نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۲۰-۱۰۹

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 1, Spring and Summer 2020, 109-120

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی تربچه جهت بهبود بهره‌وری آب

معصومه متانت[۱]، حسین بانژاد[۲*]، مرتضی گلدانی [۳] و مصطفی قلی‌زاده [٤]

چکیده

جوانه‌زنی بذرها از مراحل تعیین‌کننده در چرخه زندگی بذر به شمار می‌رود و استفاده از تکنیک‌های مختلف برای تولید گیاهچه‌های قوی‌تر به بقای گیاهان و بهبود بهره‌وری آب کمک می‌کند. تأثیر آب مغناطیسی متأثر از شدت میدان، نوع گیاه و آب مورداستفاده می‌باشد و با توجه به اینکه آزمایش مشابهی بر گیاه تربچه به‌عنوان گیاهی پرمصرف و آب‌بر انجام نشده است، این آزمایش به‌منظور بررسی اثر متقابل تیمار پرایمینگ و آبیاری با آب مغناطیسی بر صفات جوانه‌زنی بذور تربچه، در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها شامل چهار نوع پرایمینگ و سه نوع آب بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ و آبیاری با آب مغناطیسی در مدت زمان یک ساعت به ترتیب باعث افزایش ۲۵، ۲۷ و ۷۱ درصد در طول ساقه‌چه، وزن‌تر ساقه‌چه و ریشه‌چه شد، هم‌چنین باعث افزایش چشمگیری در وزن خشک ریشه‌چه مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تیمار پرایمینگ و آبیاری با آب مغناطیسی یک ساعت را می‌توان به‌عنوان بهترین تیمار در این آزمایش نام برد. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که هیدروپرایمینگ بذور به‌خصوص با آب مغناطیسی، اثرات مثبتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای تربچه داشته است.

واژه‌های کلیدی: پرایم با آب مغناطیسی، بهره‌وری آب، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، گیاهچه‌های قوی

مقدمه

جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاه یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (آذرنیا و عیسوند، ۱۳۹۲). جوانه‌زنی بذر با جذب و آغشتگی به آب آغاز و به‌وسیله حوادث پیاپی بیوشیمیایی در دانه دنبال می‌شود که شامل فعال‌سازی متابولیسم، هضم مواد ذخیره‌ای و انتقال به جنین، تقسیم سلولی و رشد است (فرزانه و همکاران، ۱۳۹۰). تکنولوژی استفاده از آب مغناطیسی در کشاورزی امروزه به‌طور گسترده در بیشتر کشورها مانند استرالیا، آمریکا، چین و ژاپن موردمطالعه قرار گرفته است. گزارش‌های متعددی در خصوص کاربرد آب مغناطیسی در کشاورزی وجود دارد. استفاده از آب مغناطیسی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای پیشرفته دنیا متداول نبوده و تحقیقات صورت گرفته به‌خصوص در زمینه کشاورزی بسیار اندک است (رستگار و همکاران، ۱۳۹۳). شواهد فراوانی در مورد تغییرات جوانه‌زنی بذر ایجادشده توسط میدان مغناطیسی ثابت وجود دارد. تیمار بذر قبل از کاشت باعث بهبود سرعت جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه می‌شود (Reina et al., 2001).

یکی از تکنیک‌های که به‌منظور افزایش میزان جوانه‌زنی استفاده می‌شود؛ تکنیک پرایمینگ است. این روش شامل خیساندن بذرها در آب، خشک‌کردن و کاشت است (Murungu

۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲. دانشیار قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب‌های نامتعارف، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (*: نویسنده مسئول: banejad@um.ac.ir)
۳. دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴. استاد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۸/۵
تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۱۰

et al., 2003). پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذر قبل از قرار گرفتن در بستر خود و مواجه‌شدن با شرایط اکولوژیکی محیطی ازلحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورد. این تکنیک به‌خاطر هزینه کم و کاهش ریسک یک روش مناسب برای افزایش کیفیت بذر شناخته شده است (Harris et al., 1999).

گیاه تربچه از خانواده Brassicaceae؛ با نام علمی Raphanus sativus و نام انگلیسی Raddish شناخته می‌شود (امیری خوریه و فردانشیان، ۱۳۹۴). این گیاه یک محصول مهم است که در سراسر جهان تولید می‌شود (Wang et al., 2015). اخیراً محققان به این گیاه علاقه‌مند شدند زیرا به ترکیبات تربچه که دارای خواص درمانی و مزایای زیادی است پی بردند. آن‌ها اثرات آنتی‌اکسیدانی تربچه بر روی سلول‌های سرطانی موش‌های صحرایی را گزارش داده‌اند (Hara et al., 2011). طبق مطالعات به‌دست‌آمده دمای مناسب برای جوانه‌زنی گیاه تربچه را حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (Craker et al., 1983; Jones and Hampton, 2010; Wang et al., 2015).

طبق مطالعات صورت گرفته میدان مغناطیسی اثرات مفیدی بر جوانه‌زنی بذر، رشد گیاه، رسیدن و عملکرد محصولات زراعی داشته است (مهرابی و حمزه، ۱۳۹۳؛ Yadollahpour et al., 2014). هم‌چنین قرار گرفتن بذرهای ذرت در معرض میدان مغناطیسی با شدت ۵۰ میلی تسلا باعث افزایش توده بافت تازه و خشک، رنگ‌دانه، اسیدهای نوکلئیک و طول گیاه می‌شود (Rãcuciu et al., 2006). تیمار کردن بذور چغندرقند با میدان مغناطیسی ۵ میلی‌تسلا باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، میزان کلروفیل و عملکرد ریشه گیاه شده است (Rochalska et al, 2008). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر میدان مغناطیسی و هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی انجام شد، نتایج نشان داد که خیساندن بذر در حضور میدان مغناطیسی باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه شده است که می‌تواند نقش مهمی در بهبود جوانه‌زنی و تسریع رشد اولیه بذر گوجه‌فرنگی ایفا کند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۰). نیکبخت و همکاران (۱۳۹۳) معتقدند که آبیاری با آب مغناطیسی اثر محرکی بر پارامترهای رشد اولیه ازجمله طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای گیاه ذرت رقم ماکسیما داشته است. هم‌چنین بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی در دو رقم گوجه‌فرنگی سانسید و صادین باعث افزایش قابل‌توجهی در سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه و ترکیباتی مانند کلروفیل و کارتنوئید شده است (رستگار و همکاران، ۱۳۹۳). پرایمینگ بذرهای کنجد توسط میدان مغناطیسی با شدت میدان ۷۵ میلی‌تسلا باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه و شاخص بنیه گیاه شده است (جانعلی‌زاده قزوینی و همکاران، ۱۳۹۵). تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی بر روی بذور نخود سبب تأثیر معنی‌داری بر روی میزان ماده خشک تولیدی نخود می‌شود (محمودی و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعات انجام‌شده توسط الگیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که بذرهای سیب‌زمینی در معرض میدان مغناطیسی ۳۰ میلی‌تسلا در مدت ۱۰ دقیقه باعث افزایش قابل‌توجهی در مقدار درصد جوانه‌زنی، طول گیاه، تعداد برگ در بوته، خصوصیات عملکرد غده (تعداد غده، وزن تازه غده در بوته و قطر غده سیب‌زمینی) و هم‌چنین محتوای شیمیایی سلول‌های سیب‌زمینی ازجمله فسفر و پتاسیم شد. همچنین در مطالعه‌ای نتایج نشان داد که تیمار میدان مغناطیسی می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش جوانه‌زنی بذر و متغیرهای رشد زودرس گیاهچه یونجه در شرایط مختلف شوری باشد (Hozaynet al., 2019).

بر کسی پوشیده نیست که اگر گیاهان در مرحله جوانه‌زنی جوانه‌های مقاوم و خوبی تولید کنند یا با افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرها طول دوره رشد گیاه کوتاه شود کمک بزرگی در بهبود بهره‌وری آب می‌کند. با توجه به مطالعات صورت گرفته در رابطه با جوانه‌زنی بذور به‌وسیله تیمار کردن آن‌ها با آب مغناطیسی، می‌توان به نتایج مثبت آب مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذور امیدوار بود؛ اما لازم به ذکر است که تأثیر آب مغناطیسی متأثر از شدت میدان، نوع گیاه و آب مورداستفاده نیز می‌باشد و با توجه به محاسن متعدد فرایند پرایمینگ و همچنین با توجه به اهمیت فاز دوم (فعالیت متابولیکی جوانه‌زنی) اهمیت تأثیر آب مغناطیسی را نیز بر این مرحله (فاز دوم) بر گیاه تربچه به‌عنوان یک گیاه پرمصرف و آب‌بر آزمایش شد. چرا که با توجه به

بررسی منابع انجام‌شده گزارشی بر انجام این کاربر روی تربچه مشاهده نشده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه تربچه رقم Comet F1 پژوهشی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار پرایمینگ و نوع آب در چهار تکرار اجرا شد. آب‌های آماده‌شده در این آزمایش به‌وسیله دستگاهی به نام دستگاه مغناطیس کننده سیالات که به‌صورت یک سیستم چرخشی با شدت میدان‌های مغناطیسی مختلف ساخته‌شده بود، تهیه شدند (قلی‌زاده، ۲۰۱۹). تیمارهای پرایمینگ شامل بذور بدون پرایم (شاهد، P1) هیدروپرایمینگ با آب مقطر (P2)، هیدروپرایمینگ با آب مغناطیسی یک‌بار گذر (P3، آب تنها یک‌بار با دبی ۲۵ لیتر در دقیقه از میدان مغناطیسی عبور کرده است) و هیدروپرایمینگ با آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (P4، آب به مدت یک ساعت با دبی ۲۵ لیتر در دقیقه در میدان مغناطیسی در حال چرخش بوده است) و تیمارهای نوع آب شامل آب مقطر (شاهد، M1)، آب مغناطیسی یک‌بار گذر (M2)، آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (M3) انتخاب شد. لازم به ذکر است، شدت میدان مغناطیسی استفاده‌شده در این آزمایش با توجه به مقاله متانت و همکاران (۱۳۹۷)، ۰/۶۶ تسلا انتخاب شد همچنین آب مورداستفاده در تمام طول این پژوهش آب مقطر به‌عنوان یک آب با استانداردهای بین‌المللی انتخاب گردید.

پرایمینگ بذر

برای پرایم کردن بذور به دو پارامتر دما و زمان نیاز بود؛ دمای استاندارد که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود از منابع در اختیار به‌دست آمد (Craker et al., 1983; Jones and Hampton, 2010; Wang et al., 2015). برای به‌دست آوردن زمان مطلوب چهار پتری دیش یک اندازه انتخاب گردید که در هرکدام ۲۵ عدد بذر قرار داده شد و در مرحله اول به میزان ۵ سی‌سی به هرکدام از پتری دیش‌ها آب داده شد و در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه قرار داده شد. همه پتری دیش‌ها در تمام مراحل در شرایط یکسان بودند. این کار در ساعت ۲۰ شروع شد و بعد از ۱۲ ساعت همه پتری‌ها به‌صورت مرتب، هر یک ساعت مورد بررسی قرار گرفتند تا زمانی که ظهور اولین جوانه که در ساعت ۱۶ روز بعد ظاهر شد ثبت گردید در جدول ۱ زمان و تعداد جوانه‌ها در هر پتری مشخص گردید است.

جدول ۱- تعیین زمان جوانه‌زنی

ساعت / تکرار	۱۶:۰۰	۱۷:۰۰	۱۸:۰۰	۱۹:۰۰	۲۰:۰۰	۲:۰۰	۴:۰۰	۵:۰۰	۷:۰۰	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰	۱۵:۰۰	۱۶:۰۰	۱۷:۰۰	۱۸:۰۰	۱۹:۰۰	۲۰:۰۰
R1	۱	۳	۳	۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۲	۲۲	۲۲	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
R2	۰	۰	۲	۲	۹	۱۰	۱۰	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۲۱	۲۲	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۴
R3	۰	۰	۰	۰	۶	۷	۸	۸	۱۰	۱۳	۱۵	۱۷	۱۷	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
R4	۰	۰	۰	۱	۱۲	۱۲	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۱۷	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

***اعداد داخل جدول تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر پتری دیش را با توجه به زمان به‌صورت فراوانی تجمعی نشان می‌دهد**

با توجه به این‌که پرایمینگ یعنی قرار گرفتن بذر در آستانه جوانه‌زنی و بذور نباید در این مرحله جوانه بزنند زمان ۱۹ ساعت برای این مرحله انتخاب گردید. برای مرحله بعد چهار پتری دیش یک اندازه انتخاب شد و حدود ۴۰۰ عدد بذر در هرکدام از پتری‌ها قرار داده شد، سپس در هر پتری دیش به‌ترتیب آب مقطر، آب مغناطیسی یک‌بار گذر، آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت به میزان پنج سی‌سی در آن‌ها ریخته شد و پتری دیش چهارم را نیز بدون آب برای داشتن شرایط یکسان در درون ژرمیناتور و در دمای ۲۵ درجه به مدت ۱۹ ساعت قرار داده شد در مدت زمان ۱۹ ساعت بذرها به‌صورت مرتب بررسی

می‌شدند و در صورت نیاز به آب مجدد حدود سه سی‌سی آب موردنظر به هرکدام از پتری‌ها داده‌شده. بعد از مدت زمان ۱۹ ساعت آب بذور گرفته شد و بذرهایی که پوسته آن‌ها کمی شکافته شده بود جدا گردید و به بقیه بذرها اجازه داده شد تا کاملاً هوا خشک شوند.

مرحله جوانه‌زنی

بعد از هوا خشک شدن کامل بذور ۴۸ عدد پتری یک اندازه انتخاب گردید و در هر پتری ۲۵ عدد بذر از بذوری که قبلاً پرایم شده بودند قرار داده‌شده و با سه سی‌سی از آب موردنظر در هر روز خیسانده می‌شدند. پتری‌ها به مدت ۱۰ روز و در دمای ۲۵ درجه درون ژرمیناتور قرار گرفتند (Wagenvoort and Bierhuizen, 1977; Jones and Hampton, 2010) و در طول این ۱۰ روز به‌صورت مرتب در یک ساعت مشخص در ۹ صبح تعداد جوانه‌ها در هر پتری شمارش شدند (شکل ۱).

محاسبات و آنالیز آماری

مرتب کردن و محاسبه فرمول‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel و آنالیز داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Minitab با آزمون حداقل میانگین مربعات تجزیه‌وتحلیل شدند.

مرحله اندازه‌گیری صفات

بعد از ۱۰ روز با استفاده از فرمول‌های (۱)، (۲) و (۳) درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور محاسبه شدند؛ و از هر پتری دیش تعداد ۵ گیاهچه به‌طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه آن‌ها با خط‌کش اندازه‌گیری شد و ریشه‌چه‌ها و ساقه-چه‌ها به‌صورت جداگانه با ترازوی مدل gf-600 و با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۲ گرم وزن شدند و در انتها داخل آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و وزن خشک دو قسمت نیز با همان ترازو مجدداً توزین شد.

(۱) $\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum(\boldsymbol{i}\ \text{روز تا زده جوانه بذرهای تعداد} \times \mathbf{100})/\boldsymbol{i}$

(۲) $\text{درصد جوانه‌زنی} = (\boldsymbol{i}\ \text{روز تا زده جوانه بذرهای تعداد} \times \mathbf{100})/\text{تعداد کل بذرها}$

(۳) $\text{شاخص بنیه بذر} = (\text{درصد جوانه‌زنی} \times \text{میانگین طول ساقه‌چه})/\mathbf{100}$

شکل ۱- پتری دیش‌های حاوی بذر قرارگرفته در ژرمیناتور

نتایج و بحث

سرعت جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دادها نشان داد که تیمار پرایمینگ باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد گردید (جدول ۲)؛ اما تیمار نوع آب و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. باتوجه به جدول ۳ تیمارهای پرایم شده با آب مغناطیسی بیش‌ترین میانگین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند. تیمار P4 باعث افزایش حدود بیش از دو برابری در سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شد. مطالعات مساح و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که استفاده از آب مقطر در معرض میدان مغناطیسی باعث افزایش در سرعت جوانه‌زنی گیاه گندم شده است، همچنین نتایج به‌دست‌آمده با نتایج شیائو هوان و همکاران (۲۰۰۹) بر هیدروپرایمینگ بذر سویا، کایمک و همکاران (۲۰۰۹) با پرایم کردن بذر تربچه با ریزوباکتریوم، الحق و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ترب که در آزمایش‌های آن‌ها نیز

پرایم کردن بذور و پرایم با آب مغناطیسی باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی در گیاهان شده مطابقت دارد. احتمالاً خیساندن بذور با آب مغناطیسی باعث افزایش آنزیم‌هایی که مسئولیت جوانه‌زنی سریع را برعهده دارند شده است.

درصد جوانه‌زنی

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تنها اثر ساده نوع آب بر درصد جوانه‌زنی تیمارها اثر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی تیمارها مربوط به تیمار M3 و M1 با مقدار ۹۶/۶۸ و ۹۴/۵۰۰ بوده است (جدول ۳). پناهی و همکاران (۱۳۹۰) بر گیاه چغندرقند، نیمی و مدهو (۲۰۰۹) بر گیاه فلفل چیلی، هاچیچا و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ذرت، الحق و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ترب نیز مشاهده کردند که استفاده از آب مغناطیسی باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شده است که با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش مشابه است. به نظر می‌رسد که طبق مطالعات گلدانی و همکاران (۱۳۹۵) آب مغناطیسی وارد شده در داخل سلول‌ها باعث تراکم یون کلسیم و یون‌های دیگر نظیر پتاسیم در سراسر غشاء سلولی می‌شود که فشار اسمزی و قدرت بافت‌های سلول برای جذب آب را افزایش می‌دهد. با افزایش درصد جوانه‌زنی به کمک آب مغناطیسی میزان تلفات بذر در مزرعه کاهش می‌یابد که به اقتصاد کشاورز و افزایش بهره‌وری آب کمک می‌کند.

شاخص بنیه بذر

باتوجه به جدول تجزیه واریانس اثرات ساده تیمار پرایمینگ و نوع آب در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج جدول ۳ بیان می‌کند که در بین تیمارهای پرایمینگ بیش‌ترین شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار P4 با ۱۲/۳۵۶ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار P1 با ۱۰/۹۹ است. تیمار P4 باعث افزایش ۱۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد استفاده از آب مغناطیسی باعث افزایش شاخص بنیه بذر می‌شود، به‌طوری‌که تیمار M3 باعث افزایش ۱۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) با قرار دادن آب در شدت میدان پنج میلی‌تسلا در گیاه چغندرقند، فیضی و همکاران (۱۳۹۰) با قرار دادن بذرهای گوجه‌فرنگی در شدت میدان ۲۵ میلی‌تسلا در مدت زمان‌های متفاوت، رستگار و همکاران (۱۳۹۳) در گیاه گوجه‌فرنگی، جانعلی‌زاده قزوینی و همکاران (۱۳۹۵) با خیساندن بذور در آب مغناطیسی با شدت میدان‌ها و مدت زمان‌های مختلف در گیاه کنجد، گلدانی و همکاران (۱۳۹۵) با خیساندن بذور با آب مغناطیسی به همراه تنش شوری در گیاه لوبیا و الحق و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ترب مطابقت دارد. همه آن‌ها گزارش کردند که خیساندن بذور با آب مغناطیسی باعث افزایش شاخص بنیه بذر می‌شود. به‌نظر می‌رسد که پرایم کردن بذور با آب مغناطیسی و آب دادن بذرها با آب مغناطیسی باعث تحریک سلول‌ها و فعال شدن انرژی بالقوه در بذرها می‌شود این عوامل ممکن است شاخص بنیه بذر را افزایش دهد و منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذور شود.

طول ساقه‌چه (میلی‌متر)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار پرایمینگ در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ و نوع آب در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین اثرات ساده تیمار پرایمینگ بیش‌ترین طول ساقه‌چه با ۴/۳۴۱ به تیمار P4 اختصاص دارد و باعث افزایش ۱۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. افزایش طول ساقه‌چه در بذرهای پرایم شده به این دلیل است که بذرها در دو مرحله در شرایط جوانه‌زنی قرار گرفته‌اند و دارای بنیه و کیفیت بالاتری نسبت به بذرهای غیر پرایم هستند (بیات و همکاران، ۱۳۹۳). باتوجه به جدول ۴ در بین اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ و نوع آب بیش‌ترین طول ساقه‌چه به تیمار P4M2 اختصاص دارد که باعث افزایش ۳۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج نیمی و مدهو (2009) بر گیاه فلفل چیلی با آب مغناطیسی در مدت زمان‌های مختلف، نیکبخت و همکاران (۱۳۹۳) بر گیاه ذرت و الحق و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ترب مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً استفاده از آب مغناطیسی باعث افزایش تحرک عوامل وابسته به رشد ازجمله آنزیم‌های رشد گیاهان در مرحله اولیه می‌شود.

وزن‌تر ساقه‌چه (گرم بر گیاه)

داده‌های ارائه‌شده در جدول ۲، نشان می‌دهد که اثر ساده پرایمینگ و نوع آب در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ و نوع آب در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد. در بین تیمارهای اثر ساده هیدروپرایمینگ، بذرهای پرایم شده با آب مغناطیسی بیش‌ترین وزن تر ساقه‌چه را داشتند و کم‌ترین وزن‌تر ساقه‌چه مربوط به تیمار شاهد بود. هم‌چنین در بین تیمارهای نوع آب بیش‌ترین وزن‌تر ساقه‌چه مربوط به تیمار M3 و کم‌ترین آن به تیمار M1 (شاهد) اختصاص داشت. باتوجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۴ بیش‌ترین وزن تر ساقه‌چه مربوط به اثر متقابل تیمارهای P4M2 (۰/۴۳۹ گرم بر گیاه) و کم‌ترین آن نیز مربوط تیمار P1M1 (۰/۳۱۰ گرم بر گیاه) بود. روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندرقند، جانعلی‌زاده قزوینی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه کنجد، گلدانی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه لوبیا و الحق و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ترب نیز با هیدروپرایم کردن بذور با آب مغناطیسی با افزایش ساقه‌چه روبرو شده‌اند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر گردید ممکن است استفاده از پرایم و آب مغناطیسی هر دو باعث بهبود رشد جوانه‌زنی، رشد گیاه‌چه و فعالیت آنزیمی شود که منجر به تولید گیاه‌چه‌های بزرگ‌تر می‌شود همچنین ممکن است میدان مغناطیسی منجر به تسریع آب در بذرها شود که باعث آماس گیاه‌چه‌ها و افزایش وزن می‌شود.

وزن‌تر ریشه‌چه (گرم بر گیاه)

تیمار اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و نوع آب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد بر وزن‌تر ریشه‌چه معنی‌دار شد (جدول ۲). تیمارهای هیدروپرایمینگ با آب مغناطیسی بیش‌ترین وزن تر ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند و کم‌ترین وزن‌تر ریشه‌چه مربوط به تیمار شاهد بود. تیمار P4 باعث افزایش ۴۸ درصدی وزن تر ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین باتوجه به جدول ۴ بیش‌ترین وزن‌تر ریشه‌چه در بین تیمارهای اثر متقابل پرایمینگ و نوع آب مربوط به تیمار P4M3 و کم‌ترین وزن تر ریشه‌چه مربوط به تیمار P2M1 است. تیمار P4M3 باعث افزایش ۷۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد (P1M1) در وزن‌تر ریشه‌چه شده است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج افضل و همکاران (۲۰۰۲) بر گیاه ذرت، مورونگو و همکاران (۲۰۰۳) بر گیاه ذرت و پنبه و شیائو هوان و همکاران (۲۰۰۹) بر پرایم بذر سویا مشابه است. ممکن است پرایمینگ بذر قادر باشد برخی از آسیب‌های ناشی از فرسایش دانه را اصلاح کند و سبب افزایش نیروی بذر شود این اتفاقات هم‌چنین طبق گفته‌های جیشا و همکاران (۲۰۱۳) ممکن است منجر به افزایش رونوشت DNA در گیاه شود.

وزن خشک ساقه‌چه (گرم بر گیاه)

باتوجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تیمار پرایمینگ در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده تیمار نوع آب در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار است (جدول ۲). باتوجه به نتایج جدول ۳ تیمار پرایمینگ که بیش‌ترین وزن خشک ساقه‌چه را به خود اختصاص داده است تیمار P3 است. پرایم کردن بذور قبل از کاشت باعث افزایش سنتز DNA، RNA و پروتئین‌ها می‌شود (افضل و همکاران، ۲۰۰۲) که احتمالاً به همین علت عملکرد گیاه جوانه‌زده نسبت به بذوری که پرایم نشده‌اند کاهش پیدا می‌کند. در بین تیمارهای نوع آب بیش‌ترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمارهای M3 و M2 است این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارد و کم‌ترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمار M1 است. نتایج به دست آمده با نتایج افضل و همکاران (افضل و همکاران، ۲۰۰۲) بر گیاه ذرت، روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) بر گیاه چغندرقند، شیائو هوان و همکاران (۲۰۰۹) بر پرایم بذر سویا، فیضی و همکاران (۱۳۹۰) بر گیاه گوجه‌فرنگی، الحق و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ترب که پرایم کردن بذور با آب مغناطیسی باعث افزایش وزن خشک ساقه‌چه در آزمایش‌های آن‌ها نیز شده است مطابقت دارد. شاید بهبود کیفیت آب و افزایش فعالیت‌های آنزیمی منجر به افزایش جوانه‌زنی در بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی شده است.

وزن خشک ریشه‌چه (گرم بر گیاه)

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که اثرات ساده تیمار پرایمینگ و نوع آب و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار شد. بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه در بین تیمارهای اثر ساده پرایمینگ مربوط به تیمار P4 و کم‌ترین آن نیز مربوط به تیمار P1 است. در بین تیمارهای بیش‌ترین و کم‌ترین اثر ساده پرایم به‌ترتیب مربوط به تیمار P3 با مقدار

۰/۰۴۲ و بذر P1 با مقدار ۰/۰۳۴ گرم است. بیش‌ترین و کم‌ترین اثر ساده پرایم به‌ترتیب مربوط به تیمارهای M3 با مقدار ۰/۰۰۷ و M1 با مقدار ۰/۰۰۵ گرم بر گیاه بود. با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار P4M3 و کم‌ترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار P1M1 بود. تیمارها P4M3 باعث افزایش ۷۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج جانعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) بر گیاه کنجد که با قرار دادن بذور در میدان مغناطیسی باعث افزایش ۱۵ درصدی شده است، هم‌چنین نتایج به‌دست‌آمده با نتایج الحق و همکاران (۲۰۱۶) که اثر آب مغناطیسی را بر گیاه ترب و هاچیچا و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه ذرت بررسی کردند مشابه است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه

تیمارها	درجه آزادی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن‌تر ساقه‌چه	وزن‌تر ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
پرایمینگ	۳	۲۳۳/۶۵**	۰/۹۴ ^{ns}	۴/۰۴*	۳/۱۶*	۰/۹۳ ^{ns}	۴/۸۳**	۹/۲۸**	۳/۸۳*	۱۶/۸۸**
نوع آب	۲	۰ /۷۰ ^{ns}	۳/۶۰*	۴/۶۲*	۲/۱۴ ^{ns}	۱/۴۱ ^{ns}	۵/۵۰**	۱/۰۵ ^{ns}	۶/۴۴**	۹/۱۰**
پرایمینگ و نوع آب	۶	۰/۴۹ ^{ns}	۱/۸۸ ^{ns}	۱/۳۳ ^{ns}	۴/۳۸**	۰/۷۶ ^{ns}	۲/۷۷*	۳/۰۸*	۱/۱۵ ^{ns}	۳/۴۵**
خطا	۳۶	۱/۰۰۳	۶/۵۲۸	۳/۱۳۹	۰/۱۸۶	۵/۳۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات	--	۰/۲۸۳	۰/۰۲۹	۰/۱۸	۰/۱۳۵	۰/۲۷۹	۰/۱۵۲	۰/۲۹۴	۰/۱۳۳	۰/۲۳۶

ns، * و: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد**

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای آزمایش بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه

تیمارها	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	وزن خشک ساقه‌چه (گرم بر گیاه)
P_1	۷/۵۴^{c}	۹۴/۹۱^{a}	۱۰/۹۹^{b}	۰/۰۲۲^{b}
P_2	۱۴/۲۷^{b}	۹۶/۰۸^{a}	۱۱/۳۰^{ab}	۰/۰۲۴^{b}
P_3	۱۶/۵۲^{a}	۹۵/۶۶^{a}	۱۲/۱۶^{a}	۰/۰۲۶^{a}
P_4	۱۷/۲۳^{a}	۹۴/۵۰^{a}	۱۲/۳۵^{a}	۰/۰۲۴^{b}
M_1	۱۳/۹۷^{a}	۹۴/۵۰^{b}	۱۰/۴۳^{b}	۰/۰۲۲^{b}
M_2	۱۳/۶۵^{a}	۹۴/۶۸^{b}	۱۱/۶۹^{ab}	۰/۰۲۵^{a}
M_3	۱۴/۰۵^{a}	۹۶/۶۸^{a}	۱۲/۳۰^{a}	۰/۰۲۵^{a}

اعداد دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد در آزمون فیشر معنی‌دار نیستند

*P_1: بذر بدون پرایم، P_2: پرایم با آب مقطر، P_3: پرایم با آب مغناطیسی یک بار گذر، P_4: پرایم با آب مغناطیسی یک ساعت، M_1: آب مقطر، M_2: آب مغناطیسی یک بار گذر، M_3: آب مغناطیسی یک

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه

تیمارها		طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	وزن‌تر ساقه‌چه (گرم بر گیاه)	وزن‌تر ریشه‌چه (گرم بر گیاه)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم بر گیاه)
P_1	M_1	۳/۳۷^{d}	۰/۳۱^{d}	۰/۰۸^{def}	۰/۰۰۴^{e}
P_1	M_2	۳/۷۲^{cd}	۰/۳۲^{cd}	۰/۰۷^{ef}	۰/۰۰۵^{cd}
P_1	M_3	۴/۳۵^{ab}	۰/۴۲^{a}	۰/۰۸^{def}	۰/۰۰۵^{cde}
P_2	M_1	۳/۷۷^{bcd}	۰/۳۳^{bcd}	۰/۰۷^{f}	۰/۰۰۴^{de}
P_2	M_2	۴/۵۵^{a}	۰/۴۲^{a}	۰/۱۰^{bcd}	۰/۰۰۶^{bc}
P_2	M_3	۳/۵۰^{d}	۰/۳۷^{abc}	۰/۰۸^{cdef}	۰/۰۰۶^{bc}
P_3	M_1	۴/۲۲^{abc}	۰/۳۷^{abc}	۰/۱۰^{bcde}	۰/۰۰۶^{bc}
P_3	M_2	۳/۸۷^{bcd}	۰/۴۳^{a}	۰/۱۳^{ab}	۰/۰۰۶^{bc}
P_3	M_3	۳/۶۷^{cd}	۰/۴۳^{a}	۰/۱۱^{abc}	۰/۰۰۷^{b}
P_4	M_1	۴/۲۵^{abc}	۰/۴۱^{a}	۰/۱۲^{ab}	۰/۰۰۷^{b}
P_4	M_2	۴/۶۲^{a}	۰/۴۳^{a}	۰/۰۹^{cdef}	۰/۰۰۶^{bc}
P_4	M_3	۴/۲۲^{abc}	۰/۳۹^{ab}	۰/۱۴^{a}	۰/۰۰۹^{a}

اعداد دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد در آزمون فیشر معنی‌دار نیستند

*P_1: بذر بدون پرایم، P_2: پرایم با آب مقطر، P_3: پرایم با آب مغناطیسی یک بار گذر، P_4: پرایم با آب مغناطیسی یک ساعت، M_1: آب مقطر، M_2: آب مغناطیسی یک بار گذر، M_3: آب مغناطیسی یک ساعت

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده و باتوجه به هدفی که در این پژوهش بررسی شد. استفاده از آب مغناطیسی و پرایم کردن بذور با آب مغناطیسی می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور تربچه داشته باشد و گیاهچه‌هایی مقاوم‌تر نسبت به تنش‌ها محیطی تولید کند. به‌طوری‌که طبق نتایج به‌دست‌آمده استفاده از پرایم با آب مغناطیسی یک ساعت باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه، وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شده است هم‌چنین استفاده از آب مغناطیسی یک ساعت نیز باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، وزن‌تر ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شده؛ و اثر متقابل این دو تیمار باعث افزایش طول ساقه‌چه، وزن‌تر ساقه‌چه و ریشه‌چه شده است، هم‌چنین افزایش قابل‌توجهی نیز در وزن خشک ریشه‌چه مشاهده شد. با استفاده از آب مغناطیسی سرعت جوانه‌زنی بذر افزایش پیدا می‌کند که در افزایش سرعت رشد گیاه مؤثر است و منجر به کاهش طول دوره رشد گیاه و صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی می‌شود. همچنین به کمک این روش درصد جوانه‌زنی افزایش پیدا می‌کند که مانع از تلفات بذر شده و از کمترین مقدار بذر بیشترین تولید را به همراه خواهد داشت که همه این موارد به بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی کمک می‌کند. با انجام آزمایش‌های مشابه بر روی گیاهان مختلف می‌توان این روش را به کشاورزان معرفی کرد تا با کمک این تکنیک به اقتصاد کشاورز و بهره‌وری آب در کشاورزی کمک کرد.

مراجع

آذرنیا، م. و عیسوند، ح.ر. ۱۳۹۲. پرایمینگ روشی برای بهبود کیفیت بذر جهت افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی. نشریه علمی ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی. ۲ (۴): ۲۷۷ تا ۲۸۷.

امیری خویه، م.م. و فردانشیان، ج. ۱۳۹۴. سبزیجات+(ویتامین‌ها). چاپ اول. فصل تربچه. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۶۶ صفحه.

بیات، م.، رحمنی، آ.، امیرنیا، ر. و علوی سینی، م. ۱۳۹۳. تعیین بهترین روش و مدت زمان پیش تیمار بذر در گیاه دارویی سرخارگل در شرایط آزمایشگاهی و گلدان Echinacea (purpurea). علوم و تحقیقات بذر ایران ۱ (۱): ۱-۱۵.

پناهی، م.، فربودی، م.، فرامرزی.، و شاهرخی، ش. ۱۳۹۰. بررسی اثر مغناطیسی کردن بذر و آب در سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی چغندر علوفه‌ای. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. ۴ صفحه. ۲۵ تا ۲۶ آبان. شهر قدس.

جانعلی‌زاده قزوینی، م.، نظامی. ا.، خزاعی، ح. ر.، فیضی، ح. و گلدانی، م. ۱۳۹۵. اثر میدان‌های مغناطیسی بر جوانه‌زنی

بذر و رشد گیاه چه کنجد (Sesamum Indicum L). مجله پژوهش‌های بذر ایران. ۳ (۱): ۱-۱۳.

رستگار، س.، صادقی لاری، ع. و سالاری، م. ۱۳۹۳. اثر آب مغناطیسی بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد اولیه بذر گوجه‌فرنگی lycopercicum esculentum. اولین همایش الکترونیکی یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. ۹ صفحه. ۱ آذر. تهران.

فرزانه، م.، جوانمرد، ش.، افتخاریان جهرمی، ع.ر. و قنبری، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر هیدروپرایمینگ بذر تربچه (*Raphanus sativus*) بر جوانه‌زنی و صفات مرتبط با آن. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ۵ صفحه. ۱۷ آبان. دانشگاه آزاد ساوه.

فیضی، ح.، رضوانی‌مقدم، پ. و برهمند، ع.ا. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد و صفات کیفی ریشه چغندرقند تحت تأثیر میدان مغناطیسی و کاربرد نانو ذرات نقره. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹ (۱): ۸۸-۹۴.

گلدانی، م.، جوادی، م. و نظامی، ا. ۱۳۹۵. تأثیر آب مغناطیسی و تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه چه لوبیا (*Phaseolus vulgaris L*). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۷ (۱): ۸۱-۹۲.

متانت، م.، بانژاد، ح.، قلی‌زاده، م. و گلدانی، م. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر شدت‌های مختلف آب مغناطیسی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه تربچه. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲ (۱۲): ۴۸۰-۴۷۲.

محمودی، ق.، قنبری، ع.، راستگو، م.، قلی زاده، م. و طهماسبی، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۲): ۳۹۱-۳۸۰.

مهرابی، م.، و حمزه، س. ۱۳۹۳. بررسی اثر آب مغناطیسی بر تغییرات کیفی آب آبیاری و عملکرد محصولات کشاورزی. دومین همایش ملی تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران. ۱۱ صفحه. ۱۶ مرداد. دانشکده شهید مفتح همدان.

نیکبخت، ج.، خنده‌رویان، م.، توکلی، ا. و طاهری، م. ۱۳۹۳. اثر آبیاری مغناطیسی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه ذرت*Zea mays* . نشریه زراعت پژوهش و سازندگی. ۱۰۵: ۱۴۷-۱۴۱.

Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, N., Cheema, M. A., Warraich, E. M. and Khaliq, A. (2002). Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize (Zea mays L.). International Journal of Agriculture and Biology, 4 (2), 303-306.

Craker, L. E., Seibertf, M. and Clifford, J. T. (1983). Growth and development of radish (Raphanus sativus L.) Under selected light environments. Annals of Botany, 51 (1), 59-64.

El-Gizawy, A. M., Ragab, M. E., Helal, N. A. S., El-Satar, A. and Osman, I. H. (2016). Effect of magnetic field treatments on germination of true potato seeds, seedlings growth and potato tubers characteristics. Middle East Journal of Agriculture, 5 (1), 74-81.

Gholizadeh, M., 2019. Process of chemical reaction in magnetized solvents. USA Patent 10 507 450. Date issued: 17 Dec.

Hachicha, M., Kahlaoui, B., Khamassi, N., Misle, E. and Jouzdan, O. (2016). Effect of electromagnetic treatment of saline water on soil and crops. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17 (2), 154-162.

Hara, M., Torazawa, D., Asai, T. and Takahashi, I. (2011). Variations in the soluble sugar and organic acid contents in radish (Raphanus sativus L.) Cultivars. International Journal of Food Science and Technology, 46, 2387-2392.

Harris, D., Josh, A., Khan, P. A., Gothkar, P. and Sodhi, P. S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize. Rice and chickpea in India using participatory methods. Experimental Agriculture, 35 (1), 15-29.

Hozayn, M., Ahmed, A.A., El-Saady, A.A. and Abd-Elmonem, A.A. (2019). Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (medicago sativa, l.) Under salinity stress using static magnetic field treatments. Eurasian journal of biosciences, 13, 369-378.

Jisha, K. C., Vijayakumari, K. and Puthur, J. T. (2013). Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Acta Physiol Plant, 35, 1381-1396.

Jones, S. and Hampton, J. (2010). Internatinol rules for seed testing. International Seed Testing Asociation. Bassersdorf, Switzerlandv.

Kaymak, H. Ç., Güvenç, I., Yarali, F. & Dönmez, M. F. (2009). The effects of bio-priming with pgpr on germination of radish (Raphanus sativus L.) Seeds under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33 (2), 173-179.

Massah, M., Dousti, A., Khazaei, J. and Vaezzadeh, M. (2019). Effects of water magnetic treatment on seed germination and seedling growth of wheat. Journal of plant nutrition, 42 (11), 1283–1289.

Murungu, F. S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L. J. and Whalley, W. R. (2003). Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (Gossypium hirsutum L.) And maize (Zea mays L). Soil and Tillage Research, 74, 161-168.

Nimmi, V. and Madhu, G. (2009). Effect of pre-sowing treatment with permanent magnetic field on germination and growth of Chilli (Capsicum annum L). International Agrophysics, 23, 195-198.

Rãcuciu, M., Creangã, D. and Horga, I. (2006). Plant growth under static magnetic field influence. Rom. Journ. Phys, 53, (1–2), 353–359

Reina, F. G., Pascual, L. A. and Fundora, I.A. (2001). Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Bioelectromagnetics, 22, 596-602.

Rochalska, M., Grabowska, K. and Ziarnik, A. (2008). Impact of low frequency magnetic fields on yield and quality of sugar beet. International Agrophysics, 23 (2), 163-174.

Ul Haq, Z., Iqbal, M., Jamil, Y., Anwar, H., Younis, A., Arif, M., Fareed, M. Z. and Hussain, F. (2016). Magnetically treated water irrigation effect on turnip seed germination, seedling growth and enzymatic activities. Information Processing in Agriculture, 3, 99-106.

Wagenvoort, W. A. and Bierhuizen, J. F. (1977). Some aspects of seed germination in vegetables. II. The effect of temperature fluctuation, depth of sowing, seed size and cultivar, on heat sum and minimum temperature for germination. Scientia Horticulturae, 6 (4), 259-270.

Wang, L., Zhu, J., Wu, Q, and Huang, Y. (2015). Effects of silver nanoparticles on seed germination and seedling growth of radish (Raphanus sativus L). Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Materials and Environmental Sciences, March 13-14., London, England.

Xiao Huan, Y., Yu Guo, W., Wen Xiu, Y., Hong Fu, W. and JIN HU, M. (2009). Effect of seed priming on physiological characteristics of soybean seedling under water stress. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 17 (6), 1191-1195.

Yadollahpour,A., Rashidi, S. and Kavakebian, F. (2014). Applications of magnetic water technology in farming and agriculture development: a review of recent advances. Current World Environment, 9 (3), 695-703

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 1, Spring and Summer 2020, 109-120

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۲۰-۱۰۹

The Effect of Magnetized Water and Priming on Radish Germination Indices to Improve Water Productivity

M .Metanat[1], H .Banejad[2*], M .Goldani[3] and M .Gholizadeh[4]

Abstract

Seed germination is a crucial step in the seed life cycle, and the use of various techniques to produce more robust seedlings helps plant survival and improve water productivity. The effect of magnetized water is affected by the field's intensity, the type of plant, and the water used. Since no similar experiment has been performed on the radish plant as a high-consumption and water-repellent plant, this experiment was conducted to investigate the treatment's interaction effect. Priming and irrigation with magnetized water on radish seeds' germination traits were performed in a completely randomized design. Treatments included four types of priming and three types of water. The results showed that the interaction effect of priming and irrigation treatments with magnetic water for one hour increased 25, 27, and 71% in shoot length, shoot fresh weight. Root, respectively, and also caused a significant increase in root dry weight. According to the obtained results, priming and irrigation with magnetic water for one hour can be considered as the best treatment in this experiment. Finally, it can be concluded that seed hydropriming, especially with magnetized water, has positive effects on radius seed germination indices.

Keywords: Prime with Magnetized Water, Water Productivity, Germination Rate, Germination Percentage, Powerful Seedlings

[1] Ph.D Student of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.
[2] Associate Professor Department of Water science Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (*. Corresponding Author Email: Banejad@um.ac.ir)
[3] Associate Professor Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.
[4] Professor Department of Chemistry, Faculty Of science, Ferdowsi University of Mshhad, Mashhad, Iran.
Received: 1 October 2020
Accepted: 26 October 2020