

تغییر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تحت تأثیر انواع آب و دور آبیاری در گیاه زینتی پروانش

داود هاشم‌آبادی*

دانشیار، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیس شده روی گیاه زینتی پروانش، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با شانزده تیمار در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل چهار نوع آب (آب شهر مغناطیس شده، آب شهر، آب چاه مغناطیس شده و آب چاه) و چهار دوره‌های آبیاری (دو روز یکبار، چهار روز یکبار، شش روز یکبار و هشت روز یکبار) بود. بنابر نتایج به دست آمده کمترین زمان تا گلدهی پروانش (۴۵/۲۰ روز)، بیشترین شمار گل (۱۷/۹۶ گل)، بیشترین شمار برگ (۱۶۵/۸۸)، بیشترین شمار شاخه (۱۷/۴۴)، بیشترین ارتفاع بوته (۲۱/۷۱ سانتی‌متر) و همچنین بیشترین قطر ساقه گل‌دهنده (۶/۹۵ میلی‌متر) و کمترین نشت یونی (۵۵/۹۶ درصد) در تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس شده به دست آمد. تیمارهای آبیاری دو روز یکبار با آب چاه و شهر مغناطیس شده به ترتیب با ۶/۱۹ و ۶/۲۵ نانومول در هر گرم وزن تر کمترین و آبیاری هشت روز یکبار با آب شهر و چاه مغناطیس نشده با ۹/۷ و ۹/۴۵ نانومول در هر گرم وزن تر بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدئید را در بین تیمارها به خود اختصاص دادند. بیشترین و کمترین فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه مغناطیس شده (۵۹/۷۵ واحد آنزیم در گرم وزن تر) و آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه (۱۰/۸۶ واحد آنزیم در گرم وزن تر) بود. بیشترین فعالیت POD با ۶/۰۴ نانومول در هر گرم وزن تر در تیمار آبیاری شش روز یکبار با آب چاه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، نشت یونی، مالون‌دی‌آلدئید، *Catharanthus roseus*.

The activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes under the influence of water and irrigation intervals to ornamental periwinkle

Davood Hashemabadi*

Associate Professor, Department of Horticulture, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran
(Received: Jul. 13, 2015 - Accepted: Feb. 10, 2016)

ABSTRACT

To investigate the effect of magnetic water on the periwinkle a factorial experiment based on CRD carried out with 16 treatments in three replications. Treatments consisted of four types of water (magnetic tap water, the tap water, magnetic well water and well water) and four irrigation intervals (2, 4, 6 and 8 days). The results showed the least time to flowering periwinkle (45.20 days), the highest number of flower (17.96), the highest number of leaves (165.88), the maximum number of branches (17.44), maximum height (21.71 cm), maximum diameter of the stem (6.95 mm) and lowest ionic leakage (55.96%) were found in treatment of 2 days and magnetic tap water. The minimum MDA observed in interval irrigation of 2 days with magnetic well water and magnetic tap water. The maximum MDA obtained in irrigation intervals of 8 days + tap (9.7 nmol g F.W⁻¹) and well water (9.45 nmol g F.W⁻¹), respectively. The highest and lowest activity of SOD were found in irrigation intervals of 8 days with magnetic well water (59.75 IU. g D.W⁻¹) and irrigation intervals 2 days + with well water (10.86 IU. g D.W⁻¹). Maximum POD activity (6.04 nmol g F.W⁻¹) was observed in irrigation of 6 days with well water.

Keywords: *Catharanthus roseus*, ionic leakage, magnetic water, MDA.

مقدمه

کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در جهان و به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک مانند ایران است. برای اینکه محدودیت آب بازدارنده رشد و گسترش کشاورزی ایجاد نکند، لازم است تا بهره‌وری آب افزایش یابد. استفاده از روش‌هایی که محصول تولیدشده در ازای هر واحد آب مصرفی افزایش یابد، یکی از راهکارهایی است که می‌توان با دستیابی به آن، کل آب مصرفی برای آبیاری را کاهش داد. امروزه استفاده از آب مغناطیس‌شده یکی از روش‌های بیوفیزیکی و غیر شیمیایی برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و بهره‌وری آب معرفی شده است (Banejhad *et al.*, 2013; Maheshwari & Grewal, 2009). عبور آب از یک میدان مغناطیسی موجب تغییرپذیری فیزیکی و شیمیایی مثبت در ساختار آب شده و با افزایش شمار مولکول‌های آزاد آب باعث افزایش حلالیت، کاهش کشش سطحی و خنثی شدن سختی آب شده و موجب می‌شود تا جذب املاح کانی و عنصرهای غذایی موجود در آب و خاک افزایش یابد. افزون بر این، با اعمال توان مغناطیسی بر آب، ساختار پیچیده مولکول‌های آب به ساختار خطی تبدیل می‌شود، در چنین حالتی توانایی جذب آب توسط گیاه و کارایی مصرف آن افزایش می‌یابد (Xiao-Feng & Bo, 2008; Al-Khazan *et al.*, 2011).

در پژوهشی تأثیر آب مغناطیسی روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی و نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی با بهبود کیفیت آب آبیاری و ویژگی‌های خاک برای هدف‌های کشاورزی مناسب است (Saliha, 2005). پژوهشگران تیمار آب‌های مختلف را با میدان مغناطیسی روی عملکرد کرفس و دو گونه نخود آزمایش کردند

آنان به این نتیجه رسیدند که تأثیر آب مغناطیس بسته به نوع آب و گیاه متفاوت است. به‌طوری‌که در پژوهش آنان آب مغناطیسی تأثیر فراوانی در افزایش عملکرد کرفس داشت اما روی عملکرد یکی از گونه‌های نخود تأثیر معنی‌داری نداشت (Maheshwari & Grewal, 2009).

افزون بر کیفیت آب کمیت آن نیز برای رشد و نمو

گیاه بسیار اهمیت دارد. کمبود آب قابل‌دسترس گیاه، موجب ایجاد تنش خشکی و بروز تغییرپذیری‌های نامناسب در ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی)، فیزیولوژیکی، ساختار درونی (آناتومیکی) و بیوشیمیایی گیاه می‌شود و آسیب‌های پرشماری بسته به طول مدت کمبود آب و مرحله رشد بر گیاه وارد می‌کند. بنابراین انتخاب دوره‌های آبیاری مناسب و میزان مناسب آب برای آبیاری گیاهان به‌طوری‌که از ایجاد تنش کمبود آب جلوگیری کند و درعین‌حال موجب کاهش عملکرد گیاه نشود، بسیار مهم است (Abdul Jaleel *et al.*, 2009; Bhatt & Srinivasa Rao, 2005; Aliabadi Farahani *et al.*, 2008).

پژوهشگران در تحقیقی تأثیر دوره‌های آبیاری ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و تراکم گیاهی را روی گیاه دارویی کاسنی بررسی کردند. آنان بیشترین عملکرد برگ، ساقه، شاخه فرعی، شمار برگ و طول ریشه را در دور آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به دست آوردند (Taheri Asgari *et al.*, 2009). پژوهشگران افزایش شاخص‌های رشد گیاه دارویی بادرنجبویه را به‌ترتیب در دوره‌های آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش کردند (Ardakani *et al.*, 2007).

به‌طورکلی مرور منابع نشانگر تأثیر مثبت آب مغناطیسی و دوره‌های آبیاری بر عملکرد گیاهان مختلف است اما اهمیت استفاده از روش‌های غیرشیمیایی در افزایش کمیت و کیفیت رشد و محصول گیاهان دارویی بسیار شایان توجه است. از این‌رو این تحقیق روی گیاه زینتی پروانش انجام شد. پروانش (*Catharanthus roseus*) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده خرزهره است (Van der Heijden *et al.*, 2004; Loyola-Vargas *et al.*, 2007). هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر آب مغناطیسی و دوره‌های آبیاری روی فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدانی) و همچنین تأثیر آن بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی پروانش است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کامل تصادفی با دو عامل و شانزده تیمار در فضای آزاد

انجام شد. تیمارها شامل نوع آب (آب شهر مغناطیس‌شده، آب شهر، آب چاه مغناطیس‌شده و آب چاه) و دوره‌های آبیاری (دو روز یک‌بار، چهار روز یک‌بار، شش روز یک‌بار، هشت روز یک‌بار) بودند که در سه تکرار به کار گرفته شدند. بذرها اصلاح‌شده پروانش در بستر حاوی خاک باغچه + خاک‌برگ + ماسه به نسبت ۱:۱:۱ کشت شدند. برخی از ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد

استفاده در این آزمایش

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

| Soil garden+ sand+ mold (1:1:1) | |
|---------------------------------|------------|
| pH | 6.69 |
| EC (μs) | 183.4 |
| N (%) | 1.8 |
| P (ppm) | 24 |
| K (ppm) | 45.52 |
| Texture | Lomay-clay |

انتقال نشا ۴۵ روز پس از کاشت بذرها انجام شد. به‌منظور استقرار گیاهان، آبیاری گیاهان تا یک هفته پس از انتقال نشاء هر روز با آب مربوط صورت گرفت. تعیین دوره‌های آبیاری با مکش‌سنج (تانسیومتر) دیجیتال و اعمال دوره‌های آبیاری از یک هفته پس از انتقال نشاها انجام شد. برای تهیه آب مغناطیسی از دستگاه مغناطیس‌کننده آکوا (AQUA) ساخت کشور

جدول ۲. ویژگی‌های آب‌های مورد استفاده در این آزمایش

Table 2. Properties of the water used in the experiment

| | Well water | Magnetic well water | Tap water | Magnetic tap water |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|--------------------|
| pH | 7 | 6.97 | 7.25 | 7 |
| EC (dS m^{-1}) | 656 | 647 | 619 | 584 |
| (Meq/lit) Cl | 95.4 | 78.1 | 49.7 | 42.6 |
| HCO_3^- (ppm) | 91.5 | 43.2 | 125.5 | 109.8 |
| Ca (ppm) | 230 | 220 | 240 | 220 |
| Mg (ppm) | 40 | 20 | 40 | 48 |
| Na (ppm) | 62.14 | 53.57 | 64.28 | 55.71 |

در این پژوهش ویژگی‌هایی مانند آغاز گلدهی، شمار گل، قطر گل، ارتفاع بوته، قطر ساقه گل‌دهنده، وزن تر اندام‌های هوایی، وزن تر ریشه، شمار برگ، نشت یونی، مالون دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز ارزیابی شد. زمان گلدهی با شمارش روزها از زمان انتقال نشا تا ظهور نخستین گل محاسبه و گزارش شد. شمار گل در طول آزمایش تا پیش از پژمردگی ۵۰ درصد گل‌ها روی بوته شمارش و میانگین اندازه‌گیری‌ها در هر کرت (پلات) گزارش شد. شمار برگ با شمارش برگ‌ها در پایان عمر گلدانی محاسبه شد. قطر گل در طول آزمایش با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش ارتفاع بوته با خط‌کش و قطر ساقه گل‌دهنده به کمک کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی نیز در پایان آزمایش با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش Kaya *et al.* (2001)، برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید (MDA) از روش Heath & Parker (1968) استفاده شد. میزان فعالیت پراکسیداز به روش In *et al.* (2007) و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به روش طیف‌سنجی نوری (اسپکتروفتومتری) و با استفاده از روش Giannopolitis & Ries (1977) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD انجام شد.

نتایج

آغاز گلدهی

اثر متقابل نوع آب \times دور آبیاری روی گلدهی پروانش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مشاهده جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد

شمار برگ

تأثیر نوع آب × دور آبیاری روی شمار برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بنا بر نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، شمار برگ با افزایش فاصله زمانی دوره‌های آبیاری کاهش یافت. البته باید یادآوری کرد که اعمال تیمارهای مغناطیسی روی آب موجب افزایش شمار برگ نسبت به آب‌های مغناطیس‌نشده شد. به طوری که تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده با ۱۶۵/۸۸ برگ، بیشترین شمار برگ را در بین تیمارها داشت. آبیاری دو روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده با ۱۵۴/۸ برگ رتبه دوم را در بین تیمارهای برتر داشت (جدول ۴).

شمار شاخه

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، تأثیر نوع آب × دور آبیاری روی شمار شاخه جانبی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها روی شمار شاخه پروانش نشان داد که آبیاری دو روز یکبار در هر چهار نوع آب مورد استفاده بیشترین شمار شاخه را در بین دوره‌های آبیاری تولید کردند و تیمارهایی که با آب مغناطیسی آبیاری شدند شمار شاخه بیشتری داشتند. در بین تیمارهای مختلف، آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده (۱۷/۴۴ شاخه) و پس از آن آبیاری دو روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده با ۱۳/۱۰ شاخه، شمار شاخه جانبی بیشتری داشتند. کمترین شمار شاخه با ۱۰/۵۵ شاخه متعلق به تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه بود (جدول ۴).

ارتفاع بوته

بین تیمارهای اثر متقابل نوع آب × دور آبیاری روی ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر این است که ارتفاع بوته در گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیس‌شده نسبت به آب معمولی بیشتر است. به طوری که آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده با ۲۱/۷۱ سانتی‌متر نسبت به آب شهر مغناطیس‌نشده (۱۹/۸۳ سانتی‌متر) و آبیاری دو روز

که آب‌های مغناطیس‌شده در مقایسه با آب‌های غیر مغناطیس در ظهور گل پروانش مؤثرتر بودند، به طوری که کوتاه‌ترین زمان تا آغاز گلدهی پروانش مربوط به تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده (۴۵/۲۰ روز) بود (جدول ۴).

شمار گل

بنابر جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل نوع آب × دور آبیاری روی شمار گل پروانش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شمار گل پروانش نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود، به طوری که بررسی داده‌ها نشان داد آب‌های مغناطیس‌شده نسبت به آب غیر مغناطیس شمار گل پروانش را به طور محسوسی افزایش دادند. تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده با ۱۷/۹۶ گل، بیشترین شمار گل را در بین تیمارها به خود اختصاص داد که البته تفاوت معنی‌داری هم با تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده (۱۶/۲۰ گل) نداشت. کمترین شمار گل در تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب شهر و چاه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴).

قطر گل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل نوع آب × دور آبیاری روی قطر گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که قطر گل در هر چهار نوع آب با کاهش دور آبیاری از دو روز یکبار تا شش روز یکبار افزایش یافت، اما با کاهش دور آبیاری از شش روز یکبار به هشت روز یکبار قطر گل در هر چهار نوع آب کاهش یافت. همه تیمارهای آبیاری شده با آب مغناطیس قطر گل بیشتری نسبت به آب‌های مغناطیس نشده داشتند. آبیاری شش روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده (۴۲/۶۲ میلی‌متر) و آب شهر مغناطیس‌شده (۴۲/۵۵ میلی‌متر) برترین تیمارها بودند. آبیاری دو روز یکبار با آب چاه (۳۶/۳۹ میلی‌متر) و آبیاری هشت روز یکبار با آب شهر (۳۶/۹۱ میلی‌متر) کمترین قطر گل را در بین تیمارها داشتند (جدول ۴).

یکبار با آب چاه مغناطیس شده با ۱۹/۹۳ سانتی‌متر ارتفاع شد. کمترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه (۱۶/۵۷ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده.
Table 3. Analysis of variance of different treatments on the measured traits

| Source | df | Days to flower | Flower number | Flower diameter | Leaf number | Branches number | Plant height | Stem diameter | Shoot fresh weight | Root fresh weight | Ionic leakage | MDA | SOD | POD |
|----------|----|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| W | 3 | 1.709 ^{ns} | 25.21 ^{ns} | 13.63 ^{ns} | 711 ^{ns} | 9.69 ^{ns} | 5.83 ^{ns} | 0.688 ^{ns} | 108.7 ^{ns} | 19.14 ^{ns} | 715 ^{ns} | 9.66 ^{ns} | 2292 ^{ns} | 8.402 ^{ns} |
| T | 3 | 5.32 ^{**} | 204.9 ^{**} | 21.11 ^{**} | 3456 ^{**} | 14.78 ^{**} | 13.84 ^{**} | 4.910 ^{**} | 674.2 ^{**} | 264.5 ^{**} | 1335 ^{**} | 3.08 ^{**} | 142.29 ^{**} | 10.53 ^{**} |
| W × T | 9 | 3.407 ^{**} | 13.33 ^{**} | 32.24 ^{**} | 1297 ^{**} | 4.12 ^{**} | 1.416 ^{**} | 2.439 ^{**} | 43.16 ^{**} | 14.90 ^{**} | 70.67 ^{**} | 1.67 ^{**} | 303 ^{**} | 1.041 ^{**} |
| Error | 32 | 1.443 | 4.858 | 6.372 | 163.83 | 1.149 | 0.483 | 0.225 | 10.485 | 3.512 | 22.941 | 0.14 | 19.4 | 0.1729 |
| C.V. (%) | | 2.56 | 24.99 | 6.31 | 10.36 | 8.82 | 3.76 | 9.35 | 13.25 | 17.93 | 6.59 | 5.04 | 12.08 | 10.15 |

ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار. *, ** و ns: Significant at P<0.05, P<0.01 and no significant respectively. W: Water type and T: Irrigation intervals.

W: نوع آب و T: دور آبیاری.

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده.
Table 4. Mean comparison of the different treatments on the measured traits

| Treatments | Days to flower (day) | Flower number | Flower diameter (mm) | Leaf number | Plant height (cm) | Branches number | Stem diameter (mm) |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| W ₁ T ₁ | 45.20 ^c | 17.96 ^a | 39.16 ^{bc} | 165.88 ^a | 21.71 ^a | 17.44 ^a | 6.95 ^a |
| W ₁ T ₂ | 45.80 ^c | 9.66 ^{bcd} | 40.79 ^b | 135.22 ^c | 18.64 ^{de} | 12.55 ^{bcd} | 5.41 ^{bcd} |
| W ₁ T ₃ | 47.60 ^a | 7.06 ^{c-f} | 42.55 ^a | 119.77 ^d | 18.45 ^{def} | 11.99 ^{b-t} | 4.65 ^{def} |
| W ₁ T ₄ | 47.26 ^{ab} | 5.06 ^{ef} | 38.16 ^c | 114.66 ^d | 18.31 ^{def} | 11.66 ^{b-t} | 4.46 ^{ef} |
| W ₂ T ₁ | 45.80 ^c | 12.00 ^b | 37.04 ^{cd} | 139.77 ^c | 19.83 ^{bc} | 12.44 ^{b-e} | 5.44 ^{bcd} |
| W ₂ T ₂ | 47.46 ^{ab} | 7.60 ^{c-f} | 39.50 ^{bc} | 117.11 ^d | 18.23 ^{def} | 11.22 ^{cef} | 5.21 ^{b-e} |
| W ₂ T ₃ | 47.53 ^{ab} | 6.60 ^{def} | 41.39 ^{ab} | 107.00 ^{de} | 17.82 ^{efg} | 11.77 ^{b-f} | 4.44 ^{ef} |
| W ₂ T ₄ | 47.90 ^a | 4.13 ^f | 36.91 ^d | 100.44 ^{de} | 17.28 ^{tgh} | 10.88 ^{ef} | 4.37 ^f |
| W ₃ T ₁ | 46.10 ^{bc} | 16.20 ^a | 39.79 ^{bc} | 154.77 ^b | 19.93 ^b | 13.10 ^b | 5.70 ^b |
| W ₃ T ₂ | 47.16 ^b | 10.46 ^{bc} | 40.80 ^b | 138.78 ^c | 19.11 ^{bcd} | 12.66 ^{bc} | 5.40 ^b |
| W ₃ T ₃ | 47.40 ^{ab} | 7.93 ^{cde} | 42.62 ^a | 119.11 ^d | 18.08 ^{efg} | 11.88 ^{b-t} | 4.49 ^{ef} |
| W ₃ T ₄ | 47.63 ^a | 6.20 ^{def} | 38.39 ^c | 105.11 ^{de} | 17.63 ^{e-h} | 10.99 ^{def} | 4.96 ^{b-t} |
| W ₄ T ₁ | 46.10 ^{bc} | 11.86 ^b | 36.39 ^d | 135.55 ^c | 18.16 ^{def} | 11.99 ^{b-t} | 5.45 ^{bc} |
| W ₄ T ₂ | 47.96 ^a | 8.00 ^{cde} | 39.80 ^{bc} | 120.67 ^{cd} | 18.72 ^{cde} | 11.66 ^{b-t} | 4.99 ^{b-t} |
| W ₄ T ₃ | 47.86 ^a | 6.06 ^{def} | 41.57 ^{ab} | 108.55 ^{de} | 16.96 ^{gh} | 11.55 ^{b-f} | 4.73 ^{c-t} |
| W ₄ T ₄ | 47.30 ^{ab} | 4.26 ^f | 38.01 ^c | 101.00 ^{de} | 16.57 ^h | 10.55 ^f | 4.39 ^f |

در هر ستون حروف مشترک نبود تفاوت معنی‌دار (P<0.05) در آزمون LSD را نشان می‌دهد. W₁, W₂, W₃ و W₄: آب شهر مغناطیسی، آب شهر، آب چاه مغناطیسی و آب چاه؛ T₁, T₂, T₃ و T₄: دور آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز یکبار.

In each column, means with the similar letters are not significant different (P< 0.05) using LSD test. W₁, W₂, W₃ and W₄: Magnetic tap water, tap water, magnetic well water and well water; T₁, T₂, T₃ and T₄: Irrigation intervals 2, 4, 6 and 8 days.

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده.
Continued table 4. Mean comparison of the different treatments on the measured traits

| Treatments | Shoot fresh weight (g) | Root fresh weight (g) | Ionic leakage (%) | SOD (IU g ⁻¹ F.W.) | POD (nmol g ⁻¹ F.W.) | MDA (nmol g ⁻¹ F.W.) |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| W ₁ T ₁ | 39.98 ^a | 19.05 ^a | 55.96 ^f | 52.84 ^{ab} | 2.93 ^{gh} | 6.25 ^{de} |
| W ₁ T ₂ | 27.40 ^c | 12.84 ^{bc} | 63.23 ^{ef} | 48.54 ^b | 2.44 ^h | 6.67 ^d |
| W ₁ T ₃ | 23.55 ^d | 8.57 ^c | 65.74 ^e | 52.84 ^{ab} | 3.44 ^{ef} | 7.04 ^{cd} |
| W ₁ T ₄ | 19.64 ^{ef} | 8.04 ^c | 67.30 ^{de} | 55.31 ^{ab} | 4.68 ^{cd} | 7.36 ^c |
| W ₂ T ₁ | 32.68 ^{bc} | 15.54 ^{ab} | 59.75 ^{ef} | 31.11 ^{de} | 2.65 ^{gh} | 7.13 ^{cd} |
| W ₂ T ₂ | 20.51 ^{ef} | 8.10 ^c | 74.51 ^{cd} | 37.66 ^{cd} | 3.73 ^e | 8.11 ^{bc} |
| W ₂ T ₃ | 18.62 ^{ef} | 6.59 ^d | 77.38 ^c | 34.18 ^{cde} | 3.89 ^e | 8.40 ^b |
| W ₂ T ₄ | 16.19 ^f | 5.23 ^{de} | 90.95 ^{ab} | 15.80 ^{ef} | 5.92 ^{ab} | 9.70 ^a |
| W ₃ T ₁ | 36.32 ^{ab} | 17.36 ^{ab} | 60.92 ^{ef} | 37.53 ^{cd} | 3.21 ^{efg} | 6.19 ^{de} |
| W ₃ T ₂ | 29.77 ^c | 12.93 ^c | 62.16 ^{ef} | 39.17 ^c | 3.32 ^{efg} | 6.45 ^d |
| W ₃ T ₃ | 18.85 ^{ef} | 6.14 ^d | 74.42 ^{cd} | 34.04 ^{cde} | 2.88 ^{tgh} | 7.35 ^c |
| W ₃ T ₄ | 20.56 ^{ef} | 6.69 ^d | 86.09 ^b | 59.75 ^a | 5.30 ^{bc} | 7.68 ^c |
| W ₄ T ₁ | 29.64 ^c | 14.56 ^b | 64.50 ^e | 29.63 ^e | 4.68 ^{cd} | 7.12 ^{cd} |
| W ₄ T ₂ | 23.64 ^{de} | 12.36 ^{bc} | 77.13 ^c | 27.66 ^e | 4.59 ^d | 7.49 ^c |
| W ₄ T ₃ | 18.39 ^{ef} | 7.00 ^{cd} | 87.22 ^b | 16.26 ^{ef} | 6.04 ^d | 8.34 ^b |
| W ₄ T ₄ | 15.33 ^f | 6.17 ^d | 96.37 ^a | 10.86 ^{fg} | 5.81 ^{ab} | 9.45 ^a |

در هر ستون حروف مشترک نبود تفاوت معنی‌دار (P<0.05) در آزمون LSD را نشان می‌دهد. W₁, W₂, W₃ و W₄: آب شهر مغناطیسی، آب شهر، آب چاه مغناطیسی و آب چاه؛ T₁, T₂, T₃ و T₄: دور آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز یکبار.

In each column, means with the similar letters are not significant different (P< 0.05) using LSD test. W₁, W₂, W₃ and W₄: Magnetic tap water, tap water, magnetic well water and well water; T₁, T₂, T₃ and T₄: Irrigation intervals 2, 4, 6 and 8 days.

قطر ساقه گل‌دهنده

تأثیر تیمارهای نوع آب × دور آبیاری روی قطر ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بنابر جدول مقایسه میانگین داده‌ها تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده با ۶/۹۵ میلی‌متر و پس از آن تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده با ۵/۷۰ میلی‌متر بیشترین قطر ساقه را داشتند. کمترین قطر ساقه گل‌دهنده مربوط به تیمار آب چاه و شهر در دور آبیاری هشت روز یکبار مشاهده شد (جدول ۴).

وزن تر اندام هوایی

بنابر نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین تیمارهای مختلف نوع آب × دور آبیاری روی وزن تر اندام‌های هوایی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۳). به طوری که با افزایش فاصله زمانی برای آبیاری، وزن تر اندام‌های هوایی کاهش یافت. تیمارهای آب شهر مغناطیس‌شده و پس از آن آب چاه مغناطیسی در دوره‌های دو روز یکبار برترین تیمارها بودند و به ترتیب با ۳۹/۹۸ گرم و ۳۶/۳۲ گرم بیشترین وزن تر اندام‌های هوایی را داشتند. کمترین وزن تر اندام‌های هوایی مربوط به تیمارهای هشت روز یکبار آبیاری در هر چهار نوع آب مورد استفاده، مشاهده شد (جدول ۴).

وزن تر ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین تیمارهای مختلف روی وزن تر ریشه تفاوت محسوسی در سطح آماری ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). با افزایش فاصله مدت‌زمان آبیاری وزن تر ریشه نیز در همه تیمارها کاهش یافت. تیمار آب شهر مغناطیس‌شده (۱۹/۰۵ گرم) و آب چاه مغناطیس‌شده (۱۷/۳۶ گرم) در دور آبیاری دو روز یکبار بیشترین وزن تر ریشه را داشتند. کمترین وزن تر ریشه مربوط به تیمار هشت روز یکبار آبیاری با آب شهری با ۵/۲۳ گرم بود (جدول ۴).

نشت یونی

بین تیمارهای اثر متقابل نوع آب و دوره‌های آبیاری

روی نشت یونی برگ پروانش اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۳). نشت یونی با کاهش دور آبیاری افزایش یافت به طوری که بیشترین نشت یونی مربوط به هر چهار نوع آب در دور آبیاری هشت روز یکبار بود. نشت یونی با کاربرد آب مغناطیس کاهش یافت همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، تیمارهای آب مغناطیسی در دوره‌های آبیاری مشترک نسبت به آب‌های غیر مغناطیس نشت یونی کمتری دارند. در بین کل تیمارها، آبیاری با آب شهر مغناطیس‌شده در دور آبیاری دو روز یکبار با ۵۵/۹۶ درصد کمترین و تیمار هشت روز یکبار آب چاه با ۹۶/۳۷ درصد بیشترین نشت یونی را در بین تیمارها داشتند (جدول ۴).

مالون دی آلدئید (MDA)

بین تیمارهای مختلف روی مالون‌دی‌آلدئید تولیدشده در گیاه پروانش در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش دور آبیاری میزان مالون‌دی‌آلدئید در هر چهار نوع آب مورد استفاده افزایش یافته است. مقایسه تیمارها نشان می‌دهد که گیاهان آبیاری شده با آب‌های مغناطیس‌شده نسبت به گیاهان آبیاری‌شده با آب معمولی میزان مالون‌دی‌آلدئید کمتری داشتند. به طوری که کمترین میزان مالون‌دی‌آلدئید مربوط به تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب چاه مغناطیس‌شده با ۶/۱۹ نانومول در هر گرم وزن تر و پس از آن آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیس‌شده (۶/۲۵ نانومول در هر گرم وزن تر) مشاهده شد. بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدئید به ترتیب مربوط به دو تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب شهر و چاه مغناطیس نشده بود (جدول ۴).

سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

تأثیر تیمارهای مختلف روی فعالیت SOD در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بنا بر نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، فعالیت SOD با کاهش دور آبیاری افزایش یافت. به‌طور کلی آبیاری گیاهان با آب

آب غیر مغناطیسی نسبت داد که موجب افزایش رشد رویشی و زایشی پروانش شد. پژوهشگران بر این باورند که یکی از برتری و سودمندی‌های استفاده از آب مغناطیسی زودرسی محصول و افزایش عملکرد گیاه است. در واقع آب مغناطیسی چرخه رسیدن به مرحله زایشی محصولات را از راه پویاسازی آب بین ترکیب ذرات رس، هوموس و عصاره خاک افزایش می‌دهد (Aladjadjiyan, 2007; Rajabi *et al.*, 2009; Phirke *et al.*, 1996). نتایج این پژوهش با توجه به زود گل رفتن پروانش در تیمارهای آب مغناطیسی با نتایج پژوهشگران بالا در یک راستا است.

همان‌گونه که در نتایج بیان شد، شمار گل در دوره‌های آبیاری نزدیک به هم و در آب‌های مغناطیسی بیشتر از آب‌های غیر مغناطیسی و دوره‌های آبیاری دور از هم بود. مقایسه نتایج شمار و قطر گل نشان می‌دهد که با افزایش شمار گل، قطر گل کاهش یافته است. با این وجود با هم گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی شمار و قطر گل بیشتری نسبت به آب‌های غیر مغناطیسی دارند. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش *Samadyar et al.* (2014) که گزارش کردند، آب مغناطیسی موجب افزایش شمار گل تاتوره می‌شود همخوانی دارد. *Ahmadi* (2010) بر این باور است که استفاده از آب مغناطیسی حلالیت آب را افزایش می‌دهد. این محقق بیان داشت که گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی آب و املاح بیشتری نسبت به گیاهان آبیاری شده با آب غیر مغناطیسی جذب کرده و در نتیجه محصول بیشتری تولید می‌کنند. در پژوهشی تأثیر آب مغناطیسی روی گل بنفشه آفریقایی بررسی شد. نتایج نشان داد، گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیر مغناطیسی شمار گل بیشتری تولید می‌کنند (*Ozdemir et al.*, 2005). در این بررسی آبیاری با آب مغناطیسی نسبت به آب‌های غیر مغناطیسی موجب بهبود صفات رویشی شد که این موضوع را می‌توان به دسترسی بیشتر بوته‌های پروانش آبیاری شده با آب مغناطیسی به عنصرهای غذایی نسبت داد. افزون بر این دوره‌های آبیاری نیز تأثیر بسزایی در بهبود صفات رویشی و زایشی داشتند، به طوری که هر چه فاصله دور آبیاری افزایش یافت،

مغناطیسی فعالیت SOD را به طور محسوسی نسبت به آب‌های معمولی افزایش داد. تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه مغناطیسی شده (۵۹/۷۵ واحد آنزیم در گرم وزن تر) بیشترین و تیمار آبیاری هشت روز یکبار با آب چاه (۱۰/۸۶ واحد آنزیم در گرم وزن تر) کمترین فعالیت SOD را داشتند (جدول ۴).

فعالیت پراکسیداز (POD)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین تیمارهای اثر متقابل نوع آب و دور آبیاری روی فعالیت POD تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود تیمار شش روز یکبار با آب چاه با ۶/۰۴ نانومول در گرم وزن تر و پس از آن تیمار هشت روز یکبار آبیاری با آب شهر با ۵/۹۲ نانومول در گرم وزن تر بیشترین فعالیت POD را داشتند. کمترین فعالیت POD مربوط به تیمار آبیاری دو روز یکبار با آب شهر مغناطیسی (۲/۴۴ نانومول در گرم وزن تر) بود (جدول ۴).

بحث

امروزه استفاده از روش‌های بیوفیزیکی مانند میدان‌های مغناطیسی برای تحریک گیاهان و افزایش عملکرد محصولات باغی و زراعی به جای استفاده از ترکیب‌های شیمیایی و آلاینده‌های محیط‌زیست بسیار مورد توجه قرار گرفته است. افزون بر این با توجه به خشکسالی‌های اخیر و لزوم افزایش بهره‌وری آب، استفاده از میدان مغناطیسی برای تصفیه آب و همچنین تأثیر آن در افزایش کارایی آب در پژوهش‌های چندی به اثبات رسیده است (*Aladjadjiyan, 2007; Faqenabi et al., 2009; Majd & Shabrangi, 2009*).

در این پژوهش نیز استفاده از میدان مغناطیسی برای تصفیه آب پیش از آبیاری، روی پرورش پروانش سودمند بود. به طوری که آب مغناطیسی و دوره‌های آبیاری نزدیک به هم موجب زود گلدهی در پروانش شدند. ظهور گل در مدت‌زمان کمتری در تیمارهای آب مغناطیسی را می‌توان به فراهمی بیشتر مواد و عنصرهای غذایی موجود در آب مغناطیسی نسبت به

گیاه را افزایش داده است. Oktem (2008) بر این باور است که با کاهش دور آبیاری ارتفاع ذرت شیرین کاهش می‌یابد. نتایج پژوهشی روی نخود نشان داد، آب مغناطیسی ارتفاع نخود را نسبت به شاهد ۲/۶۷ سانتی‌متر افزایش می‌دهد. در این تحقیق تأثیر مثبت آب مغناطیسی روی ویژگی‌های نخود به افزایش توان حل‌کنندگی آب مغناطیسی و فراهمی بیشتر آن برای گیاه عنوان شده است (Nashir, 2008). نتایج همسانی توسط Abdul Qados and Hozayn (2010) در مورد عدس گزارش شده است.

با افزایش فاصله‌های آبیاری، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تولید MDA افزایش می‌یابد، پایداری غشا کاهش یافته و در نتیجه کاهش پایداری غشا، نشت یونی افزایش می‌یابد (Habibi et al., 2012). محققان بر این باورند که در صورت روبه‌رو شدن گیاه با تنش آبی، غشای پلاسمایی به سرعت آسیب می‌بیند و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد، که این امر موجب تخریب بسیاری از ترکیب‌های یاخته‌ای مانند چربی‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها شده و با تغییر ساختار غشا و پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها تراوایی غشای یاخته‌ای را افزایش داده و منجر به نشت الکترولیت‌ها می‌شوند. Moaveni (2011) افزایش پراکسیده شدن لیپیدها (MDA) را با افزایش فاصله‌های دور آبیاری گزارش کرد، که با نتایج پژوهش بالا همخوانی دارد.

گیاهان برای رویارویی با گونه‌های اکسیژن فعال تولیدشده در شرایط تنش‌زا، سامانه آنزیمی مانند سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز دارند. در واقع فعالیت سوپراکسید دیسموتاز نخستین سازوکار دفاعی یاخته در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. در این بررسی گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی و کاهش دوره‌های آبیاری میزان سوپراکسید دیسموتاز بیشتری داشتند. Moussa (2011) گزارش دادند که فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان لوبیا که در معرض میدان مغناطیسی بودند به‌طور شایان توجهی بیشتر از گیاهان شاهد بود. نتایج همسانی در زمینه افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان تیمار شده با آب مغناطیسی توسط (Pintilie et al.,

صفات رویشی و زایشی نیز کاهش یافت که این روند در آب مغناطیسی نسبت به آب غیر مغناطیسی کمتر بود. پژوهشگران بر این باورند که استفاده از میدان مغناطیسی با کاهش هدایت الکتریکی، موجب شکستن ساختار آب شده و با کاهش کشش سطحی آب موجب آزادی و تحرک بیشتر مولکول‌های آب شده و جذب آب و همچنین حلالیت عنصرهای قابل دسترس برای گیاه بیشتر می‌شود و در نتیجه با افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، توان گیاه برای نورساخت (فتوسنتز) و تولید مواد غذایی افزایش می‌یابد و این عامل‌ها موجب افزایش رشد رویشی و زایشی و عملکرد گیاهان می‌شود (Nashir, 2008; Ran et al., 2009; Nikbakht et al., 2013). محققان افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم را با کاربرد آب مغناطیسی گزارش و بیان کردند که عبور آب از یک میدان مغناطیسی موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب شده و بدین ترتیب با افزایش حلالیت عنصرهای غذایی خاک و دسترسی بیشتر گیاه به مواد غذایی موجب افزایش نورساخت و رشد رویشی و افزایش عملکرد می‌شود (Hozayn & Abdul Qados, 2010).

در پژوهشی که روی ذرت انجام شد افزایش وزن تر، کمیت و کیفیت این گیاه با استفاده از آب مغناطیسی گزارش شد. همچنین در این بررسی مشخص شد، با کاهش نیاز آبی گیاه، وزن تر و عملکرد کاهش می‌یابد و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشترین وزن تر و عملکرد را داشت (Nikbakht et al., 2013) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. محققان کمبود آب را عامل محدودکننده رشد و نمو گیاه می‌دانند (Setter et al., 2001). نتایج همسانی نیز در زمینه تأثیر مثبت آب مغناطیسی روی شمار برگ گوجه‌فرنگی (De Souza et al., 2006)، وزن تر ریحان (Banejad et al., 2013) و وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی نخود (Abdul-Razzak, 2010) گزارش شده است.

یکی از اثرگذاری‌های کمبود آب در گیاهان کاهش رشد ساقه است. آبیاری در زمان‌های نزدیک به هم با فراهم کردن نیاز آبی گیاه در زمان مناسب شرایط مطلوبی برای رشد رویشی گیاه فراهم کرده و ارتفاع

(2006) و Badea *et al.* (2002) در زمینه افزایش فعالیت پراکسیداز در گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی گزارش شده است که با نتایج بالا همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که استفاده از آب مغناطیسی با بهبود ویژگی‌های آب و جذب بیشتر آن توسط گیاه موجب حفظ سامانه دفاعی گیاه، حفظ فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده شده و در نهایت ویژگی‌های کمی و کیفی پروانش را بهبود می‌بخشد. لذا استفاده از آب مغناطیسی شده برای آبیاری پروانش و همچنین اجرای آزمایش‌های بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

(2006; Hassan *et al.*, 2007) گزارش شده است که با نتایج پژوهش بالا در برابری است. افزایش سوپراکسید دیسموتاز در شرایط کاهش دور آبیاری بیشتر از دوره‌های آبیاری نزدیک به هم بود. نتایج همسانی در این زمینه روی سورگوم (Moaveni, 2011) و روی پیاز کوهی (Egert & Tevini, 2002) گزارش شده است، که با نتایج بالا همخوانی دارد.

پراکسیداز یکی از آنزیم‌های مهم دفاعی در گیاهان است که در برابر تنش‌های محیطی از گیاهان محافظت می‌کند. در تحقیقی آبیاری گیاهان با آب مغناطیسی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده از جمله پراکسیداز نسبت به شاهد شد (Moussa, 2011). نتایج همسانی توسط Pintilie *et al.*

REFERENCES

1. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105.
2. Abdul Qados, A. M. S. & Hozayn, M. (2010). Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituents of Lentil (*Lens esculenta*) under greenhouse condition. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 7(4), 457-462.
3. Abdul-Razzak Tahir, N. & Hama Karim, H.F. (2010). Impact of magnetic application on the parameters related to growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Biological Sciences*, 3(4), 175-184.
4. Ahmadi, P. (2010). Effects of magnetic field on water and agricultural uses of magnetic water. In Proceeding of 1th International Conference on Modelling Plants, Water, Soil and Air. International Center for Advanced Science and Technology and Environmental Science, Bahonar University of Kerman, Iran. (in Farsi).
5. Aladjadjian, A. (2007). The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 8(3), 369-380.
6. Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M. H., Shiranirad, A. H., Valadabadi, A. R. & Daneshian, J. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(6), 125-131.
7. Al-Khazan, M., Mohammad Abdullatif, B. & Al-Assaf, N. (2011). Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(9), 722-731.
8. Ardakani, M. R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M. H. & Packnejad, F. (2007). The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(2), 47-58.
9. Badea, E., Babeanu, C., Marinescu, G., Corneanu, G. C. & Comeanu, M. (2002). Peroxidases as monitors of very low magnetic field effects, VI International Plant Peroxidase Symposium, (3-7, July 2002) S5-P.
10. Banejad, H., Mokari Gahroodi, E., Esnaashari, M. & Liaghat, A. M. (2013). Assessment of the interaction of magnetic water and salinity on yield and components of basil plant. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(7), 178-183. (in Farsi)
11. Bates, I. S., Waldern, R. P. & Tear, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
12. Bhatt, R. M. & Srinivasa Rao, N. K. (2005). Influence of pod load response of okra to water stress. *Indian Journal Plant Physiology*, 10, 54-59.

13. De Souza, A., Garci, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porrás, E. & Licea, L. (2006). Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*, 27, 247-257.
14. Egert, M. & Tevini, M. (2002). Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoeenoprasum*). *Environmental and Experimental Botany*, 48, 43-49.
15. Faqenabi, F., Tajbakhsh, M., Bernooshi, I., Saber-Rezaii, M., Tahri, F., Parvizi, S., Izadkhah, M., Hasanzadeh Gorttaped, A. & Sedqi, H. (2009). The effect of magnetic field on growth, development and yield of sunflower and its comparison with other treatments. *Research Journal of Biological Science*, 4, 174-178.
16. Giannopolitis, C. & Ries, S. (1997). Superoxid dismutase. I: occurrence in higher plant. *Plant Physiol*, 59, 309-314.
17. Habibi, D., Orojnia, S., Taleghani, D., Pazoki, A.R. & Davoodifard, M. (2012). Antioxidants and yield evaluation of sugar beet genotypes under drought stress. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(3), 63-82. (in Farsi)
18. Hassan, S., Parviz, A. & Faezeh, G. (2007). Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. *Bioelectromagnetics*, 28, 42-47.
19. Heath, R. L. & Parker, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archive of Biochemistry and Biophysics*, 125, 189-198.
20. Hozayn, M. & Abdul Qados, A. M. S. (2010). Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. *Agriculture and Biology of North America*, 1(4), 677-682.
21. In, B. C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M. & Mori, G. (2007). Multivariate analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut Asomi Red Roses. *Japanese Society for Horticultural Science*, 76, 66-72.
22. Kaya, C., Higgs, D. & Kirnak, H. (2001). The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology*, 27(3-4), 47-59.
23. Loyola-Vargas, V. M. L., Rosa, M., Avalos, G. & KuCauich, R. (2007). *Catharanthus* biosynthetic enzymes: the road ahead. *Phytochemistry Reviews*, 6, 307-339.
24. Maheshwari, B. L. & Grewal, H. S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96, 1229-1236.
25. Majd, A. & Shabrangi, A. (2009). Effect of seed pretreatment by magnetic fields on seed germination and ontogeny growth of agricultural plants. In: *Proceeding of Progress in Electromagnetics Research Symposium, Beijing, China*, March 23-27.
26. Moaveni, B. (2011). Effects of drought stress on some antioxidant enzymes and prolin sorghom. *Journal of Ecophysiology Crops*, 3(1), 24-30.
27. Moussa, H. R. (2011). The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *NewYork Science Journal*, 4(6), 15-20.
28. Nashir, S. H. (2008). The effect of magnetic water on growth of chickpea. *Engineering and Technology*, 26(9), 16-20.
29. Nikbakht, J., Khande royan, M., Tavakoli, A. & 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.
30. Oktem, A. (2008). Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management*, 95, 1003-1010.
31. Ozdemir, S., Hulusi Dede, O. & Koseoglu, G. (2005). Electromagnetic water treatment and water quality effect on germination, rooting and plant growth on flower. *Asian Journal of Water Environment and Pollution*, 2(2), 9-13.
32. Phirke, P. S., Kudbe, A. B. & Umbarker, S. P. (1996). The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Science Technology*, 24, 375-392.
33. Pintilie, M., Oprica, L., Surleac, M., Dragut Ivan, C., Creanga, D. E. & Artenie, V. E. (2006). Enzyme activity in plants treated with magnetic liquid. *Romanian Journal of Physics*, 51(1-2), 239-244.
34. Rajabi, R., Noorhosseini Niyaki, S. A. & Masjedi, H. (2009). Approach of magnetic water application in sustainable agriculture of Iran. In: *Proceeding of 5th Congress of New Ideas to Agriculture*. Islamic Azad University Khorasgan (Esfahan). 4 page. (in Farsi)
35. Ran, C., Hongwei, Y., Jinsong, H. & Wanpeng, Z. (2009). The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. *Journal of Molecular Structure*, 938, 15-19.
36. Saliha, B. B. (2005). *Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. 'Muscat'*. Tamil Nadu Agricultural University. Project completion project. Science, 41, 1530-1540.
37. Samadyar, H., Rahi, A.R., Shirmohammadi, K., Taghizade, F. & Kadkhoda, Z. (2014). The effects of water electronic filtration (magnetic water) on alkaloids hyoscyne seeds and some morphological traits in two species of *Datura*. *Journal of Plants and Ecosystems*, 10(40), 59-72. (in Farsi)

38. Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F. & Melkonian, J. (2001). Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies abscise acid, and cytokinins. *Crop Science*, 41, 1530-1540.
39. Taheri Asghari, M., Daneshiyan, J., Valadabadi, A. R. & Aliabadi Farahani, H. (2009). Effects of water stress on some characteristic officinalis plant *Cichorum* under different density herbal. In: Proceeding of the 1th conference water and soil management and role it to agricultural. Agriculture & Natural Resources Campus, Karaj, Iran, Page 275. (in Farsi)
40. Van der Heijden, R., Jacobs, D. I. & Snoeijer, W. (2004). The *Catharanthus* alkaloids: pharmacognosy and biotechnology. *Current Medicinal Chemistry*, 11, 1241-1253.
41. Xiao-Feng, P. & Bo, D. (2008). The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. *Physica B*, 403, 3571-3577.