

## طراحی و ساخت سامانه الکترومغناطیس کننده با نانو فیلترهای مؤثر به منظور افزایش تولید و

### کاهش آلودگی زیست محیطی در آبیاری محصولات کشاورزی

شاهین شرفالدین شیرازی<sup>۱\*</sup>، منصور نجاتی جهرمی<sup>۲</sup>، مهدی سیمیری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۴

## چکیده

آب عنصر حیاتی برای بقا و حفظ کیفیت و منابع آن برای هر کشوری حائز اهمیت است. به منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی و نانو فیلتر بر آب آبیاری بر برخی صفات رشدی گیاه گوجه‌فرنگی شامل روز تا جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ارتفاع گیاه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در برگ‌ها، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با دو سطح میدان مغناطیسی، چهار سطح نانو فیلتر و سه سطح گردش آب صورت گرفت. به طور کلی نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی اثر مطلوبی بر صفات مورد بررسی داشت و نانو فیلتر اثر کم‌تری از خود نشان داد. در اثر متقابل عوامل نیز میدان مغناطیسی مؤثرتر واقع گردید. در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش، دستگاه مغناطیس کننده ساخته شد که این دستگاه نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و از اثرات سوء زیست محیطی آنان می‌کاهد.

**واژه‌های کلیدی:** آب، آلودگی زیست محیطی، صفات رشدی، میدان مغناطیسی، نانو فیلتر

## مقدمه

رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع غذایی، بشر را با چالش بزرگ امنیت غذایی و بحران‌های منطقه‌ای و بین‌المللی روبه‌رو کرده است. آب یکی از مواد مایع و فراوان‌ترین ماده مرکب بر روی سطح کره زمین و بستر اولیه حیات به شکلی که امروزه می‌شناسیم، است (دیوی، ۲۰۰۸). هیچ کشوری بدون اطمینان از داشتن آب نمی‌تواند ثبات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی خود را حفظ کند و بدون کاهش میزان آلودگی جو، امنیت نسل‌های آتی از نظر آب و غذا مبهم و بدین طریق توسعه پایدار فقط در حد یک شعار دل‌فریب باقی خواهد ماند (کندی و همکاران، ۱۳۹۴). برآور (۲۰۱۵) اعلام نمود که pH نمونه آب مورد آزمایش تحت تأثیر میدان مغناطیسی، از ۹/۲ به ۷/۵ کاهش یافت. در پژوهش پیدرسین (۲۰۱۵) مشخص شد که بیشترین

۱ - کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی - زراعت، تهران

\* (نویسنده مسئول : sharafaldinshirazi.shahin@gmail.com)

۲ - دکتری برق - مخابرات، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران

۳ - دکتری فناوری نانو - نانو مواد، دانشگاه امام علی (ع)، تهران

تأثیر آب مغناطیسی افزایش میزان تبلور و محتوای گازهای آزاد بود. گاز زدایی آب موجب افزایش قابلیت نفوذپذیری در خاک و در نتیجه افزایش راندمان مصرف آب گردید.

در ادامه، اثر آب مغناطیسی بر جوانه‌زنی نخودفرنگی (*Pisum sativum*) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که دانه‌های تحت تأثیر آب مغناطیسی ۱۰۰ درصد جوانه زدند در حالی که میزان جوانه‌زنی در دانه‌های شاهد ۸۵ درصد بود. همچنین در مدت زمان آزمایش، سرعت رشد و ارتفاع نمونه‌های تحت آبیاری با آب مغناطیسی بیشتر از شاهد بود. بانژاد و همکاران (۱۳۹۲) اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) را بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داد که آب مغناطیسی اثر معنی‌دار مثبتی بر عملکرد گیاه داشت. همچنین توانست تا حد زیادی از اثر منفی شوری آب بکاهد. اثر کاربرد آب مغناطیسی روی سبز شدن بذر ذرت در بستر شنی مورد مطالعه محمود و همکاران (۲۰۱۴) قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که آب مغناطیسی موجب افزایش درصد جوانه‌زنی، کوتاه شدن تعداد روز تا سبز شدن، افزایش سرعت رشد، افزایش وزن تر و خشک و همچنین کلروفیل‌ها شده است. براور (۲۰۱۵) چگونگی عبور آب از میدان مغناطیسی را تشریح نمود. حرکات دو قطبی مولکول‌های جامدات و نیز مولکول‌های آب تحت تأثیر آهنربا به کریستالیزه شده و مانند کریستال به لایه‌های نازک و یون‌های در امتداد محورهای مغناطیسی درمی‌آیند. سپس میدان مغناطیسی بر تولید فزاینده نوکلئومولکول‌ها تأثیر می‌گذارد. بنابراین ذرات جامد به صورت کریستال‌های بهینه در خواهند آمد که تمایل به جدا ماندن دارند چراکه دچار بارهای اضافی یکسان شده‌اند. در این حال پودر کلسیم کربنات، خمیر مانند شده که در این صورت به ذرات و یا سطوح لوله‌ها نخواهد چسبید.

همچنین در رابطه با میزان دبی، هر چند که هنوز قطعی ارائه نشده، شرکت بین‌المللی پلار گزارش کرده است که سرعت مناسب عبور مایع از میدان مغناطیسی ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه است، چراکه دبی بالا مانع از ارتباط کافی با میدان مغناطیسی خواهد شد. از طرفی دیگر، شرکت‌های دیگری نظیر سی‌ای-پی-آی (CEPI) اعلام نموده‌اند که کاهش شدت جریان محلول می‌تواند منجر به اختلال و آشفتگی محلول مغناطیس شده شود. بر اساس گزارش ماسین و ایگناتو (۲۰۱۵)، سرعت مناسب جریان محلول ۰/۵ تا ۲ متر بر ثانیه است. یافته‌های گبریلی و همکاران (۲۰۰۰) و براور (۲۰۱۵) نیز نشان داد که چیدمان متناوب آهنرباها اثری بهتر بر کاهش جرم و رسوبات در مقایسه با چیدمان غیر متناوب آهنرباها دارد. بر اساس گزارش آن‌ها، روکار بودن دستگاه مغناطیس کننده نیز اثر گذارتر خواهد بود.

در پژوهشی که توسط چین و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت مشخص گردید که نانوفیلتراسیون می‌تواند بیش از ۹۰ درصد ترکیبات آلوده کننده موجود در آب را حذف نموده و در نتیجه منجر به افزایش کیفیت و بهبود وضع بهداشتی (حذف باکتری‌ها و ویروس‌ها) می‌گردد. کارنیک و همکاران (۲۰۱۵) متوجه شدند که نانوفیلتراسیون باعث افزایش کیفیت آب خروجی و نیز کاهش رسوبات و ترکیبات جانبی می‌گردد. در پژوهش الکساندر و همکاران (۲۰۱۵) بر روی اثر نانوفیلتراسیون بر سختی

زدایی آب این نتیجه حاصل شد که نانوفیلتراسیون در pH ۷ تا ۹ بیشترین میزان حذف آلاینده‌ها، رسوبات، باکتری‌های و ویروس‌ها را دارد است.

## مواد و روش‌ها

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شد. بذره‌های گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) از مؤسسه بذر و نهال کرج با قوه‌نامیه ۸۵ درصد تهیه شدند. بذرها در گلدان‌هایی با مخلوط مساوی خاک، کود دامی و ورمی کمپوست کاشته شدند. آبیاری به طور منظم در فواصل معین انجام پذیرفت. نتایج حاصل از آزمون نمونه خاک در جدول ۱ آمده است.

طرح مورد استفاده شامل دو سطح میدان مغناطیسی ( $m_0$  = عدم حضور میدان مغناطیسی و  $m_1$  = حضور میدان مغناطیسی)، چهار سطح نانو فیلتر ( $f_0$  = بدون فیلتر،  $f_1$  = فیلتر پیش از ورود به میدان مغناطیسی،  $f_2$  = فیلتر پس از خروج از میدان مغناطیسی و  $f_3$  = فیلتر پیش از ورود و پس از خروج از میدان مغناطیسی) و سه سطح گردش آب ( $x_1$  = یک بار گردش،  $x_2$  = سه بار گردش و  $x_3$  = پنج بار گردش) از میدان مغناطیسی با سه تکرار بود. در آذر ماه ۱۳۹۵ بذرها کاشته شدند و در هر کرت سه گلدان قرار گرفت.

جدول ۱: برخی خواص فیزیکی و شیمیایی<sup>۱</sup> خاک مورد آزمایش

Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	K	P	N	T.N	O.C	EC	
										mg/kg	%	dS/m
۲/۶۰	۰/۶۸	۹/۹	۷/۴	-	-	۷۲۶	۱۶	۸/۱۹	۰/۰۷۲	۰/۷۰	۰/۹۲	۷/۳

<sup>۱</sup> - فرم قابل جذب عناصر غذایی اندازه‌گیری شده.

نتایج حاصل از آنالیز آب مورد استفاده به در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

B	SAR*	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	CL <sup>-</sup>	HCO <sup>3-</sup>	pH	EC	O
(mg.kg <sup>-1</sup> )		(meq.l <sup>-1</sup> )	(meq.l <sup>-1</sup> )	(meq.l <sup>-1</sup> )	(meq.l <sup>-1</sup> )	(meq.l <sup>-1</sup> )		(dS/m)	(mg.l <sup>-1</sup> )
۰/۵۶	۶	۶	۱/۲	۳/۷	۶	۴/۳	۷/۶۳	۰/۹۸۳	۵/۴۸

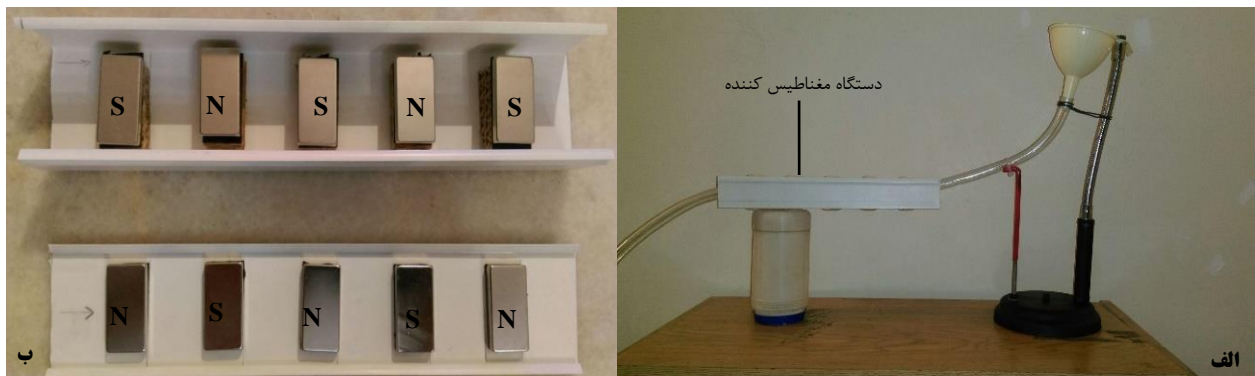
\* نسبت جذب سدیم

با توجه به توصیه پژوهشگران، حداقل نیروی مغناطیسی لازم برای تأثیر بر آب ۳۰۰۰ گوس است که بهتر است از آهنربای دائمی و جهت عبور جریان از داخل میدان مغناطیسی از لوله‌هایی از جنس استیل، مس و یا پی‌وی‌سی استفاده شود.

(ماسین و ایگناتو، ۲۰۱۵). به دلیل عدم دو قطبی بودن لوله‌های پی‌وی‌سی، حداکثر جریان مغناطیسی به مولکول‌های دو قطبی آب نفوذ می‌نماید که می‌تواند بهترین نتیجه را حاصل نماید. البته در آهنرباها با توان‌های بالا نیز می‌توان از لوله‌های استیل استفاده نمود. این امر موجب می‌شود که لوله به صورت آهنربای ثانویه عمل نموده و محیط مؤثر میدان مغناطیسی را افزایش دهد (براور، ۲۰۱۵).

در طی مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه، صفات روز تا جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند و پس از رسیدن گیاه به مرحله ۳ تا ۴ برگ برداشت صورت گرفت و سایر صفات اندازه‌گیری شدند. برگ‌های ردیف نخست برای اندازه‌گیری رنگی‌های فتوسنتزی و ردیف دوم به منظور اندازه‌گیری عناصر جذب شده استفاده شدند.

در مرحله آزمایشگاهی، دستگاهی آزمایشی، جهت انجام آزمون‌ها ساخته شد (شکل ۱ - الف). از این‌رو، از پنج عدد آهنربا با توان ۳۲۰۰ گوس از جنس نئودیم (شکل ۱ - ب) و برای فیلتر نمودن آب نیز از نانو فیلتر ۲۰۰ نانومتری GVS ساخت ایالات متحده (Reference No.: FJ25ASCCA002DL01) استفاده گردید. چیدمان آهنرباها به صورت متناوب و روکار بود.



شکل ۱: نمونه آزمایشی دستگاه مغناطیس کننده (الف) و چیدمان آهنرباها (ب)

دبی جریان عبوری توسط فلومتر الکترومغناطیس کانال باز رزمونت (Rosemount) مدل ۸۷۰۰ روی ۱ متر بر ثانیه تنظیم گردید. همچنین جنس لوله مورد استفاده جهت عبور آب پی‌وی‌سی بود. نمونه‌های آب بر اساس طرح پیش از هر مرحله آبیاری تهیه شدند. درصد جوانه‌زنی و تعداد روز تا جوانه‌زنی یادداشت گردید.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی بذر از فرمول ۱ استفاده شد (اجمل خان و همکاران، ۲۰۱۴).

$$100 \times (\text{کل بذر کشت شده} / \text{تعداد بذرهای جوانه زده}) = \text{درصد جوانه زنی} \quad (1)$$

همچنین سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (اجمل خان و همکاران، ۲۰۱۴).

$$V_g = \sum \frac{Ni}{Di} \quad (2)$$

که در آن:

$V_g$ : سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر در روز، Ni: تعداد بذر جوانه‌زده در هرروز و Di شماره روز می‌باشد.

برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه و طول ریشه‌چه از خطکش فلزی استفاده شد. وزن تر گیاهان بلافاصله پس از برداشت توسط ترازوی دیجیتالی چهار صفر AND مدل HR توزین شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک، گیاهان مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و پس‌ازآن با ترازوی دیجیتالی چهار صفر توزین شدند (شرف‌الدین شیرازی ۱۳۹۲). برای سنجش کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید مقدار ۰/۰۵ گرم برگ تر را با ترازوی دیجیتالی سه صفر AND مدل GF-300 وزن نموده و با ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده، سپس مخلوط به‌دست‌آمده را صاف نموده و با استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر Rayleigh مدل UV-1600 اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول استاندارد ارائه شده (۳-۶)، غلظت کلروفیل‌های a، b، کل و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ تعیین شد (وبتپام و همکاران، ۱۹۷۱).

$$\text{Chl.b} = \left[ \frac{12}{7} (A_{663}) - \frac{2}{69} (A_{645}) \right] \frac{V}{W} \times 1000 \quad \text{میلی‌گرم در گرم برگ وزن تر برگ} \quad (۳)$$

$$\text{Chl.b} = \left[ \frac{22}{9} (A_{645}) - \frac{4}{68} (A_{663}) \right] \frac{V}{W} \times 1000 \quad \text{میلی‌گرم در گرم برگ وزن تر برگ} \quad (۴)$$

$$C_{x+c} = \frac{1000 \times A_{1-470} / 8 \times \text{Chl.a} - 85 / 0.2 \times \text{Chl.b}}{198 \times 1000 \times W} \times 20 \quad (۵)$$

$$\text{(میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) کلروفیل a} + \text{کلروفیل b} = \text{کل کلروفیل} \quad (۶)$$

$$A_{663} = \text{جذب در } 663 \text{ نانومتر، } A_{645} = \text{جذب در } 645 \text{ نانومتر، } A_{470} = \text{جذب در } 470 \text{ نانومتر}$$

$$V = \text{حجم محلول، } W = \text{وزن برگ به میلی‌گرم، } C_{x+c} = \text{کاروتنوئید}$$

برای اندازه‌گیری میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌های جمع‌آوری‌شده با آب مقطر شسته، خشک و آسیاب شدند. سپس هضم عناصر فسفر و پتاسیم صورت گرفت. روش کار به این صورت است که یک گرم از پودر آسیاب شده (وزن شده با ترازوی دو صفر Sartorius مدل (GM-312) موردنظر را در ظرف مخصوص کوره ریخته و به مدت ۷ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد کوره قرار گرفتند. پس از خنک شدن روی نمونه‌ها ۲ تا ۳ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته، سپس هیدروکلریک اسید ۲ مولار به میزان ۵ میلی‌لیتر به آن اضافه شد. محلول‌ها داخل بالن با درپوش به مدت یک ساعت بر روی هیتر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از خنک شدن حجم محلول‌های بالن‌ها با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان

پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر و میزان فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر مشخص گردید (کارلا، ۱۹۹۸). در مورد نیتروژن، هضم تر به روش مخلوط سولفوریک اسید و سالیسیک اسید انجام شد. نمونه در مجاورت با سولفوریک اسید قوی آب خود را از دست می‌دهد و بیشترین قسمت مواد آلی در حرارت نسبتاً بالا اکسیده می‌شود. عمل هضم با وجود آب اکسیژنه در حرارت بالا کامل می‌گردد. اضافه کردن سالیسیک اسید برای انجام عمل احیای نیترات است. عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی نیتروژن کل، کلسیم، منیزیم، منگنز، سدیم، پتاسیم و فسفر در اجزاء گیاه و کود آلی به کار می‌رود. بر همین اساس ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ (۰.۹۶٪) به دفعات و در حجم‌های کم به آن افزوده شد. ۶ گرم سالیسیک اسید به محلول اضافه کرده و با کمک مگنت حل شد. سپس ۰/۳ گرم از نمونه برگ آسیاب شده (وزن شده با ترازوی دیجیتالی سه صفر AND مدل (GF-300) را داخل بالن هضم ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن ۲/۵ میلی‌لیتر مخلوط اسیدها اضافه شد. نمونه برای یک شب به حال خود رها گردید. روز بعد نمونه به مدت یک ساعت بر روی هیتر در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خنک شدن نمونه‌ها حدود ۰/۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن‌ها افزوده و مجدداً به مدت ۷ دقیقه روی هیتر در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. دوباره پس از خنک شدن نمونه‌ها، ۰/۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن‌ها اضافه شد و این عمل تا جایی که نمونه‌ها سفید شوند، ادامه یافت. نمونه‌ها پس از خنک شدن به بالن‌های ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده شدند در نهایت محلول‌ها به روش کجلدال (روش کلدال یا کجلدال در شیمی تجزیه روشی برای اندازه‌گیری کمی نیتروژن در مواد شیمیایی است که توسط یوهان کلدال در سال ۱۸۸۳ کشف شد. اساس آزمایش بر مبنای اندازه‌گیری کل نیتروژن موجود در غذاها با فرض بر این که تمام نیتروژن موجود از نوع پروتئینی بوده و با استفاده از ضرایب تبدیل نیتروژن به پروتئین استوار است. پس از مرحله هضم، مراحل تقطیر و تیتراسیون انجام می‌شوند.) ورد آنالیز قرار گرفتند (سیمون و همکاران، ۱۹۹۳).

پس از جمع‌آوری اطلاعات، اعداد و ارقام، تجزیه و تحلیل آماری نتایج توسط نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ انجام گرفت. مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام و توسط نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز شدند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده میدان مغناطیسی بر تمامی صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد، معنی‌دار و مثبت بود. اثر ساده نانو فیلتر نیز بر تمامی صفات مورد بررسی به جز درصد جوانه‌زنی و میزان نیتروژن جذب شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل میدان مغناطیسی و نانو فیلتر بر صفات روز تا جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک، کلروفیل b و کل، نسبت کلروفیل a به b، کاروتنوئیدها به کل کلروفیل و جذب عناصر در سطح احتمال ۱ درصد

و بر صفات سرعت جوانه‌زنی، کلروفیل a و کاروتنوئیدها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل میدان مغناطیسی و دفعات گردش آب بر صفات روز تا جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ارتفاع، وزن تر و خشک، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و جذب فسفر و پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد و بر صفات درصد جوانه‌زنی، کلروفیل کل و جذب نیتروژن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل هر سه عامل بر صفات سرعت جوانه‌زنی، ارتفاع، طول ریشه‌چه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر ساده گردش آب بر تمامی صفات تفاوتی را نشان نداد. (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات تحت تأثیر میدان مغناطیسی و نانو فیلتر بر ویژگی‌های آب آبیاری گوجه‌فرنگی

میانگین مربعات (MS)

Chl. a	وزن خشک گیاه	وزن تر گیاه	طول ریشه‌چه	ارتفاع گیاه	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	روز تا جوانه‌زنی	درجه آزادی	منابع تغییر
۱/۵۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۲۵*	۰/۲۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۲/۴۸ <sup>NS</sup>	۰/۷۹ <sup>NS</sup>	۲	تکرار
۶۶/۴۵**	۷۱/۰۰**	۷۵/۳۵**	۳/۲۴**	۱۴۲/۴۹**	۷۲۶/۱۸**	۴۴۰/۵۹**	۱۱۵/۰۱**	۱	میدان مغناطیسی (M)
۶/۴۸**	۰/۳۲**	۰/۲۹**	۰/۵۵**	۳/۹۹**	۱۲/۴۴**	۲۱/۵۳ <sup>NS</sup>	۹/۷۱**	۳	نانو فیلتر (F)
۰/۸۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۴/۸۹ <sup>NS</sup>	۱/۵۴ <sup>NS</sup>	۲	دفعات گردش آب (X)
۴/۵۲*	۱/۰۰**	۱/۰۲**	۱/۶۵**	۰/۱۷ <sup>NS</sup>	۰/۹۴*	۴/۹۴ <sup>NS</sup>	۲/۶۸**	۳	M×F
۰/۸۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۵/۴۳ <sup>NS</sup>	۱/۱۸ <sup>NS</sup>	۶	X×F
۳/۳۱ <sup>NS</sup>	۰/۲۷**	۰/۸۲**	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۲/۲۰**	۲/۸۳**	۴۰/۳۳*	۸/۹۳**	۲	M×X
۰/۹۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۳**	۰/۷۰**	۲/۰۲**	۶/۴۷ <sup>NS</sup>	۰/۵۴ <sup>NS</sup>	۶	M×F×X
۱/۲۴	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۲۲	۸/۳۰	۰/۶۰	۴۶	خطا
۱۰/۶۰	۲/۲۲	۱/۸۱	۴/۲۲	۲/۷۱	۱/۵۱	۳/۱۹	۱۳/۰۳	—	ضریب تغییرات (C.V)

ns، \* و \*\* به ترتیب بیان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

### ادامه جدول ۳

میانگین مربعات (MS)

آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	Car./Chl. t	Chl. a/b	Car.	Chl. t	Chl. b	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۱۹/۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۵ <sup>NS</sup>	۲/۲۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۲	تکرار
۴۲/۰۵**	۱۱۴۶/۸**	۱۰۵/۹۹**	۰/۳۸**	۰/۰۰۰۶**	۸/۶۱**	۱۰/۴۷**	۲۷۷/۱۴**	۷۲/۱۸**	۱	میدان مغناطیسی (M)
۴/۸۲**	۷۶۹/۶**	۴/۰۷**	۰/۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱**	۰/۴۴**	۰/۰۸**	۱۴/۰۲**	۱/۵۲**	۳	نانو فیلتر (F)
۰/۳۸ <sup>NS</sup>	۳۰/۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹ <sup>NS</sup>	۲/۲۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۲	دفعات گردش آب (X)
۶/۰۶**	۴۳۸/۸**	۶/۳۵**	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۸**	۱/۱۹**	۰/۱۹*	۱۰/۲۱**	۲/۴۹**	۳	M×F
۰/۲۰ <sup>NS</sup>	۲۴/۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹ <sup>NS</sup>	۱/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۶	X×F
۰/۰۸ <sup>NS</sup>	۱۱۶/۸**	۱/۸۰**	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۶**	۶/۶۷*	۰/۶۰**	۲	M×X
۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۱۰۲/۹**	۰/۶۰**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۹۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۶	M×F×X
۰/۰۹	۱۲/۴	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۶	۰/۰۰۷	۱/۳۲	۰/۰۲	۴۶	خطا
۱/۱۲	۱/۴۶	۱/۰۴	۵/۵۹	۵/۶۸	۱۰/۴۳	۳/۴۵	۷/۶۶	۳/۷۲	—	ضریب تغییرات (C.V)

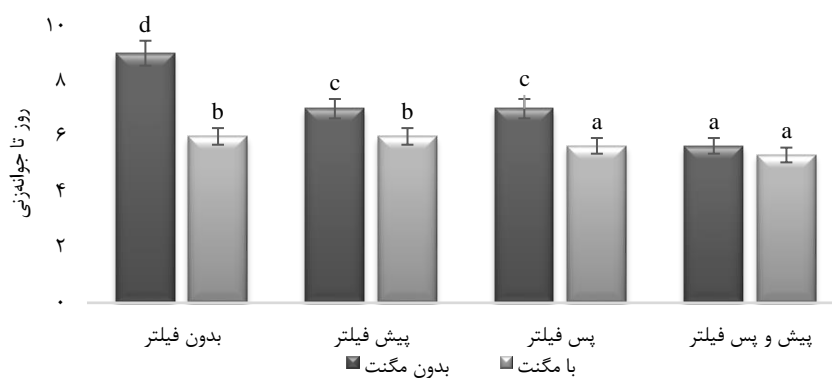
ns، \* و \*\* به ترتیب بیان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

بر اساس شکل ۲، مشاهده شد که نمونه شاهد با میانگین نه روز و نمونه مگنت - پیش و پس فیلتر با میانگین پنج روز به ترتیب طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین مدت‌زمان جوانه‌زنی را در اثر متقابل میدان مغناطیسی و نانو فیلتر دارا بودند. همچنین مشاهده شد که اثر متقابل مگنت - دفعات گردش آب بر تعداد روز تا جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی اثر قابل توجهی داشت. نمونه تحت تأثیر مگنت - پنج مرحله گردش آب، کوتاه‌ترین دوره جوانه‌زنی (۳ روز) را نشان داد که حاکی از تأثیر میدان مغناطیسی بر خواص آب است (شکل ۳). کم‌ترین درصد جوانه‌زنی بذر حاصل از نمونه شاهد - ۳ مرحله گردش آب (۸۶/۹۲ درصد) و بیشترین میزان نیز از نمونه حاصل از مگنت - ۵ مرحله گردش آب (۹۹/۳۲ درصد) حاصل گردید. پس از آن در حضور میدان مغناطیسی به ترتیب با سه و یک مرحله گردش آب، بیشترین درصد جوانه‌زنی حاصل شد. این در حالی است که در نمونه‌های فاقد میدان مغناطیسی کم‌ترین سطح جوانه‌زنی حاصل شد (شکل ۴). سرعت جوانه‌زنی نمونه شاهد برابر با ۲۷ بذر در روز بود. این مقدار تحت تأثیر نانو فیلتر افزایش یافت و با اثر میدان مغناطیسی و افزایش توان آن، رشد بیشتری را نشان داد. در اثر متقابل مگنت - نانو فیلتر - ۵ مرحله گردش آب بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر با ۳۶/۱۰ بذر در روز به دست آمد (شکل ۵). ارتفاع گیاه در نمونه شاهد برابر بود ۸/۳۲ سانتی‌متر، این مقدار در نمونه‌های دیگر افزایش نشان داد به طوری که در نمونه تحت تأثیر مگنت - ۵ مرحله گردش آب به ۱۳/۳۷ سانتی‌متر رسید (شکل ۶). نتایج نشان داد که طول ریشه‌چه در نمونه شاهد ۶/۲۹ سانتی‌متر بود. با اعمال تأثیر مگنت و نانو فیلتر این میزان افزایش یافت و بیشترین طول ریشه‌چه از عامل مگنت - پیش و پس فیلتر - ۵ مرحله گردش آب با ۷/۷۸ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۷). وزن تر گیاه در نمونه شاهد برابر با ۱۳/۱۹ گرم بود. این میزان تحت تأثیر عامل پیش فیلتر به ۱۵/۴۳ گرم افزایش یافت (شکل ۸). اثر متقابل میدان مغناطیسی با ۵ مرحله گردش آب، وزن تر گیاه به ۱۶/۵۵ گرم رسید که بیشترین مقدار است (شکل ۹). همچنین وزن خشک در نمونه شاهد برابر با ۸/۴۶ گرم بود و توسط عامل مگنت - پیش فیلتر به ۱۱/۴۸ گرم افزایش یافت (شکل ۱۰). اثر متقابل مگنت - پیش و پس فیلتر نیز وزن خشک را به ۱۱/۸۰ گرم افزایش داد (شکل ۱۱). مقدار کلروفیل a در نمونه شاهد برابر بود با ۸/۸۶ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ. این مقدار تحت تأثیر عامل‌های تحت آزمون افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان از مگنت به تنهایی با ۱۲/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد. پس‌از آن، اثرات متقابل مگنت و نانو فیلتر بیشترین میزان کلروفیل a را داشتند (شکل ۱۲). عامل مگنت به تنهایی (۵/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) و نیز اثر متقابل آن با نانو فیلتر به ویژه به همراه پیش فیلتراسیون (۵/۳۷ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) بیشترین محتوای کلروفیل b را به خود اختصاص دادند. این میزان در نمونه شاهد، ۲/۶۱ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بود (شکل ۱۳). اثر متقابل مگنت - دفعات گردش آب نیز بر محتوای کلروفیل b معنی‌دار بوده و مقدار آن را به ۵/۸۸ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ در عامل مگنت - پنج مرحله گردش آب افزایش داد. این میزان در دو اثر متقابل دیگر نیز به ترتیب برابر با ۵/۲۰ و ۵/۱۸ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بود (شکل ۱۴). پایین‌ترین نسبت کلروفیل a به b از نمونه مگنت به تنهایی با ۱/۹۸ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ و بالاترین آن از نمونه شاهد با ۳/۳۹ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد. در سایر اثرات،

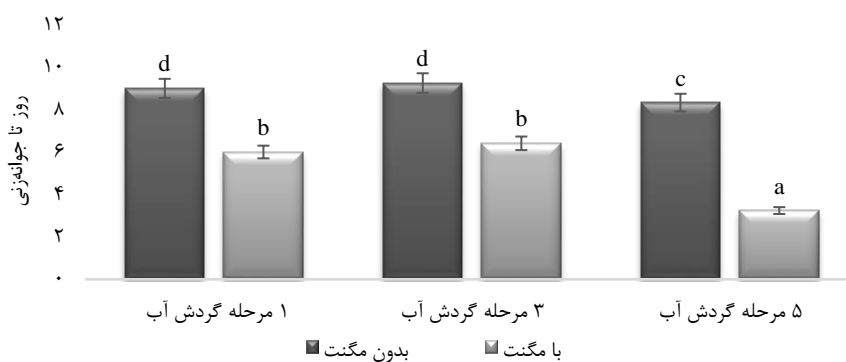


این نسبت کم‌تر از شاهد بود (شکل ۱۵). محتوای کل کلروفیل در نمونه شاهد ۱۱/۴۷ میکروگرم بر وزن تر برگ بود. این مقدار در نمونه‌های تحت تأثیر نانو فیلتر به تنهایی افزایش کمی را نشان داد. اما در نمونه‌های تحت تأثیر مگنت به تنهایی و اثر متقابل مگنت - نانو فیلتر، بیشترین میزان محتوای کل کلروفیل به‌ویژه در عامل مگنت - پس فیلتر با ۱۷/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد (شکل ۱۶). اثر میدان مغناطیسی بر محتوای کل کلروفیل و نیز اثر متقابل آن با دفعات گردش آب، یعنی افزایش توان میدان موجب افزایش محتوای کل کلروفیل تا ۱۷/۹۹ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ تحت تأثیر مگنت - ۵ مرحله گردش آب شد. پس از آن نمونه‌های تحت تأثیر میدان مغناطیسی به ترتیب با سه و یک مرحله گردش آب موجب افزایش محتوای کل کلروفیل شدند. اما در سایر نمونه‌های فاقد میدان مغناطیسی افزایش مشاهده نشد (شکل ۱۷). نمونه شاهد حاوی ۱/۸۷ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ کاروتنوئید بود. این مقدار تحت تأثیر نانو فیلتر افزایش یافت و تحت تأثیر اثر متقابل مگنت - پیش فیلتر بیشترین میزان را نشان داد (۲/۸۴ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) (شکل ۱۸). اثر متقابل مگنت - پنج مرحله گردش آب بیشترین اثر را بر محتوای کاروتنوئیدها با میزان ۳/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ داشت (شکل ۱۹). نسبت کاروتنوئیدها به کل کلروفیل در نمونه شاهد برابر با ۰/۱۶ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بود. این مقدار تحت تأثیر نانو فیلتر به تنهایی (پیش و پس فیلتر)، مگنت به تنهایی و نیز اثر متقابل مگنت - پیش فیلتر به ۰/۱۷ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ افزایش یافت (شکل ۲۰).

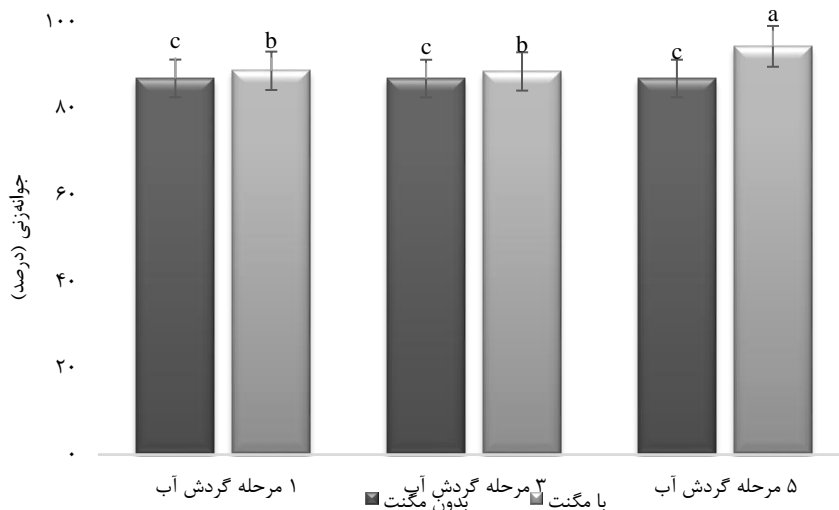
مقدار نیتروژن جذب شده توسط برگ‌ها در نمونه شاهد ۰/۶۸ درصد بود. این مقدار تحت تأثیر مگنت و نانو فیلتر افزایش یافت و بیشترین میزان از تأثیر مگنت - پنج مرحله گردش آب به مقدار ۱/۱۲ درصد به دست آمد (شکل ۲۱). مقدار فسفر جذب شده توسط برگ‌ها در نمونه شاهد ۱۳/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ بود. این مقدار تحت تأثیر مگنت و نانو فیلتر و نیز دفعات گردش آب افزایش یافت و بیشترین مقدار تحت تأثیر مگنت - پنج مرحله گردش آب با ۱۹/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ حاصل شد (شکل ۲۲). فسفر جذب شده در نمونه شاهد، ۲۰۴/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ بود. مگنت، نانو فیلتر و دفعات گردش آب این میزان را افزایش دادند و بیشترین میزان از نمونه‌های تحت تأثیر مگنت - ۵ مرحله گردش آب، مگنت - پیش فیلتر و مگنت - پس فیلتر - ۵ مرحله گردش آب ترتیب با ۲۷۵/۲۲، ۲۷۷/۲۰ و ۲۷۴/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ به دست آمد (شکل ۲۳). مقدار آهن جذب شده توسط برگ‌ها ۲۴/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ بود. این مقدار تحت تأثیر مگنت و نانو فیلتر افزایش یافت. عامل مگنت - پیش فیلتر بیشترین میزان جذب آهن با ۲۷/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ داشت (شکل ۲۴).



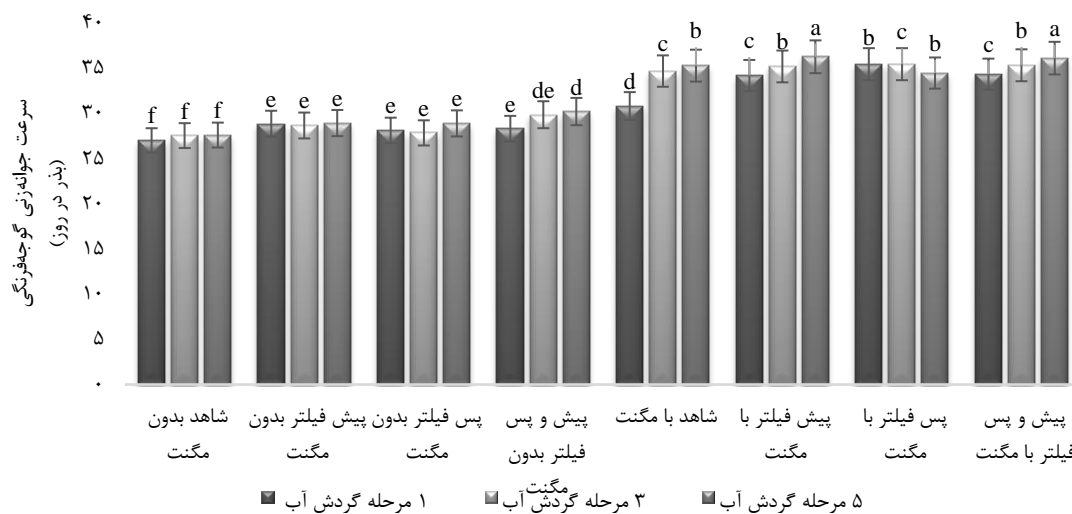
شکل ۲: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر گردش آب بر تعداد روز تا جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی



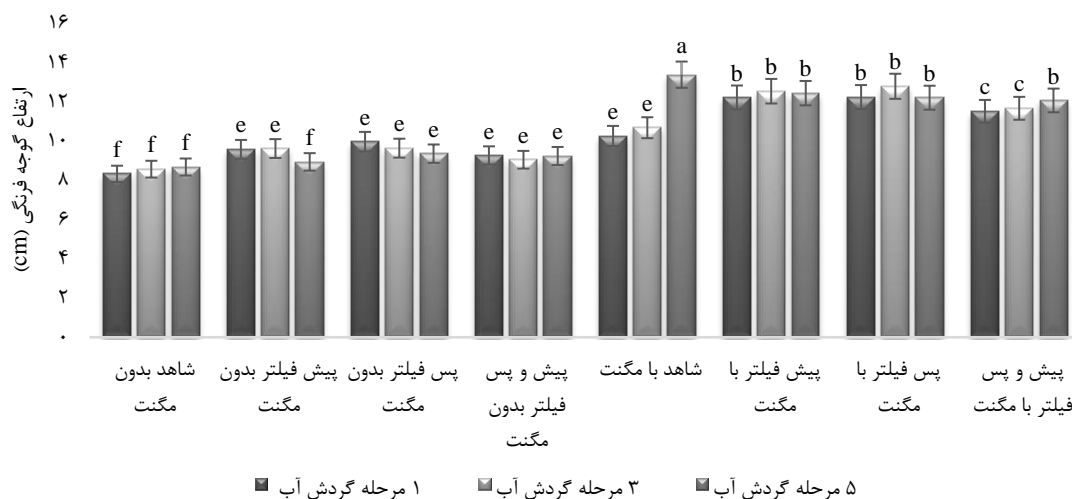
شکل ۳: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر تعداد روز تا جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی



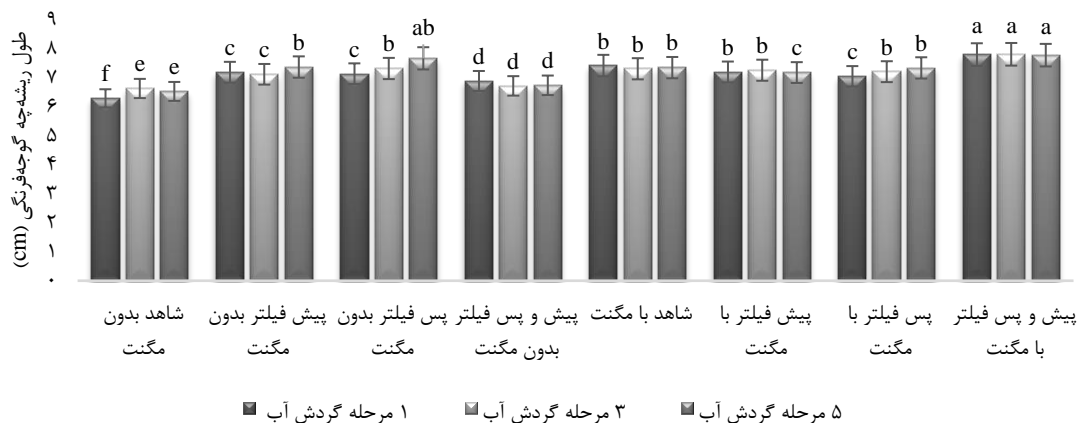
شکل ۴: اثر متقابل میدان مغناطیسی و دفعات گردش آب بر درصد جوانه زنی گوجه فرنگی



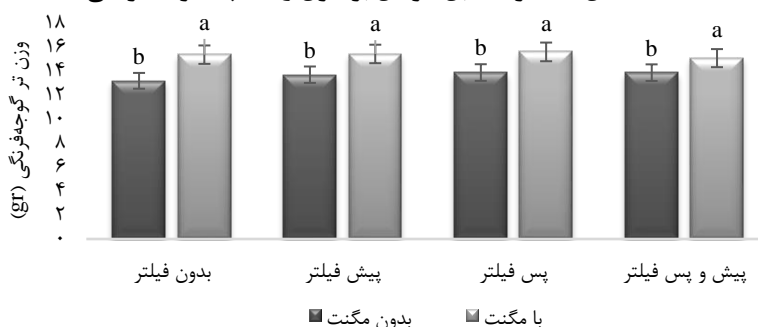
شکل ۵: اثر متقابل عوامل بر سرعت جوانه زنی گوجه فرنگی



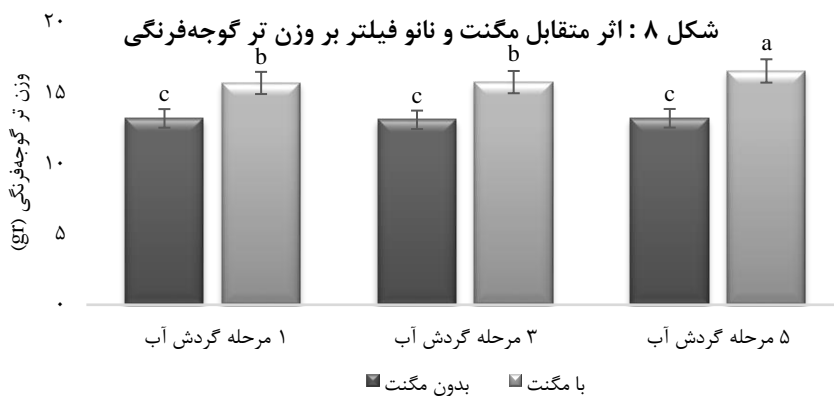
شکل ۶: اثر متقابل عوامل بر ارتفاع جوانه زنی گوجه فرنگی



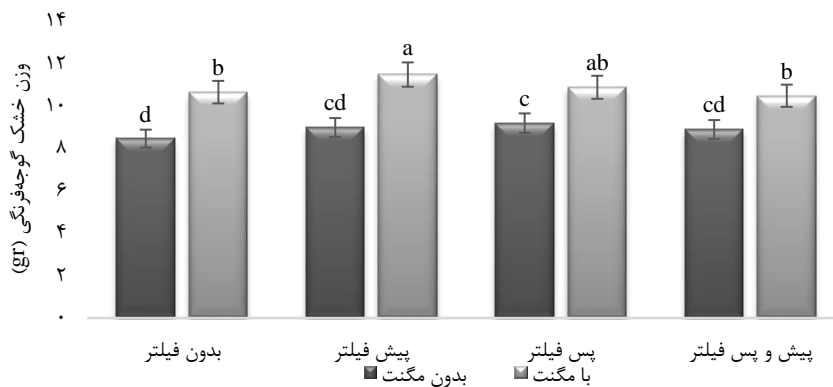
شکل ۷: اثر متقابل عوامل بر طول ریشه چه گوجه فرنگی



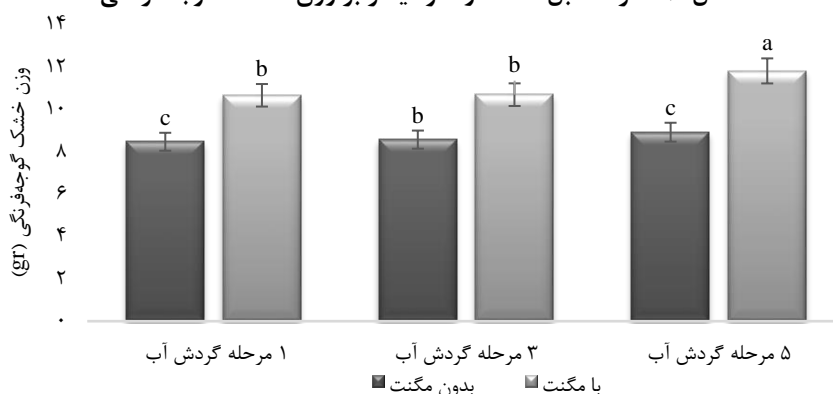
شکل ۸: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر وزن تر گوجه فرنگی



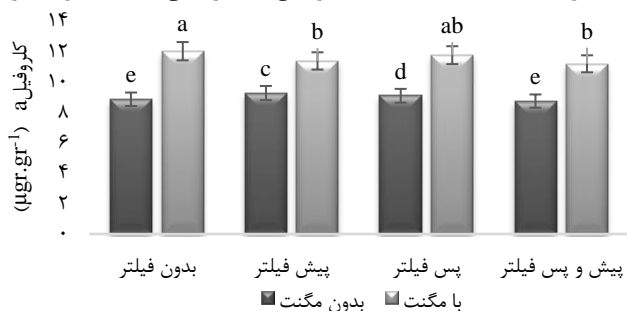
شکل ۹: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر وزن تر گوجه فرنگی



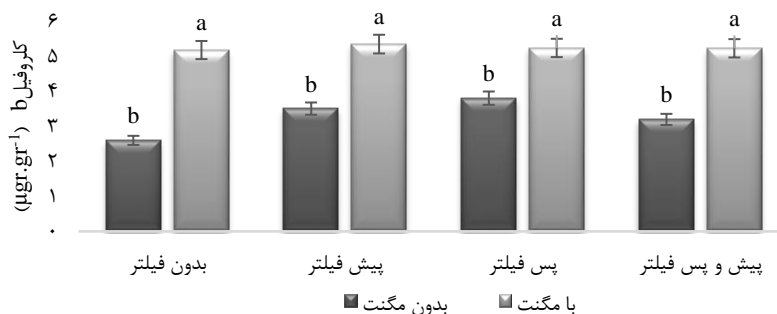
شکل ۱۰: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر وزن خشک گوجه فرنگی



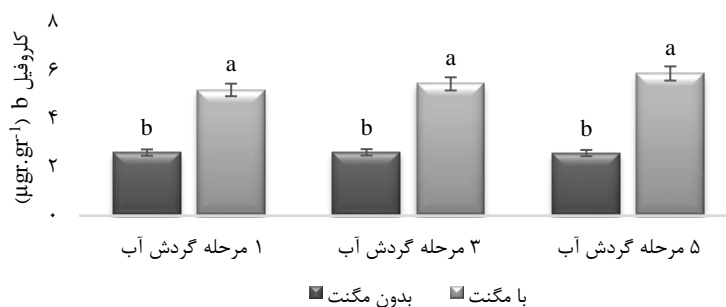
شکل ۱۱: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر وزن خشک گوجه فرنگی



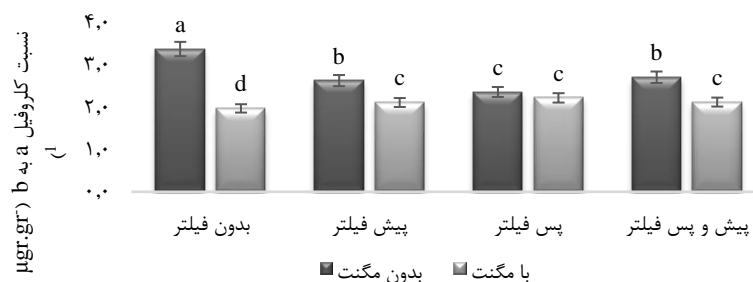
شکل ۱۲: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر محتوای کلروفیل a گوجه فرنگی



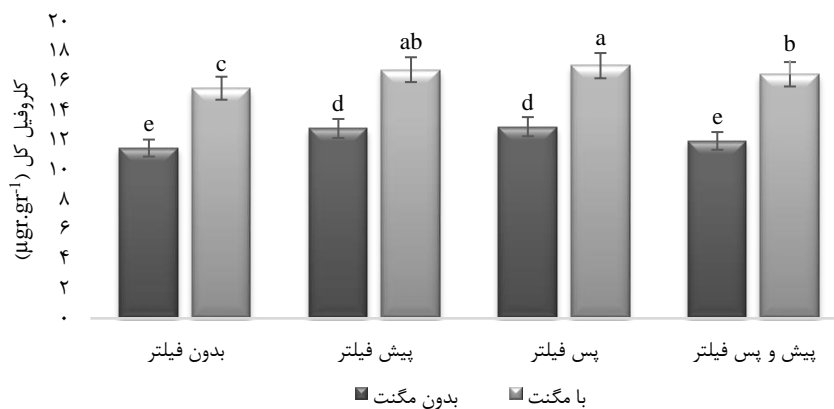
شکل ۱۳: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر محتوای کلروفیل b گوجه فرنگی



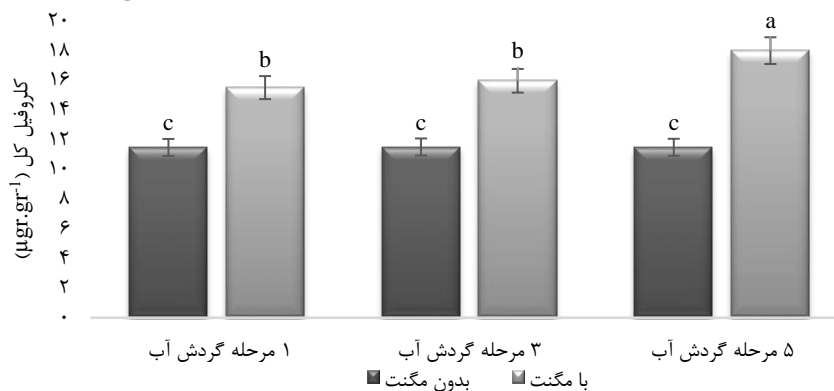
شکل ۱۴: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر محتوای کلروفیل b گوجه فرنگی



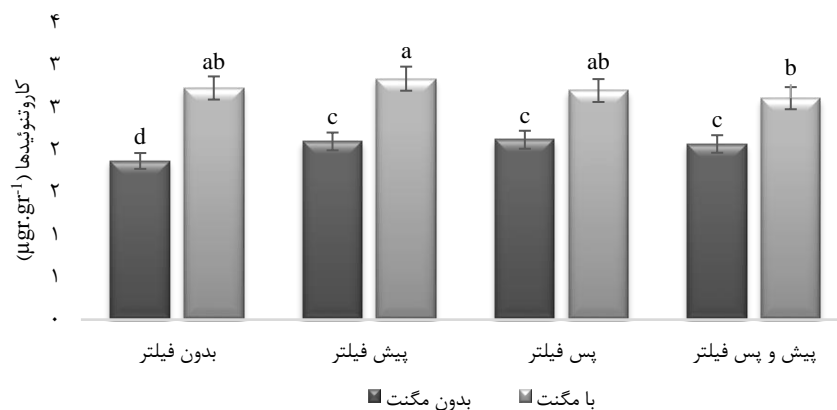
شکل ۱۵: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر نسبت کلروفیل a به b گوجه فرنگی



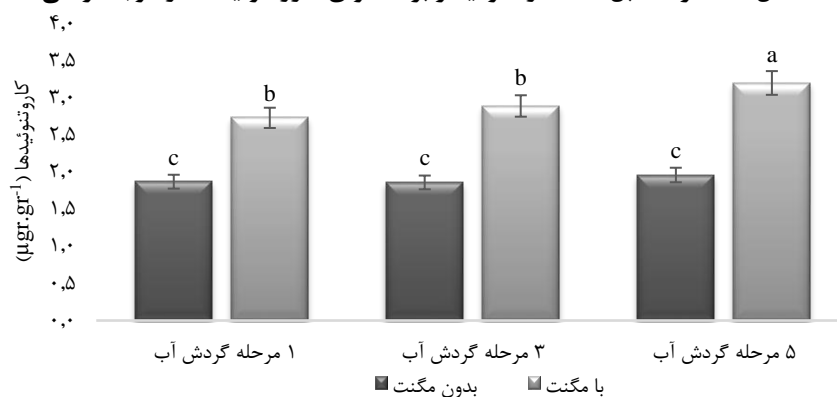
شکل ۱۶: اثر متقابل مگنت و نانوفیلتر بر محتوای کل کلروفیل گوجه فرنگی



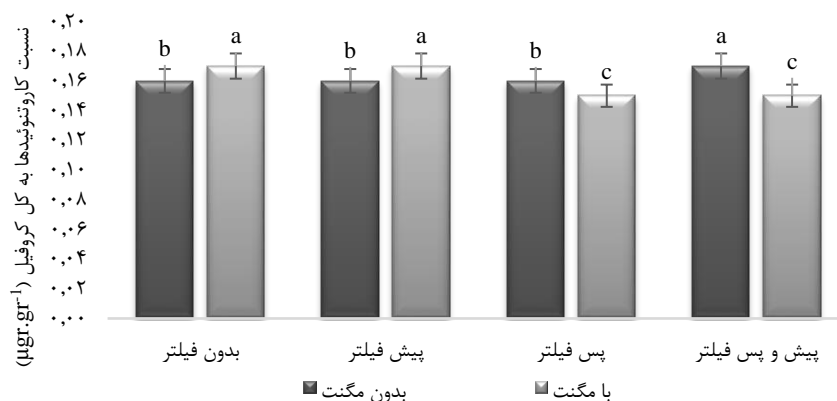
شکل ۱۷: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر محتوای کل کلروفیل گوجه فرنگی



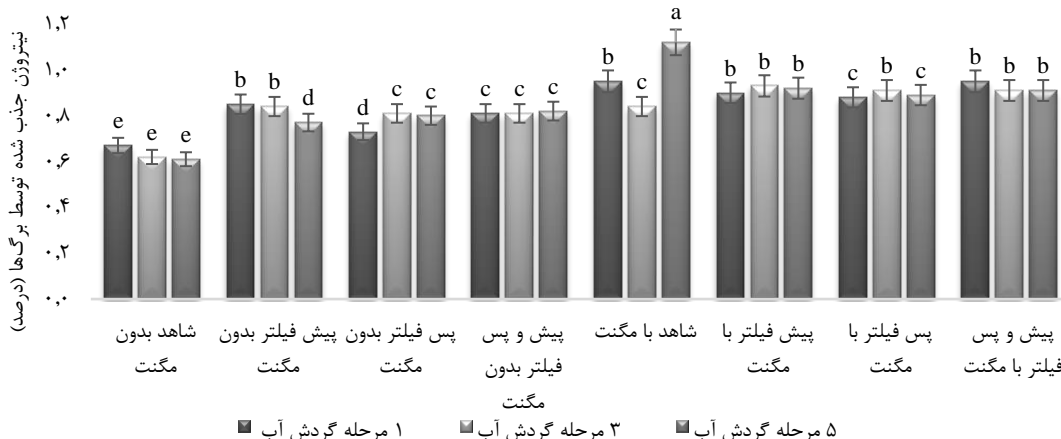
شکل ۱۸: اثر متقابل مگنت و نانوفیلتر بر محتوای کاروتنوئیدها در گوجه فرنگی



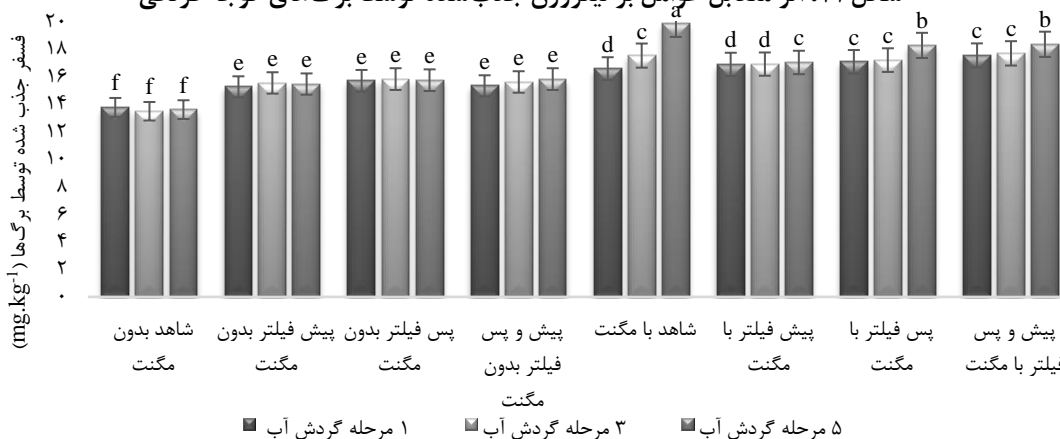
شکل ۱۹: اثر متقابل مگنت و دفعات گردش آب بر محتوای کاروتنوئیدها در گوجه فرنگی



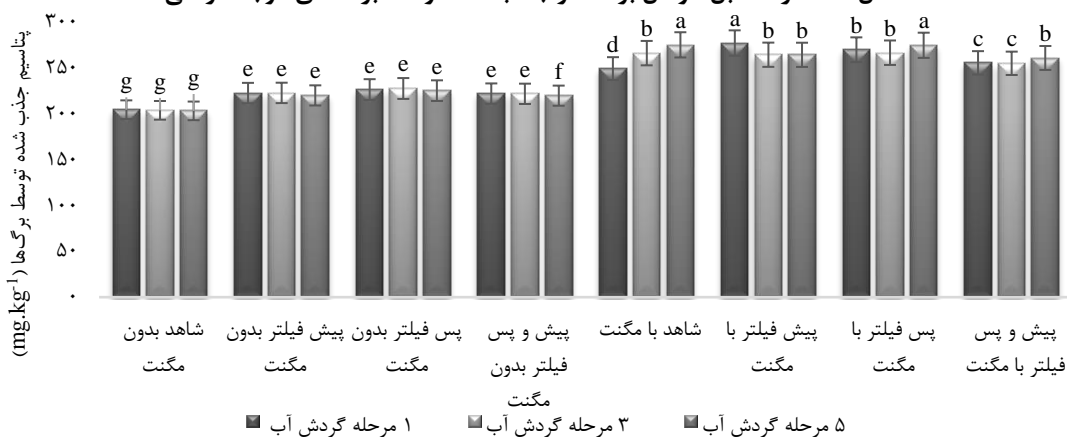
شکل ۲۰: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر نسبت کاروتنوئیدها به کل کلروفیل گوجه فرنگی



شکل ۲۱: اثر متقابل عوامل بر نیترورژن جذب شده توسط برگ‌های گوجه فرنگی

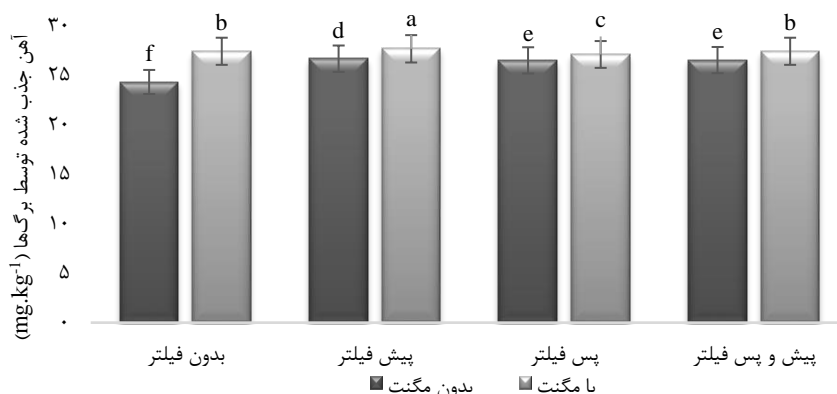


شکل ۲۲: اثر متقابل عوامل بر فسفر جذب شده توسط برگ‌های گوجه فرنگی



شکل ۲۳: اثر متقابل عوامل بر پتاسیم جذب شده توسط برگ‌های گوجه فرنگی





شکل ۲۴: اثر متقابل مگنت و نانو فیلتر بر آهن جذب شده توسط برگ‌های گوجه فرنگی

## بحث

نانو فیلتر با اصلاح ساختار شیمیایی آب و زدودن املاح از جمله املاح غیرضروری و غیر قابل جذب برای گیاهان، اثر مثبتی بر گیاهان باقی می‌گذارد اما حذف تمام املاح از جمله املاح حاوی نیترات، پتاسیم، کلسیم و غیره، احتیاج گیاه به مواد غذایی کمکی مانند کودهای شیمیایی را بیشتر می‌کند که خود اثرات زیست محیطی زیادی خواهد داشت (باسانت و همکاران، ۲۰۰۴). در ادامه افزایش درصد جوانه‌زنی، افزایش سرعت جوانه‌زنی امری است طبیعی که به دلیل وجود شرایط بهینه رشد و نمو گیاهان و به دنبال ترشح هورمون‌های رشد رخ می‌دهد (رستگار و صادقی لاری ۱۳۹۴). میدان مغناطیسی با اصلاح فیزیکی آب و کاهش سختی آب ضمن حفظ املاح مفید برای گیاهان، به آب‌رسانی و تغذیه گیاه کمک نموده و منجر به بازده بیشتر گیاه می‌گردد. کیفیت مناسب آب باعث اصلاح ساختار فیزیکوشیمیایی خاک نیز شده و با افزایش سطح جیبرلین و سپس ایندول استیک اسید، جوانه‌زنی و رشد رویشی در گیاه را منجر می‌شود (افتیمیادو و همکاران، ۲۰۱۴). ریشه‌چه مسئول جذب و انتقال مواد معدنی، اسیمیلات و آب به گیاه هستند. با ایجاد توازن مطلوب از نظر رطوبت، مواد آلی و معدنی در خاک، رشد ریشه‌ها اتفاق خواهد افتاد که گیاه توانایی جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله آهن را پیدا می‌کند (رستگار و صادقی لاری ۱۳۹۴). کلروفیل a، کلروفیل اصلی در گیاه است و افزایش آن نشان از وضعیت فیزیولوژیکی مطلوب گیاه، رشد و نمو بالاتر و در نتیجه افزایش فتوسنتز است. کلروفیل b، رنگیزه کمکی در گیاه محسوب می‌شود و افزایش آن از جهتی برای پوشش فقدان کلروفیل a به میزان لازم است. نسبت کاروتنوئیدها به کل کلروفیل نشان‌دهنده طول عمر و کارایی کلروفیل‌هاست. هرچه این نسبت بالاتر باشد، یعنی کاروتنوئید بیشتری نسبت به کلروفیل‌ها وجود داشته و در نتیجه کلروفیل‌ها در وضعیت بهتری قرار دارند (تایز و همکاران، ۲۰۱۴). در بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران، مشخص گردید که میدان مغناطیسی با بهبود ساختار فیزیکی آب موجب جذب بیشتر مواد غذایی از جمله ریز مغذی‌هایی مانند آهن که در ساخت کلروفیل نقشی اساسی دارد، موجب افزایش مقدار کلروفیل می‌گردد (بانژاد و همکاران ۱۳۹۲). آهن، موجب افزایش محتوای کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز و مواد غذایی می‌شود که این امر موجب تولید ماده خشک و عملکرد بیشتری می‌گردد، از طرف دیگر آهن از تخریب کلروفیل

جلوگیری می‌نماید و در نتیجه میزان عملکرد بیشتر می‌شود. افزایش کلروفیل می‌تواند با اثر مستقیم سیترات از طریق فعال ساختن آهن - ریدکتاز غشاء پلاسمایی برگ انجام شود. القای سنتز کاروتنوئیدها می‌تواند به دلیل نقش حفاظتی (آنتی‌اکسیدان‌های محافظ کلروفیل) آن‌ها در تشکیلات فتوسنتزی باشد زیرا این رنگیزه‌ها مسئول خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌گردند. با افزایش کاروتنوئیدها، مقدار پراکسیداسیون لیپیدها کاهش یافته و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی صورت گرفته و مانع از کاتابولیسم کلروفیل می‌شود (شرف‌الدین شیرازی، ۱۳۹۲). نیتروژن به طور کامل تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع، رشد رویشی و عملکرد گیاه دارد. همچنین این عنصر در ساخت پروتئین و کلروفیل نقش دارد. فسفر پس از نیتروژن مهم‌ترین عناصر بوده و نقش مهمی در تولید و انتقال انرژی دارد. پتاسیم برای سنتز و انتقال انرژی و نیز جذب آب توسط گیاه مؤثر است. آهن نیز مهم‌ترین ریزمغذی بوده که در سوخت‌وساز گیاهی و ساخت کلروفیل‌ها نقش اساسی دارد (رستگار و صادقی لاری ۱۳۹۴).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده شد که اثر نانو فیلتر و میدان مغناطیسی بر آب آبیاری برای گیاهان مثبت و معنی‌دار بوده ولی از آنجایی که گیاهان نیز مانند سایر جانداران به املاح معدنی موجود در آب نیاز دارند لذا در برخی موارد مشاهده گردید که نانو فیلتر با وجود اثر مثبت بر گیاه، اثری کم‌تری از میدان مغناطیسی داشت، در حالی که میدان مغناطیسی به تنهایی در بیشتر موارد مؤثرتر واقع شد. از طرف دیگر، با عدم استفاده از کودهای شیمیایی و یا به حداقل رساندن مقدار استفاده می‌توان هم به سلامت محصولات و افراد و هم به حفظ پاکیزگی محیط زیست کمک شایانی نمود. با توجه به نتایج به دست‌آمده در این پژوهش، یک نمونه دستگاه مغناطیس کننده برای لوله‌های تا قطر ۱/۲" ساخته شد (شکل ۲۵).



ب

الف

شکل ۲۵: نمونه اصلی دستگاه مغناطیس کننده (الف) و آهنرباهای به کار رفته در آن (ب)

در این نمونه پنج عدد آهنربای دائمی از جنس نئودیم با توان ۴۴۰۰ گوس قرار گرفت. همچنین طراحی دستگاه مذکور

در ابعاد و اشکال و توان‌های دیگر نیز امکان‌پذیر می‌باشد. ابعاد دستگاه ۳۸×۵۶×۱۴۰ میلی‌متر است.

## منابع

- بانژاد، ح.، مکاری قهرودی، ا.، اثنی عشری، م. و لیاقت، ع. (۱۳۹۲) بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۷): ۱۷۸-۱۸۳.
- رستگار، س. و صادقی لاری، ع. (۱۳۹۴) اثر آب مغناطیسی بر جوان زنی و خصوصیات رشد اولیه بذر گوجه فرنگی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۳): ۴۰۹-۴۱۳.
- شرف‌الدین شیرازی، ش. (۱۳۹۲) بررسی اثر نانو کود کلات آهن و کود آهن بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن دنیایی (*Thymus daenensis* L.)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، دانشکده کشاورزی.
- کندی، پ.، حسین‌زاده، م. م.، کیانی، و. و عبدی، ف. (۱۳۹۴) بررسی بحران آب و راهکارهای پیش‌رو (تأکید بر کشور پهناور ایران)، دومین همایش ملی راهکارهای پیش‌روی بحران آب در ایران و خاورمیانه، شیراز.
- Ajmal Khan, M., Boer, B., Ozturk, M., Al Abdessalaam, T. Z., Clusener-Godt, M. and Gul, B. (2014) Tasks for Vegetation. *Sci* 47. *Sabkha Ecosystem*, V. IV. Springer Sci+Business Media. USA.
- Alexander, R., Mensah, A., Bill Krantz, W. and Govind, R. (2015) Studies on Polymeric Nano-filtration Based Water Softening and the Effect of Anion Properties on the Softening process. *European J. Polymer*. 44(7): 2244-2252.
- Basant, L. Maheshwari, M. and Harsharn, S. G. (2009) Magnetic Treatment of Irrigation Water: Its Effects on Vegetable Crop Yield and Water Productivity. *Agric. W. M.* (96): 1229-1236.
- Brower, D. (2015) Magnetic Water Treatment, *J. Pollution Engineering*. 33(4): 12-20.
- Chin, A. and Berube, P. R. (2015) Removal of Disinfection by-product precursors with Ozone UV, Nano-Filtration and Advanced Oxidation Process. *J. Water Research*. (39): 2136-2144.
- Davie, T. (2008) *Fundamentals of Hydrology* (2nd Ed.) Taylor and Francis Group. 220pp. London and New York.
- Efthimiadou, A., N. Katsenios, P. Papastylianou, V. Vriantafyllidis, I. Travlos, and D.J. Bilalis. (2014) Effects of Presowing Pulsed Electromagnetic Treatment and Nanofiltration of Tomato Seed on Growth, Yield, and Lycopene Content. *Sci. W. J.* 1-6.
- Karla, Y. P. (1998) *Handbook of reference methods for plant analysis*. Chemical Rubber Company (CRC Press) Washington D. C. USA.
- Karnik, B., Pavies, S., Baumann, M. J., and Masten, S. J. (2015) The Effect of Combined Ozonation and Filtration on Disinfection by-product Formation. *J. Water Research*. 39(13): 2839-2850.
- Mahmood, S. and Usman, M. (2014) Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed Emergence in Sand Culture. *J. Agricultural sci. and Technology*. 1(16): 47-55.
- Mosin, O. and Ignatov, I. (2015) Practical implementation of magnetic water treatment to eliminate scaling salts. *J. Health, Medicine and Nursing*. (10): 111-126.
- Pederson, F. (2015) *Magnets and Bioavailability of Water*. Aquatomic Viewed.

- 
- Simonne, E. H., Jones, J. B., Mills, H. A., Snittlean, D. A. and Hussey, C. G. (1993) Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl N. *Communications in Soil Sci and Plant Analysis*. (24): 1609-1616.
- Taiz, L., Zeiger, E. Max Moller, I. and Murphy, A. (2014) *Plant Physiology and Developmetn* (6th Ed.) Sinauer Associates, Inc. 761pp.
- Witham, H. F., Blaydes, D. F. and Delvin, R. M. (1971) *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. 245pp.

## **Design and manufacture of electromagnetic device utilizing Nano filtration in order to increase production and reduce environmental pollution in agricultural irrigation water**

S. Sharafaldin Shirazi<sup>1\*</sup>, M. Nejati Jahromi<sup>2</sup>, M. Simiari<sup>3</sup>

Received: 2017.11.17

Accepted: 2018.08.27

### **Abstract**

Water, the vital element for survival and its quality and resources are substantial for every country. This study was based to investigate the effect of the magnetic field and Nano filtration on some growing characteristics of tomato such as days to germination, germination percentage, germination rate, height, root length, biomass, dry matter, chlorophyll a, b, total, carotenoids, and the absorption rate of NPK, Fe by the leaves, based on a factorial experiment in a randomized complete block design with three replicates was conducted. In this respect, two levels of magnetic field, four levels of Nano filtration and three levels of water circulation were included. Overall, the results indicated that the magnetic field had a positive influence, while the impacts of Nano filter were considerably less. Likewise, it is vital to note that the effect of the magnetic field was significantly higher in interrelationship samples. As a consequence, on the basis of the results, a magnetic water treating device has been manufactured. Overall, with the aim of the device, the required amount of chemical fertilizers would plunge by which their detrimental impacts upon environment could be reduced markedly.

**Keywords:** Environmental pollution, Growing traits, Magnetic field, Nano filtration, Water

---

1. MSc, Agricultural Engineering-Agronomy, Tehran-Iran

2. PhD, Telecommunication Engineering, Shahid Sattari Aerial University, Tehran-Iran

3. PhD, Nanophysics, Imam Ali University, Tehran-Iran

(\*Corresponding author:sharafaldinshirazi.shahin@gmail.com )