



بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata* L.) به آبیاری با آب مغناطیسی تحت تنش خشکی

امید صادقی پور^۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تاثیر آب مغناطیسی بر فرآیندهای فیزیولوژیک ماش رقم پرتو تحت تاثیر تنش خشکی، آزمایشی گلدانی در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری اجرا گردید. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل دو سطح آبیاری (آبیاری پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط عدم تنش و تنش خشکی) و عامل دوم شامل دو نوع آب (آب معمولی و آب مغناطیسی) بود. نتایج نشان داد که محتوی کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، محتوی آب نسبی، سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص در اثر تنش خشکی در سطح معنی‌داری کاهش یافت. در صورتی که آبیاری با آب مغناطیسی از طریق بهبود تمامی صفات فوق، خسارات ناشی از تنش خشکی در ماش را کاهش داد. در تیمار آبیاری با آب معمولی، سرعت فتوسنتز خالص در شرایط عدم تنش و وجود تنش به ترتیب ۸/۷۰ و ۵/۶۰ میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه بود در حالی که در اثر آبیاری با آب مغناطیسی این اعداد به ترتیب ۱۰ و ۶/۲۹ میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه ثبت گردید. بنابراین پس از انجام آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و مشاهده اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه و انجام محاسبات اقتصادی از نظر مقرون به صرفه بودن روش، می‌تواند به عنوان روشی ساده، سالم و کاربردی در افزایش تحمل به تنش خشکی ماش مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری مغناطیسی، سطح برگ، فتوسنتز، کلروفیل، محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای

صادقی پور، ا. ۱۳۹۴. بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata* L.) به آبیاری با آب مغناطیسی تحت تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۲: ۸۵-۷۱.

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. پست الکترونیک:

osadeghipour@yahoo.com

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L.) یکی از حبوبات با دوره رشد کوتاه، سازگاری وسیع، کم توقع و تثبیت کننده نیتروژن است که در بسیاری از نظام‌های کشت بخوبی وارد شده و همچنین منبع مهمی از پروتئین با کیفیت بالا در رژیم‌های غذایی بر پایه غلات در بسیاری از کشورهای آسیایی است (ختک و همکاران، ۲۰۰۱).

خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی است که رشد و تولید را در گیاهان زراعی محدود می‌کند. گیاهانی که تحت تاثیر این تنش قرار می‌گیرند مشکلاتی همچون کاهش پتانسیل آب برگ، محتوی آب نسبی، سرعت تعرق و نیز افزایش دمای برگ را نشان می‌دهند. این تنش همچنین باعث بروز تغییراتی در رنگدانه‌های فتوسنتزی، آسیب به دستگاه فتوسنتزی و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین می‌گردد. بعلاوه، خشکی موجب افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن شده که می‌توانند خسارات شدیدی به گیاهان از طریق پراکسیداسیون چربی‌ها، تخریب پروتئین‌ها و تکه تکه شدن DNA وارد کنند که در نهایت مرگ سلول را در پی خواهد داشت (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

به منظور بهبود تولیدات کشاورزی تحت شرایط تنش خشکی، یافتن روش‌هایی ساده، بهداشتی، اقتصادی و کاربردی دارای اهمیت بسیار زیادی است. آب تیمار شده با میدان مغناطیسی یا آب عبوری از مسیر یک دستگاه مغناطیسی "آب مغناطیسی" نامیده می‌شود. آب مغناطیسی دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی بویژه در پیوندهای هیدروژنی، قطبیت، کشش سطحی، هدایت، pH و حلالیت نمک‌ها می‌گردد. این تغییرات در خصوصیات آب، می‌تواند رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (گریوال و ماهشوار، ۲۰۱۱). گزارش‌های زیادی وجود دارد مبنی بر اینکه

آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش محتوی رنگدانه‌ها، راندمان فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (السید و السید، ۲۰۱۴؛ موسی، ۲۰۱۱)، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، پرولین (السید و السید، ۲۰۱۴)، غلظت عناصر غذایی (الخرن و همکاران، ۲۰۱۱؛ گریوال و ماهشوار، ۲۰۱۱)، سرعت انتقال مواد فتوسنتزی، محتوی DNA و RNA (موسی، ۲۰۱۱)، هدایت روزنه‌ای (صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳)، شاخص جوانه‌زنی، رشد اولیه گیاهچه (گریوال و ماهشوار، ۲۰۱۱)، راندمان مصرف آب (الخرن و همکاران، ۲۰۱۱؛ صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳)، محتوی آب نسبی (الخرن و همکاران، ۲۰۱۱؛ السید و السید، ۲۰۱۴)، سطح برگ (السید و السید، ۲۰۱۴؛ صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳)، ارتفاع بوته، وزن تر، خشک و عملکرد (عبدالقدوس و حزین، ۲۰۱۰ a,b؛ حزین و عبدالقدوس، ۲۰۱۰ a,b) می‌گردد. بطور کلی بررسی‌ها نشان دهنده اثرات سودمند آب مغناطیسی بر رشد برخی گیاهان زراعی تحت شرایط بدون تنش است. با این وجود، اثر آب مغناطیسی در کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر گیاهان بخوبی مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا پروژه حاضر به منظور بررسی تاثیر آب مغناطیسی بر تحمل به خشکی ماش از طریق اندازه‌گیری برخی از صفات فیزیولوژیک آن طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات آب مغناطیسی بر تحمل به خشکی ماش، آزمایشی گلدانی طی خرداد تا شهریور سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری اجرا گردید. طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع محل آزمایش به ترتیب ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه، ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه و ۱۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. این

دو آهن‌ریبا (مگنت) قوی به طول ۱۵ و عرض و قطر پنج سانتی‌متر که در دو طرف لوله آب با خروجی ۵ لیتر در دقیقه قرار داده شدند استفاده گردید (گریوال و ماهشواری، ۲۰۱۱). از ۱۶ گلدان موجود، نیمی با آب معمولی و نیمی دیگر با آب مغناطیسی آبیاری شدند. ضمن اینکه تیمار تنش خشکی نیز در نیمی از هر گروه گلدان‌ها اعمال شد. ویژگی‌های آب، قبل و بعد از مغناطیسی شدن در جدول ۱ ارائه شده است.

منطقه دارای اقلیمی خشک با تابستان گرم و خشک و زمستان سرد و خشک است. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل دو سطح آبیاری (آبیاری پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط عدم تنش و تنش خشکی) و عامل دوم شامل دو نوع آب (آب معمولی و آب مغناطیسی) بود. برای مغناطیسی نمودن آب از

جدول ۱- ویژگی‌های آب، قبل و بعد از مغناطیسی شدن

ویژگی‌های آب	آب معمولی	آب مغناطیسی
هدایت الکتریکی ($\mu\text{S/cm}$)	۱۲۱۰	۱۱۹۷
پ اچ	۷/۶۸	۷/۸۰
نترات (ppm)	۱/۱	۱/۱
فسفات (ppm)	۱۹	۱۸
پتاسیم (ppm)	۳۱	۲۹
سولفات (ppm)	۲۱۱	۲۰۲
کلسیم (ppm)	۱۱۸	۱۱۰
منیزیم (ppm)	۷۹	۷۴
سختی (کربنات کلسیم) (ppm)	۴۳۵	۴۱۰

شدند. در مرحله ۶ برگی از کود مرکب فلورال به صورت محلول‌پاشی استفاده شد. برخی ویژگی‌های آب و هوایی منطقه شهر ری در ماه‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

آبیاری گلدان‌ها طبق نقشه طرح انجام گرفت. در مرحله سه برگی پس از تنک نمودن بوته‌های اضافی در هر گلدان شش گیاهچه حفظ گردید. در مرحله گلدهی، محتوی کلروفیل نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، محتوی آب نسبی و سطح برگ به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند. محتوی کلروفیل نسبی توسط دستگاه کلروفیل سنج (Chlorophyll Content Meter CL-01, Hansatech Instruments Ltd, England) از دو برگچه

بذرهای سالم، درشت و بدون آلودگی ظاهری ماش رقم پرتو با استفاده از هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی سطحی شده و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از آن در هر گلدان ۲۰ بذر در عمق سه سانتی‌متری خاک در اول خرداد ماه ۱۳۹۲ کشت شدند. هر گلدان پلاستیکی دارای قطر و عمق ۵۰ سانتی‌متر بود که با نسبت مساوی از مخلوط پیت، کود دامی کاملا پوسیده و خاک مزرعه پر شده بود. به منظور زهکشی مطلوب، چند سانتی‌متر انتهایی هر گلدان، ماسه ریخته شد و کف هر گلدان نیز چند سوراخ تعبیه گردید. زه آب خروجی هر گلدان به همان گلدان برگردانده می‌شد. گلدان‌ها در شرایط مزرعه قرار داده

برای تعیین سطح برگ بوته نیز برگ‌های دو بوته از هر گلدان بطور کامل جدا شده و توسط دستگاه سطح برگ سنج (Leaf Area Meter CI-202, CID, Bio-Science, USA) مورد محاسبه قرار گرفت. توضیح اینکه از هر نمونه سه بار قرائت صورت گرفت و در نهایت میانگین حاصل ثبت شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بوسیله نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها نیز با نرم افزار EXCEL صورت گرفت.

نتایج و بحث

سطح برگ

سطح برگ‌های بوته ماش در اثر خشکی نسبت به شرایط معمولی ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). در صورتی که آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی این صفت را تحت شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب ۲۰ و ۱۹ درصد افزایش داد. بیشترین سطح برگ بوته ماش با میانگین ۲۵۷/۳ سانتی‌متر مربع از تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و کمترین آن با میانگین ۱۴۸/۸ سانتی‌متر مربع از تیمار تنش خشکی و آب معمولی حاصل شد (شکل ۱).

وسطی برگ‌های پنجم و ششم دو بوته و هر کدام دو قرائت ثبت گردید. جهت تعیین سرعت فتوسنتز خالص از همان برگ‌هایی که کلروفیل آنها اندازه‌گیری شده بود در ساعت ۱۱-۱۲ ظهر روز آفتابی از دستگاه فتوسنتز سنج پرتابل (Handheld Photosynthesis System, CID Bio-Science CI-340, USA) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای برگ‌های مذکور نیز دستگاه هدایت سنج روزنه (Portable Leaf Porometer SC-1, Decagon Devices, USA) در ساعت ۹-۱۰ صبح بکار گرفته شد. برای تعیین محتوی آب نسبی برگ، دیسک‌هایی به قطر یک سانتی‌متر از هر سه برگچه برگ‌های پنجم و ششم بوته‌ها انتخاب و به سرعت توزین شدند و وزن تر آنها محاسبه گردید. سپس نمونه‌ها بمدت ۲۴ ساعت در ظرف‌های محتوی آب مقطر در محیط تاریک قرار گرفته و وزن اشباع آنها محاسبه شد. پس از آن نمونه‌ها برای ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی-گراد قرار داده شدند و وزن خشک آنها تعیین گردید. سپس از رابطه زیر محتوی آب نسبی برگ‌ها بدست آمد (فرانت، ۲۰۰۰):

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{محتوی آب نسبی} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}}{\text{وزن اشباع} - \text{وزن تازه}} \times 100$$

آب نسبی

جدول ۲- برخی ویژگی‌های آب و هوایی منطقه شهر ری در ماه‌های اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۲

ماه	جمع ساعات آفتابی	میزان بارش (میلی‌متر)	میانگین حداقل دما (درجه سانتیگراد)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتیگراد)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)
خرداد	۳۴۴/۵	۰	۱۸/۹	۳۴/۴	۳۶
تیر	۳۵۵/۰	۰	۲۱/۴	۳۸/۱	۲۷
مرداد	۳۳۰/۲	۰	۲۱/۱	۳۷/۹	۳۰
شهریور	۳۱۶/۰	۰	۱۹/۹	۳۵/۹	۲۶

جدول ۳ - خلاصه تجزیه واریانس سطح برگ، محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل نسبی و سرعت فتوسنتز ماش تحت تاثیر تنش خشکی و آب مغناطیسی

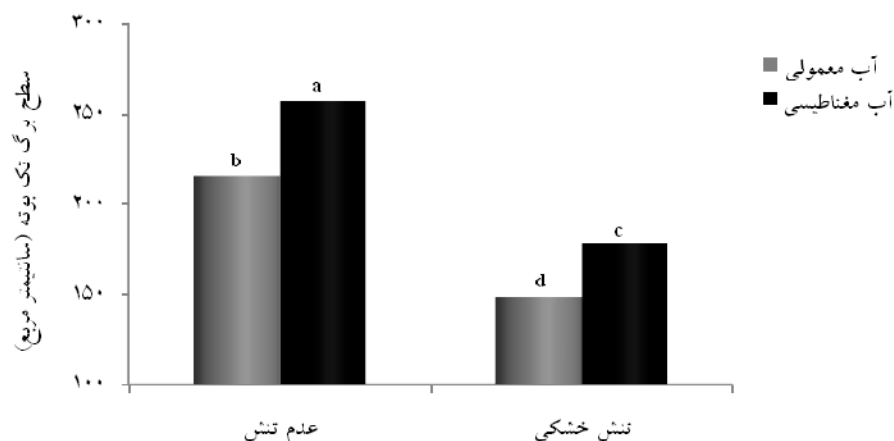
میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	محتوی آب نسبی	هدایت روزنه‌ای	شاخص کلروفیل	سرعت فتوسنتز
تنش خشکی	۱	۲۱۳۹۰/۵**	۸۷۰/۲۵۰**	۱۰۱/۸۰۸**	۱۰۲/۸۲۰**	۳۸/۵۰۲**
آب مغناطیسی	۱	۵۰۱۷/۵۹**	۲۰۱/۶۴۰*	۲۸/۱۴۳**	۲۹/۸۶۶**	۱۵/۹۶۰**
تنش خشکی × آب مغناطیسی	۱	۱۳۳/۵۱۸ ^{ns}	۰/۴۹۷ ^{ns}	۲/۲۸۰ ^{ns}	۰/۶۱۶ ^{ns}	۱/۴۶۴ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۲	۲۱۱/۴۳۱	۳۰/۶۴۸	۰/۳۹۴	۰/۹۰۶	۰/۲۷۶
ضریب تغییرات (%)		۷/۲۶	۷/۱۶	۷/۵۹	۷/۲۰	۷/۳۵

NS، * و ** : به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی و آبیاری مغناطیسی بر سطح برگ، محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل نسبی و سرعت فتوسنتز خالص ماش.

تیمار	سطح برگ بوته (cm ²)	محتوی آب نسبی (%)	هدایت روزنه‌ای (mmol/m ² /s)	کلروفیل نسبی (واحد دستگاه)	سرعت فتوسنتز خالص (μmol CO ₂ /m ² /s)
<u>سطوح آبیاری</u>					
عدم تنش	۲۳۶/۷ a	۸۴/۷۲ a	۱۰/۸۰ a	۱۵/۷۶ a	۸/۷۰ a
تنش خشکی	۱۶۳/۶ b	۶۹/۹۷ b	۵/۷۵ b	۱۰/۶۹ b	۵/۶۰ b
<u>نوع آبیاری</u>					
آبیاری معمولی	۱۸۲/۴ b	۷۳/۸۰ b	۶/۹۵ b	۱۱/۸۶ b	۶/۱۶ b
آبیاری مغناطیسی	۲۱۷/۹ a	۸۰/۹۰ a	۹/۶۰ a	۱۴/۵۹ a	۸/۱۵ a

حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۱- تاثیر آب مغناطیسی بر سطح برگ تک بوته ماش تحت تنش خشکی

بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز روی می‌دهد (مان بوش و همکاران، ۲۰۰۷). بدلیل کاهش فشار آماس سلول‌های برگ در اثر خشکی، اندازه سلول‌ها کاهش یافته لذا توسعه برگ محدود می‌شود. کاهش سطح برگ بوته ماش در اثر تنش خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ شکوه‌فر و ابوفتيله نژاد، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر، آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش سطح برگ بوته ماش تحت شرایط تنش و عدم تنش گردید. السید و السید (۲۰۱۴) نیز دریافته‌اند که تحت شرایط بدون تنش، آبیاری مغناطیسی، سطح برگ‌های باقلا را به طور معنی‌داری افزایش داد. از سوی دیگر، آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش سطح برگ و سطح برگ ویژه لویا چشم بلبلی شد. تحریک سطح برگ و سطح ویژه برگ در بوته‌های آبیاری شده با آب مغناطیسی موجب بهبود سرعت فتوسنتز بدلیل جذب بیشتر نور و میزان بالاتر مواد جذب و تحلیل شده قابل دسترس برای رشد رویشی می‌شود (صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳). همچنین مغناطیسی کردن بذور گوجه فرنگی و ذرت موجب افزایش سطح برگ بوته‌های

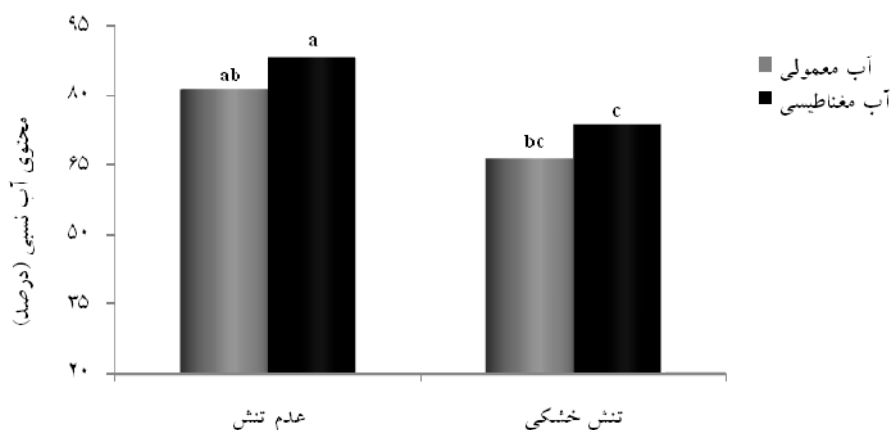
اجتناب از تنش خشکی معمولا از طریق تغییرات ظاهری در گیاه از قبیل کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش سطح برگ، توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی حاصل می‌شود (لویت، ۱۹۸۰). به منظور انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک، گسترش متعادل سطح برگ ضروری است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی اصولا تنش آبی، رشد و سطح برگ را کاهش می‌دهد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). 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 تامین مواد غذایی برای رشد بستگی دارد. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی به توقف توسعه برگ از طریق کاهش فتوسنتز نسبت داده می‌شود (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). بعلاوه، کاهش سطح برگ بوته که از کاهش اندازه برگ‌های جوان و توقف توسعه شاخ و برگ در حال نمو منتج می‌شود بعنوان یک ساز و کار سازگاری به تنش رطوبتی مطرح می‌باشد. یکی از اولین واکنش‌های گیاه به خشکی، کاهش توسعه برگ‌ها است که معمولا بدنبال

نسبی را تحت شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب ۱۱ و ۸/۳ درصد افزایش داد. بیشترین محتوی آب نسبی با میانگین ۸۸/۱۰ درصد از تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و کمترین آن با میانگین ۶۶/۲۵ درصد از تیمار تنش خشکی و آب معمولی بدست آمد (شکل ۲).

حاصل گردید (آناند و همکاران، ۲۰۱۲؛ دسوزا و همکاران، ۲۰۰۵).

محتوی آب نسبی

محتوی آب نسبی برگ‌های ماش در اثر تنش خشکی ۱۸ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). از طرف دیگر آبیاری با آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی محتوی آب



شکل ۲- تاثیر آب مغناطیسی بر محتوی آب نسبی برگ‌های ماش تحت تنش خشکی

می‌کند. چنین گیاهانی دارای ریشه‌های عمیق‌تر و قدرت رشد بالاتری هستند (فانابی و همکاران، ۲۰۰۹). تیمار میدان مغناطیسی بذور منجر به افزایش سرعت رشد گیاه، ساخت پروتئین‌ها و توسعه ریشه می‌گردد (گوبلز، ۱۹۸۲؛ فیرک و آمبرکر، ۱۹۹۸). با افزایش شدت نیروی مغناطیسی، سرعت جذب آب و بدنبال آن افزایش زیست توده در کاهو مشاهده گردید (رینا و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به تشدید رشد ریشه در تیمار آب مغناطیسی، این امر موجب جذب بیشتر آب و در نهایت افزایش محتوی آب نسبی برگ گردید. این مشاهدات با نتایج حاصل از بررسی روی گیاه جوجوبا کاملا همخوانی دارد (الخرن و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، مغناطیسی کردن بذور ذرت موجب

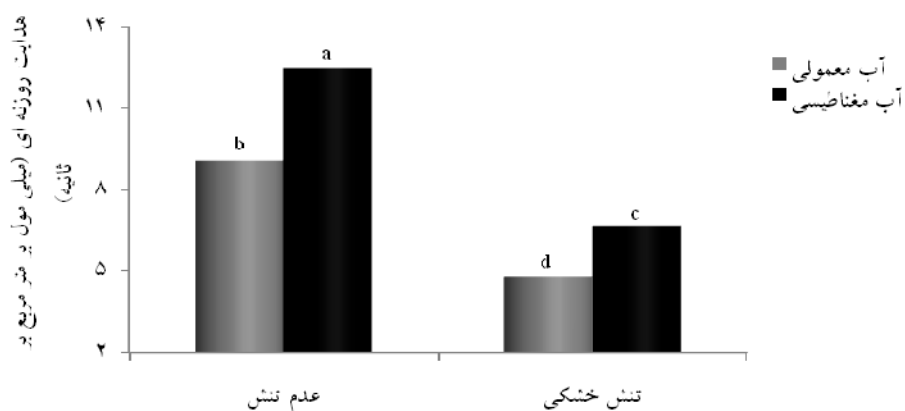
محتوی آب نسبی معیاری برای سنجش وضعیت آب گیاه است که منعکس کننده فعالیت متابولیکی بافت‌ها است که از آن به عنوان شاخصی برای شناسایی و تمایز لگوم‌های متحمل به آب کشیدگی استفاده می‌شود (سینکلیر و لادلو، ۱۹۸۶). محتوی آب نسبی برگ با جذب آب توسط ریشه‌ها و همچنین دفع آب در اثر تعرق مرتبط است. کاهش محتوی آب نسبی برگ در بسیاری از گیاهان در اثر تنش خشکی روی می‌دهد (نایار و گوپتا، ۲۰۰۶). در تحقیق حاضر، آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش محتوی آب نسبی تحت شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی گردید. قرار گرفتن کوتاه مدت بذور در معرض میدان مغناطیسی به تشدید سبز شدن و رشد گیاهچه کمک

هدایت روزه‌ای را تحت شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب ۴۰ و ۳۷ درصد افزایش داد. بالاترین هدایت روزه‌ای با میانگین ۱۲/۵۰ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه از تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و پایین‌ترین آن با میانگین ۴/۸۰ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه از تیمار تنش خشکی و آب معمولی ثبت گردید (شکل ۳).

افزایش محتوی آب نسبی برگ بوته‌های حاصل گردید (آناند و همکاران، ۲۰۱۲).

هدایت روزه‌ای

طی تنش خشکی هدایت روزه‌ای برگ‌های ماش ۴۷ درصد کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). با این وجود، تیمار آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی



شکل ۳- تاثیر آب مغناطیسی بر هدایت روزه‌ای ماش تحت تنش خشکی

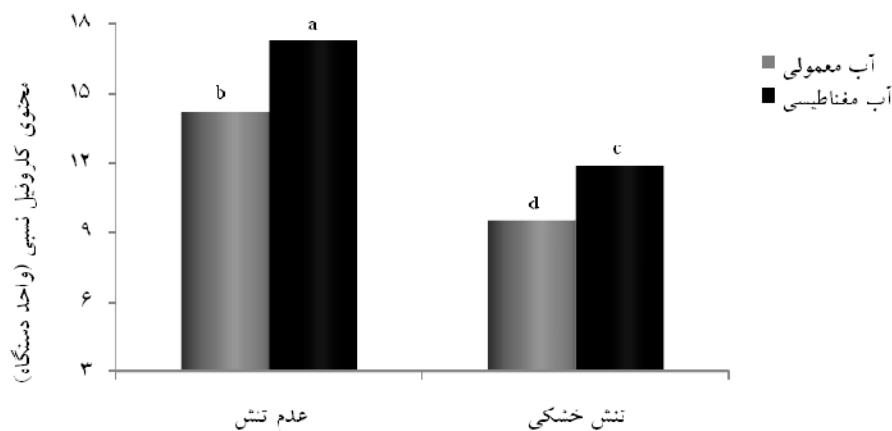
میدان مغناطیسی قرار گرفتند رشد ریشه گیاهچه‌های حاصل از نظر طول طویلترین ریشه، کل طول ریشه‌ها، سطح ریشه‌ها، میانگین قطر ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش قابل توجهی یافت که این امر موجب تغییر الگوی رشد گیاهچه‌ها و در نتیجه سازگاری به شرایط تنش آبی گردید (آناند و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر آبیاری مغناطیسی موجب افزایش رشد ریشه‌ها و هدایت روزه‌ای در لویا چشم بلبلی گردید (صادقی‌پور و آقایی، ۲۰۱۳). همچنین در تحقیق دیگری، در گیاهان تیمار شده با مغناطیس، نسبت به شاهد، آوندهای چوب و آبکش رشد و نمو بیشتری داشته و سلول‌های پارانشیم و اتافک زیر روزه بزرگتر بود، بنابراین تبادلات گازی

بسته شدن روزه‌ها 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 (چاوز و همکاران، ۲۰۰۳). در پژوهش حاضر، آبیاری مغناطیسی موجب افزایش هدایت روزه‌ای تحت هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید. تیمار میدان مغناطیسی بذرها منجر به تولید پروتئین‌های فعال کننده رشد گیاه و توسعه ریشه می‌گردد. به نظر می‌رسد ریشه‌ها در مقایسه با اندام هوایی، عکس العمل بهتری به میدان مغناطیسی دارند (موسی، ۲۰۱۱). وقتی بذرها ذرت در معرض

در اثر تنش خشکی شاخص کلروفیلدر مقایسه با شاهد ۳۲ درصد کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). از سوی دیگر آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی شاخص کلروفیلرا تحت شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب ۲۵ و ۲۲ درصد افزایش داد. بیشترین محتوی کلروفیل نسبی با میانگین ۱۷/۳۲ از تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و کمترین آن با میانگین ۹/۵۲ از تیمار تنش خشکی و آب معمولی حاصل شد (شکل ۴).

راحت‌تر انجام گرفت (مجد و شیرنگی، ۲۰۰۹). آب مغناطیسی باعث افزایش رشد ریشه‌ها و بدنبال آن بهبود جذب آب و بالا رفتن محتوی آب نسبی شده که از بسته شدن شدید روزنه‌ها جلوگیری می‌کند. با بهبود وضعیت آبی گیاه و باز ماندن روزنه‌ها در تیمار آب مغناطیسی، سرعت فتوسنتز نیز تحت شرایط معمولی و تنش خشکی نسبت به آب معمولی افزایش یافت.

محتوی کلروفیل



شکل ۴- تاثیر آب مغناطیسی بر محتوی کلروفیل نسبی ماش تحت تنش خشکی

تحت تنش آبی یکی از دلایل اصلی غیر فعال شدن دستگاه فتوسنتزی است (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). در این تحقیق استفاده از آب مغناطیسی موجب افزایش محتوی کلروفیل برگ‌های ماش تحت هر دو شرایط معمولی و خشکی گردید. این امر ممکن است به دلیل تاثیر میدان مغناطیسی بر فرایندهای سلولی از قبیل رونویسی ژن باشد که نقش مهمی در تغییر فرایندهای سلولی ایفا می‌کند (حزین و عبدالقدوس، ۲۰۱۰ a). این اعتقاد وجود دارد که افزایش محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر افزایش ساخت سایتوکینین بوده که

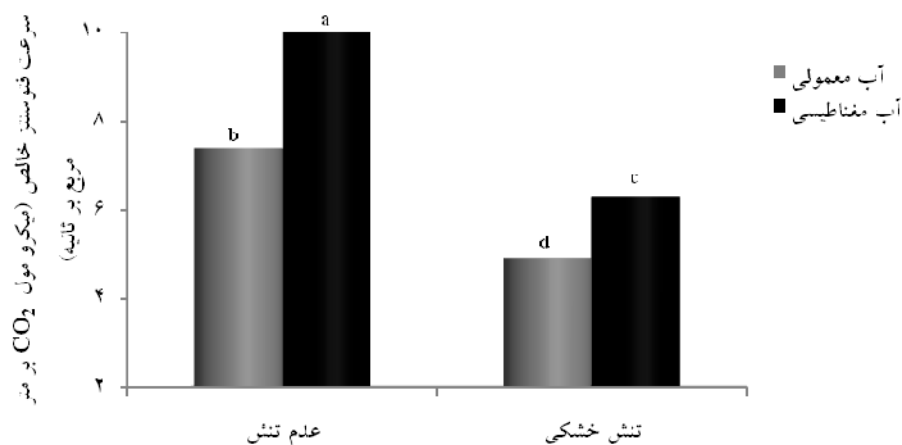
کلروفیل یکی از اجزای اصلی کلروپلاست برای فتوسنتز بوده و محتوی کلروفیل نسبی ارتباط مستقیمی با سرعت فتوسنتز دارد. یکی از دلایل تجزیه کلروفیل طی تنش خشکی افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز است. کاهش محتوی کلروفیل تحت تنش خشکی بعنوان علامتی از تنش اکسیداتیو مطرح بوده که می‌تواند موجب اکسیداسیون نوری رنگدانه‌ها و تخریب کلروفیل گردد. رنگدانه‌های فتوسنتزی برای گیاهان بویژه جهت جذب نور و تولید نیروی احیا کننده دارای اهمیت هستند. کاهش محتوی کلروفیل

عبدالقدوس و حزین، a ۲۰۱۰؛ موسی، ۲۰۱۱؛ الخزن و همکاران، ۲۰۱۱).

سرعت فتوستتز خالص

تنش خشکی، سرعت فتوستتز خالص برگ‌های ماش را ۳۵ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش داد (جدول‌های ۳ و ۴). این در حالی است که آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی سرعت فتوستتز خالص را تحت شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب ۲۸ و ۳۵ درصد افزایش داد. بیشترین سرعت فتوستتز خالص با میانگین ۱۰ میکرو مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه از تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و کمترین آن با میانگین ۴/۹۰ میکرو مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه از تیمار تنش خشکی و آب معمولی بدست آمد (شکل ۵).

توسط میدان مغناطیسی القا می‌شود. سایتوکینین همچنین نقش مهمی در توسعه کلروپلاست، تشکیل اندام هوایی، رشد جوانه جانبی و القا تعدادی از ژن-های دخیل در سوخت و ساز مواد غذایی جهت رشد کلروپلاست ایفا می‌کند (اتک و همکاران، ۲۰۰۳). ثابت شده که تیمار با آب مغناطیسی موجب افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، روی، آهن و منگنز در گیاهچه‌های نخود می‌گردد. در کلروفیل، یون مرکزی منیزیم بوده و مولکول بزرگ آلی یک پورفیرین است. پورفیرین شامل چهار اتم نیتروژن است که پیوندهایی را با منیزیم در یک آرایش مربعی تشکیل می‌دهند. بنابراین، آب مغناطیسی از طریق تحریک جذب نیتروژن و منیزیم محتوی کلروفیل را افزایش می‌دهد (گریوال و ماهسواری، ۲۰۱۱). نتایج سایر تحقیقات نیز بیانگر افزایش محتوی کلروفیل برگ گیاهان مختلف در اثر تیمار با آب مغناطیسی است (اتک و همکاران، ۲۰۰۳؛



شکل ۵- تاثیر آب مغناطیسی بر سرعت فتوستتز خالص ماش تحت تنش خشکی

دخیل در فتوسنتز شامل تغییر در ساخت کلروفیل، تغییرات وظیفه‌ای و ساختاری در کلروپلاستها و اختلال در فرایندهای تجمع، انتقال و توزیع مواد جذب و تحلیل شده می‌باشند (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج سایر تحقیقات نیز کاهش سرعت فتوسنتز خالص را تحت شرایط تنش خشکی تایید می‌کند (تسفا و همکاران، ۲۰۰۸؛ ساتوس و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تیمار آبیاری با آب مغناطیسی، سطح برگ، میزان کلروفیل، محتوی آب نسبی و هدایت روزنه‌ای برگ-های به طور معنی‌داری ماش افزایش یافت که مجموع این عوامل منجر به افزایش سرعت فتوسنتز خالص در این تیمار در شرایط تنش و عدم تنش گردید. در اثر افزایش سطح برگ و مهیا بودن سایر شرایط، بدلیل جذب بیشتر نور، سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد. کلروفیل نیز یکی از اجزای ضروری در فتوسنتز است. بنابراین، با افزایش محتوی کلروفیل، سرعت فتوسنتز نیز بیشتر می‌شود. بین محتوی آب نسبی و هدایت روزنه‌ای رابطه مستقیمی وجود دارد، به طوری که هر عاملی که موجب کاهش محتوی آب نسبی شود سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد. این موضوع کاملاً تایید شده که درجه بالایی از تنظیم مشترک بین باز بودن روزنه‌ها و فتوسنتز وجود دارد (ردی و همکاران، ۲۰۰۴). مشابه نتایج پژوهش حاضر، افزایش سرعت فتوسنتز در اثر تیمار آبیاری مغناطیسی در لوبیا (موسی، ۲۰۱۱)، لوبیا چشم بلبلی (صادقی‌پور، ۲۰۱۴) و باقلا (السید و السید، ۲۰۱۴) نیز گزارش شده است. همچنین، گزارش‌های زیادی مبنی بر بهبود سرعت فتوسنتز در اثر تیمار با میدان مغناطیسی وجود دارد (هوف، ۱۹۸۱؛ دیویس، ۱۹۹۶؛ دسوزا و همکاران، ۲۰۰۵).

طی تنش خشکی بدلیل کاهش هدایت روزنه‌ای، تغییر در بیوسنتز رنگدانه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، تولید گونه‌های اکسیژن فعال و عدم تعادل آنها با آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و اختلال در اجزای دستگاه فتوسنتزی، سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات بسیاری نشان داده که کاهش فعالیت فتوسنتزی تحت تنش خشکی بدلیل عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای است. روزنه‌ها محل ورود CO_2 و نیز محل خروج بخار آب می‌باشند. بسته شدن روزنه‌ها یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش خشکی است که منجر به کاهش سرعت فتوسنتز می‌گردد. بسته شدن روزنه‌ها برگ‌ها را از دسترسی به CO_2 محروم کرده و اسیمیلایون کربن فتوسنتزی را بدلیل تنفس نوری کاهش می‌دهد. بخوبی مشخص شده که همیشه وضعیت آب برگ با هدایت روزنه‌ای برهمکنش دارد و همبستگی خوبی بین پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای حتی تحت تنش خشکی وجود دارد. امروزه اثبات شده که در اثر خشک شدن خاک، پیامی از ریشه به اندام هوایی توسط جریان تعرق ارسال می‌شود که منجر به بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). این پیام شیمیایی اسید اابسیزیک (ABA) است. رابطه مستقیمی بین محتوی ABA آوند چوب و هدایت روزنه‌ای وجود دارد. بسته شدن روزنه تحت خشکی همچنین بدلیل تغییراتی در وضعیت تغذیه‌ای گیاه، pH شیره خام، فعالیت فARNسیل ترانسفراز، هدایت هیدرولیکی آوند چوب و کمبود فشار بخار برگ به هوا روی می‌دهد. طی تنش خشکی برخی اثرات غیر روزنه‌ای نیز به بسته شدن روزنه‌ها نسبت داده می‌شوند. اینها شامل فسفوریلاسیون نوری، بازتولید و فعالیت روبیسکو و همچنین ساخت ATP می‌باشند (ردی و همکاران، ۲۰۰۴). سایر عوامل غیر روزنه‌ای

نتیجه گیری

آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و مشاهده اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه و انجام محاسبات اقتصادی از نظر مقرون به صرفه بودن روش، می‌توان از آبیاری مغناطیسی بعنوان روشی ساده، بهداشتی و کاربردی نه تنها به منظور بهبود تحمل به تنش خشکی بلکه به منظور بهبود رشد ماش تحت شرایط عدم تنش نیز استفاده نمود.

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ، محتوی آب نسبی، هدایت روزنه-ای، محتوی کلروفیل و سرعت فتوسنتز خالص ماش در سطح معنی‌داری شد. با اینحال، آبیاری با آب مغناطیسی در شرایط تنش و عدم تنش باعث بهبود معنی‌دار صفات فوق گردید. بنابراین پس از انجام

منابع

شکوه فر، ع.، و س. ابوفتیه نژاد. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد بیولوژیکی ارقام مختلف ماش در دزفول. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۵ (۱۷): ۵۹-۴۹.

مرادی، ع.، ع. احمدی و ع. حسین زاده. ۱۳۸۷. واکنش‌های زراعی - فیزیولوژیک ماش (رقم پرتو) به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۷): ۶۷۱-۶۵۹.

- Abdul Qados, A.M.S. and M. Hozayn. 2010 a. Response of growth, yield, yield components and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water. World Appl. Sci. J. 8(5): 630-634.
- Abdul Qados, A.M.S. and M. Hozayn. 2010 b. Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituents of lentil (*Lens esculenta*) under greenhouse condition. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 7(4): 457-462.
- Al-Khazan, M., B. Mohamed Abdullatif and N. Al-Assaf. 2011. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. Afr. J. Environ. Sci. Tech. 5(9): 722-731.
- Anand, A., S. Nagarajan, A.P.C. Verma, D.K. Joshi, P.C. Pathak and J. Bhardwaj. 2012. Pre treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). Indian J. Biochem. Biophys. 49: 63-70.
- Anjum, S.A., X. Xie, L. Wang, M.F. Saleem, C. Man and W. Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6(9): 2026-2032.
- Atak, C., O. Emiroglu, S. Aklimanoglu and A. Rzakoulieva. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. Cell. Mol. Biol. Lett. 2: 113-119.
- Chaves, M.M., J.P. Maroco and J.S. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Funct. Plant Biol. 30: 239-264.
- Davies, M.S. 1996. Effects of 60 Hz electromagnetic fields on early growth in three plant species and a replication of previous results. Bioelectromagnetics 17: 154-161.

- De Souza, A., D. García, L. Sueiro, L. Licea and E. Porras. 2005. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Spanish J. Agric. Res.* 3(1): 113-122.
- El Sayed, H. and A. El Sayed. 2014. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. *Am. J. Exp. Agric.* 4(4): 476-496.
- Faqenabi, F., M. Tajbakhsh, I. Bernooshi, M. Saber-Rezaei, F. Tahri, S. Parvizi, M. Izadkhah, A. Hasanzadeh Gorttapeh and H. Sedqi. 2009. The effect of magnetic field on growth, development and yield of safflower and its comparison with other treatments. *Res. J. Biol. Sci.* 4: 174-178.
- Farooq, M., S.M.A. Basra, A. Wahid, N. Ahmad and B.A. Saleem. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 237-246.
- Farrant, J.M. 2000. A comparison of mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species. *Plant Ecol.* 151: 29-39.
- Grewal, H.S. and B.L. Maheshwari. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics* 32: 58-65.
- Gubbels, G.H. 1982. Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preceding magnetic treatment. *Can. J. Plant Sci.* 62: 61-64.
- Hoff, A.J. 1981. Magnetic field effects on photosynthetic reactions. *Q. Rev. Biophys.* 14(4): 599-665.
- Hozayn, M. and A.M.S. Abdul Qados. 2010 a. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(4): 671-676.
- Hozayn, M. and A.M.S. Abdul Qados. 2010 b. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(4): 677-682.
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol.* 11: 100-105.
- Khattak, G.S.S., M.A. Haq, M. Ashraf, G.R. Tahir and U.K. Marwat. 2001. Detection of epistasis and estimation of additive and dominance components of genetic variation for synchrony in pod maturity in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Field Crops Res.* 72: 211-219.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress: chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd Ed. Academic Press, New York, 497 p.
- Majd, A. and A. Shabrangi. 2009. Effect of seed pretreatment by magnetic fields on seed germination and ontogeny growth of agricultural plants. Progress in electromagnetic research symposium, Beijing, China, March 23-27. 1137-1141.
- Moussa, H.R. 2011. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Sci. J.* 4(6): 15-20.
- Munne-Bosch, S., J. Penuelas and J. Llusia. 2007. A deficiency in salicylic acid alters isoprenoid accumulation in water-stressed *NahG* transgenic *Arabidopsis* plants. *Plant Sci.* 172: 756-762.

- Nayyar, H. and D. Gupta. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environ. Exp. Bot.* 58: 106-113.
- Phirke, P.S. and S.P. Umbarkar. 1998. Influence of magnetic treatment of oilseed on yield and dry matter. *PKV Res.* 22: 130-132.
- Reddy, A.R., K.V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Plant Physiol.* 161: 1189-1202.
- Reina, F.G., L.A. Pascual and I.A. Fundora. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental Results. *Bioelectromagnetics* 22: 596-602.
- Sadeghipour, O. 2014. Agronomic and physiological responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) irrigated with magnetized water. *Bothalia* 44(5): 251-259.
- Sadeghipour, O. and P. Aghaei. 2013. Improving the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) by magnetized water. *J. Biol. Environ. Sci.* 3(1): 37-43.
- Santos, M.G., R. Ribeiro, E.C. Machado and C. Pimentel. 2009. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes under mild water deficit. *Biol. Plant.* 53(2): 229-236.
- Sinclair, T.R. and M.M. Ludlow. 1986. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 329-341.
- Tesfaye, K., S. Walker and M. Tsubo. 2008. Comparison of water relations, leaf gas exchange and assimilation of three grain legumes under reproductive period water deficit. *J. Agron.* 7(2): 102-114.

Study the physiological responses of mung bean (*Vigna radiata* L.) as affected by irrigation with magnetized water under drought stress

O. Sadeghipour¹

Received: 2015-1-4-Accepted: 2015-3-3

Abstract

In order to investigate the effect of magnetized water on drought tolerance of mung bean (*Vigna radiata* L.) Partow cultivar, a pot experiment was done in Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Branch, Islamic Azad University in 2013. The experiment was conducted in factorial at the basis of completely randomized design with four replications. The first factor consisted of two irrigation levels including irrigation after 50 and 100 mm evaporation from class A evaporation pan as control and drought stress conditions, respectively. The second factor consisted of two types of water including tap water and magnetized water. Results showed that drought decreased chlorophyll content, stomatal conductance, relative water content, leaf area and net photosynthetic rate; nevertheless irrigation with magnetized water reduced drought damages via improving all of these traits. Irrigation with tap water, higher and lower net photosynthetic rate were 8.70 and 5.60 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ under normal and drought conditions, respectively. However, irrigation with magnetized water, higher lower net photosynthetic rate were 10 and 6.29 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ under normal and drought conditions, respectively. Therefore, after supplementary field studies and observing magnetized water effect on yield and yield components and economical computing, the treatment, as simple, safe and practical method can use for improvement drought tolerance of mung bean.

Key words: Magnetic irrigation, leaf area, photosynthesis, chlorophyll, relative water content, stomatal conductance

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Yadegar-e-Imam Khomeini Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran