Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

مقایسه اثر آبیاری با آب معمولی و مغناطیسی بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی

محمد مهدی ضرابی[۱]، سودابه مفاخری*[۲] و عباس کاویانی[۳]

۱ و ۲) استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۳) استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

* نویسنده مسئول: **smafakheri@gmail.com**

تاریخ دریافت:.۹۶/۰۱/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۰۳**

چکیده

افزایش بهره‌وری و کیفیت آب آبیاری، عاملی کلیدی برای رفع بزرگ‌ترین چالش بخش کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این تحقیق اثر آبیاری با آب مغناطیسی شده و آب معمولی در سطوح مختلف تنش خشکی، بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ذرت (KSC703)، بررسی شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیسی به‌مقدار ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد از ظرفیت زراعی خاک به همراه شاهد (بدون تنش) بود. نتایج نشان داد که صفات اندازه‌گیری شده به‌طور معنی‌داری تحت اثر تیمار آبیاری قرار گرفتند، به‌طوری که بیش‌ترین قطر ساقه (۱/۸۷ سانتی‌متر)، بالاترین عرض برگ (۵/۹۲ سانتی‌متر)، بالاترین ارتفاع بوته (۱۲۶ سانتی‌متر)، بیش‌ترین مقدار شاخص سبزینه برگ (۴۵/۹۷)، بالاترین درصد نیتروژن (۴/۰۵ درصد)، فسفر (۰/۳۹ درصد) و پتاسیم (۳/۷۸ درصد) برگ ذرت، در گیاهان تیمار شده با آب مغناطیسی و در شرایط بدون تنش دیده شد. بیش‌ترین مقدار پروتئین کل (۰/۶۳ میلی‌گرم بر گرم برگ خشک) از تیمار آب مغناطیسی و آبیاری به میزان ۷۵ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید. در مجموع، آب مغناطیسی اثر مثبت و معنی‌داری بر بیش‌تر صفات اندازه‌گیری شده داشت و تا حدودی توانست اثر منفی کم‌آبی را در گیاه ذرت کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، پروتئین برگ و تنش خشکی.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

مقدمه

در برخی از نقاط کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی اثر بیش-تری دارند، ایران از جمله این کشورها است که در اکثر زمین‌های زراعی آن، تنش‌های مهم غیرزنده نظیر خشکی، موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و گاهی عدم امکان ادامه کشاورزی شده است (Sio-Se Mardeh *et al*., 2006). امروزه علاوه بر کمبود آب آبیاری، کیفیت آب نیز در اکثر مناطق رو به کاهش است. استفاده از آب‌های کم کیفیت سبب ایجاد مشکلات زیاد در خاک زراعی گشته و تولید محصول را نیز کاهش می‌دهد (قدمی‌فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین در هر شرایطی که بتوان با مصرف مقدار مشخص آب، عملکرد گیاه را نسبت به شرایط معمولی افزایش داد یا از آب‌های نامتعارف جهت آبیاری گیاهان استفاده شود، می‌تواند به‌عنوان یک روش مهم در جهت مدیریت مصرف آب آبیاری تلقی گردد (نیک‌بخت و همکاران، ۱۳۹۲). یک راهکار مفید در این راستا، مغناطیسی کردن آب آبیاری است. آب مغناطیسی شده، آبی است که از یک میدان مغناطیسی که طبق محاسبات معینی ایجاد می‌شود عبور کرده و این فرایند سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن می‌شود. آب مغناطیسی شده، دارای نقطه جوش، وزن مخصوص، کشش سطحی، ویسکوزیته، قابلیت هدایت الکتریکی و اسیدیته متفاوت از آب معمولی است (صادقی‌پور و آقایی، ۱۳۹۳). Ran و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که عبور آب از میدان مغناطیسی، سبب افزایش تعداد مولکول‌ها در واحد حجم می‌شود، که این امر قدرت مولکول‌های آب برای حل و انتقال عناصر غذایی را بیش‌تر می‌کند. محققان معتقدند که آبیاری با آب مغناطیسی شده، از طریق اثر بر افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، سبب افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود (صمدیار و همکاران، ۱۳۹۴). Saliha (۲۰۰۵)، اثر آب مغناطیسی را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی کرد و به این نتیجه رسید که آب مغناطیسی اثر مثبتی بر حلالیت عناصر معدنی موجود در خاک دارد. تیمار گیاهان با آب مغناطیسی شده، شدت فتوسنتز و متابولیسم را نیز به‌طور محسوسی بالا می‌برد که این افزایش، بهبود تولید و عملکرد محصول را به همراه دارد (Yano *et al*., 2004). افزایش فتوسنتز و عملکرد دو گیاه نخود فرنگی و کرفس تحت اثر آبیاری با آب مغناطیسی قبلاً گزارش شده است (Basant *et al*., 2009). Tian و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش محتوای کلروفیل در گیاه برنج می‌شود. مشخص شد که آبیاری گیاه عدس با آب مغناطیسی، اندازه ارتفاع، وزن تر و وزن خشک گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Amira *et al*., 2010). آبیاری با آب مغناطیسی شده، اثر مثبتی بر پارامترهای رشد، ترکیبات شیمیایی و عملکرد گندم داشت (Mahmoud and Amira, 2010) هم‌چنین، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در گیاه، وزن تر و خشک و درصد عناصر نیتروژن و فسفر، در گیاهچه‌های گلابی و نشاءهای گوجه‌فرنگی آبیاری شده با آب مغناطیسی، در مقایسه با گیاهان تیمار شده با آب معمولی،

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

افزایش داشت (Osman *et al*., 2014; Ahmed, 2013). آب مغناطیسی شده سبب افزایش ترکیبات شیمیایی، از جمله مقدار کلروفیل، کارتنوئید، کربوهیدرات‌های در دسترس، پروتئین، مقدار کل اسیدهای آمینه و درصد عناصر معدنی (کلسیم و پتاسیم)، در همه اندام‌های رویشی و زایشی گیاه باقلا (El Sayed, 2015) و فلفل (Rawabdeh *et al*., 2014) شد. علاوه بر این‌ها، آبیاری با آب مغناطیسی شده، سبب بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری و خشکی می‌گردد (Lihua and Jixun, 2001) و از طریق تحریک بیوسنتز و تسریع انتقال هورمون‌ها و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، افزایش عملکرد نهایی محصول را در پی دارد (Esitken, 2003). در واقع آب مغناطیسی شده از طریق جذب راحت‌تر و سریع‌تر توسط گیاه، آسیب ناشی از کم آبی را به حداقل می‌رساند و در مناطق خشک و نیمه خشک، سبب بهبود عملکرد گیاهان می‌شود (Al-Khazan *et al*., 2011). میدان مغناطیسی می‌تواند باعث تعدیل اثرات منفی تنش خشکی و افزایش تحمل به شوری گیاه شده و فرایند پیری را به تأخیر بیاندازد (Yinan *et al*., 2005). با این وجود، اثر آب مغناطیسی شده در کاهش اثرات سوء تنش خشکی وارد شده به گیاهان، به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته است. عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی کاملاً بی‌خطر بوده و در طی این فرایند، هیچ ماده شیمیایی به آب اضافه نمی‌شود؛ بنابراین فناوری مغناطیسی کردن آب آبیاری، روشی بی‌ضرر و دوستدار محیط زیست به‌شمار می‌آید (Abdul-Razzak and Fathi, 2010). لذا با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از اجرای این آزمایش بررسی و مقایسه اثر آب معمولی و آب مغناطیسی شده، بر رشد و نمو گیاه ذرت تحت اثر سطوح مختلف تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسه اثر آبیاری با آب معمولی و مغناطیسی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و درصد عناصر معدنی و پروتئین برگ گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیسی به مقدار ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی خاک، به همراه شاهد (بدون تنش) بود. علائم اختصاری تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. به‌منظور اجرای آزمایش، گلدان‌های سطلی با قطر دهانه ۳۲ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر تهیه و با خاک مناسب (ترکیبی از ماسه، خاک زراعی و کود دامی کاملاً پوسیده به نسبت ۱: ۱: ۱) پرشد. سپس در فروردین ۹۵ در هر گلدان دو عدد بذر ذرت (KSC703) تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین، در عمق ۳ سانتی‌متری خاک، کشت شد. پس از جوانه‌زنی بذرها یکی از آن‌ها حذف شد و در هر گلدان یک گیاه نگهداری شد. برای اندازه‌گیری مقدار آب مورد نیاز برای اعمال سطوح تنش، رطوبت خاک گلدان‌ها اندازه‌گیری شد به این ترتیب که ۱۰ نمونه تصادفی خاک تهیه شد و میزان رطوبت خاک به روش

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

وزنی و با استفاده از اختلاف بین وزن اولیه نمونه‌های خاک و وزن خشک نمونه‌ها پس از قرار دادن در آون تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۴ ساعت، تعیین شد. مقدار آب مورد استفاده در هر نوبت آبیاری توسط رابطه ۱، محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۹):

رابطه ۱: $d=(10\times(Wfe-Wo)\times S\times D)/E$

که در آن، d: مقدار آب آبیاری به میلی‌متر؛ Wfe: درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی؛ Wo: درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری؛ S: وزن مخصوص خاک، E: راندمان آبیاری و D: عمق لایه خاک نمونه‌برداری شده، می‌باشد. جهت مغناطیسی کردن آب از دستگاه مغناطیس‌کننده (از نوع برنجی یک نقطه‌ای با مگنت نئودینیوم بور با شدت ۱/۴ تسلا با دبی ۱۰۸۰ لیتر در ساعت ساخت کشور ایتالیا) استفاده شد. نمونه‌ای از آب معمولی و آب مغناطیسی شده جهت بررسی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی قزوین منتقل شد که نتایج این آنالیز در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱: علائم اختصاری تیمارهای آزمایشی

ردیف	علامت اختصاری	نوع تیمار
۱	MT_0	آب مغناطیسی در سطح تنش صفر
۲	MT_{75}	آب مغناطیسی در سطح تنش ۷۵ درصد
۳	MT_{50}	آب مغناطیسی در سطح تنش ۵۰ درصد
۴	MT_{25}	آب مغناطیسی در سطح تنش ۲۵ درصد
۵	NT_0	آب معمولی در سطح تنش صفر
۶	NT_{75}	آب معمولی در سطح تنش ۷۵ درصد
۷	NT_{50}	آب معمولی در سطح تنش ۵۰ درصد
۸	NT_{25}	آب معمولی در سطح تنش ۲۵ درصد

تیمارهای آزمایشی بلافاصله پس از سبز شدن بذرها اعمال شد. به‌منظور تعیین اثر تیمارها بر رشد و نمو گیاه ذرت، عامل‌هایی مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ در گیاه، عرض برگ، قطر ساقه، مقاومت روزنه‌ای، میزان کلروفیل، میزان پروتئین کل برگ و مقدار عناصر سدیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن موجود در برگ، بررسی شد. صفات رشدی ذرت، از جمله قطر ساقه، عرض برگ و ارتفاع گیاه، با استفاده از متر و کولیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر ساخت کشور انگلیس (ΔT Porometer AP4) استفاده شد و به این منظور به‌طور تصادفی ۵ برگ از هر گیاه انتخاب و پس از قرار گرفتن هر برگ در بین سنسورهای دستگاه، مقاومت روزنه‌ای بر حسب ثانیه بر سانتی‌متر، اندازه‌گیری شد لازم به ذکر است این دستگاه در صورتی که بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه، کالیبره شود، هدایت روزنه‌ای را اندازه‌گیری می‌کند. شاخص سبزینگی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر ساخت کشور آلمان (SPAD) تعیین شد. به این منظور از هر

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

گیاه ۵ برگ به‌طور تصادفی انتخاب و برای هر برگ سه بار این شاخص اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها ثبت شد. مقدار پتاسیم و سدیم برگ، با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، مقدار فسفر با روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتوفتومتر و میزان ازت کل با روش کجلدال مورد سنجش قرار گرفت. پروتئین کل نیز با استفاده از پلی‌وینیل‌پیریلیدون و با بافر استخراج فسفات پتاسیم، سدیم‌متابای‌سولفیت و گلیسرول ۵۰ درصد به روش Anderson و همکاران (۱۹۹۸)، اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد و مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۲: آنالیز آب معمولی و آب مغناطیسی

عنوان	پتاسیم (mg/l)	فسفر (mg/l)	نیترات (mg/l)	کربنات کلسیم (mg/l)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (µS/cm)
آب معمولی	۱/۸۶	۰/۰۴۱	۱۴/۳	۴۹	۷/۶۷	۶۳/۶
آب مغناطیسی	۱/۷۷	۰/۰۴۳	۱۴/۲	۴۱	۷/۸۱	۶۳/۱

نتایج و بحث

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که نوع آب آبیاری و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد، و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری بر قطر ساقه داشتند (جدول ۳). در تیمارهای تنش خشکی، بالاترین قطر ساقه به مقدار ۱/۶۴ سانتی‌متر بود که از گیاهان رشد کرده در شرایط بدون تنش حاصل شد. با افزایش شدت تنش خشکی، قطر ساقه نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که در حالت تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، کم-ترین قطر ساقه (۰/۶۱ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳). بیش‌ترین قطر ساقه به مقدار ۱/۸۷ سانتی‌متر در گیاهان تیمار شده با آب مغناطیسی و بدون تنش (MT_0) و کم‌ترین قطر ساقه (۰/۵۲ سانتی‌متر) از گیاهان تحت اثر تنش شدید و آبیاری با آب معمولی (NT_{25}) حاصل شد (جدول ۵).

عرض برگ

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که نوع آب آبیاری و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌داری بر عرض برگ ذرت داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های آزمایش نشان داد که تنش سبب کاهش معنی‌دار عرض برگ شد، بیش‌ترین مقدار عرض برگ در شرایط بدون تنش (T_0) و تنش ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (T_{75}) به

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

ترتیب به مقدار ۵/۶۲ و ۵/۵۱ سانتی‌متر حاصل شد و با افزایش شدت تنش، عرض برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آب مغناطیسی نیز در مقایسه با آب معمولی، افزایش معنی‌دار عرض برگ را سبب شد (جدول ۴). اجتناب از تنش خشکی معمولاً از طریق تغییرات ظاهری در گیاه از قبیل کاهش ارتفاع گیاه و اندازه برگ حاصل می شود (Levitt, 1980). به‌منظور انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک، گسترش متعادل سطح برگ ضروری است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی اصولاً تنش آبی، رشد و سطح برگ را کاهش می‌دهد (Jaleel *et al.*, 2009). تنش خشکی که در اثر کاهش پتانسیل آب خاک ایجاد می‌شود تعداد برگ‌های گیاه، اندازه هر برگ و عمر برگ را کاهش می‌دهد. توسعه سطح برگ به آماس برگ، درجه حرارت و تأمین مواد غذایی برای رشد بستگی دارد. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی به توقف توسعه برگ از طریق کاهش فتوسنتز نسبت داده می‌شود (Anjum *et al.*, 2011). کاهش اندازه برگ در گیاه ماش توسط صادقی‌پور (۱۳۹۴) گزارش شده است. El Sayed و El Sayed (۲۰۱۴) نیز دریافتند که تحت شرایط بدون تنش، آبیاری با آب مغناطیسی، سطح برگ‌های باقلا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

ارتفاع

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نوع آب آبیاری و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد، بر صفت ارتفاع گیاه اثر معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، فقط گیاهانی که تحت اثر تنش خشکی شدید (T_{25}) قرار داشتند کاهش معنی‌دار در ارتفاع گیاه، نشان دادند و سایر سطوح خشکی اثر بر این صفت نداشتند (جدول ۳). بیش‌ترین ارتفاع بوته به مقدار ۱۲۶ و ۱۲۳/۵ سانتی‌متر به‌ترتیب از گیاهان تیمار شده با آب مغناطیسی و تنش صفر (MT_0) و آب مغناطیسی و تنش ۷۵ درصد (MT_{75}) حاصل شد، این در حالی است که کم‌ترین ارتفاع بوته در گیاهان تیمار شده با آب معمولی و تحت تنش شدید (NT_{25}) به‌دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد، آب مغناطیسی با تسهیل در جذب عناصر غذایی و تأمین نیاز تغذیه‌ای ذرت، توانسته است بر رشد و نمو آن اثر مثبت بگذارد. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، در شرایط تنش خشکی، آبیاری با آب مغناطیسی، در مقایسه با آبیاری با آب معمولی، بهتر عمل کرده و کاهش رشد رویشی کم‌تری را باعث شده است. نتایج حاصل از این تحقیق با بررسی‌های به‌عمل آمده توسط Florez و همکاران (۲۰۰۸) در ذرت که افزایش سرعت جوانه زنی، وزن تر ساقه و بوته و طول گیاهچه ذرت در تیمار کاربرد آب مغناطیسی را گزارش نمودند، Racuciu و همکاران (۲۰۰۸) که اثر مثبت میدان مغناطیسی را بر افزایش وزن تر ساقچه، وزن کل گیاه و طول گیاه ذرت بیان نمودند. Bagheri و همکاران (۲۰۱۵) که اثر مثبت میدان مغناطیسی بر شاخص‌های رویشی گیاه فستوکا بلند را گزارش نمودند، و قدمی‌فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) که اثر مثبت آب مغناطیسی در شرایط خشکی را بر رشد و نمو گیاه سویا گزارش کردند، مطابقت دارد. نیک‌بخت و

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که در اثر کاربرد آب مغناطیسی برای آبیاری ذرت، عملکرد تر و خشک و هم‌چنین بهره‌وری مصرف آب به‌ترتیب ۲/۶۲ تن در هکتار، ۰/۵۶ تن در هکتار و ۱/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی، افزایش یافت. افزایش مولکول‌های آب در واحد حجم بر اثر مغناطیسی شدن آب، بر حلالیت آن افزوده، در نتیجه توانایی آب برای جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها افزایش می‌یابد، به سبب آن، مقدار بیش‌تری از نمک‌ها به ویژه بی‌کربنات‌ها توسط گیاه جذب می‌شوند. در این شرایط حرکت املاح به سمت لایه سطحی خاک و هم‌چنین تجمع نمک‌ها در اطراف ریشه به دلیل خنثی شدن بار الکتریکی نمک‌ها، کاهش می‌یابد، در نتیجه گیاه به میزان بیش‌تری از املاح دسترسی دارد و به دنبال این فرایند، رشد و نمو کلی گیاه افزایش می‌یابد (فلاح، ۱۳۸۷).

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت تحت اثر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		قطر ساقه	عرض برگ	تعداد برگ در گیاه	ارتفاع گیاه	شاخص سبزینگی	مقاومت روزنه‌ای
نوع آب	۱	۰/۴۰۵**	۰/۸۱۳**	۰/۱۲۵ ^{ns}	۳۵۱/۱۲۵ **	۱۵۶/۲۰۳**	۰/۴۱۶ ^{ns}
تنش خشکی	۳	۱/۴۶۸ **	۱/۸۷۴ **	۱/۲۰۸ ^{ns}	۲۷۶/۱۶۷ **	۱۰۵/۷۱۱ **	۱۰/۵۸۹ **
نوع آب × تنش خشکی	۳	۰/۱۱۰ *	۰/۱۴۸ ^{ns}	۲/۰۴۲ ^{ns}	۷۷/۴۵۸ *	۲۵/۳۲۶ ^{ns}	۷/۶۱۸ **
خطا	۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۵۹	۰/۷۰۸	۱۹/۰۶۳	۹/۲۴۳	۰/۸۶۶
ضریب تغییرات (درصد)		۳۶/۶	۹/۹	۸/۶	۶/۷	۱۲/۴	۲۰/۶

^{ns}، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۴: مقایسه میانگین صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت تحت اثر تیمارهای آزمایش

تیمار	صفات					
	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	تعداد برگ	ارتفاع گیاه (cm)	شاخص سبزینگی	مقاومت روزنه‌ای ($s.cm^{-1}$)
تنش خشکی						
T_0	۱/۶۴ ^{a}	۵/۶۲ ^{a}	۱۰/۸۷ ^{a}	۱۱۶/۷۵ ^{a}	۴۴/۰۷ ^{a}	۶/۳۲ ^{b}
T_{75}	۱/۳۱ ^{b}	۵/۵۱ ^{a}	۱۱ ^{a}	۱۱۷ ^{a}	۴۱/۵۷ ^{a}	۶/۹۱ ^{b}
T_{50}	۱/۱۳ ^{c}	۵/۱۵ ^{b}	۱۱/۱۲ ^{a}	۱۲۰ ^{a}	۳۸/۲۹ ^{b}	۸/۷۱ ^{a}
T_{25}	۰/۶۱ ^{d}	۴/۵۵ ^{c}	۱۰/۲۵ ^{a}	۱۰۷ ^{b}	۳۵/۸ ^{b}	۸/۳۹ ^{a}
آب						
M	۱/۲۹ ^{a}	۵/۳۷ ^{a}	۱۰/۸۷ ^{a}	۱۱۲/۰۶ ^{b}	۴۲/۱۴ ^{a}	۷/۴۷ ^{a}
N	۱/۰۶ ^{b}	۵/۰۵ ^{b}	۱۰/۷۵ ^{a}	۱۱۸/۶۰ ^{a}	۳۷/۷۲ ^{b}	۷/۷۰ ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

شاخص سبزینگی

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اثر تنش خشکی و نوع آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد، بر مقدار شاخص سبزینگی برگ معنی‌دار بود. همان‌گونه که مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، مقدار شاخص سبزینگی برگ گیاهانی که در شرایط بدون تنش و تنش کم (T_{75}) رشد کردند، بیش‌تر از گیاهانی بود که تحت اثر تنش‌های شدیدتر قرار داشتند. آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی، افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی برگ را سبب شد (جدول ۴). در هر دو شرایط آبیاری با آب مغناطیسی و آبیاری با آب معمولی، با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص سبزینگی برگ کاهش یافت؛ اما در شرایط استفاده از آب مغناطیسی شده، شدت کاهش به‌طور قابل توجهی کم‌تر بود (جدول ۵). Khazan و Abdullatif (۲۰۰۹) علت افزایش در مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط کاربرد آب مغناطیسی را ناشی از افزایش جذب عناصر میکرو توسط گیاه، دانستند. کاهش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Reina *et al*., 2001; Basant *et al*., 2009; Basant and Harshan, 2009; Wilmer *et al*., 2011). Al-khazan و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تحقیقی که روی گیاه جوجوبا انجام دادند، بیان کردند که آبیاری این گیاه با آب مغناطیسی، در مقایسه با آب معمولی، در شرایط استرس خشکی، سبب افزایش مقدار کلروفیل برگ شد. آن‌ها افزایش در مقدار کلروفیل را ناشی از دسترسی بهتر گیاهان به آب و عناصر غذایی مورد نیاز رشد، دانستند. نتایج حاصل از مطالعات Moussa (۲۰۱۱) در گیاه لوبیا؛ و AbdulQados و Hozayn (۲۰۱۰) در گیاهان گندم، نخود و عدس نیز با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت

تیمار	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	تعداد برگ	ارتفاع گیاه (cm)	شاخص سبزینگی	مقاومت روزنه‌ای ($s.cm^{-1}$)
MT_0	۱/۸۷ a	۵/۹۲ a	۱۱/۰۰ a	۱۲۶/۰۰ a	۴۵/۹۷ a	۶/۵۵ b
MT_{75}	۱/۴۷ b	۵/۶۷ ab	۱۰/۷۵ ab	۱۲۳/۵۰ ab	۴۲/۰۰ ab	۹/۲۷ a
MT_{50}	۱/۱۲ d	۵/۳۵ b	۱۰/۷۵ ab	۱۱۵/۵۰ cd	۴۰/۱۲ bc	۵/۵۳ b
MT_{25}	۰/۷۰ e	۴/۵۲ d	۱۱/۰۰ a	۱۰۷/۲۵ e	۴۰/۴۷ bc	۸/۷۰ a
NT_0	۱/۴۰ bc	۵/۳۵ b	۱۰/۷۵ ab	۱۱۸/۵۰ bc	۴۲/۱۷ ab	۶/۰۹ b
NT_{75}	۱/۱۵ d	۵/۳۵ b	۱۱/۲۵ a	۱۱۰/۵۰ de	۴۱/۱۵ bc	۸/۱۵ a
NT_{50}	۱/۱۷ cd	۴/۹۵ c	۱۱/۵۰ a	۱۱۵/۰۰ cd	۳۶/۴۵ c	۸/۴۷ a
NT_{25}	۰/۵۲ e	۴/۵۷ d	۹/۵۰ d	۱۰۶/۷۵ e	۳۱/۱۲ d	۸/۰۷ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

مقاومت روزنه‌ای

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اثر تنش خشکی و هم‌چنین برهمکنش تنش خشکی و نوع آب، در سطح احتمال یک درصد، بر مقاومت روزنه‌ای برگ معنی‌دار بود. مقاومت روزنه‌ای با افزایش شدت تنش افزایش معنی‌دار نشان

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

داد و این در حالی است که نوع آب آبیاری اثر معنی‌داری بر مقدار مقاومت روزنه‌ای نداشت (جدول ۴). بسته شدن روزنه‌ها همراه با توقف رشد برگ، یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش خشکی است که مانع از تلفات زیاد آب می‌شود. این امر یک پاسخ متداول به کمبود آب است که به سرعت یا به آهستگی صورت گرفته که از آب کشیدگی اندام هوایی یا ریشه‌ها منتج می‌شود (Chaves *et al*, 2003).

درصد عناصر معدنی برگ

اثر نوع آب آبیاری فقط بر مقدار نیتروژن برگ و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. سایر عناصر معدنی اندازه‌گیری شده تحت اثر نوع آب قرار نگرفتند. اثر تنش خشکی بر مقدار نیتروژن برگ (سطح احتمال پنج درصد) و فسفر و پتاسیم (سطح احتمال یک درصد) برگ معنی‌دار بود، اما اثری بر مقدار سدیم برگ نداشت. برهمکنش عامل‌های آزمایش نیز بر عناصر معدنی اندازه‌گیری شده، معنی‌داری نشد (جدول ۶). همان‌گونه که در جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) مشاهده می‌شود، بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ (۴/۰۵ درصد) از گیاهانی استخراج شد که به اندازه کافی آبیاری شدند (بدون تنش)، و گیاهان تحت اثر سایر سطوح خشکی کاهش معنی‌دار این عنصر را نشان دادند. آب مغناطیسی نیز در مقایسه با آب معمولی، افزایش معنی‌دار در مقدار نیتروژن برگ ذرت را سبب شد. بالاترین مقدار فسفر برگ (۰/۳۹ درصد) نیز از گیاهانی استخراج شد که در شرایط بدون تنش خشکی رشد کرده بودند و با افزایش سطح تنش از مقدار این عنصر نیز کاسته شد. هم‌چنین گیاهان رشد کرده در شرایط بدون تنش (T_0) و تنش کم (T_{75}) از لحاظ مقدار پتاسیم برگ (به ترتیب ۳/۷۸ و ۳/۴۶ درصد)، برتر بودند و با افزایش شدت تنش مقدار این عنصر نیز کاهش نشان داد (جدول‌های ۷ و ۸). افزایش عناصر معدنی برگ تحت اثر آبیاری با آب مغناطیسی می‌تواند به دلیل پیوند هیدروژنی مولکول‌های آب باشد که به شدت تحت اثر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد و حلالیتش افزایش پیدا می‌کند. آب مغناطیسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نیز تغییر می‌دهد که خود سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌شود (Khazan and Abdullatif, 2009). از آنجا که آب مغناطیسی دارای خصوصیات فیزیکی متفاوتی نسبت به آب معمولی است، قابلیت انحلال نمک‌ها و مواد معدنی در آن افزایش می‌یابد (Nashir, 2008). نتایج حاصل از مطالعات انجام شده توسط Nasreen و همکاران (۲۰۰۷) و El Sagan و Abd El Baset (۲۰۱۵) نیز، نتایج به دست آمده در این تحقیق را تأیید می‌کنند. محققان بر این باورند که تجمع برخی عناصر معدنی از جمله پتاسیم در گیاه از طریق جلوگیری از تخریب دیواره سلول‌ها در برابر اکسیژن فعال، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش راندمان مصرف آب، سبب حفظ آماس سلول و بهبود خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژیکی گیاهان می‌شود. Basant و Harshan (۲۰۰۹) در نخود و لوبیا چشم بلبلی، Grewal و Maheshwari (۲۰۱۱) در گیاه نخود، Ahmed (۲۰۱۱) در گوجه‌فرنگی، Osman و همکاران (۲۰۱۴)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

در دانه‌های گلابی، Hashemabadi و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه پروانش و El Sagan و همکاران (۲۰۱۵) در پیاز، اثر مثبت آب مغناطیسی بر افزایش مقدار عناصر معدنی برگ را گزارش نموده‌اند.

مقدار پروتئین کل

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع آب آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد، بر مقدار پروتئین کل برگ ذرت، معنی‌دار بود. برهمکنش نوع آب و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین مقدار پروتئین برگ از گیاهان تیمار شده با T_{75} و به مقدار ۰/۶۲ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، حاصل شد و کم‌ترین آن از گیاهان تیمار شده با سطوح بالاتر تنش استخراج شد. آب مغناطیسی نیز سبب افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین برگ در مقایسه با آب معمولی شد (جدول‌های ۷ و ۸). علت افزایش پروتئین در شرایط تنش ۷۵ درصد نسبت به حالت بدون تنش، احتمالاً به‌دلیل سنتز برخی پروتئین‌ها برای القای مقاومت به تنش است. تغییر محتوای پروتئین‌های برگ در نتیجه تنش خشکی بسیار حائز اهمیت است. دهیدرین‌ها، پروتئین‌هایی هستند که در پاسخ به تنش خشکی سنتز می‌شوند و با افزایش تنظیم اسمزی، سلول‌ها را از پسابیدگی اضافی در طی تنش محافظت می‌کنند (Rebey *et al*., 2012). به‌طور کلی با افزایش شدت تنش، مقدار پروتئین برگ در ذرت کاهش یافت، علت آن افت شدید فرایند فتوسنتز و متعاقب آن کاهش سنتز پیش‌ماده‌های تولیدکننده پروتئین مانند آمینواسیدها است. یکی دیگر از علل کاهش محتوای پروتئین کل تحت شرایط تنش کم آبی، واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد، افزایش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده پروتئین و کاهش سنتز پروتئین است (Sandhya *et al*., 2010).

جدول ۶: تجزیه واریانس درصد عناصر و مقدار پروتئین کل برگ ذرت تحت اثر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ازت	فسفر	پتاس	سدیم	پروتئین کل
نوع آب	۱	۱/۸۹۱ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۵۲ ns	۳/۰۶۳ ns	۰/۰۱۰ *
تنش خشکی	۳	۱/۵۳۷ *	۰/۰۱۱ **	۱/۱۷۸۹ **	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۳۲ **
نوع آب × تنش خشکی	۳	۰/۰۴۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰ ns
خطا	۸	۰/۲۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۷/۱	۱۷/۷	۲۰/۲	۲۴/۲	۱۶/۸

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

اثر منفی تنش خشکی بر مقدار پروتئین برگ در بسیاری از گیاهان زراعی و باغی گزارش شده است (Lugan *et al*., 2010; Sanchez *et al*., 2008; Khazaie and Borzooei, 2006) آب مغناطیسی با افزایش حلالیت نیتروژن خاک، باعث افزایش جذب آن شده و این افزایش جذب سبب بهبود سنتز پروتئین برگ و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه می‌شود (احمدی، ۱۳۸۹).

جدول ۷: مقایسه میانگین درصد عناصر معدنی و پروتئین برگ ذرت تحت اثر تیمارهای آزمایش

تیمار	صفات				
	ازت (٪)	فسفر (٪)	پتاس (٪)	سدیم (٪)	پروتئین برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)
تنش خشکی					
T_0	۳/۶۲ a	۰/۳۷ a	۳/۷۳ a	۰/۱۵ a	۰/۵۶ b
T_{75}	۲/۶۹ b	۰/۳۱ b	۳/۴۸ a	۰/۱۳ a	۰/۶۲ a
T_{50}	۲/۴۷ b	۰/۲۷ c	۲/۹۶ b	۰/۱۴ a	۰/۴۵ c
T_{25}	۲/۱۹ b	۰/۲۵ c	۲/۲۲ c	۰/۱۸ a	۰/۴۴ c
آب					
M	۳/۰۹ a	۰/۴۰ a	۳/۱۹ a	۰/۱۵ a	۰/۵۴ a
N	۲/۴۰ b	۰/۲۹ a	۳/۰۰ a	۰/۱۵ a	۰/۴۹ b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

جدول ۸: مقایسه میانگین درصد عناصر معدنی و مقدار پروتئین کل ذرت تحت اثر تیمارهای آزمایش

تیمار	ازت (٪)	فسفر (٪)	پتاس (٪)	سدیم (٪)	پروتئین برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)
MT_0	۴/۰۵ a	۰/۳۹ a	۳/۷۸ a	۰/۱۶۹ a	۰/۵۸ ab
MT_{75}	۳/۰۸ ab	۰/۳۱ bc	۳/۴۶ ab	۰/۱۳۵ a	۰/۶۳ a
MT_{50}	۲/۶۷ bc	۰/۲۶ cd	۳/۱۰ bc	۰/۱۵۲ a	۰/۴۷ cd
MT_{25}	۲/۵۳ bc	۰/۲۶ cd	۲/۳۴ d	۰/۱۵۲ a	۰/۴۷ cd
NT_0	۳/۱۹ ab	۰/۳۴ b	۳/۵۹ ab	۰/۱۳۵ a	۰/۵۴ bc
NT_{75}	۲/۲۹ bc	۰/۳۱ bc	۳/۵۰ ab	۰/۱۳۵ a	۰/۶۱ ab
NT_{50}	۲/۲۷ bc	۰/۲۸ cd	۲/۸۱ c	۰/۱۳۵ a	۰/۴۲ d
NT_{25}	۱/۸۴ c	۰/۲۳ d	۲/۰۹ d	۰/۲۰۶ a	۰/۴۰ d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که آب مغناطیسی اثر مثبت و معنی‌داری بر بیش‌تر صفات اندازه‌گیری شده داشت و تا حدودی توانست اثر منفی کم‌آبی را کاهش دهد. کاربرد آب مغناطیسی بسیار راحت بوده و هیچ آلودگی در محیط به جا نمی‌گذارد. بنابراین پس از انجام آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و مشاهده اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و انجام محاسبات اقتصادی از نظر مقرون به صرفه بودن روش، می‌تواند به عنوان روشی ساده، سالم و کاربردی در افزایش تحمل به

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی ذرت مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

احمدی، پ. ۱۳۸۹. تأثیر میدان مغناطیسی برروی آب و کاربردهای زراعی آب مغناطیسی. اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا. دانشگاه باهنر کرمان.

صادقی‌پور، ا. ۱۳۹۴. بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata* L.) به آبیاری با آب مغناطیسی تحت تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهی، جلد ۷ شماره ۲۲، ص ۷۱-۸۵.

صادقی‌پور، ا. و آقایی، پ. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش. فصلنامه پژوهش‌های به‌زراعی. شماره ۱، ص ۸۶-۷۹.

صمدیار، ح.، راهی، ا.ر.، شیرمحمدی، ک.، تقی‌زاده، ف. و کدخدا، ز. ۱۳۹۳. تأثیر پالایش الکترونیکی آب (آب مغناطیسی) بر آلکالوئید هیوسین دانه و برخی صفات مورفولوژیکی دو گونه تاتوره. گیاه و زیست‌بوم جلد ۴، ص ۷۲-۵۹.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۸۴ ص.

قدمی فیروزآبادی، ا.، خوشروش، م.، شیرازی، پ. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی جلد ۳۰ شماره ۱، ص ۱۳۱-۱۴۳.

فلاح، س. ۱۳۸۷. آبیاری مغناطیسی و کاربردهای مختلف آن. انتشارات عشق دانش، ۲۵۷ صفحه.

نیک‌بخت، ج.، خنده‌رویان، م.، توکلی، ا. و طاهری، م. ۱۳۹۲. اثر کم آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت. نشریه پژوهش آب در کشاورزی جلد ۲۷ شماره ۴، ص ۵۵۱-۵۶۳.

Abdul Qados, A. M. S. and Hozayn, M. 2010. Magnetic water technology, a navel 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.

Abdul-Razzak Tahir, N. and Fathi Hama Karim, F. 2010. Impact of magnetic application on the parameters related to growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Jordan Journal of Biological Sciences, 3(4): 175-184.

Ahmed, A. M. 2013. Effects of Magnetized Low Quality Water on Some Soil Propertie and Plant Growth, Int. Journal of Research Chemistry and Environment, 3: 140-147 .

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

Al-Khazan, M., Mohamed Abdullatif, B. and 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.

Amira, M. S., Abdul Qados, A. M. S. and Hozayn, M. 2010. Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituent of lentil (*Lens esculenta*) under greenhouse condition. Agriculture and Environmental. Sciences, 7(4): 457-462.

Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C. and Lei. W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6(9): 2026-2032.

Basant, L. M. and Harsharn, S. G. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. Agriculture Water Manage, 96(8):1229-1236.

Basant, L., Maheshwari, S. and Harsharn Singh, G. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. Agricultural Water Management, 96: 1229–1236.

Chaves, M. M., Maroco, J. P. and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30: 239-264.

El Sagan, M. A. M. and Abd El Baset, A. 2015. Impact of magnetic on metal uptake, quality and productivity in onion crop. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 8(9): 2319-2372.

El Sayed, H. A. 2015. Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant Nature and Science, 13(1): 125-13.

El Sayed, H. and El Sayed, A. 2014. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. American Journal of Exp. Agriculture, 4(4): 476-496.

Esitken, A. 2003. Effects of magnetic fields on yield and growth in strawberry

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

'Camarosa'. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78(2): 145– 147.

Florez, M., Carbonell, M. V. and Martines, M. 2008. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Journal of Environment Experimental Botany, 6: 1-13 .

Grewal, H. and Maheshwari, B. L. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. Agricultural Water Management, 96(8):1229-1236.

Grewal, H. and Maheshwari, B. L. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. Bio electromagnetics, 32(1): 58-65.

Hashemabadi, D., Zaredost, F. and Jadid Solimandarabi, M. 2015. The Effect of Magnetic Water and Irrigation Intervals on the Amount of the Nutrient Elements in Soil and Aerial Parts of Periwinkle (*Catharanthus roseus*). Journal of Ornamental Plants, 5(3): 139-149.

Hozayn, M. and Abd El-Qdoos, A. M. S. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agriculture Biology Journal of North America, 1: 671-676.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105.

Khazaie, H. R. and Borzooei, A. 2006. Effects of water stress on antioxidant activity and physiological characteristics of wheat. The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving (ICTPB), Beijing China.

Khazan, M. M. and Abdullatif, B. M. 2009. Effect of irrigation with magnetized water on growth, photosynthesis pigments and proline accumulation in jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) seedlings. Saudi Journal of Biology and Science, 16(3): 107-113.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress: chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd Ed. Academic Press, New York, 497 p.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

Lihua, X. and Jixun, G. 2001. Effect of magnetic seed treatment on growth and saline-alkali tolerance of *Leymus chine-nsis*. Acta Prataculturae Sinica, 10(1): 58-63.

Lugan, R., Niogret, M. F., Leport, L., Guegan, J. P., Larher, F. R., Savoure, A., Kopka, J. and Bouchereau, A. 2010. Metabolome and water homeostasis analysis of *Thellungiella salsuginea* metabolic responses to salinity. Physiologia Plantarum, 132: 209-219.

Mahmoud, H. and Amira, M. S. 2010. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. Agric. Biol. J. N. Am., 1(4): 677–682.

Moussa, H. R. 2011. The impact of magnetic water application for improving common bean *Phaseolus vulgaris* L.) Production. New York Science Journal, 4 (6): 15-20.

Nashir, S. H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Eng. and Technology, 26(9): 16-20.

Nasreen, S., Haque, M. M., Hossain, M. A. and Farid, A. T. M. 2007. Nutrient uptake and yield of onion as Influence by nitrogen and sulphur fertilization. Bangladesh Journal of Agriculture Research, 32(3): 413-420.

Osman, E. A. M., Abd El-Latif, K. M., Hussien, S. M. and Sherif, A. E. A. 2014. Assessing the effect of irrigation with different levels of saline magnetic water on growth parameters and mineral contents of pear seedlings. Global Journal of Scientific Research, 2 (5): 128-136 .

Racuciu, M. D., Creanga, I. and Horga, I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Rom. Journal of Physiology, 53(1-2): 353-359.

Ran, C., Hongwei, Y., Jinsong, H. and Wanpeng, Z. 2009. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. Journal of Molecular Structure, 938: 15-19.

Rawabdeh, H., safwan, S. and Rida, S. 2014. The Effect of Irrigation by Magnetically Water on Chlorophyll and Macroelements uptake of Pepper (*Capsicum annuum* L.). Jordan Journal of Agricultural Sciences, 10(2): 503-526.

Rebey, I. B., Limam, L. and Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crop and Products, 36: 238 -245.

Reina, F. G., Pascual, L. A. and Fundora, L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Bio electromagnetics, 22(8): 596-602.

Saliha, B. B. 2005. Bio efficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in

www.SID.ir

Archive of SID

grapes var. ‘Muscat’. Tamil Nadu Agricultural University. Project Completion Project.

Sánchez, D. H., Siahpoosh, M. R., Roessner, U., Udvardi, M. and Kopka, J. 2008. Plant metabolomics reveals conserved and divergent conserved and divergent metabolic responses to salinity. Physiologia Plantarum, 132(2): 209-19.

Sandhya, V., Ali, S. K. Z., Grover, M., Reddy, G. and Venkateswarlu, B. 2010. Effect of plant growth promoting metabolic responses to salinity. Physiologia Plantarum, 133: 200-212.

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research, 98: 222-229.

Tian, W. X., Kuang, Y. L. and Mei, Z. P. 1989. Effect of magnetic water on seed germination, seedling growth and grain yield of rice. Jiline Agriculture University, 11: 11-16.

Wilmer, T., Rita, R., Llsa, C. and Oranys, M. 2011. Water relations and photosynthetic capacity of two species of Calotropis in a tropical semi-arid ecosystem. Annul Botany, 107(3): 397-405.

Yano A., Ohashi, Y., Hirasaki, T. and Fujiwara, K. 2004. Effects of 60 Hz magnetic field on photosynthetic uptake and early growth of radish seedlings. Bioelectromagnetics, 25(8): 572-581.

Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y. and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of Cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environmental and Experimental Botany, 54: 286-294.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:40 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir