Archive of SID

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۳/ ۱۳۹۹

تاثیر سطوح مختلف آبیاری و آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی

صابر جمالی[۱]، حسین انصاری و عباس صفری‌زاده ثانی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مشهد ایران.

Saber.jamali@mail.um.ac.ir

استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مشهد ایران.

Ansary@um.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مشهد ایران.

Abbas.safarizadehsani@mail.um.ac.ir

دریافت: اسفند ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر۱۳۹۹

چکیده

گیاه دارویی نعنا فلفلی (*Mentha piperita L.*) برای اهداف داروسازی و مصارف صنایع غذایی استفاده می‌شود. به‌دلیل توانایی تولید و ذخیره اسانس،کشت این گیاه از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت است. این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش‌های آبی و آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. پژوهش مذکور به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی بر پایه‌ی کشت گلدانی با سه تکرار اجرا گردید. در این پژوهش سطوح آبیاری شامل چهار سطح آبیاری (۱۰۰٪، ۸۵٪، ۷۰٪ و ۵۵٪ نیاز آبی گیاه) و میدان مغناطیسی شامل سه سطح (صفر، ۰/۳ و ۰/۶ تسلا) بود. نتایج نشان داد که کاهش ۱۵٪، ۳۰٪ و ۴۵٪ میزان آب آبیاری مورد نیاز گیاه منجر به کاهش ۱۱/۲٪، ۱۵/۱٪ و ۳۶/۵٪ وزن تر اندام هوایی شد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی (۰/۳ تسلا) در شرایط کم‌آبیاری (۸۵٪، ۷۰٪ و ۵۵٪ نیاز آبی) سبب بهبود عملکرد خشک گیاه به‌میزان ۱۹/۵٪، ۲۴/۷٪ و ۶۶/۴٪ شد. به‌طور کلی استفاده از آب مغناطیسی در شرایط تنش آبی منجر به بهبود رشد گیاه شد و نسبت به تیمار شاهد در شرایط کم‌آبیاری، عملکرد خشک و تر اندام هوایی را در گیاه دارویی نعنا فلفلی بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری فیزیکی آب، تابع تولید، تنش آبی، کم‌آبیاری، میدان مغناطیسی

[۱] – آدرس نویسنده مسئول: مشهد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک موجب گردیده که آب به‌عنوان مهم‌ترین نهاده تولید تلقی شده و به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی مؤثر در زندگی گیاهان (که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد) به‌شمار رود، بنابراین انتخاب درست شیوه و زمان آبیاری برای استفاده حداکثر از واحد حجم آب مهم به‌نظر می‌رسد (یاسمین و صدیقی[2]، ۲۰۱۸؛ کلونیک[3] و همکاران، ۲۰۱۶). در این راستا کم‌آبیاری جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌کند و بایستی به عنوان یکی از اصول، با توجه به نادر بودن آب مدنظر قرار گیرد. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای به‌عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش سطح می‌باشد. اثرات و نتایج کم‌آبیاری عبارتند از: افزایش راندمان آبیاری، کاهش هزینه‌های آبیاری و کاهش هزینه‌ی آب با صرفه‌جویی در مصرف آن می‌باشد. کم‌آبیاری نوعی مدیریت آبیاری است که در این نوع مدیریت آب مورد نیاز گیاه به‌طور کامل تأمین نمی‌گردد و به‌طور طبیعی عملکرد گیاه در این نوع آبیاری نسبت به آبیاری کامل کمتر خواهد بود (جمالی، ۱۳۹۵).

محققین در پژوهشی بر روی ارقام مختلف گیاه کنجد دریافتند که با اعمال تنش خشکی، قطر، حجم، سطح، وزن‌تر و خشک ریشه در تمامی ارقام کاهش می‌یابد (درگاهی و همکاران، ۱۳۹۱). رضایی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر روی گیاه شمعدانی معطر، گزارش کردند که با کاهش مقدار آب خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، عملکرد ماده‌ی تر و خشک در گلدان و عملکرد اسانس کاهش یافت. در تحقیقی بر روی گیاه دارویی مریم‌گلی، نتایج گویای این مسئله بود که افزایش تنش خشکی، باعث کاهش میزان تجمع ماده خشک (مجموع وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی) و غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، ازت و فسفر می‌شود، درحالی‌که غلظت عناصر سدیم، کلر، روی، آهن، مس و قند محلول را افزایش می‌دهد (سودایی‌زاده و منصوری، ۱۳۹۳). گرگینی‌شبانکاره و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقات خود بر روی گیاه دارویی بادرشبو نشان دادند که اعمال تنش خشکی از یک طرف سبب کاهش خصوصیات رشدی و از طرف دیگر سبب افزایش میزان درصد اسانس در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی می‌شود. محققین در آزمایشی بر روی گیاه دارویی نعنا فلفلی نشان دادند که آبیاری به میزان ۸۵ درصد طرفیت زراعی نتایج مشابهی با آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بر روی خواص مورفولوژیکی این گیاه دارد. ایشان اظهار داشتند که استفاده از رژیم آبیاری ۴۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین اثرات کاهشی را بر روی این خواص دارد (حداد و همکاران، ۱۳۹۵). چیت‌ساز و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با هدف بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی گیاه نعنا فلفلی نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته گردید. در پژوهشی دیگر که بر روی گیاه دارویی نعنا فلفلی انجام شده، محققین نشان دادند که کم‌آبیاری منجر به کاهش ارتفاع، طول میانگره و وزن تر و خشک بوته گردید (گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد، ۱۳۹۶).

همچنین نتایج حاصل از پژوهشی که روی گیاه نخود انجام گرفت نشان داد کاربرد آب مغناطیسی منجر به افزایش ارتفاع این گیاه شده است (ناشیر، ۲۰۰۸). از طرفی پیوندهای هیدروژنی و واندروالسی بین مولکول‌های آب عبوری از میدان مغناطیسی شکسته شده و در نتیجه کشش سطحی آب کاهش یافته (رن[4] و همکاران، ۲۰۰۹) و تحرک و آزادی حرکت مولکول‌های آب و سیالیت آن افزایش می‌یابد (شکرانی و همکاران، ۱۳۹۰). مجد و شبرنگی[5] (۲۰۰۹) اظهار کردند که در شرایط استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری، سلول‌های

[2] Yasmeen and Siddiqui
[3] Kolenc
[4] Ran
[5] Majd and Shabrangi

www.SID.ir

Archive of SID

پارانشیم و اتاقک زیر روزنه بزرگ‌تر از تیمار شاهد بود. ایشان اظهار کردند که میدان مغناطیسی مناسب، باعث تأثیر بر متابولیسم سلول‌های مریستمی، افزایش جذب و آسیمیلاسیون عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود، همچنین میدان مغناطیسی سبب صعود کاپیلاری در مکانیسم انتقال مواد در بافت‌های زنده می‌شود. نتایج حاصل از تحقیق ایشان نشان داد که آب مغناطیسی بر ارتفاع بوته و قطر ساقه اثر معنی‌داری داشته و تا حدودی اثر منفی تنش خشکی را تقلیل داده است. مغناطیسی کردن آب، پارامترهای رشد، هورمون‌های رشدی و کارایی انتقال مواد غذایی را بهبود می‌بخشد (هزین و عبدالقدوس[6]، ۲۰۱۰ الف). در پژوهشی مشخص شده که تیمار گیاهان با آب مغناطیسی هورمون سیتوکینین را افزایش می‌دهد که این هورمون نیز به نوبه خود منجر به تقسیم سلولی و رشد ساقه می‌شود (هزین و عبدالقدوس، ۲۰۱۰ ب). آب عبوری از میدان مغناطیسی منجر به ترکیب برخی از یون‌های فعال و تشکیل ذرات ریز کلوئیدی شده که به تبع آن هدایت الکتریکی آب نیز کاهش می‌یابد. کاهش هدایت الکتریکی آب، کاهش فشار اسمزی را نیز به‌دنبال داشته و جذب آب در این شرایط توسط ریشه راحت‌تر انجام می‌شود (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۰). بانژاد و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی بر روی گیاه ریحان نشان دادند که استفاده از آب مقطر مغناطیس شده در مقایسه با آب مقطر وزن تر و خشک کل را به‌ترتیب به میزان ۳۳ و ۲۳ درصد افزایش داد. نتایج پژوهش صادقی‌پور و آقایی (۱۳۹۳) نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ماش گردید، ایشان بیان کردند که آبیاری با آب مغناطیسی از طریق بهبود شرایط رشد گیاه باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی شد. در پژوهشی که بر روی گیاه دارویی استویا انجام شد نتایج حاصل نشان می‌دهد که استفاده از آب مغناطیسی منجر به افزایش وزن تر و برگ گیاه گردیده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر نیز که روی گیاه پروانش انجام گرفته است، استفاده از آب مغناطیسی منجر به افزایش ارتفاع، تعداد شاخه و وزن تر بوته نسبت به حالت شاهد گردید (هاشم آبادی، ۱۳۹۴). قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که مقدار عملکرد دانه، بیوماس و ارتفاع گیاه سویا در تیمار آب مغناطیسی شده بیشتر از آب معمولی است. در پژوهش نیرپور دیزج (۱۳۹۶) بر روی گیاه دارویی مرزه نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری این گیاه سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری این گیاه با آب معمولی شده است. ضرابی و همکاران (۱۳۹۶) آزمایشی را به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و میدان مغناطیسی بر روی گیاه ذرت انجام دادند.

با توجه به خشکسالی‌هایی که اخیرا اتفاق افتاده و محدودیتی که در منابع آب شیرین کشور وجود دارد، نیاز به تکنیک‌هایی نظیر کم‌آبیاری برای استفاده حداکثری از آب در دسترس می‌باشد. از آنجایی‌که گیاه دارویی نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) جهت اهداف داروسازی و مصارف صنایع غذایی استفاده می‌شود، کشت این گیاه از لحاظ اقتصادی به‌دلیل توانایی تولید و ذخیره اسانس دارای اهمیت می‌باشد. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی (که دارای خواص دارویی بسیار ارزشمندی است) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در سال ۹۸-۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (با دمای محیط حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب با رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد (جدول ۱)) با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۹۵۸ متر ارتفاع از

[6] Hozayn and Abdul Qados

www.SID.ir

Archive of SID

سطح دریا، آزمایشی به‌منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و کم‌آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی بر پایه کشت گلدانی و در سه تکرار اجرا گردید. آزمایش مذکور به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. فاکتور کم آبیاری شامل چهار سطح (آبیاری به میزان ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه دارویی نعنا فلفلی) و آب مغناطیسی شامل سه سطح (آبیاری با آب عبوری از میدان صفر، ۰/۳ و ۰/۶ تسلا) بود (شکل ۱).

جدول ۱- متوسط دما و رطوبت نسبی محل مورد مطالعه

ماه	متوسط دما		متوسط رطوبت نسبی داخل گلخانه
	داخل	بیرون	
اسفند	۲۴	۷/۲	۷۵
فروردین	۲۳/۲	۱۴/۵	۷۹
اردیبهشت	۲۳/۰	۱۸/۷	۷۸
خرداد	۲۴/۱	۳۰/۱	۷۶

W3M12	W2M22	W3M31
W1M11	W1M12	W2M11
W4M12	W1M21	W4M32
W2M31	W4M21	W3M32
W1M13	W2M12	W4M13
W4M33	W1M23	W2M23
W3M21	W1M31	W4M22
W1M32	W3M23	W3M11
W3M33	W4M11	W1M22
W3M13	W2M21	W4M31
W1M33	W4M23	W2M32
W2M13	W2M33	W3M22

شکل ۱- چیدمان گلدان‌ها در محیط گلخانه

لازم به ذکر است که حروف M_1، M_2 و M_3 به‌ترتیب بیانگر آب معمولی، آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا و ۰/۶ تسلا می‌باشد. حروف W_1، W_2، W_3 و W_4 نیز بیانگر ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی است. رقم اول نیز بیانگر شماره تکرار است

در تاریخ ۲۰ بهمن ۱۳۹۷، ریزوم‌های نعنا فلفلی که از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی تهیه شده بود در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر کشت شد، به‌طوری‌که در هر گلدان دو ریزوم به‌طول ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شد. دور آبیاری در این طرح ثابت و عمق آبیاری متغییر بوده که با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A (که در گلخانه قرار داشت) تعیین شد. تا مرحله استقرار گیاه، آبیاری تمام تیمارها به یک مقدار مشابه، با استفاده از آب شهری و بر اساس میزان تبخیر از تشتک انجام شد و پس از جوانه‌زنی ریزوم‌ها و رسیدن گیاهان به مرحله چهار برگی اعمال تیمارها صورت پذیرفت. دور آبیاری چهار روزه در نظر گرفته شد. در این پژوهش پس از هر دور آبیاری، تشت مجددا از آب پر شده و مقدار تبخیر به صورت روزانه از تشت تبخیر کلاس A یادداشت شد، به عبارت دیگر برای تعیین میزان آب آبیاری از تبخیر تجمعی از آبیاری قبلی تا زمان آبیاری استفاده شد. لازم به ذکر است که در آبیاری بعدی میزان تبخیر در روز آبیاری گلدان‌ها نیز با توجه به نکات مذکور اعمال شده است. تعیین نیاز آبی شامل سه مرحله، تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)، تعیین ضریب گیاهی (K_c) و تعیین اثر شرایط محل و عملیات زراعی بر نیاز آبی گیاه بود. از روابط ۱ و ۲ برای تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی استفاده شد. در روابط زیر، K_p ضریب تشت و E_{pan} میزان تبخیر اندازه‌گیری از تشت (میلی‌متر) برای هر منطقه است که تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق واقعی گیاه بدان وابسته است. مقدار K_p به عوامل متعددی از جمله رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و محیط اطراف تشت بستگی دارد. K_c ضریب گیاهی، ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و ET_c تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر) است (علیزاده، ۱۳۹۰). ضریب تشت محاسبه شده از روش پیشنهادی در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن در محل (بطور میانگین ۰/۷) تعیین شد (آلن[۷] و همکاران، ۱۹۹۸).

$$ET_0 = K_p \times E_{pan} \quad (۱)$$

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۲)$$

چنهنم براساس بررسی‌های انجام شده (شهریاری، ۱۳۹۰) ضریب گیاهی برای نعنا فلفلی تعیین و در محاسبه نیاز آبی مد نظر قرار گرفت (جدول ۲). نیاز

[۷] Allen

www.SID.ir

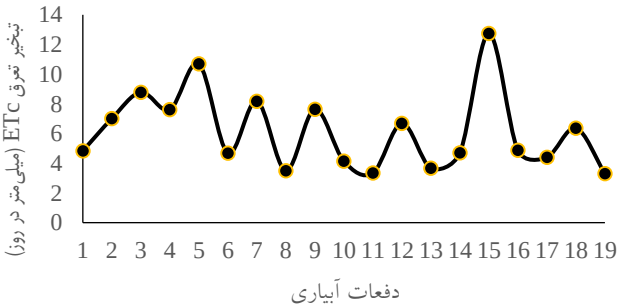
Archive of SID

آبی و میزان آب آبیاری گیاه دارویی نعنا فلفلی در طول دوره رشد، به‌ترتیب در شکل (۲) و جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲- ضریب گیاهی نعنا فلفلی (شهریاری، ۱۳۹۰)

مرحله رشد	K_c
ابتدایی	۰/۳
میانی	۰/۸
انتهایی	۰/۵

سیستم مغناطیس کننده سیالات به صورت سیکلونی، از دستگاه مغناطیس کننده سیالات، پمپ آب، دو مخزن ۱۰۰ لیتری، شیرآلات، لوله‌های آلومینیومی ساخته شد. جهت ساخت دستگاه مغناطیس کننده سیالات از دو قطعه آهنربای مکعبی با ابعاد ۱۰۰*۵۰*۴۰ با قدرت ۱/۴ تسلا استفاده شد. دستگاه ساخته شده توانایی ایجاد ۱۳ شدت میدان مختلف از دامنه ۰/۰۲۳ تا ۰/۶۳۳۰ تسلا را داشت. لازم به ذکر است که برای این سیستم از یک الکتروپمپ مدل XQM 50 با قدرت ۱۱۰ W و ماکسیمم دبی ۲۵ لیتر بر دقیقه استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۲- نیاز آبی گیاه دارویی نعنا فلفلی در طول فصل رشد

جدول ۳- میزان آب آبیاری در طول فصل رشد گیاه دارویی نعنا فلفلی در هر یک از تیمارهای مورد بررسی

تیمار	*W1*	*W2*	*W3*	*W4*
میزان آب آبیاری (لیتر)	۳/۶۸	۳/۲۴	۲/۷۶	۲/۳۰

شکل ۳- الف) نمای جانب سیستم مغناطیس کننده سیالات ب) نمای روبروی سیستم مغناطیس کننده سیالات

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله داشت برای مقابله با آفت شته و مگس سفید سه مرحله سم‌پاشی با سموم دورسبان و کنفیدور به‌صورت دوره‌ای و با غلظت یک در هزار حجمی انجام شد. در این مرحله برای مقابله با علف‌های هرز طی یک مرحله و به‌صورت مکانیکی علف‌های هرز برداشت شد، همچنین در این پژوهش طی دو مرحله کوددهی با کود NPK با نسبت‌های ۲۰:۲۰:۲۰ اعمال شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش دارای بافت سیلتی رسی بوده که دارای هدایت الکتریکی ۱/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر با ۷/۸۵ بود. در ابتدا با هدف بهبود زهکشی در انتهای هر یک از گلدان‌ها مقدار برابر سنگریزه تعبیه شد و پنج سانتی‌متر بالای هر یک از گلدان‌ها برای آبیاری خالی در نظر گرفته شد. آب آبیاری مورد استفاده دارای هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر، pH برابر با ۸/۲ و SAR برابر با ۱/۷۳ بود. شروع گلدهی گیاهان در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۸ بوده و با شروع این مرحله گیاهان برداشت شدند. پس از برداشت گیاهان صفات مورفولوژیکی مورد بررسی قرار گرفتند. از جمله صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه می‌توان به وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد در واحد سطح، تعداد برگ و شاخه فرعی، ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول میانگره اشاره کرد. در این پژوهش به منظور بررسی بهره‌وری فیزیکی آب از رابطه (۳) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته از خط‌کش، قطر و طول میانگره از کولیس دیجیتالی، وزن تر و خشک از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. جهت خشک کردن بوته‌های نعنا فلفلی هر یک از تیمارها را در پاکت‌های شماره‌گذاری شده قرار داده و ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از تعیین عملکرد برای تعیین تابع تولید از توابع تولید خطی، درجه دوم و لگاریتمی (روابط ۴ تا ۶) استفاده شد؛ که در آن Y بیانگر عملکرد در واحد سطح (Kgm^{-2})، I میزان آب مصرفی (میلی‌متر) و M شدت میدان مغناطیسی (تسلا) می‌باشد. برای ارزیابی توابع مذکور و تعیین تابع تولید بهینه از شاخص‌های آماری RMSE، R^2، ME، CRM و EF استفاده شد (روابط ۷ تا ۱۱) (پیری و همکاران، ۱۳۹۷) که در آن $\hat{Y}_i$ مقادیر عملکرد محاسبه شده، $\bar{Y}$ عملکرد متوسط، $\bar{I}$ متوسط آب مصرفی و n تعداد مشاهدات می‌باشد. در انتها نتایج با نرم‌افزار SAS (ver. 9.0) مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD درسطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودار و جداول نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

$$\text{بهره‌وری فیزیکی آب} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب مصرفی}} \quad (۳)$$

$$Y = a_0 + a_1 I + a_2 M \quad (۴)$$

$$Y = a_0 + a_1 I + a_2 I^2 + a_3 M + a_4 M^2 \quad (۵)$$

$$Y = a_0 I^{a_1} M^{a_2} \quad (۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\hat{Y}_i - Y_i)}{n}} \quad (۷)$$

$$R^2 = \frac{(\sum(I-\bar{I})(Y-\bar{Y}))^2}{\sum(I-\bar{I})^2 \sum(Y-\bar{Y})^2} \quad (۸)$$

$$ME = MAX\left|Y_i - \hat{Y}_i\right| \quad (۹)$$

$$CRM = \frac{\sum Y_i - \sum \hat{Y}_i}{\sum Y_i} \quad (۱۰)$$

$$EF = \frac{\sum(Y_i-\bar{Y})^2 - \sum(\hat{Y}_i - Y_i)^2}{\sum(Y_i-\bar{Y})^2} \quad (۱۱)$$

نتایج و بحث

بر اساس جدول (۴) آب مغناطیسی بر صفات وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع، قطر ساقه و طول میانگره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر کم‌آبیاری بر صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع، طول میانگره و عملکرد در سطح احتمال یک درصد و قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و برگ و بهره‌وری فیزیکی آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل نیز بر روی وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد و بر قطر ساقه و بهره‌وری فیزیکی آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. در پژوهش‌های متعددی نیز معنی‌داری اثر آب مغناطیسی و کم‌آبیاری بر روی گیاهان ذکر شده است (صادقی‌پور و آقایی، ۱۳۹۳؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). بر اساس جدول (۵) استفاده از آب عبوری از میدان‌های مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۳ و ۰/۶ تسلا به‌ترتیب منجر به افزایش ۸/۲ و ۹/۹ درصد وزن تر اندام هوایی شد. همچنین نتایج نشان داد که این صفت در شرایط استفاده از آب مغناطیسی دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد نبوده ولی این صفت در شرایط استفاده از این آب افزایش یافت. اثر کم‌آبیاری در صفت وزن تر اندام هوایی منجر به کاهش این صفت شده، به‌طوری‌که کاهش ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصدی میزان آب آبیاری مورد نیاز گیاه منجر به کاهش ۱۱/۲، ۱۵/۱ و ۳۶/۵ درصدی این صفت شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع	قطر ساقه	طول میانگره	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ	عملکرد در واحد سطح	بهره‌وری فیزیکی آب
آب مغناطیسی	2	2.0 ns	3.57 **	119.6 **	0.0025 **	0.75 **	0.53 ns	271.4 ns	2026.9 ns	0.16 ns
کم‌آبیاری	3	19.5 **	4.2 **	128.4 **	0.0015 *	0.6 **	5.88 *	1419.3 *	19739.7 **	0.6 *
آب مغناطیسی×کم‌آبیاری	6	4.3 ns	1.27 **	60.8 **	0.0011 *	0.28 ns	9.60 **	483.3 ns	4321.8 ns	0.24 ns
خطا	24	1.7	0.3	6	0.0004	0.13	1.72	361.8	1744.3	0.17
ضریب تغییرات		16.1	16.7	10.2	8.9	17.8	20.8	19.7	16.1	15.2

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

لازم به‌ذکر است که بین تیمارهای ۱۰۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه و بین تیمارهای ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه از نظر مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). آبیاری با آب مغناطیسی منجر به افزایش طول میانگره شد، به‌طوری‌که استفاده از آب‌های عبوری از میدان‌های ۰/۳ و ۰/۶ تسلا به‌ترتیب منجر به افزایش ۲/۷ و ۲۴/۰ درصدی این صفت شد، همچنین اثر کم‌آبیاری نیز بر روی این صفت در تیمارهای ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد نبود. بیشترین میزان این صفت در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۲/۳۴ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن نیز در تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی (۱/۷۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- اثر ساده میدان مغناطیسی و کم‌آبیاری بر برخی خواص رشدی و عملکردی گیاه دارویی نعنا فلفلی

ترکیبات تیماری	وزن تر اندام هوایی	طول میانگره	تعداد برگ	عملکرد در واحد سطح	بهره‌وری فیزیکی آب
	گرم	سانتی‌متر	-	گرم در متر مربع	کیلوگرم در متر مکعب
آب معمولی	7.67 a	1.83 b	92.8 a	244.3 a	2.6 a
آب عبوری از میدان ۰/۳ تسلا	8.3 a	1.88 b	94.7 a	264.6 a	2.82 a
آب عبوری از میدان ۰/۶ تسلا	8.43 a	2.28 a	101.8 a	268.5 a	2.76 a
LSD (0.05)	1.1	0.3	16	35.2	0.35
۱۰۰ درصد نیاز آبی	9.65 a	2.34 a	110.3 a	317.2 a	2.53 b
۸۵ درصد نیاز آبی	8.57 ab	2.03 ab	102.1 a	273.1 b	2.62 b
۷۰ درصد نیاز آبی	8.19 b	1.85 b	92.0 ab	260.9 b	3.1 a
۵۵ درصد نیاز آبی	6.13 c	1.76 b	81.3 b	195.3 c	2.67 b
LSD (0.05)	1.28	0.35	18.51	40.6	0.4

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد

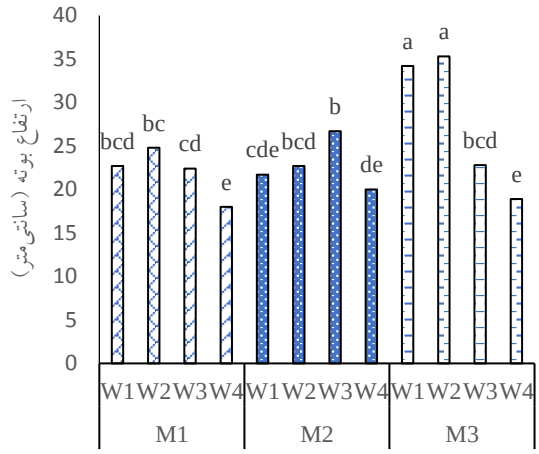
www.SID.ir

Archive of SID

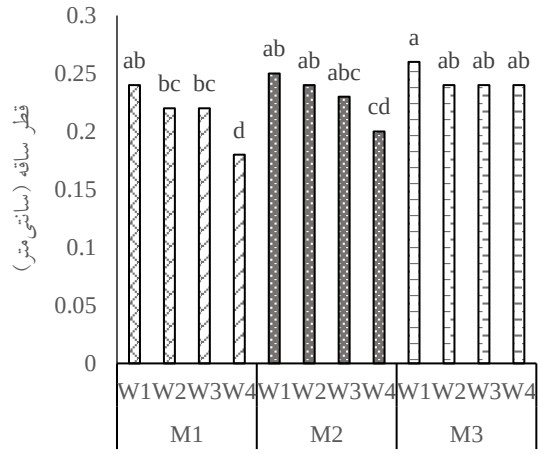
در صفت تعداد برگ استفاده از آب‌های مغناطیسی منجر به افزایش این صفت شده ولی روند افزایشی این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود، همچنین رژیم‌های آبیاری نیز بر این صفت در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد و تیمارهای ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نشد. کاهش ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصدی آب آبیاری منجر به کاهش ۷/۴، ۱۶/۶ و ۲۶/۳ درصدی این صفت شد. از آنجایی‌که یکی از صفات اثرگذار بر عملکرد خشک نعنا فلفلی، تعداد برگ می‌باشد، نتایج گویای این موضوع است که کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش تعداد برگ و به تبع آن عملکرد خشک می‌گردد. بر اساس نتایج جدول (۵) بیشترین میزان عملکرد تر اندام هوایی (به میزان ۳۱۷/۲ گرم در متر مربع) و بهره‌وری فیزیکی آب (۳/۱ کیلوگرم در متر مکعب) گیاه دارویی نعنا فلفلی در تیمارهای آبیاری به میزان ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین میزان از صفات مذکور به‌ترتیب با ۱۹۵/۳ گرم در متر مربع و ۲/۵۳ کیلوگرم در متر مکعب در تیمارهای ۵۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. دلیل کاهش عملکرد تر در تیمارهای کم‌آبیاری می‌تواند کاهش در تعداد برگ و وزن اندام هوایی در اثر کاهش فراهمی شیره پرورده برای گیاه و همچنین تطابق گیاه با شرایط تنشی با کاهش سطح سبزینگی و تنفسی خود باشد. بهره‌وری فیزیکی آب به این دلیل در تیمار ۷۰ درصد نسبت به تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد بیشتر است که مخرج کسر نسبت به دو تیمار دیگر کمتر است. دلیل بیشتر بودن بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۷۰ نسبت به ۵۵ درصد نیاز آبی بیشتر بودن عملکرد این گیاه نسبت به این تیمار می‌باشد. بر اساس شکل (۴) بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار آبیاری با آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۶ تسلا و به میزان ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه (۳۵/۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. نتایج نشان دهنده این موضوع است که استفاده از آب مغناطیسی منجر به بهبود رشد گیاه شده و نسبت به تیمار شاهد در شرایط کم‌آبیاری ارتفاع گیاه بهبود یافته است. کمترین میزان این صفت نیز مطابق با شکل (۴) در تیمار آبیاری به میزان ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه با آب معمولی با مقدار ۱۸ سانتی‌متر مشاهده شد. مطابق شکل (۵) استفاده از آب مغناطیسی سبب بهبود رشد گیاه شده و در شرایط کم‌آبیاری استفاده از آب مغناطیسی، قطر ساقه نسبت به آبیاری با آب معمولی افزایش یافته است (جدول ۶). بیشترین میزان (۰/۲۶ سانتی‌متر) و کمترین میزان قطر ساقه (۰/۱۸ سانتی‌متر) به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری با آب عبوری از میدان ۰/۶ تسلا و به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری با آب معمولی و به میزان ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. با توجه به مطالعه احمدی (۱۳۸۹) استفاده از آب‌های عبوری از میدان‌های مغناطیسی، سبب افزایش جذب آب توسط گیاه می‌شود. با افزایش جذب آب، آماس سلولی و در نتیجه پتانسیل فشاری آب در سلول افزایش می‌یابد. افزایش آماس سلولی دلیلی بر افزایش تقسیم سلولی می‌باشد که افزایش ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی را به‌همراه دارد، به‌طوری‌که در این پژوهش نیز این مهم مشاهده شده است و در میدان‌های مختلف مغناطیسی ارتفاع و وزن تر و خشک بهبود یافته است. مطابق شکل ۶ استفاده از آب مغناطیسی در شرایط کم‌آبیاری سبب بهبود عملکرد خشک گیاه شده است، به‌طوری‌که استفاده از آب مغناطیسی با میدان ۰/۳ تسلا منجر به افزایش عملکرد خشک در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی نسبت به آب معمولی به‌ترتیب به‌میزان ۱۱/۴، ۱۹/۵، ۲۴/۷ و ۶۶/۴ درصد شد (جدول ۶). آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۶ تسلا نیز نسبت به تیمارهای کم‌آبیاری با آب معمولی سبب افزایش ۱۲/۷، ۳۰/۰، ۷۲/۲ و ۱۲۸/۷ درصد به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی شد (جدول ۶). بر اساس شکل ۷ بیشترین میزان تعداد شاخه جانبی در تیمار آبیاری با آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۶ تسلا و به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۸/۶۷ عدد) مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

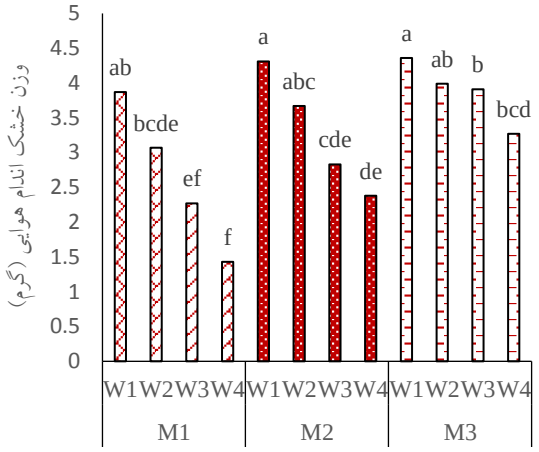


شکل ۴- اثر سطوح مختلف آبیاری با آب مغناطیسی بر ارتفاع بوته گیاه دارویی نعنا فلفلی

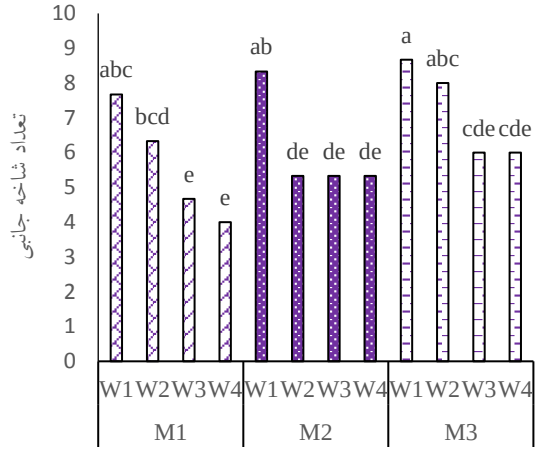


شکل ۵- اثر سطوح مختلف آبیاری با آب مغناطیسی بر قطر ساقه گیاه دارویی نعنا فلفلی

لازم به ذکر است که حروف M_1، M_2 و M_3 به‌ترتیب بیانگر آب معمولی، آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا و ۰/۶ تسلا می‌باشد. حروف W_1، W_2، W_3 و W_4 نیز بیانگر ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی است



شکل ۶- اثر سطوح مختلف آبیاری با آب مغناطیسی بر وزن خشک اندام هوایی گیاه دارویی نعنا فلفلی



شکل ۷- اثر سطوح مختلف آبیاری با آب مغناطیسی بر تعداد شاخه جانبی گیاه دارویی نعنا فلفلی

لازم به ذکر است که حروف M_1، M_2 و M_3 به‌ترتیب بیانگر آب معمولی، آب مغناطیسی عبوری از میدان ۰/۳ تسلا و ۰/۶ تسلا می‌باشد. حروف W_1، W_2، W_3 و W_4 نیز بیانگر ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی است

نتایج نشان دهنده این موضوع است که استفاده از آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی منجر به افزایش تعداد شاخه جانبی شده است. لازم به ذکر است که استفاده از آب مغناطیسی در شرایط کم‌آبیاری سبب بهبود شاخه جانبی شده است. کمترین میزان این صفت نیز مطابق با شکل ۷ در تیمار آبیاری به میزان ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه با آب معمولی با مقدار ۴ عدد مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- تغییرات صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد

ترکیبات تیماری		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی
۱۰۰ درصد نیاز آبی		۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۸۵ درصد نیاز آبی	آب شهری	۹/۲۵	-۸/۳	-۱۷/۴۷	-۲۰/۷	-۱/۳
۷۰ درصد نیاز آبی		-۱/۳۲	-۸/۳	-۳۹/۱۱	-۴۱/۳۴	۱/۳۶
۵۵ درصد نیاز آبی		-۲۰/۷	-۲۵/۰	-۴۷/۸۵	-۶۳/۰۵	-۱۸/۴۲
۱۰۰ درصد نیاز آبی		-۴/۴	۴/۲	۸/۶	۱۱/۳۷	۳/۲۵
۸۵ درصد نیاز آبی	میدان ۰,۳ تسلا	۰/۰	۰/۰	-۳۰/۵۱	-۵/۱۷	-۱۹/۶
۷۰ درصد نیاز آبی		۱۷/۶	۴/۲	-۳۰/۵۱	-۲۶/۸۷	-۷/۵
۵۵ درصد نیاز آبی		-۱۱/۹	-۱۶/۷	-۳۰/۵۱	-۳۸/۵۰	-۲۳/۷۴
۱۰۰ درصد نیاز آبی		۵۰/۷	۸/۳	۱۳/۰۴	۱۲/۶۶	۲۹/۰۶
۸۵ درصد نیاز آبی	میدان ۰,۶ تسلا	۵۵/۵	۰/۰	۴/۳۰	۳/۱۰	۳/۲۲
۷۰ درصد نیاز آبی		۰/۴	۰/۰	-۲۱/۷۷	۱/۰۳	۱/۶۵
۵۵ درصد نیاز آبی		-۱۶/۷	۰/۰	-۲۱/۷۷	۱۵/۵	-۴۶/۵۵

استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری گیاهان سبب افزایش جذب آب و املاح و مواد غذایی حل شده در آب شده و به تبع آن فتوسنتز و تولید مادهی غذایی افزایش می‌یابد. افزایش فتوسنتز و تولید شیره‌های پرورده، افزایش عملکرد و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه را به‌دنبال دارد (ناشیر[8]، ۲۰۰۸)، به‌طوری‌که در این پژوهش نیز استفاده از آب مغناطیسی در رژیم‌های مختلف آبیاری منجر به بهبود در عملکرد تر و خشک گیاه شده است. کاربرد آب مغناطیسی سبب عبور آسان آب و مواد از غشای سلول گیاهی می‌شود (الگذری[9]، ۲۰۰۶) که این امر می‌تواند موجب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تر گیاه گردد که در این پژوهش نیز در شرایط استفاده از آب مغناطیسی این مهم مشاهده شد. مجد و شبرنگی (۲۰۰۹) نشان دادند که در گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی، به‌دلیل تبادل گازی راحت‌تر نسبت به آب غیرمغناطیسی، آوندهای چوب و آبکش رشد و نمو بیشتری داشته که نتایج این پژوهش نیز در راستای پژوهش ایشان است. یکی از دلایل کاهش عملکرد تر و خشک اندام هوایی می‌تواند تخصیص بیشتر مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد. کاهش رشد و توسعه سلول‌های ساقه و برگ سبب محدود شدن اندازه اندام و کوچک شدن آن می‌شود که از اولین علائم کمبود آب در گیاهان می‌باشد و در پی آن ارتفاع کوچک‌تر در شرایط کم‌آبی مشاهده می‌شود. در شرایط کم‌آبیاری علاوه بر کاهش مواد فتوسنتزی در دسترس اندام هوایی می‌توان کاهش جذب مواد غذایی را نیز از دلایل کاهش ارتفاع و سطح برگ (کاهش اندازه برگ منجر به کاهش تولید شیره پرورده حاصل از فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود) دانست که متعاقب آن عملکرد تر و خشک اندام هوایی را به‌همراه دارد (امیدبیگی[10] و همکاران، ۲۰۰۳؛ عزیز و یوسف[11]، ۲۰۱۰). تنش خشکی به‌دلیل کاهش آب در خاک و فعال نمودن فرایندهای مختلف در گیاه که با مصرف انرژی همراه می باشد، روی صفات کمی و کیفی گیاه تأثیر منفی می‌گذارد. کاهش تعداد شاخه جانبی در شرایط تنش آبی را می‌توان به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای مقابله با شرایط تنش در گیاه دارویی نعناع فلفلی در نظر گرفت، به‌طوری که نتایج این پژوهش در پژوهش فروزنده و همکاران (۱۳۹۰) بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی نیز مشاهده شده شده و با نتایج ایشان همخوانی دارد، همچنین فروزنده و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که افزایش تعداد شاخه فرعی به‌دلیل مصرف بیهوده رطوبت خاک و اتلاف آن در

[8] Nashir
[9] Algozari
[10] Omidbaigi
[11] Azooz and Yousswf

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط تنشی صفت نامطلوبی برای گیاه بوده که برای زنده مانی بیشتر گیاه با کاهش تعداد شاخه، خود را با شرایط موجود سازگار می‌کند. نتایج این پژوهش با نتایج اوزترک[12] و همکاران (۲۰۰۴) بر روی گیاه دارویی بادرنجبویه و نیکبخت و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه ذرت مطابقت داشت. نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که وزن تر اندام هوایی، ارتفاع و تعداد برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) با وزن خشک اندام هوایی می‌باشد (جدول ۷)، اما صفت قطر ساقه دارای همبستگی منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) با وزن خشک بود. وزن تر اندام هوایی نیز با صفات وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بوده و با صفت تعداد شاخه فرعی نیز دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) می‌باشد. عوامل ذکر شده به این دلیل دارای همبستگی بالایی با عملکرد بوده که مستقیما بر روی وزن اثر دارد، به عبارت دیگر افزایش در تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی به دلیل افزایش ماده خشک شده و ارتفاع نیز به دلیل بیشتر بودن شیره پرورده حاصل از فرآیند فتوسنتز سبب افزایش در عملکرد می‌شود. نتایج تخمین توابع تولید عملکرد-آب مصرفی به‌صورت توابع خطی، درجه ۲ و لگاریتمی در جدول ۵ ارائه شده است. پس از به‌دست آوردن توابع تولید برای ارزیابی هر یک از آن‌ها از شاخص‌های آماری RMSE، EF، ME، CRM و R^2 استفاده شد. هر یک از توابع تولید مورد استفاده به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته و برای هر مشخصه آماری رتبه در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که برای RMSE، ME و CRM مقادیر کمتر رتبه یک و به‌ترتیب مقادیر بیشتر رتبه‌های بالاتر را اخذ کردند، ولی در مشخصه‌های EF و R^2 توابعی که دارای بیشترین مقادیر بودند رتبه یک و به‌ترتیب مقادیر کمتر رتبه‌های دیگر را به خود اختصاص دادند (نتایج به تفصیل در جدول ۸ ارائه شده است). مقایسه ضرایب و مجموع رتبه‌بندی نشان دهنده این است که تابع لگاریتمی در مقایسه با دو تابع دیگر دارای قدرت برازش بیشتری بر روی مدل است و پس از آن تابع خطی برازش بهتری نسبت به تابع درجه دوم دارا می‌باشد. بنابر این بر اساس جدول ۸، تابع تولید عملکرد، آب و میدان مغناطیسی برای گیاه نعنا فلفلی تابع کاب داگلاس (لگاریتمی خطی) با رابطه $Y = 30.28\ I^{0.65}\ M^{0.12}$ می‌باشد. بر اساس شکل (۸) که نمایش گرافیکی تابع تولید عملکرد نسبت به آب و میدان مغناطیسی می‌باشد، افزایش میدان مغناطیسی منجر به بهبود در عملکرد گیاه شده است و همچنین در شرایط اعمال تنش آبی نیز کمترین مقدار عملکرد در آبیاری به میزان ۰/۵۵ درصد نیاز آبی مشاهده شده است. بر اساس شکل (۸) اثر متقابل میدان مغناطیسی و مقدار آب آبیاری در تیمار استفاده از میدان ۰/۶ تسلا و آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی سبب ایجاد حداکثر عملکرد در گیاه نعنا فلفلی شده که دلیل آن میتواند بهبود در جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه باشد که خود بهبود در فراهمی شیره پرورده و مواد حاصل از فتوسنتز گیاه را بهمراه دارد. نتایج این پژوهش با نتایج علیزاده و عباسی (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

[12] Ozturk

www.SID.ir

Archive of SID

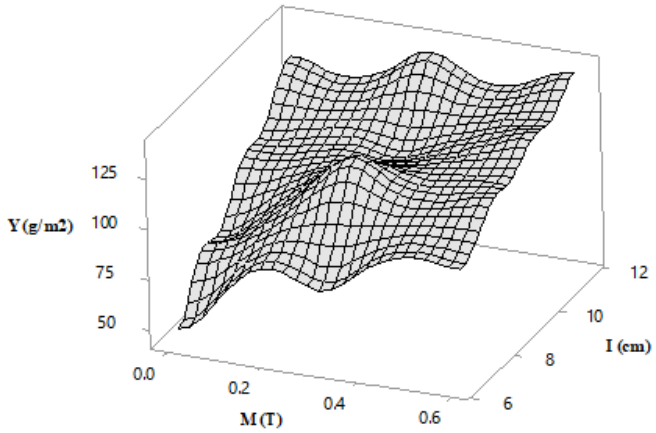
جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی گیاه دارویی نعنا فلفلی تحت تیمارهای مورد آزمایش

	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ	طول میانگره
وزن تر اندام هوایی	1						
وزن خشک اندام هوایی	0.82 **	1					
ارتفاع	0.57 **	0.45 **	1				
قطر ساقه	-0.17 ns	- 0.38 *	0.05 ns	1			
تعداد شاخه فرعی	0.34 *	0.31 ns	0.36 *	-0.01 ns	1		
تعداد برگ	0.47 **	0.56 **	0.42 *	-0.1 ns	0.52 **	1	
طول میانگره	-0.19 ns	-0.2 ns	-0.09 ns	0.34 *	0.05 ns	- 0.44 **	1

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

جدول ۸- شاخص‌های آماری محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع تولید

شاخص آماری	تابع لگاریتمی	تابع خطی	تابع درجه دوم
	$Y = 30.28\ I^{0.65}\ M^{0.12}$	$Y = 10.71\ I + 58.01\ M - 9.12$	$Y = -0.64\ I^2+26.0\ I-81.5\ M^2+219.4M+12.4\ IM-95.4$
RMSE	۲/۰۱	۲/۸۴	۲/۸۴
رتبه	۱	۲	۲
CRM	-۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۰۸
رتبه	۱	۲	۲
EF	۰/۹۱	۰/۷۵	۰/۷۷
رتبه	۳	۱	۲
ME	۱۲/۹	۲۶/۶	۳۲/۰
رتبه	۱	۲	۳
R^2	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۸۵
رتبه	۱	۳	۲
مجموع رتبه‌بندی	۷	۱۰	۱۱



شکل ۸- نمایش گرافیکی تغییرات عملکرد گیاه نعنا فلفلی نسبت به آب و میدان مغناطیسی

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیانگر کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط اعمال کم‌آبیاری بوده و نشان دهنده آن است که استفاده از آب مغناطیسی در شرایط کم‌آبیاری سبب بهبود عملکرد خشک و تر گیاه شده، به‌طوری‌که استفاده از آب‌های عبوری از میدان ۰/۳ تسلا منجر به افزایش عملکرد خشک در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب نسبت به تیمارهای عدم استفاده از میدان مغناطیسی به‌میزان ۱۱/۴، ۱۹/۵، ۲۴/۷ و ۶۶/۴ درصد شد. از طرفی بر اساس همبستگی

www.SID.ir

Archive of SID

بین صفات بیشترین تاثیر مثبت بر روی وزن تر و خشک اندام هوایی را صفات ارتفاع و تعداد برگ و شاخه جانبی داشت. بر اساس نتایج ارائه شده می‌توان گفت که بر اثر تغییرات آب آبیاری و میدان مغناطیسی تابع کاب داگلاس (لگاریتمی خطی) نسبت به سایر توابع، برآورد بهتری از عملکرد گیاه دارد. به‌طور کلی استفاده از آب مغناطیسی در شرایط اعمال تنش آبی منجر به بهبود رشد گیاه شده و نسبت به تیمار شاهد در شرایط کم‌آبیاری عملکرد خشک و تر اندام هوایی را در گیاه دارویی نعنا فلفلی بهبود بخشیده است، به عبارت دیگر اعمال توامان میدان مغناطیسی و مقدار آب آبیاری سبب ایجاد حداکثر عملکرد در گیاه نعنا فلفلی در تیمار استفاده از میدان ۰/۶ تسلا و آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی شده است.

فهرست منابع

۱. احمدی، پ. ۱۳۸۹ . تأثیر میدان مغناطیسی بر روی آب و کاربردهای زراعی آب مغناطیسی. اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی دانشگاه باهنر کرمان. کرمان. ایران.

۲. احمدی، م.، قاسم‌نژاد، ع.، صادقی ماهونک، ع. و رضایی اصل، ع. ۱۳۹۳. اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد استویا. اولین همایش ملی گیاهان دارویی، طب سنتی و کشاورزی ارگانیک. دانشکده شهید مفتح. همدان. ایران

۳. بانژاد، ح.، مکاری قهرودی، ا.، اثنی عشری، م. و لیاقت، ع. ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان. آبیاری و زهکشی ایران. ۷(۲): ۱۷۸-۱۸۳.

۴. پیری، ح. انصاری، ح. و پارسا، م. ۱۳۹۷. تعیین تابع تولید آب- شوری- عملکرد با در نظر گرفتن زمان برداشت علوفه و ارزیابی شاخص‌های تولید در ذرت خوشه‌ای. مهندسی منابع آب. ۱۱(۳): ۱۵-۲۶.

۵. جمالی، ص. ۱۳۹۵. بررسی اثر توام سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۶. چیت‌ساز، م.، نجات‌زاده، ف. و ولیزادگان، ا. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری و تغذیه روی بر رشد و میزان عملکرد اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی. تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. ۲۳: ۳۹-۴۶.

۷. حداد، ر.، رستمی‌نیا، ب. و اصغری، ب. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر رژیم‌های رطوبتی بر روی گیاه نعنا فلفلی. سومین کنفرانس ملی علوم زیستی ایران. مرکز پژوهشی زمین کاو. تهران. ایران.

۸. درگاهی، ی.، اصغری، ع.، شکرپور، م. و رسول‌زاده، ع. ۱۳۹۱. اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات مورفولوژیک ریشه در ارقام کنجد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۵(۴): ۱۷۲-۱۵۱.

۹. رضایی‌نژاد، ع.، فیضیان، م. و سپهوند، ک. ۱۳۹۲. تأثیر تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر. فن‌آوری تولیدات گیاهی، دوره ۵ (۱): ۸۳-۹۴.

۱۰. سودایی‌زاده، ح. و منصوری، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول در گیاه دارویی مریم گلی لوله‌ای. دو فصلنامه علمی -پژوهشی خشک بوم ۴(۱).

۱۱. شکرانی، ف.، پیرزاد، ع.، زردشتی، م. و درویشی، ر. ۱۳۹۰ . اثر قطع آبیاری و مقادیر مختلف نیتروکسین برروی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گیاه همیشه بهار. همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، آذربایجان غربی. ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲. شهریاری، س. ۱۳۹۰. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع خاکپوش بر خصوصیات رویشی، میزان، عملکرد و اجزاء اسانس نعناء فلفلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۳. صادقی‌پور، ا. و آقایی، پ. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش. پژوهش‌های به‌زراعی. ۶(۱): ۷۹-۸۶.

۱۴. ضرابی، م.م.، مفاخری، س. و کاویانی، ع. ۱۳۹۶. مقایسه اثر آبیاری با آب معمولی و مغناطیسی بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۵: ۳۹-۵۳.

۱۵. علیزاده، ا. ۱۳۹۰. رابطه آب خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۷۶ صفحه.

۱۶. علیزاده، ح.ع. و عباسی، ف. ۱۳۹۵. بهینه سازی مصرف آب و کود در کودآبیاری ذرت دانه ای. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۴): ۴۴۵-۴۵۵.

۱۷. فروزنده، م.، سیروس‌مهر، ع.، قنبری، ا.، اصغری‌پور، م.ر. و خمری، ع. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح تنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی نعناع فلفلی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۴): ۶۷۰-۶۷۷.

۱۸. قدمی فیروزآبادی، ع.، 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 کم آبیاری و شوری آب. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۱): ۱۳۱-۱۴۳.

۱۹. گرگینی شبانکاره، ح.، اصغری پور، م. ر. و فاخری، ب. ۱۳۹۴. ارزیابی تأثیر کودهای زیستی بر رشد و اسانس باردشبویه تحت تیمار کم‌آبی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۳: ۱۹۴-۱۸۵.

۲۰. گرگینی شبانکاره، ح. و خراسانی‌نژاد، س. ۱۳۹۶. اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی تحت رژیم‌های کم‌آبی. تولید گیاهان زراعی. ۱۰(۴): ۵۹-۷۴.

۲۱. نیرپور دیزج، آ. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

۲۲. نیکبخت، ج.، خنده‌رویان، م. و توکلی زانیانی، ا. ۱۳۹۰ . مغناطیسی کردن آب راه کاری نوین و مؤثر برای استفاده از آب‌های غیر متعارف در آبیاری. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان. ایران.

۲۳. نیکبخت، ج، خنده‌رویان، م.، توکلی، ا. و طاهری. م. ۱۳۹۲. اثر کم‌آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره وری مصرف آب ذرت. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷(۴): ۵۵۱-۵۶۳.

۲۴. هاشم‌آبادی، د. ۱۳۹۴. تغییر فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز و پراکسیداز تحت تاثیر انواع آب و دور آب در گیاه زینتی پروانش. علوم باغبانی ایران. ۴۸: ۴۹-۵۹.

25. Algozari, H. 2006. Effect of magnetizing of water and fertilizers on the some chemical parameters of soil and growth of maize. M.Sc. Thesis, University of Baghdad. Iraq and Signaling. New-York. USA Elsevier.

26. Allen R.G., Preira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage paper, NO.56, Rome, Italy. 301 p.

27. Belyavskaya, N. A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. Advances in Space Research. 34: 1566-1574.

www.SID.ir

Archive of SID

28. Azooz, M.M. and M.M. Youssef. 2010. Evaluation of heat shock and salicylic acid treatments as inducers of drought stress tolerance in hassawi wheat. American Journal of Plant Physiology. 5 (2): 56-70.
29. Duarte Diaz, C.E., Riquenes, J.A., Sotolongo, B., Portuondo, M.A., Quintana, E.O., and Perez, R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. Journal of Horticultural Science Abstracts. 69: 494.
30. Hozayn, M., and Abdul, Qados, A.M.S., 2010 a. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agriculture and Biology Journal of North America. 32: 2151-7525.
31. Hozayn, M. and Abdul Qados, A.M.S. 2010 b. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production, Agriculture and Biology Journal of North America. 1: 677-682.
32. Kolenc Z., Vodnik D., Mandelc S., Javornik B., Kastelec D., and Čerenak A. 2016. Hop (Humulus lupulus L.) response mechanisms in drought stress: Proteomic analysis with physiology. Plant physiology and biochemistry, 105: 67-78.
33. Majd, A., and Shabrangi, A. 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.
34. Nashir, S. H. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. Engineering and Technology, 26(9): 16-20.
35. Omidbaigi, R., A. Hassani. and F. Sefidkon. 2003. Essential oil content and composition of sweet Basil (Ocimum basilicum) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6: 104-108
36. Ozturk A., Unlukara A., Ipek A., and Gurbuz B. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (Mellisa officinalis L.). Pakistan journal of botany, 36(4):787-792.
37. 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.
38. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms Electronic Journal of Biology., 1(3): 44-48.
39. Yasmeen R., and Siddiqui Z.S. 2018. Ameliorative effects of Trichoderma harzianum on monocot crops under hydroponic saline environment. Acta Physiologiae Plantarum, 40(1): 4.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Different Irrigation Levels and Magnetized Water on Growth and Yield of Peppermint (Mentha piperita L.)

S. Jamali[1] , H. Ansari, and A. Safarizadehsani

PhD Candidate, Department of Water Sicence and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Saber.jamali@mail.um.ac.ir
Professor, Department of Water Sicence and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Ansary@um.ac.ir
MSc. Student, Department of Water Sicence and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Abbas.safarizadehsani@mail.um.ac.ir

Received: February 2020, and Accepted: October 2020

Abstract

Peppermint (*Mentha piperita* L.) is used for medicinal and food purposes. Its cultivation has economic importance, due to its ability to produce and store essential oil. This research was conducted to study the effect of deficit irrigation and magnetized water on yield and yield components of peppermint in the experimental research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad, during 2018-19. We used a factorial experiment based on the completely randomized design with 3 replications. Irrigation levels consisted of 4 levels (100%, 85%, 70%, and 55% of plant water requirements) and magnetic field factors consisted of 3 levels (0, 0.3, and 0.6 teslas). The result showed that decrease of the water requirement by 15%, 30%, and 45% resulted in reduction of shoot fresh weights by 11.2%, 15.1%, and 36.5%, respectively. However, irrigation with magnetized water (0.3 teslas) under deficit irrigation levels (85%, 70%, and 55% of plant water requirements) resulted in the increase of shoot dry weights by 19.5%, 24.7%, and 66.4%, respectively. In general, the use of magnetic water under water stress enhanced plant growth and improved dry and wet shoot yield in peppermint compared to the control treatment under deficit irrigation conditions.

Keywords: Deficit irrigation, Magnetic field, Physical water productivity, Production functions, Water stress

[1]- Corresponding author: PhD candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

www.SID.ir