Saline Water on The Yield and Some Quality Parameters of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Leaves. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
13. Bahadori, M.B., Valizadeh, H., Asghari, B., Dinparast, L., Moridi Farimani, M., Bahadori, S., 2015. Chemical composition and antimicrobial, cytotoxicity, antioxidant and enzyme inhibitory activities of *Salvia spinosa* L. *Journal of Functional Foods* 18: 727–736.
14. Banaei, M.H., Moameni, A., Baybordi, M., Malakouti, M.J., 2004. Iran Soils: New Transformations in The Identification, Management and Operation. *Soil and Water Research Institute*. (In Persian)
15. Barefoot, R.R., Reich, C.S., 1992. The calcium factor: The scientific secret of health and youth. South eastern, PA: *Triad Marketing*, 5th Edition.
16. Batcioglu, K., Ozturk, K., Atalay, S., Dogan, D., Bayri, N., Demirtas, H., 2002., Investigation of time dependent magnetic field effects on superoxide dismutase and catalase activity. *Journal of Biological Physics and Chemistry* 2: 108–112.
17. Belyavskaya, N.A., 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research* 34: 1566–1574.
18. Ben Taarit, M., Msaada, K., Hosni, K., Marzouk, B., 2011. Physiological changes and essential oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) rosette leaves as affected by salinity. *Acta Physiologiae Plantarum* 33(1): 153–162.
19. Biketi, S., 2018. Investigation of The Effect of Long Term Exposure of Magnetic Field on The Elemental Composition and Chlorophyll Concentration in Spinach Beet (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*). PhD Thesis, Egerton University, Nairobi, Kenya.
20. Biyarsh, M., Raghmi, M., 2020. Effect of salinity stress on growth and photosynthetic traits of two hybrid and Iranian cultivars of *Spinacia oleracea*. *Journal of Plant Production Research (JOPPR)* 28(2): 131–146. (In Persian with English abstract)
21. Bogatin, J., 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. *Environmental Science Technology* 33: 1280–1285.
22. Duarte Diaz, C.E., Riquenes, J.A., Sotolongo, B., Portuondo, M.A., Quintana, E.Q., Perez, R., 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Horticulture Abstract* 69: 469–494.
23. El-Gindy, A.M., Arafa, Y.E., Abd El-Hady, M., Mansour, H.A., Abdelghany, A.E., 2018. Effect of drip irrigation system salinity and magnetic water treatment on turnip yield and yield characters. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development* 4(1): 89–96.
24. El-Kady, A.F., Borham, T.I., 2020. Sustainable cultivation under saline irrigation water: Alleviating salinity stress using different management treatments on *Terminalia arjuna* (Roxb.) Wight & Arn. *Agricultural Water Management* 229: 105902.
25. El-Kholy, M.F., Samia, S., Farag, A.A., 2015. Effect of magnetic water and different levels of NPK on growth, yield and fruit quality of williams banana plant. *Nature and Science* 13(7): 94–101.
26. Es-sbihi, F.Z., Hazzoumi, Z., Aasfar, A., Amrani Joutei, K., 2021. Improving salinity tolerance in *Salvia officinalis* L. by foliar application of salicylic acid. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 8(1): 1–12.
27. Faten, d., Al-Khayri, J.M., 2009. Magnetic fields induce changes in photosynthetic pigment content in Date Palm seedling. *The Open Agriculture Journal* 3: 1–5.
28. Fischer, G., Tausz, M., Köck, M., Grill, D., 2004. Effects of weak 162\over3 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society*,

- The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association* 25(8): 638–641.
29. Garriga, M., Munoz, C.A., Caligari, P.D., Retamales, J.B., 2015. Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae* 195: 37–47.
 30. Ghanbari, F., Amiri Nejad, S.A., Sayyari, M., Kardi, Q., 2017. Effect of salicylic acid on resistance to salinity and alkalinity of sweet pepper plant. *Journal Plant Research* 29(1): 130–141. (In Persian with English abstract)
 31. Gholizadeh, M., 2019. Process of chemical reaction in magnetized solvents. *USA Patent* 10 507 450. Date issued: 17 Dec.
 32. Hasan, M.M., Alharby, H.F., Hajar, A.S., Hakeem, K.R., Alzahrani, Y., 2018. Effects of magnetized water on phenolic compounds, lipid peroxidation and antioxidant activity of moringa species under drought stress. *Journal of Animal & Plant Sciences* 28(3): 803–810.
 33. Heidari, F., Jalilian, J., Gholinezhad, E., 2020. The roll of foliar application nano-fertilizers in modulating the negative effects of salt stress in quinoa. *Journal of Crops Improvement* 22(4): 587–600. (In Persian with English abstract).
 34. Heidary, Z., Asadi Gharneh, H.A., Razmjoo, J., 2020. Effect of different levels of salinity on morpho-physiological characteristics of wood sage (*Salvia nemorosa* L.). *Journal of Environmental Stresses in Crop Science* 13(3): 983–993. (In Persian with English abstract)
 35. Hilal, M.H., Hilal, M.M., 2000. Application of magnetic technologies in desert agriculture. I- Seed germination and seedling emergence of some crops in a saline calcareous soil. *Egyptian Journal of Soil Science* 40(3): 413–422.
 36. Hozayn, M., Abdel-Monem, A.A., Abdul Qados, A.M.S., 2011., Irrigation with magnetized water, a novel tool for improving crop production in Egypt. In: World Environmental and Water Resources Congress, American Society of Civil Engineers, California, USA, May 22–26.
 37. Hozayn, M., Abdul Qados, A.M., 2010. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(4): 677–682.
 38. Ibrahim, K.M., Collins, J.C., Collin, H.A., 1991. Effects of salinity on growth and ionic composition of *Coleus blumei* and *Salvia splendens*. *Journal of Horticultural Science* 66(2): 215–222.
 39. İnan, Y., Kurt-Celep, I., Akyüz, S., Barak, T.H., Celep, E., Yesilada, E., 2021. An investigation on the enzyme inhibitory activities, phenolic profile and antioxidant potentials of *Salvia virgata* Jacq. *South African Journal of Botany* 143: 350–358.
 40. Irji Marshak, M., Moghaddam, M., 2020. Physiological and biochemical response of *Tagetes minuta* to application of mycorrhizal fungi under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology* 15(60): 79–94. (In Persian with English abstract).
 41. Issa, F.H., Shanoon, R.W., El Kaaby, E.J., 2016. Effect of magnetized water with spraying (Amino Alexine) on growth and yield of (*Cucumis sativus* L.) growth in plastic house. *Journal of University of Duhok* 19(1): 418–424.
 42. Jahantigh, O., Najafi, F., Naghdi Badi, H., Khavari-Nejad, R.A., Sanjarian, F., 2016. Study of some physiological parameters hyssop (*Hyssopus officinalis*) in the vegetative stage under the influence of salinity. *Iranian Journal of Plant Biology* 8(27): 81–94. (In Persian with English abstract)
 43. Jamali, S., Ansari, H., Safarizadeh-Sani, A., 2020. Effects of different irrigation levels and magnetized water on growth and yield of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Water Research in Agriculture* 34: 433–447.
 44. Jamzad, Z., 2013. Flora of Iran. 76. Lamiaceae, Forest and Rangeland Research Institute, Tehran.
 45. Kafi, M. Koocheki, A., Rashed, M.H., Nassiri, M., 2006. Saffron (*Crocus sativus* L.), Production and Processing. Science Publishers, Boca Raton, USA.
 46. Kamal, M.Z.U., Yamaguchi, M., Kinose, Y., Izuta, T., 2019. Mitigation mechanism of ozone-induced reduction in net photosynthesis of Bangladeshi wheat under soil salinity stress. *Photosynthetica* 57: 1025–1034.
 47. Kashefi, B., Ghods, M., Moghaddam, M., 2015. Study of salicylic acid application on some morphological and physiological traits in clary sage under salinity stress. *Agriculture Crop Management (Journal of Agriculture)* 17(2): 431–440. (In Persian with English abstract)
 48. Kenya, A.D., Parsons, S.A., 2005. A spectrophotometer- based study of magnetic water: Assessment of ionic vs. surface mechanisms. *Water Research* 40: 517–524.
 49. Khan, T.A., Mazid, M., Mohammad, F., 2011. Status of secondary plant products under abiotic stress: an overview. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 7(2): 75–98.
 50. Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C., 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant Physiology and Biochemistry* 45(3–4): 244–249.
 51. Lichthentaler, H.K., 1987. Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes. In: Colowick, SP., Kaplan, N.O. (Eds.), *Methods in Enzymology*, Vol. 148, Academic Press, pp. 350–382.

52. Ljubojević, M., Ognjanov, V., Maksimović, I., Čukanović, J., Dulić, J., Szabò, Z., Szabò, E., 2017. Effects of hydrogel on growth and visual damage of ornamental *Salvia* species exposed to salinity. *CLEAN–Soil, Air, Water*. 45(2): 1600128.
53. Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., 2017. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulture* 30(2): 1–13.
54. Mahmoud, M.H., Salim, M.A., El-Monem, A., Amany, A., El-Mahdy, A.A., 2019. Effect of magnetic brackish-water treatments on morphology, anatomy and yield productivity of wheat (*Triticum Aestivum*). *Alexandria Science Exchange Journal* 40: 604–617.
55. Mehdizadeh, L., Moghaddam, M., Lakzian, A., 2020. Amelioration of soil properties, growth and leaf mineral elements of summer savory under salt stress and biochar application in alkaline soil. *Scientia Horticulturae* 267: 109319.
56. Metanat, M., Banejad, H., Gholizadeh, M., Goldani, M., 2021. Investigation on the effect of duration of irrigation water in magnetic field on quantitative and qualitative indices of radish plant. *Journal of Water Research in Agriculture* 34(4): 615–623. (In Persian with English abstract)
57. Metanat, M., Banejad, H., Goldani, M., Gholizadeh, M., 2020. The effect of magnetized water and priming on radish germination indices to improve water productivity. *Journal of Water Management in Agriculture* 7(1): 109–120. (In Persian with English abstract)
58. Mohamed, A.I., 2013. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. *International Journal of Research in Chemistry and Environment* 3(2): 140–147.
59. Mohammadi, R., Roshandel, P., 2020. Alteration of growth, phenolic content, antioxidant enzymes and capacity by magnetic field in *Hyssopus officinalis* under water deficit. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 7(2): 153–163.
60. Mohammadian, M., Fatahi, R.A., Nouri Emamzadei, M.R., 2016. Investigation the effect of magnetic salt water on yield and yield components of green pepper. *Irrigation Sciences and Engineering* 39(1): 121–130. (In Persian with English abstract)
61. Moon, J.H., Terao, J., 1998. Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(12): 5062–5065.
62. Moradbeygi, H., Jamei, R., Heidari, R., Darvishzadeh, R., 2020. Investigating the enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense by applying iron oxide nanoparticles in *Dracocephalum moldavica* L. plant under salinity stress. *Scientia Horticulturae* 272: 109537.
63. Moradi, H., Azizi, M., Rowshan, V., Arouiee, H., 2018. Evaluation of cardinal temperatures for seed germination of *Nepeta glomerulosa* Boiss., a native medicinal plant of Iran. *Journal of Horticulture Science*. 32(1): 1–11. (In Persian with English abstract)
64. Moussa, H.R., 2011. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Science Journal* 4(6): 15–20.
65. Nayyerpour-dizaj, A., 2017. The Effect of Magnetic Water on Some Morphological and Biochemical Characteristics and Yield of Essential Oil of Savory (*Satureja hortensis* L.). MSc Thesis, University of Tabriz Faculty of Agriculture Department of Horticultural Science, Tabriz, Iran.
66. Nikbakht, J., Khandeh Rouyan, M., Tavakkoli, A., Taheri, M., 2014. Effect of deficit irrigation with magnetized ater on yield and water productivity of maize. *Journal of Water Research in Agriculture* 27(4): 551–563. (In Persian with English abstract)
67. Ors, S., Suarez, D.L., 2016. Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. *Horticulture Science* 43: 33–41.
68. Osman, M.S., Badawy, A.A., Osman, A.I., Abdel Latef, A.A.H., 2021. Ameliorative impact of an extract of the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* on growth and biochemical parameters of soybean under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 40: 1245–1256.
69. Osmanpour, S., Mozafari, M.M., Ghaderi, N., 2021. Effect of silica nanoparticles and jasmonic acid on some physiological characteristics of strawberry under salinity stress. *Journal of Soil and Plant Interactions* 11(4): 51–64. (In Persian with English abstract)
70. Pederson, J.A., 2000. Distribution and taxonomic implications of some phenolics in the family Lamiaceae determined by ESR spectroscopy. *Biochemical Systematics and Ecology* 28: 229–253.
71. Raoufi, A., Rahemi, M., Salehi, H., Javanshah, A., 2020. Selecting high performance rootstocks for pistachio cultivars under salinity stress based on their morpho-physiological characteristics. *International Journal of Fruit Science* 20(sup2): S29–S47.
72. Ruiz Juan, M., Bretones, G., Baghour, M., 1998. Relationship between boron and phenolic metabolism in tobacco leaves. *Phytochemistry* 48(2): 269–272.
73. Safana, H.S., 2017. Effect of magnetized water and spraying of IBA on the growth and flowering of *Calendula*

officinalis L. *Kufa Journal for Agricultural Science* 9(1): 87–103.

74. Safarizadehsani, A., Banejad, H., Jamali, S., 2021. The effects of irrigation with magnetized water on growth and yield properties of Marigold under different soil textures. *Iranian Water Research Journal* 15: 75–85.

75. Saliha, B.B., 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. muscat. Tamil Nadu Agricultural University. Project Completion Project.

76. Sangatoel, w., Jomchai, N., Ruang, P., Shearman, J., Sonthirod, R., 2014. Salt tolerance and salinity effects on plant. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324–346.

77. Selim, D.A.F.H., Nassar, R.M.A., Boghdady, M.S., Bonfill, M., 2019. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 135: 480–488.

78. Selim Dalia, A.H., 2013. Physiological Response of Wheat Plants to Magnetic Technologies Under Salt Stress Conditions. PhD Thesis, Minufiya University, Faculty of Agriculture, Egypt.

79. Serivastava, S.C., Lal, P.B.B., Sharma, B.N., 1976. Application of solar energy in conjunction with magnetized water to boost food output. In: *National Solar Energy Convention, Calcutta, India Proceedings* pp: 248–250.

80. Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144–158.

81. Sonar, B.A., Nivas, D., Gaikwad, D.K., Chavan, P.D., 2011. Assessment of salinity-induced antioxidative defense system in *Colubrina asiatica* Brongn. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 7(3): 193–200.

82. Sudayizadeh, H., Tajamolian, M., Rafii al-Husseini, M., 2017. The effect of combining saline and fresh water on some morphological characteristics of safflower (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Crops and Environmental Stresses* 1: 55–65. (In Persian with English abstract)

83. Sultana, N., Ikeda, T., Itoh, R., 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany* 42(3): 211–220.

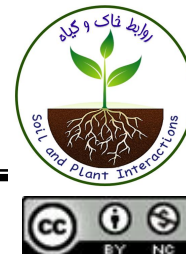
84. Vafadar, M., Ghaderi Habib, Z., Vatankhah, E., 2018. Effect of salt stress on some physiological and biochemical aspects of Henbane (*Hyoscyamus reticulatus* L.). *Journal of Plant Processing and Function* 7(26): 85–100. (In Persian with English abstract)

85. Tao, R., Ding, J., Li, C., Zhu, X., Guo, W., Zhu, M., 2021. Evaluating and screening of agro-physiological indices for salinity stress tolerance in wheat at the seedling stage. *Frontiers in Plant Science* 12: 529.

86. Valifard, M., Mohsenzadeh, S., Kholdebarin, B., Rowshan, V., 2014. Effects of salt stress on volatile compounds, total phenolic content and antioxidant activities of *Salvia mirzayanii*. *South African Journal of Botany* 93: 92–97.

87. Yusuf, K.O., Sakariyah, S.A., Baiyeri, M.R., 2019. Influence of magnetized water and seed on yield and uptake of heavy metals of tomato. *Notulae Scientia Biologicae* 11(1): 122–129.

88. Zhou, B., Yang, L., Chen, X., Ye, S., Peng, Y., Liang, C., 2021. Effect of magnetic water irrigation on the improvement of salinized soil and cotton growth in Xinjiang. *Agricultural Water Management* 248: 106784.



The Effect of Magnetization of Saline Water on Shoot Biomass, Chlorophyll Content, Total Phenol and Antioxidant Activity in Meadow Sage (*Salvia virgata* Jacq.)

M. Khosrojerdi¹ and M. Moghaddam*

(Received: 28 May 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

In order to investigate the effect of magnetized saline water on Meadow sage, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was conducted in greenhouse conditions in 2021 at the Ferdowsi University of Mashhad. Based on the findings, the salinity (0, 30, and 90 mM of sodium chloride, respectively equivalent to electrical conductivity values of 0, 2.5, 5.25, and 7.88 dS/m) caused a decrease in leaf area, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, chlorophyll content and increased specific leaf weight, total phenol, and antioxidant activity. The application of magnetic water (non-magnetic water, 0.6 Tesla half an hour, 0.6 Tesla once, 0.3 Tesla half an hour, and 0.3 Tesla once) reduced the effects of salinity stress on the studied traits. In general, the use of magnetic water increased the fresh weight of the shoot by 34%, the dry weight of the shoot by 45%, the leaf area by 20%, chlorophyll b by 20%, chlorophyll a by 55%, total chlorophyll by 47%, total phenolics by 158%, and antioxidant activity by 12%. According to the obtained results, as the intensity and duration of saltwater magnetization increase, the ability of magnetized water to reduce the destructive effects of salinity increases. The results showed that at high salinity levels, the field intensity of 0.6 Tesla half an hour increases the plant's tolerance to salinity stress. Saltwater magnetization technology might be a promising technique in agriculture, which, of course, needs more extensive studies.

Keywords: Antioxidant activity, Leaf area, Magnetic field, Specific leaf weight.

Background and Objective: Plants may experience various stresses during their growth and development. Among these, salinity stress is one of the most important factors limiting plant growth. Salinity affects plant growth due to increased soil osmotic pressure and nutritional disorders and reduces plants' ability to access water (2). Due to the negative effects of salinity stress on plants, different solutions such as maintaining the quantity and quality of irrigation water have been proposed. One of the new methods for improving the irrigation efficiency is the passage of irrigation water through a magnetic field. By crossing water through a magnetic field, its physical and chemical properties might be improved (1). This study aimed to investigate the effect of magnetic saline water on the growth and physiological traits of *Salvia virgata*.

1- Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

* Corresponding author, Email: m.moghaddam@um.ac.ir

Methods: This study was conducted in 2021 in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad as a factorial in a completely randomized design with three replications. Experimental treatments included magnetic water intensities at five levels (non-magnetic water, 0.6 Tesla half an hour, 0.6 Tesla once passed, 0.3 Tesla half an hour, and 0.3 Tesla once passed) and four salinity levels (0, 30, 60, and 90 mM NaCl). In early February, seedlings were planted in a tray with cocopeat and perlite (1:2 volumetric ratio). Then four seedlings were transferred to each pot in the four-leaf stage. Salinity and magnetic water treatments were done in such a way that the water content of the pot reaches the container capacity. After 40 days of applying the treatments, the traits were measured. The studied traits included: leaf area per plant, leaf specific weight, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, chlorophyll content, antioxidant activity, and total phenol.

Results: The mean comparison results showed that with the increase in salinity, the biomass of shoot and leaf surface decreased and the use of magnetic water improved the traits. In addition, salinity affected the content of chlorophyll, total phenol, and antioxidant activity. The use of magnetic water improved growth traits in *Salvia virgata* under NaCl stress. Based on the findings, the magnetic water reduced the destructive effects of salinity on the studied traits. The application of magnetic water with two intensities of 0.6 and 0.3 Tesla for half an hour was more effective than other intensities in reducing the stress effects on the growth traits in all three salinity levels. Also, magnetic water with an intensity of 0.3 Tesla for half an hour and one pass at salinity levels of 30 and 60 mM had a greater influence in reducing the effects of salinity on the chlorophyll content, total phenol, and antioxidant activity. In general, the greater the intensity and duration of magnetization of saline irrigation water, the greater was the ability of magnetic water to reduce the destructive effects of salinity stress.

Conclusions: Based on the results, the positive effect of magnetic water under salinity stress on improving developmental and physiological traits of *Salvia virgata* Jacq. was observed in this study. Negative effects of salinity on plant growth and physiological characteristics were also observed. The application of magnetic water had different effects on the studied traits. In most cases, intensities of 0.6 and 0.3 Tesla half an hour later were the most effective intensities to reduce the negative effects of salinity stress on sage. In addition, magnetic water helped plants resist salinity stress and reduce the harmful effects of salinity. It is concluded that the use of magnetic water can reduce the harmful effects of salinity and also improve the yield of *Salvia virgata* by improving growth traits.

References:

1. Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., 2017. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulture* 30(2): 1–13.
2. Mohammadian, M., Fatahi, R.A., Nouri Emamzadei, M.R., 2016. Investigation the effect of magnetic salt water on yield and yield components of green pepper. *Irrigation Sciences and Engineering* 39(1): 121–130. (In Persian with English abstract)