اثر کم‌آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت

جعفر نیکبخت[۱]*، مرضیه خنده رویان، افشین توکلی و مهدی طاهری

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زنجان ، Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir

دانش‌آموخته آبیاری و زهکشی دانشگاه زنجان ، marzieh_khandehruyan@yahoo.com

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه زنجان ، Afshin_tava@yahoo.co m

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان ، taheritekab@yahoo.com

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۴ تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان از تیر تا مهرماه سال ۱۳۹۰ اجرا شد. عامل آبیاری در چهار سطح شاهد (کامل) (T_1)، ۸۰ درصد (T_2)، ۶۰ درصد (T_3) و ۴۰ درصد (T_4) نیاز آبی گیاه و عامل نوع آب در دو سطح آب مغناطیسی (عبور داده شده از میدان مغناطیسی) و آب معمولی (بدون عبور از میدان مغناطیسی) بود. بر اساس نتایج، عبور دادن آب از میدان مغناطیسی باعث کاهش ۴۱/۱۱ و ۳۵/۵ میلی‌گرم در لیتر در یون‌های کلسیم و کلر (به ترتیب) گردید. سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ، وزن تر کل، وزن خشک کل و بهره وری مصرف آب در گیاهان تحت آبیاری با آب مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۹/۵، ۱۰/۶۸، ۸/۳۱، ۱۷/۴۱ و ۹ درصد افزایش داشت که این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، اعمال کم‌آبیاری باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در چهار سطح متفاوت در مقدار صفات وزن تر و خشک کل، سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ شد. وزن تر کل و بهره وری مصرف آب بر اساس وزن تر کل در تیمار آب مغناطیسی ۳۱/۵۶ تن در هکتار و ۱۴/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب) بود. مقادیر اخیر در تیمار آب مغناطیس نشده به ترتیب ۲۸/۹۴ تن در هکتار ۱۲/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

واژه های کلیدی: سطوح متفاوت آبیاری، میدان مغناطیسی، ذرت رقم ماکسیما

مقدمه

امروزه علاوه بر کمبود منابع آب آبیاری، کیفیت آن در اکثر مناطق به علل مختلف رو به کاهش است. استفاده از آبها با کیفیت پایین که به عنوان آب‌های نامتعارف نام برده می‌شود، باعث وارد آمدن خسارت بر خاک گشته و تولید محصول را نیز کاهش می‌دهد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۰؛ احمدی ۱۳۸۹). بنابراین در هر شرایطی که بتوان با مصرف مقدار مشخص آب، عملکرد گیاه را نسبت به شرایط معمولی افزایش داد یا از آب‌های

۱. آدرس نویسنده مسئول: زنجان، بلوار دانشگاه، دانشگاه زنجان، گروه مهندسی آب، کدپستی: ۴۵۳۷۱-۳۸۷۹۱

* دریافت: دی ۱۳۹۱ و پذیرش: آبان ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

نامتعارف جهت آبیاری گیاهان استفاده کرد، می‌تواند به عنوان یک راه‌کار مهم در جهت مدیریت مصرف آب آبیاری تلقی گردد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۰). در این راستا یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر در آب کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبور دادن آب آبیاری از یک میدان مغناطیسی است. تأثیر میدان مغناطیسی روی خواص فیزیکی و شیمیایی آب مانند سختی، وزن مخصوص، گرانروی، شوری و هدایت الکتریکی، کشش سطحی، زاویه تماس آب با دیواره، درجه ترکنندگی و قدرت حل‌کنندگی آن می‌باشد (ژیوفنگ و بو، ۲۰۰۸). با عبور دادن آب از یک میدان مغناطیسی، جذب املاح معدنی، نمک‌های مفید و عناصر موجود در آب و خاک افزایش می‌یابد. هم‌چنین به دلیل منظم‌تر شدن مولکول‌های آب و اشغال فضای کمتر توسط آن‌ها و افزایش توانائی جذب آب توسط گیاه، کارایی مصرف آب نیز افزایش می‌یابد (احمدی، ۱۳۸۹). پاندا و همکاران (۲۰۰۴) طی پژوهشی بر روی ذرت، رقم محلی Vijaya Composite دریافتند که در مناطق گرمسیری هندوستان، در شرایط کمبود آب جهت کسب حداکثر عملکرد دانه و ماده‌ی خشک و نیز حداکثر کارائی مصرف آب و درآمد خالص، آبیاری باید بر اساس تخلیه‌ی حداکثر ۴۵ درصد آب قابل دسترس خاک انجام گیرد. هم‌چنین به دلیل جذب اکثر آب مورد نیاز این گیاه از عمق صفر تا ۴۵ سانتی‌متری پروفیل ریشه، در شرایط کمبود آب، کافی است تنها عمق فوق در برنامه‌ریزی آبیاری در این مناطق، لحاظ شود. نتایج تحقیق سالمی و مشرف (۲۰۰۵) در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اصفهان نشان داد اثر اعمال کم‌آبیاری بر عملکرد دانه گیاه ذرت دانه‌ای ارقام ۶۴۷ و ۷۰۴، معنی‌دار بود ولی روی پروتئین، چربی و خاکستر معنی‌دار نبود. در این پژوهش اختلاف عملکرد دانه بین تیمارهای آبیاری کامل و ۸۰ درصد آبیاری کامل معنی‌دار نبود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در این پژوهش در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل مشاهده شد. اختلاف صفات اندازه‌گیری شده بین دو رقم مورد بررسی در اثر اعمال کم‌آبیاری، معنی‌داری نبود. نتایج اعمال کم‌آبیاری بر روی ۳ رقم ذرت زودرس (۳۰۱، ۳۰۳ و ۳۱۵) توسط انصاری و همکاران (۱۳۸۵) حاکی از افزایش بهره‌وری مصرف آب در اثر تنش رطوبتی بود.بیشترین بهره‌وری مصرف آب در این تحقیق در ذرت رقم ۳۰۱ و ۳۰۳ در سطح آبیاری ۴۵ درصد آب مورد نیاز و برای رقم ۳۱۵ در سطح آبیاری ۵۵ درصد آب مورد نیاز مشاهده شد. هم‌چنین ذرت رقم ۳۱۵ نسبت به دو رقم دیگر در کلیه‌ی سطوح آبیاری دارای بیشترین بهره‌وری مصرف آب بود. در این پژوهش ضریب حساسیت گیاه به تنش رطوبتی (Ky) برای هر یک از ارقام ۳۰۱، ۳۰۳ و ۳۱۵ به ترتیب ۱/۴۲۷، ۱/۳۵۴ و ۱/۳۶۷ به دست آمد. رضا وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۵) اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و ضریب واکنش عملکرد محصول به آب (Ky) را در ذرت رقم Sc 704 بررسی کردند. اعمال کم‌آبیاری در این آزمایش با افزایش دور آبیاری صورت گرفت. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری بر عملکرد بیولوژیک گیاه در مراحل مختلف رشد گیاه اثر معنی‌دار داشت. K_y در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پر شدن دانه به ترتیب ۰/۴۹، ۱/۵۳ و ۰/۳۲ به دست آمد. بنابراین ایشان نتیجه گرفتند که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب بوده و کمبود آب در این مرحله از رشد، بیشترین تأثیر را بر عملکرد بیولوژیک می‌گذارد. نتایج اعمال دورهای متفاوت آبیاری و سطوح مختلف نیاز آبی بر ذرت دانه‌ای رقم Sc 704 در منطقه‌ی میاندوآب توسط احمدآلی و خلیلی (۱۳۸۶) نشان داد که با افزایش دور آبیاری، عملکرد دانه، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و درصد پوشش سبز کاهش یافت. نتایج مشابه فوق با افزایش سطح کم‌آبیاری نیز مشاهده شد. به دلیل معنی‌دار نبودن کاهش عملکرد در دور آبیاری ۱۵ روز نسبت به ۱۱ روز و نیاز آبی ۷۵ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد، آبیاری با دور ۱۵ روز و ۲۵ درصد کم‌آبیاری برای این گیاه در این منطقه پیشنهاد شد. اکتم (۲۰۰۸) در پژوهشی اثر کم‌آبیاری را بر عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

ذرت شیرین رقم Martha در سانلی‌ورفای ترکیه بررسی کرد. بر اساس نتایج وی، علی‌رغم کاهش ۶/۸ درصدی عملکرد در تیمار ۹۰ درصد تبخیر از تشت، تعداد بلال‌های قابل عرضه به بازار در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌آبیاری به طور معنی‌دار باعث کاهش ارتفاع گیاه، طول بلال، تعداد دانه در هر بلال و وزن تر بلال شد.

با توجه به نتایج به دست آمده برای رقم مورد مطالعه، ایشان کم‌آبیاری به میزان ۱۰ درصد را در منطقه‌ی مورد مطالعه برای این رقم ذرت قابل قبول دانست. بر اساس نتایج پژوهش فاری و فاسی (۲۰۰۹)، اعمال کم‌آبیاری گیاه ذرت در زمان گل‌دهی، سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد شد. هم‌چنین کم‌آبیاری در مرحله‌ی پر شدن دانه اثر معنی‌دار بر رشد گیاه و عملکرد نداشت. بنابراین بر اساس توصیه ایشان، در صورت کمبود آب آبیاری، برای کسب عملکرد بالا، بهتر است تنش آبی در دوره‌هایی غیر از دوره‌ی گل‌دهی صورت گیرد. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) مشاهده کردند اعمال سطوح متفاوت آبیاری موجب کاهش معنی‌دار در عملکرد، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، شاخص سطح برگ و سرعت رشد ذرت رقم Sc 704 در منطقه رشت شد. بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و بدون آبیاری بود. کم‌آبیاری باعث افزایش شاخص بهره‌وری آب در تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس شد. در زمینه اثر کاربرد آب مغناطیسی بر گیاه، کاربونیل و همکاران (۲۰۰۴) طی آزمایشی مشاهده کردند آب مغناطیسی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای Signal Grass را به طور معنی‌دار افزایش داد. بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۸ درصد) مربوط به تیمار آب مغناطیسی بود که ۶۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته بود. به نظر ایشان آب مغناطیسی به عنوان یک فن‌آوری بی‌ضرر می‌تواند در شکستن خواب بذر استفاده شود. ناشیر (۲۰۰۸) طی پژوهشی مشاهده کرد که کاربرد آب مغناطیسی برای آبیاری گیاه نخود، باعث افزایش ۲/۶۷ سانتی‌متری ارتفاع آن شد. وی علت این کار را افزایش قدرت حل‌کنندگی آب مغناطیسی دانست که نمک‌های بیشتری در آن حل می‌شود. در نتیجه فتوسنتز و رشد بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی به دلیل جذب مواد غذایی بیشتری از خاک، افزایش می‌یابد.

ماهشواری و گروال (۲۰۰۹) طی پژوهشی در گلخانه‌ی دانشگاه وسترن سیتی استرالیا مشاهده کردند که کاربرد آب شور مغناطیسی (با غلظت ppm ۳۰۰۰ که آن شوری با افزودن نمک طعام به آب شرب شهر حاصل شده بود) و پساب تصفیه شده مغناطیسی، باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و وزن خشک کرفس به میزان به ترتیب ۲۳ و ۱۲ درصد (وزن تر) و ۲۶ و ۱۲ درصد (وزن خشک) شد. ولی اثر آب شور ppm ۱۵۰۰ و آب شرب بر وزن تر و وزن خشک کرفس معنی‌دار نبود. هم‌چنین مغناطیس کردن آب شرب، پساب تصفیه شده و آب شور ppm ۱۰۰۰ موجب افزایش معنی‌داری عملکرد نخود برفی در مقایسه با تیمار شاهد به مقدار ۷/۸، ۵/۹ و ۶ درصد (به ترتیب) شد ولی آب شور ppm ۵۰۰ مغناطیس شده، اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. در این تحقیق مشاهده شده که استفاده از آب شور (ppm ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰)، پساب تصفیه شده و آب شرب مغناطیسی برای آبیاری نخود اثر معنی‌داری بر عملکرد و کارائی مصرف آب نداشت. نتایج پژوهش عبدالقدوس و هوزایین (۲۰۱۰) نشان داد، کاربرد آب مغناطیسی ارتفاع، وزن تر و وزن خشک گیاه عدس رقم Sinai-1 را به طور معنی‌دار افزایش داد (به ترتیب ۲۱/۷۵، ۱۸/۱۸ و ۱۵/۰۵ درصد). هم‌چنین در تیمارهای آب مغناطیسی عملکرد، تعداد شاخه‌ها، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته، وزن غلاف، وزن بذر، وزن کاه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه به میزان ۱۷/۹۸، ۲۵/۴۸، ۲۹/۰۸، ۱۷/۰۳، ۱۷/۸۸، ۲۴/۹۸، ۲۶/۶۹، ۲۵/۸۲ و ۲/۲۴ درصد (به ترتیب) بیشتر از تیمار شاهد بود. در پژوهشی شکرانی و همکاران (۱۳۹۰) اثر محلول کلرید سدیم مغناطیس شده را بر رشد و جوانه‌زنی گیاهچه خلر بررسی کردند. نتایج نشان داد که

Archive of SID

www.SID.ir

اثر آب مغناطیس شده روی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه معنی‌دار بود به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۴۸/۶۰ درصد)، طول ریشه‌چه (۱/۸۷ سانتی‌متر) و طول ساقه‌چه (۲/۰۵ سانتی‌متر) در تیمار آب مغناطیسی مشاهده شد. نتایج آزمایش گلدانی انجام گرفته توسط کرملاچعب (۱۳۹۰) در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه اهواز نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ ذرت دانه‌ای رقم SC 704 نسبت به آب معمولی شد. هم‌چنین عبور دادن آب از میدان مغناطیسی با شدت‌های متفاوت (۱، ۲ و ۳ کیلوگاوس) باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ شد اما عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال در اثر افزایش شدت میدان مغناطیسی افزایش معنی‌دار نداشت. نتایج پژوهش رنجبر و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد کاربرد آب شور (۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) مغناطیس شده تأثیری بر تعداد نهایی بوته‌های سبز شده، سرعت سبز شدن، درصد سبز، طول کلئوپتیل، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله گندم نداشت. بر اساس نظر ایشان نتایج حاصل با استفاده از یک مدل دستگاه مغناطیس خاص حاصل شد و ممکن است استفاده از مدل‌های مختلف دستگاه‌های مغناطیس با ترکیب متفاوت آب مصرفی بر گونه‌های مختلف زراعی نتایج متفاوتی را داشته باشد. با توجه به مقدمه فوق هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کم‌آبیاری پیوسته با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت رقم ماکسیما (*Zea Mays* CV. Maxima) بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان با موقعیت جغرافیایی ″۲۶ ′۲۵ °۴۸ طول شرقی و ″۵۱ ′۴۳ °۳۶ عرض شمالی و ارتفاع ۱۶۵۵ متر از سطح دریا به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار از ۲۰ تیر تا ۲۰ مهر ماه سال ۱۳۹۰ بر روی ذرت رقم ماکسیما انجام شد. عامل آبیاری شامل چهار سطح، شاهد (کامل) (T_1)، ۸۰ درصد (T_2)، ۶۰ درصد (T_3) و ۴۰ درصد (T_4) نیاز آبی گیاه و عامل نوع آب شامل دو سطح آب عبور داده شده از میدان مغناطیسی و آب معمولی (بدون عبور از میدان مغناطیسی) بود. در هر تکرار، واحدهای آزمایشی (گلدان‌ها) به صورت تصادفی در گلخانه چیده شدند. قطر و ارتفاع گلدان‌های مورد استفاده به ترتیب ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر بود. برای ایجاد میدان مغناطیسی از دو عدد آهنربای ثابت از جنس ذرات ریز سرامیک مغناطیسی ساخت شرکت گسترش مواد مغناطیسی تابان (مدل TMW-101) که به دور لوله پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر متصل شده بود (بنابر توصیه شرکت سازنده) استفاده گردید (شکل ۱). طبق اندازه‌گیری‌های شرکت سازنده، شدت میدان ایجاد شده در مرکز آهنربا در حدود ۰/۱ تسلا (۱ کیلو گاوس) بود.

قبل از ریختن خاک در گلدان‌ها یک ردیف شن با قطر حدود ۲ سانتی‌متر در کف آنها ریخته شد. خاک گلدان‌ها از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان تهیه شد. جدول یک مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده را نشان می‌دهد. پس از ریختن خاک در درون گلدان‌ها، ۳ عدد بذر ذرت در عمق ۳ سانتی‌متری کشت شد که پس از جوانه‌زنی، ۲ عدد از آنها حذف و فقط یک بوته تا آخر آزمایش حفظ شد.

در هر نوبت آبیاری (۲ روز یکبار) از طریق روش بیلان حجمی یا روش لایسیمتری (رابطه‌ی ۱) حجم آب آبیاری تیمار شاهد تعیین می‌شد. بدین ترتیب که حجم معینی آب به گلدان تیمار شاهد اضافه شده و حجم آب زهکشی در مدت یک ساعت پس از آبیاری جمع‌آوری می‌گشت. یک ساعت بر اساس تجربه در اوایل شروع کار تعیین شد و انتظار بیش از این مدت به دلیل وجود تبخیر–تعرق و کاهش آب مداوم از گلدان و نیز عدم خروج آب از انتهای گلدان موجب ایجاد خطا در

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری می‌شد. اختلاف مقادیر فوق حجم آب تبخیر-تعرق یافته در فاصله بین دو آبیاری (حجم آب آبیاری) بود. حجم آب لازم برای آبیاری گلدان‌های سایر تیمارهای آبیاری با توجه به سطح کم‌آبیاری تیمار و حجم آب آبیاری تعیین شده برای گلدان شاهد محاسبه می‌شد. جدول ۲ تجزیه شیمیایی آب چاه مورد استفاده برای آبیاری قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

$$I - O = \Delta S \qquad (۱)$$

در رابطه یک، I: آب ورودی به گلدان از طریق آبیاری، O: آب زهکش شده از انتهای گلدان و ΔS: جبران رطوبت خارج شده از خاک در فاصله‌ی بین دو آبیاری به علت تبخیر-تعرق گیاه می‌باشد.

در این پژوهش تیمار نوع آب از آغاز آزمایش (کاشت بذرها) اعمال شد. آبیاری بوته‌ها تا زمان استقرار کامل تمام بوته‌ها (۲۰ روزه‌گی)، به صورت کامل انجام شد. پس از آن اعمال تیمار کم‌آبیاری آغاز شده و تا زمان برداشت بوته‌ها ادامه داشت. جدول ۳ میزان آب بکار رفته برای هر تیمار در طول دوره رشد برای هر گلدان و هر هکتار را نشان می‌دهد. میزان آب آبیاری هر هکتار بر اساس آب مصرفی یک بوته ذرت کاشته شده در هر گلدان و کاشت ۸۳۳۳۰ بوته ذرت در هر هکتار محاسبه گشت. دما و رطوبت درون گلخانه در طول دوره رشد در محدوده ۲۸-۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۴۵-۶۰ درصد (به ترتیب) کنترل شد.

صفاتی که در این پژوهش اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت شامل وزن کل تر و خشک بوته، سطح برگ، کلروفیل و بهره‌وری مصرف آب بود. در ادامه روش اندازه‌گیری صفات فوق تشریح می‌شود.

جهت اندازه‌گیری کلروفیل، یک برگ مشخص در همه‌ی بوته‌ها انتخاب شد (برگ ۴ از بالا) و با استفاده از دستگاه Spad در هشت نقطه از برگِ انتخاب شده کلروفیل قرائت شد. سپس میانگین قرائت‌ها به عنوان کلروفیل برگ در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ، پس از برداشت بوته‌ها، تمام برگ‌های بوته به دقت از آن جدا شده سپس میزان سطح برگ‌های موجود بر روی هر بوته‌ی ذرت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن کل تر بوته‌ها، در زمان برداشت، ساقه‌ها از محل طوقه بریده شده، بلافاصله وزن تر کل بوته (شامل برگ، ساقه و بلال) با ترازو دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. بوته‌ها ابتدا با آب شهری، سپس با آب مقطر شستشو داده شدند تا آلودگی‌ها و گرد وغبار از گیاه زدوده شود. پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی و در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن وزن خشک آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. به این طریق وزن خشک کل بوته‌ها به دست آمد. بهره‌وری مصرف آب از رابطه‌ی ۲ محاسبه شد.

$$WUE = \frac{TPWM}{TUW} \qquad (۲)$$

در رابطه‌ی ۲، WUE: بهره‌وری مصرف آب ($\frac{Kg}{m^3}$)؛ TPWM: وزن تر کل گیاه (Kg) و TUW: کل آب مصرف شده (m^3) می‌باشد. پس از به دست آوردن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد. هم‌چنین از آزمون دانکن برای مقایسه‌ی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری در شرایط قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی (جدول ۲) بیان‌گر کاهش مقدار کلیه کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در اثر عبور دادن آب چاه از میدان مغناطیسی بود. جدول ۴ میزان تغییر مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در اثر عبور آب از میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴، بیشترین و کمترین کاهش، به ترتیب در کاتیون‌های کلسیم و منیزیم به مقدار ۴۱/۱۱ و ۷/۹۵ میلی‌گرم در لیتر بود. مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده آب آبیاری قبل از عبور از میدان مغناطیسی به ترتیب ۴۱۲/۱۵ و ۷۷۷/۴ میلی‌گرم در لیتر

Archive of SID

www.SID.ir

بود که بعد از عبور از میدان مغناطیسی به ترتیب ۳۵۳/۰۹ و ۷۱۷/۴ میلی‌گرم در لیتر (به ترتیب ۵۹/۰۶ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش) شد. کاهش مقادیر آنیون و کاتیون باعث کاهش مقدار هدایت الکتریکی آب به اندازه ۰/۰۹ دسی‌زیمنس در متر و افزایش PH آب به میزان ۰/۳ گردید (جدول ۴). با عبور آب از یک میدان مغناطیسی، برخی از یون‌های فعال با یکدیگر ترکیب شده و ذارت کلوئیدی تشکیل می‌دهند. این شرایط باعث کاهش هدایت الکتریکی (EC) آب می‌شود (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که نوع آب و هم‌چنین اثر تیمار سطوح آبیاری بر صفات وزن تر کل، وزن خشک کل، محتوای کلروفیل برگ، سطح برگ و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر تیمارهای آب مغناطیسی و سطوح آبیاری بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده بر اساس آزمون دانکن در جدول ۶ ارائه شد. با توجه به جدول ۶، مشاهده شد که آبیاری گیاهان ذرت با آب مغناطیسی سبب افزایشِ معنی‌دار سطح برگ گیاه ذرت شد. آبیاری گیاهان ذرت با آب مغناطیسی سبب شد سطح برگ از ۳۲۲۸/۱ (تیمار شاهد) به ۳۵۶۷ سانتی‌متر مربع (۹/۵ درصد) افزایش یابد. آبیاری با آب مغناطیسی سبب افزایش جذب آب می‌شود (احمدی، ۱۳۸۹). احتمالاً با افزایش جذبِ آب، آماس سلولی و در نتیجه پتانسیل فشاری آب در سلول افزایش یافته بنابراین تقسیم سلولی در بافت‌های برگ بیشتر می‌شود که به دنبال آن سطح برگ افزایش می‌یابد.

تیمار نوع آب سبب افزایش معنی‌دار ($p < 0.01$) محتوای کلروفیل برگ گیاهان ذرت شد (جدول ۵). محتوای کلروفیل برگ در گیاهانی که با آب مغناطیسی آبیاری شدند ۱۰/۶۸ درصد در مقایسه با گیاهانی که با آب معمولی آبیاری شدند بیشتر بود (جدول ۶). عبدالقدوس و هوزایین (۲۰۱۰) افزایش محتوای کلروفیل برگ در گیاهانی که با آب مغناطیسی آبیاری شدند را مربوط به اثر آب مغناطیسی در افزایش محرک‌های رشد مانند IAA و ایجاد تغییرات اساسی در فرایندهای سلولی مانند بیان ژن دانستند. تیان و همکاران (۱۹۸۹) نیز نتایج مشابهی با پژوهش حاضر گزارش کردند.

با توجه به جدول ۵، مشاهده می‌شود که تیمار نوع آب اثر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر وزن تر کل گیاه داشت به طوری که آبیاری بوته‌های ذرت با آب مغناطیسی سبب افزایش وزن تر کل بوته‌ها شد. وزن تر گیاهانی که با آب مغناطیسی آبیاری شدند در مقایسه با شاهد ۸/۳۰ درصد بیشتر بود. آب از محیط رشدِ ریشه به صورت محلول جذب می‌شود. افزایش نمک باعث بالا رفتن فشار اسمزی (کاهش پتانسیل اسمزی) محلول شده که این عمل سبب می‌شود مولکول‌های آب به سختی توسط ریشه جذب شود (علیزاده، ۱۳۸۴). عبور آب از یک میدان مغناطیسی سبب می‌شود برخی از یون‌های فعال با یکدیگر ترکیب شوند و ذرات ریز کلوئیدی تشکیل دهند. این شرایط باعث کاهش هدایت الکتریکی (EC) آب می‌شود (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۰) که به دنبال آن فشار اسمزی نیز کاهش یافته و ریشه‌ی گیاه آب را آسان‌تر از خاک جذب خواهد کرد. از طرفی عبور آب از میدان مغناطیسی سبب شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی و واندروالسی بین مولکول‌های آب می‌شود. در نتیجه کشش سطحی آب کاهش می‌یابد (ران و همکاران، ۲۰۰۹). در این حالت تحرک و آزادی حرکت مولکول‌های آب و سیالیت آن افزایش می‌یابد (شکرانی و همکاران، ۱۳۹۰). هم‌چنین حلالیت مواد در آب نیز افزایش می‌یابد. مجموعه‌ی عوامل فوق باعث می‌شود تا جذب آب و املاح و مواد غذایی حل شده در آب افزایش یابد. با افزایش جذب آب و املاح توسط ریشه، توانایی گیاه برای فتوسنتز و تولید ماده‌ی غذایی افزایش یافته و در نهایت عملکرد و وزن تر گیاه افزایش می‌یابد و کمیت و کیفیت محصول ارتقا می‌یابد (ناشیر، ۲۰۰۸).

نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌ها هم‌خوانی دارد. کلیک و همکاران (۲۰۰۸) و

Archive of SID

www.SID.ir

ناشیر (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش رشد گیاه زمرموزه (*Paulownia*) گردید. ناشیر (۲۰۰۸) نتیجه‌ای مشابه را در مورد گیاه نخود گزارش کرد. عبدالقدوس و هوزایین (۲۰۱۰) مشاهده کردند وزن تر و رشد گیاهان عدس به عمل آمده در گلخانه که با آب مغناطیسی آبیاری شدند به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. ماهشواری و گروال (۲۰۰۹) نیز در گزارشات خود بیان کردند آبیاری با آب مغناطیسی، وزن تر گیاه کرفس و نخود برفی کاشته شده در گلخانه را افزایش داد. هوزایین و عبدالقدوس (۲۰۱۰) گزارش کردند استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم کاشته شده در شرایط گلخانه گردید.

تیمار نوع آب اثر معنی‌دار ($P<0.05$) بر وزن خشک کل بوته‌ی ذرت داشت (جدول ۵). وزن خشک کل گیاهان ذرتی که با آب مغناطیسی آبیاری شدند در مقایسه با شاهد ۲/۲۴ گرم (۱۷/۴۱ درصد) افزایش نشان داد (جدول ۶). همان طور که پیش‌تر نیز اشاره شد آبیاری با آب مغناطیسی سطح برگ گیاه و درنتیجه فتوسنتز را افزایش داد. با افزایش فتوسنتز، ماده غذایی بیشتری در گیاه تولید می‌شود که این امر تجمع ماده‌ی خشک گیاه را افزایش خواهد داد. هم‌چنین آبیاری گیاه با آب مغناطیسی با افزایش جذب آب و املاح بیشتر توسط گیاه و در نتیجه تولید و ذخیره‌ی مواد غذایی در گیاه همراه است، در نتیجه ماده‌ی خشک بیشتری تولید خواهد شد. هوزایین و عبدالقدوس (۲۰۱۰) و عبدالقدوس و هوزایین (۲۰۱۰) گزارش کردند آبیاری گیاهان عدس و گندم با آب مغناطیسی عملکرد بیولوژیک گیاه را به ترتیب ۲۵/۸۲ و ۳۵/۲۵ درصد افزایش داد. ماهشواری و گروال (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش وزن خشک گیاه کرفس شد.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد آبیاری با آب مغناطیسی بر بهره‌وری مصرف آب گیاه اثر معنی‌دار ($P<0.01$) داشت. آبیاری با آب مغناطیس شده بهره‌وری مصرف آب را از ۱۲/۹۴ به ۱۴/۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب (۹ درصد) افزایش داد (جدول ۶). افزایش ۹ درصدی در بهره‌وری مصرف آب گیاه سبب شد تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شود به گونه‌ای که تیمار آب مغناطیسی با بیشترین بهره‌وری مصرف آب در رده‌ی a و تیمار آب معمولی با کمترین بهره‌وری مصرف آب در رده‌ی b قرار گرفت.

یکی از راه‌کارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب آبیاری، به کارگیریِ روش‌هایی است که بتواند مقدار تولید محصول را به ازای واحد آب مصرفی افزایش دهد (ماهشواری و گروال، ۲۰۰۹). استفاده از آب مغناطیسی در عملیات آبیاری، سبب افزایش عملکرد گیاه شده و در نهایت بهره‌وری مصرف آب، افزایش می‌یابد (دورات دیاز و همکاران، ۱۹۹۷). هم‌چنین عبور آب از یک میدان مغناطیسی سبب افزایش جذب آب می‌شود (احمدی، ۱۳۸۹). بنابراین در شرایط آبیاری با آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی، گیاه به ازای مصرف واحد آب آبیاری معین، آب بیشتری جذب و محصول بیشتری تولید می‌کند که نتیجه‌ی آن افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. نتایج مشابه با نتایج این پژوهش در سایر گزارشات ذکر شده است. ماهشواری و گروال (۲۰۰۹) در گزارشات خود بیان کردند استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب گیاهان نخود برفی و کرفس شد.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد با اعمال کم‌آبیاری، محتوای کلروفیل و سطح برگ به طور معنی‌دار ($P<0.01$) کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین و کمترین میزان محتوای کلروفیل و سطح برگ به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. هم‌چنین در اثر اعمال کم‌آبیاری چهار رده‌ی آماری مختلف (a، b، c و d) در میانگین مقادیر صفات مذکور مشاهده شد. هر گاه گیاه با هر نوع تنشی روبرو شود پاسخ‌های فنوتیپی در گیاه جهت کاهش خسارت وارده، شکل می‌گیرد. بیشترین تعرق گیاه از طریق روزنه‌های برگ صورت می‌پذیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

پاسخ فیزیولوژیک گیاه در مواقع بروز تنش خشکی جهت حفظ میزان آب در داخل اندام‌ها، کاهش سطح برگ می‌باشد تا از این طریق، میزان تعرق خود را کاهش دهد (پورقاسمیان و زاهدی، ۱۳۸۸). دلیل کاهش سطح برگ را می‌توان مواردی مانند کاهش آماس سلولی و پتانسیل فشاری در برگ دانست که منجر به کاهش فتوسنتز شده و در نتیجه مقدارِ مواد فتوسنتزی جهت رشد برگ کاهش می‌یابد و سطح برگ را کاهش می‌دهد. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) و اُکتم (۲۰۰۸) در گزارشات خود بیان کردند کم‌آبیاری به طور معنی‌داری سطح برگ ذرت را کاهش داد. با افزایش سطح کم‌آبیاری و کاهش آب قابل استفاده برای گیاه، احتمالاً مولکول‌های کلروفیل که مهم‌ترین رنگدانه‌های گیاه هستند تخریب و تجزیه شوند.

اعمال سطوح مختلف آبیاری بر وزن تر کل گیاه اثر معنی‌دار ($P<0.01$) داشت (جدول ۵). براساس نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها، مشاهده می‌شود که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی دارای بیشترین وزن تر کل بوته (۴۵/۰۸ تن در هکتار) بود به طوری که در رده‌ی آماری a قرار گرفت. با توجه به جدول ۶ ملاحظه می‌گردد با اعمال ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد کم‌آبیاری (به ترتیب تیمارهای T_2، T_3 و T_4) وزن تر کل بوته در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۳/۸۳، ۴۰/۲۷ و ۶۸/۵۱ درصد کاهش یافت. برگ عمده‌ترین اندام فتوسنتز کننده‌ی گیاه و اندام اصلی دریافت کننده‌ی نور خوررشید است. لذا سطح برگ یک جزء فیزیولوژیک عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد گیاه زراعی است. با کاهش سطح برگ، درصد تابش خورشیدی جذب شده به وسیله‌ی گیاه کاهش یافته که موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. هم‌چنین با بسته شدن روزنه‌های برگ در زمان بروز تنش، تبادلات گازی گیاه کاهش یافته و تأمین دی اکسید کربن لازم گیاه کاهش می‌یابد. تحت این شرایط نیز از میزان فتوسنتز گیاه کاسته می‌شود. از طرفی تنش آبی، پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد که به دنبال آن از فعالیت‌های پروتوپلاسمی کاسته می‌شود که این امر نیز به نوبه‌ی خود فتوسنتز را کاهش می‌دهد (رضوانی مقدم و صادقی ثمرجان، ۱۳۸۷). فتوسنتز فاکتور تعیین کننده‌ی رشد و عملکرد گیاه است. در صورتی که گیاه در طی مرحله‌ی رشد رویشی و زایشی با تنش آبی مواجه گردد میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۷۹). با کاهش فتوسنتز، عملکرد (وزن تر) و تجمع ماده‌ی خشک (عملکرد خشک) در گیاه کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود تیمار کم‌آبیاری اثر معنی‌داری ($P<0.01$) بر وزن خشک کل بوته‌های ذرت داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) دارای بیشترین وزن خشک (۱۰۵/۹۹ گرم) می‌باشد. کم‌آبیاری وزن خشک بوته‌ها را در تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی، در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۳۱/۸۴، ۵۰/۸۶ و ۷۲/۴ درصد کاهش داد (جدول ۶). کم‌آبیاری با ایجاد اختلاف معنی‌دار در وزن خشک تیمارها، چهار رده‌ی آماری مختلف (a، b، c و d) را در میانگین مقادیر وزن خشک بوته ایجاد کرد. تیمار شاهد با بالاترین وزن خشک در رده‌ی آماری a و تیمارهای ۸۰، ۶۰ و۴۰ درصد نیاز آبی به ترتیب در رده‌های b، c و d قرار گرفتند. مسجدی و همکاران (۱۳۸۷) و مجیدیان و غدیری (۱۳۸۱) مشاهده کردند با افزایش تنش خشکی از وزن خشک ذرت کاسته شد. ستار و همکاران (۲۰۰۱) کمبود آب را عامل محدود کننده‌ی رشد و نمو گیاه معرفی نمودند که موجب کاهش ماده‌ی خشک تولیدی در گیاه می‌شود.

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد تیمار کم‌آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) داشت (جدول ۵). تیمار شاهد با مصرف ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هر دور آبیاری، بیشترین بهره‌وری مصرف آب (۱۵/۶۱کیلوگرم بر متر مکعب) را به خود اختصاص داد (جدول ۶) و در رده‌ی آماری a قرار گرفت. با اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم‌آبیاری در تیمارهای T_2 و T_3، بهره‌وری مصرف آب به ترتیب به ۱۴/۵۲ و ۱۴/۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب رسید که به ترتیب با تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد ۶/۹۸ و ۹/۴۲ درصد اختلاف داشت (جدول ۶). با توجه نتایج این پژوهش، ملاحظه می‌شود با وجود اختلاف ۲۰ درصدی در میزان آب مصرفی بین دو تیمار T_2 و T_3، اما بهره‌وری مصرف به دست آمده برای این دو تیمار از نظر آماری اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشته و در یک رده آماری (رده b) واقع شدند. اعمال ۶۰ درصد کم‌آبیاری موجب گردید که تیمار T_4 کمترین بهره‌وری مصرف آب را نسبت به سایر تیمارها داشته باشد به طوری که در آخرین رده آماری (رده c) قرار گیرد. بهره‌وری مصرف این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۳۵/۶ درصد کمتر بود (جدول ۶).

شکل ۲ اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و نوع آب بر بهره‌وری مصرف آب را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری، بهره‌وری مصرف آب را در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی از ۱۵/۳۲ به ۱۵/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب (۳/۶۲ درصد) افزایش داد (جدول ۷). اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده نشد (شکل ۲).

در شرایط آبیاری با آب مغناطیس شده، بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۸/۳۵ درصد کاهش یافت اما این کاهش آب مصرفی، اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به وجود نیاورد و هر دو تیمار در رده‌ی آماری a قرار گرفتند (شکل ۲). نتایج تأمل برانگیزی که از این پژوهش حاصل شد آن است که اولا بین بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در شرایط آبیاری با آب مغناطیس شده و بهره‌وری مصرف آب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط آبیاری با آب معمولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و هر دو تیمار در رده‌ی آماری a قرار گرفتند. هم‌چنین بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در شرایط آبیاری با آب مغناطیس شده، از بهره‌وری مصرف آب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط آبیاری با آب معمولی، ۱/۳۲ درصد بیشتر بود (شکل ۲). ثانیا استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب شد بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۲۰ درصد کم‌آبیاری از ۱۳/۵۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار آب معمولی به ۱۵/۵۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار آب مغناطیسی افزایش یابد (۱۲/۹۹ درصد افزایش) (جدول ۸) به گونه‌ای که این دو تیمار در دو رده‌ی آماری مختلف a و b قرار گرفتند (شکل ۲). با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب گردد. این حالت می‌تواند به سبب جذب راحت‌تر آب توسط ریشه‌ها در رطوبت‌های پایین‌تر خاک به دلیل کم‌آبیاری باشد. بنابراین در این شرایط آبِ بیش‌تری در اختیار گیاه قرار گرفته، به همان نسبت وزن تر گیاه افزایش می‌یابد. مقادیر میانگین وزن تر کل بوته که در جدول ۶ آورده شده است مؤید این ادعا می‌باشد. همان طور که پیش‌تر اشاره شد، عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی سبب می‌شود سیالیت و کشش سطحی آب کاهش یابد و پیوند بین مولکول‌های آب نیز شکسته شود که این حالت تحرک و آزادی حرکت مولکول‌های آب را افزایش خواهد داد و در نهایت مجموعه‌ی عوامل فوق موجب سهولت جذب آب مغناطیس شده، توسط ریشه‌ها می‌گردد.

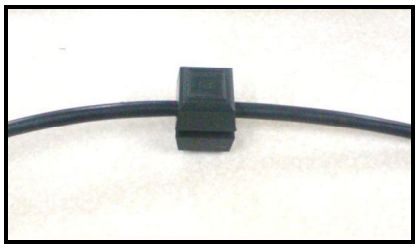
نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در اثر اعمال سطوح متفاوت آبیاری، میزان عملکرد تر و خشک ذرت رقم ماکسیما کاهش یافت اما کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب گردید به طوری که بین بهره‌وری مصرف آب در سطح ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی ذرت تفاوت معنی‌دار ایجاد نشد. هم‌چنین عبور دادن آب آبیاری از میدان مغناطیسی باعث تغییر در میزان یون‌های محلول در آب گردید. هم‌چنین در اثر کاربرد آب مغناطیسی برای آبیاری ذرت، عملکرد تر و خشک و هم‌چنین بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۲/۶۲ تن در هکتار، ۰/۵۶ تن در هکتار و ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب

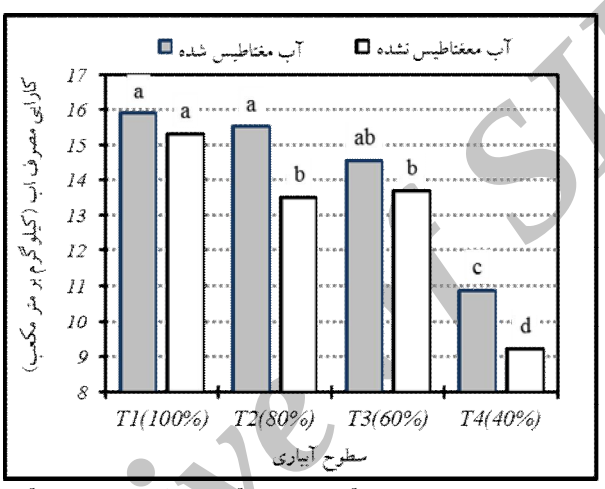
Archive of SID

www.SID.ir

آب مصرفی افزایش یافت. افزایش ایجاد شده از نظر آماری معنی‌دار بود.



شکل ۱. مغناطیس مورد استفاده در پژوهش



شکل ۲. اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع آب بر بهره‌وری مصرف آب

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

پتاسیم (mgr/Kg)	فسفر (mgr/Kg)	نیتروژن (٪)	pH	ماده آلی (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک*
۲۶۶	۵/۶	۰/۰۷	۸/۱۸	۱/۳۱	۴۲	۲۷	۳۱	لوم رسی

جدول ۲. تجزیه شیمیایی آب چاه قبل و پس از عبور از میدان مغناطیسی

PH	EC (ds/m)	Na^+ (mgr/lit)	K^+ (mgr/lit)	Ca^{2+} (mgr/lit)	Mg^{2+} (mgr/lit)	Cl^- (mgr/lit)	Co_3^{2-} (mgr/lit)	HCo_3^- (mgr/lit)
قبل از عبور از میدان مغناطیسی								
۶/۵	۲/۳۵	۵۰/۰	۰/۰	۲۵۸/۴۵	۱۰۳/۷	۵۸۲/۲	۰/۰	۱۹۵/۲
بعد از عبور از میدان مغناطیسی								
۶/۸	۲/۲۶	۴۰/۰	۰/۰	۲۱۷/۳۴	۹۵/۷۵	۵۴۶/۷	۰/۰	۱۷۰/۸

جدول ۳. حجم آب آبیاری مصرفی برای هر تیمار آبیاری در طول دوره رشد.

میزان آب آبیاری در طول دوره رشد	تیمار آبیاری			
	۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد)	۸۰ درصد نیاز آبی	۶۰ درصد نیاز آبی	۴۰ درصد نیاز آبی
برای هر گلدان (lit/pot)	۳۴/۶۵	۲۸/۷۵	۲۲/۸۵	۱۶/۹۵
برای هر هکتار (m^3/ha)	۲۸۸۷/۳۸	۲۳۹۵/۷۴	۱۹۰۴/۰۹	۱۴۱۲/۴۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. تغییر خصوصیات شیمیایی آب چاه قبل و پس از عبور از میدان مغناطیسی

PH	EC (ds/m)	Na^+ (mgr/lit)	K^+ (mgr/lit)	Ca^{2+} (mgr/lit)	Mg^{2+} (mgr/lit)	Cl^- (mgr/lit)	Co_3^{2-} (mgr/lit)	HCo_3^- (mgr/lit)
-۰/۳*	۰/۰۹	۱۰/۰	۰/۰	۴۱/۱۱	۷/۹۵	۳۵/۵	۰/۰	۲۴/۴

*علامت منفی بیان‌گر افزایش می‌باشد

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در ذرت رقم ماکسیما

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر کل	وزن خشک کل	بهره‌وری مصرف آب	سطح برگ	کلروفیل
تکرار	۳	۶۵۵/۸۳ n.s.	۸۸/۵۲۰ n.s.	۰/۸۸۷ n.s.	۱۳۷۹۴۴/۰۲ n.s.	۹۵/۴۲۶**
سطح آبیاری	۳	۱۹۵۵۹۶/۴۱۶**	۸۴۸۱/۵۲۷**	۰/۰۰۰۰۴۷۶**	۶۴۸۱۶۷۵/۵۰**	۳۴۳/۵۸۶**
نوع آب	۱	۷۹۳۸/۰۰۰**	۳۶۱/۶۶۲**	۰/۰۰۰۰۱۲۸**	۹۱۸۷۸۰/۷۴**	۱۶۷/۹۰۲**
سطح آبیاری*نوع آب	۳	۶۵۵/۴۱۶ n.s.	۳۱/۹۴۲ n.s.	۰/۰۰۰۰۰۰۹۴ n.s.	۱۳۰۹۲۵/۵۵ n.s.	۴/۹۷۲ n.s.
خطا	۲۱	۷۴۹/۸۹۲	۳۱/۳۶۳	۰/۰۰۰۰۰۱۰۸	۹۸۶۶۶/۰۹	۵/۰۲۹
ضریب تغییرات	–	۷/۵۴۳	۸/۶۳۱	۷/۶۴۴	۹/۲۴۵	۵/۵۲۴

*، ** و n.s. به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.

جدول ۶- مقایسات میانگین صفات مورد ارزیابی در ذرت رقم ماکسیما

	وزن تر کل (تن در هکتار)	وزن خشک کل (تن در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب* (کیلوگرم بر متر مکعب)	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	کلروفیل
سطح آبیاری:					
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۴۵/۰۸a	۸/۸۳a	۱۵/۶۱a	۴۳۹۵/۷a	۴۷/۴۰۰a
۸۰ درصد نیاز آبی	۳۴/۷۹b	۶/۰۲b	۱۴/۵۲b	۳۷۴۷/۵b	۴۲/۹۳۸b
۶۰ درصد نیاز آبی	۲۶/۹۳c	۴/۳۴c	۱۴/۱۴b	۳۱۷۲/۳c	۴۰/۲۲۵c
۴۰ درصد نیاز آبی	۱۴/۲۰d	۲/۴۳d	۱۰/۰۵c	۲۲۷۴/۶d	۳۱/۸۲۵d
نوع آب:					
مغناطیس شده	۳۱/۵۶a	۵/۶۹a	۱۴/۲۲a	۳۵۶۷/۰a	۴۲/۸۸۷a
مغناطیس نشده	۲۸/۹۴b	۵/۱۳b	۱۲/۹۴b	۳۲۲۸/۱b	۳۸/۳۰۶b

* بهره‌وری مصرف آب بر اساس وزن تر کل محاسبه گشته است.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۷. اختلاف بین بهره‌وری مصرف آب در سطوح متفاوت آبیاری در شرایط آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیس شده

	آبیاری با آب معمولی		آبیاری با آب مغناطیس شده	
	کیلوگرم بر مترمکعب	درصد	کیلوگرم بر متر مکعب	درصد
T_1 و T_2	۱/۸۱	۱۲	۰/۳۷	۲
T_2 و T_3	۱/۶۱	۱۱	۱/۳۳	۸
T_3 و T_4	۶/۱۰	۴۰	۵/۰۲	۲۲

جدول ۸. اختلاف بین بهره‌وری مصرف آب در شرایط آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیس شده در تیمارهای کم‌آبیاری

سطوح آبیاری	T_1		T_2		T_3		T_4	
	$\frac{Kg}{m^3}$	درصد	$\frac{Kg}{m^3}$	درصد	$\frac{Kg}{m^3}$	درصد	$\frac{Kg}{m^3}$	درصد
تفاوت بهره‌وری مصرف آب در شرایط آب معمولی و آب مغناطیس شده	۰/۵۸	۴	۲/۰۲	۱۲/۹۹	۰/۸۶	۶	۱/۶۶	۱۵

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

۱.احمدآلی، ج. و خلیلی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه میاندوآب. مجله پژوهش آب ایران، ۱(۱):۱۷-۲۳.

۲.احمدی، پ. ۱۳۸۹. تأثیر میدان مغناطیسی بر روی آب و کاربردهای زراعی آب مغناطیسی. اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی دانشگاه باهنر کرمان.

۳.انصاری، ح.، میر لطیفی، س.م. و فرشی، ع.ا. ۱۳۸۵. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت زودرس. مجله علوم آب و خاک، ۲۰(۲): ۳۴۶- ۳۴۷.

۴.پورقاسمیان، ن زاهدی، م. ۱۳۸۸. اثر روش کاشت و میزان رطوبت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لرنگ در اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷:۵۴۵-۵۵۵.

۵.رضاوردی نژاد، و.، سهرابی، ت. و لیاقت، ع.ا. ۱۳۸۵. بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد آن. همایش ملی مدیریت شبکه‌ی آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

۶.رضوانی مقدم، پ. و صادقی ثمرجان ، و.ر.۱۳۸۷. بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود (Cicer arietinum L.) رقم ILC ۳۲۷۹ در شرایط آب و هوایی نیشابور. مجله‌ی پژوهش‌های زراعی ایران، ۶(۲): ۳۱۵-۳۲۵.

۷.رنجبر، غ.، روستا، م.ج. و چراغی، س.ع.م. ۱۳۹۱. بررسی اثر آب مغناطیسی بر شاخص های رشد گندم در شرایط شور. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۳): ۲۶۳-۲۷۴.

۸.شکرانی، ف.، پیرزاد، ع.، زردشتی، م. و درویشی، ر. ۱۳۹۰. اثر قطع آبیاری و مقادیر مختلف نیتروکسین برروی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گیاه همیشه بهار. همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، آذربایجان‌غربی.

۹.علیزاده،ا. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ پنجم، ۴۷۰ ص.

۱۰. کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. م. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

۱۱.کرملا چعب، ع. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد آب مغناطیسی بررشد عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای. ششمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

۱۲.کریمی، م.، اصفهانی، م.، بیگلوئی، م.ح.، ربیعی، ب. و کافی قاسمی، ع. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۲(۲): ۹۱-۱۰۹.

۱۳. مجیدیان، م.، غدیری، ح. ۱۳۸۱. تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده مصرف آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی، ۳۳(۳): ۵۲۱-۵۳۳.

۱۴.مسجدی، ع.، شکوه‌فر، ع. و علوی فاضل، م. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری ذرت تابستانه (هیبرید $SC.704$) و بررسی اثر تنش خشکی بر محصول با استفاده از اطلاعات طتشک تبخیر کلاس A . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۶(ب): ۵۴۳-۵۵۰.

۱۵.نیکبخت، ج.، خنده‌رویان، م. و توکلی زانیانی، ا. ۱۳۹۰. مغناطیسی کردن آب راه‌کاری نوین و مؤثر برای استفاده از آب‌های غیر متعارف در آبیاری. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان.

Archive of SID

www.SID.ir

16. Abdul Qados, A.M.S. and Hozayn, M. 2010. Magnetic water technology, a navel tool to increase growth, yield and chemical constituents of Lentil (Lens esculenta) under greenhouse condition. American-Eurasian J. Agric. And Environ. Sci., 7(4): 457-462.
17. Carbonell, M.V., Martinez, E., Diaz, J.E., Amaya, J.M. and Florez, M. 2004. Influence of magnetically treated water on germination of signalgrass seeds. Seed sci. & Technol., 32: 617-619.
18. Celic, O., Atak, C. and Rzakulieva, A. 2008. Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in Paulownia node cultures. J. Central European Agric, 9(2): 297-303.
19. Durate Diaz, C.E., Riquence, J.A., Sotolongo, B., Portunodo, M.A., Quintana, E.O. and Perez, R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. Hortic. Abst. 69: 494.
20. Farre, I. and Faci, J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management, 96: 383-394.
21. Hozayn, M. and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Magnetic water application for improving wheat (triticum aestivum L.) crop production. Agricultur and Biology of North America. 1(4): 677-682.
22. Maheshwari, B.L. and Grewal, H.S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effect on vegetable crop yield and water productivity. Agricultural water Management, 96: 1229-1236.
23. Nashir, S.H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Eng. and Tech, 26(9): 16-20.
24. Oktem, A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. Agricultural Water Management, 95: 1003-1010.
25. Panda, R.K., Behera, S.K. and Kashyap, P.S. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. Agricultural Water Management, 66: 181–203.
26. Ran, C., Hongwei, Y., Jinsong, H. and Wanpeng, Z. 2009. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. Journal of Molecular Structure, 938: 15-19.
27. Salemi, H.R. and Moshref, L. 2005. Effects of deficit irrigation on quality properties and yield of grain maize cultivares in Isfahan region. Journal of Agricultural Engineering Research, 7(26): 71-84.
28. Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F. and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies abscise acid, and cytokinins. Crop Sci, 41: 1530-1540.
29. Tian, W.X., Kuang, Y.L. and Mei, Z.P. 1989. Effect of magnetic water on seed germination, seedling growth and grain yield of rice. Jiline. Agric. Univ., 11: 11-16.
30. Xiao-Feng, P. and Bo, D. 2008. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. Physica B, 403: 3571-3577.

Archive of SID

www.SID.ir