

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

S. Mohamadalkhani<sup>1</sup>, F. Ghanati<sup>1\*</sup>, M. Soleimani<sup>1</sup>, H. Zare Maivan<sup>1</sup>, A. Hajnorouzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Biology, Faculty of Biological Science, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran  
ghangia@modares.ac.ir

<sup>2</sup> Department 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<sup>۱</sup>، فائزه قناتی<sup>۱\*</sup>، مریم سلیمانی<sup>۱</sup>، حسن زارع مایوان<sup>۱</sup>، اباذر حاج نوروزی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ghangia@modares.ac.ir

<sup>۲</sup>گروه 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 میلی‌تسلائی 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 تایید 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

نشانی: بزرگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم زیستی، آزمایشگاه ۴۰۰۱

تلفن: ۰۲۱-۸۲۸۸۴۴۰۳، دورنگار: ۰۲۱-۸۲۸۸۴۷۱۷، پیام‌نگار: ghangia@modares.ac.ir

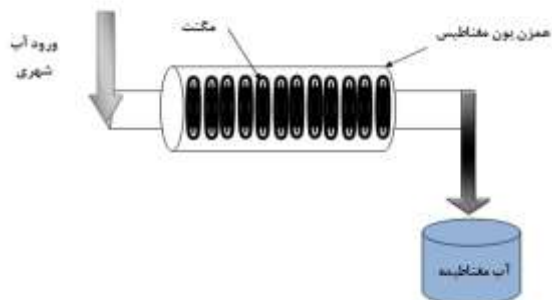
## ۱- مقدمه

[۱۲]. هم‌چنین نشان داده شده که مغناطیده نمودن آب باز یافتی 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 پیگمان‌های فتوسنتزی، محتوای قند و پروتئین کل و نیز بررسی اثر ماندگاری آب مغناطیده بر ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت با بررسی بذرها ی 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 (فاین) 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 آهن‌ربا ساخته شده که با دقت در کنار هم چیده شده‌اند. یون‌های موجود در آب بر اثر جریان آب دارای سرعت  $V$  هستند. البته

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 دهنده‌ی 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 محصول و بهره‌وری آب در نوعی نخود (*Snow pea*) و کرفس نیز ارائه شده است

در روابط (۵) و (۶)،  $c_1$ ،  $b$  و  $\varphi$  ثابت های انتگرال گیری هستند و  $v$  سرعت یون است. این نوع حرکت در راستای  $x, y$  معرف حرکت به شکل دایره به شعاع  $v/\omega$  و مرکزیت  $(c_1, c_2)$  است. به دلیل وجود جریان آب حرکت یون ها 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 دایره ای با شعاع های مختلف دارد که این حرکت منجر به هم زنی بیش تر محلول می گردد.

## ۲-۲- مواد گیاهی و طرح آزمایش

بذر اصلاح شده ی ذرت رقم ۷۰۴ از مؤسسه ی اصلاح نهال و بذر شهرستان کرج تهیه شد. پس از استریلیزاسیون سطحی در فواصل ۱۵ سانتی متری 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 میلی تسلا (mT) مغناطیده شده است آبیاری شد (شکل ۲).



شکل (۲)- نمای کلی دستگاه همزن یون مغناطیس

طول ریشه و ساقه ی دانه رست ها هفت روز بعد از آبیاری، با خط کش با دقت ۱ میلی متر اندازه گیری شد. وزن تر و خشک دانه رست ها نیز با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد. سپس، نمونه برداری از گیاهان کشت شده صورت گرفت. نمونه ها با آب مقطر شست و شو داده شد. برای انجام بررسی های بیوشیمیایی در نیتروژن مایع تثبیت و در فریزر با دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. آنالیزی های بیوشیمیایی شامل اندازه گیری محتوای قند، پروتئین و میزان رنگیزه های فتوسنتزی با سه تکرار مستقل و هر یک با سه نمونه انجام گرفت. پس از تکمیل دوره ی رشد رویشی و زایشی این گیاهان، از دانه های آنها برای آزمون میزان ماندگاری تأثیر آب مغناطیده بر رشد و متابولیسم گیاه ذرت استفاده شد. آزمون های درصد جوانه زنی و رشد روی گیاهان نسل دوم

علاوه بر آن، حرکت براونی نیز بر اثر انرژی گرمایی محیط به صورت هم زمان وجود دارد. هنگامی که یون ها تحت زاویه ای نسبت به جهت میدان مغناطیسی حرکت کند، به آن نیروی جانبی مطابق با رابطه ی (۱) اعمال می شود.

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

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

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

در معادله ی فوق،  $C$  مقداری ثابت و  $\omega$  بسامد سیکلوترونی است که از رابطه ی ذیل به دست می آید:

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

معادله ی (۳)، معادله ی دیفرانسیل یک نوسان گر است و جواب آن به صورت ذیل است:

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

با استفاده از معادله ی دیفرانسیل، رابطه ی (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 نور 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 نور 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  $Fv$ ,  $Fm$ ,  $Fv/Fm$ ,  $F_0$ ,  $t_{1/2}$  می‌توان اندازه‌گیری کرد.

$F_0$ : فلورسانس حاصله در زمان صفر، بلافاصله پس از تابش نور؛  $Fm$ : حداکثر فلورسانس حاصله از مرکز واکنش چرخه‌ای 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].

(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.

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

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 برگی 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 کارتونیوید به ترتیب در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. مقدار آن‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد [۱۷].

انجام شد. بررسی معنادار بودن داده‌ها با کمک آزمون *T.test* و در سطح  $P \leq 0.05$  صورت گرفت.

### ۳- یافته‌ها و بحث

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، درصد جوانه‌زنی در بذره‌های خیس‌انده شده با آب مغناطیسه به طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود. آبیاری با آب مغناطیسه 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 مغناطیسه

تیمار	در صدر جوانه زنی (%)	میانگین زمان لازم برای جوانه زنی (روز)	سرعت جوانه زنی
آب شیر	54±5.1 <sup>b</sup>	2.3±0.0 <sup>a</sup>	0.4±0.0 <sup>a</sup>
آب مغناطیسه	65.3±2.3 <sup>a</sup>	2.4±0.1 <sup>a</sup>	0.4±0.0 <sup>a</sup>

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



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

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

### 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].

### ۲-۲-۵- اندازه‌گیری محتوای پروتئین کل

سنجش پروتئین با روش برادفورد انجام گرفت [۲۰]. این روش براساس تغییر رنگ آبی کوماسی است. رنگ آبی کوماسی در حالت خنثا، قهوه‌ای رنگ است، اما در ترکیب با پروتئین آبی می‌شود. در غلظت‌های کم‌تر از پروتئین استاندارد، با استفاده از آلومین سرم گاوی، در غلظت‌های ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ساخته شد. هرکدام از محلول‌ها با آب دیونیزه به حجم ۱ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، به هرکدام از محلول‌های استاندارد ۱ میلی‌لیتر برادفورد اضافه شد. یک میلی‌لیتر از بخش رویی نمونه‌های سانتیفریوژ شده نیز به هر لوله‌ی آزمایش ریخته شد 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.

### ۲-۳- آنالیزهای آماری

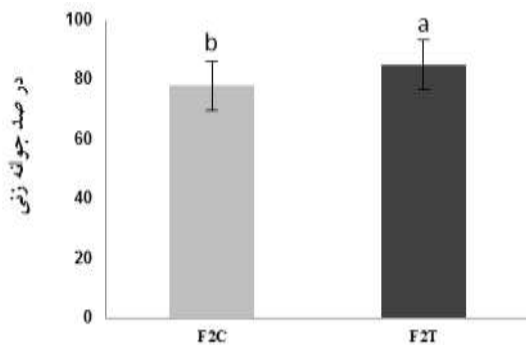
مطالعه‌ی حاضر در بررسی‌های مورفولوژی با پنج و نه گروه تکراری و در سنجش‌های بیوشیمیایی با بررسی سه گروه تکراری صورت گرفت. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار اکسل

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

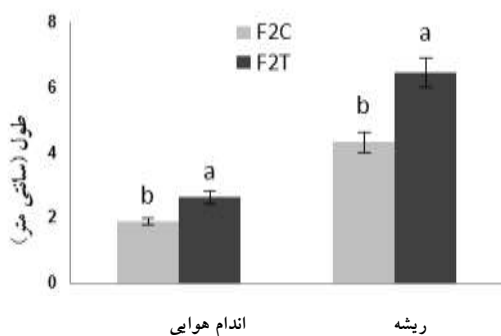
تیمار	کلروفیل a (میلی گرم/گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم/گرم وزن تر)	کلروفیل (a+b) (میلی گرم/گرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی گرم/گرم وزن تر)	Fv/Fm	محتوای پروتئین کل (میکرو گرم/گرم وزن تر)	محتوای قند کل (میلی گرم/گرم وزن تر)
آب شیر	1.8±0.1 <sup>a</sup>	0.7±0.0 <sup>a</sup>	2.5 ±0.2 <sup>a</sup>	0.3±0.0 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

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).

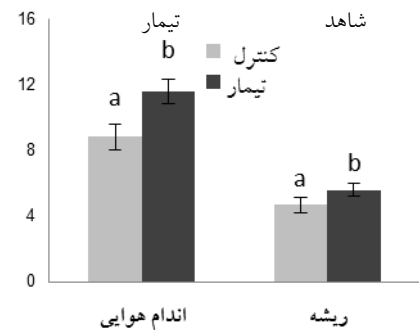
اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی در بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب مغناطیده تفاوت معناداری نسبت به بذر نسل دوم حاصل از آبیاری با آب شیر نشان نداد (شکل ۵).



شکل (۵)- درصد جوانه‌زنی بذر نسل دوم در نتیجه‌ی 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

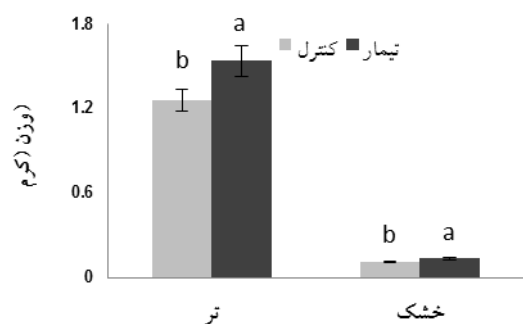


شکل (۶)- میانگین طول اندام هوایی و ریشه گیاهان نسل دوم حاصل از آبیاری با آب شیر؛ داده‌ها میانگین ۹ تکرار است



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

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).



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

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

#### ۴- نتیجه گیری

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<sup>۱</sup> 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 مغناطیسه، 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 مغناطیسه بر درصد جوانه‌زنی گیاه ذرت تأییدی بر مطالعات سایر محققان بود. افزایش ۲۳-۱۳ درصدی محصول برنج آبیاری شده با آب مغناطیسه گزارش شده است [۲۵]. این افزایش همراه با اثر تحریکی آب مغناطیسه بر تنظیم‌کننده‌های داخلی مانند اکسین است. گزارش‌هایی مبنی بر اثر قابل توجه القای متابولیسم سلولی و میتوز توسط آب

مغناطیسه در لوبیا، عدس و کتان ارائه شده است [۲۶،۲۷]. افزایش طول اندام هوایی و ریشه‌ی گیاه ذرت تحت آبیاری با آب مغناطیسه نیز با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی 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 مغناطیسه 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 مغناطیسه شدن، مرحله اکسیداسیون آب در فتوسنتز نیز تحت تأثیر قرار گرفته است. اما اینکه افزایش رشد گیاه در نتیجه آبیاری با آب مغناطیسه لزوماً در نتیجه افزایش جذب عناصر بوده و یا از طریق تأثیر بر سطوح سلولی است، نیازمند بررسی‌های بیشتر درین زمینه می‌باشد. نتایج حاصل از نسل دوم نیز نشان داد که با تغییر ویژگی‌های مولکولی آب در نتیجه مغناطیسه شدن ویژگی سلولی و مولکولی بذر حاصل از آبیاری با آب مغناطیسه 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 مغناطیسه 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



- [14] Hozayn M., Abdul Qados A.M.S., Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.); *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2010; 1(4): 671-676.
- [15] El-Murtada M., Amin H., Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.); *Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2011; 10: 17-23.
- [16] Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R., Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents; *Biol Soc Trans*, 1985; 11: 591-592.
- [17] Nogues S., Baker N.R., Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plant grown under enhanced UV-B radiation; *J Exp Bot*, 2000; 348: 1309-1317.
- [18] Analytical mechanics, 7<sup>th</sup> ed, c2005, Flowers G.R. and Cassidy G. L. Belmont, CA
- [19] Dubois M., Mirick D.K., Stevens R.G., Residential magnetic fields and the risk of breast cancer; *Am J Epidemiol*, 1956; 155: 446-54.
- [20] Bradford M., A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding; *Anal Biochem*, 1976; 72: 248-254.
- [21] Shercliff J.A., A Textbook of Magneto hydrodynamics; Pergamon Press, New York., 1965.
- [22] Bogatin J., Bondarenko N.P.H., Gake Z., Rokhinson E.E., Ananyev I.P., Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application conditions; *Environ Sci Technol*, 1999; 33: 1280-1285.
- [23] McMahan C., Investigation of the quality of water treated by magnetic fields. University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying; Undergraduate thesis, 2009; 35-39.
- [24] Hilal M.H., Hilal M.M., Application of magnetic technologies in desert agriculture; *Egypt J Soil Sci*, 2000.; 40: 423-435.
- [25] Tian W.X., Kuang Y.L., Mei Z.P., Effect of magnetic water on seed germination, seedling growth and grain yield of rice; *Field Crop Abstracts*, 1991.
- [26] Formicheva V.M., Govorun R.D., Danilov V.T., Proliferative activity and cell reproduction in the root meristem of pea, lentil and flax in the conditions of screening the geomagnetic field; *Biophysics*, 1992; 37: 645-648.
- [27] Belyavskaya N.A., Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields; *Adv. Space Res.*, 2001; 28: 645-650.
- [28] Aladjajjiyan A., Study of the influence of magnetic field on some Biological Characteristics of *Zea mais*; *J Central Eur Agric*, 2002; 3( 2): 89-94.
- [29] Hilal M.H.N., Shata S.M., Abdel-Dayem A.A., Hilal M.M., 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*, 2002; 42: 43-55.
- گیاهی و انعطاف‌پذیری هنرمندانه آن‌ها در مقابل تغییر فاکتورهای محیطی نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد.
- ۶- مرجع‌ها
- [1] Belyavskaya N.A., Biological effects due to weak magnetic field on plants; *Adv Space Res*, 2004; 1566-1574.
- [2] Liboff A.R., McLeod B.R., Smith S.D., Ion Cyclotron Resonance Effects of ELF Fields in Biological Systems: Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer; Columbus, OH: Batelle Press, 1989; 251-289.
- [۳] ناهیدیان ب.، قناتی ف.، واعظ زاده م.، حاج نوروزی ا.، پایز ع. بررسی طیف FT-IR و Raman آب در حضور میدان مغناطیسی و تأثیر آن بر جوانه‌زنی گروهی از بذرهاي غلات و حبوبات. فصل‌نامه علمی پژوهشی زیست‌شناسی تکوینی، ۱۰، بهار ۱۳۹۰، ۷-۱۴.
- [4] Montagnier L., Aissa J., Del Giudice E., Lavallee C., Tedeschi A., Vitiello G., DNA waves and water; *J. Phys.: Conf Ser*, 2011; 306.
- [5] Montagnier L., Aissa J., Ferris S., Montagnier J.L., Lavallée C., Electromagnetic signals are produced by aqueous nanostructures derived from bacterial DNA sequences; *Interdiscip Sci Comput Life Sci*, 2009; 1: 81-90.
- [6] Su N., Wu Y.H., Mar C.Y., Effect of magnetic water on the engineering properties of concrete containing granulated blast-furnace slag; *Cement and Concrete Res*, 2000; 30: 599-605.
- [7] Toledo E.J.L., Ramalho T.C., Magriotis Z.M., Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: insights from experimental and theoretical models; *J Mol Struct*, 2008; 888: 409-425.
- [8] Chang K.T., Weng C.I., The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation; *J Appl Phys.*, 2006; 100: 43917-43922.
- [9] Li Z. D., Li Q.Y., Li L., Soliton solution for the spin current in ferromagnetic nanowire; *Phys Rev E.*, 2007; 76: 26605-26610.
- [10] Pang X.F., Deng B., Infrared absorption spectra of pure and magnetized water at elevated temperatures; *Europhys Lett*, 2010, 92: 0295-5075.
- [11] Coey J.M.D., Cass S., Magnetic water treatment; *Magn Mater*, 2000; 209: 71-74.
- [12] Maheshwari B.L., Grewal H.S., Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity; *Agr. Water Manage.*, 2009; 96: 1229-1236.
- [13] Hozayn M., Abdul Qados A.M.S., Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production; *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2010; 1(4): 677-682.