

تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و جذب برخی از عناصر در ذرت در شرایط مزرعه

هادی حبیبی^۱، سید علیرضا موحدی نائینی^{۲*}، مجتبی خوش‌روش^۳ و علیرضا صابری^۴

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۳- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- ۴- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۸ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰	افزایش عملکرد و به دنبال آن افزایش غلظت عناصر پرمصرف و کم مصرف در گیاه یکی از جنبه‌های مهم کشاورزی است. یکی از راهکارهای جدیدی که می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد استفاده از آب مغناطیسی است. آب مغناطیسی بواسطه عبور آب از یک میدان مغناطیسی بدست می‌آید. بدین منظور آزمایشی در قالب فاکتوریل با دو تیمار اصلی اضافه کردن و اضافه نکردن کود پتاسیمی و روی و پنج تیمار فرعی (شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی شامل ۰/۴ سیم پیچ، ۰/۳ آهنربا، ۰/۳ سیم پیچ، ۰/۱ سیم پیچ و تیمار شاهد) در چهار تکرار (n=۴۰) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که تمام کرت‌هایی که بوسیله آب مغناطیسی آبیاری شده بودند دارای بوته‌های با ارتفاع بیشتر و همچنین عملکرد بیشتری بودند. همچنین بوته‌هایی که بوسیله آب مغناطیسی آبیاری شده بودند دارای غلظت بالاتری (P<0.01) از پتاسیم، روی و آهن در دانه خود بودند. در بین تیمارهای آب مغناطیسی، شدت ۰/۴ تسلا بیشترین تأثیر را بر عملکرد و ارتفاع ذرت و همچنین غلظت پتاسیم، روی و آهن در دانه داشت (P<0.01). عملکرد ذرت در تیمارهای ۰/۴ سیم پیچ، ۰/۳ آهنربا، ۰/۳ سیم پیچ و ۰/۱ سیم پیچ که کود پتاسیمی و روی به آنها اضافه شده بود نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۶۴، ۱۳۱، ۱۰۷ و ۴۵ درصد افزایش نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که راهکار مغناطیس نمودن آب می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای افزایش غلظت عناصر غذایی، کمیت و کیفیت عملکرد ذرت علوفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.
* عهده‌دار مکاتبات Email: Salirezam@yahoo.com	

مقدمه

ذرت علوفه‌ای به عنوان گیاهی با توانایی تولید و سازگاری بالا در بیشتر مناطق کشور کشت می‌شود و یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به دلیل عملکرد سیلویی بالا، مواد قندی و نشاسته، یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای برای تولید علوفه برای تغذیه دام است (۱۲). بهبود غلظت عناصری همچون پتاسیم، روی و آهن در خاک می‌تواند باعث افزایش عملکرد این گیاه و به دنبال آن افزایش غلظت این عناصر در گیاه شود. افزایش غلظت عناصر در این گیاه علوفه‌ای می‌تواند در بهبود سلامت دام و در نتیجه انسان موثر واقع گردد.

یکی از راه‌هایی که بوسیله آن می‌توان مقدار کل آب مصرفی برای آبیاری را کاهش داد بکارگیری روش‌هایی است که عملکرد محصول در واحد حجم آب مصرفی (یعنی راندمان مصرف آب) را افزایش دهد. برخی از محققین تأثیر مطلوب میدان مغناطیسی بر عملکرد محصولات زراعی و بهره‌وری آب در گیاهان زراعی را گزارش کرده‌اند (۱۳). عبور آب از یک میدان مغناطیسی، برخی ویژگی‌های آن مانند آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب، چگالی، کشش سطحی و سرعت تبخیر آب را دستخوش تغییراتی می‌کند (۸). به عبارت دیگر، عبور آب از یک میدان مغناطیسی باعث تغییر بعضی از ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی آب مانند کشش سطحی، قابلیت حل نمک‌ها، تغییر ساختار خوشه-ای، زنجیره پیوند هیدروژنی ملکول‌ها، افزایش اثرات دو قطبی ملکول‌های آب و تغییر در ضریب شکست نور و اسیدیته آب می‌شود (۱۷). این تغییرات بوجود آمده بواسطه عبور آب از یک میدان مغناطیسی به عوامل بسیاری مانند شدت میدان مغناطیسی، جهت میدان، مدت زمان قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی، نرخ جریان محلول، کیفیت آب و pH آب بستگی دارد (۱۶). از اینرو، قرار گرفتن گیاهان در میدان‌های مغناطیسی و یا عبور دادن آب مورد استفاده برای آبیاری آنها از یک میدان مغناطیسی و پاسخ متفاوت گیاهان به شدت‌های

مختلف امواج الکترومغناطیسی می‌تواند راهی جهت افزایش کیفیت آب، کمیت و کیفیت محصول باشد. مطالعات انجام شده توسط محققانی همچون آمایا و همکاران^۱ (۱۹۹۶)، پادلونی و همکاران^۲ (۲۰۰۴) و فلورز و همکاران^۳ (۲۰۰۷) تأثیر مطلوب میدان مغناطیسی بر مراحل از رشد گیاه مانند سرعت جوانه‌زنی، درصد سبز شدن و افزایش سرعت طویل شدن گیاهچه گندم را گزارش نموده است. صادقی (۱۳۸۹) اثر آب مغناطیسی با شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی (۴۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۶۰۰۰ گوس) بر روی گیاهان کلزا و کتان را مطالعه نمود و گزارش نمود که عملکرد گیاهان کشت شده تحت این تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داده است. همچنین گریول و ماهشوار^۴ (۲۰۱۱) تأثیر میدان مغناطیسی را روی عملکرد گیاهان نخود، کرفس و لوبیا در شرایط کشت گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که آب مغناطیسی محصول کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد و بهره‌وری آب را ۱۲ و ۲۴ درصد افزایش داده است. در لوبیا نیز افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار آب مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید. کیانی (۲۰۰۷) گزارش کرد که آب مغناطیسی با افزایش حلالیت آب، باعث آبشویی خاک و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر آب مغناطیس و الکترومغناطیس بر عملکرد ذرت علوفه‌ای و حلالیت عناصری همچون پتاسیم، روی و آهن موجود در خاک و جذب آنها توسط ذرت علوفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و غلظت برخی از عناصر در گیاه ذرت یک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با دو تیمار اصلی افزودن کود

1- Amaya et al.

2- Podleony et al.

3- Florez et al.

4- Grewal et al.

شده و به صورت پدیده دانه برفی در آمده و در آب به- صورت شناور باقی می ماند (۱۷).

آماده سازی زمین و آبیاری

ابعاد کرت های آزمایشی $2/5 \times 2$ متر بود. برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. پس از آماده نمودن بستر بذری، بذور گیاه ذرت با فاصله روی ردیف ۱۵ سانتیمتر و بین ردیف ۷۰ سانتیمتر کشت شدند. آب مغناطیس شده توسط یک شیلنگ از وسط میدان مغناطیسی ایجاد شده عبور داده شد و سپس برای آبیاری کرت های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری تا زمان برداشت و خشک شدن گیاه ادامه یافت و فواصل زمانی آبیاری بر اساس آزمون رطوبت خاک تعیین شد. بوسيله سيلندرهاي استوانه‌اي از خاک کرت ها نمونه برداری انجام می گرفت و پس از توزین و خشک کردن در آون، رطوبت حجمی خاک محاسبه می شد. زمانی که رطوبت حجمی خاک به کمتر از ۲۵ درصد وزنی در عمق ۱۰ سانتیمتری می رسید، کرت ها آبیاری می شدند.

اندازه گیری های آزمایشگاهی

نمونه برداری از خاک در سه مرحله شامل زمان کاشت، زمان گلدهی و قبل از برداشت و از گیاه در دو مرحله شامل زمان گلدهی و زمان برداشت صورت گرفت و برای انجام آنالیزهای مربوطه به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه های خاکی از عمق ۰ تا ۱۵ سانتیمتری به صورت مرکب در زمان های یاد شده در بالا برداشته شدند. به منظور برداشت نمونه های گیاهی در زمان گلدهی و برداشت محصول، ابتدا پنج بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب شدند و سپس برگ ها و بلال از ساقه جدا و به طور جداگانه با هم ترکیب شدند تا یک نمونه شاخص بدست آید. سپس در آون در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک گردیدند تا وزن خشک آنها بدست آید و سپس برای انجام آنالیزهای مربوطه آسیاب شدند. یک نمونه هم از

پتاسیم و روی (+K, +Zn) و اضافه نکردن کود پتاسیم و روی (-K, -Zn)، پنج تیمار فرعی شامل اعمال میدان مغناطیسی با شدت ۰/۴ تسلا به وسیله سیم پیچ^۱ (0.4 EC)، شدت ۰/۳ تسلا به وسیله آهنربا^۲ (0.3 M) شدت ۰/۳ تسلا به وسیله سیم پیچ (0.3 EC)، شدت ۰/۱ تسلا به وسیله سیم پیچ (0.1 EC) و تیمار شاهد و در چهار تکرار (n=۴۰) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام پذیرفت.

نحوه مغناطیس نمودن آب

به منظور مغناطیس نمودن آب از یک سیم پیچ که توسط محقق ساخته شده بود برای ایجاد شدت های ۰/۴، ۰/۳ و ۰/۱ و همچنین یک آهنربا برای ایجاد شدت ۰/۳ تسلا استفاده شد. برای ایجاد میدان مغناطیسی در سیستم آبیاری از دو روش استفاده شد. روش اول استفاده از آهنربای دائمی است. در این روش مگنت هایی به دور لوله غیر فلزی و در خروجی منبع آب نصب می شوند. مگنت های مورد استفاده مغناطیس هایی از جنس سرامیک دائم بوده که با اعمال میدان مغناطیسی با قدرت مناسب، با جهت تحریک معین، ساختار سیال را تغییر داده و خواص فیزیکی آن را دگرگون می سازد. روش دیگر استفاده از جریان الکتریسیته برای تولید میدان مغناطیسی است. بر طبق قانون آمپر هنگام عبور جریان الکتریسیته از یک سیم، میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می شود. با توجه به این قانون فیزیکی هنگام عبور جریان الکتریسیته از یک رشته سیم پیچ شده به دور یک هسته فلزی، میدان مغناطیسی متناسب با جریان الکتریسیته، جنس هسته و تعداد دور سیم پیچ در هسته- های فلزی ایجاد می شود. بر اثر اعمال نیروی القایی بر سیال و با توجه به قطبی بودن آب، کاتیون ها و آنیون ها به لرزش در آمده و به یکدیگر نزدیک شده و به هم می- چسبند. در نتیجه بار الکتریکی ذرات معلق از آن گرفته

1- Electric coil

2- Magnet

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که تیمارهای مغناطیس نمودن آب در تمام سطوح (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۴ تسلا) نسبت به تیمار شاهد عملکرد بیولوژیکی ذرت علوفه‌ای را از لحاظ آماری در سطح یک درصد افزایش داد (شکل ۱). بیشترین عملکرد بیولوژیکی ذرت علوفه‌ای در تیمار دارای شدت ۰/۴ تسلا مشاهده گردید.

اثر متقابل افزودن کود پتاسیمی و روی بر عملکرد بیولوژیکی ذرت علوفه‌ای در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بین تیمارهای افزودن کود پتاسیمی و روی و تیمارهای اضافه نکردن کود پتاسیمی و روی در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تیمارهایی که به آنها کود پتاسیم و روی اضافه شده بود دارای عملکرد بیولوژیکی بیشتری بودند.

همچنین اندازه‌گیری ارتفاع بوته ذرت در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از آبیاری اندازه‌گیری گردید. اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین بوته‌هایی که با آب مغناطیسی آبیاری شده بودند و تیمار شاهد وجود داشت (جدول ۲). کرت‌هایی که با تیمار ۰/۴ تسلا آبیاری شده بودند بوته‌هایی با بیشترین ارتفاع را دارا بودند. همچنین از لحاظ ارتفاع بوته ذرت اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اضافه کردن و نکردن کود پتاسیمی و روی وجود داشت و تیمارهایی که به آنها کود پتاسیم و روی اضافه شده بود دارای ارتفاع بوته بزرگتری بودند. اندازه‌گیری غلظت عناصر پتاسیم، روی و آهن در خاک در دو مرحله گلدهی و برداشت ذرت نشان داد که در تیمارهایی که از آب مغناطیسی برای آبیاری کرت‌ها استفاده شده بود غلظت این عناصر در خاک اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند (جدول ۲). بیشترین غلظت این عناصر در تیمار ۰/۴ تسلا مشاهده گردید. همچنین غلظت عناصر پتاسیم، روی و آهن در خاک برای تیمارهایی که به آنها کود پتاسیم و روی

دانه گیاه ذرت به منظور تعیین غلظت عناصر موجود در آن در زمان برداشت محصول تهیه گردید. برای اندازه‌گیری غلظت روی در اندام‌های گیاهی، از روش سوزاندن در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت و هضم بوسیله اسید کلریدریک ۲ نرمال استفاده شد و غلظت روی توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰ تعیین شد. غلظت روی قابل دسترس خاک با استفاده از محلول ۰/۰۰۵ DTPA نرمال دی‌اتیلن‌تری-آمین پنتاستیک اسید (DTPA) دارای کلرید کلسیم ۰/۰۱ نرمال و محلول تری اتانول آمین با pH برابر با ۷/۲ استفاده شد. به این صورت که عصاره‌گیری از خاک توسط محلول ۲:۱ DTPA و خاک صورت گرفت و پس از ۲ ساعت تکان دادن، نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید و غلظت روی در عصاره توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر^۱ مدل ۳۰۳۰ تعیین گردید. پتاسیم خاک با استات آمونیوم عصاره‌گیری شده و با دستگاه شعله‌سنج (مدل ۴۱۰) اندازه‌گیری شد (به نقل از خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶). عصاره‌گیری فسفر نیز به روش السن (به نقل از خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶) صورت گرفت و غلظت آن در عصاره توسط دستگاه طیف‌سنج مدل RAY LEIGHT UV-1601 تعیین شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی در واحد هکتار، ابتدا کل بوته‌های موجود در هر کرت برداشته و توزین شدند. سپس وزن در واحد کرت با اندازه مشخص به واحد تن در هکتار تبدیل شد.

تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح ۵ درصد انجام گرفت. همبستگی دو به دو بین داده‌ها نیز به کمک نرم‌افزار SAS محاسبه شد.

نتایج

نسبت به تیمارهایی که به آنها کود پتاسیم و روی اضافه نشده بود دارای غلظت پتاسیم بیشتری در دانه‌های ذرت کشت شده در این تیمارها بودند.

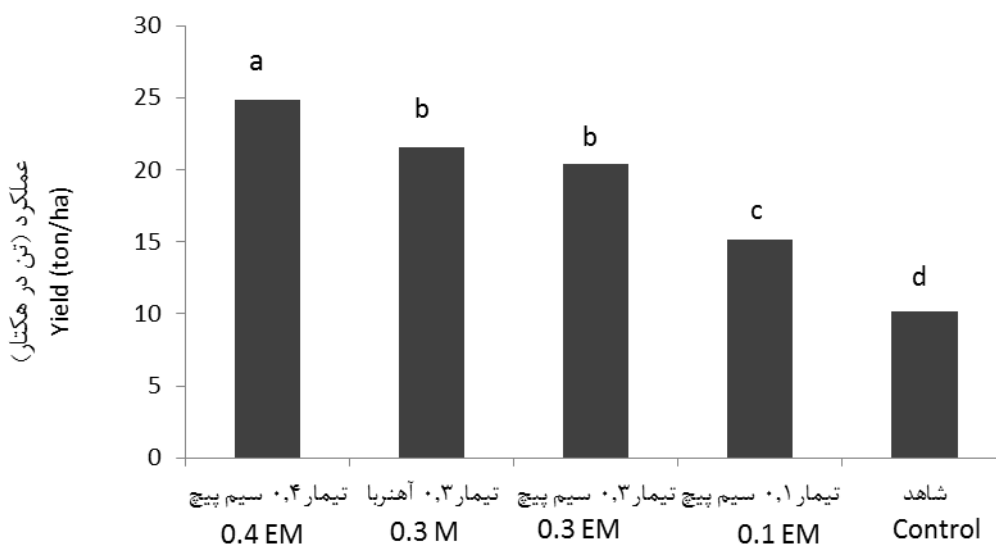
در تیمارهایی که از آب مغناطیسی برای آبیاری مزرعه استفاده شده بود غلظت آهن (شکل ۴) و روی (شکل ۵) در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد و باعث افزایش غلظت این عناصر در دانه ذرت شد. این افزایش از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین غلظت این عناصر در تیمارهای ۰/۴ تسلا و کمترین در تیمار شاهد مشاهده گردید.

اضافه شده بود به جز در تیمار شاهد بیشتر بود. در تیمار شاهد، تفاوت معنی‌داری در غلظت پتاسیم و همچنین آهن در تیمار با و بدون کود پتاسیمی و روی وجود نداشت. غلظت پتاسیم موجود در خاک شاهد از حد بحرانی این عنصر در خاک بیشتر بوده و در حد کفایت برای تغذیه گیاه است. غلظت روی برای تیمار شاهد در حد متوسط و آهن نیز در حد کم طبقه‌بندی می‌شوند.

در مقایسه با تیمار شاهد، مغناطیس نمودن آب باعث افزایش غلظت پتاسیم در دانه ذرت شد. این افزایش از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۳). بیشترین غلظت دانه ذرت در تیمار ۰/۴ تسلا و کمترین در تیمار شاهد مشاهده گردید. همچنین تیمارهایی که به آنها کود پتاسیمی و روی اضافه شده بود

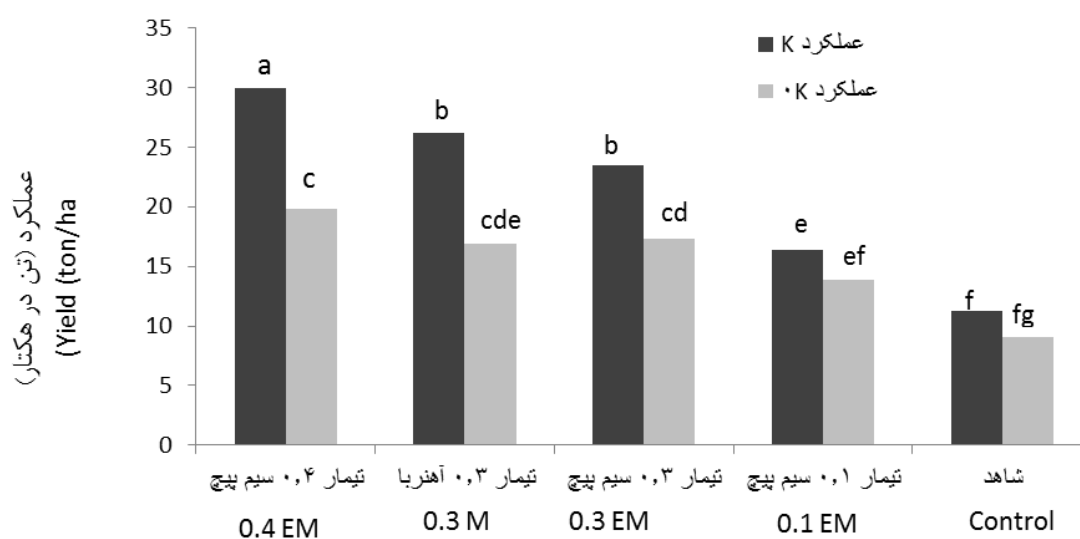
جدول (۱) برخی از ویژگی‌های آب محل اجرای آزمایش
Table (1) Some properties of the used water in this experiment

نسبت جذب سدیم SAR	منیزیم	کلسیم	سدیم	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)
	Mg	Ca	Na		
	(میلی‌اکی‌والان در لیتر) (meq/Lit)				
۱/۰۸	۲/۴	۳/۲	۱/۸	۷/۴	۰/۶۶



شکل (۱) عملکرد ذرت در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی
Figure (1) The yield of corn in different strength of magnetic field

حیپی و همکران: تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و...



شکل (۲) اثر متقابل افزودن کود پتاسیمی و روی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی
Figure (2) The interaction effect of adding K and Zn fertilizers on the yield of corn in different strengths of magnetic field

جدول (۲) ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از کاشت

Table (2) Height of corn plants at 30, 60 and 90 days after planting

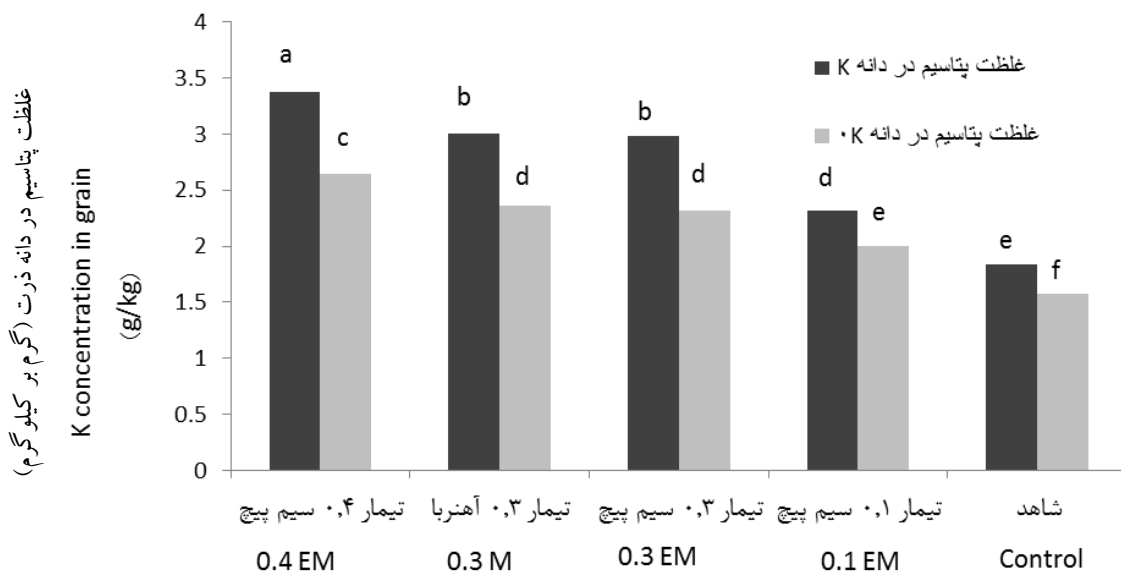
ارتفاع بوته cm			تیمار treatments
۹۰ روز 90 days	۶۰ روز 60 days	۳۰ روز 30 days	
176 c	122 cd	17.2 c	+K, +Zn
126 e	111 d	15.75 c	-K, -Zn
189 b	133.75 b	22.07 b	+K, +Zn
161.5 d	127.5 bc	17.7 c	-K, -Zn
187 bc	132.75 bc	21.37 b	+K, +Zn
149.75 d	124.5 bc	17.72 c	-K, -Zn
223.5 a	147 a	26.9 a	+K, +Zn
186 bc	145 a	21.92 b	-K, -Zn
125.75 e	99.5 e	11.87 d	+K, +Zn
104.5 f	85 f	11.85 d	-K, -Zn

EC: آهنربای دایمی، M: سیم پیچ

جدول (۳) غلظت عناصر پتاسیم، روی و آهن در زمان گلدهی و برداشت در خاک
 Table (3) The concentration of K, Zn and Fe at flowering and harvest stages

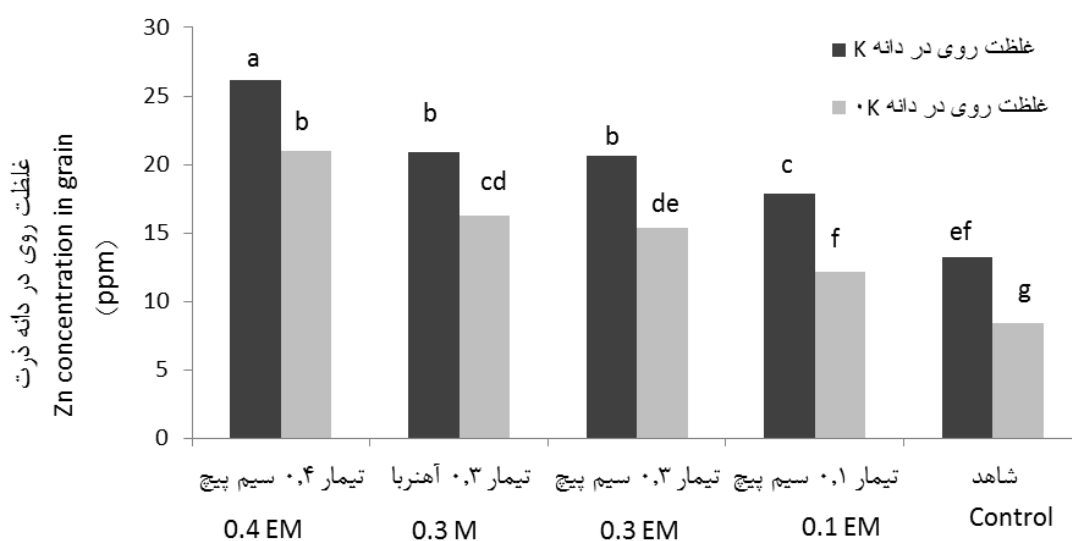
Concentration in soil						تیمارها Treatments
آهن Fe		روی Zn		پتاسیم K		
زمان برداشت harvest	زمان گلدهی flowering	زمان برداشت harvest	زمان گلدهی flowering	زمان برداشت harvest	زمان گلدهی flowering	
2.7 cd	3.2 c	0.51 b	0.87 abc	379.64 de	417.51 e	+K, +Zn 0.1 EC
2.82 bcd	4.7 bc	0.4 c	0.67 cd	315.71 f	365.75 f	-K, -Zn
2.95 bcd	6.52 a	0.59 a	0.96 a	493.43 b	565.88 b	+K, +Zn 0.3 M
3.25 b	5.82 ab	0.42 c	0.74 bcd	353.67 e	407.55 e	-K, -Zn
2.97 bc	6.32 ab	0.58 a	0.92 ab	453.74 c	534.83 c	+K, +Zn 0.3 EC
3.17 b	5.95 ab	0.42 c	0.74 bcd	355.45 e	400.26 e	-K, -Zn
4.1 a	7.25 a	0.62 a	0.97 a	522.76 a	600.39 a	+K, +Zn 0.4 EC
3.95 a	6.77 a	0.49 b	0.83 abc	393.36 d	453.74 d	-K, -Zn
2.55 cd	3.85 c	0.48 b	0.76 bc	291.12 g	320.86 g	+K, +Zn شاهد
2.45 d	3.32 c	0.4 c	0.55 d	284.43 g	314.4 g	-K, -Zn Control

EC: آهنربای دایمی، M: سیم پیچ

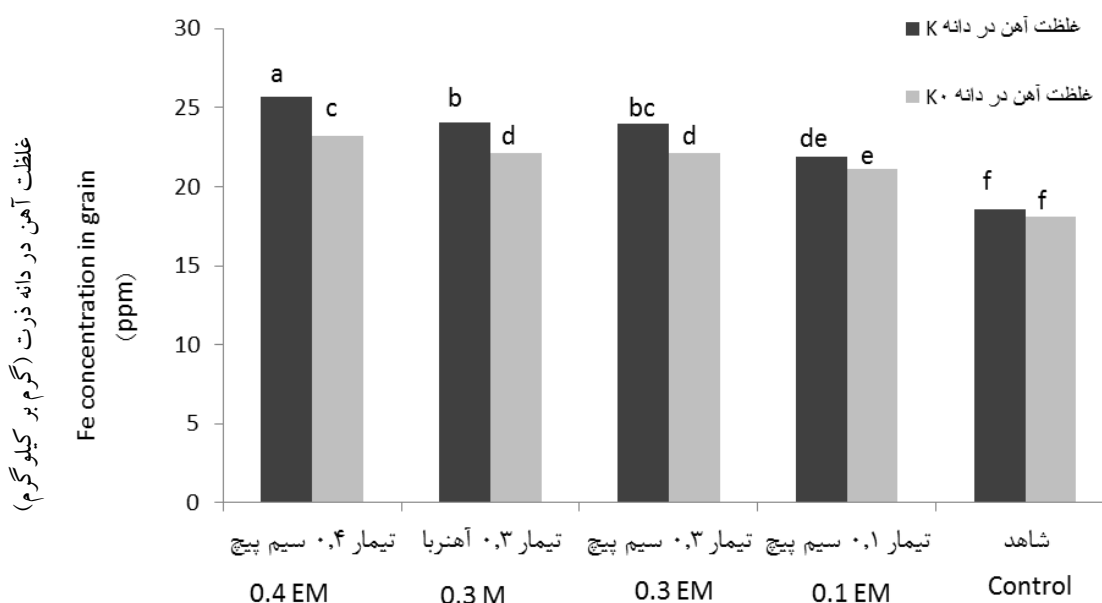


شکل (۳) اثر متقابل افزودن کود پتاسیمی و روی بر غلظت پتاسیم در دانه ذرت در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی
 Figure (3) Interaction effects of adding K and Zn fertilizers on K concentration in grains in different strengths of magnetic field

حییبی و همکران: تأثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و...



شکل (۴) اثر متقابل افزودن کود پتاسیمی و روی بر غلظت روی در دانه ذرت در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی
Figure (4) Interaction effects of adding K and Zn fertilizers on Zn concentration in grains in different strengths of magnetic field



شکل (۵) اثر متقابل افزودن کود پتاسیمی و روی بر غلظت آهن در دانه ذرت در شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی
Figure (5) The interaction effects of adding K and Zn fertilizers on Fe concentration in grains in different strengths of magnetic field

در نتیجه افزایش رشد رویشی باشد. آمیرا و همکران^۱ (۲۰۱۰) گزارش نمودند که آبیاری با آب مغناطیسی باعث افزایش ارتفاع و وزن خشک درخت کتان شد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که آبیاری نمودن ذرت با آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۲). این افزایش می‌تواند بواسطه راحتی جذب آب توسط ذرت و

1- Amira *et al.*

(۴ و ۵). همچنین تیمارهایی که کود پتاسیمی و روی به آنها اضافه شده بود دارای عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارهایی بودند که کود پتاسیمی و روی به آنها اضافه نشده بود. دلیل این امر می‌تواند افزایش حلالیت کودهای پتاسیمی و روی اضافه شده به خاک بواسطه کاربرد آب مغناطیسی باشد. در واقع آب مغناطیسی توانسته است حلالیت و در نتیجه قابلیت جذب عناصر روی و پتاسیم را در خاک افزایش دهد. کاهش یافتن کشش سطحی در نتیجه مغناطیس نمودن آب، قدرت حلالیت آب را افزایش داده و درجه سختی را کاهش می‌دهد (۱۱). بررسی خواص میکروسکوپی و ماکروسکوپی آب نشان داد که میدان مغناطیسی زاویه تماس آب را کاهش داده و در نتیجه شناوری مواد جامد را افزایش می‌دهد (۱۷). این امر را می‌توان بوسیله افزایش غلظت پتاسیم و روی در کرت‌های آبیاری شده توسط آب مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد مشاهده نمود. با مغناطیس نمودن آب آبیاری به دلیل افزایش مولکول‌های آب در واحد حجم، حلالیت آن افزایش یافته و در نتیجه توانایی آب برای جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها افزایش می‌یابد و مقدار بیشتری از عناصر توسط گیاه جذب می‌شوند. با افزایش جذب املاح معدنی، عناصر موجود در آب و خاک، می‌توان کود کمتری مصرف نمود. افزایش جذب عناصر در گیاهان بواسطه کاربرد آب مغناطیسی توسط اسیتکن و توران (۲۰۰۴) و همچنین مون و چانگ^۳ (۲۰۰۰) نشان داده شده است.

همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش شدت میدان مغناطیسی ارتفاع گیاه و همچنین عملکرد افزایش یافته است. در بین تیمارهای مغناطیسی، بیشترین ارتفاع ذرت در تیمار ۰/۴ تسلا و کمترین آن در تیمار ۰/۱ تسلا مشاهده شد. احتمالاً جذب بهتر عناصر از خاک بواسطه کاربرد آب مغناطیسی باعث رشد بهتر بوته‌های ذرت گردیده است. همچنین افزایش جذب عناصر غذایی

پانگ و دنگ^۱ (۲۰۰۸) بیان داشتند که آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی دارای کشش سطحی کمتری است که می‌تواند باعث سهولت در جذب آب از خاک شود. در واقع آب مغناطیسی با سهولت بیشتری توسط گیاه جذب می‌گردد. همچنین می‌تواند بواسطه افزایش حلالیت عناصر موجود در خاک و افزایش قابلیت جذب آنها توسط گیاه باشد. در یک مطالعه نشان داده شد که آب مغناطیسی غلظت برخی از عناصر همانند کلسیم و منیزیم و سدیم در اندامهای هوایی کرفس را افزایش داده است. این افزایش می‌تواند بواسطه تغییر برخی از ویژگی‌های خاک همانند pH خاک، قابلیت هدایت الکتریکی خاک و ... باشد (۲۱). آلا دجاجیان (۲۰۰۲) و یوکاتانی و همکاران^۲ (۲۰۰۱) نشان داد که آب مغناطیسی رشد اندام هوایی و طول آنها را در ذرت افزایش داد. کاهش کشش سطحی با آب مغناطیسی و افزایش سرعت تورم و تعادل پتانسیل اسمزی لایه دوگانه پخشیده الکتریکی با محلول خاک موجب افزایش پتاسیم قابل عصاره‌گیری با تترافنیل بران سدیم شد (۹). احتمالاً روی قابل جذب نیز با همین مکانیزم افزایش می‌یابد.

نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیکی گیاه (شکل ۱) در کرت‌های آبیاری شده با آب مغناطیسی در سطح یک درصد نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته است. این افزایش در عملکرد در کرت‌های آبیاری شده با آب مغناطیسی دارای شدت ۰/۴ تسلا نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود. افزایش عملکرد برخی از محصولات بواسطه کاربرد آب مغناطیسی در برخی از مطالعات نشان داده شده است (۱۴، ۱۰، ۱۹). نتایج پرسنده خیال (۱۳۹۵) نشان داد که با افزایش کشش شدت الکترومغناطیس، کشش سطحی آب کاهش بیشتری پیدا می‌کند. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که تعداد گل‌ها و عملکرد کل میوه توت فرنگی و گوجه فرنگی بوسیله کاربرد آب مغناطیسی افزایش یافته است

1- Pang and Deng
2- Yokatani *et al.*

عناصر غذایی در محدوده ریشه مرکبات نسبت به کاربرد آب مغناطیسی متفاوت است و کاربرد آب مغناطیسی باعث افزایش بیشتر غلظت آهن و روی شد و غلظت آهن تا حدود ۹ برابر و غلظت روی تا حدود ۵ برابر نسبت به تیمار کنترل افزایش نشان دادند.

با افزایش شدت میدان مغناطیسی غلظت عناصر پتاسیم، روی و آهن در دانه ذرت افزایش یافت. بیشترین غلظت این عناصر در تیمارهایی مشاهده گردید که از آب مغناطیسی دارای شدت ۰/۴ تسلا برای آبیاری استفاده گردید. می توان نتیجه گرفت که شدت های بالاتر میدان مغناطیسی تأثیر بیشتری بر حلالیت عناصر در خاک و جذب آنها توسط گیاه دارند. در نتیجه راهکار مغناطیس نمودن آب می تواند به منظور افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی چه در سطح گلخانه و چه در سطح مزرعه مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی رشد ریشه گیاهان با کاربرد آب مغناطیسی اندازه گیری شود زیرا آب مغناطیسی با کاهش کشش سطحی ممکن است سرعت افزایش تعادل اسمزی بین محیط ریشه و خاک را افزایش دهد که نتیجه آن علاوه بر افزایش سرعت جذب آب، افزایش رشد ریشه و در نتیجه افزایش همه عناصر موجود در خاک از جمله عناصر غیر تبادلی باشد. قابلیت جذب عناصر تبادلی (پتاسیم، روی و منگنز) با آب مغناطیسی در اثر افزایش سرعت تعادل اسمزی بین لایه دوگانه پخشیده الکتریکی و محلول خاک با ورود این عناصر به محلول خاک افزایش می یابد.

توسط گوجه فرنگی بواسطه تیمار مغناطیس نمودن آب توسط ماهشواری و گروال^۱ (۲۰۰۹) نیز مشاهده شد. آمایا و همکاران (۱۹۹۶) و پادلوننی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که شدت های مختلف برای تیمار مغناطیس نمودن آب رشد گیاه و عملکرد دانه لوبیا را افزایش داد (۲ و ۱۸).

در اشکال ۳، ۴ و ۵ مشاهده می شود که غلظت عناصر پتاسیم، روی و آهن در دانه ذرت در کرت های آبیاری شده بوسیله آب مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد بیشتر می باشند. این امر می تواند به این دلیل باشد که آب مغناطیسی توانسته است قابلیت حلالیت این عناصر را در خاک افزایش دهد و بدینوسیله جذب این عناصر توسط گیاه افزایش یافته است و گیاه توانسته غلظت بیشتری از این عناصر را به دانه خود منتقل و ذخیره سازد. گروال و ماهشواری (۲۰۱۱) نشان دادند که تیمار مغناطیس نمودن آب آبیاری منجر به افزایش غلظت عناصری همچون پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن، گوگرد و منگنز در اندام های هوایی گیاه شده است. افزایش غلظت عناصر در دانه ذرت در کرت هایی که به آنها کود پتاسیم و روی اضافه شده بود نسبت به تیمارهایی که کود پتاسیمی و روی به آنها اضافه نشده بود بیشتر بود. آب مغناطیسی با افزایش سرعت تعادل اسمزی، قابلیت عناصری را که به صورت تبادلی به مقدار زیاد در لایه دوگانه پخشیده الکتریکی نگهداری می شوند را افزایش می دهد (همانند پتاسیم، روی و منگنز). اما فسفر بصورت تبادلی در لایه دوگانه پخشیده الکتریکی نگهداری نمی شود. غلظت فسفر در دانه تیمارهای آبیاری شده با آب مغناطیسی با تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشت (نتایج ارائه نشده - اند). هوزاین و ابدالقدوس (۲۰۱۰) گزارش نمودند که حلالیت و تحرک عناصر موجود در کودهای شیمیایی در خاک بواسطه کاربرد آب مغناطیسی افزایش یافته است. هیلال و همکاران^۲ (۲۰۰۲) دریافتند که حلالیت

منابع

1. Aladjadjiyan, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of Zea mais. *Journal of Central European Agriculture*, 3(20): 89–94.
2. Amaya, J.M., Carbonell, M.V., Martinez, E., and Raya, A. 1996. Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. *Horticultural Science Abstracts*, 68, 1363.
3. Amira, M.S. and Hozayn, M. 2010. Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituents of lentil (*Lens esculenta*) under greenhouse condition. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7(4): 457-462.
4. Danilov, V., Bas., T., Eltez, M. and Rizakulyeva, A. 1994. Artificial magnetic field effects on yield and quality of tomatoes. *Acta Horticulturae*, 366, 279–285.
5. Esitken, A. and Turan, M. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria X ananassa* cv. Camarosa). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil and Plant Science*, 54, 135–139.
6. Florez, M., Victoria, M., and Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic field: effects of germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 68-75.
7. Grewal, SH. and Maheshwari, B.L. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*, 32 :(1):58–65.
8. Hilal, M.H., Shata, S.M., Abdel-Dayem A.A., and Hillal, M.M. 2002: Application of magnetic technologies in desert agriculture. III- Effect of Magnetized Water on yield and uptake of certain elements by citrus in relation to nutrients mobilization in soil. *Egyptian Journal of Soil Science*, 42(1), 43-55.
9. Hozayn, M. and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1, 671–676. Kahrizi, D., Cheghamirza, K., Akbari, L., and Rostami-Ahmadvandi, H. 2013. Effects of magnetic field on cell dedifferentiation and callus induction derived from embryo culture in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Molecular Biology Reports*, 40: 1651–1654.
10. Kiani, A.R. 2007. Magnetized water, new to increase water productivity. *Zeiton scientific and specific Journal, monthly in agriculture*, 183:1-9. (in Persian).
11. Khodabandeh, N. 1995. *Cereals*. Fourth edition. Tehran University publishing.
12. Maheshwari, B.L. and Grewal, H.S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agric. Agricultural Water Management*, 96, 1229–1236.

13. Mahmood, S. and Esman, M. 2014. Consequences of magnetized water application on maize seed emergence in sand culture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 47–55.
14. Moon, J.D. and Chung, H.S. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electrostatics*, 48:103–114.
15. Mukheibir, P. 2008. Water resources management strategies for adaptation to climate-induced impacts in South Africa. *Water Resources Management*, 22:1259-1276.
16. Pang, X.F. and Deng, B. 2008. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*, 51: 1621–1632.
17. Podleony, J., Pietruszewski, S., and Podleona, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agrophysics*, 18, 65–71.
18. Radhakrishnan, R. and Kumari, B.D.R. 2013. Influence of pulsed magnetic field on soybean (*Glycine max*L.) seed germination, seedling growth and soil microbial population. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 50: 312–317.
19. Sadeghi, H. 2010. Designing, constructing and evaluating of making magnetic water for agricultural use. MSc. Thesis, Faculty of agricultural biosystem engineering, Tehran University, 120 pp.
20. Teixeira da Silva, J.A. and Dobránszki, J. 2014. Impact of magnetic water on plant growth. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 137–142.
21. Yokatani, K.T., Hashimoto, H., Yanagisawa, M., Nakamura, T., Hasegawa, K., and Yamashita, M. 2001. Growth of *Avena* seedlings under a low magnetic field. *Biological Sciences in Space*, 15: 258-259.