Effect of Irrigation with Magnetic Water on Growth and Yield of Maize and Roselle Tea in Arid Areas

M. Abdos and M. R. Yazdani*
MSc Graduate in Desert Management and Control, Semnan University, Semnan, Iran.
m.orkideh67@gmail.com
Associate Prof., Desert Studies College at Semnan University, Semnan, Iran.
m_yazdani@semnan.ac.ir

Received: January 2024 and Accepted: June 2024

Abstract

Using magnetic water may be one of the ways to improve the effects of water quality/quantity in agriculture. The water shortage in the country and the continuation of droughts are considered as the most important factors limiting crop growth. In this research, effect of magnetic water on the growth and yield of two plants, namely, corn (Zea mays) and roselle tea (Hibiscus sabdariffa), was investigated. The study included three treatments of magnetic water (EC=2 dS/m) including magnetic water (T1), electromagnetic with high frequency range (T2), and electromagnetic with low frequency range (T3), and a control, in the Educational and Research Field of Semnan University, Iran. In order to investigate the effect of different magnetic water treatments on the morphological characteristics of corn/maize and roselle tea, an experiment was conducted in the form of a completely randomized block design (four blocks and three replications). Results revealed that corn yield in treatment T3 was 1663 gram and outweighed the control by 147 gram. Yield of roselle tea plant for treatments of T1, T2 and T3 was 259, 268 and 235, respectively. However, the results of this study showed that the effects of three magnetic water treatments on the growth performance of maize and roselle tea are not statistically significant at the 95% confidence level. In general, the results show that magnetic water can greatly increase the yield of maize, but the irrigation of roselle tea with magnetized water increased growth, and yield was better during the growing season.

Keywords: Irrigation using magnetic water, Zea mays, Hibiscus sabdariffa

* - Corresponding author's email: **m_yazdani@semnan.ac.ir**
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364592.1028

مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۸ / شماره ۲/ ۱۴۰۳.ص۱۷۱-۱۸۳
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364592.1028

تأثیر آبیاری با آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد گیاه ذرت و چای ترش در مناطق خشک

محمد عبدوس و محمدرضا یزدانی*

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته مدیریت و کنترل بیابان دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
m.orkideh67@gmail.com
دانشیار گروه بیابانزدایی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
m_yazdani@semnan.ac.ir

دریافت: دی ۱۴۰۲ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۳

چکیده

استفاده از مغناطیسی کردن آب ممکن است یکی از روش‌های بهبود اثر خصوصیات کیفی/کمی آب‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی، باشد. کمبود آب در کشور و تداوم خشکسالی‌ها به یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی رشد گیاهان منجر شده است. در این تحقیق، با هدف بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد دو گیاه ذرت(Zea mays) و چای ترش (Hibiscus sabdariffa) ، سه تیمار آب مغناطیسی به همراه شاهد در مزرعه‌ی آموزشی و پژوهشی دانشگاه سمنان استفاده شد. به این منظور، اثر تیمارهای مختلف آب مغناطیسی(EC=2 dS/m) شامل تیمار مغناطیسی (T1)، تیمار الکترومغناطیسی با دامنه بالا (T2) و تیمار الکترومغناطیس با دامنه کوتاه (T3) بر روی صفات مورفولوژیکی ذرت و چای ترش، بهمراه تیمار شاهدT4، آزمایشی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از بررسی تأثیر تیمارهای آب مغناطیسی بر رشد و محصول گیاه ذرت نشان داد که میزان محصول در تیمار T3 برابر با ۱۶۶۳ گرم بود که ۱۴۷گرم از شاهد بیشتر بود. میزان محصول چای ترش در تیمارهای T1، T2 و T3 به ترتیب برابر با ۲۵۹، ۲۶۸ و۲۳۵ گرم و از محصول شاهد(۲۳۴گرم) بیشتر بود. ولی اثر سه تیمار آب مغناطیسی بر عملکرد رشد محصول ذرت و چای ترش با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان نداد. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که آب مغناطیسی شده تأثیر چندانی در افزایش رشد و محصول‌دهی گیاه ذرت نداشت، ولی آبیاری گیاه چای ترش با آب مغناطیسی شده موثرتر بود، به نحوی که موجب افزایش رشد و محصول‌دهی بهتردر طول ایام کشت شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با آب مغناطیسی، Hibiscus sabdariffa، Zea mays

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: **m_yazdani@semnan.ac.ir**

مقدمه

یکی از عوامل اصلی محدودکننده بخش کشاورزی در مناطق خشک، کمبود آب و تأمین آن برای محصولات در زمان کشت است. با توجه به افزایش وقوع خشکسالی‌ها و تأثیر گرم شدن جهانی و تغییر اقلیم این معضل تشدید می‌گردد. در بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از ارکان‌های مهم محور توسعه، سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده تا بتوان از پتانسیل منابع آب قابل استحصال کشور در چرخه‌ی تولید استفاده نمود و لذا مدیریت مصرف آب برای افزایش بهره‌وری از این منابع قابل دسترس نقش کلیدی خواهد داشت (احمدپری و همکاران، ۱۳۹۷؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۳). کیفیت نامناسب آب آبیاری به همراه وجود ناخالصی‌های موجود در آن مانند املاح کربناته موجب تأثیر منفی بر سامانه‌های نوین آبیاری مورد استفاده شده است و عمر مفیدشان به‌شدت کاهش می‌یابد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۵). در شرایطی که بتوان با مصرف مقدار مشخص آب، عملکرد گیاه را نسبت به شرایط معمولی افزایش داد یا از آب‌های نامتعارف جهت آبیاری گیاهان استفاده شود، گامی مهم در جهت مدیریت مصرف آب آبیاری ایجاد می‌شود (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۹؛ نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۲؛ اشرفی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از فناوری‌های نو می‌تواند گامی مهم در جهت توسعه بخش کشاورزی و افزایش راندمان تولید شود. با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب غیرشور برای تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک و تنش ناشی از کم‌آبی، روش‌های مختلفی در تحقیقات بین‌الملل پیشنهاد شده‌است که یکی از آن‌ها، استفاده از دستگاه‌های مغناطیس کننده آب است. محققین توسعه‌دهنده این روش اذعان دارند که روش مغناطیسی در افزایش کارایی مصرف آب، راندمان آبشویی، بهبود رشد سبزینگی و عملکرد گیاه به‌ویژه در شرایط تنش، مؤثر است، به‌طوریکه می‌توان به بهبود عملکرد محصول در شرایط شور کمک نمود (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). به‌دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری، کاربرد آب مغناطیسی تحت آبیاری اهمیت زیادی دارد. هنگام آبیاری گیاهان با آب معمولی مقدار کمی از عناصر غذایی در آب حل می‌شوند، در نتیجه به همین نسبت برای گیاهان قابل دسترس خواهند بود (رئیسی و همکاران، ۱۴۰۰). در اثر آبیاری با آب مغناطیسی به‌دلیل نفوذ بیشتر آن در خاک، میزان تبخیر از سطح خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی کمتر خواهد بود (میرزایی، ۱۳۹۵). در خصوص تأثیر آب مغناطیس شده بر عملکرد محصولات زراعی تحقیقات زیادی انجام شده‌است، نیکبخت و همکاران (۱۳۹۲)، برای بررسی عملکرد و بهره‌وری آب مورد نیاز گیاه ذرت از تکنیک کم آبیاری با روش آب مغناطیسی و طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده کردند. نتایج نشان داد که عبور آب از میدان مغناطیسی باعث کاهش یون‌های کلسیم و کلر می‌شود. همچنین سطح برگ، میزان کلروفیل سطح برگ، وزن خشک و تر کل و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت تحت آبیاری با آب مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داده است. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵)، تأثیر آب مغناطیسی و غلظت شوری بر خصوصیات عملکردی، ارتفاع گیاه، درصد روغن و پروتئین سویا رقم DPX را مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار در یک مزرعه‌ی کشاورزی انجام شد. نتایج حاکی از آن است که با مغناطیسی کردن آب آبیاری میزان عملکرد، ارتفاع گیاه، درصد روغن، درصد پروتئین و زیست‌توده در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. خوش‌روش و همکاران (۱۴۰۰) تأثیر استفاده از پساب مغناطیسی تصفیه‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت را مورد تحقیق قرار دادند. بدین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بابلسر انجام دادند. به‌طور متوسط آبیاری با پساب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۹/۱۸ درصد) و عملکرد بیولوژیک ذرت (۱۰/۰۹

درصد) نسبت به پساب غیرمغناطیسی شده‌است.العطار[1] و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر آب‌های مغناطیسی شده در رشد نهال‌های ذرت (Zea mays)، عوامل رشد نهال ذرت به مدت هفت هفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در نهال‌هایی که آبیاری مغناطیسی شده، افزایش طول ساقه، ضخامت ساقه و تعداد برگ در هر نهال را نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. از جمله تحقیقات دیگر انجام شده می‌توان به کاهش تنش آبی ناشی از استفاده از آب شور برای آبیاری (باشاشا[2] و همکاران، ۲۰۲۱؛ هوزاین[3] و همکاران، ۲۰۲۱)، بهبود خاک‌های شور (ژو[4] و همکاران، ۲۰۲۱؛ شاه نظری و شیرازی، ۱۳۹۵)، تأثیر مثبت بر جوانه‌زنی و رشد پنبه در مناطق خشک (ژانگ[5] و همکاران، ۲۰۲۱)، رشد و بهبود عملکرد آفتابگردان (وشیس[6] و همکاران، ۲۰۲۱)، افزایش راندمان تولید پیاز (یوسف و طاها[7]، ۲۰۱۶)، بهبود رشد نعنا فلفلی (جمالی و همکاران، ۱۳۹۹)، افزایش عملکرد زیره سبز تحت آب شور (عابدین‌پور و روحانی، ۱۳۹۸) و افزایش عملکرد گیاه ریحان (بانژاد و همکاران، ۱۳۹۲)، بهبود عملکرد ذرت (عابدین‌پور و روحانی، ۱۳۹۶) و بهبود عملکرد سویا (طوسی و همکاران، ۱۳۹۳) اشاره نمود. باید در نظر داشت نتایج تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی گیاهان زراعی متفاوت گزارش شده‌است (فتحی و عبدالرزاق، ۱۳۹۰).

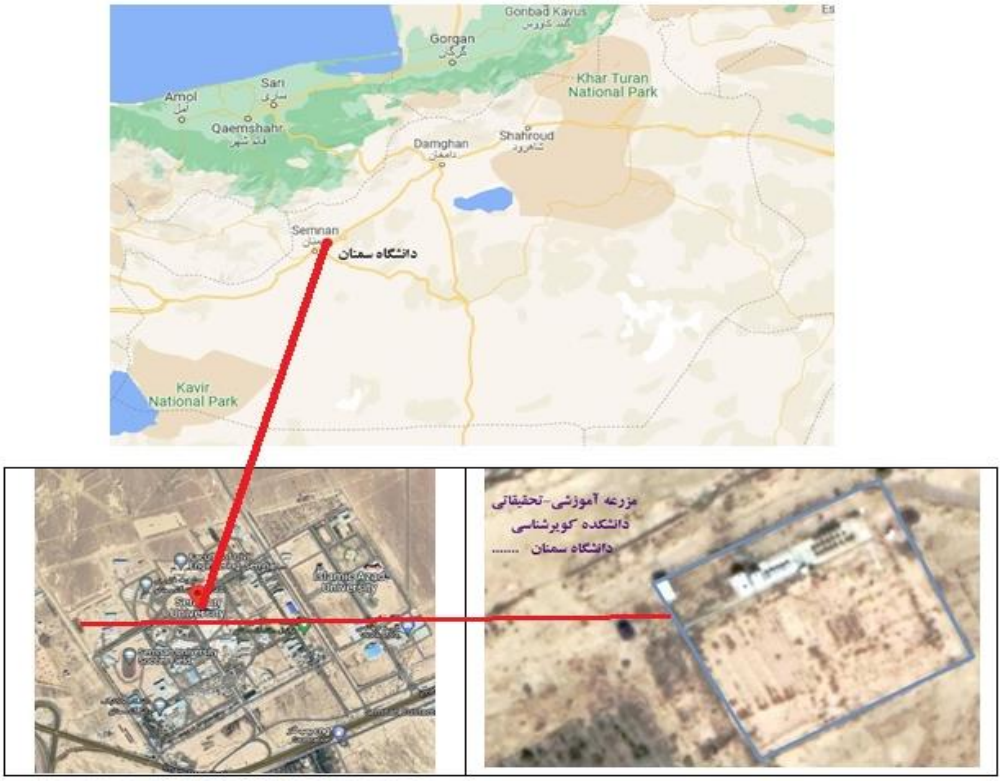
با توجه به خشکسالی‌های پی‌درپی و کمبود آب که مهم‌ترین عامل در رشد، پرورش و کشت گیاهان در مناطق خشک بویژه در استان سمنان است و همچنین کشت انبوه ذرت و گرایش منطقه به گیاهان دارویی و گل‌هایی با اسانس، عطر و بو و کیفیت بالا، در این تحقیق تأثیر آب مغناطیسی در سه تیمار در دو گیاه ذرت و چای ترش مورد بررسی قرار گرفت تا ضمن بررسی تأثیر آب مغناطیسی شده بر عملکرد و رشد محصولات ذکرشده، اثر تیمارهای مختلف آب مغناطیسی نیز بر عملکرد محصولات منتخب مشخص شود.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

برای انجام این تحقیق مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان واقع در شهر سمنان مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). شهر سمنان در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز قرار گرفته است. نزولات جوی بسیار کم و غالباً به‌صورت ریزش باران است که متوسط بارندگی سالیانه ایستگاه سمنان ۱۱۰/۷ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه آن به ترتیب ۱۱/۷ و ۲۴/۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و متوسط سالانه دما ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد است. در استان سمنان ۵ نوع ناحیه اقلیمی وجود دارد که محدوده مزرعه مطالعاتی در اقلیم گرم و خشک قرار دارد (سازمان هواشناسی سمنان، ۲۰۲۳). در جدول (۱) مشخصات فیزیکی خاک مزرعه‌ی مطالعاتی آورده شده‌است.

1. -Alattar
2. -Bashasha
3. -Hozayn
4. -Zhou
5. -Zhang
6. -Vashisth
7. -Youssef and Taha



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کویرشناسی

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزرعه‌ی مطالعاتی

عمق(cm)	EC(dS/m)	pH	%$CaCo_3$	%OM	%Sand	%Silt	%Clay	Texture
0 - 30	4.6	7.75	31	54	38	37	25	Loam
31 - 61	4.7	7.7	34	47	35	41	24	Loam

روش انجام تحقیق

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف آب مغناطیسی بر روی صفات مورفولوژیکی ذرت و چای ترش در شهر سمنان آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های

کامل تصادفی تهیه و اجرا شد به‌طوری‌که در این طرح عرصه به چهار بلوک تقسیم شد که هر بلوک دارای سه تکرار می‌باشد و بر روی هر تکرار دانه‌های ذرت و چای ترش کشت گردید. ابعاد کرت ۴۰ در ۵۰ مترمربع و فاصله کشت یک متر در نظر گرفته شد.

دستگاه مغناطیس کننده: دستگاه الکترومغناطیس کننده‌ی مورد استفاده در این پژوهش دارای یک ورودی است و بعد از عبور از میدان مغناطیس و الکترومغناطیس، توسط کلید قدرت مغناطیسی آن کنترل می‌شود. خروجی آب در این دستگاه می‌تواند تحت تأثیر سه سطح N_1، N_2، N_3 قرار گیرد که N_1 سطح مغناطیس ثابت است و مبین این است که آب عبوری تنها از میدان مغناطیسی عبور می‌کند. سطح N_2 که دارای اثر الکترومغناطیس بوده و آب علاوه بر عبور از میدان مغناطیس، متأثر از میدان الکتریکی نیز می‌شود. این تأثیر الکترومغناطیسی دارای قدرت و شدت متغیر است. سطح N_3 نیز دارای تأثیر الکترومغناطیس مشابه N_2 بوده ولی دامنه الکترومغناطیس آن کمتر است. قدرت مغناطیسی دستگاه در پنج شدت از ۱ تا ۴۰ کیلوهرتز متغیر است. در تحقیق حاضر N_1 به‌عنوان تیمار اول با علامت اختصاری T1، N_2 مبین تیمار دوم با علامت اختصاری T2، N_3 بیانگر تیمار سوم با علامت T3 و شاهد با علامت T4 مشخص شدند.

آماده‌سازی بستر و خاک: در این مرحله زمین مزرعه به‌صورت چهار ردیف، یک شاهد و سه سطح مختلف آب مغناطیسی و هر ردیف با سه تکرار برای هر گیاه تقسیم-بندی و آبیاری به‌صورت غرقابی انجام شد.

مراحل کشت: فاصله‌ی بین بذرها در گیاه ذرت و چای ترش به ترتیب ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و این روند در سه تیمار و تیمار شاهد لحاظ گردید. کود مصرفی در هر دو گیاه؛ کود اوره بوده است که در طول دوره‌ی رشد در دو مرحله به‌صورت سرک به گیاه داده شده است. میزان کود مصرفی در هر مرحله برای هر تیمار ۲۵ گرم بوده است.

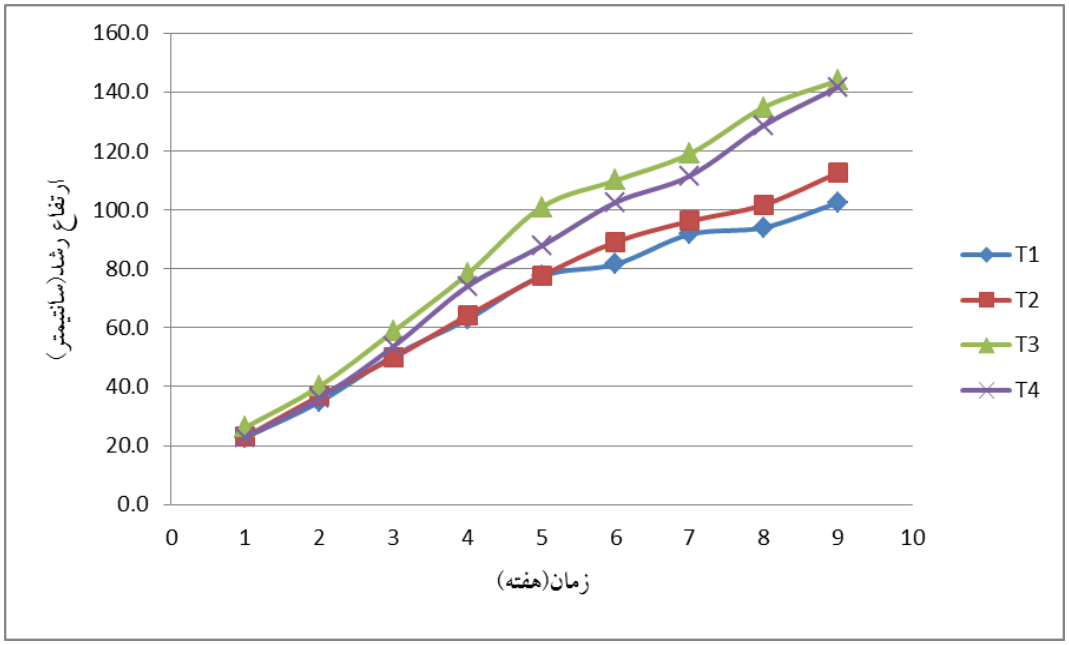
فصل و دوره‌ی کشت: گیاه ذرت در اردیبهشت‌ماه کشت شد و پس از گذراندن یک دوره رشد ۱۱۰ روزه، در اوایل شهریورماه محصول آن برداشت شد. گیاه چای ترش نیز در اردیبهشت‌ماه کشت شد و تقریباً پس از طی یک دوره-ی رشد سه ماهه، شروع به گلدهی کرد و تا اواخر آبان ماه برداشت گل صورت گرفت. اولین آبیاری مغناطیسی در روز سوم به‌صورت نم‌آب و بعد از آن به‌صورت یک دور آبیاری هفت روزه (در هر دوره ۲۰۰ لیتر) انجام شد.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری: در این تحقیق داده‌های اندازه‌گیری شده در ابتدا با آزمون کولموگروف اسمیرنوف جهت بررسی نرمال بودن آن‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین برای بررسی مساوی بودن واریانس‌ها از روش لیون استفاده گردید. به‌منظور بررسی تیمارهای مختلف از روش آنالیز واریانس و همچنین آزمون‌های حداقل مربعات و دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

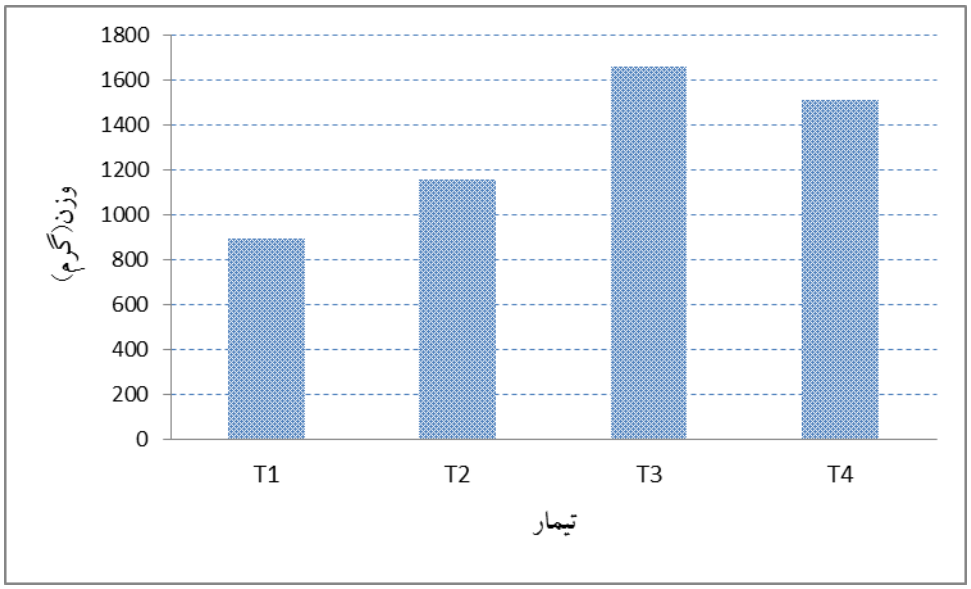
بررسی رشد و عملکرد گیاه ذرت

در شکل (۲) متوسط ارتفاع رشد گیاه ذرت در تیمارهای مختلف ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، در تیمار اول (T1) متوسط ارتفاع رشد گیاه در تکرارهای مختلف در هفته اول ۲۲/۸ سانتیمتر بوده است که در هفته نهم به ارتفاع ۱۰۲/۵ سانتیمتر رسیده است. در تیمار T2 متوسط ارتفاع رشد گیاه در سه تکرار در هفته اول ۲۳ سانتی‌متر و با رشدی مشابه تیمار اول تا هفته پنجم، به ۱۱۲/۶ سانتیمتر در هفته آخرمی رسد. متوسط رشد محصول در تیمار T3 در تکرارهای مختلف، از دو تیمار اول و شاهد طی مدت زمان مورد بررسی بیشتر بوده است، بطوریکه از ۲۶/۲ سانتی‌متر در هفته اول به ۱۴۳/۹ سانتیمتر در هفته نهم رسیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد متوسط رشد گیاه در شرایط شاهد یا T4 طی دوره مورد بررسی از تیمار T1 و T2 و همچنین شاهد از هفته سوم به بعد بیشتر بوده است.



شکل ۲- متوسط ارتفاع رشد گیاه ذرت در تیمارهای مختلف

در شکل (۳) متوسط عملکرد محصول ذرت در تیمارهای منتخب ارائه شده است. بر این اساس، تیمار T3 با متوسط وزن خشک ۱۶۶۳ بیشترین و تیمار T1 با متوسط وزن ۸۹۳ گرم کمترین میزان عملکرد را داشته است. این مقدار برای تیمار T2 ۱۱۵۶ گرم و برای تیمار شاهد ۱۵۱۶ گرم بدست آمده است.



شکل ۳- متوسط وزن خشک محصول ذرت در تیمارهای مختلف

در جدول (۲) آزمون نرمال بودن داده‌ها برای رشد گیاه ذرت و همچنین وزن محصول ذرت با استفاده از روش کولموگروف ـ اسمیرنوف آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت با اطمینان ۹۵ درصد داده‌های رشد محصول ذرت طی دوره و همچنین داده‌های وزن محصول ذرت از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. برای بررسی مساوی بودن واریانس‌ها، آزمون برابری واریانس با روش آماره‌ی لیون برای داده‌های رشد گیاه ذرت و همچنین وزن محصول ذرت انجام شد (جدول ۲). بر اساس نتایج به‌دست آمده و سطح معنی‌داری مفروض می‌توان با ۹۵ درصد اطمینان گفت واریانس داده‌ها برابر است و بنابراین می‌توان از روش تجزیه

واریانس برای مقایسه‌ی میانگین داده‌ها استفاده نمود. در جدول (۳) نتایج سطح معنی‌داری تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع گیاه ذرت آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد از هفته پنج به بعد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ ارتفاع رشد مشاهده می‌شود. لذا برای بررسی بیشتر از آزمون LSD و دانکن برای مقایسه تیمارها استفاده شد که در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۲-آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و آزمون لیون برای داده‌های رشد و وزن گیاه ذرت

آماره	رشد								وزن	
	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸	خشک	تر
Kolmogorov-Smirnov Z	0.75	0.58	0.47	0.42	0.35	0.35	0.56	0.7	0.67	0.69
Sig.	0.63	0.89	0.98	0.99	1	1	0.91	0.7	0.75	0.72
Levene Statistic	0.08	0.77	0.57	0.83	0.037	0.52	0.74	0.91	1.58	0.27
Sig.	0.97	0.54	0.64	0.51	0.98	0.68	0.56	0.48	0.96	0.46

جدول ۳- نتایج سطح معنی‌داری و آماره F در تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع رشد گیاه ذرت

هفته	Sig.	F	هفته	Sig.	F
1	0.72	0.451	5	0.006	8.7
2	0.5	0.865	6	0.04	4.12
3	0.098	2.9	7	0.01	6.9
4	0.051	4.02	8	0.02	6.13

در جدول (۴) مقایسه‌ی میانگین ارتفاع رشد ذرت در هفته‌های پنجم تا هشتم با روش LSD آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده میانگین تیمارها در تکرارهای مختلف در هفته‌های پنجم تا هشتم تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۹۵ درصد ندارند؛ تنها در برخی هفته‌ها تفاوت معنی‌دار آماری بین رشد ارتفاعی گیاه ذرت مشاهده می‌شود. برای مثال در هفته‌ی پنجم در تیمار سه تکرار یک و دو و در هفته‌ی ششم در تیمار سه تکرار یک و دو تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد دارند. همچنین بررسی‌ها با روش دانکن هم بیانگر عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در این سطح است (جدول ۵).

در جدول (۶) نتایج تجزیه واریانس برای وزن محصول گیاه ذرت آورده شده است. با توجه به نتایج مربوطه در وزن تر محصول میانگین مربعات تیمارها ۲/۰۷ و برای خطا ۱/۰۱ محاسبه شده است. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری ۰/۱۸ است و بیشتر از پنج درصد است بنابراین می‌توان گفت با اطمینان ۹۵ درصد میانگین وزن تر محصول ذرت در تیمارها و تکرارهای مختلف با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. مقایسه‌ی نتایج در وزن خشک محصول بیانگر این است که با ۹۵ درصد اطمینان میانگین تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند. نتایج در برخی تحقیقات دیگر بیانگر تأثیر مثبت مغناطیس کردن آب بر رشده محصولات منتخب بوده است (آقامیر و همکاران، ۱۳۹۴، ژانگ و همکاران) ولی در تحقیق حاضر علی‌رغم تفاوت در شده محصولات در تیمارهای منتخب، این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.

جدول ۴- مقایسه‌ی میانگین رشد ذرت در هفته‌های پنج تا هشت با روش LSD

رشد ذرت	تیمار	تکرار	تفاوت میانگین	Sig.	رشد ذرت	تیمار	تکرار	تفاوت میانگین	Sig.
هفته ۵	0	1	20.93	0.01	هفته ۶	0	1	29.8	0.05
		2	13.4	0.06			2	15.3	0.12
		3	-7.4	0.26			3	-7.5	0.42
	1	0	-20.9	0.01		1	0	-19.8	0.05
		2	-7.5	0.25			2	-4.4	0.63
		3	-28.4	0			3	-27.3	0.01
	2	0	-13.4	0.06		2	0	-15.3	0.12
		1	7.5	0.25			1	4.4	0.63
		3	-20.8	0.01			3	-22.9	0.01
	3	0	7.4	0.26		3	0	7.5	0.42
		1	28.4	0			1	27.3	0.01
		2	20.8	0.01			2	23.9	0.03
هفته ۷	0	1	34.6	0.01	هفته ۸	0	1	39.2	0.01
		2	26.9	0.04			2	29.1	0.04
		3	-6.1	0.58			3	-2.2	0.86
	1	۰	-34.6	0.01		1	۰	-39.2	0.01
		2	-7.7	0.49			2	-10.1	0.42
		3	-4.17	0.01			3	-41.4	0.01
	2	0	-26.9	0.04		2	0	-29.1	0.04
		1	7.7	0.49			1	10.1	0.42
		3	-33	0.01			3	-31.3	0.03
	3	0	6.1	0.58		3	0	2.2	0.86
		1	40.7	0.01			1	4.4	0.01
		2	33	0.01			2	31.3	0.03

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین رشد ذرت در هفته‌های هفت و هشت با روش دانکن

Duncana		هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸
Sig.		0.25	0.06	0.49	0.42

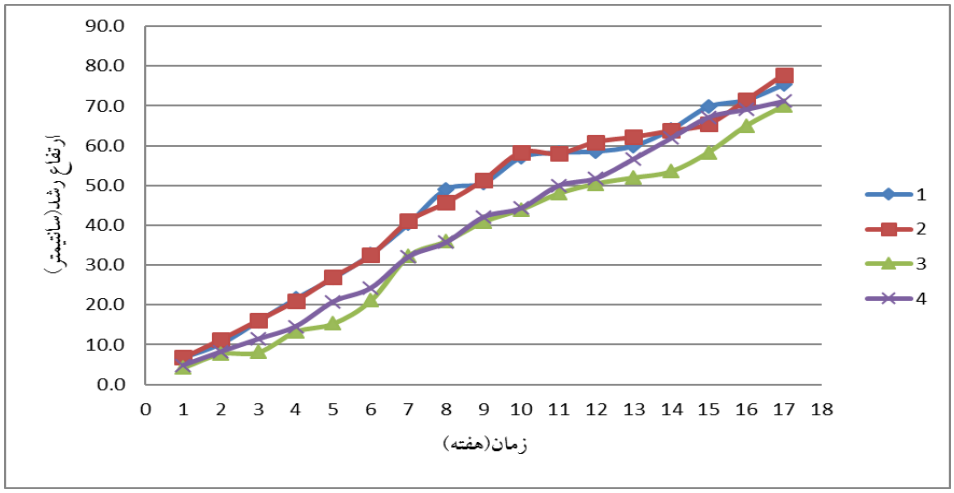
جدول ۶- تجزیه واریانس برای وزن محصول گیاه ذرت

ANOVA						
		مجموع مربعات	Df	میانگین مربعات	F	Sig.
وزن تر	تیمار	6.22	3	2.07	2.06	0.18
	خطا	8.06	8	101		
	مجموع	14.28	11			
وزن خشک	تیمار	1093958.3	3	364652.7	1.42	0.31
	خطا	2052466.3	8	256558.3		
	مجموع	3146425	11			

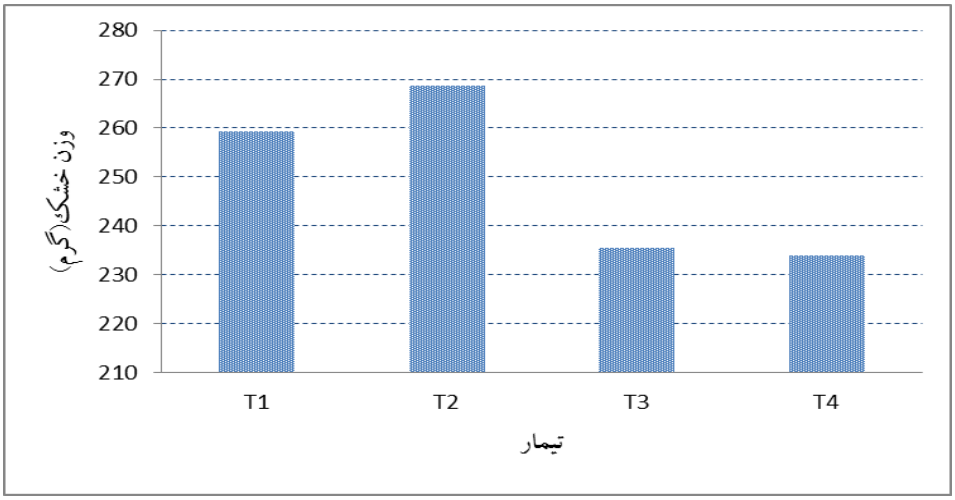
بررسی رشد و محصول گیاه چای ترش

متوسط ارتفاع رشد گیاه چای ترش در سه تکرار در شکل (۴) آورده شده است. متوسط رشد گیاه در تیمار T1 در هفته اول ۶/۸ سانتیمتر و در هفته آخر به ۷۵/۴ سانتیمتر رسیده است. در تیمار T2 در هفته اول میزان رشد برابر تیمار اول بوده است و به تدریج به ۷۷/۸ سانتیمتر در هفته آخر رسیده است که بیشترین میزان رشد را در بین تیمارهای منتخب داشته است. تیمار اول و دوم به‌طورکلی از تیمار سوم و شاهد رشد ارتفاعی بیشتری داشته‌اند. متوسط ارتفاع رشد در تیمار T3 در هفته اول برابر با ۴/۳ سانتیمتر بوده که کمترین میزان رشد در هفته اول را نشان می‌دهد. طی زمان مورد بررسی، میزان رشد تحت این تیمار کمترین میزان بوده است و در نهایت به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر در هفته آخر رسیده و نسبت به تیمار دوم ۷/۸ سانتیمتر کوتاه‌تر بوده است. بررسی‌ها نشان می دهد تیمار شاهد دارای رشد بیشتری از تیمار T3 بوده است ولی از دو تیمار T1 و T2 ارتفاع رشد کمتری داشته است و در هفته آخر ارتفاع رشد آن برابر با ۷۱/۲ سانتیمتر بوده است.

در شکل (۵) متوسط عملکرد گیاه چای ترش در تیمارهای منتخب ارائه شده است. تیمار T2 با متوسط وزن خشک ۲۶۸/۶ گرم بیشترین و تیمار T4 با متوسط وزن ۲۳۴ گرم کمترین میزان عملکرد را داشته است. این مقدار برای تیمار T1 ۲۵۹/۳ گرم و برای تیمار T3 ۲۳۵/۴ گرم به‌دست‌آمده است؛ بنابراین می‌توان گفت میزان تولید محصول در تیمارهای مورد استفاده نسبت به تیمار شاهد بیشتر بوده است.



شکل ۴- متوسط ارتفاع رشد گیاه چای ترش در تیمارهای مختلف



شکل ۵- متوسط وزن خشک محصول ذرت در تیمارهای مختلف

در جدول (۷) آزمون نرمال بودن داده‌ها برای رشد و وزن گیاه چای ترش با استفاده از روش کولموگروف ـ اسمیرنوف آورده و همچنین آزمون برابری واریانس با روش آماره‌ی لیون آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده با اطمینان ۹۵ درصد داده‌های رشد محصول چای ترش طی هفده هفته و همچنین داده‌های وزن محصول چای ترش از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. همچنین می‌توان با ۹۵ درصد اطمینان گفت واریانس داده‌ها برابر است بنابراین می‌توان از روش تجزیه واریانس برای مقایسه‌ی میانگین داده‌ها استفاده نمود. در جدول (۸) نتایج سطح معنی‌داری تجزیه واریانس داده-های ارتفاع گیاه چای ترش آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد طی دوره مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ ارتفاع رشد مشاهده می‌شود.

جدول ۷- آزمون نرمال بودن داده‌ها با روش کولموگروف - اسمیرنوف برای رشد و وزن گیاه چای ترش

آماره	ارتفاع									
	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸	هفته ۹	هفته ۱۰
Kolmogorov-Smirnov Z	0.53	0.51	0.8	0.39	0.4	0.53	0.48	0.63	0.51	0.44
Sig.	0.95	0.96	0.55	1	1	0.94	0.98	0.82	0.96	0.99
Levene Statistic	0.2	0.27	2.32	0.94	1.24	3.02	3.11	2.11	0.48	0.37
Sig.	0.9	0.84	0.16	0.47	0.37	0.1	0.1	0.19	0.71	0.78
	ارتفاع							وزن		
	هفته ۱۱	هفته ۱۲	هفته ۱۳	هفته ۱۴	هفته ۱۵	هفته ۱۶	هفته ۱۷	تر	خشک	
Kolmogorov-Smirnov Z	0.58	0.56	0.51	0.62	0.88	0.72	0.73	0.57	0.57	
Sig.	0.89	0.92	0.95	0.84	0.42	0.68	0.63	0.9	0.9	
Levene Statistic	0.44	2.15	1.49	2.08	3.69	1.91	1.78	2.97	2.97	
Sig.	0.73	0.18	0.3	0.19	0.07	0.22	0.24	0.11	0.11	

جدول ۸- نتایج سطح معنی‌داری و آماره F در تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع رشد گیاه ذرت

هفته	Sig.	F	هفته	Sig.	F	هفته	Sig	F
1	0.28	1.51	7	0.33	1.31	13	0.53	0.81
2	0.42	1.05	8	0.15	2.46	14	0.54	0.79
3	0.07	3.61	9	0.28	1.56	15	0.6	0.67
4	0.23	1.68	10	0.09	3.29	16	0.87	.24
5	0.21	1.93	11	0.25	1.71	17	0.77	0.38
6	0.21	1.96	12	0.27	1.6			

در جدول (۹) تجزیه واریانس برای وزن گیاه چای ترش آورده شده است. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری ۰/۹۰ است و بیشتر از پنج درصد است بنابراین می‌توان گفت با اطمینان ۹۵ درصد میانگین وزن تر و خشک گیاه چای ترش در تیمارها و تکرارهای مختلف با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. بررسی میران رشد گیاه چای ترش و همچنین میزان محصول آن بیانگر تفاوت‌هایی بین تیمارهای منتخب با شاهد بوده است؛ اما از نظر آماری این اختلاف‌ها معنی‌دار نبوده‌اند. اگرچه برخی تحقیقات انجام‌شده مبین تأثیر معنی‌دار استفاده از آب مغناطیسی بر عملکرد برخی محصولات زراعی بوده است (العطار و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۹- تجزیه واریانس برای وزن محصول گیاه چای ترش

ANOVA

		مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
وزن تر	بین گروه‌ها	77105.1	3	25701.3	0.18	0.9
	درون گروه‌ها	985470.7	7	140781.5		
	مجموع	1062575.8	10			
وزن خشک	بین گروه‌ها	2498.5	3	833.8	0.18	0.9
	درون گروه‌ها	31948.8	7	4564.1		
	مجموع	34447.4	10			

بحث و نتیجه‌گیری

کمبود آب و وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی موجب انجام مطالعات و تحقیقات زیادی در زمینه توسعه منابع آب خصوصاً برای بخش کشاورزی شده است. مغناطیس کردن آب به‌عنوان یکی از این راهکارها برای افزایش راندمان آبیاری یا افزایش میزان محصول مورد توجه محققین قرار گرفته است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر مغناطیس کردن آب بر تولید دو گیاه ذرت و چای در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه سمنان بوده است.

نتایج حاصل از پایش و بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر ارتفاع رشد گیاه ذرت طی هفته‌های کشت نشان داد که الکترومغناطیس کردن آب آبیاری با شدت متوسط (تیمار سوم) موجب رشد بیشتر ذرت نسبت به تیمار شاهد می‌شود. ولی بین تیمارها و شاهد در هفته‌های رشد، تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت. بررسی‌ها در خصوص گیاه چای ترش نیز مؤید این بود که رشد ارتفاعی گیاه و محصول آن بیشتر در اثر تیمارهای دوم و اول بوده است. ولی علی‌رغم وجود تفاوت در میزان محصول در تیمارها، بین تیمارها و شاهد، تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت. در مجموع می‌توان گفت تیمارها اعم از مغناطیس کردن و الکترومغناطیس کردن آب در شدت‌های مختلف علی‌رغم وجود تفاوت بین تیمارهای ذکر شده در دو گیاه چای ترش و ذرت، اثر معنی‌دار آماری بر عملکرد آن‌ها نداشته است. البته هر چند تحقیقاتی توسط آقامیرو همکاران (۱۳۹۴)، یوسف و طاها (۲۰۱۶)، لو و همکاران (۲۰۱۶)، العطار و همکاران (۲۰۱۹)، وشیس و همکاران (۲۰۲۱)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)، ژو و همکاران (۲۰۲۱)، باشاشا و همکاران (۲۰۲۱) و هوزاین و همکاران (۲۰۲۱)، مبین تأثیر مثبت و معنی‌دار و یا متفاوت استفاده از آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیرمغناطیسی در رشد و عملکرد محصول مورد مطالعه بوده است. به نظر می‌رسد با توجه به وجود نتایج متفاوت در برخی تحقیقات انجام شده، لازم است در تحقیقات آتی، میزان و نحوه‌ی تأثیر آب مغناطیسی روی جوانه‌زنی بذر گیاهان و همچنین تأثیر آن بر میزان شوری خاک محل کشت بررسی شود.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. احمدپری، هدیه، صفوی، مریم، کرمی، عفت و نادریان‌فر، محمد، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر راندمان مصرف آب. دومین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات کاربردی در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، اردیبهشت ۱۳۹۷، همدان.

۲. اشرفی، سیدفاطمه و ناصری، عبدعلی،۱۳۹۱. بررسی اثرات میدان مغناطیسی بر هدایت الکتریکی، اسدیته و حرکت املاح در خاک، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، آبان ۱۳۹۱، تهران.

۳. بابایی، مهدی، مردانی، مصطفی، و سالارپور، ماشاالله، ۱۳۹۳. محاسبه میزان مصرف آب در محصولات عمده کشاورزی شهرستان زابل: رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. *مجله تحقیقات آب در کشاورزی*، ۲۸(۳)، صص. ۵۴۹-۵۴۱.

https://doi.org/10.22092/jwra.2014.100005

۴. بانژاد، حسین، مکاری، اسماعیل، اسنعشری، محمود و لیاقت، عبدالمجید، ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان. *مجله آبیاری و زهکشی ایران*، ۷(۲)،صص.۱۷۸-۱۷۳.

۵. جمالی، صابر، انصاری، حسین، و صفری‌زاده ثانی، عباس، ۱۳۹۹. اثرات سطوح مختلف آبیاری و آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد نعناع فلفلی (Mentha piperita L.) .*مجله پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۴ (۳)، صص.۴۳۳-۴۴۷.

https://doi.org/10.22092/jwra.2020.128470.728

۶. حسن‌زاده، زهرا، عصاره، علی، گوشه، محی‌الدین و سلطانی هویزه، مهدی، ۱۳۹۷. تأثیر آب مغناطیسی بر تغییرات کیفی آب آبیاری و اسیدیته خاک. *مجله علمی علوم و مهندسی آب*، ۸(۲۱)،صص. ۵۷-۷۷.

۷. خوش‌روش، مجتبی، عرفانیان، فاطمه، و پورغلام آمیجی، مسعود، ۱۴۰۰. اثر آبیاری با پساب مغناطیسی تصفیه‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مدیریت آب در کشاورزی، ۸(۱)، صص. ۱۱۵-۱۲۸.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764531.2021.8.1.10.8

۸. رئیسی، امین، مهرفر، حسام‌الدین و ترابی آزاد، مسعود، ۱۴۰۰. تأثیر میدان مغناطیسی بر خواص فیزیکی آب و کاربرد آن در صنعت، کشاورزی و مدیریت منابع آب. *انسان و محیط‌زیست*، ۱۹(۴)، صص. ۶۱-۷۱.

۹. سازمان هواشناسی سمنان. (۱۴۰۲). صفحه اصلی [وب‌سایت]. برگرفته از

http://www.semnanweather.ir

۱۰. شاهنظری، علی و شیرازی، پویا، ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر نفوذپذیری و شوری خاک. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۰(۳)، صص. ۱۱-۱۹. **https://doi.org/10.22055/jise.2017.13320**

۱۱. شهریاری، علی‌رضا، نوری، سهیلا، عابدی کوپایی و جهانگیر، آصالح، فاطمه، ۱۳۸۹. تأثیر آبیاری با پساب تصفیه‌شده بر رشد گیاه در شرایط گلخانه. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای* ۴، صص. ۱۳-۲۰.

۱۲. طوسی، پری.، تاجبخش، مسعود، اصفهانی، مسعود و ربیعی، محمد، ۱۳۹۳. تأثیر محرک‌های رشد آلی و آب مغناطیسی بر شاخص برداشت روغن و عملکرد پروتئین سویا (Glycine max L.) در زمان‌های مختلف برداشت. *مجله تولید و فرآوری گیاهان زراعی*، ۴ (۱۲)، صص. ۱۳-۲۵.

http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1393.4.12.2.8

۱۳. عابدین پور، میثم و روحانی، ابراهیم، ۱۳۹۸. تأثیر شوری و آب مغناطیسی بر عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز (مطالعه موردی: منطقه کاشمر). *مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران*، ۵۰ (۴)، صص. ۸۰۷-۸۱۷.

DOI: 10.22059/ijswr.2018.264527.667997

۱۴. قدمی فیروزآبادی، علی، خوش‌روش، مجتبی، شیرازی، پویا و زارع ابیانه، حمید، ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم آبیاری و شوری آب. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۱)، صص. ۱۳۱-۱۴۳.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.22287140.1395.30.1.1.12.7.3

۱۵. میرزایی، بهزاد و شهیدی، علی، ۱۳۹۵. آب مغناطیسی و کاربردهای آن در توسعه کشاورزی، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، شهریور ۱۳۹۵، اصفهان.

۱۶. نیکبخت، جعفر، خنده رویان، مرضیه، توکلی، افشین و طاهری، مهدی، ۱۳۹۲. تأثیر آبیاری کم با آب مغناطیسی بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷ (۴)، ص. ۵۵۱-۵۶۳.
https://doi.org/10.22092/jwra.2014.128862

17. Abedinpour, M. and Roohani, E., 2016. Effects of magnetized water application on soil and maize growth indices under different amounts of salt in the water. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(3), pp. 319-325. **doi.org/10.2166/wrd.2016.216**
18. Alattar, E. M., Elwasife, K. Y., Radwan, E. S. and Abuassi, W. A., 2019. Influence of magnetized water on the growth of corn (Zea mays) seedlings. *Romanian Jounal of Biophysic*, 29, pp. 39–50.
19. Bashasha, J., El-Mugrbi, W. and Imryed, Y., 2021. Effect of magnetic treatment in improve growth of three wheat cultivars irrigated with seawater. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 1, pp. 24-32.
20. Hozayn, M., Elaoud, A., Abd El-Monem, A. A. and Salah, N. B. 2021. Effect of magnetic field on growth and yield of barley treated with different salinity levels. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(8), pp.1-10. **doi:10.1007/s12517-021-07077-4**
21. Lu, W., Jian-yao, G., Xiu-mei, L, Hong, Z. , Hua-tian, W., Ying, W. Xiao, W., Feng-Yun, M. and Feng-wei, Z., 2016. Effects of magnetized water irrigation on growth and quality of ziziphus jujuba 'Dongzao'. *Acta Horticulturae Sinica*, 43(4), pp. 653. **doi:10.1016/j.agwat.2021.106784**
22. Tahir, N. A. R. and Karim, H. F. H., 2010. Impact of magnetic application on the parameters related to growth of chickpea (Cicer arietinum L.). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 3(4), pp. 175-184. url={https://api.semanticscholar.org/CorpusID:28782321}
23. Vashisth, A., Meena, N. and Krishnan, P., 2021. Magnetic field affects growth and yield of sunflower under different moisture stress conditions. *Bioelectromagnetics*, 42(6), pp. 473-483. **DOI: 10.1002/bem.22354**
24. Youssef, E. A. and Taha, S. S., 2016. Effect of Moisture Stress and Magnetized Water on Growth Parameters and Yield Characteristics of Onion Plants. *International Journal of Pharm Technology Research*, 9(9), pp. 104-111.
25. Zhang, J. Wei, K., Wang, Q., Sun, Y. and Mu, W., 2021. Effects of magnetized fresh water on seed germination and seeding growth of cotton. *Water Supply*, 21 (6), pp. 2863–2874. **DOI:10.2166/ws.2021.051**
26. Zhou, B., Yang, L., Chen, X., Ye, S., Peng, Y. and Liang, C., 2021. Effect of magnetic water irrigation on the improvement of salinized soil and cotton growth in Xinjiang. *Agricultural Water Management*, 248, 106784. **DOI:10.1016/j.agwat.2021.106784**