مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۰ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۸۷-۷۵

بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر عملکرد صفات مورفولوژیکی گیاه تربچه تحت تنش خشکی

معصومه متانت[۱]، حسین بانژاد[۲*]، مرتضی گلدانی[۳]، مصطفی قلی‌زاده[۴]
دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
دانشیار، قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب های نامتعارف ، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
استاد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۰۹

چکیده
دانشمندان زیادی به اثرات مفید میدان مغناطیسی در کشاورزی پی برده‌اند و به‌علت داشتن یک تکنیک ارزان و سازگار با محیط زیست به آن علاقه‌مند شده‌اند. این تحقیق با هدف بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایم با آب مغناطیسی در شرایط تنش خشکی روی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه تربچه انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار نوع آب، چهار تیمار پرایمینگ و سه تیمار کم‌آبیاری در چهار تکرار در گلخانه دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. بعد از برداشت ریشه‌شویی انجام شد و مهم‌ترین شاخص‌های مورفولوژیکی شامل وزن تر و خشک سه قسمت گیاه، طول و قطر غده، سطح برگ، سفتی غده، طول ریشه و حجم غده و ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی همه صفات اندازه‌گیری‌شده کاهش یافت اما کاربرد آب مغناطیسی باعث بهبود کلیه صفات شده است به‌طوری‌که اثر ساده آب مغناطیسی یک ساعت باعث افزایش سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و غده، وزن تر اندام هوایی، ریشه و غده، طول ریشه، قطر و طول غده و حجم غده و ریشه به‌ترتیب به میزان ۱۵، ۲٤، ٥٦، ۲۰، ٤۸، ۸۰، ۱۱، ۱۱، ۳۱، ۸۵ و ۵۰ درصد شده. اما در تیمار پرایمینگ صفات سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک غده و سفتی اثر معنی‌داری نداشتند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که آب مغناطیسی، گیاه تربچه را به‌عنوان یک عامل محافظ در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ریشه، غده، کم‌آبیاری، میدان مغناطیسی.

Effect of Magnetized Water and Priming on Yield of Morphological Traits of Plant Radish under Drought Stress

Masoumeh Metanat[1], Hossein Banejad[2*], Morteza Goldani[3], Mostafa Gholizadeh[4]
1. Ph.D. Candidate in Irrigation And Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Associate Professor, Department Of Water science Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
3. Associate Professor, Department Of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
4. Professor, Department Of Chemistry, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
Received: December 01, 2019 Accepted: March 28, 2020

Abstract
Many scientists have discovered the useful effects of magnetic field in agriculture and are have become interested because cheap and eco-friendly technique. The purpose of this study was to investigate the effect of magnetized water and priming with magnetized water under drought stress on some morphological traits of radish plant. The experiment was carried out with factorial experiment in completely randomized design with three type water treatment, four priming treatment and three irrigation deficit treatment in four replications in greenhouse ferdousi university of mashhad. After harvesting, root cleaning was performed, and the most important morphological indices including fresh and dry weight of three plant parts, tuber length and diameter, leaf area, tuber density, root length and tuber volume and root volume were measured. Results showed that with increasing drought stress all measured traits decreased but the use of magnetic water has improved all the traits, So that the simple effect of magnetized water for one hour increased leaf area, shoot and tuber dry weight, shoot, root and tuber fresh weight, root length, diameter and tuber length and tuber and root mass by is respectively 15, 24, 56, 20, 48, 80, 11, 11, 31, 85 and 50 Percent but in priming treatment, leaf area, fresh and dry weight of shoot, tuber fresh and dry weight and tuber density had no significant effect. In general, the results showed that magnetized water protects radish plant as a protective agent against drought stress and cause increasing plant yield and decreasing water consumption.

Keywords: Deficint irrigation, magnetized field, root, tuber.

* نویسنده مسئول
Email: Banejad@um.ac.ir

مقدمه

کمبود آب بر بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با رشد و تکامل گیاه تأثیر می‌گذارد (۳۷، ۲). اثر تنش آبی به مدت زمان، دوام و حد کمبود آن بستگی دارد (۳). تلاش برای افزایش تولید غذا و انرژی برای رفع نیازهای رو به رشد بشر منجر به توسعه فزاینده‌ای از تولید گیاهان از طریق استفاده از مواد شیمیایی شد که به‌نوبه خود سبب آلودگی بیش‌تر خاک، آب‌وهوا شد (۱۵). تربچه یک محصول کوتاه‌مدت با سرعت رشد بالا و حساس به تنش آب است که کمبود و مازاد آب خاک به عملکرد و کیفیت آن آسیب می‌رساند بنابراین تأمین مکرر و یکنواخت آب برای رشد، عملکرد و کیفیت آن بسیار مهم است (٤٢).

ارائه راه‌کارهایی برای بهره‌وری بیش‌تر از آب به‌خصوص در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌کارها برای بهبود وضعیت منابع آب ایران است (۱). طبق مطالعات گیلانی و همکاران (۱۹) نشان داد که آب مغناطیسی در مقایسه با آب‌های معمولی منجر به کارایی بهتر در زمینه‌های مختلف کشاورزی می‌شود. تغییراتی که در آب به‌وسیله میدان مغناطیسی اتفاق می‌افتد باعث تغییرات ثانویه‌ای در گیاهان و حیوانات می‌شود. واکنش ارگانیسم‌ها به زمان و شدت میدان مغناطیسی، کیفیت آب، گونه‌های گیاهی و حیوانی بستگی دارد. تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی آب توسط میدان مغناطیسی بر خواص بیولوژیکی آب تأثیر می‌گذارد که این امر باعث حلالیت بیش‌تر مواد معدنی می‌شود که در نهایت باعث انتقال مواد مغذی به تمام بخش‌های موجودات زنده می‌شود (۲۲). دانشمندان معتقدند که آب بعد از این که از میدان مغناطیسی عبور می‌کند می‌تواند خواص خود را تا مدت‌ها نگه‌دارد، به اصطلاح آب دارای حافظه است (۱۳، ۱۱، ۳۱، ۲۹، ٢٤، ۱۸، ۱۰) کویی و کاس (۱۲) در آزمایش‌های خود اثبات کردند که رفتار و یا حافظه مغناطیسی می‌تواند به مدت بیش از۲۰۰ ساعت در آب باشد. به‌دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری، کاربرد آب مغناطیسی برای آبیاری اهمیت زیادی دارد. طبق تحقیقات افضل و همکاران (٦) با توجه به کوچک‌تر شدن مولکول‌های آب و افزایش توانایی جذب آب توسط گیاه، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. هم‌چنین ویژگی‌های مهم آب از جمله کشش سطحی، ویسکوزیته، pH و هدایت الکتریکی تغییر می‌یابد و این خواص را در خود حفظ می‌کند و به گیاهان و موجودات منتقل می‌کند (٤٠، ٤، ۲۱، ۱۸، ۳۲، ۱۰). طبق مطالعات عثمان و همکاران (۳۵) محققان تلاش خود را برای استفاده از میدان مغناطیسی به‌عنوان یک روش پیش کاشت متمرکز کرده‌اند، زیرا این تکنیک ارزان و سازگار با محیط زیست است.

در آزمایشی که ال سعید و ال سعید (۱۵) انجام دادند نتایج نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی اثر مثبت معنی‌داری در رشد، ترکیبات شیمیایی (کلروفیل A و B، کاراتنوئید، کربوهیدرات‌ها و ...) و مواد معدنی (K، Na و ...) گیاه باقلا داشته است. هم‌چنین باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ و ریشه گیاه نهال گلابی (۳۵) و افزایش پارامترهای رشد، عملکرد و کیفیت میوه گیاه موز (۱۷) شده است. به‌طورکلی آب مغناطیسی باعث افزایش عملکرد گیاهان نخود (۳۳، ۲۷)، گندم، عدس و کتان (٢٦) و بامیه (۳۸) شده است. آبیاری با آب مغناطیسی به‌عنوان یکی از با ارزش‌ترین فناوری‌های مدرن است که می‌تواند در صرفه‌جویی در مصرف آب و بهبود عملکرد و کیفیت چغندرقند مؤثر باشد (۳۹، ۲۵). در شرایط تنش آب بر روی گیاه گوجه‌فرنگی نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند یک عامل محافظ در برابر کمبود آب باشد و بر اثرات نامطلوب کمبود آب غلبه کند و باعث افزایش بهره‌وری آب شود (۲۳). هم‌چنین اثرات آب مغناطیسی با تغییر شدت میدان مغناطیسی تغییر می‌کند، آب مغناطیسی

باعث افزایش قابل‌توجهی در پارامترهای رویشی در گیاه ذرت (۷) و کشت بافت سویا (۸) می‌شود. مطالعات انجام‌شده توسط الگیزاوی و همکاران (۱۶) نشان می‌دهد 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 میوه (تعداد غده، وزن تازه غده در بوته و قطر غده سیب‌زمینی) و هم‌چنین محتوای شیمیایی سلول‌های سیب‌زمینی از جمله فسفر و پتاسیم شده است.

با توجه به خشکسالی‌های اخیر در ایران، استفاده از تکنیک‌های جدید جهت افزایش محصولات کشاورزی و کاهش اثرات تنش خشکی امری ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ با آب مغناطیسی در شرایط کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیکی گیاه تربچه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایم با آب مغناطیسی تحت شرایط کم‌آبیاری بر برخی خواص مورفولوژیکی گیاه تربچه آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه طول شرقی با حدود ۹۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش از خاک لوم شنی استفاده شد و خواص فیزیکی و شیمیایی آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در جدول (۱) آمده است.

روش آماده سازی آب مغناطیسی

ابتدا یک دستگاه مغناطیس کنند سیالات با قابلیت تغییر شدت میدان و سیستم چرخشی در دانشکده کشاورزی ساخته شد (شکل ۱). تیمارها شامل: آب مقطر به‌عنوان تیمار شاهد (M_1)، آب مغناطیسی یک بار گذر با شدت میدان ۰/۶۳۳ تسلا (M_2) یعنی آب فقط یک بار از میدان مغناطیسی عبور کرده است، آب مغناطیسی یک ساعت با شدت میدان ۰/۶۳۳ تسلا (M_3) یعنی آب در مدت زمان یک ساعت در سیستم مغناطیس‌کننده سیالات در حال چرخش بوده است. شدت میدان ۰/۶۳۳ تسلا را با توجه به آزمایش‌هایی که قبلاً انجام داده شده بود انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت (۵).

در تمام طول این آزمایش از آب مقطر به جای آب سطحی یا زیرزمینی شهر مشهد به‌دلیل عدم دخالت عناصر موجود در آب و بین‌المللی بودن آب مقطر استفاده شد.

روش تهیه پرایمینگ بذر

چهار پتری‌دیش[1] هم‌اندازه انتخاب شد و حدود ۴۰۰ عدد بذر در هر کدام از پتری‌ها قرار داده شد، سپس در هر پتری‌دیش به‌ترتیب آب مقطر (P_2)، آب مغناطیسی یک بار گذر (P_3)، آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (P_4) به میزان ۵ cc در آن‌ها ریخته شد و پتری‌دیش چهارم را نیز بدون آب (P_1) به‌عنوان تیمار شاهد برای داشتن شرایط یکسان در درون ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه به‌مدت ۱۹ ساعت قرار داده شد (۱۴، ۳۰، ۴۳). بعد از مدت زمان ۱۹ ساعت آب بذور گرفته شد و به بذرها اجازه داده شد تا کاملاً هوا خشک شوند.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

Soil texture	Clay	Silt	Sand	OC	OM	Nitrogen ($mg.kg^{-1}$)	Phosphor ($mg.kg^{-1}$)	Potassium ($mg.kg^{-1}$)	Ec (ms/cm)	pH	Bulk density (gr/cm3)
	%										
Sandy loam	11	11.5	77.5	0.48	0.84	51.8	6.1	12.5	2.52	7.52	1.43

Figure 1. Magnetization device

تیمار کم‌آبیاری

ظرفیت زراعی خاک با استفاده از روش وزنی اندازه‌گیری شد به‌طوری‌که چهار گلدان یک شکل انتخاب شد و به یک اندازه در آن‌ها خاک ریخته شد سپس آن‌ها را از زیر اشباع کردیم و دهانه گلدان‌ها را نیز با فویل آلومینیومی جهت جلوگیری از تبخیر سطحی پوشاندیم و بعد از ٢٤ ساعت به‌طور مرتب هر یک ساعت توزین می‌شدند تا وزن آن‌ها ثابت شود، با ثابت‌شدن وزن گلدان‌ها میزان آب در حالت ظرفیت زراعی مشخص شد و سه سطح مختلف کم‌آبیاری ٤٠ درصد (I_1)، ٧٠ درصد (I_2) و ١٠٠ درصد به‌عنوان تیمار شاهد (I_3) انتخاب شد و رطوبت خاک نیز با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل PMS-714 اندازه‌گیری شد و با این روش دور آبیاری تعیین گردید.

مرحله کاشت

دوازده عدد سینی نشا ١٠٥تایی یک شکل و یک اندازه حاوی بستر کشت کوکوپیت و پرلیت انتخاب شد. در هر خانه از سینی‌ها برای رعایت تراکم کشت تنها یک بذر به عمق حدود دو سانتی‌متر (٤١) کاشته شد. بعد از گذشت حدود ١٠ روز و ظهور برگ حقیقی (برگ دوم) نشاءها به ١٤٤ گلدان چهار کیلویی خاک با مشخصات ذکرشده در بالا منتقل شدند. در هر گلدان پنج نشا تربچه با رعایت تراکم بوته‌ها کشت شد و بعد از مستقر شدن گیاهچه تنش کم‌آبی بر آن‌ها اعمال شدند.

مرحله نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

بعد از برداشت ریشه‌شویی انجام شد و یکسری صفات مورفولوژیکی از جمله وزن تر و خشک سه قسمت گیاه (برگ، غده و ریشه) با ترازوی مدل gf-600 و با دقت اندازه‌گیری g ٠/٠١ اندازه‌گیری شد. طول و قطر غده با استفاده از کولیس با دقت اندازه‌گیری mm ٠/٠٢ × ١٢٥، اندازه‌گیری شد. طول ریشه نیز به‌وسیله خط‌کش ٢٠mc اندازه‌گیری شد. سفتی غده‌ها با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل Ft 327 و سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه Area Measurment System با مدل Delta-T Devices Ltd اندازه‌گیری شدند. حجم غده‌ها نیز از اختلاف ارتفاع به‌وجودآمده در استوانه مدرج به‌دست آمد.

برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار Minitab و برای آماده‌سازی داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

سطح برگ

دو اثر ساده کم‌آبیاری و نوع آب در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که با توجه به جدول (٤)، در بین تیمارهای نوع آب بیش‌ترین سطح برگ مربوط به تیمار M_3 و کم‌ترین سطح برگ مربوط به تیمار شاهد بود و در تیمار کم‌آبیاری بیش‌ترین مقایسه میانگین مربوط به تیمار I_2 و کم‌ترین مقایسه میانگین مربوط به تیمار I_1 مشاهده شد. السعید و السعید (۱۵) با بررسی اثر آب مغناطیسی بر گیاه باقلا به افزایش سطح برگ این گیاه تحت تأثیر آب مغناطیسی پی بردند. هم‌چنین نیکولاوس و همکاران (۳٤) به این نتیجه رسیدند که میدان مغناطیسی باعث افزایش سطح برگ گیاه گندم شده است. احتمالاً کم‌آبیاری باعث کاهش میزان کلروفیل می‌شود و سطح برگ را نیز کاهش می‌دهد هم‌چنین ممکن است گیاه در شرایط کم‌آبیاری به‌خاطر کاهش میزان تبخیر تعرق سطح برگ‌های خود را کاهش دهد اما آب مغناطیسی می‌تواند اثرات مؤثری بر سطح برگ گیاه داشته باشد، زیرا طبق مطالعات الزوبیدی (۷) آب مغناطیسی بر آنزیم‌های رشد و افزایش جذب مواد مغذی مؤثر است و سبب افزایش تقسیم سلولی و افزایش سطح برگ گیاه می‌شود. هم‌چنین ممکن است که آب مغناطیسی باعث تسریع در جذب آب شده به‌طوری‌که نیاز آبی را حدود ۳۰ درصد کاهش داده است. در توجیه این امر حسن سلیم و فتحی النادی (۲۳) با قراردادن گیاه گوجه‌فرنگی تحت شرایط کم‌آبیاری همراه با آب مغناطیسی به این نتیجه رسید که آب مغناطیسی توانسته اثرات تنش خشکی را کاهش دهد به‌طوری‌که آب مغناطیسی سطح برگ گیاهان را نسبت به گیاهانی که با آب معمولی تحت تنش خشکی آبیاری می‌شدند، افزایش داده است.

وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج نشان داد که تنها اثر ساده نوع آب و کم‌آبیاری به احتمال ۵ درصد در وزن تر اندام هوایی و اثر ساده نوع آب و اثر سه‌گانه پرایمینگ، نوع آب و کم‌آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده کم‌آبیاری و اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری نیز در سطح احتمال پنج درصد در وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار است (جدول ۲).

در وزن تر اندام هوایی با توجه به نتایج جدول (٤) در تیمار نوع آب بیش‌ترین میانگین مربوط به تیمار M_3 است و کم‌ترین میانگین مربوط به تیمار (M_1) شاهد است، تیمار M_3 باعث افزایش ۲۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. هم‌چنین با توجه به جدول (٤) تیمار I_2 بیش‌ترین عملکرد به میزان ۲/٦۳ گرم و تیمار I_1 کم‌ترین عملکرد به میزان ۲/۱٦ گرم را به‌خود اختصاص داده‌اند.

در صفت وزن خشک اندام هوایی اثر ساده تیمار آب مغناطیسی یک ساعت به میزان ۰/۳۵ بیش‌ترین مقدار را دارا است و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به تیمار شاهد به میزان ۰/۲۹ است.

Table 2. Analysis of variance of the effect of experimental treatments on morphological traits of radish

Treatments	df	Leaf Area	Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Tuber Dry Weight (gr)	Shoot Fresh Weight (gr)	Root Fresh Weight (gr)	Tuber Fresh Weight (gr)	Density (kg/cm2)	Root Length (cm)	Tuber Length (cm)	Tuber Diameter (mm)	Tuber Mass (cc)	Root Mass (cc)
P	3	1.21^{ns}	2.41^{ns}	3.55*	2.14^{ns}	0.69^{ns}	3.28*	2.38^{ns}	0.76^{ns}	7.49**	3.91*	5.45**	3.90*	12.35**
M	2	3.22*	9.26**	0.40^{ns}	13.88**	4.84*	13.11**	20.54**	0.61^{ns}	5.62**	17.98**	8.16**	25.30**	48.15**
I	2	3.86*	3.56*	0.74^{ns}	3.24*	4.53*	1.44^{ns}	5.22**	1.64^{ns}	6.34**	6.13**	6.98**	8.55**	2.56^{ns}
P*M	6	0.66^{ns}	0.90^{ns}	0.38^{ns}	1.46^{ns}	0.57^{ns}	1.05^{ns}	0.55^{ns}	1.41^{ns}	1.25^{ns}	0.78^{ns}	1.85^{ns}	1.91^{ns}	3.70**
P*I	6	0.54^{ns}	0.95^{ns}	1.59^{ns}	0.26^{ns}	1.04^{ns}	3.34**	1.56^{ns}	2.31*	2.14^{ns}	0.63^{ns}	1.38^{ns}	0.43^{ns}	3.51**
M*I	4	0.62^{ns}	2.64*	5.14**	1.47^{ns}	1.22^{ns}	1.85^{ns}	2.68*	0.37^{ns}	0.34^{ns}	1.13^{ns}	3.11*	5.61**	2.55*
P*M*I	12	0.54^{ns}	2.41**	2.30*	2.15*	0.82^{ns}	5.47**	3.56**	0.63^{ns}	0.76^{ns}	0.57^{ns}	1.64^{ns}	1.47^{ns}	3.84**
Erorr	108	147.74	0.007	0.0001	0.048	0.574	0.019	6.121	5.088	1.926	0.252	0.088	5.39	0.0012

ns, * and **: Indicate non-significant, significant at the 5% and 1% probability level, respectively
P: Priming M: Water type I: deficit irrigation

بیش‌ترین میانگین در اثر متقابل سه‌گانه با توجه به جدول (۸) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای $P_2M_3I_2$ است و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمارهای $P_1M_1I_1$ و $P_3M_2I_1$ به میزان ۰/۲۳ است. بیش‌ترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در اثر ساده کم‌آبیاری برابر است با ۰/۳٤ که مربوط به تیمار I_2 و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار I_1 به میزان ۰/۲۹ بود. هم‌چنین با توجه به جدول (٦) بیش‌ترین مقدار وزن خشک اندام هوایی متأثر از اثر متقابل دو تیمار نوع آب و کم‌آبیاری مربوط به تیمار M_3I_2 با متوسط میانگین ۰/٤ و کم‌ترین مقدار با میانگین ۰/۲۷ مربوط به M_2I_1 بود. هاچیچا و همکاران (۲۰) به این نتیجه رسیدند که میدان‌های مغناطیسی ممکن است بر عملکرد بیولوژیکی گیاهان از طریق تغییرات غلظت هورمون، تغییرات عملکرد آنزیم یا انتقال یون‌ها از طریق غشای سلولی و از طریق تغییرات در سنتز یا انتقال DNA صورت گیرد. که احتمالاً نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش نیز به این خاطر است. طبق مطالعات هوانگ و همکاران (۲۸) رطوبت بالای خاک باعث افزایش تنفس ریشه می‌شود. که احتمالاً تأثیر مغناطیسی باعث شده است که گیاه در حالت آبیاری صددرصد تنفس ریشه‌ای بالایی داشت باشد و عمل تنفس با مشکل مواجه شود که منجر به کاهش عملکرد گیاه در آبیاری صددرصد شده است. هم‌چنین تنش آبی باعث تلفات در محتوای بافت آب می‌شود که فشار هیدرواستاتیکی در سلول را کاهش و مانع بزرگ‌شدن و تقسیم سلول‌ها می‌شود که در نهایت رشد گیاه را کاهش می‌دهد (۲۳). این مسئله در تحقیقاتی که بر روی گیاه باقلا (۱۵)، ذرت (۷) و گندم (۳٤) انجام شده و به‌علت آبیاری گیاهان با آب مغناطیسی دارای بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی بودند، به اثبات رسیده است.

وزن تر و خشک غده

با توجه به نتایج جدول (۲) تیمار نوع آب، تیمار کم‌آبیاری و تیمار اثر متقابل سه‌گانه در سطح احتمال یک درصد و تیمار متقابل نوع آب و کم‌آبیاری در سطح احتمال پنج درصد در وزن تر غده معنی‌دار شده است. هم‌چنین در وزن خشک غده تیمار نوع آب در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده کم‌آبیاری و اثر متقابل سه‌گانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری است.

نتایج نشان می‌دهد که عملکرد وزن تر غده در تیمار M_3 و M_2 بیش‌تر است و این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. هم‌چنین تیمار I_2 بیش‌ترین عملکرد و تیمار I_1 کم‌ترین عملکرد وزن تر غده را دارا است. جدول ٦ اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری نشان می‌دهد که بیش‌ترین وزن تر غده مربوط به تیمار M_3I_2 و کم‌ترین وزن تر غده مربوط به M_1I_3 است، اثر متقابل M_3I_2 باعث افزایش بیش از دو برابری نسبت به تیمار شاهد شده است (M_1I_3). با توجه به جدول ۸ بیش‌ترین تأثیر متقابل سه گانه تیمارها مربوط به تیمار $P_4M_3I_3$ است که باعث افزایش بیش از چهار درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. در صفت وزن خشک غده، نتایج نشان داد که تیمار M_3 ، ٥٦ درصد بیش‌تر از M_1 (شاهد) و در تیمار کم‌آبیاری، آبیاری ۷۰ درصد، ۲۰ درصد بیش‌تر از آبیاری ٤۰ درصد است. با توجه به جدول اثرات متقابل سه تیمار (جدول ۸) نتایج نشان داد که بیش‌ترین تیمار مربوط به تیمار $P_4M_3I_3$ مشاهده شده و کم‌ترین مقدار وزن خشک مربوط به تیمار $P_4M_1I_3$ است. می‌توان چنین بحث کرد که آب مغناطیسی می‌تواند اصلی‌ترین نقش را در میزان عملکرد وزن خشک غده داشته باشد که میزان آب مصرفی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. میدان مغناطیسی به‌خاطر منظم‌کردن ساختار آب باعث افزایش جذب آب و مواد مغذی موجود شده و در نتیجه رشد گیاه و به‌تبع آن وزن تر و خشک گیاه را افزایش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده طبق مشاهدات روچالسکا و همکاران (۳۹)

در گیاه چغندر قند، حسن سلیم و فتحی النادی (۲۳) در گیاه گوجه‌فرنگی، الگیزاوی و همکاران (۱۶) در گیاه سیب زمینی تحت تأثیر آبیاری با آب مغناطیسی بر و افزایش عملکرد بر وزن تر و خشک میوه با نتایج بالا مطابقت دارد.

وزن تر و خشک ریشه

در وزن تر ریشه تیمار پرایمینگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است و اثر ساده تیمار نوع آب و اثر متقابل پرایمینگ و کم‌آبیاری و اثر متقابل سه‌گانه پرایمینگ، نوع آب و کم‌آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است و در وزن خشک ریشه اثر ساده پرایم و اثر متقابل سه‌گانه پرایمینگ، نوع آب و کم‌آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

در صفت وزن تر ریشه در تیمار پرایمینگ بیش‌ترین تیمار مربوط به P_4 (۰/۳۶) و کم‌ترین تیمار مربوط به P_1 یا شاهد (۰/۲۶) است. در بین تیمارهای نوع آب، M_3 با ۰/٤ گرم بیش‌ترین وزن تر ریشه را دارا است که نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار را نشان داد. اثر متقابل پرایمینگ و کم‌آبیاری نشان داد که وزن تر ریشه در تیمار P_4I_2 با ۰/٤۷ گرم بیش‌ترین عملکرد و تیمار بذر P_1I_2 با ۰/۱۸ گرم کم‌ترین عملکرد را داشته است (جدول ۵) نتایج این قسمت بیانگر کاهش مصرف آب با استفاده از پرایم بذور با آب مغناطیسی است. با توجه به جدول ۸ اثر متقابل سه گانه تیمارهای $P_4M_3I_2$ باعث افزایش بیش از دو برابری وزن تر ریشه نسبت به تیمار شاهد ($P_1M_1I_3$) شده است. در صفت وزن خشک ریشه بیش‌ترین و کم‌ترین اثر ساده پرایم به ترتیب مربوط به تیمار P_3 با مقدار ۰/۰٤ و بذر P_1 با مقدار ۰/۰۳ است. هم‌چنین با توجه به جدول (۸) بیش‌ترین عملکرد مربوط به اثر سه گانه تیمار $P_3M_3I_3$ است و کم‌ترین عملکرد مربوط به $P_1M_3I_2$ است. نتایج در جدول (٦) نشان می‌دهد که M_3I_3 دارای بیش‌ترین وزن خشک ریشه است و تیمار M_2I_3 نیز کم‌ترین وزن خشک ریشه را دارد.

به‌طورکلی نوع آب و پرایمینگ بذر به‌خصوص پرایم با آب مغناطیسی تأثیرات مثبتی بر عملکرد گیاه در وزن تر و خشک ریشه داشته است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و با درنظرگرفتن حساسیت گیاه تربچه نسبت به آبیاری کم و زیاد می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً کم‌آبیاری بر میزان تولید ریشه مؤثر است و در نهایت میزان تعرق به‌ازای هر گیاه را کاهش می‌دهد. افزایش وزن ریشه ممکن است ناشی از نقش آب مغناطیسی بر جذب یون‌ها باشد که فرآیند تغذیه را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این طبق تحقیقات الزوبیدی (۷) شکستن برخی از پیوندهای هیدروژنی آب باعث می‌شود که آب برای نفوذ به غشای سلولی و افزایش بهره‌وری از انتقال مواد مغذی آسان‌تر شود. میزان آب آبیاری بر رشد گیاه اثرگذار است چرا که نیاز کامل آبیاری احتمالاً به‌خاطر خاصیت مغناطیسی که به‌وجود آمده است و منجر به تسریع در امر جذب شده، باعث شده است که تهویه خاک به‌درستی صورت نگیرد و تنفس گیاهی با مشکل مواجه شود. در محصولاتی مانند پونه کوهی (۹) و سیب‌زمینی (۱٦) وزن تر و خشک ریشه با آبیاری به‌وسیله آب مغناطیسی بیش‌تر شده است.

طول و قطر غده

نتایج نشان می‌دهد که در صفت طول غده اثر ساده پرایمینگ، نوع آب و کم‌آبیاری هر کدام به احتمال یک درصد و اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری به احتمال پنج درصد معنی‌دار شده است و در صفت قطر غده اثر ساده پرایمینگ به احتمال پنج درصد و اثرات ساده نوع آب و کم‌آبیاری به احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

با توجه به جدول (۳) بیش‌ترین مقدار طول غده پرایمینگ مربوط به تیمار P_4 با میانگین ۲/۳۸ و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار P_2، ۲/۱۲ است. در بین تیمار نوع آب بیش‌ترین طول غده مربوط به تیمار M_3 با ۲/۳۷ و کم‌ترین طول غده مربوط به تیمار شاهد با ۲/۱۳ است. تیمار I_2 با میانگین ۲/۳٦ بیش‌ترین عملکرد را دارا است و تیمار I_1 با میانگین ۲/۱٤ کم‌ترین عملکرد را دارا است. با توجه به نتایج جدول (٦) بیش‌ترین طول غده مربوط به اثر متقابل M_3I_2 است و کم‌ترین طول غده نیز مربوط به تیمار M_1I_1 است که باعث افزایش ۲۷ درصدی نسبت به تیمار M_1I_1 و افزایش ۲۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. در صفت قطر غده با توجه به جدول (۳) نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقایسه میانگین مربوط به تیمار P_4 است و کم‌ترین قطر غده مربوط به تیمار P_2 است. در بین تیمارهای نوع آب تیمار M_3 باعث افزایش ۳۲ درصدی قطر غده نسبت به تیمار آب معمولی شده است (جدول ٤). هم‌چنین با توجه به جدول (٤) در بین تیمار کم‌آبیاری بیش‌ترین قطر غده مربوط به تیمار I_2 و کم‌ترین قطر غده مربوط به تیمار I_1 مشاهده شده است. تیمار پرایمینگ در بهبود بنیه بذر تربچه نقش مهمی را ایفا می‌کند که این مورد یکی از مهم‌ترین صفات مرتبط با استقرار گیاهچه‌ها در شرایط نامناسب می‌باشد (٤). هم‌چنین داده‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که قرارگرفتن گیاه در معرض میدان مغناطیسی می‌تواند بر روی رشد سلول‌های میتوزی در مریستم‌های ریشه تأثیر گذار باشد (۳٦). آزمایش‌های صورت‌گرفته بر روی گیاهانی مانند پیاز (۳٦)، چغندرقند (۳۹)، گوجه‌فرنگی (۲۳) و غده سیب‌زمینی (۱٦) نیز نشان داد که با آبیاری گیاهان با آب مغناطیسی، باعث بزرگ‌شدن میوه نسبت به تیمار شاهد شده است.

طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمار پرایمینگ، نوع آب و کم‌آبیاری به احتمال یک درصد معنی‌دار هستند اما اثرات متقابل معنی‌دار نشدند (جدول ۲). با توجه به جدول (۳) تیمار P_4 بیش‌ترین تأثیر را بر طول ریشه داشته و کم‌ترین تأثیر مربوط به تیمار P_2 مشاهده می‌شود. در بین تیمارهای نوع آب بیش‌ترین طول ریشه مربوط به تیمار M_3 و کم‌ترین طول ریشه مربوط به تیمار M_1 است (جدول ٤). هم‌چنین در تیمارهای کم‌آبیاری با توجه به جدول (٤) بیش‌ترین طول ریشه مربوط به تیمار I_2 و کم‌ترین طول ریشه نیز مربوط به تیمار I_1 مشاهده شد. افزایش طول ریشه ممکن است به‌دلیل گسترش دیواره سلول‌های جنینی بر اثر پرایم بذر (٦) و افزایش فعالیت آمیلازی بر اثر میدان مغناطیسی باشد (۹). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج بیلالیس و همکاران (۹) بر گیاه پونه کوهی، راو و راو (۳۸) بر گیاه گوجه‌فرنگی سازگار است.

Table 3. Comparison of mean effect of priming (P) treatments on morphological traits of radish

Treatment	Root Length (cm)	Tuber Diameter (cm)	Root Length (cm)	Mass Tuber (cc)
P1	7.41^{c}	2.10^{b}	2.17^{bc}	5.72^{ab}
P2	7.94^{bc}	2.05^{b}	2.12^{c}	4.6^{b}
P3	8.24^{b}	2.26^{ab}	2.27^{ab}	6.01^{a}
P4	8.92^{a}	2.42^{a}	2.38^{a}	6.36^{a}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.
P1: non-prime seeds – P2: prime with distilled water – P3: prime with single-pass magnetized water – P4: prime with magnetized water for one hour.

Table 4. Comparison of mean effect of type water (M) and deficit irrigation (I) treatments on morphological traits of radish

Treatment	Leaf Area (cm^2)	Shoot Fresh Weight (gr)	Root Length (cm)	Tuber Diameter (cm)
M1	38.41^{b}	2.21^{b}	7.81^{b}	1.88^{c}
M2	43.41^{a}	2.3^{b}	7.89^{b}	2.26^{b}
M3	44.23^{a}	2.66^{a}	8.67^{a}	2.48^{a}
I1	39.37^{b}	2.16^{b}	7.58^{b}	2.05^{b}
I2	45.91^{a}	2.63^{a}	8.57^{a}	2.4^{a}
I3	40.78^{b}	2.38^{ab}	8.23^{a}	2.18^{b}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test
M1: distilled water – M2: single-pass magnetized water – M3: magnetized water for one hour
I1: irrigation 40% - I2: irrigation 70% - I3: irrigation 100%

حجم غده و ریشه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۲) نتایج حجم غده نشان می‌دهد که اثرات ساده نوع آب و کم‌آبیاری و اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری هر کدام در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده پرایمینگ نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است و هم‌چنین در صفت حجم ریشه اثر متقابل تیمار نوع آب و کم‌آبیاری در صفت حجم ریشه به احتمال پنج درصد و بقیه تیمارها به‌جز اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری و اثر ساده کم‌آبیاری هر کدام به احتمال یک درصد معنی‌دار هستند.

با توجه به جدول (۳) نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین حجم غده برای تیمار P_4 و کم‌ترین حجم غده نیز برای تیمار P_2 به ثبت رسیده است. بیش‌ترین حجم غده در تیمار نوع آب مربوط به تیمار M_3 است و کم‌ترین حجم غده نیز مربوط به تیمار M_1 است، تیمار M_3 باعث افزایش ۸۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. در تیمار کم‌آبیاری بهترین عملکرد مربوط به تیمار I_2 با میانگین ٦/۷۸ مشاهده می‌شود. در جدول (٦) که نشان‌دهنده اثر متقابل تیمار نوع آب و کم‌آبیاری می‌باشد بهترین عملکرد مربوط به تیمار M_3I_2 می‌باشد که حدوداً باعث افزایش سه برابری حجم غده نسبت به تیمار شاهد شده است. در صفت حجم ریشه در بین اثر ساده تیمار پرایمینگ بذر بیش‌ترین و کم‌ترین حجم ریشه به تیمار P_4 و P_3 تعلق دارد. هم‌چنین در بین تیمارهای نوع آب بیش‌ترین حجم ریشه مربوط به تیمار M_3 (۰/۲۱) است و کم‌ترین حجم ریشه نیز مربوط به تیمار M_1 (۰/۱٤) است. تیمار M_3 باعث افزایش ٤٥ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. بیش‌ترین حجم ریشه مربوط به اثر متقابل تیمار P_4M_3 و کم‌ترین حجم ریشه نیز مربوط به تیمار P_1M_1 مشاهده شد تیمار P_4M_3 باعث افزایش بیش از دو برابری حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۷). در جدول (۵) نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار پرایمینگ و کم‌آبیاری نشان می‌دهد که بیش‌ترین حجم ریشه مربوط به تیمار P_3I_1 است که باعث افزایش ۲۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است. هم‌چنین نتایج اثر متقابل نوع آب و کم‌آبیاری نشان داد که بیش‌ترین مقدار حجم ریشه مربوط به تیمار M_3I_3 و کم‌ترین مقدار حجم ریشه مربوط به تیمار M_1I_1 است (جدول ٦).

Table 5. Comparison of mean interaction effect of priming and deficit irrigation (PI) treatments on morphological traits of radish

Treatment		Root Fresh Weight (gr)	Density (kg/cm^2)	Root Mass (cc)
P1	I1	0.29^{bcd}	9.38^{abcde}	0.13^{d}
	I2	0.18^{d}	8.11^{de}	0.13^{d}
	I3	0.31^{bc}	9.77^{abc}	0.18^{bc}
P2	I1	0.32^{bc}	9.21^{bcde}	0.15^{cd}
	I2	0.32^{bc}	9.62^{abcd}	0.18^{bc}
	I3	0.26^{bcd}	10.42^{ab}	0.18^{b}
P3	I1	0.33^{bc}	10.29^{ab}	0.18^{bc}
	I2	0.36^{ab}	7.91^{e}	0.22^{a}
	I3	0.24^{cd}	10.74^{a}	0.18^{b}
P4	I1	0.36^{ab}	9.56^{abcd}	0.18^{b}
	I2	0.48^{a}	9.78^{abc}	0.17^{bc}
	I3	0.24^{cd}	8.33^{cde}	0.17^{bc}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

Table 6. Comparison of mean interaction effect of type water and deficit irrigation (MI) treatments on morphological traits of radish

Treatment		Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Tuber Fresh Weight (gr)	Tuber Length (cm)	Mass Tuber (cc)	Mass Root (cc)
M1	I1	0.3^{cd}	0.04^{cd}	3.62^{de}	7.39^{d}	3.32^{d}	0.14^{e}
	I2	0.28^{cd}	0.04^{bcd}	5.01^{cd}	8.37^{abc}	4.74^{cd}	0.14^{e}
	I3	0.28^{cd}	0.04^{abc}	3.27^{e}	7.68^{cd}	3.3^{d}	0.16^{de}
M2	I1	0.27^{d}	0.04^{bcd}	5.38^{bc}	7.4^{cd}	5.55^{bc}	0.15^{de}
	I2	0.33^{ac}	0.04^{ab}	5.97^{bc}	8.26^{abcd}	5.91^{bc}	0.17^{cd}
	I3	0.3^{cd}	0.03^{d}	7.07^{b}	8.03^{bcd}	7.14^{b}	0.14^{e}
M3	I1	0.3^{cd}	0.04^{cd}	6.09^{bc}	7.95^{cd}	5.87^{bc}	0.19^{bc}
	I2	0.4^{a}	0.04^{cd}	8.94^{a}	9.1^{a}	9.68^{a}	0.21^{ab}
	I3	0.37^{ab}	0.05^{a}	6.36^{bc}	8.97^{ab}	5.56^{bc}	0.22^{a}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

Table 7. Comparison of mean interaction effect of priming and type water (PM) treatments on morphological traits of radish

Treatment		Mass Root (cc)
P1	M1	0.1^{d}
	M2	0.13^{c}
	M3	0.2^{a}
P2	M1	0.15^{bc}
	M2	0.14^{bc}
	M3	0.2^{a}
P3	M1	0.16^{b}
	M2	0.2^{a}
	M3	0.21^{a}
P4	M1	0.16^{b}
	M2	0.14^{bc}
	M3	0.22^{a}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

با توجه به جدول (۸) اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای $P_3M_2I_2$ باعث افزایش ۹۰ درصد حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد ($P_1M_1I_3$) شده است. مطالعات موجود بر روی آب مغناطیسی تأثیر میدان مغناطیسی را بر زاویه پیوند بین هیدروژن و اکسیژن گزارش می‌دهد، میدان مغناطیسی باعث می‌شود که اجتماع ملکولی از ۱۰-۱۲ ملکول آب به ۷-٦ ملکول کاهش پیدا کند که منجر به منظم‌شدن ملکول‌های آب در یک جهت می‌شود (۷) که احتمالاً کمک می‌کند به ورود هرچه آسان‌تر آب و مواد مغذی به غشای سلولی که باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود و هم‌چنین طبق نتایج پرایم با آب مغناطیسی توانسته است عمل جوانه‌زنی را بهبود ببخشد. در یک آزمایش مزرعه‌ای با قراردادن بذور چغندرقند در میدان مغناطیسی با شدت ۵ میلی‌تسلا به‌عنوان پیش کاشت، منجر به افزایش عملکرد ریشه شده است (۳۹). هم‌چنین نتایج آزمایشی به‌منظور بررسی میدان مغناطیسی بر بذرهای سیب‌زمینی در مزرعه‌ای در مصر با شدت میدان‌های ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌تسلا می‌تواند عملکرد ریشه را افزایش دهد (١٦).

Table 8. Comparison of mean interaction effect of tree treatment (PMI) on morphological traits of radish

Treatment			Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Tuber Dry Weight (gr)	Root Fresh Weight (gr)	Tuber Fresh Weight (gr)	Root Mass (cc)
P1	M1	I1	0.23^{j}	0.03^{efg}	0.37^{ghijk}	0.15^{hi}	3.97^{fghij}	0.06^{g}
		I2	0.23^{ij}	0.03^{bcdefg}	0.4^{efghijk}	0.23^{efghi}	4.06^{fghij}	0.11^{fg}
		I3	0.28^{defghij}	0.04^{bcdefg}	0.29^{ijk}	0.23^{efghi}	2.77^{j}	0.13^{ef}
	M2	I1	0.26^{fghij}	0.04^{bcdefg}	0.72^{abcd}	0.23^{efghi}	4.47^{fghij}	0.13^{ef}
		I2	032^{bcdefghij}	0.04^{bcdefg}	0.6^{bcdefghi}	0.18^{hi}	6.98^{defg}	0.13^{ef}
		I3	0.32^{bcdefghij}	0.03^{cdefg}	0.7^{abcdef}	0.28^{efghi}	7.96^{cde}	0.13^{ef}
	M3	I1	0.36^{abcdefg}	0.04^{bcdefg}	0.59^{bcdefghij}	0.51^{bc}	7.07^{cdef}	0.19^{bcd}
		I2	0.28^{defghij}	0.03^{g}	0.8^{abc}	0.14^{i}	10.51^{abc}	0.16^{de}
		I3	0.27^{defghij}	0.04^{bcd}	0.58^{cdefghij}	0.43^{bcde}	5.49^{defghij}	0.24^{a}
P2	M1	I1	0.35^{bcdefghi}	0.04^{bcdefg}	0.41^{defghijk}	0.03^{defghi}	3.54^{ghij}	4.02^{de}
		I2	0.25^{ghij}	0.03^{efg}	0.35^{hijk}	0.19^{fghi}	3.77^{fghij}	0.1^{fg}
		I3	0.33^{bcdefghij}	0.04^{bcdefg}	0.39^{fghijk}	0.33^{bcdefgh}	2.87^{ij}	0.2^{abcd}
	M2	I1	0.33^{bcdefghij}	0.04^{bcdef}	0.48^{defghijk}	0.28^{efghi}	5.05^{efghij}	0.13^{ef}
		I2	0.32^{bcdefghij}	0.04^{bcd}	0.45^{defghijk}	0.3^{defghi}	4.52^{efghij}	0.17^{cde}
		I3	0.26^{efghij}	0.03^{efg}	0.49^{defghijk}	0.19^{ghi}	7.08^{cdef}	0.13^{ef}
	M3	I1	0.27^{defghij}	0.03^{fg}	0.4^{fghijk}	0.38^{bcdefg}	4.46^{fghij}	0.16^{de}
		I2	0.47^{a}	0.04^{bcdef}	0.9^{ab}	0.48^{bcd}	8.79^{bcd}	0.24^{a}
		I3	0.38^{abcd}	0.05^{bc}	0.32^{ijk}	0.28^{efghi}	3.11^{hij}	0.21^{abc}
P3	M1	I1	0.3^{cdefghij}	0.04^{bcd}	0.32^{ijk}	0.31^{defghi}	3.12^{hij}	0.13^{ef}
		I2	0.33^{bcdefghij}	0.04^{bcdef}	0.59^{bcdefghij}	0.21^{fghi}	5.38^{defghij}	0.17^{cde}
		I3	0.25^{ghij}	0.04^{bcdef}	0.52^{cdefghijk}	0.21^{fghi}	4.22^{fghij}	0.17^{cde}
	M2	I1	0.23^{j}	0.04^{bcdef}	0.5^{cdefghijk}	0.37^{bcdefg}	6.44^{defgh}	0.17^{cde}
		I2	0.36^{abcdefgh}	0.05^{ab}	0.67^{abcdefg}	0.48^{bcd}	6.28^{defghi}	0.25^{a}
		I3	0.38^{abcde}	0.04^{bcdefg}	0.72^{abcd}	0.25^{efghi}	6.84^{defg}	0.17^{cde}
	M3	I1	0.3^{cdefghij}	0.03^{bcdefg}	0.69^{abcdef}	0.31^{cdefghi}	6.79^{defg}	0.22^{ab}
		I2	0.38^{abcdef}	0.03^{defg}	0.64^{abcdefgh}	0.39^{bcdef}	11.57^{ab}	0.23^{ab}
		I3	0.41^{abc}	0.06^{a}	0.48^{defghijk}	0.52^{b}	4.45^{fghij}	0.19^{bcd}
P4	M1	I1	0.34^{bcdefghij}	0.03^{bcdefg}	0.37^{ghijk}	0.42^{bcde}	3.83^{fghij}	0.18^{bcd}
		I2	0.3^{cdefghij}	0.04^{bcde}	0.7^{abcdef}	0.28^{efghi}	6.81^{defg}	0.17^{cde}
		I3	0.26^{ghij}	0.04^{bcde}	0.24^{k}	0.31^{defghi}	3.22^{hij}	0.13^{ef}
	M2	I1	0.26^{defghij}	0.03^{cdefg}	0.58^{cdefghij}	0.33^{bcdefghi}	5.57^{defghij}	0.16^{de}
		I2	0.33^{bcdefghij}	0.04^{bcd}	0.51^{cdefghijk}	0.25^{efghi}	6.05^{defghij}	0.13^{ef}
		I3	0.24^{hij}	0.03^{efg}	0.52^{cdefghijk}	0.26^{efghi}	6.4^{defgh}	0.13^{ef}
	M3	I1	0.26^{defghij}	0.05^{bc}	0.67^{abcdefg}	0.33^{bcdefgh}	6.03^{defghij}	0.2^{abcd}
		I2	0.47^{a}	0.04^{bcd}	0.71^{abcd}	0.87^{a}	4.86^{efghij}	0.2^{abcd}
		I3	0.43^{ab}	0.03^{efg}	0.93^{a}	0.16^{hi}	12.39^{a}	0.24^{a}

Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

سفتی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۲) نشان می‌دهد که تنها اثر متقابل تیمار پرایمینگ و کم‌آبیاری به احتمال پنج درصد در صفت سفتی غده معنی‌دار است. با توجه به جدول (۵) تیمار P_3I_3 و تیمار P_3I_2 به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سفتی غده را به‌خود اختصاص داده‌اند. به اعتقاد الزوبیدی (۷) تیمارهای آب مغناطیسی موجب کاهش مقاومت دیواره سلولی در برابر انقباض سلول‌ها در طول فرایند رشد می‌شوند تا گیاه مواد مغذی از خاک را به‌راحتی و با تلاش کم‌تر جذب کند. که این حالت ممکن است از خشبی شدن بافت‌های غده جلوگیری کرده و همزمان حالت تردی غده را به‌خاطر جذب آب حفظ کند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی از بررسی مجموع صفات اندازه‌گیری‌شده چنین می‌توان نتیجه گرفت که تیمار پرایمینگ به‌خصوص تیمار پرایم با آب مغناطیسی در مدت زمان یک ساعت (P4) و تیمارهای آب مغناطیسی به‌خصوص تیمار آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (M3)، بهترین عملکرد را روی صفات اندازه‌گیری‌شده بر گیاه تربچه داشته‌اند و علاوه بر این، تیمارهای ذکرشده باعث صرفه‌جویی ۳۰ درصدی آب شده‌اند زیرا تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد در مقایسه با تیمارهای کم‌آبیاری ۱۰۰ درصد و ٤۰ درصد نتایج بهتری را به‌خود اختصاص داد است. این نتایج نشان‌دهنده نقش به سزای آب مغناطیسی در بهره‌روی آب و عملکرد گیاه تربچه است. استفاده از فناوری مغناطیسی به‌همراه کم‌آبیاری بدون به‌وجودآمدن مشکلی برای خاک و گیاه می‌تواند یک اتفاق بسیار مهم باشد که نیاز به توجه بیش‌تر دارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Petri dish

منابع

۱. خیرآبادی، ع.، نجفی‌مود، م.ح.، شهیدی، ع.، خاشعی سیوکی، ع. (۱۳۹٦). تأثیر روش و سطوح آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم جدید ذرت (سینگل کراس برکت SC.B33). مدیریت آب و آبیاری، ۷(۲): ۱۸۳-۱۹٦.

۲. عالی‌نژادیان بیدآبادی، ا.، جورونی،ا.، برزگر، ع.، ملک، ع. (۱۳۹۵). تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانهٔ ذرت و تغییرات رطوبتی خاک. مدیریت آب و آبیاری، ٦(۱): ٤۷-۵۹.

۳. عبدالهی، م.، ملکی فراهانی، س.، فتوکیان، م.ح.، حسن‌زاده قورت‌تپه، ع. (۱۳۹۲). بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب بالنگوی شهری و شیرازی تحت شرایط تنش خشکی برای مدیریت آبیاری. مدیریت آب و آبیاری، ۳(۲): ۱۰۳-۱۲۰.

٤. فرزانه، م.، جوانمردی، ش.، افتخاری 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. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. اراک. ایران.

۵. متانت، م.، بانژاد، ح.، قلی‌زاده، م.، گلدانی، م. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر شدت های مختلف آب مغناطیسی در عملکرد کمی و کیفی گیاه تربچه. نشریه آبیاری و زهکشی. ۱۲(۲): ٤۷۲-٤۸۰.

6. Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, N., Cheema, M.A., Warraich, E.M. & 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 & Biology*, 4 (2), 303-306.

7. Alzubaidy, N.A. (2014). Research article effect of magnetic treatment of seeds and irrigation water at different intensities in the growth and production of maize. *International Journal of Recent Scientific Research*, 5 (10), 1923-1925.

8. Atak, Ç., Emiroğlu, Ö., Alikamanoğlu, S. & Rzakoulieva, A. (2003). Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell & Molecular Biology*, 2(2).
9. Bilalis, D., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Efthimiadis, P. & Karkanis, A. (2012). Pulsed electromagnetic fields effect in oregano rooting & vegetative propagation: a potential new organic method. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B_Soil and Plant Science*, 62, 94-99.
10. Chibowski, E. & Szcześ. A. (2018). Magnetic water treatmentea review of the latest approaches. *Chemosphere*, 203, 54-67.
11. Coey, J.M.D. (2012). Magnetic water treatment-how might it work. *Philosophical Magazine*, 92 (31): 3857-3865.
12. Coey, J.M.D. & Cass, S. (2000). Magnetic water treatment. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 209, 71-74.
13. Colic, M. & Morse, D. (1999). The elusive mechanism of the magnetic 'memory' of water. *Physicochemical and Engineering Aspects*, 154, 167-174.
14. Craker, L.E., Seibertf, M. & Clifford, J.T. (1983). Growth and development of radish (*Raphanus sativus* L.) under selected light environments. *Annals of Botany*, 51 (1), 59-64.
15. El Sayed, H. & El Sayed, A. (2014). Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(4), 476-496.
16. El-Gizawy, A.M., Ragab, M.E., Helal, N.A.S., El-Satar, A. & 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.
17. El-Kholy, M.F., Hosny, S.S. & Farag, A.A. (2015). Effect of magnetic water and different levels of npk on growth, yield and fruit quality of Williams banana plant. *Nature and Science of Sleep*, 13(7), 94-101.
18. Esmaeilnezhad, E., Choi, H., Schaffie, M., Gholizadeh, M. & Ranjbar, M. (2017). Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. *Journal of Cleaner Production*, 161, 908-921.
19. Gilani, A., Kermanshahi, H., Gholizadeh, M. & Golian, A. (2017). Agricultural water management through magnetization of irrigation and drinking water: a review. *Journal of Aridland Agriculture*, 3, 23-27.
20. Hachicha, M., Kahlaoui, B., Khamassi, N., Misle, E. & 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.
21. Hashemizadeh, A., Gholizadeh, M., Tabatabaeinejad, A. & Hoopanah, M. (2014). The possibility of enhanced oil recovery by using magnetic water flooding. *Petroleum Science and Technology*, 32, 1038-1042.
22. Hassan, S. M. & Abdul Rahman, R. (2016). Effects of exposure to magnetic field on water properties and hatchability of artemia salina. *Journal of Agricultural & Biological Sciences*, 11 (11), 416-423.
23. Hassanselim, A.F. & Fathiel-Nady, M. (2011). Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. *Acta Astronautica*, 69, 387-396.
24. Hilal, M.H., El-Fakhrani, Y.M., Mabrouk, S.S., Mohamed, A.I. & Ebead, B.M. (2013). Effect of magnetic treated irrigation water on salt removal from a sandy soil and on the availability of certain nutrients. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 36-44.
25. Hozayn, M., Abd El Monem, A.A., Abdelraouf, R.E. & Abdalla, M.M. (2013). Do magnetic water affect water use efficiency, quality and yield of sugar beet (*Beta vulgarris* L.) Plant under arid regions conditions. *Journal of Agronomy*, 12 (1), 1-10.
26. Hozayn, M., Abd El-Monem, A.A. & Abdul Qados, A.M.S. (2011). Irrigation with magnetized water, a novel tool for improving crop production in Egypt. *World Environmental and Water Resources Congress*. May 22-26.
27. Hozayn, M. & Abdul Qados, A.M.S. (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4), 671-676.
28. Huang, X., Lakso, A. N. & Eissenstat, D. M. (2005). Interactive effects of soil temperature and moisture on Concord grape root respiration. *Journalof Experimental Boany*, 56 (420), 2651-2660.
29. Hyun Lee, S., Jeon, S., Sook Kim, Y. & Keun Lee, S. (2013). Changes in the electrical conductivity, infrared absorption, and surface tension of partially-degassed and magnetically-treated water. *Journal of Molecular Liquids*, 187, 230-237.
30. Jones, S. & Hampton, J. (2010). International

rules for seed testing. Published by International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
31. Kotb, A. (2013). Magnetized water and memory meter. *Energy and Power Engineering*, 5, 422-426.
32. Nakhaei Pour, A., Gholizadeh, M., Housaindokht. M.R., Moosavi, F. & Monhemi, H. (2017). A new method for preparing mono-dispersed nanoparticles using magnetized water. *Applied Physics a Materials Science & Processing*, 123 (4), 1-12.
33. Nasher, S.H. (2008). The effect of magnetic water on growth of chick-pea seeds. *Engineering and technology journal*, 26 (9), 1125-1130.
34. Nikolaos, K., Dimitrios, B., Aspasia, E., Georgios, A., Aimilia-Eleni, A., Anestis, K. & Ilias, T. (2016). Role of pulsed electromagnetic field on enzyme activity, germination, plant growth and yield of durum wheat. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 152-158.
35. Osman, E.A.M., Abd El-Latif, K.M., Hussien, S.M. & Sherif, A.E.A. (2014). Assessing the effect of irrigation with different levels of saline magnetic water on growth parameters and mineral contents of pear seedlings. *Global Journal of Scientific Researches*, 2(5), 128-136.
36. Peteiro Cartelle, F.J. & Cerrato, J.C. (1989). Influence of a static magnetic field on mitosis in meristematic cells of allium cepa. *Journal of Bioelectricity*, 8(2), 167-178.
37. Rahbarian, R., Khavari Nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri, A.R. & Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 53 (1), 47-56.
38. Rio, L.C. & Rio, M.M. (2013). Effect of electro-magnetic field on the growth characteristicsof okra (*Abelmoschus esculentus*), tomato (*Solanum lycopersicum*) and eggplant (*Solanum melongena*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3 (10), 41-45.
39. Rochalska, M., Grobowska, K. & Ziarnik, A. (2008). Impact of low frequency magnetic fields on yield and quality of sugar beet. *International Agrophysics*, 23 (2), 163-174.
40. Szczes, A., Chibowski, E., Hozysz, L. & Rafalski, P. (2011). Effects of static magnetic field on electrolyte solutions under kinetic condition. *Journal of Physical Chemistry* A, 115, 5449-5452.
41. Wagenvoort, W.A. & 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.
42. Wan, s. & Kang, y. (2006). Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) Growth and water use. *Irrighation Science*, 24, 161-174.
43. Wang, L., Zhu, J., Wu, Q. & 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, London, UK march 13-14.