نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۲ / شماره ٤/ ۱۳۹۷
Archive of SID
DOI:http://dx.doi.org/10.22092/JWRA.2019.118525

تأثیر دور و دو روش آبیاری بر شاخص‌های رشد و بهره‌وری آب رزماری (*Rosmarinus officinalis L.*)

رسول اسدی، فرزاد حسن‌پور[۱] *، میترا مهربانی، امین باقی‌زاده و فاطمه کاراندیش

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

rakh_802@yahoo.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

Hassanpourir @uoz.ac.ir

استاد تمام، گروه فارماکوگنوزی، مرکز تحقیقات داروهای گیاهی و سنتی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.

mmehrabani @hotmail.com

دانشیارگروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان–ایران.

amin_4156@yahoo.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

karandish_h@yahoo.com

چکیده

مدیریت صحیح آب در مزرعه باعث استفاده بهینه از منابع آب، خاک، کود و تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت بالا می‌شود. در این راستا، به‌منظور ارزیابی اثر دور مختلف آبیاری بر اساس تبخیر از تشت در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر شاخص‌های رشد رزماری، آزمایشی بصورت کرت‌های یک بار خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهر کرمان در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا گردید. در این آزمایش سه دور آبیاری بر اساس سه سطح تبخیر (I_1=۲۵، I_2=۴۰ و I_3=۵۵ میلی‌متر تبخیراز تشت) به عنوان عامل اصلی و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی =S_1 و زیرسطحی =S_2) به عنوان عامل فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا و شاخص سطح برگ در I_2 در مقایسه باI_1، به‌ترتیب ۱۲/۹، ۱۲/۶، ۱۳/۶ و ۵/۳ درصد کاهش داشت ولی با وجود این، صرفه‌جویی ۴۴/۱ میلی‌متر آب (۲۱/۱ درصد) و افزایش ۳/۶ درصدی بهره‌وری آب حاصل شد. از طرف دیگر بهره‌وری آب، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا و شاخص سطح برگ در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۱۵/۱، ۱۸/۳، ۹/۷، ۱۲/۵ و ۱۵ درصد نسبت به سیستم آبیاری سطحی بیشتر بود و تنظیم دور آبیاری بر اساس سطح ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در بهترین جایگاه از لحاظ صفت بهره‌وری آب قرار دارد. بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در تیمار I_2 در کشت گیاه دارویی رزماری در شهر کرمان می‌تواند راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در دوره‌های خشکسالی باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، تشت تبخیر، گیاه دارویی

۱- آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

*- دریافت:دی ۱۳۹٦ و پذیرش: آبان ۱۳۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد روز افزان جمعیت، همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی از یک سو و خشکسالی‌های متوالی در اکثر کشورهای واقع در کمربند خشک جهان از سوی دیگر، موجب شده است که در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار زیادی به منابع آب وارد گردد (راتان و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به این موضوع که بخش کشاورزی با این واقعیت روبرو است که در آینده نزدیک بایستی ضمن مصرف آب کمتر، تولید بیشتری را عرضه نماید، بنابراین تحقیق و مطالعه در مورد راهبردهای افزایش بهره‌وری آب نقش حیاتی در توسعه کشاورزی خواهد داشت (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۹). این در حالی است که مدیریت مصرف آب در این بخش می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش فشار بر منابع آب داشته باشد (توپاک و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از گزینه‌های افزایش بازده آبیاری، استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است که بهره‌وری آب را تا نزدیک به ۹۵ درصد افزایش می‌دهد (اسدی و همکاران، ۲۰۱۲).

ابراگیموو و همکاران (۲۰۰۷) در راستای ارزیابی روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای به این نتیجه رسیدند که سیستم آبیاری قطره‌ای قادر به صرفه‌جویی ۱۸ تا ۴۲ درصدی آب و افزایش ۳۵ تا ۱۰۳ درصدی بهره‌وری آب آبیاری نسبت به روش آبیاری شیاری می‌باشد. کولاک و همکاران (۲۰۱۷) نیز پس از ارزیابی دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت بادمجان نتیجه گرفتند، علاوه بر اینکه عملکرد و کیفیت بادمجان در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بهتر است، بهره‌وری آب آبیاری نیز در این سیستم به مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر می‌شود. در مطالعه دیگری ایران‌پور و همکاران (۱۳۹۵) با مقایسه سیستم‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای در کشت ذرت دریافتند که بهره‌وری آب آبیاری، وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف در آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۵۹/۵، ۵/۱۲ و ۹/۷ درصد بیشتر از آبیاری شیاری بود. در نهایت افزایش ۱۰/۵ درصدی بهره‌وری آب آبیاری و صرفه‌جویی ۱۴۷۰ مترمکعب آب در سطح ۸۵ درصد نیاز آبی اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت به تأمین کامل نیاز آبی در همان سیستم، این تیمار را به‌عنوان بهترین تیمار قابل اعمال در کشت ذرت‌دانه‌ای معرفی کردند. همچنین نتایج مطالعه قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) حکم به برتری مطلق سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سطحی در کشت گیاه دارویی گشنیز دادند.

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد، تعیین زمان و میزان آب مورد نیاز گیاه، از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه می‌باشند که برآورد غیرواقع این پارامترها، خسارات فراوانی به‌همراه دارد (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۳، اسدی و همکاران، ۲۰۱۲). لذا سیستم آبیاری قطره‌ای با وجود داشتن مزایای زیاد به‌دلیل نداشتن اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان و زمان دقیق آب مورد نیاز گیاه، کاربرد این سیستم را با نارسایی‌هایی روبرو کرده است (بزکورت و منصوراوگلو، ۲۰۱۱). این در حالی است که با تنظیم برنامه آبیاری از طریق اندازه‌گیری مستقیم تبخیر توسط تشت تبخیر، می‌توان زمان مناسب آبیاری را مشخص کرد (عابدی کوپایی و همکاران، ۲۰۰۹).

در این راستا به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی موسیر، پنج سطح (بدون آبیاری، آبیاری پس از ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری، وزن خشک پیاز، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع ساقه گل‌دهنده به شدت کاهش یافت. ضمن این‌که بهترین فاصله بین دو آبیاری گیاه دارویی موسیر در شهر مشهد را پنج روزه پیشنهاد نمودند (شریف‌روحانی و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه دیگری، ارزیابی سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بر گیاه دارویی سیاه‌دانه نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و درصد اسانس این گیاه دارد، بطوری‌که عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر از تشت در مقایسه با سطح ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ۲۲/۸ درصد کاهش یافت (حیدری و رضاپور، ۱۳۹۰). سیلوا و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثرات سطوح مختلف تبخیر از تشت (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) بر رشد و عملکرد گیاه دارویی و صنعتی آلوئه‌ورا گزارش کردند که سطح تبخیر ۱۰ درصد با بهره‌وری آب ۲٤/۵ گرم بر لیتر از بهترین جایگاه برخوردار است. همچنین این تیمار با تولید ۱۷/۱ گرم ژل عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت.

از طرف دیگر با توجه به اثرات سوء ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، در سال‌های اخیر توجه زیادی به کشت گیاهان دارویی شده است که با افزایش مصرف آن‌ها نیاز به توسعه کشت، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح، ضروری می‌باشد (لیتی و همکاران، ۲۰۰٦). این در حالی است که نیاز روزافزان به گیاهان دارویی قابل برداشت از زیستگاه‌های طبیعی و نیز تخریب روزافزان رویشگاه‌های آن‌ها، به‌نظر می‌رسد تولید این گیاهان در سیستم‌های زراعی بتواند به‌عنوان یک استراتژی مهم در تأمین بازار رو به‌گسترش آن‌ها عمل کند (بلاک و همکاران، ۲۰۰۱). اکلیل کوهی با نام عمومی رزماری (Rosmarinus officinalis) از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده دارویی و از خانواده نعناعیان است که از قرن‌ها پیش، برای تقویت حافظه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه مقوی معده و محرک هضم می‌باشد و تحقیقات متعددی خواص کاهش استرس، تسکین سردرد، تسکین آسم و درمان برونشیت آن را تائید کرده‌اند. همچنین عصاره این گیاه، با محافظت از مواد تشکیل دهنده سلول‌های پوست از آسیب‌های پوستی مانند چین و چروک پیش‌گیری می‌کند به‌طوری‌که ماساژ دادن منظم پوست با روغن مستخرج از این گیاه، خشکی پوست را نیز از بین می‌برد (راجوب و همکاران، ۲۰۰۸ و ترپینک و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به افزایش جمعیت دنیا و نیاز روزافزانی که صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه دارو دارند، تحقیق بیشتر پیرامون این دسته از گیاهان ضروری و بررسی راه‌کارهای مختلف جهت افزایش عملکرد این گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرف دیگر جهت صرفه‌جویی بیشتر آب و افزایش عملکرد در واحد سطح، می‌توان با اصلاح الگوی مصرف در بخش کشاورزی و با بهره‌گیری از روش‌های مناسب آبیاری و مدیریت صحیح آب در مزرعه، کمبود و محدودیت منابع آبی کشور را تا حدودی جبران کرد. لذا بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که تا به امروز هیچ مطالعه‌ای برای تعیین دور مناسب آبیاری گیاه دارویی رزماری با استفاده از سطوح مختلف تبخیر از تشت در سیستم آبیاری قطره‌ای صورت نگرفته است که تأکیدی بر ضرورت انجام تحقیق حاضر می‌باشد.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقاتی تولید نهال و بذر کرمان با مختصات جغرافیایی ٥٦ درجه و ۸ دقیقه طول، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۷۸۳ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹٤ اجرا گردید. استان کرمان با وجود تنوع اقلیمی و بارندگی کم و تبخیر بالا به‌ترتیب بطور متوسط ۱۲۹ میلیمتر و ۲٤٤۸ میلیمتر در سال، از نظر منابع آبی، جزء مناطق فقیر کشور محسوب می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۵).

قالب طرح و روش اجرا

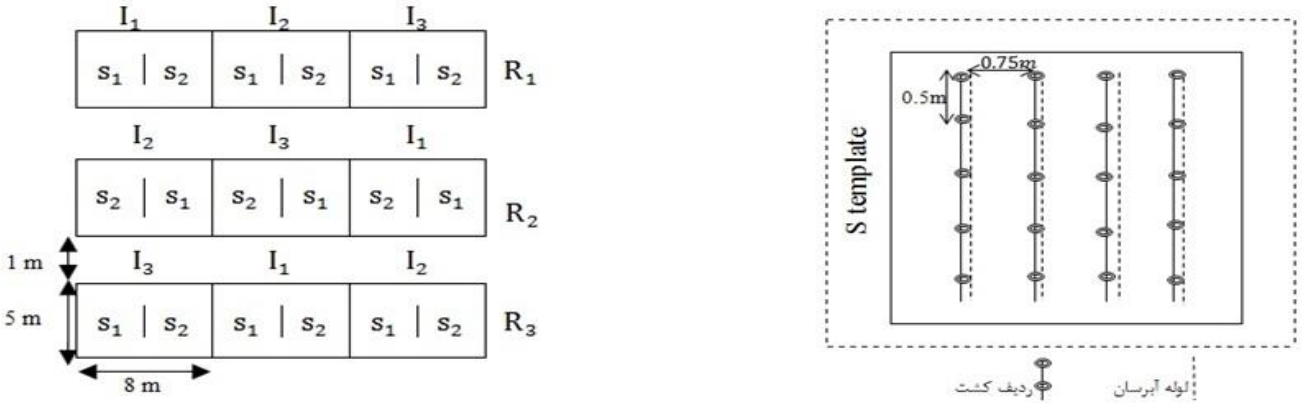
این پژوهش در زمینی به مساحت ٤۳۲ متر مربع (۱۸×۲٤ متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های نواری یک‌بار خردشده در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹٤ به اجرا درآمد. تیمارهای مورد مطالعه شامل سه سطح تبخیر (I_1=۲۵، I_2=٤۰ و I_3=۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A جهت شروع آبیاری) به عنوان عامل اصلی و دو سیستم آبیاری (قطره‌ای سطحی =S_1 و قطره‌ای زیرسطحی =S_2) به عنوان عامل فرعی بودند. تیمارها در کرت‌هایی به عرض سه و طول

www.SID.ir

Archive of SID

پنج متر (شامل چهار ردیف کشت به‌فاصلهٔ ۰/۷۵ متر از یکدیگر) اعمال شدند. همچنین فاصله بین بوته‌های کشت شده در هر ردیف، ۵۰ سانتی‌متر بود. این در حالی است که جهت سهولت در رفت و آمد و اندازه‌گیری صفات بین تیمارهای اصلی، فرعی و تکرارها که به‌صورت عمودی زیر هم قرار گرفته بودند، یک متر فاصله در نظر گرفته شد. همچنین تعداد کرت‌های مورد آزمایش با احتساب تکرارهای انجام‌گرفته برابر با ۱۸ کرت بود (شکل ۱).

در این تحقیق قبل از عملیات کشت، نمونه‌برداری از آب و خاک محل انجام تحقیق، انجام شد که تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در جداول ۱ و ۲ آمده است. لذا با توجه به نتایج تجزیه خاک و آب و توصیه آزمایشگاه خاک و آب، قبل از عملیات کشت ۷۰، ۵۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب کود نیتروژن از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک مزرعه داده شد. لازم به ذکر است که پس از اخذ نهال یک ساله رزماری از خزانه ایستگاه تحقیقاتی نهال و بذر شهرداری شهر کرمان، در اواخر فروردین ماه عملیات کشت انجام شد. همچنین در این مطالعه جهت آبیاری بوته‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان از نوع نتافیم با دبی ۲ لیتر بر ساعت استفاده شد. در آبیاری قطره‌ای سطحی لوله‌های آبرسان بر روی سطح خاک و در فاصله پانزده سانتی‌متری ساقه گیاه و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی لوله‌های آبرسان در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. لازم به ذکر است که فاصله دو قطره‌چکان متوالی روی هر خط لوله آبرسان، ۵۰ سانتی‌متر بود.



شکل ۱- شماتیک اجرای طرح

جدول ۱- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم بر لیتر)					
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+
۷/۱	۰/۷	۴/۶	۹	–	۷	۴/۲	۲/۵

جدول ۲- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام تحقیق در اعماق مختلف

عمق خاک (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	درصد وزنی رطوبت		وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	اسیدیته	شوری (ds/m)	نیتروژن کل (٪)	فسفات (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
					ظرفیت زراعی	پژمردگی دائم						
۰-۱۰	۱۶/۷	۳۹/۶	۴۳/۷	C	۲۱/۶۵	۸/۶۳	۱/۳۹	۷/۹۱	۰/۴	۰/۱۴	۱/۳	۱۲۶/۷
۱۰-۲۰	۱۶/۲	۴۰/۱	۴۳/۷	SiC	۲۲/۳۹	۸/۷۱	۱/۴۲	۷/۹۴	۰/۴	۰/۱۲	۱/۲	۱۱۸/۹
۲۰-۳۰	۱۴/۹	۴۱/۷	۴۳/۴	SiC	۲۳/۴۲	۹/۴۳	۱/۴۱	۷/۹۲	۰/۴	۰/۱۲	۰/۹	۱۰۴/۲
۳۰-۵۰	۱۴/۵	۴۲/۲	۴۳/۳	SiC	۲۳/۷۵	۹/۷۴	۱/۴۲	۷/۹۶	۰/۳	۰/۱۱	۰/۹	۹۱/۹
۵۰-۷۰	۱۲/۷	۴۲/۷	۴۴/۶	SiC	۲۳/۵۴	۹/۴۹	۱/۴۲	۷/۹۶	۰/۳	۰/۰۹	۰/۶	۷۵/۲
۷۰-۹۰	۱۲/۵	۴۳/۴	۴۴/۱	SiC	۲۲/۹۶	۹/۱۱	۱/۴۴	۷/۹۷	۰/۳	۰/۰۶	۰/۶	۶۶/۷

www.SID.ir

Archive of SID

در این مطالعه، تا چهل روز بعد از کشت عملیات آبیاری در تمامی تیمارها هر سه روز یک‌مرتبه انجام شد. همچنین پس از اطمینان از استقرار کامل گیاه (چهل روز بعد از کشت) جهت تعیین زمان شروع آبیاری از تشت تبخیر کلاس A کارگذاری شده در میان بوته‌ها، استفاده شد. به این صورت که میزان تبخیر از تشت به‌طور روزانه ثبت می‌گردید. هر زمان که تبخیر تجمعی روزهای متوالی بین اعداد ۲٤ تا ۲٦ میلی‌متر قرار می‌گرفت، تیمار I_1 در یک روز بعد آبیاری می‌شد. این مقادیر برای تیمارهای I_2 و I_3 به‌ترتیب برابر با ۳۹ تا ٤۱ و ٥٤ تا ٥٦ میلی‌متر تبخیر از تشت بود. همچنین قبل از هر نوبت آبیاری، با نمونه‌برداری از اعماق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ٥۰، ٥۰ تا ۷۰ و ۷۰ تا ۹۰سانتی‌متری خاک، رطوبت موجود در هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس میزان نفوذ عمقی با استفاده از رابطه (۱) برآورد گردید (قیصری و همکاران، ۲۰۰۹):

$$DP = I_n - \sum_{i=1}^{k}((\theta_{FCi} - \theta_{BCi}) \times p_b) \times Z_i \quad (۱)$$

در این رابطه:

DP: آب خارج شده از پایین محدوده ریشه (میلی‌متر) ، I_n: عمق آب آبیاری (میلی‌متر) ، Θ_{FCi}: درصد رطوبت وزنی در نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی در لایه iام، Θ_{BCi}: درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری در لایه iام، k: تعداد لایه‌های خاک نمونه‌برداری شده، p_b: وزن مخصوص ظاهری (گرم‌برسانتی‌مترمکعب) و Z_i: ضخامت هر لایه می‌باشد. میزان نفوذ عمقی برای تمام تیمارها با استفاده از مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری در آن‌ها محاسبه شد. سپس میزان تبخیر و تعرق در هر تیمار با استفاده از رابطه بیلان رطوبت به شرح زیر محاسبه گردید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$I_n + P = DP \pm \Delta S - RF_i + RF_o + CR + ET \quad (۲)$$

در این رابطه:

I_n: عمق آب آبیاری، P: میزان بارندگی، D_P: نفوذ عمقی، ΔS: میزان تغییرات رطوبت اولیه خاک در دوره مورد نظر، RF_i: میزان رواناب سطحی ورودی، RF_o: میزان رواناب سطحی خروجی، CR: میزان صعود مویینه است. با توجه به اینکه در این پژوهش از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده گردید لذا رواناب سطحی ورودی و خروجی صفر بود. همچنین از آن‌جا که سطح ایستابی در منطقه مورد مطالعه عمیق‌تر از ۲۰۰ سانتی‌متر است لذا بر اساس نشریه فائو ٥٦، چنانچه عمق سطح ایستابی بیشتر از یک متر پایین‌تر از سطح ریشه باشد، می‌توان از صعود مویینگی در آن صرف‌نظر کرد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). به این ترتیب با محاسبه نفوذ عمقی بر اساس رابطه ۱، تنها پارامتر مجهول تبخیر و تعرق بوده که قابل محاسبه است.

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها، شاخص‌های رشد گیاه از جمله ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا، وزن خشک اندام رویشی و شاخص سطح برگ مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس با توجه به اینکه بیشترین اسانس گیاه دارویی رزماری در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی می‌باشد (لتی و همکاران، ۲۰۰٦)، برای اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور در اواسط مرحله گل‌دهی (۱۹۰ روز بعد از کشت)، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار و نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف، به‌منزله اثر حاشیه‌ای، از سه ردیف وسط، هر تکرار از هر تیمار، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری انجام شد. بوته‌های برداشت شده به مدت سه هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، خشک شدند و سپس وزن خشک شده اندام رویشی اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین بهره‌وری آب آبیاری از رابطه (۳) استفاده شد. در نهایت داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح احتمال یک و پنج درصد) انجام شد.

$$WUE = Y_T / V_T \quad (۳)$$

در این رابطه:

WUE: بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_T: وزن خشک اندم رویشی (کیلوگرم) و V_T: حجم آب آبیاری (مترمکعب) می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

تحلیل میزان و فراوانی آبیاری

در این مطالعه اعمال تیمارها از ٤٠ روز پس از کشت نهال صورت گرفت لذا هر تیمار تا زمان اطمینان از استقرار کامل بوته، سیزده مرتبه با مجموع ۳۰ میلی‌متر، آبیاری شد. جدول ۳ نشان دهنده عمق آب آبیاری هر تیمار در طول دوره رشد می‌باشد. همان‌طور که در این جدول مشخص است عمق آب آبیاری سطوح ۲۵، ٤٠ و ۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی به‌ترتیب ۲۱٤/۵، ۱٦۹/۳ و ۱۰٦/۱ میلی‌متر بود. نیکولاس و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای میزان آب مصرفی گیاه رزماری در سیستم آبیاری قطره‌ای در سطوح مختلف آبیاری بین ۵۰ تا ۱٦۷ میلی‌متر در کل فصل رشد برآورد نمودند. همچنین از آن‌جا که در این مطالعه عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت در اعماق مختلف خاک بدست آمد، لذا عمق آب آبیاری در دو سیستم آبیاری متفاوت بود. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است عمق آب آبیاری در کل دوره رشد گیاه در سطوح ۲۵، ٤٠ و ۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۲۰۲/۷، ۱۵۹/۷ و ۹۹/٤ میلی‌متر بود که احتمالاً به‌دلیل کاهش تلفات تبخیری در حدود شش درصد نسبت به سطوح مشابه در آبیاری قطره‌ای سطحی در مصرف آب صرفه‌جویی شد.

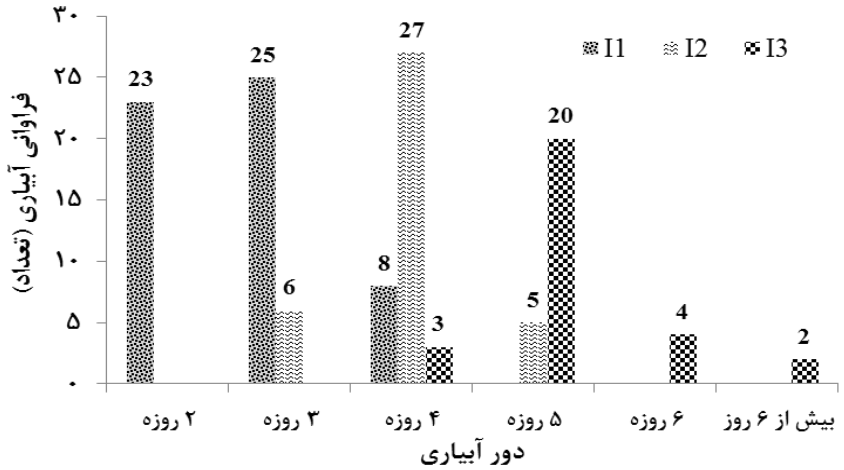
جدول ۳- عمق آب آبیاری هر تیمار در طول دوره رشد

سطوح مختلف تبخیر از تشت		عمق آب آبیاری (میلی‌متر)
۲۵	آبیاری قطره‌ای سطحی	۲۱۴/۵
	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	۲۰۲/۷
۴۰	آبیاری قطره‌ای سطحی	۱۶۹/۳
	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	۱۵۹/۷
۵۵	آبیاری قطره‌ای سطحی	۱۰۶/۱
	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	۹۹/۴

در این تحقیق با توجه به این‌که طول دوره اعمال تیمار در حدود ۱۵۰ روز بود و تیمارها بر اساس سطوح مختلف تبخیر از تشت آبیاری می‌شدند، لذا دور آبیاری برای هر تیمار متفاوت بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است بیشترین فراوانی دور آبیاری برای سطح ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر، سه روزه بود. این در حالی است که بیشترین دور آبیاری در سطح ٤٠ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر ٤ روزه بود که از زمان اعمال تیمار تا انتهای فصل رشد ۲۷ مرتبه تکرار شد. همچنین دور آبیاری پنج روزه با ۲۰ مرتبه تکرار در دوره اعمال تیمار، بیشترین دور آبیاری بود که در سطح ۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر رخ داد. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که اختلاف در دورهای آبیاری با رشد گیاه نیز در ارتباط است به‌طوری با رشد ریشه و استفاده از آب موجود در اعماق خاک، اختلاف در دورهای آبیاری در طول فصل رشد گیاه ایجاد می‌گردد (بورگ و گریمز، ۱۹۸٦). از دیگر نکات قابل ذکر در خصوص میزان و فراوانی آبیاری، می‌توان به این موضوع اشاره نمود که با افزایش دور آبیاری، حجم آب مصرفی در کل فصل رشد، کاهش یافت. بطوری‌که با افزایش میزان تبخیر از تشت از ۲۵ به ٤٠ میلی‌متر، حجم آب مصرفی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به‌ترتیب ۱٦/۷ و ۱۵/۷ درصد و از ۲۵ به ۵۵ میلی‌متر ۳۷/۹ و ۳۷/٦ درصد کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- فراوانی دور آبیاری در هر تیمار در دوره اعمال تیمار

تجزیه واریانس تیمارها

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات مورد بررسی در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که اثر سطوح مختلف تبخیر از تشت و نوع سیستم آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل دو تیمار بر تمامی صفات به‌جزء شاخص سطح برگ تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت.

جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه واریانس

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	وزن خشک اندام رویشی	شاخص سطح برگ	بهره‌وری آب
تکرار	۲	۴۶/۳	۲۴۲/۳	۵/۹	۲/۲	۰/۰۰۱
سطوح تبخیر	۲	۲۳۶۷/۲**	۶۹۵/۶**	۳۲/۶**	۴۸/۴*	۰/۰۰۵**
خطا ۱	۴	۲۸/۶	۳۱۳/۳	۲/۱	۱/۵	۰/۰۰۵
سیستم آبیاری	۱	۳۹/۶**	۲۵۸/۱**	۸۴/۲**	۲۷/۸**	۰/۰۰۵**
اثر متقابل	۲	۶۶۵/۱۸**	۹۶۳/۸**	۵۵/۹**	۵/۳ns	۰/۰۰۱**
خطا ۲	۶	۶۸/۱	۲۱/۳	۳/۷	۵/۵	۰/۰۰۵
درصد ضریب تغییرات	–	۱۳/۲	۱۴/۶	۱۱/۸	۱۵/۵	۱۲/۳

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns : غیر معنی‌دار

تحلیل شاخص‌های رشد

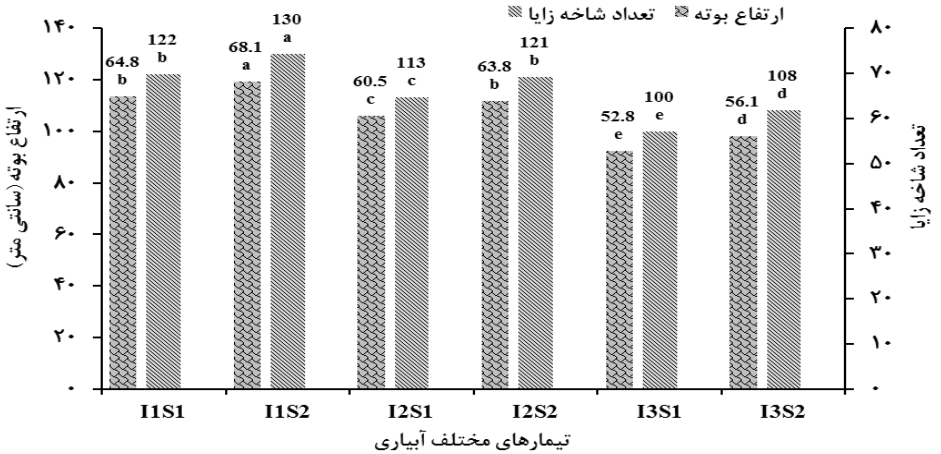
جدول ۵ نشان دهنده مقایسه میانگین شاخص‌های رشد گیاه رزماری تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی که توسط آزمون دانکن به‌دست آمده است، می‌باشد. با توجه به این جدول می‌توان گفت اثر تیمارهای سطوح مختلف تبخیر از تشت و نوع سیستم آبیاری بر دو صفت تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته که از موثرترین شاخص‌های تعیین کننده عملکرد (وزن خشک اندام هوایی) گیاه دارویی رزماری می‌باشند (لیتی و همکاران، ۲۰۰٦)، معنی‌دار بود. به‌طوری که شروع آبیاری بر اساس سطح ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت منجر به ایجاد بالاترین تعداد شاخه زایا (۱۳۲ عدد) و ارتفاع بوته (٦۸/۳ سانتی‌متر) شد. این در حالی است که صرفه‌جویی ۱٦ درصدی مصرف آب در سطح ٤۰ میلی‌متر نسبت به سطح ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت کاهش ۱۳/٦ و ۱۲/٦ درصدی به‌ترتیب در تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته را در پی داشت و از لحاظ آماری این دو صفت را در جایگاه b قرار داد. همچنین کاهش تلفات تبخیر آب در سیسم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، علی‌رغم کاهش ۱۰/۸ درصدی در مصرف آب، باعث

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش ۱۲/۵ و ۹/۷ درصدی به‌ترتیب در صفات تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته شد. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، به میزان زیادی ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا رزمازی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ساردانس و همکاران، ۲۰۰۵). به‌طوری‌که طی بروز تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستی موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد (نیکولاس و همکاران، ۲۰۰۸). این در حالی است که هر گونه کمبود رطوبت خاک موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و کاهش توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ می‌شود (مارجانویچ و همکاران، ۲۰۱۵). لذا یکی از اولین اثرات محسوس کم‌آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد شاخه زایا تشخیص داد (خوش‌خوی و همکاران، ۲۰۱۲؛ کوساکا و همکاران، ۲۰۰۵ و ساردانس و همکاران، ۲۰۰۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تبخیر از تشت و نوع سیستم آبیاری (شکل ۳) در حالی حکم به برتری مطلق اعمال سطوح مختلف آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در صفات تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته داد که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس اعمال سطح ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دو صفت تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته را در بهترین جایگاه آماری قرار داد. همچنین اعمال سطح ٤۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اختلاف ٦/۹ درصدی در صفت تعداد شاخه زایا و ٦/۳ درصدی در صفت ارتفاع بوته نسبت به بهترین تیمار، از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت این در حالی بود که اعمال همین سطح در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی اختلاف ۱۳ و ۱۱/۲ درصدی به‌ترتیب در صفات تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته را با بهترین تیمار در پی داشت و این دو صفت را از لحاظ آماری در گروه c قرار داد. لازم به ذکر است که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی باعث شد که صفت تعداد شاخه زایا با میانگین ۱۲۲ عدد و ارتفاع بوته با میانگین ٦٤/۸ از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گیرند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی بر صفات تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته

مقایسهٔ میانگین صفت شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف که توسط آزمون دانکن به‌دست آمد (جدول ۵)، نشان داد که افزایش دور آبیاری تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر این صفت گذاشت. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ بدست آمده از سطوح ٤۰ و ۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت دارای اختلاف به‌ترتیب ٦/۳ و ۲۱/۳ درصد، نسبت به سطح ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت داشت و از لحاظ آماری به‌ترتیب در گروه‌های (b) و (c) قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت افزایش رطوبت، سبب افزایش چشمگیر سطح برگ می‌شود. گزارش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

موجود نشان داد که افزایش آب دردسترس گیاه، توسعهٔ سطح برگ را در پی دارد (سانچز و همکاران، ۲۰۰٤). در این راستا روند افزایش شاخص سطح برگ در تیمار نوع سیستم آبیاری نیز، بر صحت تأثیر افزایش رطوبت موجود در خاک بر افزایش شاخص سطح برگ، قوت می‌بخشد. به‌طوری‌که سهولت در استفاده آب توسط ریشه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش ۱۵ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی داد. نیکولاس و همکاران (۲۰۰۸) اذعان داشتند که روند افزایش سطح برگ با افزایش رطوبت خاک، هم‌خوانی دارد، به‌طوری‌که رطوبت بیشتر سبب افزایش رشد رویشی از جمله سطح برگ و ارتفاع بوته شد.

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تبخیر از تشت و نوع سیستم آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی (جدول ۵) حاکی از آن بود که با افزایش فاصله بین دو آبیاری متوالی، وزن خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف تبخیر از تشت بیشترین و کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب از سطوح ۲۵ و ۵۵ میلی‌متر تبخیر از تشت بدست آمد و کاهش ٤۷/۵ درصدی وزن خشک اندام هوایی را در پی داشت. همچنین سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با میانگین تولید ۱۳۱ گرم ماده خشک در بوته و با اختلاف ۱۸/۳ درصدی نسبت به مقدار حاصله از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، برتری خود را نشان داد. پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که رشد گیاه تحت تأثیر مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد مغذی، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی است که در افزایش وزن خشک گیاه نقش اساسی داردند (بیدشکی و آروین، ۲۰۱۰). این فرآیندها رابطه مستقیم با میزان آب دردسترس و تداوم آن دارند (اکرنا و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری، این فرآیندها با اختلال مواجه شده و گیاه نمی‌تواند حداکثر پتانسیل ماده خشک را تولید کند (عزیزی و همکاران، ۲۰۰۹). از طرف دیگر تنش خشکی میزان جذب آب و مواد غذیی، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد، سطح فتوسنتز کننده، ارتفاع بوته و سرعت توسعه ریشه را کاهش می‌دهد و تمامی این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (لاریبی و همکاران، ۲۰۰۹). طبق گزارش شیرزاد و همکاران (۲۰۱۱) افزایش شدت کم‌آبی منجر به کاهش زیست توده گیاه دارویی کدو شد به‌طوری‌که در تیمارهای ۹۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب بیشترین و کم‌ترین زیست توده گیاهی تولید شد. نتایج مطالعات لاریبی و همکاران (۲۰۰۹) در زیره سیاه و شیرف‌روحانی و همکاران (۱۳۹۳) در موسیر و حیدری و رضاپور (۱۳۹۰) در سیاه‌دانه، مشابه نتایج حاصل از این آزمایش بود و موید این است که کاهش میزان آب دردسترس و عدم تداوم آن، کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاهان دارویی را در پی دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تیمارهای سطوح مختلف تبخیر از تشت و نوع سیستم آبیاری

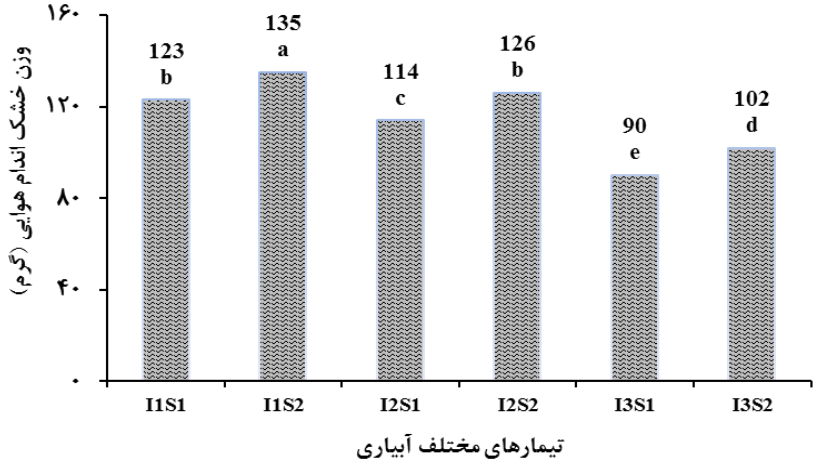
تیمار	تعداد شاخه زایا	وزن خشک اندام رویشی (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ
I_1	۱۳۲ a	۱۳۹ a	۶۸/۳ a	۱/۷۵ a
I_2	۱۱۴ b	۱۲۱ b	۵۹/۷ b	۱/۶۴ b
I_3	۸۸ c	۷۳ c	۴۴/۳ c	۱/۳۸ c
تیمارها	**تعداد شاخه زایا**	**وزن خشک اندام رویشی (گرم)**	**ارتفاع بوته (سانتی‌متر)**	**شاخص سطح برگ**
S_1	۱۱۲ b	۱۰۷ b	۶۱/۳ b	۱/۴۷ b
S_2	۱۲۸ a	۱۳۱ a	۶۷/۹ a	۱/۷۳ a

مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی بر وزن خشک اندام هوایی (شکل ٤) نشان داد که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث تولید ۱۳۵ گرم ماده خشک در هر بوته شد و این تیمار از لحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار گرفت. همچنین شروع

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری بر اساس ٤٠ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با تولید ١٢٦ گرم ماده خشک در هر بوته علی‌رغم کاهش ٢٥ درصدی (٤١٠ مترمکعب در هکتار) در مصرف آب از لحاظ آماری با تنظیم برنامه آبیاری بر اساس ٢٥ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی در یک گروه قرار گرفت. این در حالی بود که اختلاف تولید ماده خشک تیمار مذکور با تیماری که در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت تنها ٦/٧ درصد بود. لازم به ذکر است که شروع آبیاری بر اساس ٤٠ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی علی‌رغم مصرف در حدود ١١ درصد آب بیشتر نسبت به اعمال همان سطح در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ٩/٥ درصد ماده خشک کمتری تولید کرد.



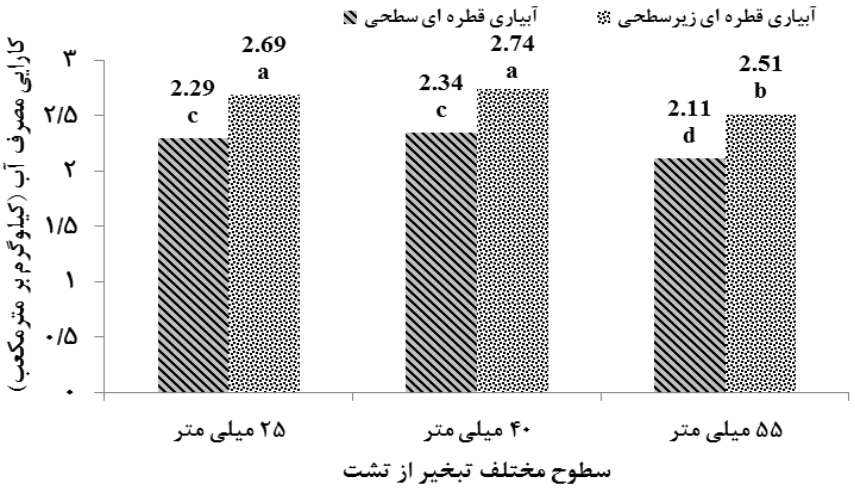
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی بر وزن خشک اندام هوایی

تحلیل بهره‌وری آب

همان‌طور که در جدول ٤ مشخص شد، اثر متقابل سطوح مختلف تبخیر از تشت در نوع سیستم آبیاری بر صفت بهره‌وری آب در سطح اعتماد ٩٩ درصد معنی‌دار شد. ازاین‌رو با توجه به شکل ٥ می‌توان اذعان داشت که تنظیم آبیاری بر اساس ٤٠ و ٢٥ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب با بهره‌وری آب ٢/٧٤ و ٢/٦٩ کیلوگرم بر متر مکعب و با وجود اختلاف ٢ درصدی، علاوه بر قرار گرفتن در یک گروه آماری، بهترین جایگاه آماری را نیز دارند. شروع آبیاری بر اساس ٥٥ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با بهره‌وری آب ٢/٥١ کیلوگرم بر مترمکعب و با وجود ٢٦ درصد کاهش در مصرف آب نسبت به سطح ٤٠ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت. سایر بررسی‌های صورت گرفته نشان از کارآمدی این روش مدیریتی (اعمال کم‌آبیاری) در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی در تولید گیاهان دارویی داد (خوش‌خوی و همکاران، ٢٠١٢؛ شیرزاد و همکاران، ٢٠١١ و عزیزی و همکاران، ٢٠٠٩). شایان ذکر است که تنظیم آبیاری بر اساس ٥٥ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی با بهره‌وری آب ٢/١١ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفت. در این راستا مطالعه اسدی و همکاران (٢٠١٢) در مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت پنبه به این نتیجه رسید که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بهره‌وری آب را بیش از ٣٠ درصد در کشت پنبه افزایش می‌دهد همچنین افزایش ١٥ درصدی بهره‌وری آب بادمجان در شرایط استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از نتایج کولاک و همکاران (٢٠١٧) بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی بر بهره‌وری آب

نتیجه‌گیری

مجموع نتایج اثر دورهای مختلف آبیاری در شرایط استفاده از دو سیستم آبیاری برشاخص‌های رشد رزماری نشان داد که علاوه بر اینکه بیشترین فراوانی دور آبیاری برای شروع آبیاری بر اساس ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت، سه روزه است، در طول فصل رشد نیاز به ۲۱٤/۵ و ۲۰۲/۷ میلی‌متر به‌ترتیب در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بود. این در حالی بود که در صورت تنظیم آبیاری بر اساس ٤۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، علاوه بر افزایش فاصله بین آبیاری‌ها، صرفه‌جویی ٤۵/۲ و ٤۳ میلی‌متر آب در کل دوره رشد گیاه به‌ترتیب در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و کاهش ناچیز شاخص‌های رشد، افزایش بهره‌وری آب نسبت به شروع آبیاری بر اساس ۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشت شد. از طرف دیگر وزن خشک اندام هوایی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌مقدار ۲٤ گرم در هر بوته (٦۳۹ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی بود. این در حالی بود که به‌رغم صرفه‌جویی شش درصدی مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، بهره‌وری آب در این سیستم ۱۵/۱ درصد بیشتر بود. صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۱۵، ۹/۷ و ۱۲/۵ درصد نسبت به سیستم آبیاری سطحی بیشتر بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان اذعان داشت که تغییر سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و ترویج و توسعهٔ روش‌های نوین و سازگار با محیط، نقش بسزایی در صرفه‌جویی آب و در نتیجه افزایش سطح زیر کشت خواهد داشت. ازاین‌رو اعمال ٤۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند علاوه بر کاهش آب مصرفی، افزایش بهره‌وری آب و سطح زیر کشت گیاه داوریی رزماری تأثیر زیادی داشته باشد.

فهرست منابع

۱. ایران‌پور، م.، ایران‌دوست، م. و رضایی، ع. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری شیاری و قطره‌ای در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت‌دانه‌ای در کرمان. مدیریت آب و آبیاری. ٦: ٦۱-۷۲.

۲. بی‌نام. ۱۳۹۵. سالنامه آماری سازمان هواشناسی استان کرمان.

۳. حیدری، م. و رضاپور، ع. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه‌دانه. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۱: ۸۱-۹۰.

www.SID.ir

Archive of SID

٤. شریف‌روحانی، م.، کافی، م. و نظامی، ا. ۱۳۹۳. تأثیر رژیم‌های آبیاری و عمق کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی و صنعتی موسیر در شرایط آب و هوایی مشهد. بوم‌شناسی کشاورزی. ٦: ۲۱۹-۲۲۸.

۵. قمرنیا، ه.، بشی‌پور، م. و قبادی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب گیاه دارویی گشنیز در منطقه نیمه‌خشک. مدیریت آب و آبیاری. ۲: ۱۵-۲٤.

6. Abedi-Koupai, J., Amiri, J. and Eslamian, S. 2009. Comparison of artificial neural network and physically based models for estimating of reference evapotranspiration in greenhouse. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3 (3): 2528-2535.
7. Allen, R.G., Pereir, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guide lines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. p.300.
8. Asadi, R., Kouhi, N. and Yazdanpanah, N. 2012. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. Journal of Food, Agriculture and environment, 10: 302-306.
9. Azizi, A., Yan, F. and Honermeier, A. 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (Origanum vulgare L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Industrial Crops and Products, 29: 554–561.
10. Bideshki, A., and Arvin, M.J. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (Allium sativum) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79
11. Block, E., Birringer, M., Jiang, W., Nakahodo, T., Thompson, H.J., Toscano, P.J., Uzar, H., Zhang, X., and Zhu, Z. 2001. Allium chemistry: synthesis, natural occurrence, biological activity and chemistry of se-alk (en) ylselenocysteines and their g-glutamyl derivatives. Journal of Agriculture, Food and Chemistry, 49: 458-470.
12. Borg, H. and Grimes, D. 1986. Depth development of roots with time: An Empirical Description. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 29: 194-197.
13. Bozkurt, S. and Mansuroglu, G. 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. African Journal of Biotechnology, 10 (17): 3370-3379.
14. Colak, Y.B., Yazar, A., Sesveren, S., and Colak, I. 2017. Evaluation of yield and leaf water potantial (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Scientia Horticulturae, 219: 10-21.
15. Ekrena, S., Sonmez, C., Ozcakal, E., Kurttas, Y.S.K., Bayram, E. and Gurgulu, H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (Ocimum basilicum L.). Agricultural Water Management, 109: 155–161.
16. FAO. 2002. Crops and drops: making the best use of water for agriculture, p. 28. Rome, Italy: FAO. Information brochure.
17. Gheysari, M., Mirlatif, S.M., Homaee, M., Asadi, M.E. and Hoogenboom, G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management, 96 (6): 946-954.
18. Ibragimov, N., Evett, S.R., Esanbekov, Y., Bakhtiyar, S., Lutfullo, M., and Lamers, P.A. 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. Agricultural Water Management, 90, 112-120.
19. Khosh-Khui, M., Ashiri, F. and Sahakhiz, M.J. 2012. Effects of irrigation regimes on antioxidant activity and total phenolic content of thyme (Thymus vulgaris L.). Medicinal & Aromatic Plants, 1: 1-7.
20. Kusaka, M., Lalusin, A.G. and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (Pennisetum glaucum L. Leeke) cultivars with different root structures and osmoses-regulation under drought stress. Plant Science, 168: 1-14.
21. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Brahim, M. 2009. Water deficit effects on caraway (Carum carvi L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Proudcts, 30: 372-379

www.SID.ir

Archive of SID

22. Leithy, S., El-Meseir, T. and Abdallah, E. 2006. Effect of bio fertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on Rosemary herbage oil yield and quality. Applied Sciences Research, 2 (10): 773-779.
23. Marjanović, M., Jovanović, Z., Stikić, R. and Radović, B. 2015. The effect of partial root-zone drying on tomato fruit growth. Procedia Environmental Sciences, 29: 87-98.
24. Nicolas, E., Ferrandez, T., Rubio, S., Alarcon J. and Sanchez, J. 2008. Annual water status, development, and flowering patterns for Rosmarinus officinalis plants under different irrigation conditions. Hortscience, 43: 1580-1585.
25. Rajoob, A., Massadeh, A. and Omari, M.N. 2008. Evaluation of Pb, Cu, Zn, Cd, Ni and Fe levels in Rosmarinus officinalis (Rosemary) medicinal plant and soils in selected zones in Jordan. Environment Monitor Assessment, 140: 61-68.
26. Rattan, R., Datta, S., Chhonkar, P., Suribabu, K. and Singh, A. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater case study. Agric. Agriculture, Ecosystems & Environment, 109: 310-322.
27. Sanchez, M., Ferrandez, T., Navarro, A., Banon, S, and Alarcon, J. 2004. Effect of irrigation and humidity preconditioning on water relations, growth and survival of Rosmarinus officinalis plant during and after transplanting. Palant Physiology, 161: 1133-1142.
28. Shirzad, S., Hosein, A. and Daliri Moghadam, R. 2011. Influence of drought stress and interaction with salicylic acid on medicinal pumpkin (Cucurbita pepo L.) seedling growth. Botany Research Journal, 4: 35-40.
29. Silva, H., Sagardia, S., Seguel, O., Torres, C., Franck, N., Tapia, C. and Cardemil, L. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in Aloe Vera (Aloe barbadensis Miller). Ind. Crop Prod, 31: 20–27.
30. Terpinc, P., Bezjak, M. and Abramovic, H. 2009. A kinetic model for evaluation of the antioxidant activity of several rosemary extracts. Food Chemistry, 115(2): 740-744.
31. Topak, R., Acar, B., Uyanoz, R. and Ceyhan, E. 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. Agricultural Water Management, 176: 180-190.
32. Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L., Huang, Q., Xu, X. and Liu, H. 2013. Responses of drip irrigated tomato yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. Agricultural Water Management, 129: 181– 193.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Irrigation Interval and Two Irrigation Methods on Growth Indexes of Rosmarinus *officinalis* L.

R. Asadi, F. HassanPour [1] *, M. Mehrabani, A. Baghizadeh, and F. Karandish

PhD student, Water Engineering Department, Faculty of Water and Soil, Zabol University.
rakh_802@yahoo.com
Associate Professor, Water Engineering Department, Faculty of Water and Soil, Zabol University.
Hassanpourir @uoz.ac.ir
Professor (PhD), Department of Pharmacognosy, Herbal and Traditional Medicines Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.
mmehrabani @hotmail.com
Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.
amin_4156@yahoo.com
Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman-Iran.
karandish_h@yahoo.com

Abstract

Using proper irrigation management leads to optimum utilization of water, soil, and fertilizer and production of high yield and quality products. In order to investigate the effect of irrigation intervals and surface and subsurface drip irrigation systems on growth indicators of Rosmarinus *officinalis* L., a field experiment was carried out during 2015 growing seasons at an experimental farm in Kerman city. The treatments were laid out in split plot using a Randomized Complete Block Design with three replications. The treatments comprised three irrigation levels (I_1=25, I_2=40 and I_3=55 mm evaporation from class A pan) in the main plots, and two drip irrigation systems (surface and subsurface) in the sub plots. The results showed that I_2 in comparison with I_1 treatment led to 44 mm water saving. However, dry weight, height of plants, number of shoots per plant and leaf area index decreased by 12.9%, 12.6%, 13.6% and 5.3 percent, respectively, while water use efficiency increased 3.6 percent. Also, results showed that water use efficiency, dry weight, height of plants, number of shoots per plant, and leaf area index increased by, respectively, 15.1%, 18.3%, 9.7%, 12.5% and 15 percent in subsurface drip irrigation compared to surface method. Therefore, for Rosmarinus *officinalis* L. cultivation in Kerman area, application of I_2 in subsurface drip irrigation system is the best way to increase the water use efficiency for the drought years.

Keywords: Subsurface drip irrigation, Evaporation pan, Medicinal plant

1 - Corresponding author: Water Engineering Department, Faculty of Water and Soil, Zabol University.
* - Received: December 2017 and Accepted: November 2018

www.SID.ir