مقاله پژوهشی

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهچه خار مریم (*Silibum marianum* L.) در شرایط تنش شوری

تارا قرائتی[۱]، حلیمه حسن‌پور[۲*]،ملک حکمتی خطبه‌سرا[۳] و فاطمه موسوی[۲]

[۱] گروه فیتوشیمی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،[۲] پژوهشگاه هوا فضا، وزارت علوم و تحقیقات، تهران، [۳] گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸)

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی بوده و اثرات محدودکننده‌ای بر رشد و نمو گیاهان دارد. میدان مغناطیسی می‌تواند با القای فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه، اثرات منفی تنش‌های محیطی را تعدیل نمایند. در پژوهش حاضر تأثیر میدان مغناطیسی ایستا (صفر و ٤ میلی‌تسلا) بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی خارمریم (*Silibum marianum* L.) تحت تنش شوری با غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید منجر به کاهش وزن تر (٦۵٪) و خشک (۲۷/۷۷٪)، سطح برگی (۲۹/۸۲٪) و طول ریشه (۸/۳۰٪) نسبت به تیمار شاهد شد. کمترین محتوای IC_{50} (۲۲/۳۲٪) نیز در غلظت ۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و میدان مغناطیسی ٤ میلی‌تسلا مشاهده شد. همچنین، افزایش معنی‌داری نیز در محتوای پرولین (٦۸/٤۲٪)، مالون دی‌آلدهید (٦۲/۸۳٪)، هیدروژن پراکسید (۵۵/۵۳٪)، فنل (۳۲/۷۸٪) و فلاونوئید کل (۱٦/۵٦٪) به‌ویژه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نسبت به شاهد مشاهده شد. میدان مغناطیسی با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پرولین، محتوای فنل و فلاونوئید کل منجر به کاهش اثرات منفی شوری روی شاخص‌های رشد گیاهچه‌های خارمریم شد. تیمار ٤ میلی‌تسلا همچنین منجر به کاهش ۲۸/۳ و ۳۵/٤٪ سطح هیدروژن پراکسید و مالون دی‌آلدهید در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار شد. به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار میدان مغناطیسی می‌تواند با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، اثرات مخرب شوری به‌ویژه در غلظت ۵۰ میلی‌مولار را در گیاه خارمریم تعدیل نماید.

کلمات کلیدی: پرولین، رشد، میدان مغناطیسی ایستا، فلاونوئید، فنل

مقدمه

تنش شوری پس از خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی مطرح است که موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده و حدود ۲۰٪ از اراضی کشور ایران و ۱۱ درصد از اراضی فاریاب دنیا را تحت تأثیر قرار داده است (Banaei *et al.*, 2004; FAO, 2012).

فرآیندهای مهم و حیاتی در گیاهان مانند رشد، فتوسنتز، جذب مواد معدنی، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی‌ها تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند (Parida and Das, 2005). غلظت بالای نمک می‌تواند منجر به تشکیل گونه‌های واکنشگر

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hassanpour@ari.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

اکسیژن (ROS) مانند سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و غیره درون سلول‌های گیاهی گردد که تجمع بیش از حد آنها موجب آسیب به پروتئین‌ها، لیپیدها و پروتئین‌های غشای سلول می‌شود. نخستین سد دفاعی گیاهان برای مقابله با گونه‌های اکسیژن فعال یا واکنشگر، سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز) و غیرآنزیمی (فنل‌ها، فلاونوئیدها، توکوفرول‌ها) است (Perez-Lopez *et al*., 2009; Gill and Tuteja, 2010; Talbi *et al*., 2015).

میدان‌های مغناطیسی یکی از فاکتورهای فیزیکی است که می‌تواند روی رشد و نمو موجودات زنده تأثیر داشته باشد. میدان‌های مغناطیسی با افزایش فعالیت رادیکال‌های آزاد، تغییر جریانات یونی غشای پلاسمایی و فرآیندهای نقل و انتقال یون‌ها روی ارگانیسم‌های زنده تأثیر دارند (Celik *et al*., 2009). اثرات میدان مغناطیسی بستگی به شدت و فرکانس میدان، مدت زمان تیماردهی، نوع موجود زنده و سایر عوامل دارد (Piacentini *et al*., 2001). اخیراً از فاکتورهای فیزیکی نظیر میدان مغناطیسی و امواج اولتراسونیک برای افزایش رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان استفاده می‌شود (Aladjadjiyan, 2010). میدان مغناطیسی سبب افزایش معنی‌دار طول ریشه اصلی و فرعی و محتوای پروتئین در گیاه ذرت (Subber *et al*., 2012)، رشد هیپوکوتیل و ریشه در گیاه نخود (Podlesny *et al*., 2005)، تجمع محتوای رنگیزه و جذب مواد غذایی در گیاه پنبه (Bilalis *et al*., 2013) و القای تولید رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو در گیاه سویا (Shine *et al*., 2012) شد. هر چند تاکنون مطالعاتی در رابطه با تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر رشد و نمو گیاهان صورت گرفته است، ولی فرایندهای بیوشیمیایی دخیل بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه هنوز به‌طور کامل درک نشده است (Harris *et al*., 2009).

خارمریم (*Silibum marianum* L.) گیاهی است دارویی، از تیره کاسنیان و در اصل بومی آسیا و جنوب اروپا است (Sewell and Rafieian-Kopaei, 2014). محدوده پراکنش این گیاه در ایران از مناطق شمالی کشور از جمله گنبد کاووس، گرگان، کلاردشت تا مناطق جنوبی اهواز، شوش، حمیدیه، رامهرمرز و غیره را شامل می‌شود (قهرمان، ۱۳٦۲). تاریخچه درمانی این گیاه به حدود ۲۰۰۰ سال قبل باز می‌گردد و به‌عنوان یک داروی ضدویروس برای درمان زردی و بزرگی کبد و طحال به‌کار می‌رود. خواص دارویی گیاه به‌دلیل حضور ترکیبات فلاونوئیدی از جمله سیلی مارین بوده که دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است و در پیشگیری و درمان اختلالات کبدی نقش مهمی دارد (Burgess, 2003; Gupta *et al*., 2000; Amirghofran, 2000). در ارتباط با تأثیر میدان مغناطیسی و شوری بر گیاه خارمریم تاکنون چندین مطالعه صورت گرفته است. شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه خارمریم از جمله درصد و نسبت جوانه‌زنی تحت تنش شوری ۷/۵ زیمنس بر متر به‌ترتیب ۱٦/٤۹ و ۲٦/۲۲ کاهش را نسبت به شاهد نشان داد (Sedghi and Nemati, 2010). همچنین شوری منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و کاهش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در گیاه خارمریم شد (Ekmekci and Karaman, 2012). میدان مغناطیسی در شدت ۲/۲ گوس، افزایش ۱۰٪ نرخ جوانه‌زنی بذر گیاه خارمریم را نشان داد (Florina *et al*., 2015). جوانه‌زنی بذرهای کلزا نیز تحت میدان مغناطیسی ۱ میلی‌تسلا برای زمان یک ساعت افزایش یافت (Shabrangi and Majd, 2009). همچنین، اثر متقابل شوری و میدان مغناطیسی در گیاه گندم نشان داد که میدان مغناطیسی با شدت ٤/۸ میلی‌تسلا و زمان حدود ۲۰ ثانیه، سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز و درنهایت تعدیل اثرات مخرب شوری بر فرآیندهای رشد و محتوای رنگیزه شد (Sen and Alikamanoglu, 2016). در ارتباط با تأثیر میدان مغناطیسی و اثر متقابل آن با شوری بر خواص آنتی‌اکسیدانی گیاه خارمریم تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است، بنابراین هدف از پژوهش حاضر مطالعه بررسی اثر پیش‌تیمار میدان مغناطیسی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای فنلی و فلاونوئیدی این گونه دارویی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

مهم تحت تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

کشت بذرها و اعمال میدان مغناطیسی: این پژوهش به‌صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. بذرهای گیاه خارمریم از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. تعداد ۳۰۰ عدد بذر با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ ضدعفونی شدند و در پتری‌دیش حاوی کاغذ صافی و آب‌مقطر استریل قرار گرفته و به اتاق کشت منتقل شدند. بذرها پس از یک هفته جوانه زده و گیاهچه‌ها تحت تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی با شدت صفر و ٤ میلی‌تسلا برای مدت یک ساعت قرار گرفتند. برای دست‌یابی به بهینه شدت میدان مغناطیسی از نظر رشد، گیاهچه‌ها در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی (صفر، ۲، ٤ و ٦ میلی‌تسلا) برای یک ساعت قرار گرفتند و بهینه رشد در تیمار ٤ میلی‌تسلا به‌دست آمد. شدت میدان مغناطیسی موردنظر با استفاده از یک منبع تغذیه DC و سیم مسی به قطر یک میلی‌متر که به دور سیم لوله‌ای به قطر ۱۲ سانتی‌متر پیچیده شده بود اعمال گردید. گیاهچه‌ها به گلدان‌های حاوی پرلیت به اتاق کشت (شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۵۰ تا ٦۰ درصد و شدت نوری ۳۳۰۰ لوکس) منتقل شدند. گلدان‌ها هفته‌ای یک‌بار با محیط ۱/۲ هوگلند حاوی غلظت‌های مختلف شوری صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl آبیاری شدند و پس از گذشت ٤ هفته گیاهچه‌های دارای ۵ تا ٦ برگ جهت انجام سنجش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جمع‌آوری شدند.

ارزیابی رشد و سطح برگ گیاه: بدین منظور وزن تر (FW) گیاهچه‌های هر تیمار پس از برداشت اندازه‌گیری شد. سپس گیاهچه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک (DW) آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور سنجش سطح برگی، برگ گیاهچه‌های هر تیمار به‌طور جداگانه اسکن شده و سپس به کمک نرم‌افزار Image J سطح برگ اندازه‌گیری گردید.

پرولین: سطح پرولین آزاد سلولی با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) تعیین شد. ۱ گرم بافت تر برگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی سولفوسالیسیلیک اسید (۳٪) هموژن شدند. ۱ میلی‌لیتر از محلول روشناور به‌همراه ۱ میلی‌لیتر آب‌مقطر در لوله آزمایش ریخته، سپس به هر کدام ۲ میلی‌لیتر محلول نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال اضافه گردید. لوله‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام آب‌جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده، پس از طی این زمان بلافاصله در حمام یخ سرد شده و پس از رسیدن به دمای محیط به هر لوله ۲ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شده و به‌مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه ورتکس شدند. محلول رنگی وارد فاز فوقانی تولوئن شد. فاز فوقانی جدا شده و جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل UV-160 در مد Quantitative و طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

هیدروژن پراکسید (H_2O_2): ۱ گرم بافت تر برگ در حمام یخ با ۵ میلی‌لیتر Trichloroacetic acid (TCA) ۰/۱٪ (W/V) هموژنیزه شده، سپس با سرعت ۱۲۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول روشناور به ۰/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات (۱۰ میلی‌مولار با pH=۷) و ۱ میلی‌لیتر پتاسیم یدید ۱ مولار اضافه و بعد جذب آن در ۳۹۰ نانومتر با استفاده از منحنی استانداردی که با استفاده از هیدروژن پراکسید رسم شده بود، خوانده شد (Loreto and Velikova, 2001).

پراکسیداسیون لیپیدها: سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدها براساس روش Heath و Packer (۱۹٦۸) و بررسی محتوای مالون دی‌آلدهید (MDA) انجام شد. بدین منظور به ۱ میلی‌لیتر از محلول روشناور حاصل از سانتریفوژ ۲ میلی‌لیتر محلول تری‌کلرو استیک اسید ۲۰٪ حاوی ۰/۵٪ Thiobarbituric acid (TBA) اضافه گردید. مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب‌گرم (دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد، بعد از این مدت لوله‌های آزمایش به سرعت سرد شده و بعد از این مراحل ۱/۵ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل برای بار دیگر و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط و با سرعت ۱۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ گردید. جذب محلول رویی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

حاصل از سانتریفیوژ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل UV-160 و مد Photometric و طول‌موج‌های ۵۳۲ و ٦۰۰ نانومتر خوانده شد.

مهار رادیکال‌های آزاد: ارزیابی فعالیت مهار رادیکال آزاد با ۲، ۲- دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) صورت گرفت. برای این منظور، محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف (صفر، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) از عصاره متانولی و نیز آسکوربیک اسید به‌عنوان استاندارد در حلال متانول آماده شدند. ۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی DPPH با غلظت ۱ میلی‌مولار معادل با ۰/۳۹٤ میلی‌گرم) به ۳ میلی‌لیتر از عصاره افزوده و مخلوط حاصله به شدت همزده شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس جذب در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درنهایت درصد مهار رادیکال‌های DPPH توسط عصاره با فرمول زیر محاسبه گردید.

درصد مهار رادیکال آزاد = (Ac-As) / Ac × 100

در این رابطه Ac و As به‌ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه هستند (Shimada *et al.*, 1992). میزان IC_{50} به‌عنوان ۵۰٪ بازدارندگی محلول DPPH با استفاده از روش Von Sontag و همکاران (۱۹۸۰) تعیین شد (Von Sontag *et al.*, 1980).

فنل کل: برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم (۲٪)، ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالچو (۵۰٪) اضافه شد. بعد از گذشت نیم ساعت جذب آنها در طول‌موج ۷۲۰ نانومتر نسبت به شاهد ثبت گردید. گالیک اسید به‌عنوان استاندارد برای رسم منحنی استاندارد به‌کار رفت. محتوای فنل کل عصاره‌ها براساس میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Conde *et al.*, 1995).

فلاوونوئید کل: میزان فلاوونوئید کل به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید با استفاده از روتین به‌عنوان استاندارد تعیین شد. ابتدا محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۱ و ۰/۲ از محلول روتین در متانول تهیه و منحنی استاندارد مربوطه رسم گردید. سپس یک میلی‌لیتر از محلول عصاره با دو میلی‌لیتر از محلول آلومینیوم کلراید ۲٪، شش میلی‌لیتر استات سدیم ۵٪، و یک میلی‌لیتر حلال استخراج مخلوط شد. پس از مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای اتاق، جذب مخلوط حاصل در طول‌موج ٤۱۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت فلاونوئیدها بر حسب میلی‌گرم روتین در گرم وزن خشک گزارش شد (Chang *et al.*, 2002).

پردازش اطلاعات به‌وسیله نرم‌افزار آماری SPSS 18.0 و آنالیز واریانس دو عاملی در سطح معنی‌داری $P\leq$۰/۰۵ صورت گرفت و اختلاف آماری میانگین‌ها در طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار برای هر تیمار محاسبه گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس رشد گیاهچه‌های خارمریم نشان داد که اثر اصلی شوری و میدان مغناطیسی در سطح یک درصد بر شاخص وزن تر معنی‌دار است، در حالی که اثر متقابل شوری و میدان مغناطیسی معنی‌دار نیست. در ارتباط با وزن خشک، تنش شوری در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های وزن تر گیاهچه‌های خارمریم چهار هفته‌ای پس از اعمال تیمارهای میدان مغناطیسی و شوری، تغییرات معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. شوری در غلظت ۵۰ میلی‌مولار منجر به افزایش جزئی (غیرمعنی‌دار) وزن تر شد، ولی در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار منجر به کاهش معنی‌دار رشد نسبت به نمونه شاهد شد. پیش‌تیمار میدان مغناطیسی (در شدت ٤ میلی‌تسلا) سبب افزایش وزن تر و خشک در نمونه‌های شاهد و تیمارهای تحت شوری شد (جدول ۲). کاهش رشد تحت تنش شوری در گیاهان زیادی از جمله گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata*) (صفری محمدیه و همکاران، ۱۳۹٤)، بابونه شیرازی (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۱)، سیاه دانه (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۹) و ذرت علوفه‌ای (نجفی و سرهنگ‌زاده، ۱۳۹۱) گزارش شده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های وزن تر، وزن خشک، طول ریشه و سطح برگ گیاهچه‌های خارمریم تحت تنش شوری و میدان مغناطیسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر	وزن خشک	طول ریشه	سطح برگ
شوری	۲	۳/۸۱**	۰/۳۰*	۰/٤٥	٤٥/۱٥**
میدان مغناطیسی	۱	٥/٦۱**	۰/۲٦	٤/۲۱*	۸۲/٦۱**
شوری × میدان مغناطیسی	۲	۱/٦۹*	۰/۸٤^{ns}	۰/۱٦^{ns}	۰/۸۸^{ns}
خطا	۱۲	۰/٥۳	۰/۱۲	۱/۰٥	٤/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		٤/۳٤	۰/٤۲	٤/۲۳	۱۳/٤۱

*****، ** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰٥ و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.**

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های پرولین، فنل، فلاونوئید، IC50، MDA و H_2O_2 گیاهچه‌های خارمریم تحت تنش شوری و میدان مغناطیسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پرولین	فنل	فلاونوئید	IC50	MDA	H_2O_2
شوری	۲	۲/٦***	۱۰۳٥/٥۹^{ns}	۱/٤٤^{ns}	۲٥/٤۰***	٤٦/۳٥***	۲۳/۳٦***
میدان مغناطیسی	۱	۰/۹۹**	۱۱۸۱/٤۳^{ns}	۰/۹*	۲۳/٥٦***	۲۸/۱۲***	۱۳/٦٥**
شوری × میدان مغناطیسی	۲	۰/۰۳٥^{ns}	۲٤٦٥/۲٥*	۰/٤۲^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۳/۸۸^{ns}	۰/٤۲^{ns}
خطا	۱۲	۰/۰۹۱	۱۰٤/۱۲	۰/۰۰۱	۰/٦۳۲	۰/۹۸۲	۱/٥۰
ضریب تغییرات (٪)		۲/۲۰	۳۲/٦٥	۰/۱۲	۱۸/۱۹	۹/۹۰	۸/۹۱

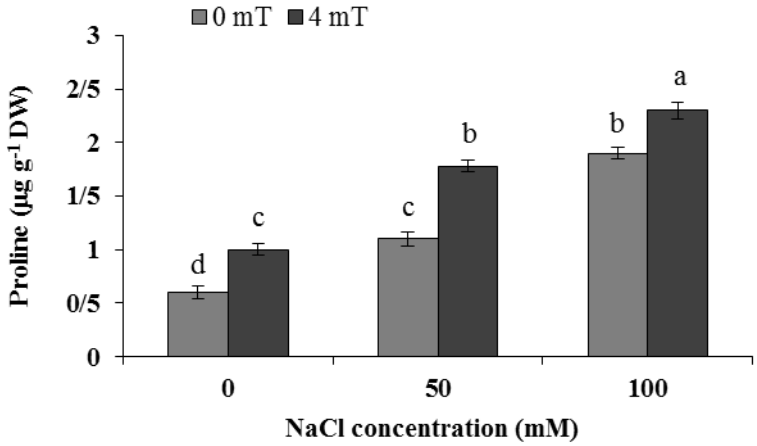
*****، ** و * به¬ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰٥ و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.**

است. کاهش رشد می‌تواند در ارتباط با تأثیر تنش شوری بر کاهش عملکرد فتوسنتز و کارایی فتوسیستم II باشد (Jajoo, 2014). از طرفی، شوری در غلظت‌های پایین می‌تواند به‌عنوان تعدیل‌کننده اسمزی عمل نموده و رشد را القا نماید (Abdul Qados, 2011). افزایش رشد گیاه خارمریم از تیمار صفر تا ٥۰ میلی‌مولار می‌تواند در ارتباط با نقش این غلظت از سدیم کلرید به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی باشد.

میدان مغناطیسی سرعت تندش بذر، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ذرت را افزایش داد (Mercedes *et al*., 2007). میدان مغناطیسی با افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان منجر به کاهش اثرات منفی تنش شوری بر رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی شد (Repacholi and Greenebaum, 1999; Abdel-Fattah and Mohamed, 2011). همچنین، تعادل هورمونی و جذب یونی نیز تحت میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد (Dhawi *et al*., 2009; Turker *et al*., 2007). در این مطالعه افزایش رشد گیاهچه‌ها تحت میدان مغناطیسی در نمونه‌های شاهد و تحت تیمار شوری می‌تواند در ارتباط با تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر تجمع تعدیل‌کننده‌های اسمزی و کمک به حفظ بیشتر آب باشد (شکل ۱ و جدول ۲).

تأثیر تیمار میدان مغناطیسی بر طول ریشه و سطح برگ به‌ترتیب در سطوح احتمال ٥ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر تنش شوری نیز بر سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی بر طول ریشه اثر معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). بیشترین میزان طول ریشه و سطح برگ در گیاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]



شکل ۱ـ تأثیر میدان مغناطیسی بر محتوای پرولین گیاه خارمریم تحت تنش شوری. تمامی میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (Mean ± SE).

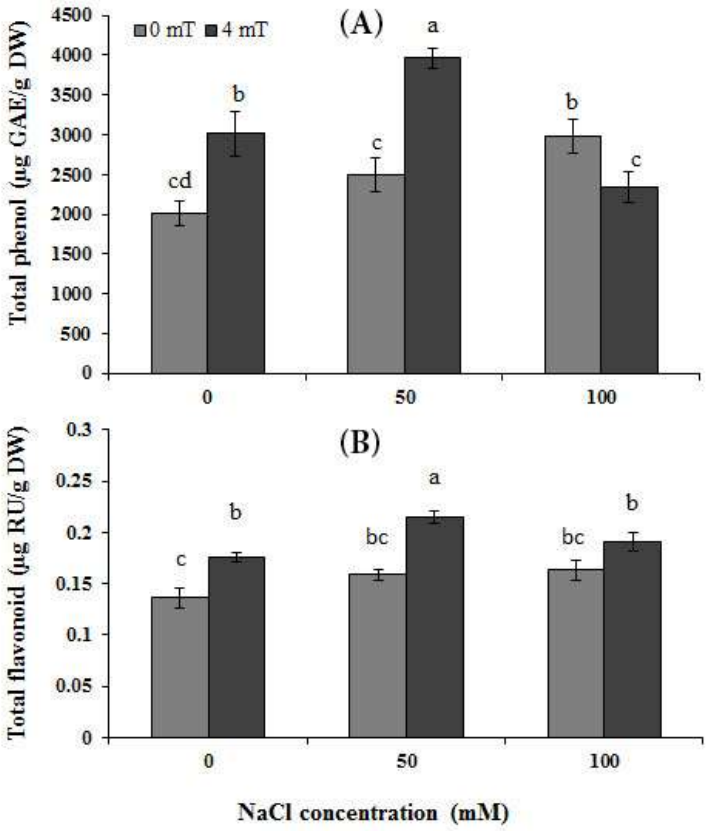
خارمریم مربوط به گیاهچه‌هایی بود که تحت تأثیر تیمار میدان مغناطیسی با شدت ٤ میلی‌تسلا بدون تنش شوری و یا تحت تنش شوری با غلظت ۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید قرار گرفته بودند و کمترین آن مربوط به تیمار شوری با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بود (جدول ۲). تنش شوری در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید منجر به کاهش طول ریشه و سطح برگی نسبت به شاهد شد. کاهش طول ریشه و ارتفاع گیاه تحت تنش شوری در چند رقم از کلزا نیز گزارش شده است (Tuncturk *et al*., 2011). صفری محمدیه و همکاران (۱۳۹٤) نیز در رابطه با تأثیر تنش شوری بر گیاه نعناع سبز نشان داد که با افزایش غلظت نمک، سطح برگ کاهش می‌یابد. تنش شوری با کاهش جذب عناصر غذایی، عدم‌دسترسی کافی گیاه به آب و سمیت عناصر منجر به کاهش قدرت رشد سلولی و سطح برگی گیاه می‌گردد (آذری و همکاران، ۱۳۹۱). تیمار میدان مغناطیسی منجر به القای این دو فاکتور رشد در گیاهچه‌های شاهد و تحت تیمار شوری گردید. در گیاه ذرت اعمال میدان مغناطیسی منجر به افزایش طول ریشه و محتوای پروتئینی در مقایسه با نمونه شاهد شد. القای طول ریشه می‌تواند در ارتباط با تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر نقل و انتقال یون‌ها و همچنین تکثیر سلولی در گیاه و در پی آن افزایش رشد گیاه باشد (Subber *et al*., 2012).

تأثیر تنش شوری و میدان مغناطیسی بر محتوای پرولین معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای پرولین آزاد سلولی در گیاه خارمریم نشان داد که با افزایش غلظت نمک، سطح پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میدان مغناطیسی اثر مثبت بر تجمع پرولین نشان داد و بیشترین محتوای پرولین در تیمار ٤ میلی‌تسلا و غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید در مقایسه با شاهد مشاهده شد (شکل ۱). پرولین به‌عنوان یک شاخص بیوشیمیایی در شرایط تنشی مطرح است. میزان سنتز پرولین در پاسخ به تنش‌های محیطی (دمای پایین، میدان‌های مغناطیسی، شوری، کمبود مواد غذایی و غیره) افزایش یافته و ضمن تجمع در سیتوزول، موجب تداوم جذب آب و تعدیل فشار اسمزی می‌شود. نقش مثبت پرولین در تعدیل فشار اسمزی تحت تنش‌های شوری و خشکی در گیاهان مختلف از جمله ذرت و یونجه به اثبات رسیده است (Ginzberg *et al*., 1998; Rayapati *et al*., 1991; Orcutt and Nilsen, 2000). افزایش محتوای پرولین تحت میدان مغناطیسی در گیاه همیشه‌بهار نیز گزارش شده است (جلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹٦). القای تجمع پرولین تحت تنش می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد و کاهش آسیب اکسیداتیو گردد (Smirnoff, 1995).

گیاهان زمانی که تحت تنش‌های مختلف محیطی از جمله شوری قرار می‌گیرند، تنش اکسیداتیو در آنها فعال شده و اشکال مختلفی از گونه‌های اکسیژن فعال نظیر H_2O_2 در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

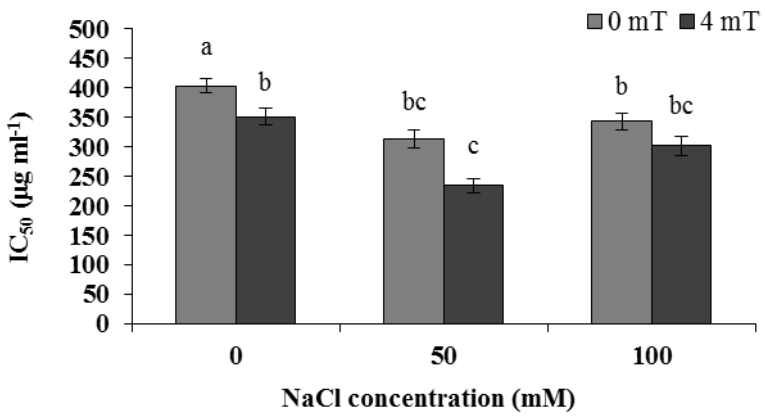


شکل ۲ـ تأثیر میدان مغناطیسی بر محتوای هیدروژن پراکسید (A) و مالون دی‌آلدهید (B) در گیاه خارمریم تحت تنش شوری. تمامی میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (Mean ± SE).

سلول‌هایشان تولید می‌گردد (Torres-Franklin *et al.*, 2008). از طرفی مالون دی‌آلدهید (MDA)، به‌عنوان نشانگرهای تنش اکسیداتیو در سیستم‌های زیستی شناخته شده است. تنش اکسیداتیو در گیاهان موجب تأثیر بر لیپیدهای غشایی و تغییر وضعیت تمامیت غشاهای سلولی و تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و درنهایت تولید لیپیدها و پروتئین‌های اکسیدشده مانند MDA می‌گردد (Molina *et al.*, 2003). نتایج آنالیز واریانس اثر اصلی شوری و میدان معناطیسی بر محتوای H_2O_2 و MDA معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان هیدروژن پراکسید تولیدی با افزایش غلظت شوری روند صعودی را نشان داد به نحوی که گیاهچه‌های تحت تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان هیدروژن پراکسید را در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند. با اعمال میدان مغناطیسی در کلیه تیمارهای شوری و نمونه شاهد، سطح هیدروژن پراکسید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، کاهش ۲۸/۳٪ سطح هیدروژن پراکسید مشاهده شد (شکل ۲). تاکنون نتایج متفاوتی در ارتباط با تأثیر میدان مغناطیسی بر محتوای مالون دی‌آلدهید گزارش شده است. در سلول‌های گیاه توتون تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی، افزایش سطوح MDA نسبت به سلول‌های شاهد گزارش شده است (Rahmati and Ghanati, 2006). شمس آبادی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که میدان مغناطیسی تا ۱۰ میلی‌تسلا منجر به کاهش معنی‌دار محتوای مالون دی‌آلدهید در گیاهچه‌های گلرنگ شد. به‌نظر می‌رسد میدان مغناطیسی با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه منجر به کاهش ترکیبات ROS و پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری می‌شود.

یکی از رایج‌ترین روش‌های سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی با حساسیت بالا، سنجش DPPH است

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]



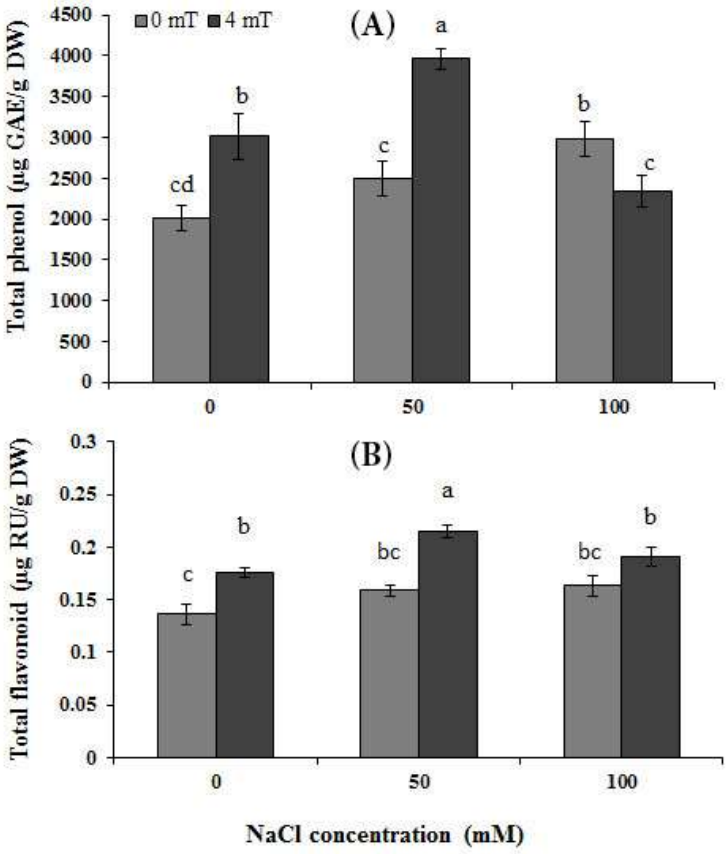
شکل ۳ـ تأثیر میدان مغناطیسی بر میزان IC_{50} اندام هوایی گیاه خارمریم تحت تنش شوری. تمامی میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (Mean ± SE).

(Joon-Kwan and Takayuki, 2009). در این پژوهش بررسی میزان مهـار رادیکـال آزاد DPPH در اندام هوایی (برگ‌ها) تیمارهای مختلف نشان داد که میدان مغناطیسی منجر به کاهش محتوای IC_{50} (۵۰٪ بازدارندگی محلول DPPH) می‌گردد. نتایج آنالیز واریانس اثر اصلی شوری و میدان مغناطیسی بر محتوای IC_{50} معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان IC_{50} در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار و شدت میدان مغناطیسی ٤ میلی‌تسلا مشاهده شد که کاهش ۲۵/۱۸٪ را نسبت به تیمار شوری در غلظت ۵۰ میلی‌مولار و بدون اعمال پیش‌تیمار میدان مغناطیسی نشان داد. کاهش IC_{50} در ارتباط با مهار بالای رادیکال آزاد DPPH است (شکل ۳). در گیاه مریم‌گلی نشان دادند که هر چند تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد، اما افزایش بیش از حد غلظت نمک سبب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شود (Valifard *et al.*, 2014). تعدادی از مطالعات نشان دادند که میدان مغناطیسی می‌تواند سبب القای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌های گیاهی بر علیه آسیب‌های اکسیداتیو گردد (Sobczak *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2003). به‌نظر می‌رسد کاهش IC_{50} در ارتباط با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای متابولیت‌های ثانویه عصاره خارمریم تحت میدان مغناطیسی باشد.

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی از جمله متابولیت‌های ثانویه آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند که محتوای آنها می‌تواند تحت تأثیر تنش‌های محیطی تغییر یابد. فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیر بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه تحت تنش‌های محیطی تغییر می‌یابد (Kula *et al.*, 2002; Olajire *et al.*, 2011). در پژوهش حاضر، اثر متقابل میدان مغناطیسی و تنش شوری در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای فنل معنی‌دار بود. همچنین اثر اصلی میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای فلاونوئید معنی‌دار بود. با افزایش سطح شوری، محتوای فنل و فلاونوئید کل در مقایسه با شاهد افزایش یافت. تیمار میدان مغناطیسی (٤ میلی‌تسلا) منجر به افزایش مقدار فنل و فلاونوئید کل در مقایسه با نمونه شاهد شد و بیشترین محتوای فنل و فلاونوئید در تیمار میدان مغناطیسی ٤ میلی‌تسلا و غلظت ۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید مشاهده شد که افزایشی در حدود ٤۱/۰۵ و ۳۲/۲۲٪ را به‌ترتیب برای فنل و فلاونوئید نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ٤). Grzeszczuk و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده‌اند که شوری در گیاه *Salvia coccinea* منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل کل می‌گردد. عبداللهی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که تجمع ترکیبات فنولی و پیش‌سازهای آن و همچنین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز تحت میدان مغناطیسی ۱۰ میلی‌تسلا به‌صورت معنی‌داری در گیاه بادام افزایش یافت. Azimian و Roshandel (۲۰۱۵) افزایش محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در گیاه *Artemisia sieberi* تحت میدان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]



شکل ٤ـ تأثیر میدان مغناطیسی بر محتوای فنل (A) و فلاونوئید کل (B) اندام هوایی گیاه خارمریم تحت تنش شوری. تمامی میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (Mean ± SE).

مغناطیسی نشان دادند. به‌نظر می‌رسد که میدان مغناطیسی با تأثیر بر آنزیم‌های و پیش‌سازهای مسیر بیوسنتزی ترکیبات فنلی منجر به القای تجمع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش شوری به‌ویژه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار در گیاه خارمریم تأثیر منفی بر صفاتی از قبیل طول ریشه، وزن تر و خشک گیاه و سطح برگ گیاه دارد و همچنین موجب افزایش میزان هیدروژن پراکسید تولیدی و سطوح MDA می‌گردد. استفاده از پیش تیمار میدان مغناطیسی در شدت ٤ میلی‌تسلا در مطالعه حاضر تا حد زیادی موجب تخفیف اثرات مخرب تنش شوری در گیاه خارمریم شد و تأثیر مثبت و قابل توجهی بر اغلب شاخص‌های فیزیولوژیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه داشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار میدان مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان یک تیمار فیزیکی مناسب در جهت افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش اثرات منفی تنش شوری در گونه دارویی مهم خارمریم در اراضی زراعی شور به‌کار رود. برای بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیاز به بررسی متابولیت‌ها ثانویه گیاه در تحقیقات آینده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

منابع

آذری، آ.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، عسکری، ح.، قناتی، ف.، ناجی، ا. م. و علیزاده، ب. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*). مجله علوم زراعی ایران ۱٤: ۱۳۵-۱۲۱.

ارچنگی، آ.، خدامباشی، م. و محمدخانی، ع. (۱۳۹۱) تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella gracumfoenum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ٤۱-۳۳.

جلیل‌زاده، ا.، جامعی، ر. و حسینی سرقین، س. (۱۳۹٦) اثرات متقابل میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره بر برخی از شاخص‌های بیوشیمیایی گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*). فصلنامه زیست‌فناوری دانشگاه تربیت مدرس ۱: ۲۰-۱۰.

صفری محمدیه، ز.، مقدم، م.، عابدی، ب. و سمیعی، ل. (۱۳۹٤) اثر سمیت یونی سدیم کلرید بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ٤: ۳٤-۱۷.

قربانلی، م.، ادیب هاشمی، ن. و پیوندی، م. (۱۳۸۹) بررسی اثر شوری و آسکوربیک اسید بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲٦: ۳۸۸-۳۷۰.

قهرمان، ا. (۱۳٦۲) فلور رنگی ایران. جلد ۹، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

نجفی، ن. و سرهنگ‌زاده، ا. (۱۳۹۱) اثر شوری سدیم کلرید و غرقاب‌شدن خاک بر ویژگی‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ۱۵-۱.

شمس آبادی، ا.، مدرس ثانوی، ع.، مدرس وامقی، م. و کشاورز، ح. (۱۳۹۷) تأثیر میدان مغناطیسی بر برخی صفات فیزیولوژیک و جوانه‌زنی بذرهای گیاه زراعی گلرنگ و چهار گونه علف هرز مهم آن. مجله پژوهش‌های گیاهی ۳۱: ۲۳۱-۲۱۷.

عبدالهی، ف.، امیری، ح.، نیکنام، و.، قناتی، ف. و مهدیقلی، ک. (۱۳۹۸) تأثیر میدان مغناطیسی ایستا بر جوانه‌زنی و متابولیسم بذر دو گونه بادام ایرانی (*Amygdalus eburnean* و *Amygdalus scoparia*). فرآیند و کارکرد گیاهی ۸: ۱۲٤-۱۱۵.

Abdel-Fattah, H. S. and Mohamed, F. E. N. (2011) Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. Acta Astronautica 69: 387-396.

Abdul Qados, A. (2011) Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 10: 7-15.

Aladjadjiyan, A. (2010) Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. Int Agrophys 24: 321-324.

Amirghofran, Z., Azadbakht, M. and Karimi, M. H. (2000) Evaluation of the immunomodulatory effects of five herbal plants. Journal of Ethnopharmacology 72: 167-72.

Azimian, F. and Roshandel, P. (2015) Magnetic field effects on total phenolic content and antioxidant activity in *Artemisia sieberi* under salinity. Indian Journal of Plant Physiology 20: 264-270.

Banaei, M. H., Moameni, A., Baybordi, M. and Malakouti, M. J. (2004) Iran Soils: New transformations in the identification, management and operation. Soil and Water Research Institute, Tehran.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bilalis, D. J., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Karkanis, A., Khah, E. M. and Mitsis, T. (2013) Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements accumulation in early stages of cotton. Australian Journal of Crop Science 7: 46-50.

Burgess, C. A. (2003) *Silybum marianum* (Milk Thistle). Journal of the Pharmacy Society of Winconsin 38-40.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Food Drug Anal 10: 178-82.

Celik, O., Buyukuslu, N., Atak, C. and Rzakoulieva, A. (2009) Effects of magnetic field on activity of superoxide dismutase and catalase in *Glycine max* (L.) Merr. Roots. Polish Journal of Environmental Studies 18: 175-182.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

Conde, E., Cadahia, E. and Garcia-Vallejo, M. (1995) HPLC analysis of flavonoids and phenolic acids and aldehydes in eucalyptus spp. Chromatographia 41: 657-660.

Dhawi, F., Al-Khayri, J. and Hassan, E. (2009) Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5: 161-166.

Ekmekci, B. A. and Karaman, M. (2012) Exogenous ascorbic acid increases resistance to salt of *Silybum marianum* (L.). African Journal of Biotechnology 11: 9932-9940.

FAO. (2012) FAO Statistical Year Book, World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.

Florina, P. M., Inoan, S. L., Dinu, A. L. and Criveanu, H. R. (2015) The influnence of magnetic field on *silybum marianum* seed germination. Agricultura 93: 61-68.

Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-930.

Ginzberg, I., Stein, H. and Kapoling, Y. (1998) Isolation and characterization of two different cDNA of proline dehydrogenase, an enzyme involved in proline metabolism, is up regulated by proline carboxylate synthase in Alfafa, transcriptionally induced upon salt stress. Plant Molecular Biology 38: 755-764.

Grzeszczuk, M., Salachna, P. and Meller, E. (2018) Changes in photosynthetic pigments, total phenolic content, and antioxidant activity of *Salvia coccinea* Buc'hoz Ex Etl. induced by exogenous salicylic acid and soil salinity. Molecules 23: 1-11.

Gupta, O. P., Sing, S., Bani, S., Sharma, N., Malhotra, S. and Gupta, B. D. (2000) Anti-inflammatory and anti-arthritic activities of silymarin acting through inhibition of 5-lipoxygenase. Phytomedicine 7: 21-4.

Harris, S. R., Henbest, K. B., Maeda, K., Pannell, J. R., Timmel, C. R., Hore, P. J. and Okamoto, H. (2009) Effect of magnetic fields on cryptochrome-dependent responses in *Arabidopsis thaliana*. Journal of the Royal Society Interface 6: 1193-1205.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Jajoo, A. (2014) Changes in photosystem II heterogeneity in response to high salt stress in Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer Verlag 397-413.

Joon-Kwan, M. and Takayuki, S. (2009) Antioxidant assays for plant and food components. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 1655-66.

Kula, A. and Sobczak, R. (2002) Effects of electromagnetic field on free–radical processes in steel workers .part I: magnetic field influence on the antioxidant activityin red blood cells and plasma. Journal of Occupational Health 44: 226-229.

Loreto, F. and Velikova, V. (2001) Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. Plant Physiology 127: 1781-1787.

Mercedes, F., Maria, V. C. and Elvira, M. (2007) Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environmental and Experimental Botany 59: 68-75.

Molina, M. F., Sanchez-Reus, J., Iglesias, I. and Benedi, J. (2003) quercetin, a flavono antioxidant, prevents and protects against ethanol-induced oxidative stress in mouse liver. Biological and Pharmaceutical Bulletin 26: 1398-1402.

Olajire, A. A. and Azeez, L. (2011) Total antioxidant activity, phenolic, flavonoid and ascorbic acid contents of Nigerian vegetables: African Journal of Food Science and Technology 2: 22-29.

Orcutt, D. M. and Nilsen, E. T. (2000) The Physiology of Plants Under Stress. Soil and Biotic Factors. John Wiley and Sons, New York.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Perez-Lopez, U., Robredo, A., Lacuesta, M., Sgherri, C., Munoz-Rueda, A., Navari-Izzo, F. and Mena-Petite, A. (2009) The oxidative stress caused by salinity in two barley cultivars is mitigated by elevated CO_2. Physiologia Plantarum 135: 29-42.

Piacentini, M. P., Fraternale, D., Piatti, E., Ricci, D., Vetrano, F., Dacha, M. and Accorsi, A. (2001) Senescence delay and change of antioxidant enzyme levels in *Cucumis sativus* L. etiolated seedlings by ELF magnetic fields. Plant Science 161: 45-53.

Podlesny, J., Misiak, L. E., Podleoena, A. and Pietruszewski, S. (2005) Concentration of free radicals in pea seeds after presowing treatment with a magnetic field. International Agrophysics 19: 243-49.

Rahmati Ishka, M. and Ghanati, F. (2006) Improvement of antioxidant system and decrease of lignin by nickel treatment in tea plant. Journal of Plant nutrition 9: 1649-1661.

Rayapati, P. Y. and Stewart, C. R. (1991) Solubilization of a prolin dehydrogenase from maize (*Zea mayz* L.) mithchondria. Plant Physiology 95: 787-791.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

Repacholi, M. H. and Greenebaum, B. (1999) Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields and with living system: Health effects and research needs. Bioelectromagnetics 20: 133-160.

Sedghi, M., Nemati, A., Amanpour-Balaneji, B. and Gholipouri, A. (2010) Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybum marianum*) under salinity stress. World Applied Sciences Journal 11: 604-609.

Sen, A. and Alikamanoglu, S. (2016) Interactive effect of static magnetic field and abiotic stressors on growth and biochemical parameters of germinating wheat cultivars. IUFS Journal of Biology 75: 19-38.

Sewell, R. D. E. and Rafieian-Kopaei, M. (2014) The history and ups and downs of herbal medicine usage. Journal of Herb Med Pharmacology 3: 1-3.

Shabrangi, A. and Majd, A. (2009) Comparing effects of electromagnetic fields (60 Hz) on seed germination and seedling development in monocotyledons and dicotyledons. In: Proceeding of Progress Electromagnetics Research Symposium, Moscow, Russia.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. (1992) Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry 40: 945-8.

Shine, M. B., Guruprasad, K. N. and Anand, A. (2012) Effect of stationary magnetic field strengths of 150 mT and 200 mT on reactive oxygen species production in soybean. Bioelectromagnetics 33: 428-37.

Smirnoff, N. (1995) Antioxidant systems and plant response to the environment. In: Environment and Plant Metabolism (ed. Smirnoff, V.) Pp. 217-243. Bios Scientific Publishers, Oxford, United Kingdom.

Sobczak, A., Kula, B. and Dancii, A. (2002) Effects of electromagnetic field on free-radical processes in steelworkers. Part II: Magnetic field influence on vitamin A, E and selenium concentrations in plasma. Journal of Occupational Health 44: 230-233.

Subber, A. R. H., Reyad, C. H., Hail, A., Waleed, A. and Hussein, H. F. (2012) Effects of magnetic field on the growth development of *Zea mays* seeds. Journal of Natural Product and Plant Resources 2: 456-459.

Talbi, S., Romero-Puertas, M. C., Hernandez, A., Terron, L., Ferchichi, A. and Sandalio, L. M. (2015) Drought tolerance in a Saharian plant *Oudneya africana*: Role of antioxidant defences. Environmental and Experimental Botany 111: 114-126.

Torres-Franklin, M. L., Contour-Ansel, D., Zuily Fodil, Y. and Pham-Thi, A. T. (2008) Molecular cloning of glutathione reductase cDNAs and analysis of GR gene expression in cowpea and common bean leaves during recovery from moderate drought stress. Journal of Plant Physiology 165: 514-521.

Tuncturk, M., Tuncturk, R., Yildirim, B. and Ciftci, V. (2011) Changes of micronutrients, dry weight and plant development in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under salt stress. African Journal of Biotechnology 10: 3726-3730.

Turker, M., Temirci, C., Battal, P. and Erez, M. E. (2007) The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants. Phyton Annuales Rei Botanicae 46: 271-284.

Valifard, M., Mohsenzadeh, S., Kholdebarin, B. and 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.

Von Sontag, C. (1980) Free radical reactions of carbohydrates as studied by radiation techniques. Advance in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry 37: 7-77.

Zhang, Q. M., Tokiwa, M., Doi, T., Nakahara, T., Chang, P. W., Nakamura, N., Hori, M., Miyakoshi, J. and Yonei, S. (2003) Strong static magnetic field and the induction of mutations through elevated production of reactive oxygen species in Escherichia coli soxR. International Journal of Radiation Biology 79: 281-286.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]

Effects of magnetic fields on some physiological factors and antioxidant capacity of *Silibum marianum* L. seedlings under salt stress

Tara Gharaati[1], Halimeh Hassanpour[2]*, Malak Hekmati[3], Fatemeh Mousavi[2]

[1] Department of Phytohemistry, Faculty of Pharmaceutical Chemistry, Tehran Medicinal Sciences, Islamic Azad University, Iran
[2] Aerospace Research Institute, Ministry of Science Research and Technology, Tehran, Iran
[3] Department of Organic Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Chemistry, Tehran Medicinal Sciences, Islamic Azad University, Iran
(Received: 14/01/2019, Accepted: 18/01/2020)

Abstract

Salinity is one of the most important abiotic stresses that has restricting affects on plant growth and yield. Magnetic field can ameliorate the negative effect of salinity with induction of plant antioxidant activity. In present research, the effect of static magnetic fields (0 anf 4 mT) on some physiological parameters and antioxidative capacity were investigated under salinity stress at concentrations of 0, 50 and 100 mM NaCl in *Silibum marianum* L. The results showed that salinity at 100 mM and no a magnetic field pretreatment led to reduction in fresh (65%) and dry weight (27.7%), leaf area (29.82%), root length (8.30%) as compared to the control. The lowest IC_{50} (22.32%) was observed at 50 mM salinity and a magnetic -field strength of 4 milli- tesla. Proline, MDA, hydrogen peroxide, total phenol and flavonoid contents were also significantly increased under 100 mM NaCl treatments. The magnetic field reduced the negative effects of salinity on growth indicators of S. marianum seedlings by increasing the antioxidant capacity, proline, the total phenolic and flavonoid contents. 4 mT magnetic field also led to a 28.3 and 35.4% reduction of hydrogen peroxide and MDA levels under 100 mM NaCl concentrations. It seems that magnetic field pre-treatment can be reduce the adverse effects of salt on this plant species by increasing antioxidant capacity especially at 50 mM.

Keywords: Proline, Growth, Static magnetic field, Flavonoid, Phenol

Corresponding author, Email: hassanpour@ari.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.3.0]