

بررسی اثر مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی بر شاخص های کمی و کیفی گیاه تربچه

معصومه متانت، حسین بانژاد^۱، مصطفی قلی زاد و مرتضی گلدانی

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

metanat@mail.um.ac.ir

دانشیار قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب های نامتعارف، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

banejad@um.ac.ir

استاد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

m_gholizadeh@um.ac.ir

دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

goldani@um.ac.ir

دریافت: مهر ۱۳۹۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه تربچه، پژوهشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آب مقطر (شاهد)، آب مقطر مغناطیس شده با مدت زمان ۳۰ دقیقه و یک ساعت با شدت میدان ۰/۶ تسلا بود. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت به ترتیب باعث افزایش ۲۹٪، ۴۶٪، ۴۳٪، ۱۹٪ و ۸۲٪ در سطح برگ، محیط غده، کلروفیل a، کارتنوئید، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک غده شد. همچنین این تیمار باعث افزایش حدود صددرصدی در حجم و وزن تر غده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی می تواند روشی تاثیر گذار بر عملکرد گیاه تربچه باشد.

واژه های کلیدی: آب مغناطیسی، سطح برگ، محتوای کارتنوئید، محتوای کلروفیل

^۱ آدرس نویسنده مسئول: قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب های نامتعارف، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

صنعت و استفاده در منزل موفق بوده‌اند (هوزاین و عبدالقادوس، ۲۰۱۰) اسحاقی و قلی‌زاده (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که قرار گیری آب در میدان مغناطیسی می‌تواند موجب تضعیف پیوند هیدروژنی شود و تعداد مونومرهای مولکول آب را افزایش دهد که ممکن است باعث ایجاد بعضی از اثرات بیولوژیکی شود. در مطالعه‌ای جهت بررسی ویژگی‌های آب مغناطیسی به این نتیجه رسیدند که کشش سطحی آب با استفاده از یک میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد در حالی که pH و ویسکوزیته آب افزایش می‌یابد (اسماعیل‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۷).

طبق گزارشات مورس و کولیک (۱۹۹۹) آب مغناطیسی می‌تواند سرعت رشد گیاهان و حیوانات را افزایش دهد. روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که میدان مغناطیسی جوانه‌زنی دانه‌ها را افزایش می‌دهد به-ویژه برای دانه‌هایی با قوه‌نامیه پایین، همچنین میزان کلروفیل و عملکرد ریشه گیاه نیز افزایش یافته و باعث افزایش میزان قند در ریشه چغندر قند شده است. در آزمایشی به منظور بررسی تاثیر تیمارهای میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذور سیب‌زمینی، رشد گیاهچه و خصوصیات غده سیب‌زمینی نتایج نشان داد که تیمارهای میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها و پارامترهای رشد رویشی سیب زمینی شده است (القیزای و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) با مغناطیسی کردن آب آبیاری نتیجه گرفتند که مقدار عملکرد، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین تمامی تیمارهای خشکی و شوری، به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر که به منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و سطوح مختلف NPK بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گیاه موز انجام شد نتایج نشان داد آبیاری با آب مغناطیسی پارامترهای عملکرد و کیفیت میوه موز را افزایش داده است (الخولی و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی به منظور مطالعه آبیاری با آب مغناطیسی بر رشد، اجزای شیمیایی و عملکرد نخود نتایج

محدودیت منابع آب، رشد روزافزون جمعیت، کاهش نزولات جوی و وقوع خشکسالی‌های متناوب در سال‌های اخیر و کاهش کیفیت آب قابل دسترس رقابت برای استفاده از آب محدود موجود بین بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعت را افزایش داده است. آب مهمترین عامل رشد گیاه است، تلاش برای افزایش تولید غذا و انرژی و برای رفع نیازهای رو به رشد منجر به توسعه فزاینده‌ای از تولید گیاهان از طریق استفاده از کودهای شیمیایی شد که به نوبه خود سبب آلودگی بیشتر خاک، آب و هوا شده است (السايد، ۲۰۱۴). طبق مطالعات صورت گرفته یکی از راهکارهایی که می‌تواند کمیت و کیفیت محصولات را بهبود ببخشد استفاده از آب مغناطیسی می‌باشد. گزارش شده است که آبی که تحت میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد باعث ۲۰ درصد صرفه‌جویی در آب و افزایش ۱۰ درصدی در عملکرد محصول می‌شود. این فناوری می‌تواند امروز روشی موثر در برابر کمبود آب و مواد غذایی باشد (مک‌ماهون، ۲۰۰۹).

همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی نیز می‌تواند بر خصوصیات آب اثر گذار باشد. در مطالعاتی که صورت گرفته است اثر میدان مغناطیسی هرگز به طور خطی با افزایش قدرت و مدت زمان در معرض میدان مغناطیسی افزایش نمی‌یابد در نتیجه یک رابطه ساده برای فرکانس میدان مغناطیسی شدت یا مدت زمان قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی یافت نشد (اتک و همکاران، ۲۰۰۳).

اثرات میدان مغناطیسی بر روی آب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط لورنزا^۲ کشف شد. او در سال ۱۹۰۲ جایزه نوبل را برای کشف اثرات میدان مغناطیسی بر روی آب دریافت کرد (قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴). تکنولوژی آب مغناطیسی به طور عمده در کشورهای که صنایع شیمیایی بسیار کمتری دارند، مانند روسیه، چین، لهستان و بلغارستان استفاده می‌شود که همه آنها در استفاده از آب آبیاری،

داد که این گیاه در شدت میدان ۰/۶ تسلا بهترین عملکرد را دارد (متانت و همکاران، ۱۳۹۷)؛ اما مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی نیز می تواند در خصوصیات آب و عملکرد گیاه موثر باشد به همین منظور آزمایشی بر روی گیاه تربچه با دو مدت زمان مختلف انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی بر برخی از صفات گیاه تربچه با نام علمی *Raphanus sativus* پژوهشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض و ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه طول شرقی با حدود ۹۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آب مقطر (شاهد) و آب مقطر مغناطیس شده با مدت زمان سی دقیقه و یک ساعت بود. بافت خاک مورد استفاده در این آزمایش لوم شنی بود که خواص فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است. به دلیل عدم دخالت کاتیون ها و آنیون های مازاد در آب و همچنین به دلیل شناخت کافی و در دسترس بودن آب مقطر در همه جوامع، آب مورد استفاده در تمام طول این پژوهش آب مقطر بود.

نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی موجب تاثیرات مثبتی بر تمام پارامترهای مورد مطالعه شده است (هوزاین و عبالقادوس، ۲۰۱۰). همچنین (اتک و همکاران، ۲۰۰۳) نشان دادند که شدت های مختلف میدان مغناطیسی و مدت زمان های متفاوت در معرض میدان مغناطیسی بر روی کشت بافت سویا تاثیرات مثبتی دارد.

تربچه با نام علمی *Rhaphanus sativus* یک سبزی ریشه ای مهم و متعلق به خانواده *Brassicaceae* است عمده مصرف این گیاه در کشورهای آسیای خاور دور مانند ژاپن، چین و کره است (هارا و همکاران، ۲۰۰۹). تربچه یک محصول معروفی است که عمدتاً برای ریشه های هیپوکوتیل بزرگ و شیرین آن کشت می شود، برگ و بذر آن نیز در آشپزی مورد استفاده قرار می گیرد. این گیاه بر اساس اندازه ریشه به دو گروه تقسیم می شود، یک گروه با ریشه های کوچک که بیشتر در سالاد مورد استفاده قرار می گیرد و گروه دیگر نیز با ریشه های بزرگ که دارای تنوع زیاد فنوتیپ از نظر رنگ پوست و گوشت هستند (کورتیس، ۲۰۰۷). اخیراً محققان به این گیاه علاقه مند شدند زیرا به ترکیبات تربچه که دارای خواص درمانی و مزایای زیادی است پی بردند. اثرات آنتی اکسیدانی تربچه بر روی موش های صحرائی نیز گزارش شده است هارا و همکاران، (۲۰۱۱).

با توجه به مطالعاتی که قبلاً بر روی گیاه تربچه تحت تاثیر میدان های مختلف انجام شده است نتایج نشان

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده

بافت خاک	مواد آلی	مواد معدنی	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ec (dS/m)	pH	چگالی ظاهری خاک (gr/cm ³)
لوم شنی	۰/۳۵٪	۰/۶۱٪	۰/۰۲۵	۵۵	۹۸/۶	۱/۲۴	۷/۳۹	۱/۳۴

میانگین دما در شب به میزان ۲۲ درجه و در روز به میزان ۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت ۷۷ درصد نگه داری شدند.

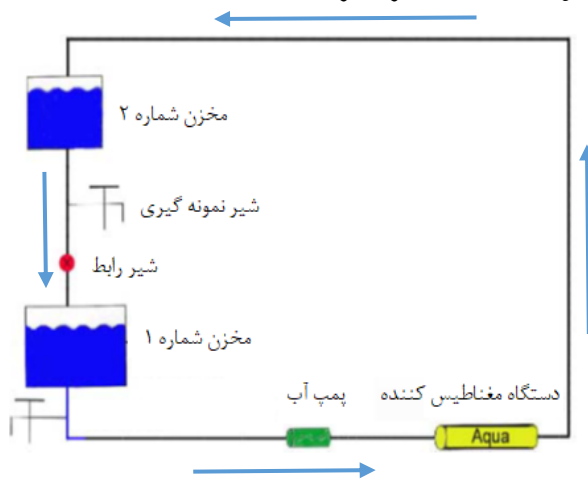
کاشت نشاءها

بعد از ده روز زمانی که برگ دوم نشاءها شروع به رشد کردند به گلدان های موجود در گلخانه منتقل شدند. گلدان های مورد استفاده در این آزمایش چهارکیلویی با

کاشت بذرها

بذرهای تربچه در سینی های یک شکل و یک اندازه در مهر ماه سال ۱۳۹۶ کاشت شدند. بستر کشت در سینی کوکبیت و پرلیت بود و آبیاری آن ها نیز به صورت مرتب هرروز و با آب مقطر بدون عبور از دستگاه مغناطیس کننده استفاده شد. این سینی ها در محیط گلخانه با

برای تهیه آب مغناطیسی از سیستمی با قابلیت چرخشی و شدت میدان مغناطیسی ۰/۶ تسلا با شماره ثبت اختراع ۲۰۴۷۷ (قلی‌زاده، ۲۰۱۹) مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). برای تهیه آب مغناطیسی مخزن شماره یک دستگاه از آب پر شده، سپس با روشن کردن پمپ دستگاه، آب داخل دستگاه به صورت چرخشی از میدان مغناطیسی عبور داده شد و بعد از گذشت زمان سی دقیقه پمپ دستگاه خاموش شده و آب مغناطیسی با مدت زمان سی دقیقه از مخزن شماره یک تخلیه شد. این مراحل برای تیمار یک ساعت نیز تکرار شد. آب خارج شده از دستگاه بلافاصله مورد استفاده گیاه قرار گرفت.



شکل ۱- دستگاه مغناطیس کننده آب (راست) و نحوه کارکرد آن (چپ)

ارتفاع ۱۷/۵cm، قطر دهانه ۱۸cm و قطر انتهایی ۱۳ cm بود. انتهای گلدان‌ها را به خاطر داشتن زهکشی مناسب یک لایه سنگریزه ریخته شد و سپس با خاک مورد نظر پر شدند. ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها نیز با توجه به روش وزنی مشخص گردید که حدود ۳۵۰ سی سی آب برای هر گلدان محاسبه شد. در هر یک از گلدان‌ها شش عدد نشاء تربچه با رعایت فاصله یکسان، کشت شدند و تیمارهای آب بر روی آن‌ها اعمال گردید.

روش تهیه آب مغناطیسی



ا اسپکتروفتومتر مدل unico 2100 موجود در eba 20 و آزمایشگاه دانشکده کشاورزی استفاده شد. در این روش برای تهیه محلول از استون ۸۰ درصد استفاده شد و بعد از قرائت اعداد از دستگاه اسپکتروفتومتر برای تعیین میزان کلروفیل a و b و کارتنوئید با استفاده از معادلاتی که در زیر ذکر شده است محاسبه گردید (A₆₆₃: طول موج کلروفیل a، A₆₄₆: طول موج کلروفیل b، A₄₇₀: طول موج کارتنوئید) (Lichtentaler & Wellburn, 1983).

$$Ca = 12.21 A_{663} - 2.81 A_{646} \quad (۱)$$

$$Cb = 20.13 A_{646} - 5.03 A_{663} \quad (۲)$$

$$"Cx+c = 1000 A_{470} - 3.27 Ca - 104 Cb / 229" \quad (۳)$$

نمونه برداری و اندازه گیری

بعد از چهل روز گیاهان در هر تیمار برداشت شدند و صفات مورد نظر اندازه گیری شد. طول و قطر غده، با استفاده از کولیس با دقت اندازه گیری ۰/۰۲ mm * ۱۲۵ اندازه گیری شد، وزن تر و خشک اندام هوایی، غده و ریشه با استفاده از ترازوی مدل gf-600 و با دقت اندازه گیری ۰/۰۲ g اندازه گیری شد، حجم غده و ریشه نیز با استفاده از اختلاف ارتفاع آب به دست آمده دریک استوانه مدرج محاسبه شد. سطح برگ‌ها (cm²/plant) با استفاده از دستگاه Area Measurement System با مدل Delta-T Devices Ltd اندازه گیری و برای اندازه گیری کلروفیل a و b و کارتنوئید (mg/dm²) نیز از روش آرنون و به کمک دستگاه‌های هموژنایزر مدل hg-150، سانتریفیوژ مدل

تحلیل آماری

آنالیز داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار Minitab 17 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون فیشر تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

سطح برگ

نتایج جدول ۲ نشان داد که مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر روی سطح برگ گیاه تریپچه داشت. با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین میانگین مربوط به تیمار یک ساعت (C) با میانگین ۲۷/۸۴ و تیمار شاهد (A) با میانگین ۲۱/۵۴ است که تیمار یک ساعت باعث افزایش ۲۹٪ نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش ۱۳٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. می‌توان بیان کرد که با قرار گرفتن آب با مدت زمان یک ساعت، تاثیر مثبت بیشتری نسبت به تیمار نیم ساعت و شاهد داشته است. الزوبیدی (۲۰۱۴) گزارش کرد که آب مغناطیسی بر آنزیم‌های رشد و افزایش جذب مواد مغذی موثر است که سبب افزایش تقسیم سلولی و در نهایت منجر به افزایش سطح برگ می‌شود. نتایج به دست آمده با نتایج نیکولاس و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه گندم، السعید و السعید (۲۰۱۴) در گیاه باقلا، حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه‌فرنگی و الخولی و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه موز مطابقت دارد آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آب مغناطیسی باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود.

حجم غده

داده‌های موجود در جدول ۲ نشانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد در بین تیمارهای موجود در صفت حجم غده شد با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین مقدار حجم غده در تیمار C و A با میانگین ۰/۹ و ۱/۸۸ می‌باشد که نشان دهنده افزایش قابل توجهی در این صفت است؛ همچنین تیمار A, B هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. مطالعات موجود بر روی آب

مغناطیسی نشان از تاثیر میدان مغناطیسی بر زاویه پیوند بین هیدروژن و اکسیژن دارد. میدان مغناطیسی باعث می‌شود که اجتماع ملکولی از ۱۰-۱۲ ملکول آب به ۷-۶ ملکول کاهش پیدا کند که منجر به منظم شدن ملکول‌های آب در یک جهت می‌شود و ورود آب و مواد مغذی به غشاء سلولی را تسهیل می‌کند و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج الگیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش حجم غده سیب زمینی می‌شود و با نتایج به دست آمده مطابقت دارد.

محیط غده

داده‌های ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۴ نشان داد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در محیط غده‌ها شد. بیشترین و کمترین میزان محیط غده‌ها در تیمار آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۴۲/۳۱ و ۲۸/۹۵ وجود دارد که باعث افزایش ۴۶٪ در محیط غده نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش ۱۳٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۲۸٪ محیط غده نسبت به تیمار شاهد شده است. با توجه به این که آب مغناطیسی تاثیر مثبتی بر تقسیم سلولی دارد می‌توان نتیجه گرفت که بر محیط غده‌ها نیز اثر گذار باشد. نتایج به دست آمده با نتایج الخولی و همکاران (۲۰۱۵) بر میوه گیاه موز مطابق دارد.

وزن تر اندام هوایی

نتایج نشان داد که مدت زمان قرارگیری آب در تماس با میدان مغناطیسی می‌تواند اثرات معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر اندام هوایی داشته باشد؛ به طوری که بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۱/۴۷ و ۱/۲۳ است (جدول ۲). طبق جدول ۴ تیمار یک ساعت (C) باعث افزایش ۱۹٪ نسبت به تیمار شاهد و افزایش ۱۸٪ نسبت به تیمار نیم

ساعت (B) در وزن تر اندام هوایی شد. این نتایج با نتایج القیژاوی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی، السعید و السعید (۲۰۱۴) بر گیاه باقلا و حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه فرنگی مطابقت دارد.

وزن تر غده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که تاثیر مدت زمان فراگیری آب در میدان مغناطیسی در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر اندام هوایی معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۱/۹۵۹ و ۰/۹۱۳ مشاهده شد. طبق نتایج جدول ۴ تیمار C باعث افزایش قابل توجهی در وزن تر غده نسبت به تیمار شاهد شد همچنین تیمار یک ساعت باعث افزایش ۷۰٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۲۶٪ نسبت به تیمار شاهد شده است. با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان این افزایش را بر بهبود پارامترهای رشد، هورمون رشد، فتوسنتز و راندمان انتقال دانست (هوزاین و عبدالقادوس، ۲۰۱۱). این نتایج با دستاوردهای القیژاوی (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند سازگار است. با توجه به مطالعات انجام شده احتمالاً این افزایش به دلیل استفاده از آب مغناطیسی است که باعث بهبود پارامترهای رشد، هورمون رشد و فتوسنتز شده است.

وزن خشک غده

داده‌های موجود در جدول ۲ نشان داده شد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی باعث اختلاف معنی‌داری به احتمال پنج درصد شد، با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین میزان وزن خشک غده مربوط به تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) است که باعث افزایش ۸۲٪ نسبت به شاهد و

افزایش ۱۴٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۵۹٪ وزن خشک غده نسبت به تیمار شاهد شده است. گزارشی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش وزن خشک ناشی از نقش مغناطیس در تغییر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی از جمله کاهش کشش سطحی، چگالی و ویسکوزیته است. علاوه بر این شکستن برخی از پیوندهای هیدروژنی آب باعث می‌شود که آب برای نفوذ به غشاء سلولی و افزایش بهره‌وری از انتقال مواد مغذی آسان‌تر شود (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج به دست آمده با نتایج القیژاوی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند مطابقت دارد. میدان مغناطیسی به خاطر منظم کردن ساختار آب باعث افزایش جذب آب و مواد مغذی موجود شده و در نتیجه رشد گیاه و به تبع آن وزن خشک غده را افزایش می‌دهد.

قطر غده

داده‌های ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۴ نشان داد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث افزایش معنی‌داری در سطح یک درصد در قطر غده شده است؛ و بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۱/۲۷ و ۰/۷۷ مشاهده شد. تیمار C باعث افزایش قابل توجهی در وزن تر غده نسبت به تیمار شاهد شد همچنین تیمار یک ساعت باعث افزایش ۱۳٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۴۵٪ نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج الگیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) در غده گیاه سیب‌زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی با نتایج به دست آمده مطابقت دارد. مطالعات نشان می‌دهد که قرار گرفتن گیاه در معرض میدان مغناطیسی می‌تواند بر روی رشد سلول‌های میتوزی در مریستم‌های ریشه تأثیر گذار باشد (۳۶).

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر تیمار آزمایش بر صفات مورفولوژی گیاه تربچه

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ (cm ²)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	وزن تر غده (gr)	وزن خشک غده (gr)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	حجم غده (cm ³)	حجم ریشه (cm ³)	طول غده (cm)	قطر غده (cm)	محیط غده (cm ²)
تیمار	2	5.34*	6.71*	0.03 ^{ns}	11.33* [*]	8.29*	1.63 ^{ns}	0.18 ^{ns}	9.34*	0.24 ^{ns}	1.70 ^{ns}	8.23*	29.28**
خطا	6	5.58	0.016	0.00012	0.079	0.00072	0.022	0.00024	0.081	0.041	0.015	0.023	4.66

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و معنی داری در سطح یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر تیمار آزمایش بر صفات فیزیولوژی گیاه تربچه

منابع تغییر	کلروفیل a (mg/dm ²)	کلروفیل b (mg/dm ²)	کارتنوئید (mg/dm ²)
تیمار	7.19*	2.53 ^{ns}	6.81*
خطا	0.003	0.001	0.005

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و معنی داری در سطح یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آب مغناطیسی بر صفات مورفولوژی گیاه تربچه

تیمار	سطح برگ (cm ²)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن تر غده (gr)	وزن خشک غده (gr)	حجم غده (cm ³)	قطر غده (cm)	محیط غده (cm ²)
A	21.54 b	1.23 b	0.913 b	0.105 b	0.90 b	0.77 b	28.95 c
B	24.48 ab	1.24 b	1.151 b	0.167 a	1.19 b	1.12 a	37.27 b
C	27.84 a	1.47 a	1.959 a	0.192 a	1.88 a	1.27 a	42.31 a

میانگین های دارای حروف مشابه در آزمون فیشر به احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری ندارد
A, B, C. به ترتیب تیمار شاهد، ۳۰ دقیقه و یک ساعت

کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۳) نشان داد که آب مغناطیسی در سطح پنج درصد بر میزان کلروفیل a معنی دار است و بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۰/۵۱۵ و ۰/۳۵۱ است. اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی باعث افزایش ۴۶٪ در کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش ۴۲٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است (جدول ۵). این نتایج ممکن است ناشی از اثر میدان مغناطیسی بر تغییرات کلیدی فرایندهای سلولی مانند رونویسی ژنی باشد که نقش مهمی در تغییر فرایندهای سلولی ایفا می کند (هوزاین و عبدالقادوس، ۲۰۱۰) نتایج به دست آمده با نتایج سلیم و همکاران (۲۰۱۹) در گیاه گندم، الحق و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ترب تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی در شدت میدان ۲۱۱ میلی تسلا در ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، الزوبیدی (۲۰۱۴) در گیاه ذرت و هوزاین

و همکاران (۲۰۱۱) در گیاهان تک لپه ای گندم و کتان و گیاهان دو لپه ای نخود و عدس تحت تاثیر آب مغناطیسی سازگار است.

کارتنوئید

داده های ارایه شده در جدول های ۳ و ۵ نشان داد که اثر مدت زمان قرار گیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث افزایش معنی داری در سطح پنج درصد در کارتنوئید شده است و با افزایش مدت زمان، میزان کارتنوئید نیز افزایش یافت، بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید در تیمار C با میانگین ۰/۷۲۴ و A با میانگین ۰/۵۰۶ مشاهده شد. تیمار یک ساعت باعث افزایش ۴۳٪ نسبت به تیمار شاهد و افزایش ۲۱٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۱۷٪ در کارتنوئید شد. این افزایش می تواند ناشی از افزایش جذب مواد مغذی مورد نیاز برای تشکیل کلروفیل مانند نیتروژن و منیزیم و افزایش آنزیم و پلاستیدها

دانست (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج به دست آمده با نتایج الزوبیدی (۲۰۱۴) در گیاه ذرت، ال سعید و ال سعید (۲۰۱۴) در گیاه باقلا، حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر آب مغناطیسی بر صفات فیزیولوژی گیاه تربچه

تیمار	کلروفیل a (mg/dm ²)	کارتونوئید (mg/dm ²)
A	0.351 b	0.506 b
B	0.362 b	0.594 ab
C	0.515 a	0.724 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در آزمون فیشر به احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد
A, B و C: به ترتیب تیمار شاهد، ۳۰ دقیقه و یک ساعت

نتیجه‌گیری

تیمار باعث افزایش ۲۹٪ در سطح برگ، ۴۶٪ در محیط غده، ۴۶٪ در کلروفیل a، ۴۳٪ در کارتونوئید، ۱۹٪ در وزن تر اندام هوایی، ۸۲٪ در وزن خشک غده و افزایش حدود صددرصدی در حجم و وزن تر غده شده است. می‌توان نتیجه گرفت که آب مغناطیسی بر روی گیاه تربچه اثرات مثبتی دارد. همچنین مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی را نیز می‌توان به عنوان یک پارامتر موثر بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه تربچه دانست. استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند یک روش امیدوار کننده برای رسیدن به پیشرفت‌هایی در کشاورزی باشد اما تحقیقات زیادی درباره گیاهان مختلف و در زمینه‌های متفاوت مورد نیاز است..

با توجه به بررسی منابع انجام شده چون گزارشی مبنی بر انجام این کار بر روی گیاه تربچه مشاهده نشده است، هدف از این کار پیدا کردن یک مدت زمان بهینه بر روی این گیاه بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳ و ۴) تیمار C با مدت زمان یک ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۰/۶ تسلا به دلیل تاثیرگذاری بیشتر بر روی گیاه تربچه بهترین تیمار شناخته شد زیرا با توجه به قسمت نتایج و بحث تیمار یک ساعت نتایج بهتری نسبت به تیمار نیم ساعت داشته و همچنین تیمار نیم ساعت نتایج بهتری نسبت به تیمار شاهد داشته است به طوری که این

فهرست منابع

۱. قدمی فیروزآبادی ع، خوش‌روش م، شیرازی پ و زارع‌ایبانه ح، ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب. پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۰، شماره ۱، صفحه‌های ۱۳۱ تا ۱۴۳.
۲. متانت م، بانژا، ح، قلی‌زاده م، گلدانی م، ۱۳۹۷. بررسی تاثیر شدت های مختلف آب مغناطیسی در عملکرد کمی و کیفی گیاه تربچه. نشریه آبیاری و زهکشی. جلد ۱۲، شماره ۲، صفحه‌های ۴۷۲ تا ۴۸۰.
3. 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
4. Atak Ç, Emiroğlu Ö, Alikamanoğlu S and Rzakoulieva A, 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*glycine max l. merrill*) tissue cultures. Journal of Cell and Molecular Biology 2: 113-119.
5. Colic M and Morse D, 1999. The elusive mechanism of the magnetic 'memory' of water. Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects 154: 167-174.
6. Curtis I S, 2007. Transgenic crops iv;biotechnology in agriculture and forestry. Publisher: Springer Science + Business Media. 381-389

7. El Sayed H 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.
8. El-Gizawy A M, Ragab, M E, Nesreen A S H, 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.
9. El-Kholy M F, Samia S and 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 13 (7): 94-101
10. Eshaghi Z and Gholizadeh M, 2004. The effect of magnetic field on the stability of (18-crown-6) complexes with potassium ion. Talanta 64: 558-561.
11. Esmaeilnezhad E, Choi H, Schaffie M, Gholizadeh M and Ranjbar M, 2017. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. Journal of Cleaner Production 161: 908-921.
12. Gholizadeh M, 2019. Process of chemical reaction in magnetized solvents. Usa Patent 10 507 450. Date issued: 17 dec 2019.
13. Gholizadeh M, Rounaghi G H, Razavipanah I and Salavati M R, 2014. Effect of magnetic field on property of a non-aqueous solvent upon complex formation between kryptofix 22dd with yttrium (iii) cation, Journal of the Iranian Chemical Society 11(4): 947-952.
14. Hara M, Ito F, Asai T and Kuboi T, 2009. Variation in amylase activities in radish (*raphanus sativus*) cultivars. Plant Foods Hum Nutr 64:188-192
15. 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
16. Hassanselim A F and El- Nady M F, 2011. Physio-Anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field, Acta Astronautica 69: 387-396.
17. Hozayn M and 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.
18. Hozayn M, Abdel-Monem A A and 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. American Society of Civil Engineers.
19. Lichtenthaler K and Welburn A R, 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.
20. Mc Mahon C A, 2009. Investigation of the quality of water treated by magnetic field. Towards the Degree of, Bachelor of Engineering (Environmental). University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
21. Mosin O, and Ignatov I, 2014. Basic concepts of magnetic water treatment. European Journal of Molecular Biotechnology 2 (4): 72-85.
22. Rochalska M, Grabowska K and Ziarnik A, 2008. Impact of low frequency magnetic fields on yield and quality of sugar beet. International Agrophysics 23: 163-174.
23. Selim D A F H, Nassar R M A, Boghdady M S and Bonfill M, 2019. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. Plant Physiology and Biochemistry 135: 480-488.

Investigation on the Effect of Duration of Irrigation Water in Magnetic Field on Quantitative and Qualitative Indices of Radish Plant

M. Metanat, H. Banejad¹, M. Gholizadeh, and M. Goldani

PhD Student, Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.

metanat@mail.um.ac.ir

Associate Professor, Center of Excellence in Deficit Irrigation and Unconventional Water Management (CDUM). Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

banejad@um.ac.ir

Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

m_gholizadeh@um.ac.ir

Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.

goldani@um.ac.ir

Received: October 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

In order to evaluate the effect of the duration of water in the magnetic field on the qualitative and quantitative characteristics of radish plant, a research was conducted in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in a completely randomized design with three treatments and three replications. Treatments included distilled water (control), distilled water magnetized with a duration of 30 minutes, and distilled water magnetized in one hour with a field intensity of 0.6 Tesla. The results showed that magnetized water with duration of one hour caused an increase of 29%, 46%, 46%, 43%, 19%, and 82% in leaf area, tuber circumference, chlorophyll a, and carotenoid, fresh weight of shoot and dry weight of the tuber, respectively. Also, this treatment increased tuber mass and fresh weight by about 100%. In general, the treatment of the magnetized water with the duration of one hour was the best treatment. According to the results, the duration of irrigation water magnetization in the magnetic field can affect radish plant characteristics.

Keywords: Magnetized water, Leaf area, Carotenoid content, Chlorophyll content

¹ - Corresponding author: Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.