

## اثر آبیاری مغناطیسی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه ذرت (*Zea mays*)

- جعفر نیکبخت، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان (نویسنده مسئول)
- مرضیه خنده‌رویان، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زنجان
- افشین توکلی، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان
- مهدی طاهری، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۹۲  
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۲۴۱-۵۱۵۲۴۷۶  
پست الکترونیک نویسنده مسئول: dr\_nikbakht\_j@yahoo.com

### چکیده:

به منظور بررسی اثرات آب آبیاری عبور یافته از میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی و استقرار بذرهای ذرت رقم ماکسیم، دو آزمایش جداگانه در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش جوانه‌زنی به مدت ۱۰ روز و آزمایش استقرار گیاه به مدت ۲۰ روز انجام گرفت. هر دو آزمایش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش نوع آب در دو سطح آب مقطر و آب چاه و عبور و عدم عبور آب از میدان مغناطیسی بود. برای آبیاری از آب مقطر و آب چاه در شرایط بدون عبور از میدان مغناطیسی و پس از عبور از میدان با شدت ۰/۱ تسلا استفاده شد. طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و درصد و سرعت جوانه‌زنی در آزمایش جوانه‌زنی و طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه و درصد و سرعت جوانه‌زنی در آزمایش استقرار اندازه‌گیری و محاسبه شد. بر اساس نتایج، آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی را به ترتیب ۱۷/۹۵، ۲۵/۹، ۲۲/۲۲، ۲۱/۲۳ و ۲۱/۸ درصد افزایش داد. همچنین نتایج به دست آمده از آزمایش استقرار نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی اثر محرکی بر پارامترهای رشد اولیه گیاه داشت و ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و ریشه را به ترتیب به میزان ۱۴/۶۵، ۲۰/۸۷ و ۱۲/۳۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. همچنین استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سرعت جوانه‌زنی را ۲/۱۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. از آن جایی که با عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی هیچ ماده‌ای شیمیایی به آب اضافه نمی‌شود، بنابراین تکنولوژی مغناطیس کردن آب آبیاری یک تکنولوژی بی‌ضرر و زیست محیطی است.

کلمات کلیدی: آب مغناطیسی، استقرار گیاه، پارامترهای رشد، جوانه‌زنی بذر، ذرت

Agronomy Journal (Pajouhesh &amp; Sazandegi) No:104 pp: 141-147

**Effect of magnetic irrigation on germination and early growth characteristics of maize (*Zea mays*)**

By:

- J. Nikbakht, (Corresponding Author; Tel: 0241-5152476), Assistant Professor of University of Zanjan, Iran
- M. Khandeh Rouyan, M.Sc. Student of University of Zanjan, Iran
- A. Tavakkoli, Assistant Professor of University of Zanjan, Iran
- M. Taheri, Scientific Staff of Zanjan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Iran

Received: April 2012

Accepted: April 2013

In this paper, the effect of applying field magnetic crossing water for irrigating maize seeds (cv. Maxima) in the germination and establishment tests was studied. For this purpose, two separate experiments were carried out in faculty of agriculture, university of Zanjan (Iran), in 2011. The germination test was done for 10 days and the establishment for 20 days. Both experiments were done as factorial test in completely randomized design with 4 replications. The experiment factors were type of water including distilled water and well water and crossing and no crossing through the magnetic field. To irrigate treatments, it was used distilled and well water in usual state and after crossing from magnetic field with rate=0.1 Tesla. Length and dry mass of shoot, length and dry mass of root, percentage and rate of germination were measured and calculated in the germination and establishment tests. On the results, using magnetic water, in the germination test, increased shoot length, dry mass of shoot, dry mass of root, percentage and rate of seed germinations 17.95, 25.9, 22.22, 21.23 and 21.8 percent, respectively, compared with control treatments. Also, the establishment test results showed, irrigating treatments by using magnetized water had increasing effect on initial growth characteristic of plants, so that it increased plant shoot length, dry mass of shoot, dry mass of root and germination rate, respectively, 14.65, 20.87, 33.12 and 12.2 percent compared with control treatments. Considering that no material is added in irrigation water when crossing magnetic field, so magnetizing of irrigation water is a safe and environmental technology.

key Words: growth parameters, magnetic water, maize, plant establishment, seed germination.

**مقدمه**

افزایش درآمد و کاهش هزینه‌های تولید یکی از عوامل اصلی در کشاورزی پایدار می‌باشد. در این راستا هر عاملی که بتواند با مقدار نهاده مشخص، هزینه‌های تولید را کاهش دهد و یا میزان تولید در واحد سطح و درآمد را افزایش دهد، می‌تواند در این امر تأثیرگذار باشد. یکی از عوامل مؤثر در این زمینه، درصد جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه در خاک پس از جوانه‌زنی می‌باشد. جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه در خاک از مراحل مهم و اساسی در چرخه‌ی زندگی گیاهان است (Huber و همکاران، ۱۹۹۶). هر چه درصد جوانه‌زنی در مزرعه بیشتر باشد، بدیهی است که تراکم کشت بالا رفته و در نتیجه محصول بیشتری برداشت خواهد شد. هم‌چنین جوانه‌زنی بیشتر، هزینه‌های مربوط به واکاری را کاهش می‌دهد (کاهش هزینه‌های تولید). جهت افزایش درصد جوانه‌زنی، راهکارهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به خیس کردن بذر در آب ولرم قبل از کشت، خراش دهی، سرمادهی بذر و استفاده از هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلیک اسید و مواد شیمیایی مانند نیتراپتاسیم و غیره اشاره کرد. یکی از راهکارهای نوینی که در سال‌های اخیر جهت افزایش جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین افزایش عملکرد گیاه به کار گرفته شده است، آبیاری بذر پس از کشت با آب عبور داده شده از میدان مغناطیسی (آب مغناطیسی) می‌باشد. آب مغناطیسی آبی است که از یک میدان مغناطیسی ثابت عبور داده شود. در نتیجه تأثیر میدان مغناطیسی بر روی آب، خواص

فیزیکی و شیمیایی آب مانند سختی آب، وزن مخصوص، گرانی، شوری و هدایت الکتریکی، کشش سطحی، زاویه تماس آب با دیواره، درجه ترکندگی و قدرت حل‌کنندگی آن تغییر می‌کند (Xiao؛ 1389، Ahmadi)؛ Bo و Feng (2008). بنابراین، آب مغناطیسی دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوتی نسبت به آب معمولی (مغناطیسی نشده) می‌باشد (Nashir، 2008). اثر میدان مغناطیسی روی آب، به علت افزایش در نظم مولکول‌های آب ایجاد می‌شود (Higashitani و همکاران، ۱۹۹۶). با عبور دادن آب از میدان مغناطیسی، قابلیت انحلال نمک‌ها و مواد معدنی در آب افزایش می‌یابد (Kroneberg، 2005). به دلیل تأثیر عبور دادن آب از میدان مغناطیسی بر خواص فیزیکی و شیمیایی آب و خاک، استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری باعث ایجاد اثر معنی‌دار در عوامل رشد و نمو گیاهان و هم‌چنین کارایی مصرف آب می‌گردد. از آن جایی که با عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی هیچ ماده شیمیایی به آب اضافه نمی‌شود، بنابراین فن‌آوری مغناطیس کردن آب آبیاری یک فن‌آوری بی‌ضرر و زیست محیطی است (Hozayn و Abdul Qados، 2010؛ Nashir، 2008؛ Noran و همکاران، ۱۹۹۶).

در سال‌های اخیر جهت درک اثر استفاده از آب آبیاری مغناطیسی شده روی گیاهان مختلف، تحقیقات متفاوتی صورت گرفته است. Tian و همکاران (۱۹۸۹) گزارش دادند که آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش محتوای کلروفیل در گیاه برنج می‌شود. نتایج حاصل از تحقیقات هارشارن

cv. Maxima) بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان فراهم شد. برای ایجاد میدان مغناطیسی از دو عدد آهنربای ثابت که به دور لوله پلی اتیلن ۲۰ میلی متر متصل شده بود استفاده گردید. شدت میدان ایجاد شده در مرکز آن در حدود ۱/۰ تسلا بود. جهت تهیه آب مغناطیسی، آب مقطر و چاه ۵ نوبت از میدان مغناطیسی عبور داده شدند. جهت مشخص نمودن اثر میدان مغناطیسی بر آب، هدایت الکتریکی آب چاه و آب مقطر قبل و بعد از عبور از میدان اندازه گیری شد.

آزمایش جوانه زنی با ۲۵ عدد بذر سالم، بدون نقص ظاهری، شکستگی و آسیب حشره در پتری دیش های ۱۰ سانتی متری با دو لایه کاغذ واتمن در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی گراد و تناوب نوری ۸ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. قبل از جوانه زنی، ضد عفونی بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد انجام شد. تعداد بذرها جوانه زده در هر پتری دیش به مدت ۱۰ روز، هر روز شمارش شد. معیار جوانه زنی بذرها، خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر در نظر گرفته شد. پس از اتمام ۱۰ روز، طول ساقه چه و طول ریشه چه، وزن خشک ریشه چه و وزن خشک ساقه چه اندازه گیری شد. درصد و سرعت جوانه زنی نیز از طریق روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند:

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{S}{T} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_i}{D_i} \quad (2)$$

که در آن S تعداد بذرها جوانه زده، T تعداد کل بذرها قرار داده شده در هر پتری دیش،  $N_i$  تعداد بذرها جوانه زده در روز و  $D_i$  تعداد روزهای آزمایش می باشد.

آزمایش استقرار گیاهچه به صورت یک آزمایش گلدانی به مدت ۲۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای این آزمایش نیز مانند آزمایش جوانه زنی بود. آزمایش شامل ۱۶ گلدان حاوی دو کیلوگرم ماسه بادی بود. در هر گلدان ۱۰ بذر سالم در عمق ۳ سانتی متری کشت گردید و هر روز طبق تیمارهای مورد نظر، آبیاری انجام شد. تعداد بذرها جوانه زده در هر گلدان هر روز یادداشت شد و پس از بیست روز صفات دیگر شامل طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه اندازه گیری شد. هم چنین درصد و سرعت جوانه زنی با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین داده ها با آزمون چند دامنه ای دانکن با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

### نتایج و بحث

شکل ۱ مقادیر هدایت الکتریکی آب چاه قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی را نشان می دهد. با توجه به شکل ۱، عبور آب از یک میدان مغناطیسی، سبب کاهش هدایت الکتریکی آب می شود. علت کاهش EC را می توان در این دانست که وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور می کند، آنیون ها و کاتیون های موجود در آب به هم چسبیده و به صورت ذرات ریز معلق میکرونی (ذرات کلونیدی) در می آیند (Nikbakht و همکاران، ۱۳۹۰).

و باسانت (۲۰۱۰) در مورد اثر آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیس شده بر نخود برفی و نخود کابلی (Snow pea and Kabuli chickpea)، نشان داد که سرعت جوانه زنی، وزن خشک ساقه و محتوای نیتروژن، گوگرد، منیزیم، کلسیم، آهن، روی، سدیم و منگنز تیمارهای تحت آبیاری با آب مغناطیس شده به طور قابل توجهی نسبت به تیمارهای شاهد (آبیاری با آب معمولی) افزایش داشت. نتایج این تحقیق گویای این مطلب است که عبور دادن آب آبیاری از میدان مغناطیسی باعث بهبود بخشیدن رشد اولیه بوته ها و هم چنین محتوی مواد مغذی آنها می شود. هم چنین تحقیقات صورت گرفته توسط Esitken و Turan (2004) نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری بوته های توت فرنگی، سبب افزایش تعداد گل ها و افزایش عملکرد و نیز زودرس شدن میوه ها می شود. Maheshwari و Grewal (2009) جهت بررسی اثر مغناطیس کردن آب آبیاری بر سه گیاه نخود برفی، کرفس و نخود، از آب شرب، آب فاضلاب تصفیه شده، آب شور درست شده با نمک طعام با غلظت های 1000 ppm و 3000 ppm استفاده کردند. نتایج نشان داد که اثر میدان مغناطیسی روی آب آبیاری با کیفیت آب و نوع گیاه تغییر می کند و استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری، سبب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می شود. Abdul Qados و Hozayn (2010) بیان کردند که آب مغناطیسی به طور قابل ملاحظه ای متابولسیم سلول و تقسیم میتوز سلول های مریستمی گیاهان نخود، عدس و کتان را افزایش داد. فعالیت مهم سلول های مریستم، تقسیم و تکثیر سلولی است که موجب رشد طولی گیاه می شود. بنابراین تحریک این سلول ها سبب رشد بیشتر گیاه در جهت طولی خواهد شد. هم چنین اثر محرک به کارگیری آب مغناطیسی روی پارامترهای رشد، ممکن است در نتیجه افزایش مقدار رنگدانه های فتوسنتزی و افزایش سنتز پروتئین باشد (Abdul Qados و Hozayn، 2010). با افزایش مقدار رنگدانه های فتوسنتزی، میزان فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نتیجه غذا و انرژی بیشتری در گیاه تولید و ذخیره می شود که می تواند سبب رشد بیشتر گیاه شود. Nashir (2008) با بررسی اثر آب مغناطیسی بر روی رشد بذرها نخود نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی محصول و ارتفاع گیاه را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. Amira و همکاران (۲۰۱۰) اثر آب مغناطیسی را روی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات شیمیایی عدس بررسی و مشاهده کردند که آبیاری بوته های عدس با آب مغناطیسی، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می دهد. Rena و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که افزایش شدت میدان مغناطیسی به طور معنی داری سرعت جذب آب توسط کاهو و وزن آن را افزایش داد. هدف از این پژوهش بررسی اثر استفاده از آب مغناطیسی بر خصوصیات جوانه زنی و پارامترهای رشد اولیه گیاه ذرت (Zea mays) بود.

### مواد و روش ها

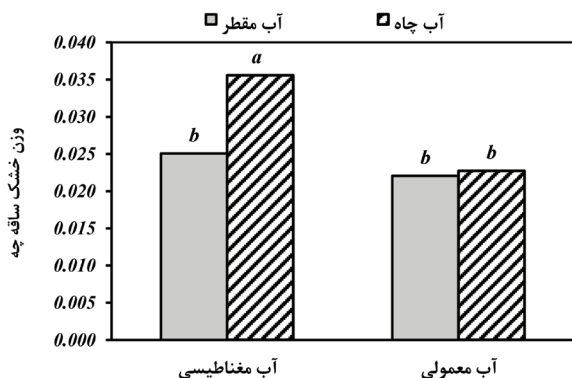
به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر جوانه زنی و استقرار بذرها ذرت، دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه های گروه مهندسی آب و باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش جوانه زنی به مدت ۱۰ روز و به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. عامل های آزمایش نوع آب در دو سطح آب مقطر و آب چاه و عبور و عدم عبور آب از میدان مغناطیسی بود. بذرها استفاده شده در این آزمایش، بذر ذرت رقم ماکسیم (Zea mays)

می‌کند و فرایندهای متابولیکی که منجر به جوانه‌زنی می‌شوند، سریع‌تر آغاز شده، در نتیجه سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (Belov و همکاران، ۱۹۸۸). علت پدیده فوق را می‌توان در این دانست که مولکول‌های آب تحت تأثیر پیوند هیدروژنی و واندروالسی با یکدیگر و همچنین سایر یون‌ها و مولکول‌های موجود در آب درگیر می‌باشند. عبور آب از میدان مغناطیسی باعث کاهش اثر این دو پیوند شده و تعداد زیادی از مولکول‌های آب آزاد خواهد شد. این حالت باعث می‌شود که نیروی کشش سطحی آب کاهش یابد، بنابراین سیالیت آب افزایش یافته و خاصیت ترکنندگی آن بیشتر شود (Kiani و همکاران، ۱۳۸۷؛ Bo و Xiao Feng، 2008). بنابراین جذب آب مغناطیسی راحت‌تر صورت می‌گیرد و سبب تسریع در جوانه‌زنی بذرها می‌گردد.

طول ساقه‌چه بذرهایی که با آب مغناطیسی تیمار شدند، در مقایسه با شاهد ۱/۶۷ سانتی‌متر (۹۵/۱۷ درصد) بیشتر بود. بیشترین طول ساقه‌چه مشاهده شده، ۱۲/۳۳ سانتی‌متر و مربوط به تیمار آب چاه مغناطیس شده بود. تیمار آب مغناطیسی وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه را به ترتیب ۲۵/۹ و ۲۲/۲۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۲). نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج به دست آمده توسط Carbonell و همکاران (۲۰۰۴) هم‌خوانی دارد. آنها گزارش کردند که آبیاری بذرهای *Signal Grass* با آب مغناطیسی، سرعت و درصد جوانه‌زنی را حدود ۱۰ درصد برای تمام تیمارهای مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد.

شکل ۱-۲ جدول ۲-۱

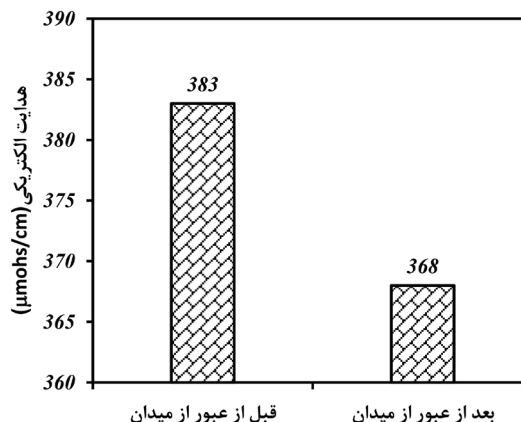
شکل ۲ اثر متقابل نوع آب و عبور از میدان مغناطیسی را بر وزن خشک ساقه‌چه نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲، مشاهده می‌شود تفاوت وزن خشک ساقه‌چه بذرهای آبیاری شده با آب چاه معمولی و مغناطیسی، معنی‌دار بود. وزن خشک ساقه‌چه بذرهای آبیاری شده با آب چاه مغناطیسی نسبت به آب چاه معمولی از ۰/۲۳/۰ (سطح آماری a) به ۰/۳۶/۰ گرم (سطح آماری b) (حدود ۳۶ درصد) افزایش یافت. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد عبور آب از میدان مغناطیسی سبب بهبود خواص فیزیکی آب می‌شود که این شرایط موجب جذب راحت‌تر آب و مواد مغذی همراه آن توسط دان‌نهال‌ها می‌گردد. در نتیجه تولید مواد غذایی توسط آن‌ها افزایش می‌یابد



شکل ۲- اثر متقابل نوع آب و عبور از میدان مغناطیسی

جدول ۱ نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف آزمایش جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، نوع آب بر صفات اندازه‌گیری شده طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی این عامل بر سرعت جوانه‌زنی در هیچ سطح آماری معنی‌دار نشد. مغناطیس نمودن آب آبیاری باعث تأثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بر صفات طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی و در سطح ۵ درصد بر صفت طول ریشه‌چه شد ولی هیچ تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه نداشت (جدول ۱). اثر متقابل نوع آب و مغناطیس کردن بجز وزن خشک ساقه‌چه (معنی‌دار در سطح یک درصد) در هیچ صفت دیگری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

با توجه به جدول ۲، استفاده از آب چاه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه را نسبت به تیمارهای آب مقطر به ترتیب به میزان ۳۶/۲۵، ۵۵/۷۴، ۵/۲۱ و ۲۲/۲۲ درصد افزایش داد. این در حالی است که شوری بیشتری آب چاه نسبت به آب مقطر سبب کاهش درصد جوانه‌زنی به میزان ۱۳/۵۷ درصد شد (جدول ۲). با مغناطیس کردن آب، درصد جوانه‌زنی بذرها از ۵۷/۵ به ۷۳ درصد افزایش یافت (جدول ۲). جوانه‌زنی بذر، یکی از مراحل حساس به شوری می‌باشد و شوری بیشتر، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. عبور آب از یک میدان مغناطیسی، سبب می‌شود هدایت الکتریکی آب (EC) کاهش یابد. از طرفی با توجه به این که EC با پتانسیل اسمزی در ارتباط است، می‌توان انتظار داشت که با عبور آب از یک میدان مغناطیسی و کاهش EC، اثر منفی پتانسیل اسمزی نیز کاهش یابد. پتانسیل اسمزی پایین‌تر، جذب آب را مشکل‌تر کرده و در نتیجه جوانه‌زنی را سخت‌تر می‌سازد (Sarmad Nia، 1375). لذا با کاهش EC آب آبیاری در اثر عبور آن از میدان مغناطیسی، می‌توان انتظار داشت که درصد جوانه‌زنی بذرها بهبود یابد. با توجه به مقادیر جدول ۲، کاربرد آب مغناطیسی بر روی سرعت جوانه‌زنی اثر معنی‌دار داشت، به طوری که به میزان ۲۱/۸ درصد سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد. به علت افزایش سیالیت آب در اثر عبور از میدان مغناطیسی، آب مغناطیسی بسیار راحت‌تر از آب معمولی وارد غشای بذر شده و جذب بذر می‌گردد. لذا با عبور دادن آب از میدان مغناطیسی، آب راحت‌تر به قسمت‌های درونی بذر نفوذ پیدا



شکل ۱- مقادیر هدایت الکتریکی آب چاه، قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع آب و میدان مغناطیسی بر خصوصیات جوانه‌زنی ذرت رقم ماکسیمیا

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
نوع آب	۱	۵۶/۲۸۶**	۲۸۴/۰۹۱**	۰/۰۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۴**	۳۶۱/۰**	۲/۶۲۴ <sup>n.s.</sup>
میدان مغناطیسی	۱	۱۱/۱۷۲**	۱/۰۵ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۲۴**	۰/۰۰۰۰۴**	۹۶۱/۰**	۶/۰۷۶*
نوع آب*میدان مغناطیسی	۱	۰/۹۲۶ <sup>n.s.</sup>	۱۶/۸۱۰ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۰۹۵**	۰/۰۰۰۰۰ <sup>n.s.</sup>	۲۵/۰ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۲ <sup>n.s.</sup>
خطا	۱۲	۰/۶۹۳	۸/۲۰۸	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۳۳	۲۰/۳۳۳	۰/۸۸۹
ضریب تغییرات	-	۹/۸۳۳	۲۶/۲۷۸	۱۱/۲۰۲	۱۴/۴۳۳	۶/۹۱۰	۱۸/۷۱۵

\* و \*\* و <sup>n.s.</sup> به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.

جدول ۲- اثر نوع آب و میدان مغناطیسی بر خصوصیات جوانه‌زنی ذرت رقم ماکسیمیا

نوع آب:	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
آب چاه	۱۰/۳۴۶ <sup>a</sup>	۱۵/۱۱۶ <sup>a</sup>	۰/۰۲۹۳ <sup>a</sup>	۰/۰۴۵ <sup>a</sup>	۶۰/۵ <sup>b</sup>	۴/۶۳۳ <sup>a</sup>
آب مقطر	۶/۵۹۵ <sup>b</sup>	۶/۶۸۹ <sup>b</sup>	۰/۰۲۳ <sup>b</sup>	۰/۰۳۵ <sup>b</sup>	۷۰/۰ <sup>a</sup>	۵/۴۳۳ <sup>a</sup>
میدان مغناطیسی:						
مغناطیس شده	۹/۳۰۶ <sup>a</sup>	۱۱/۱۵۹ <sup>a</sup>	۰/۰۳۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۴۵ <sup>a</sup>	۷۳/۰ <sup>a</sup>	۵/۶۵۵ <sup>a</sup>
مغناطیس نشده	۷/۶۳۵ <sup>b</sup>	۱۰/۶۴۶ <sup>a</sup>	۰/۰۲۲۶ <sup>b</sup>	۰/۰۳۵ <sup>b</sup>	۵۷/۵ <sup>b</sup>	۴/۴۲۲ <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود و فقط بر صفت سرعت جوانه‌زنی (در سطح یک درصد) اثر معنی‌دار داشت. آب مغناطیسی، روی صفات طول ساقه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه در سطح آماری یک درصد و بر سرعت جوانه‌زنی در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شد ولی بر طول ریشه در هیچ سطح آماری معنی‌دار نشد (جدول ۳). اثر متقابل نوع آب و میدان مغناطیسی در هیچ سطح آماری بر هیچ یک از صفات مورد بررسی در این پژوهش، معنی‌دار نشد. استفاده از آب چاه سرعت جوانه‌زنی را به میزان ۱۲/۹۸ درصد افزایش داد (جدول ۴). استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری، سرعت جوانه‌زنی را ۱۲/۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد بهبود داد (جدول ۴). افزایش سرعت جوانه‌زنی سبب می‌شود که گیاه سریع‌تر دوره رشد رویشی خود را آغاز کند، بنابراین محصول زودتر قابل برداشت خواهد شد. آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش طول ساقه به میزان ۱۴/۶۵ درصد شد (جدول ۴). هم‌چنین آب مغناطیسی وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه را به ترتیب ۲۰/۸۷ و ۳۳/۱۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نوع آب و میدان مغناطیسی بر صفات مورد بررسی در آزمایش استقرار ذرت رقم ماکسیمیا

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
نوع آب	۱	۰/۳۴۵ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۰۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۰۶۰۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲۵۶ <sup>n.s.</sup>	۱۰۰/۰۰ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۹۰**
میدان مغناطیسی	۱	۲۱۱/۲۶۶**	۰/۸۰۵ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۳۹۵**	۰/۰۰۱۷۵۱۴۲**	۲۵/۰۰۰ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۴۲*
نوع آب*میدان مغناطیسی	۱	۸/۴۶۸ <sup>n.s.</sup>	۳/۷۳۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۴۱۳ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۲۵۲۸۱ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۰۰۰۰ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۶۴ <sup>n.s.</sup>
خطا	۱۲	۳/۶۵۵	۶/۷۵۳	۰/۰۰۰۲۳۱	۰/۰۰۰۰۹۲	۳۷/۵۰۰	۰/۰۳۹۱
ضریب تغییرات	-	۴/۱۶۰	۱۰/۶۶۹	۱۱۱/۲۸۹	۱۸/۲۰۳	۶/۳۶۲	۸/۸۰۳

\* و \*\* و <sup>n.s.</sup> به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.



جدول ۴- اثر نوع آب و میدان مغناطیسی بر صفات مورد بررسی در آزمایش استقرار ذرت رقم ماکسیمیا

سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	نوع آب:
۲/۴۰۲ <sup>a</sup>	۹۸/۷۵۰ <sup>a</sup>	۰/۰۵۲۳۱۳ <sup>a</sup>	۰/۱۲۸۷۳۸ <sup>a</sup>	۲۴/۴۳۹ <sup>a</sup>	۴۶/۱۰۶۳ <sup>a</sup>	آب چاه
۲/۰۹۰ <sup>b</sup>	۹۳/۷۵۰ <sup>a</sup>	۰/۰۵۳۱۱۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴۱۰۰ <sup>a</sup>	۲۴/۲۷۸ <sup>a</sup>	۴۵/۸۰۸۸ <sup>a</sup>	آب مقطر
میدان مغناطیسی:						
۲/۳۹۲ <sup>a</sup>	۹۷/۵۰ <sup>a</sup>	۰/۰۶۳۱۷۵ <sup>a</sup>	۰/۱۵۰۵۸۸ <sup>a</sup>	۲۴/۵۸۳ <sup>a</sup>	۴۰/۵۹۱۳ <sup>a</sup>	مغناطیس شده
۲/۱۰۰ <sup>b</sup>	۹۵/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۴۲۲۵ <sup>b</sup>	۰/۱۱۹۱۵۰ <sup>b</sup>	۲۴/۱۳۴ <sup>a</sup>	۴۲/۳۲۳۸ <sup>b</sup>	مغناطیس نشده

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### منابع مورد استفاده

- Abdul-Razzak Tahir, N. and Fathi Hama Karim, H. 2010. Impact of magnetic application on the parameters related to growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 3(4): 175-184.
- Ahmadi, P. 2010. The effect of magnetic treatment filed on water and agricultural application of magnetized water. The First International Conference on Plant, Water, Soil and Weather Modeling, International Center for Sciences & High Technology and Environmental Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman (In Farsi).
- Algozari, H. and Yao, A. 2006. Effect of magnetizing of water and fertilizers on the some chemical parameters of soil and growth of maize. M.Sc. thesis. Baghdad, University of Baghdad, Iraq.
- Amaya, J.M., Carbonell, M.V., Martinez, E. and Raya, A. 1996. Effects of stationary magnetic field on germination and growth of seeds. *Hortic. Abst.*, 68: 1363.
- Amira, M.S., Abdul Qados, A.M.S. and Hozayn, M. 2010. Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituent of lentil (*lens esculenta*) under greenhouse condition. *Agriculture and Environmental Sciences*, 7(4): 457-462.
- Belov, G.D, Sidorevish, N.G. and Golovarev, V.T. 1988. Irrigation of farm crops with water treated with magnetic field. *Soviet Agric. Sci.*, 3: 14-17.
- Belyavskaya, N.A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Avd. Space Res.*, 34: 1566-1574
- Carbonell, M.V., Martínez, E., Díaz, J.E., Amaya, J.M. and Flórez, M. 2004. Influence of magnetically treated water on germination of Signalgrass seeds. *Seed Sciences & Technol.*, 32: 617-619.
- Esitken, A. and Turan, M. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry. *Acta Agric. Scand., SEC t. B, soil plant Sci.*, 54:

این در حالی است که آب مغناطیسی بر طول ریشه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). علت این امر می‌تواند ناشی از محدود بودن فضای گلدان‌ها جهت رشد طولی بیشتر ریشه‌ها باشد. اما با توجه به این که آب مغناطیسی اثر معنی‌دار بر روی وزن خشک ریشه داشت، می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری با آب مغناطیسی باعث افزایش ریشه‌دوانی گیاه گردیده است. افزایش ریشه‌دوانی گیاه سبب افزایش منطقه قابل دسترس گیاه برای جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه شده و در نتیجه رشد بیشتر گیاه را سبب می‌شود. استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری، ضمن تأثیر بر روی رشد ریشه، رشد گیاه را نیز سرعت می‌بخشد (Turker و همکاران، ۲۰۰۷؛ Belyavskaya, 2004). عبور دادن آب آبیاری از میدان مغناطیسی مناسب، رشد گیاه و به ویژه درصد جوانه‌زنی و سرعت خروج جوانه‌ها از خاک را افزایش می‌دهد (Podleoeny و همکاران، ۲۰۰۴؛ Amaya و همکاران، ۱۹۹۶). با توجه به دو قطبی بودن مولکول‌های آب، هنگام عبور آب از یک میدان مغناطیسی، با اعمال نیروی القایی ناشی از میدان، بخش‌های غیر همنام مولکول و میدان در یک راستا قرار می‌گیرند، در نتیجه مولکول‌های نامنظم آب شکل منظمی به خود گرفته و فضای کمتری را اشغال می‌کنند. لذا در اثر مغناطیس شدن آب، تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم افزایش یافته و توانایی آب برای جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها افزایش می‌یابد (Kiani و همکاران، ۱۳۸۷). افزایش قابلیت حل مواد معدنی و املاح در آب، سبب افزایش عناصر میکرو و ماکرو در خاک و یخس و کشیدگی به طرف سلول گیاه در طول ریشه گیاه می‌شود (Abdul Razzak Tahir و Fathi Hama و Karim, ۲۰۱۰). بنابراین، آبیاری با آب مغناطیسی سبب افزایش جذب املاح و مواد مغذی توسط گیاه و در نتیجه رشد بیشتر گیاه می‌شود. همچنین کاربرد میدان مغناطیسی سبب عبور آسان آب و مواد از غشای سلول گیاهی می‌شود (Algozari و Yao, 2006) که سبب رشد بیشتر گیاه خواهد شد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، مشاهده شد که آبیاری با آب مغناطیسی اثر محرکی روی پارامترهای رشد اولیه گیاه گذاشته و این پارامترها را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می‌دهد. عبور دادن آب آبیاری از یک میدان مغناطیسی، علاوه بر کاهش شوری آب، اثرات مثبت دیگری در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب می‌گذارد که باعث افزایش رشد اولیه گیاه و سرعت جوانه‌زنی می‌شود. با توجه به اثرات مثبت آب مغناطیسی در شرایط آزمایشگاهی، پیشنهاد می‌شود اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد.

- 135-139.
10. Harsharn, S.G. and Basant, L.M. 2010. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*, 32(1): 58-65.
  11. Higashitani, K., Oshitani, J. and Ohmura, N. 1996. Effects of magnetic field on water investigated with fluorescent probes, *Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Asp.*, 109: 167-173.
  12. Hozayn, M. and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Irrigation with magnetize water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agriculture and biological journal of North America*, 1(4): 671-676.
  13. Huber, H., Stuefer, J.F. and Willems, J.H. 1996. Environmentally induced carry-over effects on seed production, germination and seed performance in *Bunium bulbocastanum*. *Flora*. 191: 353-361.
  14. Kiani, A., Khosh Ravesh, M., Mosstafa Zadeh, M. and Moussavi, S.F. 2008. Applying of magnetic irrigation for reclamation of water and soil and reduce water crisis. The first international conference on water crisis, University of Zabol.
  15. Kroneberg, K.J. 2005. Magneto hydrodynamics: the effect of magnets on fluids. Available on [www.gmxinternational.com](http://www.gmxinternational.com).
  16. Maheshwari, B. L. and Grewal, H. S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effect on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96: 1229-1236.
  17. Nashir, S.H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. *Eng. & Tech.*, 26(9): 16-20
  18. Nikbakht, J., Khandeh Rouyan, M. and Tavakkoli, A. 2011. Water magnetizing, an effective and new technology for applying of uncommon water in irrigation. The 2nd Iranian National Conference on Applied Research in Ware Resources, Zanjan (In Farsi).
  19. Noran, R., shani, U. and Lin, I. 1996. The effect of irrigation with magnetically treated water on the translation of minerals in the soil. *Magn. Electr. Separ.*, 7(2): 109-122.
  20. Podleoeny, J., Pietruszewski, S. and Podleoeny, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot condition. *Int. Agrophys.*, 18: 69-80.
  21. Rena, F.G., Pascual, L.A. and Fudora, I.A. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds, Part II: Experimental results. *Bioelectromagnetics*, 22: 596-602.
  22. Sarmad Nia, 1996. Seed Technology. Mash'had Iranian Academic Center for Education, Culture and Research Press, 288 p.
  23. Tian, W.X., Kuang, Y.L. and Mei, Z.P. 1989. Effect of magnetic water on seed germination, seedling growth and grain yield of rice. *Jiline. Agric. Univ.*, 11: 11-16.
  24. Turker, M., Temirici, C., Battal, P. and Erez, M.E. 2007. The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants. *Phyton.*, 46: 271-284.
  25. Xiao-Feng, P. and Bo, D. 2008. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. *Physica. B.*, 403: 3571-3577.