

Magnetically treated water Application for Improving Maize (*Zea mays L.*) Growth

S. Mohamadalkhani¹, F. Ghanati^{1*}, M. Soleimani¹, H. Zare Maivan¹, A. Hajnorouzi²

¹Department of Plant Biology, Faculty of Biological Science, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran
²Department of Physics, Faculty of Basic Science, Shahed University, Tehran, Iran

Abstract

Water molecules can be affected by magnetic fields due to their bipolar characteristics. In the present study an experimental maize field was irrigated with magnetically treated water. Tap water was passed through a locally designed alternative magnetic field generating apparatus (110 mT). The maize plants were irrigated by the magnetically treated water from sowing to the seedling stage. Treatment with magnetically treated water increased the shoot and root lengths, fresh and dry weight of seedling (30%, 19.1%, 22% and 22%, respectively), compared with the control groups. The contents of photosynthetic pigments, total sugar and total protein of the leaves did not show significant differences between the treated plants and the control group. The ratio of Fv/Fm of seedling and growth parameters of second family were increased, compared to those of non-treated ones. The combined results suggested that the treatment of water a magnetic field with represents a plausible candidate for the mediation of MF effects on plant cells.

Keywords: *Growth parameters, Magnetic field, magnetically treated water, Maize*

*Corresponding author
Address: Faezeh Ghanati, Plant Biology Department, Faculty of Biological Science, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran
Tel: +98 21 82884403
Fax: +98 21 82884717
E-mail: ghangia@modares.ac.ir

بهبود شاخص‌های رشدی گیاه ذرت (*Zea mays L.*) تحت آبیاری با آب مغناطیده

سمیه محمد علیخانی^۱، فائزه قناتی^{۱*}، مریم سلیمانی^۱، حسن زارع مایوان^۱، اباذر حاج نوروزی^۲

^۱گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
^۲گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شاهد

چکیده

بیش از ۷۵٪ حجم سلول‌های گیاهی را آب تشکیل می‌دهد، لذا می‌تواند بخش عمده‌ی تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر گیاهان به واسطه‌ی مغناطیده شدن آب باشد. درین تحقیق، نمونه آب لوله کشی با عبور از یک دستگاه هم‌زن یون مغناطیسی ۱۱۰ میلی‌تسلاپی مغناطیده شد. ازین آب برای آبیاری بذرهای ذرت به کار رفت. نمونه‌های شاهد نیز با آب لوله کشی (غیر مغناطیده) آبیاری شد. درصد جوانه‌زنی بذرهای خیس‌انده در آب مغناطیده، افزایش معناداری را در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. تمامی شاخص‌های رشد، شامل طول اندام هوایی، طول ریشه، وزن تر و خشک دانه رست‌های ذرت پس از آبیاری با آب مغناطیده در مقایسه با گروه کنترل به ترتیب افزایش ۳۰٪، ۱۹٪، ۲۲٪ و ۲۲٪ را نشان داد. اما در محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، قند و پروتئین کل، تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. هم‌چنین بیشینه‌ی بازده کوانتومی فتوسیستم II در گروه آبیاری شده با آب مغناطیده افزایش معناداری را نسبت به گروه کنترل نشان داد. تأثیر مثبت آب مغناطیده بر شاخص‌های رشدی و متابولیسمی دانه رست‌های ذرت در نسل دوم تأیید شد. نتایج نشان داد که آب عامل مهمی در دریافت اثر میدان مغناطیسی و انتقال آن به درون سلول‌های گیاهی است.

کلیدواژه‌ها: آب مغناطیده، ذرت، شاخص‌های رشد، میدان مغناطیسی

* عهده‌دار مکاتبات

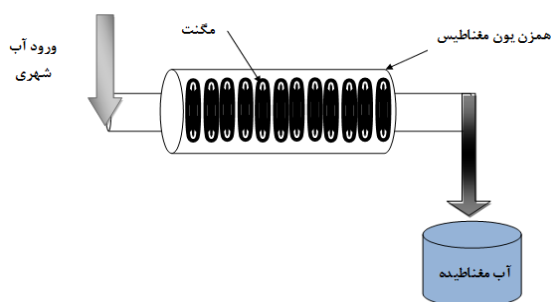
۱- مقدمه

محصول و بهره‌وری آب در نوعی نخود (Snow pea) و کرفس نیز ارائه شده است [۱۲]. هم‌چنین نشان داده شده که مغناطیده نمودن آب بازیافتی و آب با شوری ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر، عملکرد کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد و بهره‌وری آب را ۱۲ و ۲۴ درصد افزایش می‌دهد. اثر مثبت آب مغناطیده بر رشد گیاهان گندم و نخود (*Cicer arietinum* L.) نیز ارائه شده است [۱۳، ۱۴]. با در نظر گرفتن مصرف بالای آب گیاه ذرت برای رشد و نیز توجه به اینکه ذرت بعد از گندم و برنج در رتبه سوم تولید جهانی قرار دارد [۱۵]، ازین روی، بررسی تأثیر آب مغناطیده بر ویژگی‌های رشد گیاه ذرت در مرحله دانه رست، بررسی تغییرات ایجاد شده در محتوای پیگمان-های فتوسنتزی، محتوای قند و پروتئین کل و نیز بررسی اثر ماندگاری آب مغناطیده بر ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت با بررسی بذره‌های نسل دوم، هدف از انجام این کار پژوهشی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تولید آب مغناطیده

در انجام این تحقیق از دستگاه هم‌زن یون مغناطیس ساخت شرکت فناوری ایرانیان پژوهش نصیر (فاپن) استفاده شد. اجزای اصلی این دستگاه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) - دستگاه هم‌زن یون مغناطیس و نحوه تولید آب مغناطیده

دستگاه شامل یک لوله نسبتاً بلند پارامغناطیس است. درین قسمت از لوله که بخش فعال آن است، میدان مغناطیسی متناوب وجود دارد. هنگام عبور آب ازین قسمت نیروی مغناطیسی متناوب به یون‌ها در طول محور اعمال می‌شود. میدان مغناطیسی سینوسی در داخل لوله از یک سری آهن‌ر

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی همواره زندگی انسان را دربر گرفته و تأثیرگذار بوده است. این میدان‌ها هم به صورت طبیعی و هم به صورت نتیجه‌ای از تکنولوژی بشر امروزی، در حیات بشر حضور دارد. مطالعه‌های بسیاری در زمینه‌ی اثر زیستی میدان‌های مغناطیسی بر سلول‌های زنده صورت گرفته است [۱]. اثر مهاری یا تحریکی میدان مغناطیسی بر رشد بافت‌ها، به عواملی نظیر گونه، فرکانس میدان، مدت زمان تیمار و موارد دیگر بستگی دارد [۲]. تأثیر تحریکی میدان مغناطیسی بر رشد گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده است. مکانیسم تأثیر این میدان‌ها بر سلول هنوز به خوبی شناخته نشده است. از آنجایی که آب بیش‌ترین و مهم‌ترین مولکول تشکیل دهنده سلول زنده است و همه واکنش‌های بیوشیمیایی سلول در آب صورت می‌گیرد، این فرضیه را به وجود می‌آورد که شاید بخشی از تأثیر ایجاد شده تحت تیمار میدان مغناطیسی ناشی از اثر آن بر ویژگی‌های مولکولی آب باشد [۳]. مولکول‌های آب به سبب وجود پیوندهای هیدرونی، می‌توانند تحت تأثیر میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و الکترومغناطیسی تغییر یابند [۴، ۵]. عبور آب از میدان مغناطیسی با سرعت ثابت باعث مغناطیسی شدن آن می‌شود که آن را آب مغناطیده می‌نامند [۶]. تغییر در ویژگی‌های اپتیکی، الکترومغناطیسی، ترمودینامیکی و ویژگی‌های مکانیکی آب شامل چگالی، نیروی کشش سطحی، نقطه ذوب و انجماد و هدایت الکتریکی نیز گزارش شده است [۷، ۸، ۹]. مطالعات دیگر نشان داده که میدان‌های مغناطیسی می‌توانند بر طول موج جذبی آب در ناحیه‌ی زیرقرمز اثرگذار باشند. این تغییر تا مدت زمان قابل توجهی پس از حذف میدان نیز در آب باقی می‌ماند [۱۰]. در پژوهشی دیگر، حافظه‌ی مغناطیسی آب تا ۲۰۰ ساعت گزارش شده است [۱۱]. بنابراین، به نظر می‌رسد با تغییر ویژگی‌های مولکولی آب در اثر مغناطیده شدن، ویژگی‌های سلولی و مولکولی بافت‌های گیاهی نیز در نتیجه آبیاری با این نوع آب تحت تأثیر قرار گیرد. اثر آبیاری با آب مغناطیده بر ویژگی‌های رشد تعداد محدودی از گیاهان گزارش شده است. افزایش معنادار

در روابط (۵) و (۶)، c_1 ، b و φ ثابت‌های انتگرال‌گیری هستند و v سرعت یون است. این نوع حرکت در راستای x ، y معرف حرکت به شکل دایره به شعاع v/ω و مرکزیت (c_1, c_2) است. به دلیل وجود جریان آب حرکت یون‌ها به صورت اسپیرال (حلزونی) است. به خاطر تناوبی بودن میدان مغناطیسی، در رابطه (۴) بسامد سیکلوترونی متغیر و همچنین در رابطه (۵) و (۶) مسیر حرکت دایره‌ای با شعاع‌های مختلف دارد که این حرکت منجر به هم‌زنی بیش‌تر محلول می‌گردد.

۲-۲- مواد گیاهی و طرح آزمایش

بذر اصلاح شده‌ی ذرت رقم ۷۰۴ از مؤسسه‌ی اصلاح نهال و بذر شهرستان کرج تهیه شد. پس از استریلیزاسیون سطحی در فواصل ۱۵ سانتی‌متری از یک‌دیگر، در دو گروه کشت داده شد. آبیاری یک گروه با آب معمولی و گروه دیگر با آبی که با عبور از میدان مغناطیسی متناوب ۱۱۰ میلی‌تسلا (mT) مغناطیده شده‌است آبیاری شد (شکل ۲).



شکل (۲) - نمای کلی دستگاه همزن یون مغناطیس

طول ریشه و ساقه‌ی دانه رست‌ها هفت روز بعد از آبیاری، با خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک دانه رست‌ها نیز با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌برداری از گیاهان کشت شده صورت گرفت. نمونه‌ها با آب مقطر شست‌وشو داده شد. برای انجام بررسی‌های بیوشیمیایی در نیتروژن مایع تثبیت و در فریزر با دمای -80°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. آنالیزهای بیوشیمیایی شامل اندازه‌گیری محتوای قند، پروتئین و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با سه تکرار مستقل و هر یک با سه نمونه انجام گرفت. پس از تکمیل دوره‌ی رشد رویشی و زایشی این گیاهان، از دانه‌های آن‌ها برای آزمودن میزان ماندگاری تأثیر آب مغناطیده بر رشد و متابولیسم گیاه ذرت استفاده شد. آزمون‌های درصد جوانه‌زنی و رشد روی

ساخته شده که با دقت در کنار هم چیده شده‌اند. یون‌های موجود در آب بر اثر جریان آب دارای سرعت V هستند. البته علاوه بر آن، حرکت براونی نیز بر اثر انرژی گرمایی محیط به صورت هم‌زمان وجود دارد. هنگامی که یون‌ها تحت زاویه‌ای نسبت به جهت میدان مغناطیسی حرکت کند، به آن نیروی جانبی مطابق با رابطه‌ی (۱) اعمال می‌شود.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{V} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

در معادله‌ی فوق، q میزان بار یون، V سرعت یون و B میدان مغناطیسی دستگاه است. اگر میدان مغناطیسی در جهت محور Z لحاظ شود، آنگاه معادله دیفرانسیل حرکت به صورت زیر خواهد بود [۱۶].

$$m(\hat{i}\ddot{x} + \hat{j}\ddot{y} + \hat{k}\ddot{z}) = qB(\hat{i}\dot{y} + \hat{j}\dot{x}) \quad (2)$$

در معادله‌ی فوق، m جرم یون و i, j, k بردارهای یکه در راستای محورهای مختصات بوده و علامت دات نشان دهنده-ی مشتق است. پس از کمی ساده‌سازی، معادله جدا شده (۳) برای x به دست می‌آید:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = \omega^2 c \quad (3)$$

در معادله‌ی فوق، C مقداری ثابت و ω بسامد سیکلوترونی است که از رابطه‌ی ذیل به دست می‌آید:

$$\omega = qB / m \quad (4)$$

معادله‌ی (۳)، معادله‌ی دیفرانسیل یک نوسان‌گر است و جواب آن به صورت ذیل است:

$$x = \frac{v}{\omega} \cos(\omega t + \varphi) + c_1 \quad (5)$$

با استفاده از معادله‌ی دیفرانسیل، رابطه‌ی (۲) حرکت یون در راستای محور y به شکل ذیل است:

$$y = -\frac{v}{\omega} \sin(\omega t + \varphi) + c_2 \quad (6)$$

۲-۲-۳- پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ

یکی از دو مسیر بیوشیمیایی در فتوسنتز، مسیر فتوشیمیایی یا مرحله‌ی نورانی است که دو مرکز فتوسنتزی به نام‌های سامانه نوری I و II درگیر با انجام واکنش‌های بیوشیمیایی این مسیر است. سامانه‌ی نوری II که شامل مرحله‌ی اکسیداسیون آب است، به تنش‌های محیطی بسیار حساس است و در اثر این تنش‌ها دچار اختلال خواهد شد. درین زمینه، برای بررسی کارایی سامانه‌ی نوری II فتوسنتز، از دستگاه فلورومتر یا تنش متر (PAM-2000, H Wals GmbH, Effeltrich, Germany) استفاده شد. این دستگاه قادر است نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر که در بدنه‌ی اصلی دستگاه تولید می‌شود از خود ساطع کند که با کابلی مجهز به فیبر نوری به سطح برگ تابیده می‌شود. با این دستگاه پارامترهای Fv , Fm , Fv/Fm , F_0 , $t_{1/2}$ را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

F_0 : فلورسانس حاصله در زمان صفر، بلافاصله پس از تابش نور؛ Fm : حداکثر فلورسانس حاصله از مرکز واکنش چرخه‌ی فتوسنتز؛ Fv : تغییرات فلورسانس یعنی $Fm - F_0$ ؛ $t_{1/2}$: نصف زمانی که در آن حداکثر فلورسانس به دست می‌آید؛ Fv/Fm : بیشینه‌ی بازده کوانتومی سامانه نوری II یا نسبت محصول فلورسانس متغیّر به حداکثر در برگ‌های سازگاری یافته با تاریکی است. در استفاده ازین دستگاه، بایستی به سازگار کردن برگ به تاریکی و سطوح نوری توجه داشت. برای سازگار کردن برگ به تاریکی به حداقل زمان نیاز داریم که در آن زمان Fv/Fm ثبت شد. حداقل زمان درین آزمایش، مدت ۱۵ دقیقه به دست آمد. سطوح نوری استفاده شده براساس دستور کار کارخانه‌ی سازنده به کار رفت. نحوه‌ی کار، بدین صورت بود که در بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۶:۰۰ در هر گروه تیمار شده با آب مغناطیده و شاهد برگ بلال به تصادف انتخاب و در محل پهن‌ترین قسمت برگ گیره مربوط به آن متصل شد. بعداز مدت زمان سازش تاریکی، یعنی ۱۵ دقیقه، نور تولید شده به وسیله‌ی دستگاه به برگ تابیده و پارامترهای فوق‌الذکر اندازه‌گیری شد [۱۸].

گیاهان نسل دوم (بدون کاشت در زمین) نیز تکرار شد. به منظور اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی تعدادی از بذرهاى ذرت پس از استریلیزاسیون سطحی در ظروف پتری حاوی کاغذ صافی مرطوب در تاریکی قرار داده‌شد. در هر کدام از ظروف پتری تعداد ۲۰ عدد بذر قرار گرفت. آزمایش‌ها ۵ مرتبه تکرار شد. در انتهای روز چهارم تعداد بذرهاى جوانه‌زده شمارش شد و درصد جوانه‌زنی بذر نیز محاسبه شد.

۲-۲-۱- آزمون جوانه‌زنی استاندارد

بذرهایی که با آب مغناطیده آبیاری شده بودند به منظور تعیین سرعت و زمان جوانه‌زنی به طور روزانه مورد بازدید قرار گرفت و تعداد بذرهاى جوانه‌زده شمارش شد.

با شمارش روزانه‌ی بذرهایی که جوانه زده‌اند، برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی مرتبط با بینه بذر و گیاهچه محاسبه شد. متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌شود با کمک رابطه‌ی (۷) محاسبه شد.

$$GMT = \frac{\sum niti}{\sum ni} \quad (7)$$

در رابطه‌ی (۷)، ni تعداد بذرهاى جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص ti پس از شروع آزمایش و $\sum(ni)$ برابر با مجموع بذرهاى جوانه‌زده است. ضریب سرعت جوانه‌زنی مشخصه‌ای از سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذر است که از رابطه‌ی (۸) محاسبه شد. درین رابطه، GMT میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی است.

$$CVG = 1/GMT \quad (8)$$

۲-۲-۲- اندازه‌گیری محتوای پیگمان‌های فتوسنتزی

برای سنجش غلظت کلروفیل ۰/۱ گرم نمونه‌ی برگى در استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس عصاره‌ی حاصل، از کاغذ صافی عبور داده و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه شد. جذب نوری کلروفیل a ، b و کارتئوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. مقادیر بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد [۱۷].

۲-۲-۴- اندازه‌گیری محتوای قند کل

معادل ۰/۱ گرم از وزن تر هر یک از قسمت‌های نمونه‌های تیمار و شاهد با بافر سدیم Na-Pi Buffer, pH=۶/۸ ۰/۱ مول ساییده شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها مورد نظر در یک لوله‌ی کالریمتری با قطر داخلی ۱۶ تا ۲۰ میلی‌متر ریخته شد. به نمونه‌ها ۰/۵ میلی‌لیتر فنل w/w ۵٪ و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۵/۵٪ افزوده شد. نمونه‌ها ده دقیقه به همان حالت، در دمای محیط باقی ماند. پس از تکان دادن در حمام آب گرم، در دمای ۳۰-۲۵°C به مدت ۲۰-۱۰ دقیقه قرار گرفت. پس از خارج کردن لوله‌ها از حمام آب و سرد شدن، مقدار جذب در طول موج ۴۸۵ خوانده شد. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف گلوکز از ۰ تا ۳۰ میکروگرم در میلی‌لیتر ترسیم شد. مقدار قند نمونه، بر مبنای میکروگرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد [۱۹].

۲-۳- آنالیزهای آماری

مطالعه‌ی حاضر در بررسی‌های مورفولوژی با پنج و نه گروه تکراری و در سنجش‌های بیوشیمیایی با بررسی سه گروه تکراری صورت گرفت. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار اکسل انجام شد. بررسی معنادار بودن داده‌ها با کمک آزمون *T-test* و در سطح $P \leq 0.05$ صورت گرفت.

۳- یافته‌ها و بحث

همان طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، درصد جوانه‌زنی در بذرهاى خیس‌انده شده با آب مغناطیده به طور معناداری بیش‌تر از گروه کنترل بود. آبیاری با آب مغناطیده تأثیری بر سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر ذرت نداشت.

جدول (۱)- میانگین زمان، سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر ذرت تیمار

شده با آب شیر و آب مغناطیده

تیمار	در صدر جوانه زنی (%)	میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه زنی
آب شیر	54±5.1 ^b	2.3±0.0 ^a	0.4±0.0 ^a
آب مغناطیده	65.3±2.3 ^a	2.4±0.1 ^a	0.4±0.0 ^a

آبیاری با آب مغناطیده سبب افزایش رشد گیاهان تحت تیمار شد (شکل ۲).



شکل (۲)- گیاه کنترل و تیمار شده ذرت با آب مغناطیده

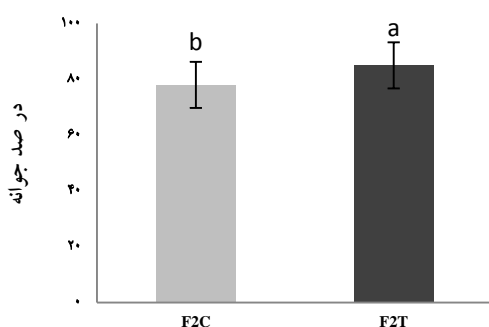
۲-۲-۵- اندازه‌گیری محتوای پروتیین کل

سنجش پروتیین با روش برادفورد انجام گرفت [۲۰]. این روش براساس تغییر رنگ آبی کوماسی است. رنگ آبی کوماسی درحالت خنثا، قهوه‌ای رنگ است، اما در ترکیب با پروتیین آبی می‌شود. در غلظت‌های کم‌تر از پروتیین استاندارد، با استفاده از آلبومین سرم گاوی، در غلظت‌های ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ساخته‌شد. هرکدام از محلول‌ها با آب دیونیزه به حجم ۱ میلی‌لیتر رسانده‌شد. سپس، به هرکدام از محلول‌های استاندارد ۱ میلی‌لیتر برادفورد اضافه شد. یک میلی‌لیتر از بخش رویی نمونه‌های سانتی‌فورژ شده نیز به هر لوله‌ی آزمایش ریخته و ۱ میلی‌لیتر برادفورد به آن‌ها اضافه شد. محلول‌های استاندارد و محلول‌های گیاهی با اسپکتروفوتومتر سنجیده شد. با استفاده از محلول‌های استاندارد، منحنی استاندارد به دست آمد و نتایج حاصل ثبت شد.

جدول (۲) - رنگیزه‌های فتوسنتزی و پارامترهای فیزیولوژیک برگ دانه رست‌های ذر

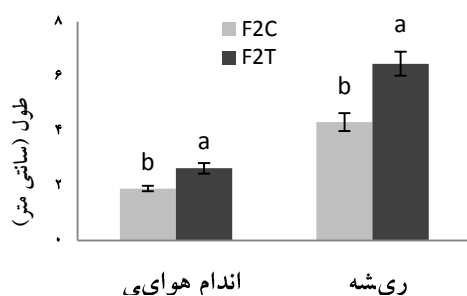
تیمار	کلروفیل a (میلی گرم/گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم/گرم وزن تر)	کلروفیل (a+b) (میلی گرم/گرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی گرم/گرم وزن تر)	Fv/Fm	محتوای پروتئین کل (میکرو گرم/گرم وزن تر)	محتوای قند کل (میلی گرم/گرم وزن تر)
آب شیر	1.8±0.1 ^a	0.7±0.0 ^a	2.5 ±0.2 ^a	0.3±0.0 ^a	493.6±49.0 ^b	94.7±9.2 ^a	164.8±12.0 ^a
آب مغناطیده	1.8±0.1 ^a	0.8±0.0 ^a	2.6±0.1 ^a	0.3±0.0 ^a	591.5±35.4 ^a	63.8±14.4 ^a	164.4±7.0 ^a

اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی در بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب مغناطیده تفاوت معناداری نسبت به بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب شیر نشان نداد (شکل ۵).

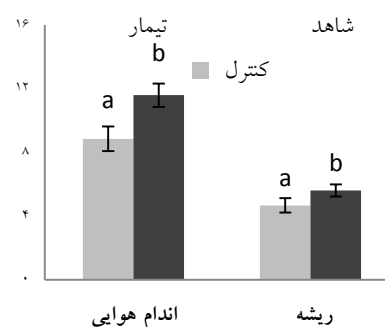


شکل (۵) - درصد جوانه‌زنی بذر نسل دوم در نتیجه آبیاری با آب شیر؛ F2C: بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب شیر؛ F2T: بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب مغناطیده؛ داده‌ها میانگین ۵ تکرار است

این درحالی بود که افزایش معناداری در طول اندام هوایی و ریشه گیاهان نسل دوم گروه تیمار در مقایسه به گروه شاهد مشاهده شد (شکل ۶).

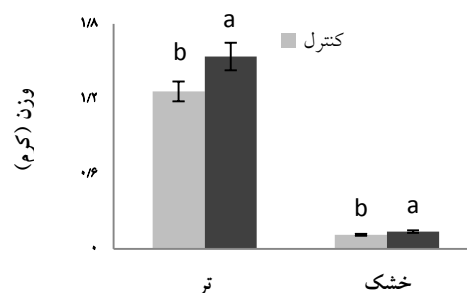


شکل (۶) - میانگین طول اندام هوایی و ریشه گیاهان نسل دوم حاصل از آبیاری با آب شیر؛ داده‌ها میانگین ۹ تکرار است



شکل (۳) - میانگین طول ریشه و اندام هوایی دانه‌رست‌های ذرت پس از آبیاری با آب مغناطیده و آب شیر؛ داده‌ها میانگین ۹ تکرار است

به طوری که افزایش معناداری در طول اندام هوایی و ریشه گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیده مشاهده شد (شکل ۳).



شکل (۴) - میانگین وزن تر و خشک دانه‌رست‌های ذرت پس از آبیاری با آب مغناطیده و آب شیر؛ داده‌ها میانگین ۹ تکرار است

وزن تر و وزن خشک دانه رست‌های گروه تیمار شده با آب مغناطیده نیز افزایشی به میزان ۲۲٪ را نسبت به گروه کنترل نشان داد (شکل ۴).

آبیاری با آب مغناطیده تأثیری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a, b، کلروفیل کل و محتوای کارتنوئید) در دانه رست‌های گیاه ذرت نداشت (جدول ۲).

۴- نتیجه‌گیری

حضور یک میدان مغناطیسی مناسب می‌تواند سبب تغییر کنفورماسیون مولکول‌های آب و بار الکتریکی شود. ناهیدیان و هم‌کارانش (۱۳۹۰) با بررسی نتایج آنالیز FT-IR نشان دادند که القای یک میدان الکترومغناطیسی در مدت زمان معلوم می‌تواند اثر پایداری بر آب گذاشته و به تبع آن بر گیاهان آبیاری شده نیز تأثیر بگذارد. آن‌ها معتقد بودند که میدان مغناطیسی با تأثیر بر انواع ارتعاشات مولکولی آب، باعث تغییر در برخی خواص فیزیکی آن می‌شود [۳]. مطالعات دیگر نشان داده که کاربرد میدان مغناطیسی برای آب منجر به باز توزیع انرژی می‌شود که به دلیل تغییر جنبش اجزای باردار است. بدین ترتیب، تغییراتی را در محتوای گاز و تعداد مراکز کریستالی نمک ایجاد می‌کند [۲۱]. عبور آب از میدان مغناطیسی منجر به افزایش خروج گاز از آب می‌شود که به دلیل دهیدراته شدن ریز حباب‌های سطحی و کاهش فشار مرکزی در مراکز حلقه‌های ایجاد شده است. این فرایند، خود منجر به افزایش نفوذپذیری در خاک و افزایش بازده آبیاری می‌شود [۲۲]. از سوی دیگر، میدان مغناطیسی القا شده در آب نیروی شدیدی به پیوند هیدروژنی وارد ساخته و با غلبه بر نیروی واندروالس تعداد مولکول‌های آزاد آب به شدت افزایش می‌یابد که حاصل آن افزایش قدرت حلالیت آب است [۲۳]. مطالعه‌های دیگر نشان داده که آب مغناطیده، شستن نمک‌های محلول اضافی را افزایش می‌دهد و باعث کاهش میزان قلیایی خاک می‌شود [۲۴]. کاهش سختی آب در نتیجه عبور از میدان مغناطیسی نیز گزارش شده است [۱۱]. اثر تحریکی مثبت آب مغناطیده بر درصد جوانه‌زنی گیاه ذرت تأییدی بر مطالعات سایر محققان بود. افزایش ۲۳-۱۳ درصدی محصول برنج آبیاری شده با آب مغناطیده گزارش شده است [۲۵]. این افزایش همراه با اثر تحریکی آب مغناطیده بر تنظیم‌کننده‌های داخلی مانند اکسین است. گزارش‌هایی مبنی بر اثر قابل توجه القای متابولیسم سلولی و میتوز توسط آب مغناطیده در لوبیا، عدس و کتان ارائه شده است [۲۶، ۲۷]. افزایش طول اندام هوایی و ریشه‌ی گیاه ذرت تحت آبیاری با آب مغناطیده نیز با نتایج مطالعات دیگر هم-

خوانی دارد [۱۳، ۱۴، ۲۸]. هرچند مکانیسم این اثر هنوز شناخته نشده ولی به نظر می‌رسد که تغییر ویژگی‌های آب تحت القای میدان مغناطیسی، سبب افزایش بهره‌وری آب می‌شود و در نهایت افزایش رشد را به همراه دارد [۹]. آب مغناطیسی شده به علت کشش سطحی کم‌تر، حلالیت بالایی دارد. در نتیجه قدرت جذب عناصر تغذیه‌ای توسط گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی بیشتر می‌شود [۳]. محققان افزایش در مقدار فسفر برگ‌های پرتقال را توسط کاربرد آب مغناطیس شده گزارش کردند [۲۹]. تیمار گیاهان با آب مغناطیده ممکن است بر جذب فسفر و کلسیم جذب شده روی ترکیبات آلی اثر گذاشته و دست‌رسی آن‌ها را برای گیاه افزایش دهد و منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه شود [۱۲]. درین تحقیق، اگرچه میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و به فراخور آن محتوای قند و پروتئین کل تغییری مشاهده نشد، اما با توجه به افزایش کارایی فتوسیستم II می‌توان گفت با تغییر ویژگی آب در نتیجه مغناطیده شدن، مرحله اکسیداسیون آب در فتوسنتز نیز تحت تأثیر قرار گرفته است. اما اینکه افزایش رشد گیاه در نتیجه آبیاری با آب مغناطیده لزوماً در نتیجه افزایش جذب عناصر بوده و یا از طریق تأثیر بر سطوح سلولی است، نیازمند بررسی‌های بیشتر در زمین می‌باشد. نتایج حاصل از نسل دوم نیز نشان داد که با تغییر ویژگی‌های مولکولی آب در نتیجه مغناطیده شدن ویژگی سلولی مولکولی بذر حاصل از آبیاری با آب مغناطیده نیز تحت تأثیر قرار گرفته است به گونه‌ای که در بهبود توان بالقوه رشد آن‌ها مؤثر است. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که آب مغناطیده سبب بهبود ویژگی‌های رشد گیاه ذرت در مراحل اولیه رشد شده است که احتمالاً این روند تا زمان ظهور میوه نیز ادامه خواهد داشت. لذا این نتایج محققان را امیدوار می‌سازد که بتوانند میزان محصولات گیاهی را بدون دست‌کاری ژنتیکی بالا ببرند؛ اگرچه در مورد مکانیسم اثر آن بر سلول‌های گیاهی، به دلیل پیچیدگی سیستم‌های گیاهی و انعطاف‌پذیری هنرمندانه آن‌ها در مقابل تغییر فاکتورهای محیطی نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد.

۶- مرجع‌ها

- constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.)” *Agric. Biol. J. N. Am.* 1 (4): 671-676, 2010.
- [15] M. El-Murtada, H. Amin, “Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.)” *Saudi Soc. Agric. Sci.* 10: 17-23, 2011.
- [16] H. K. Lichtenthaler, A. R. Wellburn, “Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents” *Biol. Soc Trans*; 11: 591-592, 1985.
- [17] S. Nogues, N. R. Baker, “Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plant grown under enhanced UV-B radiation” *J. Exp Bot* 348: 1309-1317, 2000.
- [18] Analytical mechanics, 7th ed, c2005, G. R. Flowers, G. L. Cassiday, Belmont, CA.
- [19] M. Dubois, D. K. Mirick, R. G. Stevens, “Residential magnetic fields and the risk of breast cancer” *Am J Epidemiol* 155: 446-54, 1956.
- [20] M. Bradford, “A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding” *Anal Biochem* 72: 248-254, 1976.
- [21] J. A. Shercliff, “A Textbook of Magneto hydrodynamics” *Pergamon Press* New York, 1965.
- [22] J. Bogatin, N. P. H. Bondarenko, Z. Gake, E. E. Rokhinson, I. P. Ananyev, “Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application conditions” *Environ Sci Technol* 33: 1280-1285, 1999.
- [23] C. McMahon, “Investigation of the quality of water treated by magnetic fields, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying” *Undergraduate thesis* 35-39, 2009.
- [24] M. H. Hilal, M. M. Hilal, “Application of magnetic technologies in desert agriculture” *Egypt J Soil Sci* 40: 423-435, 2000.
- [25] W. X. Tian, Y. L. Kuang, Z. p. Mei, “Effect of magnetic water on seed germination, seedling growth and grain yeild of rice” *Field Crop Abstracts*, 1991.
- [26] V. M. Formicheva, R. D. Govorun, V. T. Danilov, “Proliferative activity and cell reproduction in the root meristem of pea, lentil and flax in the conditions of screening the geomagnetic field” *Biophysics* 37: 645-648, 1992.
- [27] N. A. Belyavskaya, “Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields” *Adv. Space Res.* 28: 645-650, 2001.
- [28] A. Aladjadjiyan, “Study of the influence of magnetic field on some Biological Characteristics of *Zea mais*” *J. Central Eur Agric* 3 (2): 89-94, 2002.
- [29] M. H. N. Hilal, S. M. Shata, A. A. Abdel-Dayem, M. M. Hilal, “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” *Egypt J Soil Sci* 42: 43-55, 2002.
- [1] N. A. Belyavskaya, “Biological effects due to weak magnetic field on plants” *Adv Space Res* pp 1566-1574, 2004.
- [2] R. F. Liboff, B. R. McLeod, S. D. Smith, “Ion Cyclotron Resonance Effects of ELF Fields in Biological Systems: Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer” *Columbus OH: Batelle Press*, pp 251-289, 1989.
- [3] ب. ناهیدیان، ف. قناتی، م. واعظزاده، ا. حاج‌نوروزی، ع. پایز، “بررسی طیف FT-IR و Raman آب در حضور میدان مغناطیسی و تأثیر آن بر جوانه‌زنی گروهی از بذرهای غلات و حبوبات” فصل‌نامه علمی پژوهشی زیست‌شناسی تکوینی، شماره ۱۰، بهار، ۱۴-۱۷، ۱۳۹۰.
- [4] L. Montagnier, J. Aïssa, E. Del Giudice, C. Lavallee, A. Tedeschi, G. Vitiello, “DNA waves and water” *J. Phys. Conf Ser* 306, 2011.
- [5] L. Montagnier, J. Aïssa, S. Ferris, J. L. Montagnier, C. Lavallée, “Electromagnetic signals are produced by aqueous nanostructures derived from bacterial DNA sequences” *Interdiscip Sci Comput Life Sci* 1: 81-90, 2009.
- [6] N. Su, Y. H. Wu, C. Y. Mar, “Effect of magnetic water on the engineering properties of concrete containing granulated blast-furnace slag” *Cement and Concrete Res* 30: 599-605, 2000.
- [7] E. J. L. Toledo, T. C. Ramalho, Z. M. Magriotis, “Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: insights from experimental and theoretical models” *J. Mol. Struct.* 888: 409-425, 2008.
- [8] K. T. Chang, C. I. Weng, “The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation” *J. Appl. Phys.* 100: 43917-43922, 2006.
- [9] Z. D. Li, Q. Y. Li, L. Li, “Soliton solution for the spin current in ferromagnetic nanowire” *Phys Rev E.* 76: 26605-26610, 2007.
- [10] X. F. Pang, B. Deng, “Infrared absorption spectra of pure and magnetized water at elevated temperatures” *Europhys Lett*, 92: 0295-5075, 2010.
- [11] J. M. D. Coey, S. Cass, “Magnetic water treatment” *Magn Magn Mater* 209: 71-74, 2000.
- [12] B. L. Maheshwari, H. S. Grewal, “Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity” *Agr. Water Manage.* 96: 1229-1236, 2009.
- [13] M. Hozayn, A. M. S. Abdul Qados, “Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production” *Agric. Biol. J. N. Am.* 1 (4): 677-682, 2010.
- [14] M. Hozayn, A. M. S. Abdul Qados, “Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical