مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۵/ شماره ۱/ پیاپی ۴۰/ بهار ۱۴۰۰ (۷۵-۸۵)

مقاله پژوهشی

بررسی اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در بافت‌های مختلف کشت

عباس صفری‌زاده ثانی[۱]، صابر جمالی[۲] و حسین بانژاد[۳*]

چکیده

با توجه به کمبود آب با کیفیت، استفادهٔ بهینه از آب در آبیاری بیش از پیش مورد توجه بوده به‌نحوی که مستلزم استفاده از روش‌های مدیریتی و فناوری‌های نوین (مانند استفاده از میدان مغناطیسی) است. استفاده از آب مغناطیسی در کشاورزی می‌تواند عاملی برای بهبود کمیت و کیفیت محصولات تولیدی باشد. برای بررسی اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار در بافت‌های مختلف خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۹۸-۱۳۹۷ بر پایهٔ کشت گلدانی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل سه سطح میدان مغناطیسی (صفر ، ۰/۳ و ۰/۶ تسلا) و ۳ بستر کشت (سیلتی رسی S1، لوم رسی S2 و لوم شنی S3) بود. نتایج نشان داد که بافت‌های مختلف خاک بر صفت‌های وزن خشک شاخهٔ جانبی، برگ و ساقه؛ تعداد گل، حجم ریشه و ارتفاع در سطح یک درصد و بر صفت‌های وزن خشک ریشه و گل و تعداد برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. استفاده از آب‌های مغناطیسی نیز در سطح احتمال یک درصد بر صفت‌های وزن خشک شاخهٔ جانبی، برگ، ریشه و گل، ارتفاع و حجم ریشه معنی‌دار شد، همچنین آب مغناطیسی بر طول ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل بافت خاک و آب مغناطیسی نیز بر وزن خشک شاخه جانبی، ریشه و گل در سطح یک درصد و بر صفت‌های وزن خشک برگ و ساقه و حجم ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. استفاده از آب عبوری از میدان‌های مغناطیسی ۰/۳ و ۰/۶ تسلا در آبیاری گیاه دارویی گل همیشه بهار به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۱/۳۴ و ۲۸/۵ درصدی در تعداد گل و کاهش ۱۴/۹۹ و ۱۳/۵۸ درصدی در تعداد برگ شد. بیشترین میزان وزن خشک گل در بافت‌های S1، S2 و S3 با میزان ۰/۶۱، ۰/۶۴ و ۰/۷۵ گرم در تیمار آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا مشاهده شد. به‌طور کلی استفاده از آب مغناطیسی در هر سه بافت مورد استفاده در این پژوهش ، سبب بهبود رشد گیاه همیشه بهار و عملکرد گل آن نسبت به تیمار شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: رقم Gitana، عملکرد گل، میدان مغناطیسی، همیشه بهار.

ارجاع: صفری‌زاده ثانی ع. جمالی ص. و بانژاد ح. ۱۴۰۰. بررسی اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در بافت‌های مختلف کشت. مجله پژوهش آب ایران. ۴۰: ۷۵-۸۵.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
*** نویسنده مسئول: Banejad@um.ac.ir**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

مقدمه

با توجه به رشد روز افزون جمعیت در کشور نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی امری بدیهی است؛ به همین دلیل تقاضا برای منابع محدود زمین، به ویژه آب که بخش عمده‌ای از مصرف آب در جهان صرف تولید محصولات زراعی شده نیز افزایش یافته است (علی اکبری و زند پارسا، ۱۳۹۶). در میان این منابع، آب مهم‌ترین نهاده و عمده‌ترین عامل محدودکنندهٔ تولید در سیستم‌های کشاورزی و به‌ویژه کشور ما می‌باشد و همواره بخشی از خلا عملکرد در هر کشوری به‌دلیل بروز تنش‌های کم‌آبی است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ به همین دلیل از جمله راه‌های افزایش محصول در واحد سطح استفاده از روش‌های نوین علمی در کشاورزی است (رستگار و صادقی لاری، ۱۳۹۴). در ادامه به پژوهش‌های گذشته که روی گیاه همیشه بهار، گیاهی علفی و یکساله از خانواده کاسنی[1] که بعد از ۵۰-۴۰ روز از کشت گل می‌دهد و دارای ساقه منشعب و سخت با رشد و نموی سریع است (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ دانشیان و همکاران، ۱۳۹۱)، پرداخته می‌شود.

در پژوهشی محمدی و روشندل (۲۰۲۰ الف) اثر پرایمینگ بذرهای زوفا با استفاده از میدان مغناطیسی و در وضعیت کم‌آبیاری را مطالعه کردند و نشان دادند که اعمال میدان‌های مغناطیسی منجر به بهبود رشد و خواص دارویی زوفا در وضعیت کم‌آبیاری شده است؛ در پژوهشی دیگر نیز محمدی و روشندل (۲۰۲۰ ب) به بررسی اثر اعمال میدان‌های مغناطیسی روی گیاه زوفا پرداختند، نتایج نشان داد اعمال میدان‌های ایستای مغناطیسی (۴۵، ۹۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌تسلا به مدت ۵ دقیقه) سبب بهبود رشد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه شده است. در پژوهش‌های مختلفی اثر میدان‌های مغناطیسی بر جوانه‌زنی گیاه دارویی گل همیشه بهار مطالعه شد، نتایج پژوهش اولگن و همکاران (۲۰۱۷) و برادران‌راد و همکاران (۲۰۱۶) دلالت بر اثر مثبت میدان مغناطیسی و زمان قرارگیری بذر در این وضعیت بر جوانه‌زنی بذر همیشه بهار دارد. همچنین صالحی ارجمند و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که افزایش میدان‌های مغناطیسی که روی بذر اعمال شد، باعث کاهش در وزن خشک گیاهچه، طول ریشه و ساقه شد؛ در پژوهش دیگری نیز نتایج نشان داد که هرچه بذر بیشتر در وضعیت میدان مغناطیسی قرار بگیرد، جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌یابد (فلورز و همکاران، ۲۰۱۲).

در پژوهش‌های متعددی، به اعمال آبیاری مغناطیسی به عنوان روش بیوفیزیکی برای تحریک گیاهان و افزایش عملکرد محصول گیاهان زراعی و باغی توجه شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در پژوهشی از آب مغناطیسی برای آبیاری گیاه همیشه بهار استفاده شد و نتایج نشان داد که اعمال میدان‌های مغناطیسی (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ گاوس) بر وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع، تعداد برگ، تعداد گل و قطر گل اثری مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد داشته است (سافانا، ۲۰۱۷). نتایج قناویزچی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد استفاده از آب شور مغناطیسی برای آبیاری گیاه گل همیشه بهار روی تعداد گل، تعداد برگ و سطح برگ موجب به اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد و در سطح ۵ درصد روی وزن تر و خشک برگ شد. در زمینهٔ استفاده از آب‌های مغناطیسی در آبیاری هاشم‌آبادی (۱۳۹۶) روی گیاه پروانش آزمایشی را انجام داد که حاکی از افزایش صفت‌های ارتفاع، تعداد گل، تعداد برگ، شاخه جانبی و قطر ساقه در وضعیت استفاده از آب مغناطیسی است. در پژوهش دیگری که حسن (۲۰۱۴) با اعمال آب مغناطیسی بر گیاه گل همیشه بهار انجام داد، نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری این گیاه روی طول برگ، وزن خشک ریشه، طول و قطر ریشه اثر مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد داشت.

در پژوهشی، اثر بسترهای مختلف کشت روی گیاه همیشه بهار بررسی شد. نتایج حاکی از این است که استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست سبب بهبود معنی‌دار تعداد برگ، وزن خشک و قطر گل شد (کلهر و همکاران، ۱۳۹۸). نادری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی دیگر گیاه همیشه بهار را در بسترهای مختلف کشت کردند و نتایجشان نشان داد که سبک شدن بستر کشت باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و گل مشاهده شد. مجتبوی و درزی (۱۳۹۶) نشان دادند که استفاده از ورمی‌کمپوست در بستر کشت گیاه همیشه بهار باعث افزایش تعداد گل و وزن خشک گل این گیاه می‌شود. در پژوهشی دیگر اثر استفاده از بسترهای حاوی ورمی کمپوست بر وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و

1- Asteracea

گل در گیاه دارویی همیشه بهار اثر مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج تبریزی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی که بر گیاه دارویی همیشه بهار انجام دادند، نشان دادند که استفاده از بسترهای مختلف کشت که حاوی کود دامی و کمپوست بود، باعث افزایش ارتفاع، تعداد گل و وزن تر و خشک بوته شد.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در زندگی بشر استفاده از روش‌هایی برای بهبود در کمیت و کیفیت این گیاهان حائز اهمیت است و از آن‌جایی که اثر آب مغناطیسی و بافت‌های مختلف خاک روی این گیاه کار نشده یا پژوهش‌های کمی در دسترس است؛ از این رو در این پژوهش از روش مغناطیس کردن آب برای افزایش عملکرد در واحد سطح گیاه با ارزش دارویی بسیار همیشه بهار (*Calendula officinalis* L) در بافت‌های مختلف خاک در وضعیت اقلیمی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و بافت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گل همیشه بهار رقم Giatana آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی بر پایهٔ کشت گلدانی با ۳ تکرار در سال ۹۸-۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۹۵۸ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل ۳ سطح میدان مغناطیسی (۰، ۰/۳ و ۰/۶ تسلا) و ۳ بافت خاک (سیلتی رسی، لوم رسی و لوم شنی) بود که در جدول ۱ با حروف اختصاری بیان شده است.

برای اعمال میدان مغناطیسی از دستگاهی که در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده بود، استفاده شد.[1]. سیستم مذکور دو منبع دارد که یکی برای آب ورودی و دیگری برای آب پس از عبور از میدان مغناطیسی است که با پمپ آب عبوری از دستگاه به درون این منبع منتقل و با شیر خروجی که در این منبع تعبیه شده است، آب مغناطیسی مرتبط با هر یک از تیمارهای مورد بررسی قابل برداشت بود. منبع تولید میدان مغناطیسی مورد استفاده در این سیستم ضامن دارد و برای شدت میدان‌های مختلف قابل تنظیم است (شکل ۱). در این پژوهش ۲ میدان مغناطیسی ۰/۳ و ۰/۶ تسلا که حد وسط و نهایی آن است، بررسی شد. ترکیبات شیمیایی و فیزیکی هر یک از بافت‌های خاک مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- علائم اختصاری تیمارهای مورد بررسی

علامت اختصاری	تیمار مورد بررسی
S1W1	سیلتی رسی + آب معمولی
S1W2	سیلتی رسی + آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا
S1W3	سیلتی رسی + آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا
S2W1	لوم رسی + آب معمولی
S2W2	لوم رسی + آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا
S2W3	لوم رسی + آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا
S3W1	لوم شنی + آب معمولی
S3W2	لوم شنی + آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا
S3W3	لوم شنی + آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا

برای این پژوهش ۲۷ گلدان پلاستیکی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر تهیه شد. پس از تهیهٔ محیط کشت مربوطه، آن را به گلدان‌های پلاستیکی انتقال دادیم و با توجه به چگالی ظاهری هر بافت، مقدار مشخصی خاک درون گلدان‌ها ریخته شد؛ گفتنی است که ابتدا در کف گلدان‌ها به‌صورت یکسان لایه‌ای (با ضخامتی ۲ سانتی‌متری) از سنگ‌ریزه به‌عنوان فیلتر برای بهبود زهکشی و تهویه قرار داده و ۵ سانتی‌متر بالایی گلدان‌ها به‌منظور اعمال آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیهٔ حجم خالی گلدان‌ها از خاک پر شدند.

برای جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن خاک گلدان به‌صورت تدریجی و در لایه‌های ۵ سانتی‌متری با کوبش انجام شد. برای از بین بردن شوری، محیط کشت گلدان‌ها را با آب شهری اشباع کردیم و اجازه داده شد که آب از زهکش‌های آن خارج شود. در تاریخ ۸ بهمن ۱۳۹۷ نشاهای گل همیشه بهار به گلدان‌های مذکور منتقل شد، در هر گلدان تراکم بوته یک گیاهچه بود و تا زمان استقرار

۱- برای ساخت دستگاه مغناطیس کنندهٔ سیالات از دو قطعه آهنربای مکعبی با ابعاد ۱۰۰*۵۰*۴۰ میلی‌متر با قدرت ۱/۴ تسلا استفاده شد. بدین صورت که دو قطعه آهنربا به کمک دو پایه نگهدارنده از جنس پلاستیک فشرده و یک ریل برای جا به جایی آهنربا در داخل یک جعبه چوبی نصب شد. گفتنی است که برای این سیستم از یک الکتروپمپ مدل XQM 50 با قدرت 110 W و ماکسیمم دبی ۲۵ لیتر بر دقیقه استفاده شد.

کامل گیاهان در خاک آبیاری با آب شهری انجام شد. در تاریخ ۱۵ بهمن ۱۳۹۷ تیمارهای آبیاری روی گیاهان اعمال شد. برای تعیین میزان آب آبیاری و زمان آبیاری در این طرح از روش وزنی و دستگاه TDR استفاده شد. برای اندازه‌گیری رطوبت وزنی نمونه‌ها در هر روز، گلدان‌ها توزین و تغییرات میزان آب خاک گلدان‌ها، اندازه گرفته شد. برای این منظور، با توجه به کاهش رطوبت گلدان‌ها به صورت هوا خشک و تا زمان رسیدن وزن گلدان به میزانی که آب در حد تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) برای گیاه همیشه بهار و به میزان ۳۵ درصد از ظرفیت زراعی در آن وجود داشت، گلدان‌ها توزین شدند (زرین آبادی و همکاران، ۲۰۱۹). مقادیر حجمی رطوبت با استفاده از TDR تعیین و قبل از هر بار آبیاری میزان رطوبت با دستگاه مذکور تعیین و پس از رسیدن به مقدار ۲۱، ۱۸ و ۱۵ درصد در بافت‌های S1، S2 و S3، اقدام به آبیاری شد (شکل ۲).

در شکل ۳ نمونه‌ای از گیاهان گل همیشه بهار تیمار شده در وضعیت گلخانه ارائه شده است. در تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۸ گیاهان کف‌بری و صفاتی نظیر وزن خشک شاخه جانبی، برگ، ساقه، گل و ریشه، حجم ریشه، طول ریشه، ارتفاع، تعداد گل و برگ برداشت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاهی را در پاکت‌های مخصوص قرار دادیم و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه و ارتفاع بوته از خط‌کش استفاده شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات تجزیهٔ و تحلیل داده‌ها (تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین به روش LSD) با استفاده از نسخهٔ ۹/۴ نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

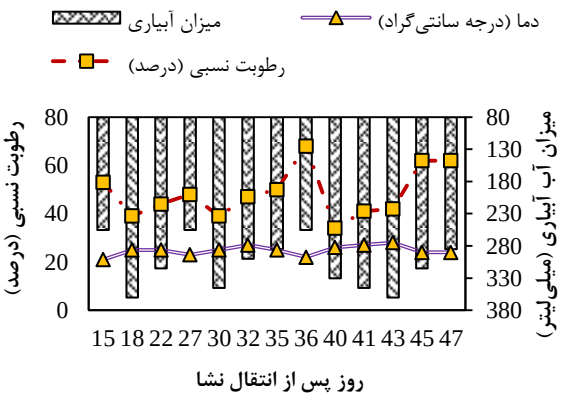
نتایج و بحث

بر اساس نتایج شکل ۴ کمترین و بیشترین میزان آب آبیاری در طول فصل رشد گیاه همیشه بهار به‌ترتیب با ۳/۸۶ و ۵/۲۵ لیتر در تیمارهای S1W2 و S3W1 مشاهده شد، که می‌تواند به‌دلیل بافت درشت‌تر ت S3 نسبت به دو بافت دیگر باشد. دلیل کاهش میزان آب آبیاری در تیمارهای آب مغناطیسی می‌تواند کاهش میزان آب خروجی از زهکش‌های انتهایی باشد که می‌تواند عاملی برای کاهش نوبت آبیاری و میزان آب مصرفی باشد. همچنین بهبود پویایی آب در بین ذرات خاک نیز می‌تواند عاملی برای کاهش میزان آب آبیاری در این تیمارها باشد (الاجاجیان، ۲۰۰۷).

شکل ۱- الف) نمای جانب سیستم مغناطیس‌کنندهٔ سیالات ب) نمای روبروی سیستم مغناطیس‌کنندهٔ سیالات

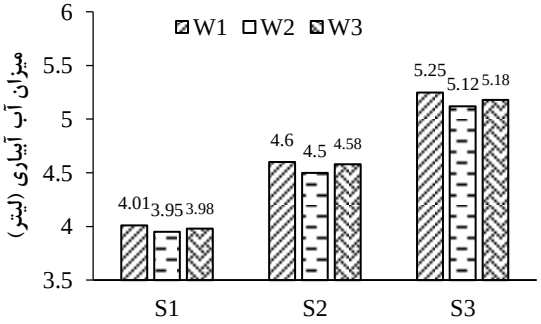
جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	شن	سیلت	رس	چگالی ظاهری	درصد حجمی ظرفیت زراعی	درصد حجمی پژمردگی دائم	هدایت الکتریکی	pH
	٪			gcm^{-3}	٪		dSm^{-1}	
سیلتی رسی	۸	۵۰	۴۲	۱/۴۷	۳۲/۸	۱۱/۶	۱/۲۵	۷/۸۵
لوم رسی	۳۷	۳۳	۳۰	۱/۳۴	۲۸/۳	۱۳/۴	۱/۴۶	۷/۵۸
لوم شنی	۵۴	۳۰	۱۶	۱/۱	۲۴/۲	۱۵/۹	۱/۳۵	۷/۶۴



شکل ۲- دما و رطوبت نسبی داخل گلخانه و میزان آب آبیاری در هر نوبت در تیمار S1W1

شکل ۳- نمونه‌ای از گیاه گل همیشه بهار در شرایط گلخانه



شکل ۴- میزان آب استفاده شده در تیمارهای مورد بررسی در طول فصل رشد گیاه همیشه بهار

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نتایج نشان داد که بافت‌های مختلف خاک بر صفت‌های وزن خشک شاخهٔ جانبی، برگ و ساقه، تعداد گل، حجم ریشه و ارتفاع در سطح یک درصد و بر صفت‌های وزن خشک ریشه و گل و تعداد برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. استفاده از آب‌های مغناطیسی نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت‌های وزن خشک شاخه جانبی، برگ، ریشه و گل، ارتفاع و حجم ریشه معنی‌دار شد. همچنین آب مغناطیسی بر طول ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل بافت خاک و آب مغناطیسی نیز بر وزن خشک شاخه جانبی، ریشه و گل در سطح ۱ درصد و بر صفت‌های وزن خشک برگ و ساقه و حجم ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. مطابق جدول ۴ که بیانگر مقایسه میانگین‌های صفت‌های ساده میدان مغناطیسی و بافت خاک روی صفت‌ها است، بیشترین میزان تعداد گل، تعداد برگ، طول ریشه و ارتفاع گیاه به‌ترتیب در تیمارهای آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا (۵/۰ عدد)، آب معمولی (۳۱/۸۹ عدد)، آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا (۲۸/۸۶ سانتی‌متر) و آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا (۷/۶۹ سانتی‌متر) مشاهده شد. استفاده از آب عبوری از میدان‌های مغناطیسی ۰/۳ و ۰/۶ تسلا در آبیاری گیاه دارویی گل همیشه بهار به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱/۳۴ و ۲۸/۵ درصدی در تعداد گل و کاهش ۱۴/۹۹ و ۱۳/۵۸ درصدی در تعداد برگ شد. بر اساس جدول ۴ هر چه بافت خاک سبک‌تر باشد، تعداد گل افزایش می‌یابد؛ به‌گونه‌ای‌که بیشترین میزان تعداد گل در بافت لوم شنی (۵/۸۹ عدد) و کمترین مقدار آن در بافت سیلتی رسی با ۲/۸۹ عدد (اعداد میانگین ۳ تکرار است) مشاهده شد. در صفت تعداد برگ استفاده از بافت‌های سبک‌تر سبب افزایش تعداد برگ به‌میزان ۲۸/۱۷ (لوم رسی) و ۱۵/۰۸ درصدی (لوم شنی) در مقایسه با بافت سیلتی رسی شده است که خود دلیلی بر افزایش وزن خشک برگ در خاک‌های سبک‌تر که موجب به افزایش بیومس کل نیز شده است. بر اساس جدول ۴ در صفت طول ریشه بین تیمارهای بافت خاک مورد بررسی در مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

در صفت ارتفاع نیز بین بافت‌های سیلتی رسی و لوم رسی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده

نشد و بیشترین میزان این صفت نیز در تیمار بافت خاک لوم شنی با ۱۹/۱ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). بر اساس نتایج جدول ۴، استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری گیاه همیشه بهار سبب افزایش صفت ارتفاع و به‌نوعی بیشترین میزان این صفت در استفاده از آب عبوری از میدان ۰/۶ تسلا (۱۸/۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. گفتنی است که بین تیمارهای استفاده از آب‌های عبوری از میدان‌های ۰/۳ و ۰/۶ تسلا اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. افزایش در صفت‌های رویشی و زایشی گیاه همیشه بهار در وضعیت استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند به‌دلیل پویاسازی آب با استفاده از میدان‌های مغناطیسی در بین ترکیب خاک و عصاره خاک باشد که رشد گیاه و در نتیجه عملکرد را افزایش می‌دهد (الاجاجیان، ۲۰۰۷؛ رجبی و همکاران، ۱۳۸۹). مجد و شبرنگی (۲۰۰۹) نشان دادند که در گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی، به‌دلیل تبادل گازی راحت‌تر نسبت به آب غیرمغناطیسی، آوندهای چوب و آبکش رشد و نمو بیشتری داشت و سلول‌های پارانشیم و اتاقک زیر روزنه بزرگ‌تر از تیمار شاهد بود. ایشان اظهار کردند که میدان مغناطیسی مناسب، باعث تأثیر بر متابولیسم سلول‌های مریستمی، افزایش جذب و آسیمیلاسیون عناصرغذایی و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود. همچنین میدان مغناطیسی سبب صعود کاپیلاری در مکانیسم انتقال مواد در بافت‌های زنده می‌شود. افزایش ماده خشک گیاهی در راستای افزایش ارتفاع، سطح برگ و قطر ساقه گیاه است که با اعمال آب مغناطیسی که خود منجر به افزایش میزان آب در دسترس گیاه، آماس سلولی و بهبود در تقسیم سلولی می‌شود، اتفاق می‌افتد. افزایش حلالیت آب که با مغناطیس کردن آب منجر و افزایش نظم در آرایش مولکول‌های آب اتفاق می‌افتد که افزایش انحلال کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در پی دارد، توسط بلاویسکی (۲۰۰۴) در پژوهشی بیان شده است. افزایش انحلال کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب مغناطیسی فراهمی مواد غذایی و جذب آن را توسط گیاه افزایش می‌دهد؛ همچنین در اثر مغناطیس کردن آب نمک‌های موجود در آب خنثی شده و از تجمع نمک در ناحیه توسعه ریشه کاسته می‌شود. گیاه در مقایسه با آبیاری با آب معمولی در وضعیت آبیاری با آب مغناطیس رشد و نمو بهتری دارد (فلاح، ۱۳۸۷؛ نیکبخت و همکاران، ۲۰۱۳). تعداد گل در این پژوهش افزایش یافته است که با نتایج هاشم‌آبادی (۱۳۹۶) روی پروانش، صمدیار و همکاران (۱۳۹۳) روی تاتوره و اوزدمیر و همکاران (۲۰۰۵) روی بنفشه آفریقایی در یک راستا است، گفتنی است که نتایج این پژوهش با نتایج صالحی ارجمند و همکاران (۲۰۱۵) روی همیشه بهار مطابقت نداشت. بر اساس پژوهش نادری و همکاران (۱۳۹۷) سبک‌تر شدن بستر کشت عاملی برای بهبود در توسه رشدی و عملکردی گیاه همیشه بهار است. گفتنی است که نتایج این پژوهش با ایشان در یک راستا بود.

بر اساس شکل ۵، بیشترین و کمترین میزان از وزن خشک شاخه‌های جانبی به‌ترتیب با ۰/۶۷ و ۰/۱۷ گرم در تیمارهای S1W2 و S3W1 مشاهده شد (اعداد میانگین ۳ تکرار است)، گفتنی است که استفاده از آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا در هر سه بافت خاک موجب به بهبود این صفت شده است. در این صفت بین تیمارهای S1W3، S3W2 و S3W3 تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. افزایش میدان مغناطیسی از ۰/۳ به ۰/۶ تسلا در بافت‌های سبک‌تر سبب بهبود این صفت؛ ولی در بافت S1 منجر به کاهش این صفت نسبت به تیمار آبیاری بدون اعمال میدان مغناطیسی شد. در صفت وزن خشک برگ نیز بیشترین میزان مربوط به تیمار S3W1 (۲/۹ گرم) و کمترین مقدار ان نیز با ۱/۲ گرم در تیمار S1W3 مشاهده شد (شکل ۵). گفتنی است که استفاده از آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا در بافت‌های S2 و S3 نسبت به تیمار آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا اثر مثبت بیشتری بر این صفت داشت. در اکثر تیمارها در این صفت اثر معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد.

مطابق با نتایج، هر چه بر شدت میدان‌ها اضافه شود ارتفاع و وزن تر و خشک اندام‌های گیاه افزایش می‌یابد که با نتایج راکوسیو و همکاران (۲۰۰۸) و ناشیر (۲۰۰۸) مطابقت دارد. در پژوهش السید و السید (۲۰۱۴) اثر مثبت میدان‌های مغناطیسی روی سطح برگ گیاه باقلا مشاهده شد که نتایج این پژوهش با نتایج ایشان مطابقت دارد. افزایش مادهٔ خشک گیاهی به‌دلیل اثر میدان مغناطیسی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و اثر آن بر توسعهٔ سیستم ریشه و بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش سیستم دفاعی گیاه میزبان مرتبط دانست (سانگ، ۲۰۰۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفت‌های مورد بررسی گیاه دارویی گل همیشه بهار

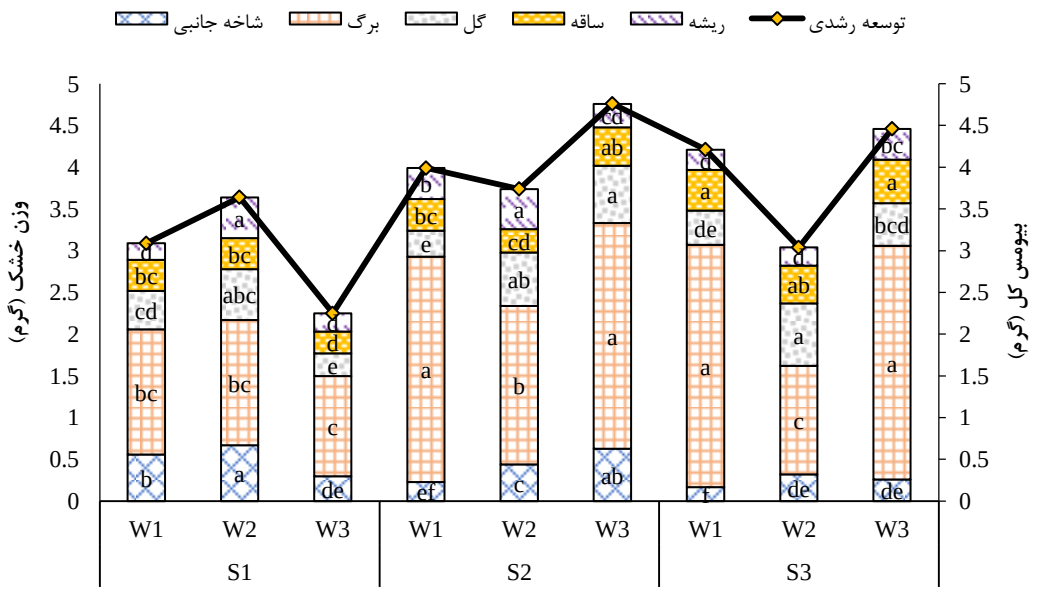
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن خشک شاخهٔ جانبی	وزن خشک برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک گل	تعداد گل	تعداد برگ	طول ریشه	حجم ریشه	ارتفاع
بافت خاک	۲	۰/۱۷ ^{xx}	۳/۰ ^{xx}	۰/۰۳ ^{x}	۰/۰۶ ^{xx}	۰/۰۲۵ ^{x}	۲۰/۲۶ ^{xx}	۱۱۳/۹ ^{x}	۴۰/۳ ^{ns}	۱۲/۱ ^{xx}	۴۴/۵ **
میدان مغناطیسی	۲	۰/۰۶ ^{xx}	۱/۷۱ ^{xx}	۰/۱۷ ^{xx}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۴۳ ^{xx}	۲/۸۱ ^{ns}	۶۲/۷ ^{ns}	۱۱۴/۸ *	۲۸/۸ **	۵/۶ **
بافت خاک × میدان مغناطیسی	۴	۰/۰۹ ^{xx}	۰/۷۴ ^{xx}	۰/۰۷ ^{xx}	۰/۰۲ ^{x}	۰/۰۴۴ ^{xx}	۰/۹۳ ^{ns}	۵۳/۷ ^{ns}	۱۴/۰ ^{ns}	۱/۵ *	۱/۲ ^{ns}
خطا	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۹۳	۱۹/۶	۱۹/۳	۰/۲۵	۱/۱۵
ضریب تغییرات		۱۰/۸	۱۶/۹	۱۷/۴	۱۴/۸	۱۵/۸	۲۱/۸	۱۵/۴	۱۷/۴	۹/۵	۱۵/۵

^{xx}، ^{x} و ^{ns} به‌ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین میانگین‌های صفت‌های ساده میدان مغناطیسی و بافت خاک روی گیاه دارویی گل همیشه بهار

ترکیبات تیماری	تعداد گل	تعداد برگ	طول ریشه	ارتفاع
	عدد		سانتی‌متر	
آب معمولی	۳/۹۸ b	۳۱/۸۹ a	۲۱/۷۲ b	۱۶/۸ b
آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا	۴/۳۳ ab	۲۷/۱۱ b	۲۸/۸۶ a	۱۷/۷ a
آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا	۵/۰۰ a	۲۷/۵۶ ab	۲۴/۹۵ ab	۱۸/۳ a
LSD (0.05)	۰/۹۵	۴/۴	۴/۳۵	۰/۹
سیلتی رسی	۲/۸۹ c	۲۵/۲ b	۲۲/۸۶ a	۱۵/۱ b
لوم رسی	۴/۴۴ b	۳۲/۳ a	۲۵/۶۷ a	۱۸/۷ a
لوم شنی	۵/۸۹ a	۲۹/۰ ab	۲۷/۰۰ a	۱۹/۱ a
LSD (0.05)	۰/۹۵	۴/۴	۴/۳۵	۰/۹

حروف مشترک در هر یک از ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۵- اثر متقابل آب مغناطیسی و بافت خاک بر توسعه رشدی و وزن خشک اندام‌های مختلف گل همیشه بهار

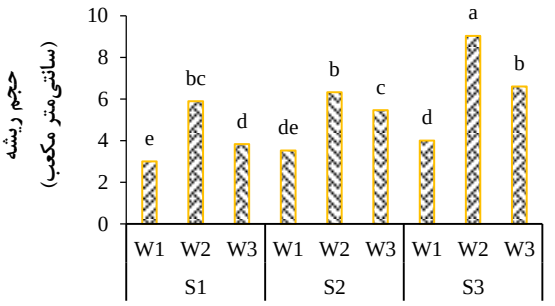
(حروف مشترک در هر یک از ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.)

استفاده از تیمار آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا در آبیاری گیاه گل همیشه بهار در صفت وزن خشک گل در هر ۳ بافت خاک اثر مطلوب‌تری نسبت به تیمار ۰/۶ تسلا داشت؛ به‌گونه‌ای‌که بیشترین میزان این صفت در بافت‌های S1، S2 و S3 با میزان ۰/۶۱، ۰/۶۴ و ۰/۷۵ گرم در این تیمار آب مغناطیسی (شکل ۵) و کمترین میزان این صفت نیز در تیمار S1W3 با ۰/۲۷ گرم مشاهده شد. از جمله دلایل بهبود در توسعه رشدی و عملکرد گل همیشه بهار در بسترهای مختلف می‌توان به بهبود در توسعهٔ ریشه در بسترهای سبک‌تر و دستیابی بیشتر به مواد غذایی و آب اشاره کرد. همچنین می‌توان دلیل بهبود در این صفت در تیمارهای آب مغناطیسی را افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه‌ها در بسترهای مورد بررسی دانست. از طرفی توسعهٔ بهتر ریشه گیاهان تحت تیمار با آب مغناطیسی (که نظم در آرایش مولکول‌های آب و املاح موجود را در پی دارد) فراهمی آب و مواد غذایی را نیز در این وضعیت به همراه دارد، آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه به راحتی در اختیار ریشه قرار می‌گیرد، گیاه برای محیا کردن نیازهای خود، نیازی به صرف انرژی زیادی ندارد و انرژی خود را برای بهبود در عملکرد و ماده خشک صرف می‌کند (کنیا و پارسونز، ۲۰۰۵). در صفت وزن خشک ساقهٔ اصلی نیز هرچه خاک سبک‌تر شود، میزان این صفت در هنگام استفاده از آب‌های مغناطیسی افزایش می‌یابد؛ به‌گونه‌ای‌که بیشترین میزان این صفت در تیمار S3W3 با ۰/۵۲ گرم در بوته و کمترین میزان آن نیز در تیمار S1W1 (۰/۲ گرم) مشاهده شد (شکل ۵). در صفت وزن خشک ریشه نیز بیشترین میزان در تیمار S1W2 با ۰/۴۹ گرم و کمترین مقدار نیز در تیمار S1W1 (۰/۲ گرم) مشاهده شد (شکل ۵). به‌طور کلی مطابق شکل ۵ بیشترین میزان بیومس کل یا به عبارتی دیگر توسعهٔ رشدی گیاه گل همیشه بهار در تیمار استفاده از آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۶ تسلا و در خاکی با بافت لوم رسی(S2W3) با ۴/۷۶ گرم مشاهده شد که بیشترین سهم این صفت را وزن خشک برگ به خود اختصاص داده است. همچنین کمترین میزان توسعهٔ رشدی گیاه نیز در تیمار S1W3 (۲/۲۵ گرم) مشاهده شد. در بافت‌های سبک‌تر نظیر لوم رسی و لوم شنی استفاده از آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۶ تسلا سبب بهبود بیومس کل؛ ولی در بافت سیلتی رسی استفاده از این میدان مغناطیسی منجر به کاهش بیومس کل نسبت به تیمار آبیاری با آب معمولی شده است و بهتر است در این نوع خاک از آبیاری با آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا استفاده شود. بر اساس شکل ۶ بیشترین میزان حجم ریشه در تیمار S3W2 (۹/۰۳ سانتی‌متر مکعب) و کمترین میزان آن نیز در تیمار S1W1 با ۳/۰ سانتی‌متر مکعب مشاهده شد. گفتنی است که در این صفت بین تیمارهای S1W3، S2W1 و S3W1، بین تیمارهای S1W1 و S2W1، بین تیمارهای S2W2 و S3W3 از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه میانگین‌ها دارای اختلاف معنی‌دار نبود. با توجه به افزایش خلل و فرج موجود در بافت‌های سبک توسعهٔ ریشه بهبود یافته و استفاده از آب‌های مغناطیسی نیز در بهبود توسعه ریشه نقش داشته است. هنگام استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری جذب مواد غذایی و آب توسط گیاه (به‌دلیل بهبود در آرایش مولکول‌ها و کاهش کشش سطحی آب)، فتوسنتز و به تبع آن شیرهٔ پروردهٔ تولیدی افزایش می‌یابد و افزایش ماده خشک گیاهی را به‌همراه دارد (کیانی، ۱۳۸۶؛ قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ هزین و عبدالقدوس، ۲۰۱۰؛ کاوی، ۱۹۷۷). آبیاری با آب مغناطیسی سبب بهبود در توسعه و رشد ریشه‌ها، بیشتر شدن ناحیهٔ جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه شده است. همچنین اعمال آبیاری با آب مغناطیسی افزایش سرعت رشد ریشه‌ها و به تبع آن گیاه را در پی دارد. افزایش توسعهٔ ریشه خود دلیلی بر بهبود سطح، حجم، وزن تر و خشک ریشه است (تورکر و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج پژوهش‌های متعددی نشان از اثر مثبت آب مغناطیسی روی رشد رویشی و زایشی گیاه دارد؛ برای مثال در پژوهش دسوزا و همکاران (۲۰۰۶) روی گوجه، بانژاد و همکاران (۱۳۹۲) روی ریحان و عبدالرزاق تاهیر و هاما کریم (۲۰۱۰) روی نخود این مهم ارائه شده است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های گذشته همسان است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیان‌کنندهٔ این است که بیشترین میزان تعداد گل، تعداد برگ، طول ریشه و ارتفاع گیاه به‌ترتیب در تیمارهای آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا (۵/۰ عدد)، آب معمولی (۳۱/۸۹ عدد)، آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا (۲۸/۸۶ سانتی‌متر) و آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا

(۷/۶۹ سانتی‌متر) اتفاق افتاد. استفاده از آب عبوری از میدان‌های مغناطیسی ۰/۳ و ۰/۶ تسلا در آبیاری گیاه دارویی گل همیشه بهار به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱/۳۴ و ۲۸/۵ درصدی در تعداد گل و کاهش ۱۴/۹۹ و ۱۳/۵۸ درصدی در تعداد برگ شد. با توجه به اهمیت گل گیاه همیشه بهار، استفاده از تیمار آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا در آبیاری آن نسبت به تیمار ۰/۶ تسلا در صفت وزن خشک گل در هر ۳ بافت خاک اثر مطلوب‌تری داشته و بیشترین میزان این صفت در بافت‌های مختلف در آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۳ تسلا مشاهده شده است (S1، S2 و S3 با میزان ۰/۶۱، ۰/۶۴ و ۰/۷۵ گرم). به‌طور کلی استفاده از آب مغناطیسی در هر ۳ بافت که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته بود، سبب بهبود رشد گیاه همیشه بهار و عملکرد گل آن نسبت به تیمار شاهد شده است. در این پژوهش تیمار بهینه برای حصول عملکرد گل و توسعه رشدی حداکثری در بافت لوم رسی و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا بود.



شکل ۶- اثر متقابل آب مغناطیسی و بافت خاک بر حجم ریشه گیاه گل همیشه بهار

(حروف مشترک در هر یک از ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.)

منابع

۱. بانژاد ح. مکاری قهرودی ا. اثنی عشری م. و لیاقت ع. ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان. آبیاری و زهکشی ایران. ۷(۲): ۱۷۸-۱۸۳.

۲. بهشتی ف. عزیزی ا. و سپهری مقدم ح. ۱۳۹۴. اثر مقادیر ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی ارقام همیشه‌بهار در شرایط تنش خشکی. تولید گیاهان زراعی. ۸(۲): ۱۷۱-۱۹۴.

۳. تبریزی ل. دژابون ف. مستوفی ی. و مریدی م. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر نهاده های آلی بر ویژگی های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی همیشه بهار. کشاورزی بوم شناختی. ۱(۲): ۳۴-۵۱.

۴. جعفرزاده ل. امیدی ح. و بستانی ع. ۱۳۹۳. بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار. پژوهش‌های گیاهی. ۲۷(۲): ۱۸۰-۱۹۳.

۵. دانشیان ج. رحمانی ن. و علیمحمدی م. ۱۳۹۱. تاثیر کاربرد کود دامی و نیتروژن بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط تنش خشکی. یافته‌های نوین کشاورزی. ۶(۳): ۲۳۲-۲۵۳.

۶. رجبی ر. ا. نوری حسینی نیاکی س. ع. و مسجدی ه. ۱۳۸۹. راهبرد کاربرد آب مغناطیس در توسعه کشاورزی پایدار ایران. نجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. خوراسگان. ایران. ۲۷ بهمن ماه ۱۳۸۹. ۱-۴.

۷. رستگار س. و صادقی لاری ع.۱۳۹۴. اثر آب مغناطیسی بر جوانه‌زنی وخصوصیات رشد اولیه بذر گوجه فرنگی. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۳-ب): ۴۰۹-۴۱۷.

۸. صمدیار ح. راهی ا. ر. شیرمحمدی ک. تقی‌زاده ف. و کدخدا ز. ۱۳۹۳. تأثیر پالایش الکترونیکی آب (آب مغناطیسی) بر آلکالوئید هیوسین دانه و برخی صفات مورفولوژیکی دو گونه تاتوره. گیاه و زیست‌بوم . ۴: ۵۹-۷۲.

۹. علی‌اکبری ا. و زندپارسا ش. ۱۳۹۶. تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر رشد و عملکرد درخت پسته درشهرستان انار استان کرمان. علوم و مهندسی آبیاری. ۴۰(۳): ۱۲۳-۱۳۶.

۱۰. فلاح س. ۱۳۸۷. آبیاری مغناطیسی و کاربرد های مختلف آن. انتشارات عشق دانش. ۲۵۷ ص.

۱۱. قناویزچی ف. تهرانی‌فر ع. کهربائیان م. و حلاج‌نیا ا. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر برخی پارامترهای مورفولوژویکی گل همیشه بهار تحت تنش شوری آب. ششمین کنفرانس بین‌المللی

پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی. دانشگاه خوارزمی. تهران. ایران. ۲۶ بهمن ماه ۱۳۹۷. ۱-۸.

۱۲.قدمی فیروزآبادی ع. خوش روش م. شیرازی پ. و زارع ابیانه ح. ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم آبیاری و شوری آب. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۱): ۱۳۱-۱۴۳.

۱۳.کلهر م. دهستانی اردکانی م. شیرمردی م. و غلام‌نژاد ج. ۱۳۹۸. اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی صفات فیزیکوشیمیایی گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری. تولیدات گیاهی. ۴۲(۱): ۸۹-۱۰۲.

۱۴.کیانی ع. ر. ۱۳۸۶ . آب مغناطیسی پدیده‌ای نو در ارتقاء بهره‌وری آب. زیتون. ۱۸۳. ۱-۹.

۱۵.مجتبوی ک. و درزی م. ت. ۱۳۹۶. اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر عملکرد گل، اجزای عملکرد و کیفیت اسانس گیاه دارویی همیشه بهار. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳(۶): ۱۰۳۴-۱۰۴۶.

۱۶.محمودی ق. و قنبری ع. راستگو م. قلی زاده م. و طهماسبی ا. ۱۳۹۵. بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود در شرایط آب و هوایی مشهد. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۲): ۳۸۰-۳۹۱.

۱۷.نادری د. امین‌الرعایا س. و گلپرور ا.ر. ۱۳۹۷ . تاثیر کاربرد موادآلی و بازیافتی بر تعدادی از خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و کیفی همیشه بهار. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۴: ۱-۱۱.

۱۸.هاشم‌آبادی د. ۱۳۹۶. تغییر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تحت تأثیر انواع آب و دور آبیاری در گیاه زینتی پروانش. علوم باغبانی ایران. ۴۸(۱): ۴۹-۵۹.

19. Abdul-Razzak Tahir N. and Hama Karim H.F. 2010. Impact of magnetic application on the parameters related to growth of chickpea (Cicer arietinum L.). Journal of Biological Sciences. 3(4): 175-184.
20. Aladjadjiyan A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriclture 8(3): 369-380.
21. Baradaranrad A. Arouiee H. and Tehranifar A. 2016. Effect of magnetic field on germination of two Calendula officinalis L. cultivars. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 7: 662-668.
22. Belyavskaya N. A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. Advances in Space Research 34: 1566-1574.
23. De Souza A. Garci D. Sueiro L. Gilart F. Porras E. and Licea L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. Bioelectromagnetics. 27: 247-257.
24. El Sayed H. and El Sayed A. 2014. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (Vicia faba L.) plant. American Journal of Experimental Agriculture. 4(4): 476-496.
25. Flórez M. Martínez E. and Carbonell M. V. 2012. Effect of magnetic field treatment on germination of medicinal plants Salvia officinalis L. and Calendula officinalis L. Polish Journal of Environmental Studies 21(1): 57-63.
26. Hassan A. Z. 2014. Effect of magnetized irrigation water with different gausses on the growth and mucilage percentage on two varieties of Calendula officinalis L. Journal of Biotechnology Research Center. 8(3): 5-10.
27. Hozayn M. and Abdul Qados A. M. S. 2010. Magnetic water application for improving wheat (Triticum aestivum L.) crop production. Agriculture and Biology of North America. 1(4): 677-682.
28. Kavi P. S. 1977. The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity. Science and Culture. 43: 405-406.
29. Kenya A. D. and Parsons S. A. 2005. A spectrophotometer- based study of magnetic water: Assessment of ionic vs. surface mechanisms. Water Research. 40: 517-524.
30. Majd A. and Shabrangi A. 2009. Effect of seed pretreatment by magnetic fields on seed germination and ontogeny growth of agricultural plants. Progress in Electro-magnetic Research Symposium, Beijing, China, March 23-27.
31. Mohammadi R. and Roshandel P. 2020 a. Alternation 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.
32. Mohammadi R. and Roshandel P. 2020 b. Ameliorative Effects of a Static Magnetic Field on Hyssop (Hyssopus officinalis L.) Growth and Phytochemical Traits Under Water Stress. Bioelectromagnetics. 41(6):

403-412.
33. Nashir S. H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Engineering and Technology. 26(9): 16-20.
34. Nikbakht J. Khande Royan M. Tavakoli A. and Taheri M. 2013. the effect of low irrigation with magnetic water on yield and water use efficiency of corn. Journal of Agricultural Research in Water. 27(4): 551-563.
35. Ozdemir S. Hulusi Dede O. and Koseoglu G. 2005. Electromagnetic water treatment and water quality effect on germination, rooting and plant growth on flower. Asian Journal of Water Environment and Pollution. 2(2): 9-13.
36. Racuciu M.D. Creanga I. and Horga I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Rom. Journal of Physiology. 53(1-2): 353-359.
37. Safana H. S. 2017. Effect of magnetized water and spraying 0f IBA on the growth and flowering of Calendula officinalis L. Kufa Journal for Agricultural Science. 9(1): 87-103.
38. Salehi Arjmand H.S. and Sharafi S. 2015. Effect of Magnetic Field on Seed Germination and Early Growth of Calendula officinalis L. Journal of Ornamental and Horticultural Plants. 5(2): 91-96.
39. Song H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology. 1(3): 44-48.
40. Turker M. Temirici 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. 46: 271-284.
41. Ulgen C. Yıldırım A.B. and Turker A.U. 2017. Effect of Magnetic Field Treatments on Seed Germination of Melissa officinalis L. International Journal of Secondary Metabolite. 4(3, Special Issue 1): 43-49.
42. Zarrinabadi I. G. Razmjoo J. Mashhadi A. A. Karimmojeni H. and Tseng T. M. 2019. Irrigation effect on yield and desirable metabolites of pot marigold (Calendula officinalis L.) genotypes. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 60(4): 467-478.