مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۳ صفحه های ۲۷۹ تا ۲۸۸ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

اثر محلول غذایی مغناطیسی شده بر رشد، برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و محتوای عنصرهای معدنی دو رقم وَرد در شرایط آبکشت[1]

Effect of Magnetized Nutrient Solution on Growth, Some Physiological Properties and Content of Mineral Elements of Two Rose Cultivars in Hydroponic Culture Conditions

احمد فریدنیا، سید جلال طباطبایی* و ایمان روح الهی[2]

چکیده

این آزمایش برای بررسی اثر محلول غذایی مغناطیسی شده با چهار تیمار الکترومغناطیس (۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گاوس) بر رشد، ویژگی‌های فیزیولوژیک و عنصرهای غذایی دو رقم وَرد (سامورایی و لاکسور) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه به طورکامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در هر واحد آزمایشی چهار بوته در بستر پومدیا کاشته و با تایمر دیجیتالی در سیستم باز با محلول غذایی تغذیه شدند. نتیجه‌ها نشان داد که پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی در تمامی تیمارها کمی کاهش یافت. ارتفاع ساقه گلدهنده به‌صورت معنی‌دار در تیمار ۴۰ گاوس برای رقم سامورایی ۲۳٪ و تیمار ۲۰ گاوس برای رقم لاکسور ۱۶٪ افزایش یافت. قطر ساقه به‌صورت معنی‌دار در تیمار ۴۰ گاوس برای رقم سامورایی ۲۲٪ و تیمار ۲۰ گاوس برای رقم لاکسور ۱۰٪ افزایش یافت. افزایش سطح برگ دو رقم معنی‌دار و مقدار آن در تیمار ۴۰ گاوس، ۶۸٪ بود. غلظت فسفر بصورت معنی‌دار کاهش یافت. شمار گل، غلظت کلسیم و نیتروژن و همچنین شاخص‌های سبزینه برگ و رنگ گل تاثیر نپذیرفتند. تغییرهای عمر گلجای در هر دو رقم در تمامی تیمارها اندک و غیر معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: مغناطیسی، الکترومغناطیس، الکتریکی، گل.

مقدمه

کاربرد تیمارهای مغناطیسی در کشاورزی در ۹۰ سال اخیر به طور گسترده مطالعه شده است. مغناطیدن آب جدیدترین این کاربردها است که پس از ۱۹۸۰ میلادی به آن توجه شده است (۴). آب به لحاظ داشتن شبکه پیوندهای هیدروژنی ماده‌ای غیرعادی بوده، و به خاطر نیروهای هیدرواستاتیک قوی و تراکم‌ناپذیری، امکان انبساط یاخته‌های پر شده با آب را فراهم می‌نماید. آب به خاطر حل نمودن و اصلاح ویژگی‌های زیست‌مولکول‌ها، از راه تشکیل پیوند هیدروژنی با گروه‌های عملکردی آنها، در اندامگان زنده ماده‌ای اساسی بوده و افزایش پیوندهای هیدروژنی آن در فشار بالا، ممکن است ویژگی منحصر بفرد آن برای تبدیل شدن به مهمترین ماده زیستی باشد. ویژگی‌های زیست‌فیزیکی آب به واسطه دیامگنتیک[3] بودن می‌تواند زیر تاثیر میدان‌های مغناطیسی قرار گیرد (۱۰). این میدان‌ها با تغییر طول پیوند O-H و زاویه H-O-H، ساختار الکترونیک آب را تغییر داده، با کم کردن فاصله اتم‌های هیدروژن و اکسیژن دو مولکول مجاور به کمتر از ۲/۴ A°، بین آنها

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۷

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم کشاورزی، استاد دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و استادیار دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (j.tabatabaei@shahed.ac.ir).

۳- Diamagnetic

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

پیوند برقرار نموده (۴)، موجب افزایش شمار مولکول‌ها در خوشه‌های آب و بزرگ‌تر و پایدارتر شدن آنها می‌گردند. تغییر ساختار، ویژگی‌های فیزیکی آب مانند درجه غوطه‌ورسازی و آبگریزی برای ماده‌ها، نیروی کشش سطحی، لزج بودن، شاخص شکست نور، گذردهی نسبی و هدایت الکتریکی را تغییر می‌دهد (۲۱). میدان الکتریکی با کم کردن انرژی پیوند هیدروژنی بر طول آن افزوده، با همراستایی گشتاور دو قطبی ساختار آب با میدان، ساختار حلقوی آب را باز و تبدیل به ساختار خطی نموده، بر حالت‌های انتقالی آن اثر گذاشته، ماده‌های نامحلول در آن را به حالت تعلیق در می‌آورد (۵). براساس رابطه یک میدان الکتریکی با انتقال اتم هیدروژن از یک مولکول مشارکت کننده در پیوند هیدروژنی به مولکول مجاور، آنها را به یون‌های هایدرونیم[۱] و هایدروکساید[۲] یونیزه و پی‌اچ و رسانایی آب را تغییر می‌دهد (۱۷).

$$H_2O + H_2O \xrightarrow[E]{} OH^- + H_3O$$ رابطه (یک)

آب مغناطیسی شده با افزایش پیوندهای پروتئینی در یاخته، سبب افزایش رشد گیاه و گسترش ریشه می‌گردد (۱۱). مغناطیدن آب بیکربنات کلسیم و گچ آن را کاهش داده و کاربرد آن در ذرت بر فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، فنول‌ها، فلاوِنوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌افزاید (۱۹). در انگور، کاربرد دو محلول غذایی با ترکیب یکسان مغناطیسی شده با دو روش که در اولی آب مورد استفاده پیش از افزودن ترکیب‌ها و در دومی پس از افزودن آنها مغناطیسی شده بود، نشان داد که پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول‌ها و مقدار پرولین، فنول، آنتوسیانین، فلاوِنوئید، آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیا لیاز[۳]، پراکسیداز[۴] و پلی فنول اکسیداز[۵]، ترَنس رِزوِراترول[۶]، نابودکننده‌های DP و پی‌اچ یاخته گیاهان، از تیمار مغناطیسی تاثیر پذیرفته و پاسخ آنها به شدت و شیوه مغناطیدن محلول‌ها به طورکامل متفاوت است (۲۲). تغییر بسامد میدان الکتریکی در کشت بدون خاک کاهو[۷] بر جذب و جابه‌جایی عنصرها در گیاه، میزان رنگدانه‌های نورساختی[۸] و ماده خشک مؤثر بوده و با افزایش جذب عنصر کادمیم از جذب مس به دلیل رابطه پادکنشی[۹] می‌کاهد (۱). کاربرد میدان الکترومغناطیس بسامد پایین در بستر آبی دارای یاخته‌های مخمر نان[۱۰] باعث افزایش و بسامد بالا باعث نابودی آنها گردید که دلیل آن می‌تواند این باشد که بسامد پایین با جایگزینی پتاسیم محیطی با کلسیم پوسته یاخته، آن را ضعیف‌تر و در برابر عنصرها نفوذپذیرتر و بسامد بالا با ورود بیش‌تر کلسیم محیطی به پوسته، آن را محکم‌تر و نفوذناپذیرتر می‌نماید (۸).

با توجه به نقش میدان‌های مغناطیسی در فیزیولوژی گیاهان و جذب آب و عنصرهای غذایی، به نظر می‌رسد که فناوری‌های مغناطیس‌پایه نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف این عوامل محدودکننده کشاورزی در آینده دارند و پژوهش‌های انجام شده هم این امکان را نشان داده است. با توجه به اهمیت کاربرد این فناوری در مغناطیدن محلول غذایی آبکشت و نبود پژوهش‌های کافی در زمینه اثر محلول غذایی مغناطیسی شده بر محصول‌های گلخانه‌ای در سیستم آبکشت، هدف پژوهش حاضر روی بررسی اثر تیمار الکترومغناطیس بر پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی و جذب عنصرهای غذایی توسط گیاه وَرد[۱۱] و نیز مطالعه ویژگی‌هایی مانند شمار گل، قطر و ارتفاع ساقه گلدهنده، قطر غنچه گل، عمر گلجای، سطح برگ، درصد ماده خشک، مقدار سبزینه و میزان عنصرهای کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن برگ و همچنین شاخص‌های رنگ گل متمرکز گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر از میانه پاییز ۱۳۹۷ تا پایان بهار ۱۳۹۸ به‌مدت حدود ۷ ماه به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح به طورکامل تصادفی با ۳ تکرار و ۴ تیمار الکترومغناطیس با شدت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گاوس[۱۲] با استفاده از قلمه ریشه‌دار غیر پیوندی یکساله دو رقم وَرد (سامورایی[۱۳] و لاکسور[۱۴]) تهیه شده از گلخانه‌ای در تهران که در گلخانه دانشگاه شاهد با دمای میانگین روزانه ۲۵ و شبانه ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت متوسط ٪۶۵ و نور طبیعی داخل اِسلَب‌های (کیسه‌های دو جداره) پر شده با

۱- Hydronium ۲- Hydroxide ۳- Phenylalanine ammonia-lyase ۴- Peroxidase
۵- Polyphenol oxidase ۶- Trans-resveratrol ۷- *Lactuca sativa* L. ۸- Photosynthetic
۹- Antagonistic ۱۰- *Saccharomyces cerevisiae* M. ۱۱- *Rosa hybrida* L. ۱۲- Gauss
۱۳- *Rosa hybrida* cv. Samurai ۱۴- *Rosa hybrida* cv. Luxor

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

پومدیا[1](مخلوط ٪۵۰ پومیس، ٪۳۰ پرلیت ٪۲۰ ورمیکولیت با دانه بندی ۶-۱ میلی‌متر) کاشته شدند، انجام شد. هر تکرار شامل ۲ اِسلَب از هر تیمار بود که در هر اِسلَب ۴ قلمه از یک رقم کاشته شد.

تغذیه گیاهان

از ابتدا با محلول هوگلند[2] تغییر یافته (۲۰) انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی استفاده شده.

Table 1. Composition of the nutrient solution used

ترکیب Composition	مقدار (گرم در ۱۰۰ لیتر آب) Amount (g per 100 liters of water)
KNO_3	50
NH_4NO_3	15
Urea	3
$Ca(NO_3)_2,4H_2O$	55
$MgSO_4,7H_2O$	40
$NH_4H_2PO_4$	5
KH_2PO_4	5
FE-EDDHA	2.5
$MnSO_4$	0.2
H_3BO_3	0.22
$ZnSO_4$	0.23
$CuSO_4$	0.005
$H_2MoO_{40}H_2O$	0.001

پی‌اچ محلول در ابتدا در شرایط غیر بافری ۷ و هدایت الکتریکی آن $1/6\ dS\ m^{-1}$ بود که در طول آزمایش به خاطر متناسب نمودن غلظت آن با نیاز گیاهان، تغییرهای کمی داشت. تنظیم اسیدیته محلول با استفاده از فسفریک اسید و نیتریک اسید به نسبت ۱/۱ انجام شد. برای تهیه محلول غذایی ترکیب‌های بیان شده در قالب سه محلول پایه با یکدیگر مخلوط و سپس این محلول‌ها با یک سیستم خودکار مجهز به پی‌اچ متر و ای‌سی متر با نسبت‌های معین با یکدیگر ترکیب گردید. محلول‌رسانی به بوته‌ها با مجموعه پمپ، لوله‌های پلی‌اتیلن و قطره‌چکان‌های با دبی ۸ لیتر در ساعت مجهز به تایمر، از ۸ صبح الی ۵ پس از ظهر، در فواصل زمانی یک ساعته و هر نوبت ۳ دقیقه انجام شد.

مولد میدان الکترومغناطیس و مغناطیسی نمودن محلول غذایی

مولد شامل سه لوله .P.V.C با قطر حدود ۱ اینچ، ضخامت ۲ میلی‌متر و طول بیش از یک متر بود که در اطراف آنها سیم لاکی قطر ۰/۸ میلی‌متر، در طول یک متر، با دورهای ۴۵۵، ۹۱۰ و ۱۸۲۰ به صورت هم‌جهت، برای تولید میدان‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گاوس پیچیده شده بود. محاسبه دور سیم‌پیچ‌ها با استفاده از روابط ۵-۲ (۱۲) که در آنها B_o شدت میدان بر حسب تسلا، μ_o ضریب نفوذپذیری میدان برابر $2\pi\times10^{-7}$، n شمار دور سیم، I شدت جریان برابر ۷ آمپر و L طولی از لوله که سیم بدور آن پیچیده شد و با در نظر گرفتن اینکه هر تسلا معادل ۱۰۰۰۰ گاوس است انجام شد. دستگاه مجهز به زمان‌سنج و طراحی اولیه آن برای برق مستقیم ۱۲ ولت ۷ آمپر (باتری اتومبیل) بود که برای کار با برق ۲۲۰ ولت متناوب به ترانس مبدل و یک‌سوکننده جریان مجهز شد. شیوه کاربرد میدان روی محلول غذایی به این ترتیب بود که هر کدام از لوله‌های سیم‌پیچی شده در مسیر لوله‌های محلول‌رسان یکی از تیمارها قرار داده شد تا محلول غذایی با گذر از آنها مغناطیسی شود. در تیمار شاهد محلول بدون گذر از میدان الکترومغناطیس به پای بوته‌ها ارسال گردید. از آنجایی که جهت میدان الکتریکی و جهت جریان محلول می‌تواند اثرهای متفاوتی بر مغناطیسی شدن محلول داشته باشد، طراحی سیستم به گونه‌ای انجام شد که جریان الکتریسته ورودی به سیم‌پیچ‌ها و مایع‌های ورودی به درون لوله‌ها همجهت باشند تا جهت کاربرد میدان الکترومغناطیس نیز یکسان باشد. زمان‌سنج دستگاه به گونه‌ای تنظیم شد که مغناطیس‌کننده از یک دقیقه پیش از روشن

۱- PUMedia

۲- Hoagland

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

شدن سیستم محلول‌رسان تا یک دقیقه پس از خاموش شدن آن فعال باشد. دبی جریان گذرنده از مغناطیس‌کننده ۲/۱ لیتر در دقیقه بود. باید بیان شود که مغناطیدگی اثری حافظه‌ای است که پس از قطع میدان، تا مدتی متناسب با شدت و مدت کاربرد میدان و دمای محیط باقی می‌ماند.

$$B_o = \mu_o nI \qquad B_o = \frac{\mu_o I}{R} = 2\pi \times 10^{-7}\,\frac{nI}{R} \qquad B_o = \mu_o nI = \mu_o \frac{N}{L} \times I \qquad L = 2\pi Rn$$

رابطه دو　　رابطه سه　　رابطه چهار　　رابطه پنج

اندازه‌گیری پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی

نمونه‌برداری برای سنجش پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی سه ماه پس از آغاز تیمار مغناطیسی در ۴ روز و هر روز ۳ نوبت انجام شد.

اندازه‌گیری مؤلفه‌های رشد و نموی گیاه

مؤلفه‌های رشدی اندازه‌گیری شده شامل شمار گل در بوته، ارتفاع و قطر ساقه گلدهنده و قطر غنچه و سطح برگ بودند.

شمارش گل و اندازه‌گیری ارتفاع و قطر ساقه گلدهنده و قطر گل برای همه بوته‌ها طی چند دوره گلدهی انجام و میانگین آن برای هر تیمار ثبت گردید.

ارتفاع ساقه گلدهنده از محل اتصال به تنه اصلی تا زیر نهنج گل اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قطر ساقه و غنچه گل با کولیس دیجیتال (مدل 1114-200A ساخت شرکت Insize چین) با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر و به این ترتیب انجام شد که قطر ساقه گلدهنده در سه نقطه بالا، وسط و پایین اندازه‌گیری و میانگین آن برای یک ساقه و یک تیمار ثبت گردید. قطر غنچه پس از باز شدن نخستین کاسبرگ، در بزرگترین مقطع اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ، قوی‌ترین ساقه گلدهنده هر بوته یک تیمار انتخاب و همه برگ‌های آن جمع‌آوری شد. سپس مجموع سطح برگ‌های جمع‌آوری شده با دستگاه سنجش سطح برگ (مدل ΔT area meter mk2 ساخت شرکت Delta انگلستان) اندازه‌گیری و مقدار آن برای هر تیمار ثبت شد (۲۰).

اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی گیاه

ویژگی‌های کیفی اندازه‌گیری شده عبارت بودند از درصد ماده خشک برگ، شاخص‌های سبزینه کل برگ و رنگ گل، عمر گلجای و غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر و کلسیم برگ.

برای اندازه‌گیری درصد ماده خشک برگ، قویترین ساقه گلدهنده هر بوته یک تیمار انتخاب و همه برگ‌های آن جمع‌آوری شد. پس از سنجش وزن تر برگ‌های جمع‌آوری شده، آنها را در دمای ۷۵ ° C به مدت سه روز در آوِن (ساخت ایران) خشک و پس از اندازه‌گیری وزن خشک آنها، درصد ماده خشک آنها سنجش و میانگین آن برای هر تیمار ثبت گردید (۲۰).

برای سنجش عمر گلجای، ساقه‌های گلدهنده پس از بازشدن ۳-۲ گلبرگ گل آنها از بالای محل اتصال به تنه اصلی جدا و داخل آب تصفیه شده حاوی یک حبه قند و یک الی دو قطره محلول سدیم هیپوکلریت در هر لیتر، تا نمایان شدن نخستین نشانه پژمردگی گلبرگ بیرونی نگهداری شده و با ثبت تاریخ‌های برداشت و پژمردگی، عمر گلجای آنها سنجش شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ گل L^*، a^*، b^*، c^*، h° و ΔE^*، پیش از برداشت گل‌ها با دستگاه رنگ سنج (مدل RM2000QC ساخت شرکت X-rite آمریکا) در سیستم CIE روی دومین گلبرک بیرونی قوی‌ترین گل هر تیمار انجام شد.

برای سنجش سبزینه کل برگ، یک برگ از هر بوته یک تیمار به صورت تصادفی انتخاب و با سبزینه سنج (SPAD 502 PLUS مدل Airt- 206 ساخت شرکت Konica Minolta ژاپن) شاخص سبزینه آن سنجش و میانگین آن برای تیمار ثبت شد.

برای سنجش درصد عنصرهای غذایی برگ، ابتدا نمونه‌ها در اندازه ۲۰۰ مش[۱] آسیاب گردید. اندازه‌گیری نیتروژن با روش کجلدال[۲] و در سه مرحله شامل هضم نمونه‌ها با سولفوریک اسید ٪۹۸ در اجاق هضم (ساخت شرکت Pecofood ایران)، تقطیر عصاره هضم شده با دستگاه کجلدال (ساخت سوئیس) و تیتراسیون عصاره‌های حاصل با هیدروکلریک اسید ۰/۰۱ نرمال انجام و مقدار هیدروکلریک اسید مصرفی برای محاسبه نیتروژن ثبت گردید (۲۰). برای اندازه‌گیری پتاسیم، فسفر و کلسیم ابتدا

۱- Mesh
۲- Kjeldahl

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

عصاره نمونه‌ها با روش هضم با نیتریک اسید ٪۶۵ به دست آمد. سپس غلظت پتاسیم و کلسیم عصاره‌ها با دستگاه فلیم فتومتر (PrismaTech Benchtop Flame photometer مدل PTFP-5 ساخت شرکت Control System ایران) سنجیده شد (۲۰). سنجش غلظت فسفر عصاره‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-visible spectrophotometer مدل UV=1205 شرکت Shimadzu ژاپن) انجام شد. برای اینکار ابتدا ۲ میلی لیتر از هر عصاره داخل فالکون ۱۵ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۲ میلی لیتر معرف نیتروواناداات و آمونیم مولیبدیت و ۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید. پس از گذشت یک ساعت و تشکیل کمپلکس زرد، نمونه‌ها داخل دستگاه اسپکتروفوتومتر که منحنی کالیبراسیون فسفر برای آن رسم شده بود قرار داده شد و عدد جذب آنها در طول موج ۴۳۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با قراردادن عددهای خوانده شده دستگاه در فرمول منحنی کالیبراسیون فسفر، غلظت فسفر برای هر نمونه برحسب $mg\ g^{-1}$ نمونه خشک، محاسبه گردید (۲۰).

واکاوی آماری

آنالیز واریانس داده‌های به‌دست آمده به جز پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی با نرم‌افزار SAS (9.2) انجام و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد گروه‌بندی شد. میانگین پی‌اچ و هدایت الکتریکی بدون آنالیز آماری محاسبه شد.

نتایج

تیمارهای الکترومغناطیس موجب کاهش کم پی‌اچ و هدایت الکتریکی محلول غذایی شدند؛ به گونه‌ای که پی‌اچ از ۵/۵۴ در شاهد به ۵/ ۱۵ در تیمار ۲۰، ۵/۴۸ در تیمار ۴۰ و ۵/۵۱ در تیمار ۸۰ و هدایت الکتریکی از ۱/۹۳ در تیمار شاهد به ۱/۸۸ در تیمار ۲۰، ۱/۹۰ در تیمار ۴۰ و ۱/۸۹ در تیمار ۸۰ کاهش یافت.

اثر تیمارهای الکترومغناطیس بر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی گل‌ها شامل قطر و ارتفاع ساقه گلدهنده، سطح برگ، غلظت پتاسیم، فسفر و ماده خشک برگ و برهمکنش آنها و رقم بر قطر و ارتفاع ساقه گلدهنده، قطر غنچه و سطح برگ، غلظت فسفر و عمر گلجای و شاخص‌های رنگ گل L^* و a^* معنی‌دار شد (جدول ۲). نتیجه‌های مقایسه میانگین نشان داد که برهمکنش تیمار و رقم به صورت معنی‌دار در رقم ساموارایی در تیمار ۴۰ و در رقم لاکسور در تیمار ۲۰ قطر ساقه گلدهنده را افزایش داد (جدول ۲). همچنین تیمار ۲۰ در رقم ساموارایی و تیمار ۸۰ در رقم لاکسور به صورت معنی داری قطر گل را افزایش داد (جدول ۲). این برهمکنش به صورت معنی‌دار در رقم ساموارایی در همه تیمارها و در رقم لاکسور در تیمار ۴۰ بر سطح برگ افزود (جدول ۲). همچنین به صورت معنی‌دار در هر دو رقم در همه تیمارها از غلظت فسفر کاسته شد (جدول ۲). در رقم ساموارایی در تیمار ۲۰ به صورت معنی‌دار بر غلظت پتاسیم افزوده و در رقم لاکسور در تیمار ۸۰ از آن کاسته شد (جدول ۲). هیچکدام از تیمارها تاثیر معنی‌دار بر غلظت کلسیم و نیتروژن نداشتند (جدول ۲). در رقم ساموارایی، همه تیمارها به صورت معنی‌دار غلظت ماده خشک را کاهش دادند، اما در رقم لاکسور تاثیر معنی‌دار بر آن نداشتند (جدول ۲). شاخص سبزینه برگ در رقم ساموارایی در هیچ یک از تیمارها تغییرهای معنی‌دار نداشت، اما در رقم لاکسور به صورت معنی‌دار در تیمار ۸۰ افزایش و در سایر تیمارها کاهش یافت (جدول ۲). شاخص‌های رنگ گل L^*، a^* و c^* در رقم ساموارایی در تیمار ۸۰ و شاخص رنگ ΔE^* در هر دو رقم در همه تیمارها تغییرهای معنی‌دار داشتند (جدول ۲). هیچکدام از تیمارها تاثیر معنی‌دار بر تعداد گل در بوته نداشتند (جدول۲). برهمکنش تیمار و رقم به صورت معنی‌دار در رقم ساموارایی در تیمار ۴۰ بر ارتفاع ساقه گلدهنده افزود و در تیمارهای ۲۰ و ۸۰ از آن کاست و در رقم لاکسور در همه تیمارها به‌صورت معنی‌دار بر آن افزود (شکل ۱). همچنین این برهمکنش به‌صورت اندک و غیر معنی‌دار در رقم ساموارایی در همه تیمارها و در رقم لاکسور به غیر از تیمار ۸۰ با اثر افزایش دهنده، در بقیه تیمارها از عمر گلجای کاست (شکل ب).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

جدول ۲– تغییرهای ویژگی‌های رویشی و زایشی، غلظت عنصرهای غذایی و شاخص‌های رنگ گل با انگیزش میدان‌های الکترومغناطیس.

Table 2. Changes of reproductive and vegetative properties, nutritional elements density and flower color indices under effect of electromagnetic fields.

متغیرها Variables			Vegetative properties and nutritional elements ویژگی‌های رویشی و عنصرهای غذایی	شمار گل Flower No.	قطر ساقهٔ گلدهنده (mm) Flowering stem diameter	قطر غنچه (mm) Bud diameter	سطح برگ (cm^2) Leaf area	کلسیم ($mg\ g^{-1}$) Ca	پتاسیم ($mg\ g^{-1}$) K	فسفر ($mg\ g^{-1}$) P	نیتروژن ($mg\ g^{-1}$) N	شاخص سبزینه برگ Leaf Chlorophyll Index	ماده خشک برگ (%) Leaf dry matter	شاخص‌های رنگ گل Flower color indices					
														L^*	a^*	b^*	c^*	h^*	ΔE^*
رقم Cultivar	S.			8.8^a	5.5^a	17.9^a	2109.4^a	5.4^a	3^a	6.1^a	25.6^a	55.6^a	51.9^a	22.2^b	46.6^b	28.6^b	54.6^b	28.8^a	19.6^a
	L.			5.5^a	5.5^a	17.1^b	1574.8^b	5.9^a	24.6^a	5.6^b	24.5^a	66.2^a	53.6^a	37.3^a	63.1^a	29.4^a	70^a	24.7^a	12.1^b
میدان الکترومغناطیس Electromagnetic field	Ef.0			7.8^a	5.3^b	17.2^a	1414.3^b	6.6^a	27^{ab}	6.3^a	25.2^a	64.1^a	58.9^a	30.9^a	57.8^a	30.3^a	65.6^a	27.7^a	16.7^a
	Ef.20			8^a	5.5^{ab}	17.6^a	1700.7^{ab}	5.6^a	35.3^a	5.8^b	25.7^a	54.3^a	50.9^{ab}	32.3^a	58.5^a	29.3^a	65.7^a	26.7^a	14.3^a
	Ef.40			7.8^a	5.9^a	17.4^a	2376^a	4.7^a	23.6^b	5.7^b	24.4^a	52.2^a	48.2^b	30.3^a	55.7^a	29.8^a	63.5^a	27.8^a	17.57^a
	Ef.80			8.6^a	5.3^b	17.8^a	1877.5^{ab}	5.7^a	23.1^b	5.7^b	25^a	73^a	53.1^{ab}	25.6^a	47.4^a	26.5^a	54.3^a	24.6^a	14.9^a
برهمکنش میدان الکترومغناطیس و رقم Interaction effect of electromagnetic field and cultivar	Ef.0	S.		6.66^a	5.2^b	17.3^{ab}	1297.7^b	5.36^a	29.66^{ab}	6.6^a	26.13^a	54.35^b	61.37^a	23.46^{ab}	50.4^{ab}	30.13^a	58.8^{ab}	30.76^a	20.6^a
		L.		9^a	5.3^b	17.1^b	1531^b	7.95^a	24.5^{ab}	6^b	24.3^a	73.9^{ab}	56.45^{ab}	38.36^a	65.2^a	30.53^a	72.57^a	24.8^a	12.9^{ab}
	Ef.20	S.		9^a	5.2^b	18.8^a	2087.3^{ab}	4.06^a	38.33^a	6.1^b	26.39^a	56.5^b	48.48^{ab}	26.46^{ab}	54.07^{ab}	31.93^a	62.77^{ab}	30.56^a	18.6^{ab}
		L.		7^a	5.8^{ab}	16.4^b	1314^b	7.23^a	32.33^{ab}	5.6^{bc}	25.01^a	52.1^b	53.48^{ab}	38.36^a	63.03^a	26.8^a	68.73^a	22.9^a	10.13^b
	Ef.40	S.		7^a	6.4^a	17.7^{ab}	2758.7^a	3.9^a	23.66^{ab}	5.6^{bc}	24.15^a	53.22^b	45.46^b	25.33^{ab}	48.57^{ab}	26.8^a	55.6^{ab}	28.36^a	20.63^a
		L.		8.66^a	5.4^b	17.1^b	1993.3^{ab}	5.5^a	23.66^{ab}	5.8^{bc}	24.78^a	51.33^b	50.97^{ab}	35.36^a	63^a	32.9^a	71.5^a	27.4^a	14.5^{ab}
	Ef.80	S.		6.66^a	5.1^b	17.8^{ab}	2294^{ab}	8.33^a	28.33^{ab}	6^b	25.83^a	58.6^b	52.41^{ab}	13.7^b	33.37^b	25.7^a	41.37^b	25.5^a	18.9^{ab}
		L.		10.66^a	5.4^b	17.8^{ab}	1461^b	3.2^a	18^b	5.3^c	24.22^a	87.58^a	53.84^{ab}	37.53^a	61.47^a	27.46^a	67.4^a	23.7^a	11^b

Dissimilar letters Expresses significance.

حرف‌های غیر مشابه بیانگر معنی‌داری هستند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

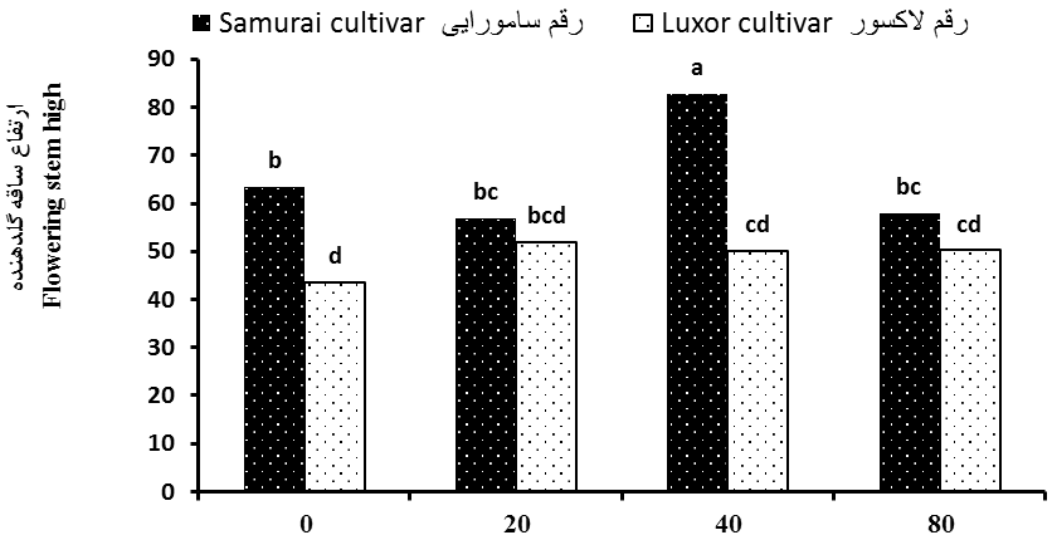

Fig. 1. Mean comparison of interaction effect of electromagnetic fields and cultivar on flowering stem high

شکل ۱ - مقایسه میانگین برهمکنش میدان‌های الکترومغناطیس و رقم بر ارتفاع ساقه گلدهنده.

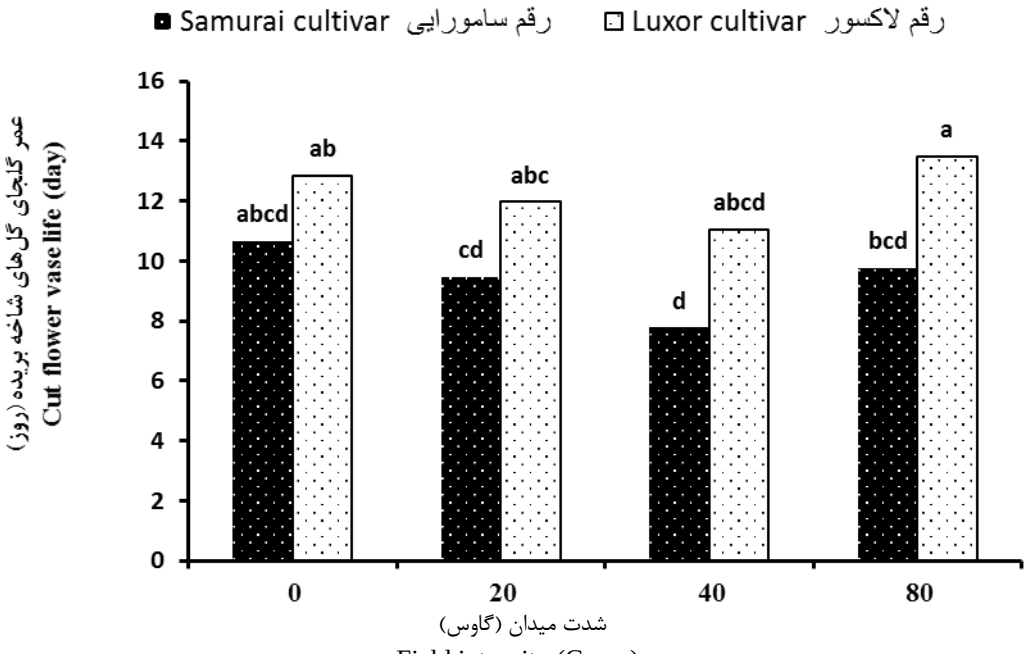

Fig. 2. Mean comparison of interaction effect of electromagnetic fields and cultivar on vase life of rose cut flower.

شکل ۲ - مقایسه میانگین برهمکنش میدان‌های الکترومغناطیس و رقم بر عمر گلجای گل بریده وَرد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

آب یا محلول مغناطیسی شده در آزمایش‌های گوناگون سبب تغییر رشد و فیزیولوژی گیاهان گوناگون شده است. هرچند سازوکار اثر آن به طورکامل شناخته نشده، اما به نظر می‌رسد که تغییر ویژگی‌های آب زیر انگیزش مغناطیسی، سبب افزایش جذب آب و عنصرها و در پایان تغییر رشد باشد (۲). در آزمایش حاظر در رقم سامورایی ارتفاع ساقه گلدهنده در تیمار های ۲۰ و ۸۰ کاهش، و در تیمار ۴۰ و در رقم لاکسور در همه تیمارها افزایش یافت (شکل ۱) که نشان‌دهنده تفاوت واکنش رقم‌ها به شدت مغناطیدن است که پژوهشگران در گیاهان دیگر نیز گزارش نموده‌اند (۲). در رقم سامورایی تیمار ۲۰ تغییری در قطر ساقه گلدهنده ایجاد نکرد، اما تیمارهای ۴۰ و ۸۰ بر آن افزودند (جدول ۲). همچنین افزایش شدت تیمارها تاثیر چندانی بر قطر گل نداشت (جدول ۲). رشد رویشی رقم‌ها از میدان‌های الکترومغناطیس تاثیر پذیرفت و در رقم سامورایی در هر سه تیمار سطح برگ افزایش یافت (جدول ۲) که مشابه با نتیجه‌های گزارش شده تاثیرهای میدان مغناطیسی بر ویژگی‌های عملکردی سویا (۲) و ریحان (۱۸) است. این اثرهای مثبت ممکن است با بهبود کارایی مصرف آب، نفوذپذیری پوسته و بهبود ظرفیت جذب آب که دیگر پژوهشگران گزارش نموده‌اند (۸، ۱۶) مرتبط باشد. شاخص سبزینه برگ در رقم سامورایی تغییر معنی‌دار نداشت، اما در رقم لاکسور در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ کاهش و در تیمار ۸۰ افزایش داشت (جدول ۲). میزان ماده خشک برگ در میدان‌های ۲۰، ۴۰ و ۸۰ در هر دو رقم کاهش داشت (جدول ۲). آب مغناطیسی شده به علت کشش سطحی کمتر، قابلیت حل عنصرهای غذایی بیشتر را داشته، در نتیجه این امکان وجود دارد که تغذیه گیاهان آبیاری شده با آن در سطح بالاتر انجام شود که می‌تواند از دلایل افزایش رشد رویشی گیاهان باشد. این نوع آب در گل همیشه بهار[۱] سطح برگ (۷)، و در گل پِروانش[۲] ارتفاع گیاه و قطر گل (۹) را افزایش داد که با نتایج آزمایش حاظر همسو است.

برخی پژوهش‌ها تغییر جذب ماده‌های غذایی ناشی از کاربرد میدان مغناطیسی روی گیاهان را نشان داده‌اند (۱۳) که ممکن است با تقسیم یاخته‌ای (۲)، افزایش هدایت روزنه‌ای (۱۶) و رشد بهتر ریشه (۳) مرتبط باشد. کاهش غلظت فسفر در آزمایش حاظر با یافته‌های دیگر پژوهشگران همسو نبود که علت آن را می‌توان با اثر رقت مرتبط دانست. زمانی که رشد رویشی گیاه افزایش یابد غلظت بعضی عنصرها به علت اثر رقت کاهش می‌یابد (۲۰). اثر میدان‌های مغناطیسی بر ترکیب شیمیایی گیاهان بسته به نوع، شدت، شیوه کاربرد و مدت زمان به کارگیری میدان و گونه گیاهی، نوع ماده غذایی و شرایط آزمایش متفاوت است. در توت‌فرنگی جذب عنصرها در شدت‌های گوناگون میدان الکترومغناطیس متفاوت بوده و رابطه مستقیم با آن ندارد (۶). نتیجه‌های آزمایش حاضر نیز نشان داد که رابطه مستقیم میان شدت تیمار الکترومغناطیس و میزان جذب عنصرهای فسفر و پتاسیم وجود نداشته و این تیمارها تاثیر قابل توجهی بر غلظت کلسیم و نیتروژن گیاه نداشته‌اند. کاربرد محلول غذایی مونو کلسیم فسفات مغناطیسی شده در ریحان سبب افزایش سبزینگی شد (۱۸) که با نتیجه‌های این آزمایش در برخی تیمارها همخوان است.

در کدو مسمایی[۳] بین جذب فسفر و نیتروژن، کلسیم، پتاسیم و منیزیم رابطه مستقیم وجود داشته و آب مغناطیسی شده با دگرگونی جذب فسفر بر جذب دیگر عنصرها و ترکیب‌های زیست‌شیمیایی گیاه اثر می‌گذارد (۱۴). در این آزمایش بین غلظت پتاسیم و نیتروژن رابطه مستقیم مشاهده شد، اما بین دیگر عنصرها رابطه مستقیمی مشاهده نشد که بیانگر این است که میدان‌های الکترومغناطیس ممکن است به شیوه‌ای متفاوت با میدان‌های مغناطیسی بر جذب عنصرهای غذایی تاثیر بگذارند که این موضوع را پژوهشگران دیگر هم گزارش داده‌اند (۸). تغییرهای فسفر در اثر میدان‌های الکترومغناطیس می‌تواند بر فعالیت زیست‌شیمیایی گیاهان تاثیرگذار باشد. فسفر عنصر حیاتی برای گیاه بوده و کاهش جذب آن به طور غیر مستقیم بر جذب سایر عنصرهای مورد نیاز گیاه تاثیرگذار است (۱۵). میدان‌های الکتریکی و الکترومغناطیس به احتمال با کاربرد شارژ مغناطیسی منفی روی یاخته‌های گیاهی بر جذب کاتیون‌های با شارژ مغناطیسی مثبت افزوده و مانع جذب آنیون‌های با شارژ مغناطیسی منفی از جمله فسفر می‌شوند (۶). در آزمایش حاظر به نظر می‌رسد که کاهش اندک غلظت کلسیم در همه تیمارها به غیر از ۸۰ در رقم سامورایی و کاهش نیتروژن و پتاسیم در همه تیمارها به غیر از تیمار ۲۰، با کاهش جذب فسفر در همه تیمارها مرتبط بوده و ممکن است منشاء کاهش ترکیب‌های آلی و معدنی مورد نیاز برای ادامه زندگی گل‌های بریدنی پس از برداشت و موجب کاهش اندک عمر گلجای باشد. همچنین به نظر می‌رسد که بزرگ شدن اندام‌های گیاهی در آزمایش

۱- *Calendula officinalis* L. ۲- *Catharanthus roseus* L. ۳- *Cucurbita pepo* L.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

حاظر، ممکن است به علت افزایش جذب آب ناشی از تغییر ساختار فیزیکی آن زیر تیمار مغناطیسی که موجب بالارفتن فشار آماس داخل یاخته‌ها می‌گردد، باشد (۲).

نتیجه‌گیری

تیمارهای الکترومغناطیس بر شمار گل در بوته تاثیر نداشت، اما ویژگی‌های مثبتی مانند ارتفاع و قطر ساقه گلدهنده و قطر گل‌ها را بهتر نمود ولی آن طور که آزمایش حاضر نشان داد، بعضی از تیمارهای الکترومغناطیس بکار گرفته شده در این آزمایش عمر گلجای گل‌ها را اندکی کاهش دادند که از لحاظ اقتصادی مناسب نمی‌باشد. بنابراین، می‌توان گفت که به نظر می‌رسد که برای دست‌یابی به نتیجه‌های بهتر بایستی روش‌های دیگر کاربرد میدان الکترومغناطیس و یا شدت‌های دیگر میدان را مورد بررسی قرار داد.

منابع References

1. Ahmed Youssef, M., and M. E. Abou Kamer. 2019. Effectiveness of different nutrition sources and magnetic fields on lettuce grown under hydroponic system. Sci. J. Agr. Sci. 1 (2): 62-71.
2. Aliverdi, A., M. Parsa and H. Hammami. 2015. Increased soyabean-rhizobium symbiosis by magnetically treated water. Biol. Agr. Hort. 31(3): 167-176.
3. Belyavskaya, N.A. 2001. Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. Adv. Space Res. 28: 645-650
4. Chang, K.T. and C.I. Weng. 2006. The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation. J. Appl. Phys. 100:043917-1-6
5. Choi, Y. C., C. Pak and K. S. Kim. 2006. Electric field effects on water clusters (*n*=3-5): systematic *ab initio* study of structures, energetics, and transition stages. J. Chem. Phys. 124: 094308-1-4.
6. Ezitken, A. and M.Turan. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa cv. Camarosa*). Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 54: 135-139.
7. Ghanavizchi, F., A. Tehranifar, M. Kahrobaiyan, A. Halajian. 2018. Investigation of magnetic water on som morphological parameters of marigold under water salinity stress. Ferdowsi university Of Mashhad Publ.7. in Persian.
8. Goldsworthy, A., H. Whitney and E. Moriss. 1999. Biological effects of physically conditioned water. water res. 33(7): 1618- 1626.
9. Hashemabadi, D.. 2017. The activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes under the influence of water and irrigation intervals to ornamental periwinkle. Irn. J. Hort. Sci. 48(1): 49-59. In Persian.
10. Ibrahim I.H. 2006. Biophysical properties of magnetized distilled water. Egypt. J. Sol. 29(2): 363-369.
11. Mane, D.R. and V. S. Sawant. 2015. Comparative study of effect of magnetic field and magnetically treated water on growth pf plants and crop yield. Intl. J. Sci. Res. Dev. 3(2): 300-302.
12. Marshal J.S., E.R. Pounder, R.W. Stewart. 1967. physics. 2 edition. The Macmillan Company of Canada Limited. 1139. ISBN 978-1-349-81613-2 (e book)
13. Podlesny, J., S. Pietruszewski, and A. Podlesna. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. Intl. Agrophys. 18: 65–71.
14. Rasheed Ahmed, S. M. and K. Abdul-Kareem Hassan. 2015. Effect of magnetic water and phosphorus rates on some nutrients uptake by summer squash grown in calcareous soil of Duhok governorate. J. University of Zakho. 3(2): 250-260.
15. Rodriguez- Concepcion, M., I. Ahumada, E. Diez-Juez, S. Sauret-Gueto, L. M. Loist, F. Gallego, L. Carretero-Paulet, N. Campos and A. Boronat. 2001. 1-Deoxy-D-xylulose 5-phosphate reductoisomerase and plastid isoprenoid biosynthesis during tomato fruit ripening. Plant J. 27(3): 213-222.
16. Sadeghipour, O. and P. Aghaei. 2013. Improving the growth of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp.) by magnetized water. J. Biodivers. and Environ. Sci. 3: 37–43.
17. Saitta, A. M., F. Saija, P. V. Giaquinta. 2012. Ab initio molecular dynamics study of dissociation of water under an electric field. Amer. Phys. Soc. 108: 207801-1-5.
18. Shabani, E., S. Bolandnazar and S.-J. Tabatabaei. 2019. Magnetized phosphorus solution and mycorrhization with *Diversispora Versiformis* affect P use efficiency, growth and photosynthetic parameters in sweet basil *(Ocimum Basilicum)*. Sciendo J. Hort. Res. 27(2): 103-112.
19. Soleimani, M., F. Qanati, S. Muhammad-Alikhani and H. Zare-Maivan. 2016. Improving the activity of antioxidant enzymes in corn (*Zea mays L.*) after irrigation with magnetized water. J. Dev. Biol. 9(2): 27-39. In Persian.
20. Tabatabaei, S.-J.. 2013. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Publication. 562. In Persian.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

21. Xiao-Feng, P. and D. Bo. 2008. Tthe changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. Physica B J. 403: 3571-3577.
22. Zareei, E., F. Zaare-Nahandi, S. Oustan and J. Hajilou. 2019. Effects of magnetic solutions on some biochemical properties and production of some phenolic compounds in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Sci. Hort. 253: 217-226.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (3): 279-288 (2021)
Research article

Effect of Magnetized Nutrient Solution on Growth, Some Physiological Properties and Content of Mineral Elements of Two Rose Cultivars in Hydroponic Culture Conditions

A. Faridnia, S.J. Tabatabaei* and I. Rohollahi[1]

This experiment was performed to investigate the effect of magnetized nutrient solution under four electromagnetic treatments (0, 20, 40 and 80 GAUSS) on growth, physiological properties and nutrient elements of two rose cultivars (Samurai and Luxor) in a factorial completely random design with three replications. In each experimental unit, four bushes were planted in PUMedia medium and were nourished with nutritional solution by digital timer in open system. The results showed that pH and electrical conductivity of the nutrient solution were slightly reduced in all treatments. Flowering stem high increased significantly in 40 GAUSS treatment for Samurai cultivar 23% and 20 GAUSS treatment for Luxor cultivar 16%. Stem diameter increased significantly in 40 GAUSS treatment for Samurai cultivar 22% and 20 GAUSS treatment for Luxor cultivar 10%. The leaf area increment of the two cultivars was significant and its amount in 40 GAUSS treatment was 68%. Phosphorous concentration of cultivars decreased significantly. Flower number, calcium and nitrogen concentration, as well as leaf chlorophyll and flower color indices weren't affected. Vase life changes in both cultivars were slight and insignificant in all treatments.
Keywords: Electromagnetic, Electric, Flower, Magnetic.

1. M.Sc. Student of the Faculty of Agricultural Sciences, Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Research Center for Medicinal Plants and Assistant Professor of the Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran, Respectively.
* Corresponding Author, Email: (j.tabatabaei@shahed.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.5.0]