

The Effect of Magnetic Water on Growth, Essential Oil Yield, and Some Phytochemical Properties of two Dill populations (*Anethum graveolens* L.)

Sepideh Houshmand¹ , Saeideh Alizadeh- Salteh^{2*}, Sahebali Bolandnazar² 

Received: 18 July 2024

Accepted: 28 November 2024

1-PhD. of Horticulture, University of Tabriz of Agricultural Science, Department of Horticultural Science, Tabriz Iran.
2- Assoc., Prof., and Prof., Dept. of Horticultural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Corresponding Author E-mail: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Nowadays, stimulating plants using magnetic fields is considered a method to enhance the quantity and quality of agricultural products. Therefore, the magnetic properties of water were utilized to treat the medicinal plant dill, reducing the use of chemical fertilizers. This method is scientific, simple, and organic.

Materials and Methods: The effect of magnetized water at two magnetic field intensities (0.1 and 0.2 Tesla) and a control treatment, in four replications, was evaluated on two populations of dill (Tabriz and Varamin).

Results: Magnetized water significantly increased the vegetative and reproductive traits of dill. It had a significant impact on the number of umbels, umbellules, secondary branches, leaves and also the length and diameter of the root and stem, resulting in a 20% increase in root diameter. Additionally, the suitable water quality and solubility of elements in water enhanced the fresh and dry weight of the root and stem. The magnetic water treatment significantly increased the levels of flavonoids, total phenols, anthocyanins, vitamin C, and protein. Furthermore, considering the importance of essential oil in this medicinal plant, magnetic water increased the weight and volume of essential oil.

Conclusion: Our results indicated that using magnetic water as a physical treatment can be an effective tool to enhance the nutritional and medicinal value of dill. It offers a natural method to improve growth and stimulate. The increase in biological performance, given the enhanced vegetative growth and production of secondary metabolites without the use of fertilizers and pesticides, makes the economic performance justifiable.

Keywords: Magnetic Water, Performance Enhancement, Essential Oil, *Anethum graveolens* L., Secondary Metabolites



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright@ 2026 Saeideh Alizadeh- Salteh E-mail: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.62545.3254>



تأثیر آب مغناطیسی بر رشد، عملکرد اسانس و برخی خصوصیات فیتوشیمیایی *Anethum graveolens* L. دو توده شوید

سپیده هوشمند^۱، سعیده علیزاده^{۲*}، صاحبعلی بلند نظر^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۸

۱- دانشجوی دکترا گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

مقدمه و اهداف: امروزه تحریک گیاهان با استفاده از میدان‌های مغناطیسی راهی جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات می‌باشد. بنابراین از خاصیت مغناطیسی کردن آب برای تیمار گیاه دارویی شوید استفاده شد تا تأثیر آن بر بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی به عنوان روشی علمی، ساده و ارگانیک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: اثر آب مغناطیسی شده در دو میدان مغناطیسی با شدت‌های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد، در چهار تکرار بر دو توده شوید (تبریز و ورامین) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌داری در صفات رویشی و زایشی شوید گردیده. به طوری که بر تعداد چتر، چترک، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ همچنین بر طول و قطر ریشه و ساقه تأثیر معنی‌داری داشته و باعث افزایش ۲۰ درصدی قطر ریشه گردید. همچنین کیفیت مناسب آب و حلالیت عناصر در آب و جذب باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه گردیده است. این تیمار موجب افزایش معنی‌داری در میزان فلاونوئید، فنل کل، آنتوسیانین، ویتامین ث، پروتئین و وزن و حجم اسانس گردید.

نتیجه‌گیری: استفاده از آب مغناطیسی به عنوان یک تیمار فیزیکی می‌تواند ابزاری مؤثری برای افزایش ارزش غذایی و دارویی شوید باشد و به عنوان روشی طبیعی، رشد گیاه و تولید ترکیبات دارویی را بهبود بخشد. این روش با افزایش رشد رویشی و تولید متابولیت‌های ثانویه، بدون نیاز به استفاده از کودها و سموم شیمیایی، منجر به افزایش قابل توجه عملکرد اقتصادی می‌شود.

واژه های کلیدی: آب مغناطیسی، افزایش عملکرد، اسانس، شوید، متابولیت‌های ثانویه

مقدمه

شوید (*Anethum graveolens* L.) گیاهی علفی معطر با خواص دارویی از تیره چتریان Apiaceae، دیپلوئید (2n=20) و یکساله است. شوید دارای مصارف غذایی و دارویی است که از مواد مؤثره آن در درمان درد معده، سرما خوردگی، سرفه، مشکلات ادراری، نفخ، تشنج و اسپاسم استفاده می‌شود (الصنافی ۲۰۱۴).

ترکیبات غالب در اسانس برگ شوید، آلفافلاندرون^۱ به میزان ۳۶٪ و لیمونن^۲ به میزان ۳۱٪ می‌باشد؛ اما ترکیب غالب در بذر همین گیاه متفاوت بوده و شامل ۵۸ درصد کاروون^۳ و ۳۷ درصد لیمونن^۴ است (کروتو و همکاران ۲۰۰۰، دوکی ۲۰۰۱) که بیش از ۹۰ درصد کل اسانس را شامل می‌شوند (کوبسکا ۲۰۰۲). اثر ضد قارچی و ضد باکتری اسانس بذر شوید (جیرویتز ۲۰۰۳؛ دلاگوئیز ۲۰۰۲) و عصاره‌ی استونی بذر آن (سینگ ۲۰۰۵) به اثبات رسیده است. بذر شوید محتوی ۴-۲/۵ درصد اسانس می‌باشد که مقدار آن بر اساس منطقه جغرافیایی و فصل تغییر کرده و تا ۷/۷ درصد هم می‌رسد. اسانس سرشاخه‌های هوایی شوید که از سرشاخه‌های تازه آن به روش تقطیر با بخار آب به دست می‌آید شامل ۲۸-۴۵ درصد ترکیبات کتونی مثل کاروون می‌باشد. از سوی دیگر میزان آب در دسترس و مراحل رشد اثرات معنی داری روی کمیت و کیفیت اسانس دارد. به طور کلی درصد و عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار و دانه‌ها بیشتر از برگ‌ها گزارش گردیده است (عندلیبی و همکاران ۲۰۱۱).

روغن‌های فرار شوید اثرات ضد اسپاسم (یزدانی ۲۰۰۴) ضد نفخ و کاهش اسیدیته معده دارند (بخردی ۲۰۰۴). عمدتاً متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاهان نقش مؤثری در بهبود، درمان، پیشگیری از بیماری‌ها و نهایتاً سلامت انسان و دام دارند که با نام ماده‌ی مؤثره بیان می‌گردند. امروزه بیشتر تحقیقات در زمینه‌ی اثرات عوامل اکولوژیکی، ژنتیکی و مدیریتی، بر میزان کیفیت و کمیت مواد مؤثره گیاهان دارویی انجام می‌پذیرد؛ که یکی

از عوامل مدیریتی مهم، کیفیت آب آبیاری می‌باشد (آقاسی زاده و همکاران ۲۰۲۲).

با توجه به اینکه آب یکی از عوامل محیطی مهم در تولید متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شود و با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و تقاضای شدید آب در کشور ایران، فشار زیادی بر منابع آبی وارد شده است. در این شرایط، حفظ کمیت و کیفیت آب و اعمال مدیریت مناسب برای کاهش ریسک تأمین آب در آینده ضروری است تا بهره‌وری محصول به ازای هر واحد آب مصرفی افزایش یابد. یکی از این روش‌های نوین در این زمینه عبور دادن آب از یک میدان مغناطیسی قبل از آبیاری است که می‌تواند کارایی آب را بهبود بخشد. زمانی‌که آب در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، برخی از ویژگی‌های آن مثل چگالی، رسانایی الکتریکی، قابلیت حل نمک‌ها، سرعت ته‌نشین شدن ذرات جامد و سرعت تبخیر ممکن است تغییر کنند و در نتیجه کیفیت آب آبیاری ارتقا یابد. این تغییرات وابسته به سرعت جریان آب از میدان مغناطیسی و پارامترهای شیمیایی مثل سختی و pH آب است (شعبانی و همکاران ۲۰۱۸). به نظر می‌رسد این فرآیند باعث افزایش بهره‌وری آب و در نهایت بهبود رشد گیاهان می‌شود (لی و همکاران ۲۰۰۷). از آنجا که تحریک گیاهان با استفاده از میدان‌های مغناطیسی به‌عنوان راهی برای بهبود کمیت و کیفیت محصولات مورد توجه قرار گرفته است، جایگزینی کودها و مکمل‌های شیمیایی با تیمارهای فیزیکی می‌تواند میزان سموم در محصولات گیاهی را کاهش داده و منجر به افزایش سلامت غذا و محیط زیست شود (آلاججیان ۲۰۰۷). همچنین، آب مغناطیسی شده باعث افزایش تحرک مواد مغذی در خاک می‌شود که این امر منجر به افزایش استخراج و جذب عناصری مانند فسفر، پتاسیم، نیتروژن و آهن توسط گیاهان می‌شود (هوزاین و همکاران ۲۰۱۰).

در سال‌های اخیر، استفاده از آب مغناطیسی به‌عنوان روشی برای بهبود بهره‌وری آب و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. تیمار

³ carvone

⁴ limonene

¹ alfa- phelandrene

² limonene

۲۸/۰۲ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶/۲۷ درجه شرقی و با ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا) در طی بهار و تابستان انجام گرفت. این منطقه جزو اقلیم‌های نیمه استپی و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. دارای میانگین دمای ۹/۸۸ و میانگین‌های حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۲/۵۱ و ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. خاک محل اجرای آزمایش شنی لومی است. میزان رس سطح خاک حدود ۱۰/۵ درصد است که در لایه‌های پایین روند افزایشی دارد. مقدار سیلت در محدوده ۲۰ الی ۲۵ درصد و میزان شن در حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد نوسان دارد. حداکثر هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (EC) معادل ۲۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر است. مقدار مواد آلی خاک ناچیز و در حدود ۰/۸ درصد است.

در بررسی حاضر از بذره‌های دو توده گیاه شوید، توده تبریز و ورامین استفاده شد. بذرها به‌صورت کشت مستقیم در کرت‌های به ابعاد چهار مترمربع با فاصله کشت ۱۵ سانتی‌متر به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار کشت شد. از زمان کاشت تا مرحله پایان ۲ برگی آبیاری توسط آب معمولی انجام شد و پس از این مرحله تیمارها اعمال گردید. آبیاری یک روز در میان به‌طور منظم انجام شد. از تیمار آب مغناطیسی در سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۲) تسلا تأیید شده توسط دانشکده فیزیک) در بررسی حاضر استفاده شد.

در مراحل رشد، عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز به‌صورت مرتب انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی، از هر کرت در زمان گلدهی کامل که حدوداً ۴۰ روز بعد از کاشت می‌باشد، به تعداد ۱۰ عدد بوته برداشت گردید. طول ساقه توسط خط کش از طوقه تا انتهای چتر و قطر ساقه از بخش نزدیک طوقه با کولیس اندازه گرفته شد به همین صورت طول ریشه از طوقه تا انتهای ریشه توسط خط کش و قطر آن از سمت طوقه توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. وزن تر ریشه و قسمت هوایی توسط ترازو یادداشت شده و پس از قرارگیری در آون ۷۰ درجه (موریس ۱۹۶۵) تا رسیدن به وزن ثابت، مجدداً توزین و وزن خشک به دست آمد و

آب مغناطیسی می‌تواند با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و همچنین بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود بخشد. به‌عنوان مثال، تحقیقات نشان داده‌اند که آب مغناطیسی باعث افزایش جذب مواد مغذی، بهبود فتوسنتز و رشد ریشه‌ها می‌شود. (زارعی و همکاران ۲۰۲۰). مطالعات مختلف تأثیر مثبت آب مغناطیسی بر صفات مورفولوژیکی گیاهان مانند افزایش حجم ریشه، تعداد گل، وزن تر و خشک گیاه، و همچنین ارتفاع گیاه را نشان داده‌اند (نیکبخت و همکاران ۲۰۱۷). پژوهش‌هایی که بر روی گیاهانی مانند ریحان، استویا (احمدی و همکاران ۲۰۱۶)، زنیان (مرغابی زاده و همکاران ۲۰۱۵) و پروانش (هاشم‌آبادی ۲۰۱۵) انجام شده، همگی افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های رشدی و کیفی گیاهان را در پی استفاده از آب مغناطیسی گزارش کرده‌اند. برای مثال، نتایج مطالعه بانژاد (۲۰۱۳) نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی در ریحان باعث افزایش ۳۳ درصدی در وزن تر و ۲۳ درصدی در وزن خشک گیاه شد.

علاوه بر این، افزایش سطوح فسفر همراه با تیمار آب مغناطیسی، تأثیرات مثبتی بر ویژگی‌های رشدی و رویشی گیاهان داشته و در برخی موارد به تحریک تولید ترکیبات دارویی نیز منجر شده است. این موارد نشان می‌دهد که استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر و طبیعی برای بهبود رشد و کیفیت محصولات کشاورزی، به‌ویژه گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد (شعبانی و همکاران ۲۰۱۸).

از این‌رو، مطالعه حاضر برای اولین بار در کشور به ارزیابی تأثیر آب مغناطیسی بدون استفاده از کودهای شیمیایی بر کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی شوید پرداخته است تا نتایج این پژوهش بتواند به‌عنوان یک راهکار جدید و مؤثر در بهبود عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در قطعه گیاهان دارویی واقع در شرق تبریز (عرض جغرافیایی

$$\text{درصد ماده خشک} = M_2/M_1 \times 100$$

در این فرمول M_1 = وزن تر نمونه و M_2 = وزن

خشک نمونه می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، عصاره استونی تهیه شده و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های 661.6 ، 644.8 ، 644.8 و 470 نانومتر قرائت‌ها انجام شد و با استفاده از فرمول‌های زیر مقادیر کلروفیل a ، کلروفیل b ، کلروفیل کل و کارتنوئید محاسبه شد (لیکچن هالر ۲۰۰۱).

$$C_a (\mu\text{g/ml}) = 11.24 A_{661.6} - 2.04 A_{644.8}$$

$$C_b (\mu\text{g/ml}) = 20.13 A_{644.8} - 4.19 A_{661.6}$$

$$(1000 A_{470} - 1.90 C_a - 63.14 C_b) / 214 C_{(X+C)} (\mu\text{g/ml}) =$$

$$C_b = b \text{ کلروفیل } C_a = a \text{ کلروفیل } C_{(X+C)} = \text{کارتنوئیدها (گزانتوفیل + کاروتن)}$$

زیر مقدار اسید آسکوربیک محاسبه و برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر سبزی بیان گردید (آریا و همکاران ۲۰۰۰).

$$\text{مقدار آسکوربیک اسید} = \frac{e \times d \times b}{c \times a}$$

a = وزن نمونه

b = حجم ایجاد شده با متافسفریک اسید (۱۰۰ میلی‌لیتر)

c = حجم برداشت شده برای تیتراسیون (۱۰ میلی‌لیتر)

d = فاکتور رنگ

e = عدد قرائت شده برای تیتراسیون هر نمونه

به منظور استخراج اسانس بذره‌های رسیده گیاه در مرحله رسیدگی کامل برداشت شده و در شرایط آزمایشگاه به مدت ۴-۵ روز خشک گردید. مقدار ۵۰ گرم از هر نمونه‌ی گیاهی پودر و همراه با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالون ۱ لیتری به حجم رسانده شد. سپس بالون به کلونجر وصل شده و به مدت ۳ ساعت روی هیتر قرار گرفت. اسانس جمع آوری و بازده اسانس محاسبه گردید (قناتی و همکاران ۲۰۰۷).

تست نرمال بودن و تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excell 2013 صورت گرفت.

میانگین آن‌ها برای هر کرت ثبت شد. سپس تعداد چتر، چترک، شاخه فرعی و برگ شمارش گردید.

برای به دست آوردن درصد ماده خشک، نمونه‌های برگ تازه پس از توزین، داخل ظروف آلومینیمی قرار داده شده، سپس درون آن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد (اوزلیمین و همکاران ۲۰۲۱) به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت و پس از ثابت شدن وزن، با ترازوی دیجیتالی مجدداً توزین شد. درصد ماده خشک گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

مقدار ترکیبات آنتوسیانین با استفاده از روش تغییر pH تعیین گردید. ابتدا دو میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده گیاهی با ۲۵ میلی‌لیتر محلول بافر با $\text{pH} = 1$ که شامل مخلوطی از پتاسیم کلرید ۰/۲ مولار و کلریدریک اسید ۰/۲ مولار تهیه شده بود به حجم رسانده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر دیگر از عصاره استخراج شده گیاهی با محلول بافر دارای $\text{pH} = 4.5$ که شامل مخلوط سدیم استات یک مولار و کلریدریک اسید یک مولار بود به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و جذب در طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (گیوستی ۱۹۹۸).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد (کولوا و همکاران ۲۰۰۲).

محتوای ترکیبات فنلی در عصاره متانولی با استفاده از روش Folin-Ciocalteu و محتوای فلاونوئید کل با استفاده از معرف آلومینیوم کلرید به روش رنگ سنجی بر اساس روش (چانگ و همکاران ۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد.

ارزیابی میزان پروتئین محلول موجود در عصاره با استفاده از روش برادفورد (۱۹۷۶) انجام گرفت.

اندازه‌گیری ویتامین ث به روش تیتراسیون با محلول رنگی دی کلرو فنول ایندوفنول انجام پذیرفت. از رابطه

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس درجدول ۱ نشان داد که اثر میدان مغناطیسی بر قطر و طول ساقه (قسمت هوایی)، ریشه و تعداد چتر، چترک، شاخه فرعی ($P \leq 0.01$) و میانگین تعداد برگ ($P \leq 0.05$) معنادار بود. تیمار با آب مغناطیس ۰/۲ تسلا ۳۳/۶۱ درصد و تیمار ۰/۱ تسلا باعث افزایش ۱۸/۸۴ درصدی تعداد چتر در گیاه شوید گردید. با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد که دلیل آبیاری باکیفیت آب مناسب که منجر به رشد رویشی بهتر، برگ بیشتر می‌شود به دنبال آن رشد زایشی هم بهبود می‌یابد. در پژوهشی که روی گیاه پروانش انجام شد گزارش کردند که استفاده از تیمار آب مغناطیسی منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه و گل این گیاه گردید (هاشم‌آبادی ۲۰۱۵)؛ بنابراین بخش زایشی (تعداد چتر و چترک) در گیاه به میزان زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مانند عناصر غذایی و رطوبت کافی مناسب هستند، وابسته است. با توجه به افزایش کارایی مصرف آب در تیمار با آب مغناطیسی تعداد چتر در گیاه شوید افزایش یافت از سوی دیگر آب مغناطیسی شده به علت کشش سطحی کمتر، حلالیت بالای دارد، در نتیجه قدرت جذب عناصر تغذیه‌ای توسط گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیس بیشتر می‌شود (مرغابی زاده و همکاران ۲۰۱۴). بر اساس جدول تجزیه واریانس ۱ طول ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید که در تیمار ۰/۱ تسلا ۱۴/۵۳ درصد و در تیمار ۰/۲ تسلا ۲۴/۶۹ درصد

افزایش نسبت به شاهد نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد این نتایج به دلیل آبیاری با آب باکیفیت مناسب و قابل جذب راحت‌تر توسط گیاه می‌باشد که باعث افزایش رشد رویشی، بخصوص طول ساقه گردیده است. طبق یافته‌های هاشم‌آبادی (۲۰۱۷) دوره‌های آبیاری تأثیر بسزایی در بهبود صفات رویشی و زایشی داشتند، پژوهشگران بر این باورند که استفاده از میدان مغناطیسی با کاهش هدایت الکتریکی، موجب شکستن ساختار مولکولی آب شده و با کاهش کشش سطحی آب موجب آزادی و تحرک بیشتر مولکول‌های آب شده است و جذب آب و همچنین حلالیت عنصرهای قابل‌دسترس برای گیاه بیشتر می‌شود؛ در نتیجه با افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، توان گیاه برای فتوسنتز و تولید مواد غذایی افزایش می‌یابد؛ این عامل‌ها موجب افزایش رشد رویشی و زایشی و عملکرد گیاهان می‌شود (نشیر ۲۰۰۵، ران و همکاران ۲۰۰۹، نیکبخت و همکاران ۲۰۱۳).

همچنین طبق بررسی‌های هوازین و همکاران (۲۰۱۰) آب مغناطیسی باعث افزایش عملکرد رویشی و رشد گردید، این امر به دلیل عبور آب از یک میدان مغناطیسی که موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب می‌شود. بدین ترتیب با افزایش حلالیت عنصرهای غذایی خاک و دسترسی بیشتر گیاه به مواد غذایی موجب افزایش فتوسنتز و رشد رویشی و افزایش عملکرد می‌شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آب مغناطیسی بر صفات رویشی دو توده شوید تبریز و ورامین

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد چتر	تعداد چترک	طول ساقه	طول ریشه	قطر ساقه	قطر ریشه	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ
بلوک	۳	۵/۷۵۶ ^{ns}	۲۳۶۴/۵۴ ^{ns}	۴۲/۴۵ ^{ns}	۸/۶۸۸ ^{**}	۰/۴۶۵ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}	۱/۵۱ ^{ns}	۳/۷۸ ^{**}
توده	۱	۰/۱۷۳ ^{ns}	۱۰۶/۶۳۵ ^{ns}	۲۱۹/۴۱ ^{ns}	۰/۲۳۲ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۱۴۷ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۶/۹۲ ^{ns}
مغناطیس	۲	۱۴۴/۹۵ ^{**}	۵۶۰۹۷/۶۳ ^{**}	۷۴۹۳/۱۳ ^{**}	۲۲/۸۶ ^{**}	۱۴/۴۷ ^{**}	۱۹/۹۶ ^{**}	۱۵۳/۷۳ ^{**}	۲۸/۵۱ [*]
توده × مغناطیس	۲	۰/۳۷۰ ^{ns}	۱۳۷/۶۸۶ ^{ns}	۱۸/۰۰۴ ^{ns}	۰/۳۶۶ ^{ns}	۰/۴۹۴ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۶۳ ^{ns}
ضریب تغییرات (%)	-	۲۰/۰۹	۲۵/۰۶	۱۲/۷۲	۹/۶۸	۱۹/۱۳	۲۰/۲۹	۲۵/۸۸	۵۴/۷۳

ns غیر معنی‌دار، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

تسلا ۱۴/۸۰ درصد بر روی قطر ریشه و ۱۴/۵ درصد بر روی قطر ساقه تأثیر مثبت داشت و در سطح ۰/۲ تسلا نیز باعث افزایش ۲۳/۷۷ درصدی قطر ریشه و ۲۳/۰۵ درصدی قطر ساقه گردید. بر اساس پژوهش اربابیان و همکاران (۲۰۱۰) روی گیاه سویا، مشخص شد که میدان‌های الکترومغناطیسی حتی در شدت‌های کم می‌توانند بر پدیده‌های زیستی گیاه مؤثر باشد و به‌عنوان یک عامل تنش‌زا موجب القای ژن‌های درگیر در تشکیل بافت‌های استحکامی گردند که نتیجه عملکرد آن‌ها به‌صورت افزایش بافت کلانشیم و اسکلرانشیم در ساقه‌ها دیده می‌شود. تغییر در سیستم آوندی و افزایش قطر دهانه آوندهای چوبی نیز پاسخی در همین جهت و برای جریان سریع‌تر و مناسب‌تر آب و نمک‌های کانی به بخش‌های فعال گیاه هست. چوبی شدن و ایجاد بخش اسکلرانشیم نیز می‌تواند عاملی برای افزایش قطر در گیاه شویید باشد.

تعداد شاخه فرعی در سطح ۱٪ با افزایش ۲۰/۲۲ درصدی در سطح ۰/۱ و ۲۵/۶۱ درصدی در سطح ۰/۲ تسلا معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). از سوی دیگر تعداد برگ در سطح ۵٪ و اثر بلوک‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید. تیمار آب مغناطیسی در سطح ۰/۱ تسلا ۴/۹۴ درصد و در سطح ۰/۲ تسلا باعث افزایش ۱۰/۵۱ درصدی تعداد برگ در شویید نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). در راستای پژوهش حاضر، مالکی و تاج بخش (۲۰۱۷) بیشترین تعداد برگ را در تیمار آب مغناطیسی روی تاج خروس به دست آوردند.

طول ریشه نیز با توجه به جدول واریانس ۱ در سطح احتمال ۱٪ معنادار می‌باشد. بر اساس مطالعات پژوهشگران، به‌احتمال گیرنده‌های مغناطیسی در استاتوسیت‌ها قرار دارند و مغناطیس روی اندامک‌های آمیلوپلاست تأثیر می‌گذارد. استاتوسیت‌ها دیامگنت‌های قوی‌تری نسبت به سیتوپلاسم هستند. با حذف یا جابجایی آمیلوپلاست‌ها ساقه گیاه زمین‌گرایی منفی نشان می‌دهد، همچنین مشاهده شده که جهش‌یافته‌های بدون نشاسته آرابیدوپسیس در میدان مغناطیسی خم‌ش حاصل نمی‌کنند، بنابراین اندامک‌های حاوی نشاسته برای دریافت اثرات میدان مغناطیسی ضروری هستند. دانه‌های نشاسته نیروی مغناطیسی را حس می‌کنند و به ته یاخته کشیده می‌شوند. همچنان که ریشه رشد می‌کند و شکل گوه‌ای به خود می‌گیرد به سمت شیب مغناطیسی حرکت می‌کند و دانه‌های نشاسته نیز به سمت این شیب رانده می‌شوند و باعث می‌شود که ریشه‌ها به سمت حرکت دانه‌های نشاسته خم شوند. به همین دلیل در آزمایش حاضر نیز تیمار با آب مغناطیسی شده باعث افزایش طول ریشه گردیده است. ریشه‌های گیاهان در جهت S-N موازی با سطح افق و مغناطیس زمین قرار می‌گیرند و رشد ریشه‌ها در این جهت افزایش عملکرد را سبب می‌شود به این دلیل که رشد ریشه‌ها در جهتی است که مواد غذایی بین ردیف‌های کشت به میزان بیشتری یافت می‌شود (بولی و همکاران ۲۰۱۲).

تیمار آب مغناطیسی در سطح ۱٪ بر روی قطر ریشه و ساقه معنی‌دار بود. تیمار آب مغناطیسی در سطح ۰/۱

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر آب مغناطیسی و توده شویید بر وزن‌تر و خشک ساقه و ریشه گیاه

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن‌تر ریشه	وزن خشک ریشه	میانگین مربعات	وزن خشک ساقه
بلوک	۳	۰/۱۰۳ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}	۱۲/۰۱ ^{ns}	۰/۶۰۲ ^{ns}
توده	۱	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۲/۰۳ ^{ns}	۰/۳۳۳ ^{ns}
مغناطیس	۲	۱۵/۲۱**	۲/۲۳**	۳۱۲/۳۷**	۲۱/۶۹**
توده*مغناطیس	۲	۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۴/۰۷ ^{ns}	۰/۱۱۹ ^{ns}
ضرب تغییرات(%)	-	۲۷/۲۶	۳۷/۹۳	۴۰/۳۲	۲۶/۶۷

ns غیر معنی‌دار، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

در گیاه می‌شود. با توجه به نتایج پژوهش قدمی و همکاران (۲۰۱۶) در شرایط کمبود آب، استفاده از آب مغناطیسی سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شده و در نتیجه می‌تواند سبب جذب آسان‌تر آب توسط ریشه‌ها در شرایط کم آبیاری شود. در این حالت، آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و به همان نسبت، عملکرد گیاه افزایش می‌یابد.

مطالعات انجام شده روی گیاهان مختلف نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی شده رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و رشد، وزن‌تر و خشک، تعداد برگ، طول و تعداد شاخساره و میزان ریشه دهی نسبت به گیاهانی که با آب معمولی آبیاری می‌شوند افزایش می‌یابد. تیمار آب مغناطیسی ارتفاع گیاه، وزن‌تر و خشک افزایش می‌یابد که این نتایج را به نقش آب مغناطیسی در افزایش جذب و تجمع مواد غذایی و متعاقب آن افزایش رشد نسبت داده‌اند؛ همچنین تیمار با آب مغناطیسی تأثیر مطلوبی روی رشد شاخه‌ها در مراحل اولیه دارد. با مغناطیسی کردن آب پارامترهای رشد، هورمون‌های رشد و کارایی انتقال مواد غذایی بهبود می‌یابد. از سوی دیگر تیمار با آب مغناطیسی سیتوکینین نیز افزایش پیدا می‌کند. سیتوکینین برعکس اسید آبسازیک که بازدارنده رشد است، در تقسیم میتوز نقش دارد و رشد ساقه را افزایش می‌دهد (دسوزا و همکاران ۲۰۰۶، هوزاین و عبدالگادوس ۲۰۱۰، آلاجاجیان ۲۰۰۲).

با توجه به اینکه در جداول اختلافی بین توده‌ها مشاهده نشد می‌توان بیان داشت که توده‌ها از یک منبع ژنتیکی می‌باشند، در صورتی که هیچ متغیر دیگری بین توده‌ها تغییر نکرده باشد (مثل نوع خاک، آب، کود یا سایر عوامل محیطی)، اختلاف خاصی نیز بین آنها دیده نمی‌شود. در صورتی که شرایط محیطی و کشت یکسان باشد (مثل نوع خاک، آب، کود و نور)، گیاهان با ژنتیک مشابه عملکرد مشابهی نشان می‌دهند و تفاوت قابل توجهی بین توده‌های مختلف مشاهده نمی‌شود. این پژوهش به‌طور خاص اشاره می‌کند که اگر هیچ تغییری در عوامل مؤثر محیطی نباشد، توده‌های مشابه از لحاظ ژنتیکی نیز واکنش‌های یکسانی خواهند داشت.

آب مغناطیسی در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری بر روی وزن‌تر و خشک ساقه و ریشه داشته است. با توجه به جدول (۳) نشان‌دهنده افزایش ۲۹/۲۱ درصدی تیمار ۰/۱ تسلا و ۵۰/۵۶ درصدی تیمار ۰/۲ تسلا در وزن‌تر ریشه و افزایش ۲۳/۳۶ درصدی تیمار ۰/۱ تسلا و ۳۴/۷۴ درصدی تیمار ۰/۲ تسلا در وزن‌تر ساقه گردید. همچنین افزایش ۴۱/۴۷ درصدی تیمار ۰/۱ تسلا و ۵۰/۶۴ درصدی تیمار ۰/۲ تسلا در وزن خشک ریشه و افزایش ۲۵/۴۰ درصدی تیمار ۰/۱ تسلا و ۳۸/۲۶ درصدی تیمار ۰/۲ تسلا در وزن خشک ساقه گردید.

به نظر می‌رسد افزایش ماده خشک گیاهی به دلیل اثر میدان مغناطیسی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و تأثیر آن بر روند توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش سیستم دفاعی گیاه میزبان مرتبط است (سونگ ۲۰۰۵). نیرپور و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر آب مغناطیسی شده روی گیاه دارویی مرزه گزارش کردند که استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری گیاه، باعث افزایش وزن‌تر و نیز وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری گیاه با آب معمولی شد. قدمی و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که در گیاه سویا، مقدار عملکرد دانه، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین در تیمار آب مغناطیسی شده بیشتر از آب غیرمغناطیسی است. آب مغناطیسی به‌طور متوسط باعث افزایش ۱۰/۷۷ درصد در عملکرد دانه و افزایش ۱۱/۳۱ درصد بیوماس نسبت به آب غیر مغناطیسی شده است. به‌طور متوسط تیمار آب مغناطیسی باعث افزایش ۶/۸ درصدی ارتفاع گیاه سویا نسبت به تیمار آب غیرمغناطیسی شد. با توجه به این که آب مغناطیسی باعث افزایش قدرت حل‌کنندگی آب‌شده و در نتیجه فتوسنتز و رشد بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی به دلیل جذب مواد غذایی بیشتر از خاک، افزایش می‌یابد. با افزایش فتوسنتز، ماده غذایی بیشتری در گیاه تولید می‌شود که این امر تجمع ماده خشک گیاه را افزایش خواهد داد. آن‌ها نشان دادند که وزن دانه از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین شده و آبیاری با آب مغناطیسی باعث افزایش فتوسنتز جاری و نهایتاً انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای بیشتر

جدول (۳) مقایسه میانگین اثر آب مغناطیسی بر صفات رویشی و زایشی گیاه دارویی شوید در سطوح مختلف آب مغناطیسی ($P \leq 0.01$)

مغناطیسی ۰/۲ تسلا	مغناطیسی ۰/۱ تسلا	شاهد	
۱۳/۸۸ ^a	۱۱/۸۸ ^{ab}	۱۰/۱۱ ^b	تعداد برگ
۱۲/۳۶ ^a	۸/۶۷ ^b	۳/۹۶ ^c	تعداد چتر
۲۱۰/۰۳ ^a	۱۲۶/۹۵ ^b	۴۲/۵۶ ^c	تعداد چترک
۱۲/۳۵ ^a	۸/۵۷ ^b	۳/۶۱ ^c	تعداد شاخه فرعی
۱۱/۶۴ ^a	۱۰/۴۴ ^b	۸/۳۰ ^c	طول ریشه
۱۱۰/۸۴ ^a	۸۵/۷۹ ^b	۴۹/۹۵ ^c	طول ساقه
۵/۸۲ ^a	۴/۶۴ ^b	۲/۶۹ ^c	قطر ریشه
۵/۰۶ ^a	۴/۰۷ ^b	۲/۴۰ ^c	قطر ساقه
۳/۱۱ ^a	۱/۹۵ ^b	۰/۳۶ ^c	وزن تر ریشه
۱۷/۲۳ ^a	۱۳/۲۸ ^b	۴/۹۹ ^c	وزن تر ساقه
۱/۰۴ ^a	۰/۸۶ ^a	۰/۰۵ ^b	وزن خشک ریشه
۴/۲۵ ^a	۳/۱۷ ^b	۱/۰۳ ^c	وزن خشک ساقه

حروف مشابه در هر ردیف نشانگر عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

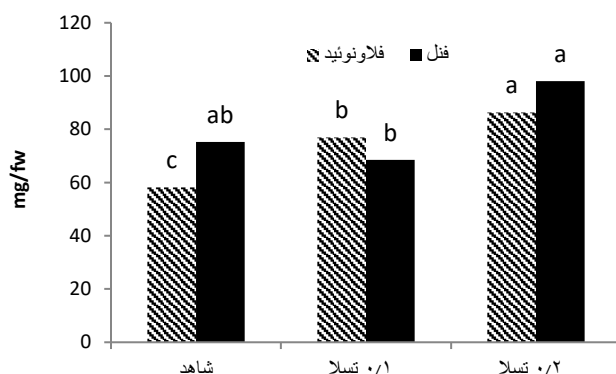
۱ فلاونوئید در تیمار ۰/۱ تسلا ۱۴/۷۷ درصد و در تیمار ۰/۲ تسلا آب مغناطیسی ۱۲/۹۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. فنل نیز بر اساس نمودار ۱ در تیمار ۰/۲ تسلا افزایش ۲۲/۴۲ درصدی را نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

جدول تجزیه واریانس ۴ نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات بیوشیمیایی شوید در مقایسه با شاهد داشته است. استفاده از میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری در سطح ۵٪ سبب افزایش مقادیر فنل و فلاونوئید کل گردید. به‌طوری‌که طبق نمودار

جدول (۴) تجزیه واریانس اثر آب مغناطیسی و توده شوید بر فلاونوئید، فنل، آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث و پروتئین گیاه

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
پروتئین	ویتامین ث	آنتی‌اکسیدان	آنتوسیانین	فنل کل	فلاونوئید		
۰/۰۰۹ ^{ns}	۳/۲۲ ^{ns}	۶۴/۶۰ ^{ns}	۱۰۳/۰۰۷ ^{ns}	۳۲/۰۱ ^{ns}	۹۰/۹۹ ^{ns}	۳	بلوک
۰/۰۱۴ ^{ns}	۴۸/۳۹ ^{ns}	۵۵۳/۵۵ ^{ns}	۲۰۳/۰۰۹ ^{ns}	۲۸/۷۷ ^{ns}	۱۶۲۲/۹۵ ^{ns}	۱	توده
۰/۰۵۱ ^{**}	۱۳۴/۶۷ ^{**}	۱۰۲/۰۵ ^{ns}	۱۵۲۸/۰۳۴ ^{**}	۱۹۳۳/۳۸ [*]	۱۶۴۷/۴۲ [*]	۲	مغناطیسی
۰/۰۶۳ ^{ns}	۵۶/۷۱ ^{ns}	۴۳۳/۵۰ ^{ns}	۳۲۷/۰۹ ^{ns}	۱۴۸۵/۵۰ ^{ns}	۶۶۰/۲۸ ^{ns}	۲	توده × مغناطیسی
۴/۹۲	۵/۱۸	۳/۴۶	۸/۱۳	۵/۵۱	۳/۹۸	-	ضریب تغییرات (%)

ns غیر معنی‌دار، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.



نمودار ۱- نمودار میانگین فنل و فلاونوئید شوید در دو میدان مغناطیسی با شدت‌های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد ($P \leq 0.01$)

سه‌گانه و یا تجزیه پراکسیدها داشته باشد (جوانمردی و همکاران ۲۰۰۳). یکی از فرضیه‌های دخیل در بیان اثرات احتمالی میدان‌های مغناطیسی، تولید رادیکال‌های آزاد هنگام قرار گرفتن در معرض میدان است. این رادیکال‌ها می‌توانند نقش دوگانه‌ای داشته باشند. به طوری که از یک طرف باعث تخریب در سلول شده و از طرف دیگر خود به عنوان مولکول نشانه باعث به راه افتادن مکانیسم‌های دفاعی در سلول شوند (قناتی و همکاران ۲۰۰۷). جاروب کردن و سم‌زدایی ترکیبات ROS توسط فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی (به عنوان مثال ترکیبات فنلی) و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (مانند کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) انجام می‌گیرد و سبب محافظت سلول‌های گیاهی از تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (ملاولی و همکاران ۲۰۱۶). از سوی دیگر تنش‌های غیرزیستی (مانند تیمار آب مغناطیسی شده) منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند (حسن زمان و همکاران ۲۰۲۰، عسگری و همکاران ۲۰۲۰، احمد و همکاران ۲۰۲۰، ذوالفقار و همکاران ۲۰۲۱).

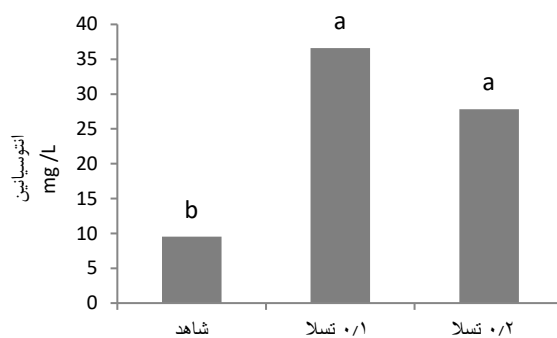
میدان مغناطیسی منجر به افزایش آنزیم PAL در گیاه توتون شده است (تربی و همکاران ۲۰۰۷) و با توجه به اینکه این آنزیم در مسیر فنیل پروپانوییدی جهت تولید ترکیبات فلاونوئیدی نقش دارد، به نظر می‌رسد احتمالاً تیمار آب مغناطیسی شده منجر به افزایش آنزیم PAL در گیاه دارویی شوید گردید و نهایتاً منجر به افزایش سنتز ترکیبات فلاونوئیدی در این گیاه شده است.

یکی از متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین گروه ترکیب‌های ثانویه در گیاهان، ترکیب‌های فنلی است. عوامل ژنتیکی و اکولوژیکی و اثرات متقابل این عوامل بر بیوسنتز این نوع ترکیبات مؤثر هستند. در شرایط تنش، گیاهان به طور طبیعی تولید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها را افزایش می‌دهند، زیرا این ترکیبات نقش کلیدی در محافظت گیاهان از آسیب‌های ناشی از تنش دارند. ترکیبات فنلی در طی رشد و نمو با هدایت عوامل ژنتیکی و در پاسخ به محرک‌های محیطی ساخته می‌شوند که از میان آن‌ها می‌توان به لیگنین‌ها، لیگنان‌ها، فنل‌های ساده و اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها اشاره کرد که امروزه با توجه به خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی و ضد سرطانی، بسیار مورد توجه هستند (حقیقت و همکاران ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد که تیمارهای مغناطیسی شرایطی مشابه استرس را برای شوید ایجاد می‌کنند و در نتیجه متابولیت‌های ثانویه بیشتری مانند ترکیبات فنلی برای تحمل این شرایط تولید می‌کنند. آب مغناطیسی شوید با تحریک بیوسنتز ترکیب فنلی می‌تواند گیاه را با این متابولیت‌های ارزشمند غنی کند.

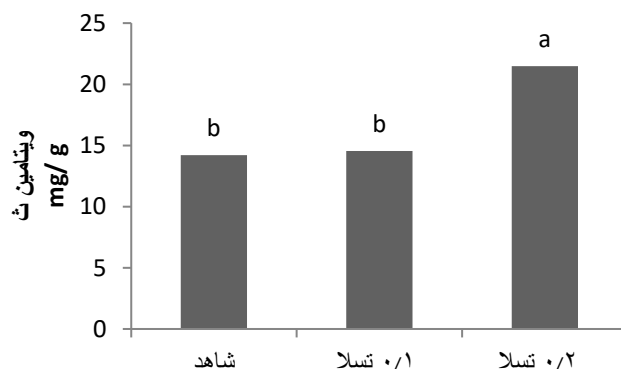
اکسیداسیون لیپیدها می‌تواند توسط ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به تأخیر انداخته شده و یا مهار شود (ولیکو ۱۹۹۸). اثر آنتی‌اکسیدانی غالباً مربوط به ترکیبات فنلی مانند اسید فنلیک‌ها، فلاونوئیدها و دی‌ترین‌های فنلی می‌باشد. این اثر عمدتاً به علت خواص بازدارندگی آن‌ها است که می‌تواند نقش حیاتی در جذب و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، دفع کردن اکسیژن تک و

مغناطیس) بر رشد نخودفرنگی نشان داده شد که آب مغناطیس باعث افزایش در پارامترهای بیوشیمیایی از قبیل کلروفیل، کارتنوئید و فنل کل می‌شود (هوزاین و همکاران ۲۰۱۱). تغییر بار الکتریکی مولکول‌های آب (کاتیون‌ها و آنیون‌ها) در میدان‌های مغناطیسی باعث تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر آب، افزایش قدرت حلالیت آب و کاهش درجه سختی آب می‌شود (فیشر و همکاران ۲۰۰۴).

بررسی‌ها نشان می‌دهد، امواج الکترومغناطیس ۸۵ درصد باعث افزایش ترکیبات فنولیک در ذرت شده است که افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی مثل فنل و فلاونوئید از مکانیسم‌های دفاعی گیاهان در برابر تنش امواج الکترومغناطیسی است. امواج الکترومغناطیسی باعث افزایش سنتز اسید سیامیک و فعال شدن مسیر فنیل پروپنویید می‌شود که مسیر سیستم مقاومت آنتی‌اکسیدانی مؤثر در برابر تنش‌های گیاهان می‌باشند. در بررسی اثر آب مغناطیسی و آب لوله (بدون اثر



نمودار ۲- میانگین آنتوسیانین در دو میدان مغناطیسی با شدت‌های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد ($P \leq 0.01$)



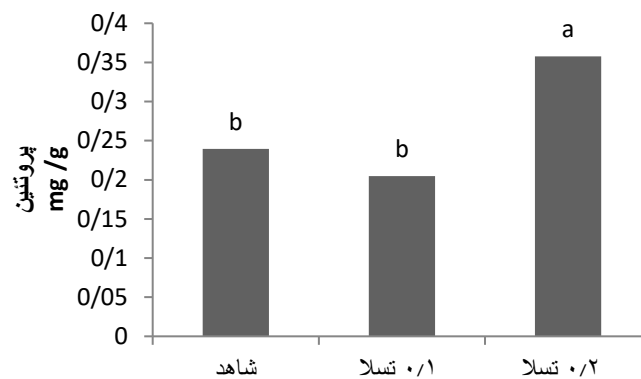
نمودار ۳- نمودار میانگین ویتامین ث شوید در دو میدان مغناطیسی با شدت‌های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد ($P \leq 0.01$)

هوزاین و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که در اثر آبیاری با آب مغناطیسی، ۷ باند پروتئینی جدید در گیاه تشکیل شد. همچنین نتایج ابراهیمی و همکاران (۲۰۰۹) بیان می‌دارد که آنتوسیانین در گل محمدی توسط تیمار آب مغناطیسی افزایش یافت. از آنجایی‌که

طبق مندرجات جدول ۴ آنتوسیانین، ویتامین ث و پروتئین در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است ولی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثر معنی‌داری نداشت. توده بذری، بلوک و اثر متقابل توده بذری و تیمار نیز معنی‌دار نشده است.

فرضیات، آنتوسیانین نیز دارای افزایش چشمگیری در این آزمایش بود.

آنتوسیانین ها زیر گروهی از فلاونوئید ها می باشند و با توجه به نمودار (۱) فلاونوئید ها در اثر تیمار آب مغناطیسی افزایش یافته اند، طبق نتایج به دست آمده و

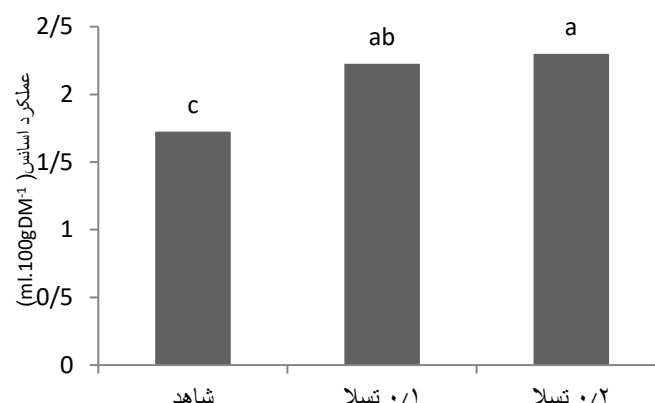


نمودار ۴- نمودار میانگین پروتئین شوید در دو میدان مغناطیسی با شدت های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد ($P \leq 0.01$)

جدول ۵- تجزیه واریانس اسانس شوید توده تبریز و ورامین

وزن اسانس	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر	حجم اسانس	
				وزن اسانس	حجم اسانس
۰/۰ ns	۰/۰۱۰ ns	۱	توده	۰/۰۱۰ ns	۰/۰۱۰ ns
۰/۰۲۴۹ ns	۰/۰۵۷ ns	۳	بلوک	۰/۰۲۴۹ ns	۰/۰۵۷ ns
۰/۴۲۹*	۰/۰۹۵**	۲	تیمار	۰/۴۲۹*	۰/۰۹۵**
۰/۰۳۰ ns	۰/۰۶۲ ns	۲	توده*تیمار	۰/۰۳۰ ns	۰/۰۶۲ ns
۰/۰۹۳	۰/۰۱۵	۱۵	خطا	۰/۰۹۳	۰/۰۱۵

ns غیر معنی دار، *، ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.



نمودار ۵- میانگین عملکرد اسانس در ۱۰۰ گرم ماده خشک شوید در دو میدان مغناطیسی با شدت های ۰/۱ و ۰/۲ تسلا و تیمار شاهد

هوزین و همکاران (۲۰۲۰) نتایج تجزیه و تحلیل اسانس ریحان فرانسوی نشان داد که بیشترین مقدار لینالول جزء

بر اساس جدول ۵ حجم اسانس در سطح ۱٪ و وزن اسانس در سطح ۵٪ معنادار می باشد. طبق یافته های

محصولات کشاورزی باشد. آب تحت تأثیر میدان مغناطیسی، به عنوان یک تیمار فیزیکی، می‌تواند منجر به افزایش ترکیبات شیمیایی و افزایش فعالیت‌های متابولیکی در گیاه شوند.

آزمایش‌های انجام شده بر روی گیاه شوید نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی منجر به افزایش پارامترهای رشد، تولید متابولیت‌های ثانویه و کیفیت اسانس گیاه شده است. این تغییرات نه تنها باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی محصول شدند، بلکه تولید این متابولیت‌ها نه تنها خواص دارویی و درمانی گیاهان را افزایش می‌دهد، بلکه به مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی، بیماری‌ها و آفات بدون نیاز به استفاده از سموم شیمیایی کمک می‌کند. به طور خاص، تیمار آب مغناطیسی باعث افزایش طول گیاه، وزن تر و خشک، و نیز بهبود فرایند فتوسنتز شد.

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آب مغناطیسی به عنوان یک روش نوین و مؤثر در مدیریت منابع آب و بهبود تولیدات کشاورزی، به ویژه در مناطق با مشکلات آب آبیاری، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش نه تنها بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد، بلکه با کاهش نیاز به مواد شیمیایی و بهبود سلامت گیاهان، به حفظ محیط زیست نیز کمک می‌کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دست‌اندرکاران مجموعه ایستگاه آموزشی و تحقیقاتی خلعت پوشان و جناب آقای دکتر زارع کمال تشکر را داریم.

اصلی اسانس با قرارگیری در معرض آب مغناطیسی نسبت به شاهد افزایش تولید داشت. افزایش در تولید اسانس در مورد عملکرد بیشتر با مصرف آب کمتر، بهره‌وری آب بالاتری را به همراه داشته است.

اسانس‌ها ترکیباتی فرار هستند که اجزا متشکله و ترکیب شیمیایی آن‌ها توسط فاکتورهای زراعی (دسترس‌ی عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف، رژیم آبیاری و کودی)، شرایط رشد (تولید گلخانه‌ای، سیستم‌های کشت بدون خاک و زیستگاه‌های طبیعی)، شرایط جغرافیایی و آب و هوایی (دسترس‌ی آب، ویژگی‌ها خاک، کمیت و کیفیت نور و دما) مسائل بیوشیمیایی و ژنتیکی (هیبریداسیون طبیعی و زیرگونه‌ها) تحت تأثیر قرار می‌گیرد (حسن‌پور و همکاران ۲۰۱۰). با توجه به اینکه تیمار با آب مغناطیسی موجب افزایش جذب عناصر بدون استفاده از کودهای شیمیایی می‌گردد (نیرپور و همکاران ۲۰۲۱) و مغناطیسی کردن آب به عنوان تنش غیرزیستی و فیزیکی شناخته می‌شود، لذا به نظر می‌رسد همین امر منجر به افزایش اسانس در گیاه دارویی شوید شد با توجه به اینکه ترکیبات عمده موجود در این اسانس، سبب کاهش رادیکال‌های آزاد در بدن موجودات زنده می‌شود و با این مکانیسم، به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان شناخته می‌شود (بهرامی کیا ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری می‌تواند یک راهکار مؤثر برای افزایش بهره‌وری آب و بهبود کیفیت

منابع مورد استفاده

- Aghasizadeh Shaarba M, Payamnoor V and Rezaei Asl A. 2022. The effect of magnetic field on vitality, betulinic acid and antioxidant properties in birch (*Betula pendula* Roth.). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 29(2): 39-57. doi: 10.22069/jwfst.2022.19601.1946
- Ahmad S, Su W, Kamran M, Ahmad I, Meng X, Wu X, Javed T and Han Q. 2020. Foliar application of melatonin delays leaf senescence in maize by improving the antioxidant defense system and enhancing photosynthetic capacity under semi-arid regions. Protoplasma, 257, 1079-1092. https://doi.org/10.1007/s00709-020-01491-3

- Ahmadi M, Ghasemnezhad A, Sadeghi Mahoonak A and Rezaie Asl A. 2016. Effect of magnetized and saline water on the biomass yield of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). *Advances in Bioresearch*, 7(1): 158-166. (In Persian). DOI:10.15515/abr.0976-4585.7.1.158-166
- Aladjadjian A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 8: 369-380.
- Al-Snafi A E. 2014. The pharmacological importance of *Anethum graveolens*—A review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(4): 11-13.
- Andalibi B, Zehtab Salmasi S, Ghassemi Gholezani K and Saba J. 2011. Changes in essential oil yield and composition at different parts of dill (*Anethum graveolens* L.) under limited irrigation conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2): 11-24. (In Persian). DOI : 10.29252/fsct.18.06.03
- Arbabian S, Majd A and Salaripour S. 2010. The effects of electromagnetic field (EMF) on vegetative organs, pollen development, pollen germination and pollen tube growth of *Glycine max* L. *Journal of Cell and Tissue*, 1(1): 35-42. doi: 10.52547/JCT.1.3.35
- Arya S P, Mahajan M and Jain P. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Analytica Chimica Acta*, 417(1): 1-14. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)00909-0](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)00909-0)
- Asghari B, Khademian R and Sedaghati B. 2020. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage conditions. *Science Horticulture*, 263: 109-132. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109132>
- Bahramikia S, Ardestani A and Yazdanparast R. 2009. Protective effects of four Iranian medicinal plants against free radical-mediated protein oxidation. *Journal of Food Chemistry*, 115: 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.054>
- Banejad H, Mokari Gahroodi, E, Esnaashari M and Liaghat AM. 2013. Assessment of the interaction of magnetic water and salinity on yield and components of Basil plant. *Iranian Journal of irrigation and Drainage*, 7(2): 178-183. (In Persian).
- Bewley J D and Black M. 2012. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control*. Springer Science & Business Media
- Bradford M B. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Chang C C, Yang M H, Wen H M and Chern J C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10: 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Croteau R, Kutchan T M and Lewis N G. 2000. Natural products. In: *Natural products (Secondary metabolites)*. (Eds. Buchanan, B. Grisseem, W. Jones, R). American Society of Plant Physiologists, 1250-1318.
- De Souza A, Gani P, Sueiro L, Gilart F, Porrás E and Licea L. 2006. Pre-Sowing magnetic treatment of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*, 27: 247-257. <https://doi.org/10.1002/bem.20206>
- Delaquis P J, Stanich K, Girard B and Mazza G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74: 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00734-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00734-6)
- Duke J A. 2001. *Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press LLC, USA, p 42.
- Ebrahimzadeh M A, Nabavi S F and Nabavi S M. 2009. Antioxidant activity of leaves and inflorescence of *Eryngium caucasicum* Trautv at flowering stage. *Pharmacognosy Research*, 1: 435-439.

- Fisher G, Tausz M, Kock M and Grill D. 2004. Effects of weak 16 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. *Bioelectromagnetics*, 25: 638-641. <https://doi.org/10.1002/bem.20058>
- Ghadami firouzabadi A, Khoshravesh M, Shirazi P and Zare H. 2016. Effect of irrigation with magnetized water on the yield and biomass of soybean var. DPX under water deficit and salinity stress. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(1): 131-143. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22287140.1395.30.1.1.12.7.3>
- Ghanati F, Abdolmaleki P, Vaezzadeh M, Rajabbeigi E and Yazdani M. 2007. Application of magnetic field and iron in order to change medicinal products of *Ocimum basilicum*. *Environmentalist*, 27: 429-434. <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9079-7>
- Giusti MM, Rodriguez Soana LF, Baggett JR, Reed GL, Durst RW and wrolestad RE. 1998. Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorants. *Journal of Science*, 47: 4631-4637.
- Haghighat N, Abdolmaleki P, Ghanati F, Behmanesh M and Payez A. 2014. Modification of catalase and MAPK in *Vicia faba* cultivated in soil with high natural radioactivity and treated with a static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*, 171: 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.10.019>
- Hasanuzzaman M, Bhuyan M B, Zulfiqar F, Raza A, Mohsin S M, Al Mahmud J, Fujita M and Fotopoulos V. 2020. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress, Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, 9: 681.
- Hashemabadi D. 2017. The activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes under the influence of water and irrigation intervals to ornamental periwinkle. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(1): 49-59. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.128181.805>
- Hashenmabadi D, zaredost F and solimandarabi j. 2015. The effect of magnetic water and irrigation intervals on the amount of the nutrient elements in soil and aerial part of prewikel (*Catarantus roseus* L.). *Journal of Ornamental Plants*, 5(3): 2251-6441. (In Persian).
- 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*, 32: 2151-7525.
- Hozayn M, Ali H M H, Marwa M A and El-Shafie A F. 2020. Influence of magnetic water on French basil (*Ocimum basilicum* L. var. Grandvert) plant grown under water stress conditions. *Plant Archives*, 20(1): 3636-3648.
- Javanmardi J, Stushonoff C, Locke E and Vivanco J M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum accessions*. *Food Chemistry*, 83(4): 547-550. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00151-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00151-1)
- Jirovetz L, Buchbauer G, Stoyanova AS, Georgiev EV and Damianova ST. 2003. Components, quality control and antimicrobial activity of the essential oil of longtime stored dill *Anethum graveolens* L. seeds from Bulgaria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13): 3854-7. <https://doi.org/10.1021/jf030004y>
- Koleva II, van Beek TA, Linssen J P H, de Groot A and Evstatieva L N. 2002. Screening of plant extracts for antioxidant activity: A comparative study on three testing methods. *Phytochemical Analysis*, 13: 8-17. <https://doi.org/10.1002/pca.611>
- Kubeczka KH. 2002. Essential oils Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon – 13 NMR Spectroscopy. John Wiley & Sons LTD. Englad, 461.
- Lichtenthaler, H and Buschmann C. 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Unit F4.3.1-F4.3.8.

- Maleki khezerlu S and Tajbakhsh M. 2017. Study of morphological characteristics and forage quality of *Amaranthus hypochondriacus* L. under some Seed priming, Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 103-112. <https://doi.org/10.22067/gsc.v15i1.43478>
- Marghabeizadeh GH, Gharineh MH, Fathi GH, Abdali AR and Farbod M. 2015. Effect of ultrasound waves and magnetic field on germination, growth and yield of *Carum copticum* (L.)C. B. Clarke in lab and field conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(4): 539-560. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2014.9834>
- Marghaeezadeh G, Gharineh M, Fathi G, Abdali A and Farbod M. 2014. Effects of ultrasound waves and magnetic field on growth and yield of *Curum copticum* in field conditions. Applied Field Crops Research, 27(104): 142-151. <https://doi.org/10.22092/aj.2014.101822>
- Mollavali M, Bolandnazar S A, Schwarz D, Rohn S, Riehle P and Zaare Nahandi F. 2016. Flavonol glucoside and antioxidant enzyme biosynthesis affected by mycorrhizal fungi in various cultivars of onion (*Allium cepa* L.). Journal of Agriculture Food Chemistry, 64: 71-77. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04791>
- Morris J K. 1965. A formaldehyde glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. Journal of Cell Biology, 27: 1A-149A.
- Nashir S. H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Engineering and Technology, 26(9): 16-20.
- Nayer poor Dizaj A, Alizadeh Salteh S and Zaare Nahandi F. 2021. The effect of magnetic water on some morphological characteristics, yield and essential oil composition of savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of agricultural science and sustainable production, 31(1): 163-176. (In Persian). <https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764310.1400.31.1.10.8>
- Nikbakht J and Rezaee E. 2011. Effect of different levels of magnetized wastewater on yield and water use efficiency in Maize and some of soil physical properties. Iranian Journal of Soil and Water Research, 48(1):63-75. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2017.61341>
- Nikbakht J, Khande royan M, Tavakoli A and Taheri M. 2013. The effect of low irrigation with magnetic water on yield and water use efficiency of corn. Journal of Agricultural Research in Water, 27(4): 551-563.
- Ozliman S, Yaldiz G, Camlica M and Ozsoy N. 2021. Chemical components of essential oils and biological activities of the aqueous extract of *Anethum graveolens* L. grown under inorganic and organic conditions. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 8: 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40538-021-00224-9>
- Ran C, Hongwei Y, Jinsong H and Wanpeng Z. 2009. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. Journal of Molecular Structure, 938: 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2009.08.037>
- Shabani E, Bolandnazar S, Tabatabaei S.J, Najafi N, Alizadeh-Salteh S and Rouphael Y. 2018. Stimulation in the movement and uptake of phosphorus in response to magnetic P solution and arbuscular mycorrhizal fungi in *Ocimum basilicum*. Journal of plant nutrition, 41(13):1662-1673. <https://doi.org/01904167.2018.1458872/10.1080>
- Singh G, Maurya S and Catalan C. 2005. Chemical constituent's antimicrobial investigations and antioxidant potentials of *Anethum graveolens* essential oil and acetone extract. Journal of Food Science, 70: 208-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07190.x>
- Song H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms Electronic. Journal of Biology, 1(3): 44-48.

- Trebbi G, Borghini F, Lazzarato L, Torrigiani P, Calzoni GL and Betti L. 2007. Extremely low frequency weak magnetic fields enhance resistance of NN tobacco plants to tobacco mosaic virus and elicit stress-related biochemical activities. *Bio-electromagnetics*, 28: 214–223. <https://doi.org/10.1002/bem.20296>
- Velioglu Y.S, Mazza G, Gao L and Oomah B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 46: 4113–4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>
- Yazdani D, Jamshidi A, Rezazadeh S, Mojab F and Shahnazi S. 2004. Changes in percent and volatile oil components in different stages of Dill growing. *Journal of Herbal drugs*, 3(11): 38-41.
- Yazdani M, Shahryari M and Hamed B. 2004. Preparation *Foeniculum officinalis* and *Recucita* control group (without drug) on dysmenorrheal and pms. *Journal of Hormozgan University of Medical Sciences*, 8(1): 57-61.
- Zarei S, Kasraei M and Nematollahi M. A. 2020. Investigating the Impact of the magnetized water on the growth and germination of five wheat grain seeds. *Journal of Agricultural Machinery*, 10(2): 289-298. <https://doi.org/10.22067/jam.v10i2.76707>
- Zulfiqar F and Ashraf M. 2021. Bioregulators, Unlocking their potential role in the regulation of the plant oxidative defense system. *Plant Molecular Biology*, 105: 11-41. <https://doi.org/10.1007/s11103-020-01077-w>