

اثر آبیاری با آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

سید محمد جواد میرزائی^{۱*}، مجتبی خوشروش^۲، وحید شمس آبادی^۳، زهرا شیرمحمدی علی اکبرخانی^۴ و مسعود پورغلام آمیجی^۵

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت و نیاز غذایی و رو به کاهش بودن زمین‌های کشاورزی حاصلخیز و بدون مشکل شوری، نیاز به آبیاری با آب با کیفیت مناسب، هر روز ارزشمندتر می‌شود. با توجه به محدودیت آب برای کشت محصولات زراعی، استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب شور، یکی از مناسب‌ترین روش‌های افزایش بهره‌وری از زمین‌های کشاورزی است. یکی از روش‌ها استفاده از فناوری آب مغناطیسی است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان بابلسر انجام شد. تیمارهای شوری آب آبیاری شامل $0/6 (S_1)$ ، $3 (S_2)$ و 6 دسی‌زیمنس بر متر (S_3) در شرایط اعمال میدان مغناطیسی (I_1) و بدون میدان مغناطیسی (I_2) بود. نتایج نشان داد که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار شد. به‌طور متوسط، آبیاری با آب شور مغناطیسی شده باعث افزایش $12/73$ درصد در عملکرد دانه و افزایش $22/13$ درصد در عملکرد بیولوژیک ذرت نسبت به آب غیرمغناطیسی شد. همچنین اجزای عملکرد ذرت با افزایش درجه شوری آب، کاهش یافت. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که از فناوری آب مغناطیسی می‌توان برای بهبود عملکرد گیاه بهره برد.

واژه‌های کلیدی: آب‌های نامتعارف، شوری آب، میدان مغناطیسی، محصولات زراعی.

ارجاع: میرزائی س. م. ج. خوشروش م. شمس آبادی و. شیرمحمدی ز. اکبرخانی ع. و پورغلام آمیجی م. ۱۴۰۲. اثر آبیاری با آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله پژوهش آب ایران. ۵۰: ۶۷-۵۷. <https://dx.doi.org/10.22034/TWRJ.2023.14264.2500>

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳- گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران.
۴- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران.
۵- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: javadmirzaee61@gmail.com و j.mirzaei@tjamcaas.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

مقدمه

تأمین امنیت غذایی-آبی جمعیت در حال رشد جهان یکی از نگرانی‌های عمده بشر است، زیرا منابع موجود حتی جوابگوی نیازهای جمعیت فعلی کره زمین نیز نیست (میرون و همکاران، ۲۰۲۳). در چند دهه اخیر به دلیل افزایش جمعیت و محدودیت منابع غذایی، تقاضا برای محصولات کشاورزی افزایش یافته است. براساس آخرین آمارنامه محصولات کشاورزی در کشور، سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در حدود ۹۰ هزار هکتار بوده و از این سطح بیش از ۶۶۸ هزار تن محصول تولید شده است. میزان تولید ذرت علوفه‌ای در کشت آبی و دیم نیز بیش از ۱۲/۷ میلیون تن بوده و سطح زیرکشت آن در کشور بالغ بر ۲۶۱ هزار هکتار گزارش شده است. این موضوع اهمیت این محصول در چرخه تولید مواد غذایی را بیان می‌کند (سالاریه و همکاران، ۱۴۰۰).

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه افزایش جمعیت، تغییرات آب‌وهوا، کمبود زمین و مدیریت نادرست آب و خاک، سبب کاهش حاصلخیزی خاک و در نتیجه محدودیت در تأمین عناصر غذایی ضروری گیاه شده است (پورغلام آمیجی و خوشروش، ۱۴۰۱). با توجه به قرارگیری ایران در منطقه‌ای با شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک، کافی نبودن منابع آب با کیفیت مناسب و همچنین شور و آهکی بودن بیشتر خاک‌ها، بدیهی است که باید راهکارهایی برای ارتقای کیفیت آب در نظر گرفته شود (پورغلام آمیجی و همکاران، ۲۰۲۰). کم‌آبی و کاهش هزینه‌های بسیار بالای توسعه منابع آبی جدید و حفاظت محیط‌زیست، استفاده از آب‌های نامتعارف را ضروری می‌سازد. منجشیرینی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری بررسی کردند و نشان دادند که به ازای یک واحد افزایش شوری آب آبیاری، ارتفاع، وزن خشک و سطح برگ گیاه به ترتیب ۱/۹۴، ۶/۱۶ و ۱/۸۵ درصد کاهش یافت. خوش‌سیما و نوری (۱۳۹۸) اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و صفات زراعی سه هیبرید ذرت را با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که صفات وزن تر علوفه تولیدی، وزن خشک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه تحت تأثیر سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری داشتند و بالاترین

مقدار هریک از این صفات در تیمار شاهد و پایین‌ترین مقدار آن در تیمار حداکثر شوری مشاهده شد. یافتن راه‌های سریع‌تر و ارزان‌تر برای اصلاح آب‌های نامتعارف بسیار با اهمیت است. یکی از راهکارها استفاده از فناوری‌های نوین از جمله فناوری مغناطیسی به عنوان روش زیستی می‌تواند بسیار مفید باشد. عبور آب از یک میدان مغناطیسی باعث تغییر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مانند کشش سطحی، قابلیت حل نمک‌ها، تغییر ساختار خوشه‌ای، زنجیره پیوند هیدروژنی مولکول‌ها، افزایش اثرات دوقطبی مولکول‌های آب و تغییر در ضریب شکست نور و اسیدیته آب می‌شود (حیدرپور و همکاران، ۲۰۱۶؛ کیانی و همکاران، ۲۰۱۵). آب مغناطیسی آبی است که از میدان مغناطیسی در حدود ۰/۱ تسلا تا شدت‌های بالاتر در طی چند ثانیه تا چند دقیقه عبور می‌کند و تغییراتی در خصوصیات آن ایجاد می‌شود که از چند ساعت تا چند روز اثرات آن باقی می‌ماند (کولیک و مورس، ۱۹۹۹). آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی، کشش سطحی کمتر و قابلیت نفوذ و حلالیت بیشتری دارد و سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل، رنگدانه، اسید نوکلئیک و قطبی‌شدن ملکول‌ها در سلول‌های زنده گیاهان می‌شود (خوشروش و همکاران، ۱۴۰۰ الف). یکی از تغییراتی که در آب مغناطیسی ایجاد می‌شود، نحوه آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب است. از آنجا که به‌طور طبیعی بین نیروهای خالص مولکول‌های آب اختلاف کمی وجود دارد، مولکول‌های آب به‌طور کاملاً تصادفی قرار دارند. در صورتی که یک جسم دارای قدرت مغناطیسی با یکی از قطب‌هایش، مثلاً قطب جنوب (دارای بار مثبت) به آب نزدیک شود، مولکول‌های آب با قطب منفی به منبع مغناطیس نزدیک‌تر و مولکول‌ها با بار مثبت از آن دور می‌شوند. این روند باعث می‌شود مولکول‌های آب از حالت بی‌نظمی به صورت مرتب درآمده و نوع پیوند اکسیژن-هیدروژن از حالت مثلثی به شکل یک خط تغییر کند. در این شرایط هیدروژن‌های مثبت دارای نیروی بیشتری شده و در نهایت نیروی منفی خالص مولکول‌های آب به نیروی مثبت خالص آب مغناطیسی تبدیل می‌شود، در نتیجه بار الکتریکی مولکول‌های آب در این شرایط نسبت به آب معمولی متفاوت خواهد بود و ضمن تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر از آب، باعث افزایش تعداد

مصرف آب گیاه ذرت را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد پساب بیشترین بهره‌وری مصرف آب را داشت که با تیمار شاهد ۷/۶ کیلوگرم بر مترمکعب اختلاف داشت و این اختلاف در تیمارهای مخلوط آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی برابر با ۴/۷ کیلوگرم بر مترمکعب و معنی‌دار بود. نیکبخت و طالعی (۱۳۹۸) تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد گیاه ذرت را در روش آبیاری قطره‌ای-نواری بررسی کردند و نشان دادند آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش عملکرد ذرت و افزایش کارایی مصرف آب شد. آقامیر و همکاران (۱۳۹۷) در آزمایشی به بررسی کاربرد آب شور مغناطیسی بر جذب عناصر غذایی در گیاه لوبیا پرداختند و مشاهده کردند که با افزایش شوری، جذب عناصر غذایی پر مصرف و پروتئین، کاهش و جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و جذب سدیم افزایش می‌یابد و با افزایش آب مغناطیسی، جذب همه عناصر غذایی و درصد پروتئین در دانه و برگ لوبیا افزایش می‌یابد. حمای و ایمانی (۱۴۰۰) اثر آب مغناطیسی بر خصوصیات رشدی و عملکرد چای ترش تحت تنش کمبود آب را بررسی و مشاهده کردند که آبیاری با آب مغناطیسی باعث بهبود صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک و تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه و کاسبرگ و تعداد غوزه در بوته شد. ژو و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر آبیاری مغناطیسی بر بهبود خاک شور و رشد پنبه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی موجب تغییر توزیع آب و نمک در خاک شور شد و همچنین افزایش رشد پنبه (ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و کلروفیل) در خاک‌هایی با شوری کم را در پی داشت.

با توجه به وجود منابع آب نامتعارف با حجم بسیار بالا در کشور و اهمیت استفاده از این آب‌ها و همچنین کشت گیاه ذرت در منطقه، استفاده از آب‌های نامتعارف امری ضروری است. همچنین استفاده از فناوری آب مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش اثرات سوء شوری آب و درنهایت تأثیر بر گیاه باشد. تاکنون پژوهش‌های زیادی درباره اثر آب مغناطیسی در حضور آب شور، کم‌آبیاری، پساب‌ها و... بر خاک و برخی گیاهان انجام شده، اما پژوهش‌های اندکی درباره اثر آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد گیاه ذرت انجام شده است؛ بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اثر آب شور

مولکول‌های آب در واحد حجم و همچنین افزایش قدرت حلالیت آب شود (خوش‌روش و همکاران، ۱۴۰۰). فعالیت عناصر غذایی موجود در خاک در زمان‌های مختلف و فواصل مختلف از منبع آب مغناطیسی متغیر است و رفتار آب مغناطیسی نیز در انتقال عناصر غذایی در خاک مانند آب معمولی نیست (الخازان و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات نشان داده که آب مغناطیسی، عملکرد گیاهان را در حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد افزایش داده است. مطالعات گسترده‌ای در زمینه اثرات سودمند آب مغناطیسی در مراحل اولیه رشد، جوانه‌زدن بذر، رشد گیاهچه، رشد زایشی و تعداد گل، تولید دانه در غلات، حبوبات، ذرت، سیب‌زمینی، توت‌فرنگی و برنج انجام شده است (مورجن و همکاران، ۲۰۰۷؛ شاین و گوروپراساد، ۲۰۱۱؛ طیار و همکاران، ۲۰۱۱).

قرار گرفتن گیاهان در میدان مغناطیسی و عبور دادن آب آبیاری مورد استفاده از یک میدان مغناطیسی می‌تواند راهی برای افزایش کمیت محصول و بهره‌وری آب باشد (قدمی و همکاران، ۲۰۱۶). بی‌ریوکوف و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که آب مغناطیسی ممکن است سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلولی دانه، تغییر pH دو طرف غشای سلولی، افزایش فعالیت یون کلسیم و کاهش فعالیت موجودات ذره‌بینی مضر شود.

اثر آب مغناطیسی بر شاخص‌های رشد گیاهان دولپه مانند نخود و عدس و تک‌لپه نظیر گندم و کتان به‌ترتیب عملکرد را ۳۸/۵، ۲۴/۹، ۳۱/۱ و ۹/۱ درصد افزایش داده و درصد پروتئین‌ها را در مقایسه با آب معمول افزایش یافته است (هوزین و همکاران، ۲۰۱۰). در گیاه ذرت نیز باعث افزایش عناصر پتاسیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز، روی و کاهش عنصر سدیم شده است (راداکاریشان و کوماری، ۲۰۱۲). همچنین آبیاری با آب مغناطیسی تصفیه‌شده و شور (غلطت نمک ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، عملکرد کرفس را به‌ترتیب ۱۲ و ۲۳ درصد و کارایی مصرف آب را به‌ترتیب ۱۲ و ۲۴ درصد افزایش داده است و در لوبیا نیز افزایش عملکرد با آب مغناطیسی شرب، تصفیه‌شده و شور (غلطت نمک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌ترتیب ۱۲، ۷/۵ و ۱۳ درصد و افزایش کارایی آب به‌ترتیب ۷/۸، ۵/۹ و ۶ درصد بوده است (ماه‌شواری و گروال، ۲۰۰۹). نیکبخت و رضایی (۱۳۹۶) تأثیر سطوح مختلف پساب (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و آب مغناطیسی بر بهره‌وری

مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه روستای آرمیچ کلای شهرستان بابلسر با مختصات ۵۹ درجه و ۳۹ دقیقه عرض جغرافیایی (°N) و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه طول جغرافیایی (°E) در ارتفاع ۲۱- متر از سطح دریاهای آزاد انجام شد. مطابق با داده‌های درازمدت و براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای آب‌وهوای مرطوب است. مطابق با آمار درازمدت ۳۰ ساله، متوسط بارندگی سالانه منطقه، ۸۹۱ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای هوا، ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد است (پورغلام آمیجی و همکاران، ۲۰۲۱).

لایسیمترهای مورد استفاده از جنس PVC با قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بودند. تعداد کل لایسیمترها براساس تیمار و تکرار برابر با ۱۸ عدد بود. برای خارج کردن آب اضافی از لایسیمترها، لوله‌هایی از جنس PVC به قطر ۵ سانتی‌متر و طول ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. روی لوله‌ها سوراخ‌هایی به قطر دو میلی‌متر و به فاصله ۲/۵ سانتی‌متر در ۴ ردیف در ۵۰ سانتی‌متر از طول لوله به‌عنوان زهکش در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از ورود ذرات خاک به درون لوله‌های زهکش، از صافی ژئوتکستایل در اطراف لوله زهکش استفاده شد. این صافی پس از دوخت به‌صورت پوششی هم‌قطر با لوله، به دور آن کشیده شد. لوله‌های زهکشی

به‌طور افقی در پنج سانتی‌متری کف لوله قرار گرفتند. به‌طوری‌که سر مسدود آن‌ها در داخل لایسیمتر و سر باز آن‌ها خارج از لایسیمتر قرار می‌گرفت. محل اتصال لوله با بدنه لایسیمتر از داخل و بیرون آب‌بندی شد.

پس از تهیه خاک از راضی تحت کشت محصولات زراعی اطراف، پرکردن لایسیمترها با خاک مربوط در چند مرحله انجام شد. خاک به‌صورت لایه‌ای به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر در لایسیمترها ریخته شد و پس از تسطیح، لایه‌های بعدی اضافه شد. پس از پرشدن نصف لایسیمتر، برای نشست و تحکیم، مقداری آب به خاک اضافه شد و اضافه‌کردن خاک تا پرشدن لایسیمتر ادامه یافت. سپس مجدداً با افزودن آب و پس از نشست، فضای خالی باقی‌مانده تا ارتفاع پنج سانتی‌متر پایین‌تر از لبه فوقانی لایسیمترها، از خاک پر شد. قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). دلیل استفاده از لایسیمترها، فقط کنترل دقیق‌تر محیط کشت و تولید داده‌های معتبر بود. شاید بتوان یک محیط وسیع همانند مزرعه را تحت تیمارهای مختلف آب شور قرار داد، اما برای تیمارهایی که آب مغناطیسی داشتند، شرایط کمی متفاوت است. چون آب مغناطیس‌شده با محیط اطراف واکنش نشان داده و شرایط آزمایش از حالت تعادل خارج می‌شود؛ بنابراین تصمیم بر این شد که کشت درون لایسیمتر با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای اما در هوای آزاد و محیط مزرعه باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لایسیمترها

Cd	Pb	Na	Mg	Ca	EC (dS/m)	pH	ρ_b (g/cm ³)	بافت خاک	ذرات تشکیل‌دهنده خاک (%)			عمق (سانتی‌متر)
									رس	سیلت	شن	
۰/۰۲۲	۱/۰۱	۱۷/۹	۱۲/۱	۹/۲	۱/۸	۷/۴	۱/۴۸	لومی	۳۵/۲۷	۴۵/۰۴	۱۹/۶۹	۳۰-۰
۰/۰۲۲	۱/۰۰	۱۷/۸	۱۱/۹	۹/۵	۱/۹	۷/۳	۱/۵۰	لومی	۳۵/۵۰	۴۵/۱۶	۱۹/۳۴	۶۰-۳۰
۰/۰۲۵	۱/۰۲	۱۸/۰	۱۲/۰	۹/۵	۱/۸	۷/۵	۱/۵۵	لومی	۳۵/۰۶	۴۵/۳۹	۱۹/۵۵	۹۰-۶۰

که در تیمارهای آب مغناطیسی شده، دستگاه ایجاد میدان مغناطیسی روی خط لوله نصب شد و آبی که برای آبیاری این تیمارها در نظر گرفته می‌شد، از این مجرا عبور می‌کرد. آب عبوری دبی ۱/۳ لیتر در ساعت داشت و دستگاه مورد نظر از شرکت صبا پارسیان تهیه شد. اعمال تیمار در آبیاری قطره‌ای پس از پنج-شش برگی شدن گیاه انجام شد. دلیل این بود که ضمن در نظر گرفتن تیمارهای

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای شوری آب آبیاری شامل ۰/۶ (S₁)، ۳ (S₂) و ۶ دسی‌زیمنس بر متر (S₃) در شرایط اعمال میدان مغناطیسی (I₁) و بدون میدان مغناطیسی (I₂) بود. مغناطیس کردن آب آبیاری با عبور آب از میان یک آهن‌ربای دائمی با شدت میدان مغناطیسی ۰/۳ تسلا ایجاد شد. روش کار بدین‌صورت بود

شوری آب نشان می‌دهد که بین تمامی تیمارهای شوری ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). افزایش شوری آب باعث کاهش وزن زیست توده و پوشش سبز در گیاه ذرت شد و این کاهش در تیمار آب ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشهودتر از شوری‌های دیگر بود. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک و در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید، افزایش یافته و این عمل باعث افزایش تنفس، کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود.

با اعمال میدان مغناطیسی، وزن بوته در تیمارهای مغناطیسی به‌طور متوسط ۱۶/۳۲ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش نشان داد که این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج این پژوهش با یافته‌های حبیبی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش دادند که آبیاری ذرت با آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ذرت نسبت به تیمار شاهد شد و این افزایش به‌واسطه سهولت جذب آب توسط ذرت و در نتیجه افزایش رشد رویشی می‌باشد. علت اثر آب مغناطیسی را می‌توان مربوط به رشد ریشه و هدایت روزنه‌ای دانست که جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳). الگوری و یو (۲۰۰۶) نشان دادند که آب مغناطیسی سبب افزایش نفوذ آب به غشای سلولی و جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در سلول‌های ریشه می‌شود.

وزن بوته خشک

نتایج تجزیه واریانس ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر وزن بوته خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر وزن بوته خشک معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار وزن بوته خشک برابر با ۱۳۴/۰۲ گرم بود که در تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن بوته خشک به ترتیب ۱۳/۴۸ و ۲۴/۵۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای شوری آب نشان می‌دهد که وزن بوته خشک بین همه تیمارهای شوری ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۳). کاهش رشد در شرایط تنش شوری به دلیل

شوری، هدف اصلی و نهایی این بود که این عوامل چگونه تأثیر خود را بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در حضور و عدم حضور میدان مغناطیسی نشان خواهند داد. اگر از روز اول شوری‌ها اعمال می‌شد، شاید تیمار دوم و سوم حتی به عملکرد نمی‌رسید؛ از این‌رو این کار انجام شد تا میدان مغناطیسی و عدم استفاده از آن در ترکیب با شوری‌های مختلف آب، تأثیرش را بر عملکرد محصول ذرت نشان دهد. دور آبیاری ۳ روز و با در نظر گرفتن راندمان ۹۰ درصد، نیاز آبیاری مشخص شد. مقادیر آبیاری در هر تیمار توسط کنتور حجمی اعمال شد که محاسبات آن به‌صورت زیر است (سهرابی و پایدار ۲۰۱۶):

$$Td = ET_c \times [0.15 + 0.85 Pd] \quad (1)$$

$$d_n = Td \times F \quad (2)$$

$$d_g = \frac{d_n}{E} \quad (3)$$

$$V = d_g \times A \quad (4)$$

که در آن ET_c تبخیر و تعرق گیاه ذرت (میلی‌متر در روز)، Td حداکثر تعرق روزانه گیاه (میلی‌متر در روز)، Pd سطح سایه‌انداز (برحسب درصد)، F دور آبیاری (روز)، d_n عمق خالص آبی در هر دور آبیاری (میلی‌متر)، d_g عمق ناخالص آبی در هر دور آبیاری (با توجه به راندمان ۹۰ درصد آبیاری قطره‌ای برحسب میلی‌متر)، V حجم آب داده‌شده به تیمار (مترمکعب) و A مساحت کرت (برحسب مترمربع) است. در پایان دوره آزمایش، صفتهای وزن تر و خشک بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر لایسیمتر اندازه‌گیری شدند. برای تحلیل آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۲، اثر نوع آبیاری و شوری آب بر وزن بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر وزن بوته معنی‌دار نشده است. حداکثر وزن بوته برابر ۶۴۰/۷۴ گرم از تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن بوته به ترتیب ۱۵/۰۸ و ۲۷/۶۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای

تیمارهای مغناطیسی به طور متوسط ۱۷/۵۰ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش نشان داد و این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). مشابه با اثر شوری آب آبیاری که تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن بوته را داشت، وزن خشک بوته نیز چنین روندی را نشان داد؛ زیرا وزن بوته خشک از وزن بوته تر نشأت گرفته و روند تغییرات عملکرد در تناسب است.

وجود انواع تنش‌های اسمزی یا یونی است (دمکورا و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین رشد اندام‌های زایشی در اثر شوری کاهش می‌یابد (گاریگا و همکاران، ۲۰۱۵). تحت شرایط تنش شوری، تنش اسمزی باعث کاهش فتوسنتز و کاهش تولید کربوهیدرات و همچنین سبب توقف یا کند شدن انتقال جریان آب به سمت میوه‌ها شده و در نهایت اندازه میوه‌ها کاهش می‌یابد (کانایاما و کوچتف، ۲۰۱۵). با اعمال میدان مغناطیسی، وزن بوته خشک در

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر اجزای عملکرد ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن بوته	وزن بوته خشک	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۲۰/۸۶**	۱۳/۰۹**	۱۵/۰۱**	۱۳/۴۴**
نوع آبیاری	۱	۳۲۸/۰۸**	۲۷۲/۶۱**	۲۸۰/۶۷**	۲۶۰/۵۹**
شوری آب	۲	۳۵/۱۴**	۲۷/۵۰**	۳۰/۷۸**	۲۹/۰۷**
نوع آبیاری × شوری آب	۲	۲۴/۵۱ ^{ns}	۱۸/۴۶ ^{ns}	۲۰/۹۷ ^{ns}	۱۸/۱۹ ^{ns}
خطا	۱۰	۴/۲۸	۲/۴۹	۴/۰۶	۳/۵۰
ضریب تغییرات	-	۹/۵۱	۷/۷۴	۹/۳۹	۷/۷۸

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی داری در سطح احتمال یک درصد و نبود اختلاف معنی دار

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اجزای عملکرد ذرت

تیمار آزمایشی	وزن بوته (gr)	وزن بوته خشک (gr)	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (gr)
نوع آبیاری				
مغناطیسی	۵۹۰/۹۲ ^a	۱۲۸/۲۴ ^a	۵۰۱/۱۵ ^a	۱۹۰/۳۴ ^a
غیر مغناطیسی	۵۰۸/۰۱ ^b	۱۰۵/۷۹ ^b	۴۲۷/۷۸ ^b	۱۶۸/۵۹ ^b
شوری آب				
۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر	۶۴۰/۷۴ ^a	۱۳۴/۰۲ ^a	۵۵۲/۴۱ ^a	۲۰۷/۳۵ ^a
۳ دسی‌زیمنس بر متر	۵۴۴/۰۸ ^b	۱۱۵/۹۵ ^b	۴۶۰/۱۰ ^b	۱۷۴/۵۸ ^b
۶ دسی‌زیمنس بر متر	۴۶۳/۵۷ ^c	۱۰۱/۰۷ ^c	۳۸۰/۸۸ ^c	۱۵۶/۴۶ ^c

میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند.

برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی دار نیست.

احتمال ۵ درصد بود (جدول ۳). کاهش فعالیت سلول‌های مرستمی و جلوگیری از طول شدن سلول‌ها نتیجه تغییر در روابط آبی گیاهان تحت تنش شوری است که سبب کاهش شاخص‌های رشدی گیاهان می‌شود (ایدرس و همکاران، ۲۰۱۱). با اعمال میدان مغناطیسی، تعداد دانه در بلال در تیمارهای مغناطیسی به طور متوسط ۱۴/۶۴ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش نشان داد و این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). پادلئونو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تعداد غلاف و عملکرد لوبیا با اعمال آب مغناطیسی افزایش یافت.

تعداد دانه در بلال

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشاهده شد که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد؛ اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر تعداد دانه در بلال معنی دار نشد (جدول ۲). حداکثر تعداد دانه در بلال برابر با ۵۵۲/۴۱ در تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد دانه در بلال به ترتیب ۱۶/۷۱ و ۳۱/۰۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای شوری آب نشان می‌دهد که تعداد دانه در بلال بین همه تیمارهای شوری ۰/۶ و ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی دار در سطح

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)؛ اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار وزن هزار دانه برابر با ۲۰۷/۳۵ گرم مربوط به تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن هزار دانه به ترتیب ۱۵/۸ و ۲۴/۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. کاهش وزن هزار دانه ممکن است به یکی از دو دلیل کاهش میزان مواد فتوسنتزی وارد شده به بلال به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولید شده برای تنظیم اسمزی مورد نیاز یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد (خوش‌سیما و نوری، ۱۳۹۸).

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای شوری آب نشان می‌دهد که وزن هزار دانه بین همه تیمارهای شوری ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بود (جدول ۳). نتایج عبدالطیف و چاوکسینگ (۲۰۱۱) با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. افزایش شوری در محلول غذایی با اثر بر

پتانسیل اسمزی آب باعث محدود شدن جذب آب توسط گیاه می‌شود. اعمال EC بالا در محلول غذایی با اثرگذاری در کاهش جذب آب که در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی محلول غذایی است، باعث کاهش عملکرد و افزایش کیفیت می‌شود.

با اعمال میدان مغناطیسی، وزن هزار دانه در تیمارهای مغناطیسی به طور متوسط ۱۱/۴۲ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش نشان داد و این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالابودن وزن هزار دانه به عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد، سبب افزایش عملکرد محصول در شرایط آبیاری با اعمال میدان مغناطیسی است. یداللهی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند که آبیاری با آب مغناطیسی به طور متوسط باعث افزایش ۸/۶ درصدی عملکرد دانه و ۸/۷ درصدی بهره‌وری مصرف آب نخودفرنگی نسبت به آب غیرمغناطیسی شد. نیکبخت و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که سطح برگ، وزن تر و بهره‌وری مصرف آب ذرت در تیمار آب مغناطیسی به ترتیب ۹/۵، ۸/۳ و ۹ درصد افزایش یافت.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر عملکرد ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک	۲	۵/۷۸**	۰/۹۸**
نوع آبیاری	۱	۹/۵۶**	۳/۱۹**
شوری آب	۲	۴/۲۲**	۰/۸۹**
نوع آبیاری × شوری آب	۲	۴/۱۲ ^{ns}	۱/۶۳ ^{ns}
خطا	۱۰	۱/۷۵	۰/۴۹
ضریب تغییرات	-	۴/۸۸	۳/۷۰

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص است که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴)؛ اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نشد. بر اساس جدول ۵، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک برابر با ۳۴/۰۲ تن در هکتار بود که در تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۱۸/۳۷ و ۳۵/۰۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. نتایج مقایسه

میانگین تیمارهای شوری آب نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک بین همه تیمارهای شوری ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بود (جدول ۳).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع آبیاری و شوری آب بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴)؛ اثر متقابل نوع آبیاری و شوری آب بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد. با اعمال میدان مغناطیسی،

خاک پس از برداشت محصول داشته است. مصطفی زاده فرد و همکاران (۲۰۱۲) اثر آب مغناطیسی بر املاح و رطوبت خاک در عمق‌های مختلف را در آبیاری قطره‌ای بررسی و گزارش کردند که شوری خاک در تیمار آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیرمغناطیسی، کاهش داشت. آن‌ها ذکر کردند که افزایش ۷/۵ درصدی مقدار رطوبت خاک در تیمار آب مغناطیسی، باعث آیشویی میزان املاح خاک شد. بیشترین مقدار عملکرد دانه برابر با ۱۹/۳۱ تن در هکتار مربوط به تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود و با افزایش شوری به ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه به ترتیب ۱۷/۲۹ و ۳۴/۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. کانگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که به ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش در شوری آب آبیاری، عملکرد محصول ذرت ۳/۳ تا ۴ درصد کاهش یافت.

عملکرد دانه در تیمارهای مغناطیسی به طور متوسط ۱۱/۲۹ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش نشان داد و این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). عملکرد دانه در ذرت ناشی از تعداد و وزن دانه‌های موجود در بلال است. استفاده از میدان مغناطیسی باعث افزایش رطوبت در خاک و کاهش شوری پروفیل خاک شده و در نهایت باعث افزایش کمی محصول خواهد شد. خوش‌روش و کیانی (۱۳۹۴) شوری‌های مختلف آب آبیاری در شرایط اعمال میدان مغناطیسی بر هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک را بررسی و گزارش کردند که استفاده از آب مغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار هدایت الکتریکی در عمق‌های مختلف خاک شد. محمد (۲۰۱۳) نشان داد که استفاده از مغناطیس با آب شور، اثر قابل توجهی بر خاک و گیاه گوجه‌فرنگی داشت. آن‌ها بیان کردند که استفاده از آب مغناطیسی اثر معنی‌داری بر کاهش هدایت الکتریکی

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های مقدار عملکرد ذرت

عملکرد دانه (t/ha)	عملکرد بیولوژیک (t/ha)	تیمار آزمایشی
۱۶/۹۱ ^a	۳۰/۷۴ ^a	نوع آبیاری
۱۵/۰۰ ^b	۲۵/۱۷ ^b	مغناطیسی
		غیرمغناطیسی
		شوری آب
۱۹/۳۱ ^a	۳۴/۰۲ ^a	۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر
۱۵/۹۷ ^b	۲۷/۷۷ ^b	۳ دسی‌زیمنس بر متر
۱۲/۵۸ ^c	۲۲/۰۸ ^c	۶ دسی‌زیمنس بر متر

میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند.

برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نیست.

نتیجه‌گیری

کمترین کاهش مربوط به عملکرد بیولوژیک و وزن بوته خشک بوته و به ترتیب برابر با ۳۵/۰۹ و ۱۳/۴۸ درصد است. پیشنهاد می‌شود برای کنترل شوری در زمین‌هایی که به طور مداوم از آب‌های نامتعارف به منظور آبیاری استفاده می‌شود، با توجه به نوع گیاه و آستانه تحمل گیاه به شوری، از فناوری آب مغناطیسی استفاده گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت جام است. بدین وسیله از زحمات همه مجموعه مذکور، تشکر و قدردانی می‌شود.

تنش شوری یکی از عوامل محدودکننده رشد رویشی و زایشی اکثر گیاهان است؛ چرا که بر متابولیسم و مورفولوژی گیاه اثر می‌گذارد. با توجه به کمبود آب‌هایی با کیفیت مناسب برای استفاده در بخش کشاورزی، استفاده از آب‌های نامتعارف ضروری است. در این پژوهش، آبیاری با شوری‌های مختلف آب تحت تأثیر میدان مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بررسی شد. آبیاری با آب شور مغناطیسی شده باعث افزایش عملکرد ذرت شد که بیشترین و کمترین افزایش مربوط به عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و به ترتیب برابر با ۱۸/۱۲ و ۱۱/۲۹ درصد بود. استفاده از آب شور باعث کاهش همه اجزای عملکرد ذرت شد که بیشترین و

منابع

۱. آقامیر ف. بهرامی ح. ع. عشقی س. و ملکوتی م. ج. ۱۳۹۷. اثر کاربرد آب مغناطیسی بر جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاه لوبیا در شرایط شور. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۶): ۱۴۱۹-۱۴۳۱.
۲. پورغلام آمیجی م. و خوش‌روش م. ۱۴۰۱. اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده مغناطیسی بر جذب برخی فلزات سنگین در کشت ذرت. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۵): ۱۰۷۹-۱۰۹۱.
۳. حبیبی ه. موحدی نائینی س. ع. خوش‌روش م. و صابری ع. ۱۳۹۸. تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و جذب برخی از عناصر در ذرت در شرایط مزرعه. مهندسی زراعی، ۴۲: ۱۳۱-۱۴۲.
۴. حمادی ح. و ایمانی ن. ۱۴۰۰. اثر تیمار آب آبیاری مغناطیسی بر خصوصیات رشدی و عملکردی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) تحت تنش کمبود آب. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۷(۲): ۲۱۴-۲۲۸.
۵. خوش‌روش م. و کیانی ع. ر. ۱۳۹۴. اثر آب شور مغناطیسی‌شده بر نفوذپذیری و هدایت الکتریکی بافت‌های مختلف خاک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۴): ۶۴۶-۶۵۴.
۶. خوش‌روش م. حسینی س. م. و پورغلام آمیجی م. ۱۴۰۰ الف. اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده مغناطیسی بر خصوصیات شیمیایی و فلزات سنگین خاک. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۸): ۲۱۹۱-۲۲۰۳.
۷. خوش‌روش م. عرفانیان ف. و پورغلام آمیجی م. ۱۴۰۰ ب. اثر آبیاری با پساب مغناطیسی تصفیه‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مدیریت آب در کشاورزی، ۸(۱): ۱۱۵-۱۲۸.
۸. خوش‌سیما م. و نوری ح. ۱۳۹۸. اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و صفات زراعی سه هیبرید ذرت (*Zea mays L.*) با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۰(۸): ۲۰۳۷-۲۰۴۹.
۹. سالاریه پ. خوش‌روش م. نوروز ولاشدی ر. و کیانی ع. ر. ۱۴۰۰. بررسی اثر تغییر اقلیم و تاریخ
- کشت بر عملکرد ذرت با استفاده از مدل WOFOST. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۱۰): ۲۵۱۵-۲۵۲۷.
۱۰. منجشیرینی م. مصطفی‌زاده‌فرد ب. سالاری ا. و لندی ا. ۱۳۹۵. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری. آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰(۱): ۸۳-۹۳.
۱۱. نیکبخت ج. و رضایی ا. ۱۳۹۶. تأثیر سطوح مختلف پساب و آب مغناطیسی‌شده بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در آبیاری ذرت و برخی خصوصیات فیزیکی خاک. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸(۱): ۶۳-۷۵.
۱۲. نیکبخت ج. و طالعی ا. ۱۳۹۸. تأثیر آب مغناطیسی بر خصوصیات هیدرولیکی آبیاری قطره‌ای-نواری و عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. حفاظت منابع آب و خاک، ۸(۴): ۲۱-۳۶.
۱۳. یداللهی ا. ح. خوش‌روش م. و غلامی سفیدکوهی م. ع. ۱۴۰۰. تأثیر کم‌آبیاری تنظیم‌شده با آب مغناطیسی بر خواص کمی، کیفی و بهره‌وری آب نخودفرنگی. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۵(۴): ۳۷۳-۳۸۹.
14. Abdwl Latif A. A. and Chaoxing H. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and yield of tomato grown under salinity stress. *Scientia Horticulturae*. 127: 228-233.
15. Algozari H. and Yao A. 2006. Effect of the magnetizing of water and fertilizers on some chemical parameters of soil and growth of maize. MS.c. Thesis. University of Baghdad, Baghdad, Iraq.
16. Al-Khazan M. Mohamed Abdullatif B. and 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(9): 722-731.
17. Biryukov A. S. Gavrikov V. F. Nikiforova L. O. and Shcheglov V. A. 2005. New physical methods of disinfection of water. *Journal of Russian Laser Research*. 26(1): 13-25.
18. Colic M. and Morse D. 1999. The elusive mechanism of the magnetic 'memory' of

- Research in Chemistry and Environment. 3(2): 140-147.
31. Morejon L. P. Castro Palacio J. C. Abad V. L. and Govea A. P. 2007. Stimulation of *Pinus tropicalis* M. seeds by magnetically treated water. *International agrophysics*. 21: 173-177.
 32. Mostafazadeh-Fard B. Khoshravesh M. Mousavi S.F. and Kiani A.R. 2012. Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 138(12): 1075-1081.
 33. Nikbakht J. Khandehrouyan M. Tavakoli A. and Tahheri M. 2014. The effect of magnetic water deficit on yield and water use efficiency of corn. *Journal of Water Research in Agriculture*. 24(4): 551-563.
 34. Podleony J. Pietruszewski S. and Podleona A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agro physics*. 18: 65-71.
 35. Pourgholam-Amiji M.A. Liaghat A. Ghameshlou A.N Khoshravesh M. and Waqas M.M. 2020. Investigation of the yield and yield components of rice in areas with shallow water table and saline. *Big Data in Agriculture (BDA)*: 2(1): 36-40.
 36. Pourgholam-Amiji M. Liaghat A. Khoshravesh M. and Azamathulla H.M. 2021. Improving rice water productivity using alternative irrigation (case study: north of Iran). *Water Supply*. 21(3): 1216-1227.
 37. Radhakrishnan R. and Kumari B. D. R. 2012. Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*. 51: 139-144.
 38. Sadeghipour O. and Aghaei P. 2013. Improving the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) by magnetized water. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 3(1): 37-43.
 39. Shine M. B. and K. N. Guruprasad. 2011. An Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 32: 474-484.
 40. Sohrabi T. and Paydar Z. 2016. Principles of Irrigation Systems Design. University of Tehran Press, first edition. 410 p.
 41. Tayari E. Jamshidi A. R. Mahmoodzadeh M. and Hesammi E. 2011. Increasing Seed germination Efficiency by Using Electromagnetic Filter. *Aus. J. basic & applied sci*. 5(12): 2532-2535.
 - water. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 154(1-2): 167-174.
 19. Demkura P. V. Abdala G. Baldwin I. T. and Ballare C. L. 2010. Jasmonate dependent and independent pathways mediate specific effects of solar ultraviolet B radiation on leaf phenolics and antiherbivore defense. *Plant Physiology*. 152: 1084-1095.
 20. Garriga M. Munoz C. A. Caligari P. D. and 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.
 21. Ghadami Firouzabadi. Khoshravesh M. Shirazi P. and Zareabyaneh H. 2016. Effect of Irrigation with Magnetized Water on the Yield and Biomass of Soybean var. DPX under Water Deficit and Salinity Stress. *Journal of Water Research in Agriculture*. 30(1): 131-143.
 22. Heidarpour M. Khoshravesh M. and Moshaveri Y. 2016. Effect of magnetized saline water on soil and water amendment in trickle irrigation. *Journal of Water and Soil Conservation*. 23(2): 179-193.
 23. Hozayn M. and Abdul Qados A. M. S. 2010. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agric. Biol. J. N. Am*. 1(4): 677-682.
 24. Idress M. Naeem M. Nasir Khan M. Aftab T. Masroor A. and Moinuddin K. H. 2011. Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. *Protoplasm*. 10: 314-330.
 25. Kanayama Y. and Kochetov A. 2015. *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants*. Springer, Tokyo.
 26. Kang Y. Chen M. and Wan S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (zeamays l. Var. Ceratina kulesh) in north china plain. *Agricultural Water Management*. 97(9): 1303-1309.
 27. Kiani A. R. Hezarjaribi A. Dehghan T. and Khoshravesh M. 2015. An investigation of emitters clogging under magnetic field and water quality. *Journal of Water and Soil*. 29(1): 48-57.
 28. Maheshwari B. L. and Grewal H. S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural water management*. 96(8): 1229-1236.
 29. Mirón I.J. Linares C. and Díaz J. 2023. The influence of climate change on food production and food safety. *Environmental Research*. 216: 114674.
 30. Mohamed A. I. 2013. Effects of magnetized low-quality water on some soil properties and plant growth. *International Journal of*

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

