Archive of SID

اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب

علی قدمی فیروزآبادی[1*]، مجتبی خوش‌روش، پویا شیرازی و حمید زارع ابیانه

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان-سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

aghadami@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

khoshravesh_m24@yahoo.com

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

p.shirazi.a@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا همدان

zareabyaneh@gmail.com

چکیده

افزایش بهره‌وری آب، عامل کلیدی برای رفع بزرگ‌ترین چالش بخش کشاورزی در مناطق کم آب است. به‌منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف آب آبیاری و شوری با استفاده از آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی بر خصوصیات عملکرد، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین سویا رقم DPX، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در یک مزرعه کشاورزی واقع در شهرستان علی‌آباد استان گلستان اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه سویا و سه سطح شوری ۰/۷، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بودند. نتایج نشان داد که با مغناطیسی کردن آب آبیاری مقدار عملکرد، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین در تمامی تیمارهای خشکی و شوری، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/001$). متوسط مقدار کاهش عملکرد در تیمار شوری آب پنج دسی‌زیمنس بر متر برابر ۸/۴۴ درصد و در تیمار شوری آب ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر برابر ۲۴/۶۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. همچنین متوسط مقدار کاهش عملکرد در سطح ۷۵ درصد آبیاری برابر ۳۰/۶۸ درصد و در سطح ۵۰ درصد آبیاری برابر ۴۴/۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. در مجموع، بالاترین میزان عملکرد دانه برابر ۵/۵ تن در هکتار از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مربوط به تیمار آب مغناطیسی بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نشتی، مدیریت آب، میدان مغناطیسی.

---

۱ همدان، کیلومتر پنج جاده تهران، پایین‌تر از فرودگاه، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان.

* دریافت: شهریور ۱۳۹٤ و پذیرش: اسفند ۱۳۹٤

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و محدودیت منابع غذایی، بشر را با چالش بزرگ امنیت غذایی و بحران‌های منطقه‌ای و بین‌المللی روبه‌رو کرده است. روغن‌های خوراکی یکی از عمده‌ترین فرآورده‌های مهم غذایی هستند که تامین آن در راستای خودکفایی کشور اهمیت زیادی دارد. سویا یکی از گیاهان روغنی است که دانه آن با داشتن ۲۰ درصد روغن و ٤٠ درصد پروتئین از منابع اصلی روغن و پروتئین گیاهی با کیفیت بالا به‌شمار می‌رود (شاهمرادی، ۱۳۸۲؛ خواجه‌جویی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸٤). بالا بودن میزان اسید چرب لینولئیک روغن سویا در مقایسه با دیگر اسیدهای چرب و همچنین، بالا بودن ارزش غذایی سویا از نظر مواد معدنی و ویتامین‌ها، باعث توجه به گسترش کشت آن شده است (کمین و همکاران، ۲۰۰۷).

در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد سطح زیر کشت سویا در استان‌های شمالی کشور قرار دارد و کشت آبی و دیم آن در شمال ایران به عنوان کشت اول و دوم از جایگاه خوبی برخوردار است (قدرتی و همکاران، ۱۳۹۲). عملکرد بیشتر محصول در کشت آبی از یک سو و محدودیت منابع آبی کشور از سوی دیگر منجر به بهره‌گیری از منابع غیرمتعارف آب در بخش کشاورزی به‌عنوان یک راه‌کار شده است (نوروزی و همکاران، ۱۳۷۸). برخی گزارشات حاکی از تاثیر مطلوب میدان مغناطیسی بر کیفیت آب آبیاری، عملکرد محصولات زراعی و بهره‌وری آب در گیاهان زراعی است (لین و یوتات، ۱۹۹۰؛ ماهش‌واری و گری‌وال، ۲۰۰۹). پالایش آب از طریق اعمال میدان مغناطیسی، که جزو روش‌های تصفیه فیزیکی به‌شمار می‌رود، برخی ویژگی‌های آن مانند آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب، چگالی، کشش سطحی و سرعت تبخیر را تغییر می‌دهد (لیدر وود، ۲۰۰۵). به‌بیان دیگر، بعضی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مانند کشش سطحی، قابلیت حل نمک‌ها، ضریب شکست نور و اسیدیته آبی که در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته است، تغییر می‌کند (کاسترو پالاسیو و همکاران، ۲۰۰۷). تغییرات حاصل از اعمال میدان مغناطیسی بر آب آبیاری به‌عواملی مانند شدت میدان، جهت میدان، مدت زمان در معرض‌گذاری مغناطیسی، نرخ جریان محلول، کیفیت آب و pH آب بستگی دارد (چیبوسکی و همکاران، ۲۰۰۵). گیاهان به‌طور طبیعی تحت تاثیر میدان‌های مغناطیسی زمین و میدان‌های الکتریکی بین زمین و ابرها قرار دارند (کیاتگامجورن، ۲۰۰۲). از این‌رو، تحریک گیاهان به‌وسیله میدان‌های مغناطیسی و یا عبور دادن آب از یک میدان مغناطیسی و پاسخ متفاوت گیاهان به شدت‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی می‌تواند راهی جهت افزایش کیفیت آب، کمیت و کیفیت محصول باشد (کارداس، ۲۰۰۲). مطالعات آمایا و همکاران (۱۹۹٦)، پادلئونی و همکاران (۲۰۰٤)، فلورز و همکاران (۲۰۰۵) و مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) حاکی از تاثیر میدان مغناطیسی بر مراحلی از رشد گیاه مانند سرعت جوانه‌زنی، درصد سبز شدن و افزایش سرعت طویل شدن گیاهچه گندم است. اثر آب مغناطیسی با شدت میدان‌های ٤۰۰۰، ۵۰۰۰ و ٦۰۰۰ گوس روی گیاهان کلزا و کتان باعث افزایش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار شاهد شد (صادقی، ۱۳۸۹).

تاثیر تیمار آب مغناطیسی شده بسته به منبع آب و نوع گیاه متفاوت می‌باشد. ماهشواری و گریول (۲۰۰۹) تاثیر میدان مغناطیسی را در قالب سه تیمار آبیاری معمولی (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، آب بازیافتی (۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب شور (۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، روی عملکرد گیاهان نخود، کرفس و لوبیا در شرایط کشت گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی در تیمار آب بازیافتی و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر شوری، محصول کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد و بهره‌وری آب را ۱۲ و ۲٤ درصد افزایش داد. در لوبیا نیز افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب بدون تاثیر معنی‌دار در هر سه تیمار آب مغناطیسی مشاهده شد. کیانی (۱۳۸٦) گزارش

www.SID.ir

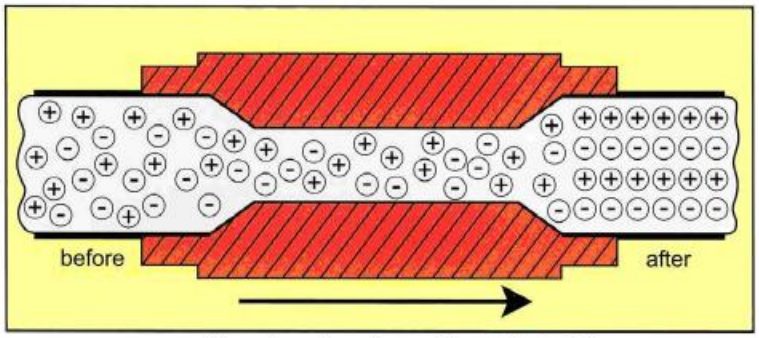
Archive of SID

کرد که آب مغناطیسی با افزایش حلالیت آب، باعث کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها، آبشویی خاک و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. با توجه به این‌که عمر مفید سیستم‌های مغناطیسی ۱۰ سال می‌باشد، بنابراین نسبت به آب معمولی نزدیک به ۲۰ درصد افزایش بازده اقتصادی دارد. علت افزایش حلالیت آب به این صورت است که با مغناطیس شدن آب، مولکول‌های آب از حالت بی‌نظمی به صورت مرتب در آمده و نوع پیوند اکسیژن- هیدروژن از حالت مثلثی به شکل یک خط تغییر کند (شکل ۱). در این شرایط هیدروژن‌های مثبت دارای نیروی بیشتری شده و ضمن تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر از آب، سبب افزایش تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم و همچنین افزایش قدرت حلالیت آب می‌شود (لیدر وود، ۲۰۰۵).

وقتی آب از میان میدان مغناطیسی ثابت یا متغیر عبور می‌کند، موجب تغییر در آرایش بلورین کربنات کلسیم شده و ماهیت آن از حالت کلسیت چسبنده (شکل ۲- الف) به آراگونیت (شکل ۲-ب) که قدرت چسبندگی ندارد، تبدیل می‌شود. اصطلاحا آب از حالت یونی خارج شده و به‌صورت ذرات معلق میکرونی در می‌آید. آراگونیت با سیستم تبلور ارتورومبیک که دارای ساختار منشوری یا تیغه‌ای است و مقطع عرضی کریستال‌های آن در خیلی از موارد شش ضلعی است، قدرت چسبندگی کمی دارد. در مقابل، کلسیت با سیستم تبلور شش وجهی خاصیت چسبندگی بسیار بالایی دارد و نسبت به آراگونیت از جرم حجمی کمتری برخوردار است.نتایج تحقیقات سالی‌ها (۲۰۰۵) نشان‌دهنده نقش آب مغناطیسی در بهبود حاصل‌خیزی خاک و افزایش کیفیت آب آبیاری و عملکرد محصول است که از اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. رویکرد جهانی نیز در تولید گیاهان دانه روغنی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی به‌منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی می‌باشد (طوسی و همکاران، ۱۳۹۳). با عنایت به این موضوع و با توجه به تاثیر مطلوب میدان مغناطیسی بر رشد و نمو محصولات زراعی و در نظر داشتن اهمیت گسترش کشت گیاهان دانه روغنی، این تحقیق با هدف ارزیابی و تعیین اثر استفاده از آب مغناطیسی بر کیفیت آب جهت تولید حداکثر عملکرد دانه گیاه سویا تحت شرایط کم آبیاری به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

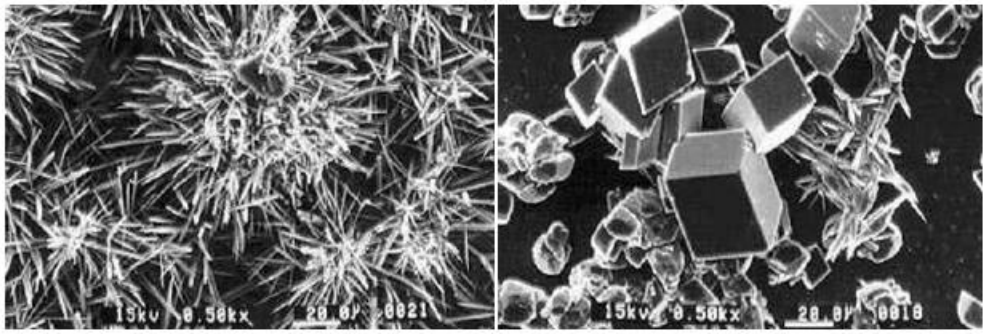
به‌منظور بررسی تاثیر آب شور مغناطیسی شده با مقادیر متفاوت نیاز آبی بر میزان عملکرد گیاه سویا با نام علمی *Glycine max*، آزمایشی در یکی از مزارع کشاورزی شهرستان علی‌آباد در استان گلستان واقع در طول جغرافیایی ′۵۱ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۲ °۳۶ شمالی با مشخصات فیزیکی زیر انجام شد.



شکل ۱ آرایش الکترون‌ها در یک میدان مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID



(ب) (الف)

شکل ۲ عکس‌های مربوط به نمونه آب گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی
(الف) آب غیر مغناطیسی، (ب) آب مغناطیسی (کنیا و پارسونز، ۲۰۰۵)

جدول ۱ مشخصات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	اندازه ذرات (درصد)			درصد رطوبت اولیه خاک (درصد حجمی)	تخلخل (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
		رس	سیلت	شن			
۰-۳۰	رسی سیلتی	۴۳/۱	۴۲/۷	۱۴/۲	۲۶/۳	۴۷/۱۹	۱/۳۸
۳۰-۶۰	سیلت	۹/۸	۸۰/۸	۹/۴	۲۲/۸	۳۷/۵۶	۱/۵۹
۶۰-۹۰	لوم شنی رسی	۲۳/۹	۲۰/۷	۵۵/۴	۲۵/۱	۴۴/۰۸	۱/۵۲

کاشت بذر سویا، رقم DPX در تاریخ ۱۵ خرداد، براساس تراکم ۱۶/۷ دانه در مترمربع و آرایش کاشت ۱۲ در ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. قبل از کاشت، کود گوگرد به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط و جهت اطمینان از نیتروژن قابل دسترس خاک در طول فصل رشد از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در زمان‌های گلدهی و تشکیل غلاف استفاده شد. همچنین به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به زمین اضافه شد. جدول ۲ مشخصات خصوصیات شیمیایی و وضعیت عناصر غذایی خاک مزرعه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. برای تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، ابتدا خاک کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. سپس با افزودن آب مقطر به خاک، گل اشباع ایجاد شد و درب ظروف نمونه به‌مدت ۲٤ ساعت بسته شد. پس از آن با استفاده از دستگاه پ-هاش‌متر مدل 340I/SET، اسیدیته خاک در گل اشباع تعیین و با استفاده از دستگاه پمپ خلا، از گل اشباع عصاره‌گیری شد. شوری عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل ٤٥١٠ تعیین شد. برای بدست آوردن کربن آلی از طریق احتراق به روش مرطوب استفاده شد. فسفر قابل جذب از طریق روش السن به‌دست آمد و پتاسیم قابل جذب از دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7 اندازه‌گیری شد (جونز، ۲۰۰۱).

جدول ۲ مشخصات شیمیایی و عناصر غذایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (-)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر)
۰-۳۰	۱/۵	۷/۵	۰/۵۷	۳/۸	۳۱۲
۳۰-۶۰	۱/۷	۷/۴	۰/۵۹	۳/۸	۳۱۷
۶۰-۹۰	۲/۱	۷/۴	۰/۵۵	۴/۰	۳۱۶

هدایت الکتریکی نمونه‌های آب آبیاری با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل ٤٥١٠ و اسیدیته نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پ-هاش‌متر مدل 340I/SET تعیین شد. کلسیم و منیزیم موجود در آب به‌روش کمپلکسومتری با تیتراسیون و تشکیل کمپلکس در مجاورت اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (ورسین)

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری و سدیم با دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7 تعیین شد. از مجموع غلظت کاتیون‌های سدیم، منیزیم و کلسیم، مجموع کاتیون‌ها محاسبه شد. بی‌کربنات آب با استفاده از تیتراسیون با اسید سولفوریک در مجاورت معرف فنل فتالئین و متیل اُرانژ اندازه‌گیری شد. کلر با استفاده از تیتراسیون رسوبی در مجاورت نیترات نقره (تشکیل رسوب AgCl) اندازه‌گیری شد. سولفات موجود در آب، از اختلاف مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها به‌دست آمد (بینای مطلق، ۱۳۸۹).

آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح کیفیت آب آبیاری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (S_1)، پنج دسی‌زیمنس بر متر (S_2) و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (S_3) و سه سطح آب آبیاری I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد عمق آب موردنیاز گیاه با دستگاه مغناطیس و بدون استفاده از دستگاه مغناطیس بود. تیمارهای شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر از حل نمودن نمک کلرید سدیم در آب آبیاری تهیه گردیدند.

تیمارهای خشکی و شوری، ۲۰ روز پس از کاشت اعمال شد. عمق آبیاری برای تیمار آبیاری بدون تنش رطوبتی (I_1) محاسبه شد و سایر تیمارهای آبی، ضریبی از عمق آبیاری تیمار آبیاری بدون تنش رطوبتی را دریافت می‌کردند. زمان آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی[1] (MAD) برابر ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک در تیمار آبیاری بدون تنش رطوبتی (I_1) تعیین شد. مقدار تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس مطالعات قبلی سویا، ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. عمق آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد ظرفیت زراعی (FC) برای تیمار آبیاری بدون تنش رطوبتی، محاسبه و اعمال می‌شد.

دور آبیاری تابع میزان تخلیه رطوبت از نیمرخ خاک بود. عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$I_n = ((W_{FC} - W_{BI}) \times \rho_b \times D)/100 \qquad (۱)$$

که در آن:

I_n= عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر، W_{FC}= رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی، W_{BI}= رطوبت وزنی خاک پیش از آبیاری، D= عمق ناحیه ریشه بر حسب میلی‌متر می‌باشد. در این پژوهش، مقدار W_{BI} در تیمار آبیاری کامل همواره مساوی و یا بیشتر از FC-((MAD×(FC-PWP)) بود. برای محاسبه عمق آبیاری در تیمارهای آبیاری I_1، I_2 و I_3 مقدار I_n محاسبه شده در معادله فوق، در ضرایب ۱، ۰/۷۵ و ۰/۵۰ ضرب شد.آب مغناطیسی که نوعی روش تصفیه فیزیکی است، با عبور آب از میان یک آهن‌ربای دایمی بسته شده بر روی لوله غیرفلزی حامل آب آبیاری ایجاد شد (شکل ۳). شدت میدان مغناطیسی بکار برده شده ۰/۳ تسلا بود.

با اعمال میدان مغناطیسی در مسیر جریان آب و تغییر رفتار مولکولی آب، املاح رسوب‌گذار از حالت یونی منفک به حالت مولکول‌های الحاق یافته به‌یکدیگر تحت عنوان پدیده دانه برفی تغییر می‌یابند (چیبوسکی و همکاران، ۲۰۰۵).

در پایان فصل رشد، بوته‌های ردیف وسط برداشت و مقدار عملکرد دانه، بیوماس و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد. مقادیر عملکرد دانه با جداسازی دانه‌های سویا از بیوماس گیاهی و خشک نمودن آن‌ها با رطوبت ۱۴ درصد از طریق توزین با ترازوی با دقت ۰/۰۱ اندازه-گیری شد. به‌همین ترتیب وزن بیوماس گیاهی با انتقال به پاکت‌های کاغذی و خشک نمودن آن‌ها در آون به‌مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۷۰ درجه به‌دست آمد. ارتفاع گیاه قبل از برداشت با متر فلزی به‌تعداد سه بوته در هر تکرار از تیمار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر تکرار محاسبه گردید. سپس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS

[1] Management allowed depletion

www.SID.ir

Archive of SID

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۳ خصوصیات شیمیایی آب آبیاری، در حالت قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی را به‌همراه درصد کاهش پارامترهای مورد سنجش آب ارایه می‌دهد.

شکل ۳ دستگاه مغناطیس نصب شده بر روی لوله

جدول ۳ خصوصیات شیمیایی آب در حالت قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی

سطح شوری	تیمار	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	SAR (-)	اسیدیته (-)	Na^{+}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	کاتیون‌ها	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{-2}	آنیون‌ها
					(میلی اکی والان در لیتر)							
اول	غیر مغناطیس	۰/۷	۰/۸	۷/۲	۱/۶۲	۲/۹۲	۲/۱۱	۶/۶۵	۱/۹۳	۲/۳۲	۲/۴۴	۶/۶۹
	مغناطیس	۰/۴۳	۰/۷۷	۷/۱	۱/۳۱	۲/۶۲	۱/۷۷	۵/۷	۱/۴۵	۲/۰۸	۲/۱۱	۵/۶۴
درصد تغییرات*		-۳۸/۶	-۳/۷۴	-۱/۴	-۱۹/۱	-۱۰/۳	-۱۶/۱	-۱۴/۳	-۲۴/۹	-۱۰/۴	-۱۳/۵	-۱۵/۷
دوم	غیر مغناطیس	۵	۲/۷۲	۷/۳	۳۸/۹۰	۴/۲۱	۶/۲۹	۴۹/۴	۳۹/۱۱	۴/۹۲	۴/۹۷	۴۹/۰
	مغناطیس	۴/۱۲	۲/۹۹	۷/۳	۳۴/۰۶	۳/۲۵	۴/۳۴	۴۱/۶۵	۳۵/۹۱	۳/۱۹	۲/۵۶	۴۱/۶۶
درصد تغییرات		-۱۷/۶	+۱/۰	۰/۰	-۱۲/۴	-۲۲/۸	-۳۱/۰	-۱۵/۶۹	-۸/۲	-۳۵/۲	-۴۸/۵	-۱۴/۹۸
سوم	غیر مغناطیس	۱۰	۳/۵۲	۷/۴۵	۷۸/۵۱	۶/۷۳	۸/۱۰	۹۳/۳۴	۷۹/۱۰	۷/۱۶	۷/۰۸	۹۳/۳۴
	مغناطیس	۹/۲۷	۳/۷۳	۷/۴	۶۹/۱۷	۳/۵۲	۶/۴۳	۷۹/۱۲	۷۱/۲۶	۴/۳۹	۴/۱۸	۷۹/۸۳
درصد تغییرات		-۷/۳	+۵/۹۶	-۰/۷	-۱۱/۹	-۴۷/۷	-۲۰/۶	-۱۵/۲۴	-۹/۹	-۳۸/۷	-۴۱/۰	-۱۴/۴۷

* علامت – به‌معنی کاهش و علامت + به‌معنی افزایش است.

در مجموع می‌توان چنین اظهار داشت که اعمال میدان مغناطیسی روی آب آبیاری موجب بهبود کیفیت آب با توجه به کاهش هدایت الکتریکی املاح محلول آب شده است. لیکن درصد بهبود کیفیت بر اساس هدایت الکتریکی املاح در سطوح پایین‌تر شوری بیشتر است. از طرفی نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد در سطوح شوری دوم و سوم مقدار SAR آب آبیاری افزایش یافته است. علت اصلی می‌تواند اثر میدان مغناطیسی بر کاهش شدیدتر میزان یون‌های کلسیم و منیزیم نسبت به یون سدیم باشد. در این خصوص می‌توان مجموع سه کاتیون‌های و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای آب آبیاری را مدنظر قرار داد. به‌طوری‌که نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد بر خلاف افزایش SAR، مقادیر مجموع کاتیون‌ها و مجموع آنیون‌ها در هر سه تیمار آب آبیاری مغناطیس شده کاهش یافته است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ٤، اثر نوع آب آبیاری بر مقدار عملکرد دانه،

www.SID.ir

Archive of SID

بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر تیمارهای سطح آبیاری و شوری آب بر شاخص‌های گیاه نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارهای مختلف بر مقدار عملکرد و بیوماس سویا معنی-دار نشد (جدول ٤).نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار عملکرد دانه، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین در تیمار آب مغناطیسی شده بیشتر از آب غیر مغناطیسی است (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای شوری نشان داد که مقدار شاخص‌های عملکرد در تیمار شاهد دارای بیشترین مقدار و آب با شوری ۱۰ دسی-زیمنس بر متر دارای کمترین عملکرد بود. بدیهی است که با افزایش غلظت شوری آب آبیاری، عملکرد گیاه کاهش خواهد یافت. جدول ۵ نشان می‌دهد که میزان عملکرد دانه و بیوماس بین تمامی تیمارهای عمق آب آبیاری دارای اختلاف معنی‌داری شد و سطح ۱۰۰٪ آب مورد نیاز گیاه، بیشترین عملکرد را دارد.اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری در جدول ٦ نشان می‌دهد که ارتفاع گیاه در تمامی تیمارهای شوری بین آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی اختلاف معنی‌داری دارد.

جدول ۴ تجزیه واریانس تاثیر فاکتورهای مختلف بر مقدار عملکرد دانه، بیوماس و ارتفاع گیاه سویا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد	بیوماس	ارتفاع گیاه	درصد روغن	درصد پروتئین
بلوک	۲	۱۰۸/۹**	۱۷۱/۴**	۲۸۸/۳**	۲۰۱/۵**	۲۳۳/۷**
آب آبیاری	۱	۳۴۱/۲**	۵۷۶/۵**	۱۱۸۶/۴**	۶۸۹/۹**	۷۷۴/۱**
شوری آب	۲	۵۱۲/۴**	۷۹۳/۷**	۱۵۶۵/۵**	۹۰۲/۹**	۱۱۰۹/۶**
سطح آبیاری	۲	۴۸۳/۶**	۶۱۹/۷**	۱۳۷۲/۲**	۸۱۴/۲**	۱۰۰۸/۰**
آب آبیاری × شوری آب	۲	۳۴/۲^{ns}	۵۹/۳^{ns}	۲۱۳/۵*	۹۱/۶^{ns}	۱۳۲/۱^{ns}
آب آبیاری × سطح آبیاری	۲	۱۹/۱^{ns}	۳۵/۵^{ns}	۱۶۷/۶^{ns}	۶۳/۴^{ns}	۹۴/۲^{ns}
شوری آب × سطح آبیاری	۴	۵/۳^{ns}	۸/۸^{ns}	۱۰۲/۱^{ns}	۳۷/۷^{ns}	۵۳/۶^{ns}
سطح آبیاری × شوری آب × آب آبیاری	۴	۲۳/۴^{ns}	۴۰/۷^{ns}	۱۸۸/۷*	۵۹/۶^{ns}	۹۵/۵^{ns}
خطا	۳۴	۰/۷۶۲	۰/۹۸۱	۲/۳۱۵	۱/۱۱۴	۱/۳۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۶/۱۱	۱۶/۳۹	۱۲/۴۰	۱۳/۶۱	۱۲/۹۷

**معنی‌دار درسطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌دار درسطح احتمال ۵ درصد، ns غیر معنی‌دار

میانگین‌های ردیفی- ستونی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.آب مغناطیسی به‌طور متوسط باعث افزایش ۱۰/۷۷ درصد در عملکرد دانه و افزایش ۱۱/۳۱ درصد بیوماس نسبت به آب غیرمغناطیس شده است. علت این است که عبور آب از میدان مغناطیس، سبب شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی و واندروالسی بین مولکول‌های آب شده و در نتیجه کشش سطحی آب کاهش یافته و حلالیت آب افزایش یافته و املاح معدنی مورد نیاز گیاه در آب به خوبی حل شده و باعث افزایش کمیت محصول می‌شود. به‌طور متوسط تیمار آب مغناطیسی باعث افزایش ٦/٤ درصدی ارتفاع گیاه سویا نسبت به تیمار آب غیرمغناطیسی شد. علت این است که آب مغناطیسی باعث افزایش قدرت حل‌کنندگی آب شده و در نتیجه فتوسنتز و رشد بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی به دلیل جذب مواد غذایی بیشتر از خاک، افزایش می‌یابد. با افزایش فتوسنتز، ماده غذایی بیشتری در گیاه تولید می‌شود که این امر تجمع ماده خشک گیاه را افزایش خواهد داد. یافته‌های پژوهش حاضر مشابه نتایج ناشیر (۲۰۰۸) است که افزایش ۲/٦۷ سانتی‌متری ارتفاع گیاه نخود را با آب مغناطیسی گزارش کردند. همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های پادلئونی و همکاران (۲۰۰٤) که افزایش تعداد غلاف و عملکرد لوبیا را گزارش کردند، شباهت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ مقایسه مقدار میانگین‌های پارامترهای مختلف سویا

تیمار آزمایشی	پارامترها									
	عملکرد دانه (تن بر هکتار)	حداقل تفاوت معنی‌داری	بیوماس (تن بر هکتار)	حداقل تفاوت معنی‌داری	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	حداقل تفاوت معنی‌داری	روغن (درصد)	حداقل تفاوت معنی‌داری	پروتئین (درصد)	حداقل تفاوت معنی‌داری
آب آبیاری										
مغناطیسی	۳/۶۷۸a	۰/۲۱۹	۸/۵۷۹a	۰/۶۵۳	۸۷/۲۳a	۴/۴۹	۱۹/۳۲a	۱/۵۲	۳۷/۲۸a	۳/۲۲
غیر مغناطیسی	۳/۳۱۷b		۷/۷۰۲b		۸۱/۸۲b		۱۷/۵۴b		۳۳/۸۳b	
سطح آبیاری										
۱۰۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۴/۶۶۶a		۱۰/۷۷۳a		۱۰۴/۵۲a		۲۱/۸۱a		۴۰/۴۱a	
۷۵٪ آب مورد نیاز گیاه	۳/۲۳۴b	۰/۵۷	۷/۵۵۹b	۱/۲۰	۸۷/۲۹b	۷/۸۹	۱۷/۸۶b	۱/۸۸	۳۶/۳۰b	۳/۵۹
۵۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۲/۵۹۴c		۶/۰۸۹c		۶۱/۷۶c		۱۵/۶۱c		۲۹/۹۶c	
سطح شوری آب										
۰/۷ دسی-زیمنس بر متر	۳/۹۳۲a	۰/۲۵	۹/۱۲۸a	۰/۴۸	۹۴/۸۴a	۶/۱۷	۱۸/۷a	۰/۳۰	۳۶/۱۳a	۰/۵۴
۵ دسی‌زیمنس بر متر	۳/۶۰۰b		۸/۳۷۵b		۸۷/۴۱b		۱۸/۴۶b		۳۵/۵۳a	
۱۰ دسی-زیمنس بر متر	۲/۹۶۲c		۶/۹۱۸c		۷۱/۳۲c		۱۸/۱۳b		۳۵/۰۱b	

برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک، معنی‌دار نمی‌باشد

جدول ۶ اثرات متقابل تیمار آب آبیاری و شوری بر ارتفاع گیاه

آب آبیاری / شوری آب	آب مغناطیسی	آب غیر مغناطیسی
۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر	۹۱/۸ a	۸۷/۸ b
۵ دسی‌زیمنس بر متر	۸۷/۴ b	۸۱/۸ c
۱۰ دسی‌زیمنس بر متر	۸۲/۵ c	۷۵/۹ d

آنها نشان دادند که وزن دانه از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تامین شده و آبیاری با آب مغناطیسی باعث افزایش فتوسنتز جاری و نهایتا انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای بیشتر در گیاه می‌شود.

مجد و شبرنگی (۲۰۰۹) نشان دادند که در گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیس، به دلیل تبادل گازی راحت‌تر نسبت به آب غیر مغناطیس، آوندهای چوب و آبکش رشد و نمو بیشتری داشته و سلول‌های پارانشیم و اتاقک زیر روزنه بزرگ‌تر از تیمار شاهد بود. کاوی (۱۹۷۷) گزارش کرد میدان مغناطیسی مناسب، باعث تاثیر بر متابولیسم سلول‌های مریستمی، افزایش جذب و آسیمیلاسیون عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود. کارداس (۲۰۰۲) گزارش کرد که میدان مغناطیسی سبب صعود کاپیلاری در مکانیسم انتقال مواد در بافت‌های زنده می‌شود.

بیشترین افزایش عملکرد گیاه (۱۱/۳ درصد) در تیمار آب مغناطیسی مربوط به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین افزایش عملکرد (۱۰ درصد) مربوط به سطح آبیاری ۵۰ درصد و شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح شوری آب آبیاری، هدایت الکتریکی برای تیمار آب مغناطیسی نسبت به تیمار آب غیرمغناطیسی کاهش یافته و در نتیجه مقدار عملکرد گیاه افزایش یافت. ماهشواری و گریول (۲۰۰۹) نیز در پژوهش خود به نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

مشابهی دست یافتند. آنها گزارش کردند که تیمارهای مغناطیس شده آب بازیافتی و آب با شوری ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، عملکرد کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد و بهره‌وری آب را ۱۲ و ۲٤ درصد افزایش داد.

به طور متوسط مقدار کاهش عملکرد در تیمار شوری آب پنج دسی‌زیمنس بر متر برابر ۸/٤٤ درصد و در تیمار شوری آب ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر برابر ۲٤/٦۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بود.

جدول ۷، درصد افزایش پارامترهای مختلف گیاه سویا در اثر استفاده از آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی را در تیمارهای مختلف تنش، نشان می‌دهد. با استفاده از آب مغناطیسی، مقدار عملکرد نسبت به آب غیرمغناطیسی افزایش داشته است. زیرا میدان مغناطیسی موجب کاهش کشش سطحی و ویسکوزیته آب و موجب نفوذ سریع‌تر آب به بذر می‌شود (فیشر و همکاران ۲۰۰٤؛ پنگ و دنگ، ۲۰۰۸). پینان و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که میدان مغناطیسی می‌تواند باعث تعدیل اثرات منفی تنش خشکی و افزایش تحمل به شوری گیاه شده و فرآیند پیری را به تاخیر اندازد. روزیک و جرمن (۲۰۰۲) کاهش اثر تنش خشکی را در گیاهچه‌های تره تیزک در معرض میدان مغناطیسی با فرکانس پایین (۵۰ هرتز و ۱۰۰ میکرو تسلا) مشاهده نمودند. آنها نشان دادند که میدان مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان یک عامل حفاظتی در برابر تنش خشکی عمل نماید.

جدول ۷ افزایش پارامترهای گیاه سویا با استفاده از آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی تحت تنش‌های مختلف

تیمار آزمایشی	افزایش مقدار پارامترها (درصد)					
	عملکرد دانه	بیوماس	ارتفاع گیاه	روغن	پروتئین	بهره‌وری مصرف آب
سطح آبیاری						
۱۰۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۱۱/۲۲	۱۱/۵۹	۷/۳۹	۱۱/۱۳	۱۰/۸۸	۱۰/۲۱
۷۵٪ آب مورد نیاز گیاه	۱۰/۸۹	۱۱/۳۳	۶/۴۹	۱۰/۱۷	۱۰/۲۲	۹/۲۲
۵۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۱۰/۲۵	۱۰/۹۸	۵/۴۲	۸/۶۸	۹/۳۲	۸/۶۴
سطح شوری آب						
۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر	۱۱/۰۰	۱۱/۴۸	۶/۹۴	۱۱/۳۰	۱۰/۴۸	۹/۸۷
۵ دسی‌زیمنس بر متر	۱۰/۸۸	۱۱/۲۹	۶/۵۷	۹/۸۲	۱۰/۲۳	۸/۹۶
۱۰ دسی‌زیمنس بر متر	۱۰/۷۰	۱۱/۲۰	۶/۱۸	۹/۳۵	۹/۸۹	۸/۲۵

آبیاری با آب مغناطیسی به‌طور متوسط باعث افزایش ۹/۳۵ درصدی بهره‌وری مصرف آب شد. بهره‌وری مصرف آب از ۱/۱۹ در تیمار آب غیرمغناطیسی به ۱/۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار آب مغناطیسی رسید. نتایج این پژوهش با یافته‌های دوریت دیز و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که میدان مغناطیسی سبب افزایش جذب مواد غذایی در گوجه فرنگی و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب شد. بلاوسکی (۲۰۰٤) گزارش کرد که با اعمال میدان مغناطیسی به دلیل منظم‌تر شدن مولکول‌های آب و اشغال فضای کمتر توسط آنها و افزایش توانایی جذب آب توسط گیاه، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط کمبود آب، استفاده از آب مغناطیسی سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شده و در نتیجه می‌تواند سبب جذب آسان‌تر آب توسط ریشه‌ها در شرایط کم آبیاری شود. در این حالت، آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و به همان نسبت، عملکرد گیاه افزایش می‌یابد.

نتایج مقایسه میانگین هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک در تیمار آب مغناطیسی کمتر از آب غیرمغناطیسی شد و این اثر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). با توجه به جدول ۸ مشخص است که مقدار هدایت الکتریکی خاک بین تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری و همچنین بین سطوح مختلف آب آبیاری دارای اختلاف معنی‌دار است. به‌طور متوسط آب مغناطیسی باعث کاهش هدایت الکتریکی خاک به‌مقدار ۲۹ درصد نسبت به آب غیرمغناطیسی شد. علت این است که آبیاری در هر مرحله

www.SID.ir

Archive of SID

موجب شد که مقدار رطوبت خاک در تیمارهای آب مغناطیسی بیشتر از تیمارهای آب غیرمغناطیسی شده و این امر باعث شده که املاح از خاک آبشویی شوند و هدایت الکتریکی خاک کاهش یابد. محققان دانشگاه کشاورزی تامیل نادو با استفاده از آب مغناطیسی آزمایش‌هایی را روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام دادند و با مشاهده کاهش معنی‌دار EC و pH و مقدار $CaCO_3$ در محلول خاک، اثر کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبشویی نمک‌ها و مقدار انحلال $CaCO_3$ را تایید کردند (کنیا و پارسونز، ۲۰۰۵). جاکوب (۱۹۹۹) نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش ۱/۵ برابری سرعت نفوذ آب در خاک شد. به‌عقیده وی کم شدن گاز‌های آزاد موجود در آب به‌هنگام مغناطیسی شدن آب، سرعت نفوذ آن را در خاک افزایش می‌دهد. سلیها (۲۰۰۵) با استفاده از آب مغناطیسی، آزمایشاتی را روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام داد و با مشاهده کاهش معنی‌دار EC، pH و مقدار $CaCO_3$ در محلول خاک، کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبشویی نمک‌ها را توصیه نمود و پتانسیل بالای آب مغناطیسی در شستشوی نمک‌های خاک را در افزایش نفوذپذیری خاک موثر دانست. محمد (۲۰۱۳) نشان داد که استفاده از میدان مغناطیسی با آب شور، اثر قابل توجهی بر خاک و گیاه گوجه فرنگی داشت. وی مشاهده کرد که استفاده از آب مغناطیسی اثر معنی‌داری در کاهش هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت محصول داشت.

جدول ۸ مقایسه مقدار میانگین‌های پارامترهای مختلف خاک در انتهای فصل رشد

تیمار	هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (-)
آب آبیاری		
مغناطیسی	۲/۶۵ b	۷/۳۵ b
غیر مغناطیسی	۳/۷۳ a	۷/۵۹ a
سطح شوری آب		
۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر	۲/۰۶ c	۷/۳۴ a
۵ دسی‌زیمنس بر متر	۳/۰۸ b	۷/۴۹ b
۱۰ دسی‌زیمنس بر متر	۴/۴۲ a	۷/۵۸ b
سطح آبیاری		
۱۰۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۲/۷۹ c	۷/۳۹ a
۷۵٪ آب مورد نیاز گیاه	۳/۱۸ b	۷/۴۷ a
۵۰٪ آب مورد نیاز گیاه	۳/۶۰ a	۷/۵۶ a
عمق خاک		
۰-۳۰ سانتی‌متر	۲/۸۳ c	۷/۴۵ a
۳۰-۶۰ سانتی‌متر	۳/۲۰ b	۷/۴۷ a
۶۰-۹۰ سانتی‌متر	۳/۵۴ a	۷/۴۸ a

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

نتیجه گیری

بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی به‌خصوص در آبخوان‌های ساحلی، موجب کاهش میزان جریان آب زیرزمینی از آبخوان به‌طرف دریا شده و حتی گاهی نیز ممکن است موجب معکوس شدن جهت جریان شود و در نتیجه تداخل آب شور دریا با آب ساحلی، کیفیت آب زیرزمینی تخریب می‌شود. این مشکل باعث صدمات جبران‌ناپذیری بر منابع آب زیرزمینی و محدودیت در کاربری‌های شرب، کشاورزی و صنعتی در بسیاری از نقاط ساحلی می‌شود. همچنین باعث می‌شود که شوری خاک در سطح زمین تجمع نموده و با آبیاری و کود دهی بی‌رویه، به‌مرور موجب سفتی و شوری و کلوخه شدن خاک، کاهش حجم خاک حاصلخیز، عدم توسعه سیستم ریشه، افت عملکرد و کیفیت محصول می-

www.SID.ir

Archive of SID

شود. بنابراین با اصلاح آب و خاک به روش مغناطیسی می‌توان مشکلات فوق را به‌طور نسبی برطرف نمود. با اعمال میدان مغناطیسی، به دلیل کوچک شدن مولکول‌های آب، بر قابلیت جذب توسط گیاه افزوده شده و مقدار مصرف آب کاهش می‌یابد. علت این است که زمان آبیاری با افزایش خاصیت خیس‌کنندگی یا تر شوندگی کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش ۱۰/۸۶ درصدی مقدار عملکرد گیاه سویا در تیمارهای مختلف شوری شده است. با اعمال میدان مغناطیسی، عملکرد گیاه سویا نسبت به شرایط معمولی ۱۰/۷۸ درصد افزایش یافت و در این آزمون نتیجه بهتری داده است. این راه‌کار می‌تواند نقش مهمی در مدیریت آب در مزرعه به خصوص در مناطق خشک ایفا نماید. همچنین با استفاده از آب مغناطیسی، به دلیل جذب بهتر عناصر غذایی موجود در خاک، می‌توان کودها، مکمل‌های شیمیایی و میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث سلامت غذا و محیط زیست شد.

فهرست منابع

۱. بینای مطلق، پ. ۱۳۸۹. دستورالعمل و روش‌های اندازه‌گیری عوامل فیزیکو شیمیایی و مواد شیمیایی معدنی سمی در آب آشامیدنی. وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی. ۷۳ صفحه.

۲. خواجویی‌نژاد، غ. ر.، کاظمی، ح.، آلیاری، ه.، جوانشیر، ع. و آروین، م. ج. ۱۳۸٤. تاثیر رژیم‌های آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و کیفیت دانه سه رقم سویا درکشت تابستانه در شرایط آب و هوایی کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. جلد ۹، شماره ٤، ص ۱۵۱-۱۳۷.

۳. شاهمرادی، ش.، زینالی، ح.، دانشیان، ج. و احمدی، ع. ۱۳۸۲. بررسی اثرات تنش خشکی روی صفات کمی و کیفی ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

٤. صادقی، ح. ۱۳۸۹. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه تهیه آب مغناطیسی برای مصارف کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۲۰ صفحه.

۵. قدرتی، غ. ر.، خدابنده، ا.، برزگری، م.، کلانتر احمد، ا. و دباغ، غ. ۱۳۹۲. سالند، رقم جدید سویا برای کاشت در مناطق شمال استان خوزستان. مجله به نژادی نهال و بذر. جلد ۲۹، شماره ۱، ص ۲۱۲-۲۰۹.

٦. کیانی، ع. ر. ۱۳۸٦. آب مغناطیسی پدیده‌ای نو در ارتقاء بهره‌وری آب. ماهنامه علمی تخصصی کشاورزی زیتون، جلد ۱۸۳، ص: ۹-۱.

۷. کیانی، ع. ر. ۱۳۸۷. کارایی مصرف آب و عملکرد ارقام مختلف سویا تحت آبیاری بارانی، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، ٦۷ صفحه.

۸. نوروزی، م.، ماهرانی، م. و مسچی، م. ۱۳۷۸. استفاده از آب‌های شور و لب شور برای آبیاری. گروه کار سیستم آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ٦۵ صفحه.

۹. نیریزی، س. ۱۳۷۸. مدیریت کاربرد آب‌های شور و لب شور در کشاورزی پایدار، کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب‌های شور، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۷ صفحه.

10. Amaya, J. M., Carbonell, M. V., Martinez, E. and Raya, A. 1996. Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Horticulture Abstract, 68: 1363.

11. Belyavskaya, N. A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. Advances in Space Research, 34: 1566-1574.

www.SID.ir

Archive of SID

12. Castro Palacio, J. C., Morejon, L. P., Velazquez Abud, L. and Govea, A. P. 2007. Stimulation of *Pinus tropicalis* M. seeds by magnetically treated water. International Agrophysics, 21: 173-177.
13. Chibowski, E., Szcześ, A. and Hołysz, L. 2005. Influence of Sodium Dodecyl Sulfate and Static Magnetic Field on the Properties of Freshly Precipitated Calcium Carbonate. ACS Public, 21: 8114-8122.
14. Duart Diaz, C. E., Riquenes, J. A., Sotolongo, B., Portuondo, M. A., Quintana, E. Q. and Perez, R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. Horticulture Abstract, 69: 469-494.
15. Fischer, G., Tausz, M., Kock, M. and Grill, D. 2004. Effects of weak 16 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. Bioelectro magnetic, 25: 638-641.
16. Florez, M., Carbonell, M. V. and Martines, E. 2005. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environmental and Experimental Botany, 6: 1-13.
17. Jacob, B. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. Environmental Science and Technology, 33: 1280-1285.
18. Jones, J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA. Sparks et al. (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
19. Kavi, P. S. 1977. The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity. Science and Culture, 43: 405-406.
20. Kemin, L. M., Guodong, M. Guofeng , Wencheng, L. W. Lihong, L. Y. Ping and Yanna, L. 2007. Effects of soybean isoflavone dosage and exercise on the serum. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 16: 193-195.
21. 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.
22. Kiatgamjorn, P., Khan-ngren, W. and Nitta, S. 2002. The effect of electric field on bean sprouts growing. ICEMC, 1-4.
23. Kordas, L. 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat. Polish Journal of Environmental Studies, 11(5): 527-530.
24. Leather Wood, W. R. 2005. Influence of salt stress on germination, root elongation and carbohydrate content of five salt tolerant and sensitive taxa. MSc. Thesis, Department of Horticultural Science, North Carolina State University.
25. Lin, I. J. and Yotvat, J. 1990. Exposure of irrigation and drinking water to a magnetic field with controlled power and direction. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 83: 525-526.
26. 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: 1229-1236.
27. 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.
28. Martinez, E., Carbonell, M. V. and Florez, M. 2002. Magnetic stimulation of initial growth stages of wheat (*Triticum aestivum* L.), Electromagnetic Biology and Medicine, 21: 43-53.
29. Mohamed, A. I. 2013. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. International Journal of Research in Chemical Environment, 3(2): 140-147.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Nashir, S. H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Engineering and Technology, 26(9): 16-20.
31. Pang, X. and Deng, B. 2008. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. Chinese Science Journal, 51(11): 1621-1632.
32. Podleoeny, J., Pietruszewski, S. and Podleoena, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. International Agro physics, 18: 65-71.
33. Ruzic, R. and Jerman, I. 2002. Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. Electromagnetic Biology and Medicine, 21: 69–80.
34. Saliha, B. B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. Muscat. Tamil Nadu Agricultural University. Project completion project.
35. Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y. and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (Cucumis sativus) seedlings to ultraviolet-B radiation, Environmental Experimental Botany, 54: 286–294.

www.SID.ir