Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۹
۱۸۵-۱۹۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1806.1417

مقاله پژوهشی

تأثیر مدیریت آبیاری با استفاده از پتانسیل آب در خاک بر بهره‌وری آب گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)

رسول اسدی[۱]، فرزاد حسن‌پور[۲*]، میترا مهربانی[۳]، امین باقی‌زاده[۴]، فاطمه کاراندیش[۲]
۱. مدرس گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
۳. استاد، گروه فارماکوگنوزی، مرکز تحقیقات داروهای گیاهان دارویی و سنتی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان
۴. دانشیارگروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۲

چکیده

مدیریت صحیح آب در مزرعه، باعث استفاده بهینه از منابع آب، خاک، کود و تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت بالا را امکان‌پذیر می‌سازد. در این راستا به‌منظور ارزیابی دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در شرایط اعمال سطوح مختلف مکش رطوبتی بر گیاه رزماری، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های نواری یک‌بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در ایستگاه تولید نهال شهرداری کرمان در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. در این آزمایش سه آستانه پتانسیل (۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) به‌عنوان عامل اصلی و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) به‌عنوان عامل فرعی، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که صرفه‌جویی ۴۴/۶ میلی‌متری آب (۲۱/۷ درصد) بین نقاط پتانسیلی ۶۰ و ۴۰ سانتی‌بار، در شرایطی باعث کاهش ۱۲/۵ درصدی وزن خشک اندام هوایی، ۱۲/۸ درصدی تعداد شاخه زایا و ۱۱ درصدی ارتفاع بوته شد که افزایش ۱۰/۵ درصدی بهره‌وری آب را در پی داشت. این در حالی بود که اعمال سطح پتانسیلی ۸۰ سانتی‌بار در مقایسه با سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار باعث کاهش ۳۳/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی، ۲۲/۹ درصدی تعداد شاخه زایا و ۲۲/۵ درصدی ارتفاع بوته شد و تنها افزایش ۴/۵ درصدی بهره‌وری آب را در پی داشت. از طرف دیگر وزن خشک اندام هوایی در آبیاری زیرسطحی به مقدار ۴۸ گرم در هر مترمربع بیشتر از آبیاری سطحی بود. این در حالی بود که به‌رغم صرفه‌جویی ۱۰ درصدی مصرف آب در آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی، بهره‌وری آب در این سیستم ۲۱/۴ درصد بیشتر بود. صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۸/۲ و ۸/۷ درصد نسبت به آبیاری سطحی بیشتر بود. بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار در کشت گیاه رزماری در شهر کرمان می‌تواند راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در دوره‌های خشک‌سالی باشد.

واژه‌های کلیدی: **آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، تنش خشکی، شاخص سطح برگ، کرمان، مکش رطوبتی**

مقدمه

محدودیت منابع آب به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیم کشور ایران از یک‌سو و از سوی دیگر رشد روزافزون جمعیت و نیاز آن به محصولات کشاورزی، مسئله کم‌آبی و بحران آب را به‌گونه‌ای بسیار جدی فراروی کشور قرار داده است (Asadi et al., 2012). همچنین افزایش تولید محصولات کشاورزی با هدف غلبه بر تقاضای روزافزون به غذا (Zounemat-Kermani and Asadi, 2014) و داروهای گیاهی، به‌وسیله افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش سطح زیرکشت امکان‌پذیر است که هر یک از این روش‌ها، مشکلات خاصی را به همراه دارند، به‌طوری‌که محدودیت منابع آب، افزایش تولید

* نگارنده پاسخگو: فرزاد حسن‌پور. پست الکترونیک: Farzad.h18@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

از طریق توسعه سطح زیرکشت را محدود می‌سازد (Kang et al., 2012). لذا 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 (Zheng et al., 2013). این در حالی است که مدیریت مصرف آب در این بخش می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش فشار بر منابع آب داشته باشد (Topak et al., 2016).

کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری می‌تواند نمونه بارزی از مدیریت مصرف آب باشد که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد محصول، ارتقاء چشم‌گیر کارایی مصرف آب محصولات را به دنبال دارد (Karandish, 2016; MetinSizen el al., 2010). به‌طوری‌که ارزیابی دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و کارایی مصرف آب بادمجان نشان داد که عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت بادمجان در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به مقادیر به‌دست‌آمده در قطره‌ای سطحی از بازده بالاتری برخوردار بود (Colak et al., 2017). در مطالعه دیگر، ارزیابی روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای قادر به صرفه‌جویی ۱۸ تا ۴۲ درصدی آب و افزایش ۳۵ تا ۱۰۳ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش آبیاری شیاری بود (Ibragimov et al., 2007). همچنین نتایج مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت گیاه دارویی گشنیز نشان از برتری مطلق سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سطحی دارد (Ghamarnia et al., 2012).

این در حالی است که بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که تعیین زمان و میزان آب موردنیاز گیاه، از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در مدیریت آب در مزرعه و افزایش عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه می‌باشند که برآورد غیرواقع این پارامترها خسارات فراوانی به همراه دارد (Zounemat-Kermani et al., 2014; Zheng et al., 2013; Asadi et al., 2012). لذا به‌رغم داشتن مزایای زیاد سیستم آبیاری قطره‌ای، به دلیل عدم داشتن اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان و زمان دقیق آب موردنیاز گیاه، کاربرد این سیستم آبیاری را در زمینه مدیریت آب در مزرعه با نارسایی‌هایی روبرو کرده است (Bozkurt and Mansuroglu, 2011). این در حالی است که با تنظیم برنامه آبیاری از طریق کنترل وضعیت رطوبت موجود در خاک توسط تانسیومتر، می‌توان زمان مناسب و مقدار آب موردنیاز گیاه را مشخص کرد (Wang et al., 2007). در این خصوص نتایج مدیریت فاصله بین دو آبیاری متوالی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که با افزایش فاصله دو آبیاری متوالی تعداد چتر گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس در گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت این در حالی بود که افزایش فاصله دو آبیاری متوالی باعث افزایش تولید اسانس گیاه شد (Rezaei Chiyaneh et al., 2012). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که اعمال تنش خشکی به‌صورت افزایش فاصله بین دو آبیاری متوالی بر گیاه دارویی آویشن باغی موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش توسعه سلولی به‌خصوص در ساقه و برگ گیاه می‌شود (Khosh-Khui et al., 2012).

از طرف دیگر یکی از ابزارهای قابل‌دسترس در زمینه اقتصاد غیرنفتی، توسعه کشت گیاهان دارویی است (Hassan et al., 2013). این در حالی است که در سال‌های اخیر اثرات سوء ناشی از مصرف داروهای شیمیایی باعث افزایش توجه به گیاهان دارویی شده است که با افزایش مصرف آن‌ها نیاز به توسعه کشت، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح ضروری است (Leithy et al., 2006). اکلیل کوهی با نام عمومی رزماری (Rosmarinus officinalis) از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته‌شده دارویی و از خانواده نعناعیان است که از قرن‌ها پیش، برای تقویت حافظه مورداستفاده قرار می‌گیرد. این گیاه مقوی معده و محرک هضم است و تحقیقات متعددی خواص کاهش استرس، تسکین سردرد، تسکین آسم و درمان برونشیت آن را تائید کرده‌اند (Rajoob et al., 2008; Terpinc et al., 2009).

ازآنجاکه مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی در حالی روند صعودی دارد که محدودیت منابع آبی از ویژگی‌های بارز جغرافیایی کشور ایران است و از طرف دیگر نیاز مبرم و روزافزون صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه دارو، توجه به تحقیق پیرامون این دسته از گیاهان ضروری است. این در حالی است که می‌توان با اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه، کمبود و محدودیت منابع آبی کشور را تا حدودی جبران کرد. لذا به دلیل عدم تعیین آستانه پتانسیل شروع آبیاری گیاهان دارویی، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثر سطوح مختلف

www.SID.ir

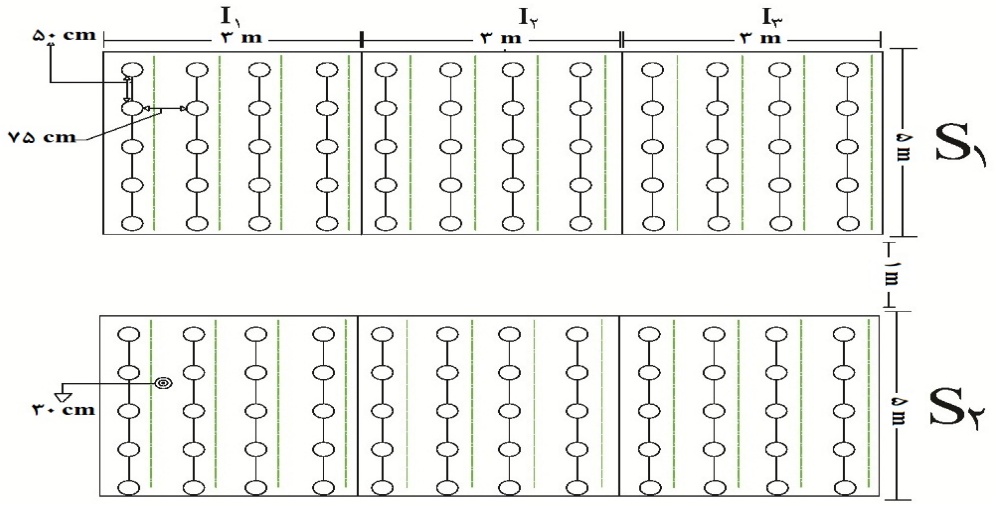
Archive of SID

مکش رطوبتی در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر گیاه دارویی رزماری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی دو سیستم آبیاری در شرایط اعمال سطوح مختلف مکش رطوبتی بر گیاه دارویی رزماری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمینی به مساحت ۴۳۲ مترمربع در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تولید نهال و بذر شهرداری شهر کرمان، به اجرا در آمد. مزرعه موردنظر در محدوده طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه و ارتفاع ۱۷۸۳ متر از سطح دریا قرار دارد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن بیابانی تعیین شد. میانگین سی‌ساله بارندگی، دما و تبخیر از تشت منطقه به ترتیب ۱۲۹ میلی‌متر، ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد و ۲۴۴۸ میلی‌متر است (SCKPMO, 2016). در این آزمایش سه آستانه پتانسیل (I_1=۴۰، I_2=۶۰ و I_3=۸۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی =S_1 و زیرسطحی =S_2) به ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی، مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۳ و طول ۵ متر (شامل ۴ ردیف کشت به فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر (Leithy et al., 2006)) اجرا گردیدند (شکل ۱).

در این تحقیق قبل از عملیات کشت، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب چاه موردمطالعه، تعیین شد که در جداول ۱ و ۲، تجزیه این خصوصیات آمده است. 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 به ترتیب کود نیتروژن از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک مزرعه تزریق شد. در این مطالعه پس از اخذ نشاء یک‌ساله از خزانه ایستگاه تولید نهال و بذر شهرداری کرمان عملیات کشت در اواخر فروردین‌ماه انجام شد. همچنین 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 و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی لوله‌های آب‌رسان در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در هر دو سیستم آبیاری فاصله بین دو قطره‌چکان روی هر لوله آب‌رسان ۵۰ سانتی‌متر بود.



شکل ۱. شماتیک طرح اجراشده (یک تکرار)

Fig 1. Schematic plan is implemented (One Repetition)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات خاک مزرعه **Table 1. The farm soil characteristics**

عمق خاک Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	درصد رطوبت Moisture		وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($gr.cm^{-3}$)	اسیدیته pH	شوری EC (dS/m)	نیتروژن N (%)	فسفات P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)
		Fc	PWP						
0 - 10	Clay	21.65	8.63	1.39	7.91	0.4	0.14	1.3	126.7
10 - 20	Silty Clay	22.39	8.71	1.42	7.94	0.4	0.12	1.2	118.9
20 - 30	Silty Clay	23.42	9.43	1.41	7.92	0.4	0.12	0.9	104.2
30 - 50	Silty Clay	23.75	9.74	1.41	7.96	0.3	0.11	0.9	91.9

جدول ۲. نتایج کیفیت آب **Table 2. The results of water quality**

اسیدیته pH	شوری EC (dS/m)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول Dissolved cations and anions (meq/lit)					
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+
7.1	0.7	4.6	9	-	7	4.2	2.5

پس از انجام عملیات کشت، آبیاری تمامی تیمارها تا چهل روز هر سه روز یک‌مرتبه انجام شد و حجم آبیاری در تمامی تیمارها یکسان و با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد. همچنین پس از اطمینان از استقرار کامل گیاه (چهل روز بعد از کشت) زمان آبیاری بر اساس قرائت از تانسیومترهای فلزی تعیین شد. این تانسیومترها، در سه عمق ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک و در فاصله بیست سانتی‌متری بوته نصب شدند. در این راستا در هر دو سیستم آبیاری، با توجه به‌اندازه‌گیری‌های صورت گرفته ریشه گیاه، از تانسیومتر نصب‌شده در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل اولیه و توسعه رشد و از تانسیومترهایی نصب‌شده در اعماق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده شد. در این مطالعه جهت شروع عملیات آبیاری، تانسیومترها به‌طور کامل کنترل و زمانی که صفحه مدرج تانسیومتر نقطه پتانسیلی موردنظر را نشان داد آبیاری شروع می‌شد و فرآیند آبیاری تا جایی ادامه پیدا کرد که رطوبت موجود در خاک به حد ظرفیت زراعی رسید. به‌طوری‌که در هر نوبت آبیاری از اعماق ۰ تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک، با نمونه‌برداری توسط اوگر نیم اینچ از فاصله بیست سانتی‌متری بوته و از حدفاصل دو قطره‌چکان متوالی، رطوبت موجود در هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس میزان عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه (۱) برآورد گردید (Gheysari et al., 2009):

$$D_I=\sum_{j=1}^{4}\left((\theta_{FCj}-\theta_{BIj})\times D_j\right) \qquad [۱]$$

در این رابطه D_I: عمق آب آبیاری در تیمار برحسب میلی‌متر، Θ_{FCj}: درصد رطوبت حجمی در نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی، Θ_{BCj}: درصد رطوبت حجمی قبل از آبیاری، D_j: عمق نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری رطوبت و j: تعداد لایه‌های اندازه‌گیری شده هستند. حجم آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با ضرب نمودن عمق آبیاری (رابطه ۱) در مساحت هر کرت، به دست آمد (Allen et al., 1998).

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها، شاخص‌های رشد گیاه ازجمله 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 است (Leithy et al., 2006)، لذا برای اندازه‌گیری صفت وزن خشک اندام هوایی 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 حاشیه، از دو ردیف وسط، هر تکرار از هر تیمار، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به مدت سه هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، خشک شد و سپس وزن خشک‌شده اندام رویشی اندازه‌گیری گردید (Leithy et al., 2006). همچنین جهت اندازه‌گیری تعداد شاخه زایا، تعداد شاخه‌های ۱۰ بوته انتخاب‌شده از هر تیمار به‌طور دقیق شمارش گردید.

جهت بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، از زمان اعمال تیمار هر سی روز یک‌مرتبه، از هر تکرار از هر تیمار سه بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد. سپس با اندازه‌گیری مساحت برگ‌های هر بوته با استفاده از دستگاه مساحت‌سنج و میانگین‌گیری از آن‌ها، با در دست

www.SID.ir

Archive of SID

داشتن سطح زمین اختصاص‌یافته به هر بوته (۷۵×۵۰ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ از رابطه ۲ محاسبه شد (Terpinc et al., 2009):

$$LAI=A_i/A_T \qquad [۲]$$

که در آن LAI: شاخص سطح برگ، A_i: مجموع مساحت برگ‌های هر بوته (سانتی‌متر مربع) و A_T: سطح زمین اختصاص‌یافته به هر بوته (سانتی‌متر مربع) است. همچنین با تقسیم وزن خشک اندام رویشی بر حجم آب داده‌شده به هر تیمار، بهره‌وری آب به دست آمد. درنهایت داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد) انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال‌شده بر صفات موردبررسی (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای سطوح پتانسیل و نوع سیستم آبیاری به ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی بر تمامی صفات موردمطالعه در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل دو عامل بر تمامی صفات به‌جز شاخص سطح برگ در سطح اعتماد ۹۹ درصد، تأثیر معنی‌دار داشت.

جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری رزماری **Table 3. Summary of the results of variance analysis**

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی DF	شاخص سطح برگ leaf area index	وزن خشک اندام رویشی Dry weight	ارتفاع بوته Height plant	تعداد شاخه زایا Number of shoots	بهره‌وری آب Water productivity
Block	**تکرار**	2	2.2	5.9	46.3	242.3	0.001
Potential levels (LP)	**سطوح پتانسیل**	2	48.4*	32.6**	236.7**	659.6**	0.005**
Error 1	**خطا ۱**	4	1.5	2.1	28.6	313.3	0.005
Irrigation System (IS)	**سیستم آبیاری**	1	27.8**	84.2**	39.6**	258.1**	0.005**
LP × IS	**اثر متقابل**	2	5.3^{ns}	55.9**	665.8**	963.8**	0.001**
Error 2	**خطا ۲**	6	5.5	3.7	68.1	21.3	0.005

**: معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: Significant at 99 percent confidence level, *: Significant at 95 percent confidence level, ns: Non-significant

میزان و فراوانی آبیاری

در این مطالعه ازآنجاکه حجم آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت در اعماق مختلف خاک به دست آمد، لذا میزان آب مصرفی در دو سیستم آبیاری متفاوت بود. حجم آب مصرفی در کل دوره رشد در سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب ۲۱۳/۵، ۱۶۹/۳ و ۱۰۹/۶ میلی‌متر و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۱۹۷/۷، ۱۵۲/۷ و ۹۵/۱ میلی‌متر بود. در مطالعه‌ای در جنوب شرقی اسپانیا، میزان آب مصرفی گیاه رزماری در کل فصل رشد را در سیستم آبیاری قطره‌ای بین ۵۰ تا ۱۶۷ میلی‌متر برآورد شد (Nicolas et al., 2008). همچنین ازآنجاکه در این آزمایش اعمال تیمارها از ۴۰ روز پس از کشت صورت گرفت لذا هر تیمار تا زمان اطمینان از استقرار کامل بوته، سیزده مرتبه با دور آبیاری ۳ روزه، آبیاری شد. این در حالی است که تنظیم زمان آبیاری بر اساس پتانسیل مکش، علاوه بر حجم آب مصرفی، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است بیشترین فراوانی دور آبیاری در سطح پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار، ۳ روزه بود که ۲۴ مرتبه از زمان اعمال تیمار تکرار شد. این در حالی است که دور آبیاری ۴ روزه با ۲۵ مرتبه تکرار، بیشترین دور آبیاری بود که در سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار رخ داد. همچنین بیشترین دور آبیاری در سطح پتانسیلی ۸۰ سانتی‌بار، ۵ روزه بود که از زمان اعمال تیمار تا انتهای فصل رشد ۱۹ مرتبه تکرار شد. مقایسه حداکثر فراوانی در تیمارهای مختلف مکش و حجم آب مصرفی نشان داد که افزایش دور آبیاری، کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد را موجب شد. به‌نحوی‌که تغییر آستانه مکش جهت شروع آبیاری از ۴۰ به ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب باعث ۲۰/۸ و ۵۱/۱ درصد و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب باعث ۲۱/۶ و ۵۰/۷ درصد کاهش حجم آب مصرفی را در پی داشت.

www.SID.ir

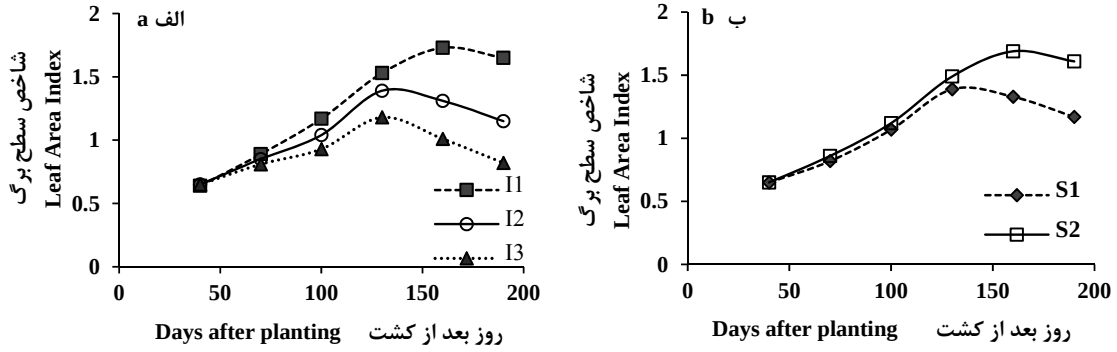
Archive of SID

Table 4. Frequency of irrigation intervals per treatment **جدول ۴. فراوانی دور آبیاری در هر تیمار**

سطوح پتانسیلی	Irrigation Interval (Day) دور آبیاری (روز)					
Level of Potential	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**More than 6**
40 c-bar	18	24	11	-	-	-
60 c-bar	-	7	25	6	-	-
80 c-bar	-	-	5	19	4	2

شاخص سطح برگ

همان‌طور که در شکل ۲ A و B مشخص است، با گذشت زمان این صفت در تمامی تیمارها افزایش یافت، اما پس از رسیدن به یک حد معین، شروع به کاهش نمود که میزان آن بسته به آب موجود در خاک و سهولت استفاده از آن توسط گیاه، متفاوت بود. به‌طوری‌که شاخص سطح برگ در آستانه پتانسیل ۴۰ سانتی‌بار و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب نسبت به دیگر تیمارها، دیرتر به حداکثر رسیدند. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ در بین سطوح آستانه پتانسیل، در شروع آبیاری بر اساس آستانه پتانسیل ۴۰ سانتی‌بار (۱/۷۳) و در بین نوع سیستم آبیاری، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (۱/۶۹) به دست آمد این در حالی بود که روند نزولی این دو تیمار با شیب کمتری نسبت به سایر تیمارها، پس از رسیدن به حداکثر خود رخ داد. لذا ازآنجاکه رشد سطح برگ گیاه به‌طور مستقیم با فتوسنتز مرتبط است، بنابراین هر عاملی که سبب کاهش تولید ماده فتوسنتزی شود، در افزایش سطح برگ محدودیت ایجاد می‌کند (Ram et al., 2006).



شکل ۲. تأثیر سطوح پتانسیلی (الف) و سیستم آبیاری (ب) بر شاخص سطح برگ

Fig 2. Effect of level of potential (A) and irrigation system (B) on leaf area index

در این مطالعه نیز با افزایش فواصل آبیاری و عدم سهولت استفاده از آب، شاخص سطح برگ کاهش یافت. با توجه به این‌که کاهش پتانسیل فشاری اولین اثر مهم بیوفیزیکی تنش آبی است، لذا تنش کم‌آبی با کاهش میزان آب گیاه، باعث ایجاد سلول‌ها چروکیده و سست شدن دیواره سلولی شده و ازآنجاکه تا زمانی سلول به‌اندازه کافی رشد نکند، فرآیند تقسیم انجام نخواهد شد لذا تأثیر کمبود آب بر رشد سلول بیشتر است که درنهایت ممانعت از رشد سلول، منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (Tiaz and Ziger, 1991). در مطالعات متعددی بر محصولات مختلفی نشان داده شد که یکی از مهم‌ترین اثرات تنش آبی، کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است (Nicolas et al., 2008; Kang et al., 2012; Terpinc et al., 2009; Karandish, 2016; Colak et al., 2017) که با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر هم‌خوانی دارند.

وزن خشک اندام رویشی

در بین سطوح آستانه پتانسیل، بیشترین و کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب از نقاط پتانسیلی ۴۰ و ۸۰ سانتی‌بار به دست آمد که کاهش ۴۱/۷ درصدی وزن خشک اندام هوایی را بین این دو سطح در پی داشت. این در حالی بود که نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار علی‌رغم کاهش ۱۶/۳

www.SID.ir

Archive of SID

درصدی در مصرف آب نسبت به آستانه پتانسیل ۴۰ سانتی‌بار، در تولید ماده خشک تنها اختلاف ۱۲/۵ درصدی داشت و ازلحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت. همچنین احتمالاً به دلیل کاهش تلفات تبخیر (Colak et al., 2017)، سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با میانگین تولید ۳۶۸ گرم ماده خشک در مترمربع و با اختلاف ۱۳ درصدی نسبت به مقدار حاصله از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، برتری خود را نشان داد. پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که عدم دسترسی ریشه به آب کافی، با کاهش فشار آماس و درنتیجه کاهش رشد و توسعه سلولی، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد، سطح فتوسنتز کننده، میزان جذب مواد غذایی، ارتفاع بوته و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و تمامی این عوامل درنهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Laribi et al., 2009; Aziz et al., 2009; Bideshki and Arvin, 2010). به‌طورکلی کمبود آب در دسترس گیاه، مانع از به حداکثر رسیدن وزن زیستی گیاه شده که این کاهش می‌تواند به دلیل اثر تنش آبی بر سطح فتوسنتز کننده گیاه باشد (Tiaz and Ziger, 1991). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش تبادل دی‌اکسید کربن، جذب عناصر غذایی و کلروفیل شد که درنهایت کاهش ماده خشک نعنا را در پی داشت (Ram et al., 2006). همچنین تنش آبی در مریم‌گلی به دلیل کاهش در محتوای کلروفیل و فتوسنتز باعث کاهش وزن خشک شد (Bettaieb et al., 2009).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل بر وزن خشک اندام هوایی (جدول ۵) نشان داد که اعمال نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث تولید ۳۷۶ گرم ماده خشک در مترمربع شد و این تیمار ازلحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار گرفت. تنظیم برنامه آبیاری بر اساس نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با تولید ۳۵۲ گرم ماده خشک در مترمربع علی‌رغم صرفه‌جویی ۲۴/۵ درصدی (۳۸ میلی‌متر) در مصرف آب نسبت به شروع آبیاری بر اساس نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، ازلحاظ آماری 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 ۶/۴ درصد بود. همچنین مقدار ماده خشک تولیدشده در نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی علی‌رغم مصرف ۱۰ درصد آب بیشتر نسبت به اعمال همین نقطه پتانسیلی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ۲۴ گرم ماده خشک (۶/۸ درصد) کمتری تولید کرد. لازم به ذکر است که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس آستانه پتانسیل ۸۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، به ترتیب با تولید ۲۷۲ و ۲۹۶ گرم ماده خشک در مترمربع باعث شد این دو تیمار ازلحاظ آماری به ترتیب در جایگاه d و e قرار گیرند.

ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا

با توجه به مقایسه میانگین انجام‌شده توسط آزمون LSD (جدول ۵) می‌توان گفت که صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا متأثر از وضعیت رطوبتی موجود در خاک بودند. به‌طوری‌که ارتفاع بوته نقاط پتانسیلی ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار نسبت به نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار به ترتیب ۱۱ و ۳۱ درصد کمتر بود و ازلحاظ آماری این دو سطح به ترتیب در گروه‌های (b) و (c) قرار گرفتند. همچنین تنظیم برنامه آبیاری بر اساس سطوح ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار باعث تولید به ترتیب ۱۲۲ و ۹۴ شاخه زایا در هر بوته شد که نسبت به ۱۴۰ شاخه زایا تولیدشده در سطح پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار، به ترتیب ۱۲/۸ و ۳۲/۸ درصد کمتر بود. همچنین کاهش تلفات تبخیر آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، علی‌رغم کاهش ۹/۴۵ درصدی در مصرف آب، باعث افزایش ۸/۲ و ۸/۷ درصدی به ترتیب در صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا شد. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت که حفظ رطوبت خاک و سهولت استفاده آن توسط گیاه، افزایش قابل‌ملاحظه ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا را در پی داشت. مطالعات صورت گرفته نشان داد که کاهش میزان آب قابل‌دسترس باعث تغییرات مورفولوژیکی در گیاه شد، به‌طوری‌که با افزایش تنش رطوبتی، رشد زایشی گیاه کاهش یافت (Block et al., 2001). احتمالاً کاهش رطوبت خاک سبب گردید که رقابت برای آب بین بوته‌ها زیاد شد، لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های زیرزمینی (ریشه) اختصاص داد که باعث کاهش اندام رویشی شد (Sardans et al., 2005). از سوی دیگر در دسترس بودن آب کافی برای گیاه، افزایش تورژسانس و درنتیجه افزایش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ را در پی دارد (Khosh-Khui et al., 2012). لذا در مطالعات متعددی نشان داده شد که کاهش رشد رویشی گیاه از اثرات محسوس کم‌آبی روی گیاه است (Ram et al., 2006;

www.SID.ir

Archive of SID

Bettaieb et al., 2009; Ekrena et al., 2012; Vazin, 2013) که با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر هم‌سویند.

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل بر صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا (جدول ۵) در حالی حکم به برتری مطلق اعمال نقاط پتانسیلی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی داد که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس اعمال آستانه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دو صفت تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته را در بهترین جایگاه آماری قرار داد. همچنین اعمال آستانه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اختلاف ۶/۵ درصدی در صفت تعداد شاخه زایا و ۵/۵ درصدی در صفت ارتفاع بوته نسبت به بهترین تیمار، ازلحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت این در حالی بود که اعمال همین سطح در آبیاری قطره‌ای سطحی اختلاف ۱۰/۸ و ۹/۶ درصدی به ترتیب در صفات تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته را با بهترین تیمار در پی داشت و این دو صفت را ازلحاظ آماری در جایگاه c قرار داد. لازم به ذکر است که شروع آبیاری بر اساس آستانه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای سطحی باعث شد که صفت تعداد شاخه زایا با میانگین ۱۳۳ عدد و ارتفاع بوته با میانگین ۶۵/۷ ازلحاظ آماری در جایگاه b قرار گیرند.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه تحت تأثیر سطوح پتانسیل

Table 5. Mean comparison of level of potential on characteristics studied

تیمار	بهره‌وری آب	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	وزن خشک اندام هوایی
Treatment	**Water productivity** ($Kg.m^{-3}$)	**Height plant** (cm)	**Number of shoots**	**Dry weight** ($gr.m^2$)
I_1	1.87 [c]	68.9 [a]	140 [a]	384 [a]
I_2	2.09 [b]	61.3 [b]	122 [b]	336 [b]
I_3	2.19 [a]	47.5 [c]	94 [c]	224 [c]

مقایسه میانگین صفات موردمطالعه تحت سیستم آبیاری

Mean comparison of irrigation system on characteristics studied

تیمار	بهره‌وری آب	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	وزن خشک اندام هوایی
Treatment	**Water productivity** ($Kg.m^{-3}$)	**Height plant** (cm)	**Number of shoots**	**Dry weight** ($gr.m^2$)
S_1	1.95 [b]	62.5 [b]	126 [b]	320 [b]
S_2	2.48 [a]	68.1 [a]	138 [a]	368 [a]

مقایسه میانگین صفات موردمطالعه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح پتانسیل و سیستم آبیاری

Mean comparison of interaction of LP and IS on characteristics studied

تیمار		بهره‌وری آب	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	وزن خشک اندام هوایی
Treatment		**Water productivity** ($Kg.m^{-3}$)	**Height plant** (cm)	**Number of shoots**	**Dry weight** ($gr.m^2$)
I_1	**S_1**	1.91 [d]	65.7 [b]	133 [b]	352 [b]
	S_2	2.17 [b]	68.5 [a]	139 [a]	376 [a]
I_2	**S_1**	2.02 [c]	61.9 [c]	124 [c]	328 [c]
	S_2	2.28 [a]	64.7 [b]	130 [b]	352 [b]
I_3	**S_1**	2.07 [c]	55.1 [e]	110 [e]	272 [e]
	S_2	2.33 [a]	57.8 [d]	116 [d]	296 [d]

I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، S_1 و S_2: به‌ترتیب دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

I_1, I_2 and I_3: soil matric potentials of 40, 60, and 80 centi-bar for initiation of irrigation respectively, S_1 and S_2: Surface and subsurface drip irrigation systems respectively.

بهره‌وری آب

در این پژوهش، همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر تنش خشکی بر صفت بهره‌وری آب، قابل‌ملاحظه بود. لذا با توجه به جدول ۵ می‌توان چنین اذعان داشت که صرفه‌جویی ۲۱/۷ درصدی (۴۴/۶ میلی‌متر) آب سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار نسبت به نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار، باعث افزایش ۱۰/۵ درصدی بهره‌وری آب و صرفه‌جویی ۵۰/۲ درصدی (۱۰۳/۳ میلی‌متر) آب و سطح پتانسیلی ۸۰ سانتی‌بار نسبت به نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار، باعث افزایش ۱۴/۶ درصدی بهره‌وری آب شد و ازلحاظ آماری نقاط پتانسیلی ۸۰، ۶۰ و ۴۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، به ترتیب در جایگاه a، b و c قرار گرفتند. بررسی‌های صورت گرفته نشان از کارآمدی این روش مدیریتی (اعمال تنش خشکی) در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی در تولید گیاهان دارویی داد (Khosh-Khui et al., 2012; Aziz et al., 2009; Shirzad et al., 2011). از دیگر نتایج قابل‌ذکر در خصوص بهره‌وری آب

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان به این موضوع اشاره نمود که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش ۲۱/۴ درصدی بهره‌وری آب شد. در این راستا در مطالعه‌ای افزایش ۱۵ درصدی بهره‌وری آب بادمجان در شرایط استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش شد (Colak et al., 2017). همچنین همان‌طور که از مقایسه میانگی اثر متقابل دو عامل بر صفت بهره‌وری آب مشخص است (جدول ۵) تنظیم برنامه آبیاری بر اساس نقاط پتانسیلی ۸۰ و ۶۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب با بهره‌وری آب ۲/۳۳ و ۲/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب، علاوه بر قرار گرفتن در یک گروه آماری، بهترین جایگاه آماری را نیز دارند. شروع آبیاری با آستانه پتانسیل ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با بهره‌وری آب ۲/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب، ازلحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت. شایان‌ذکر است که تنظیم آبیاری بر اساس ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای سطحی با بهره‌وری آب ۱/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب ازلحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفت.

نتیجه‌گیری

مدیریت آبیاری گیاه دارویی رزماری با استفاده از پتانسیل آب در خاک نشان داد که صرفه‌جویی ۴۴/۶ میلی‌متر آب (۲۱/۷ درصد) بین نقاط پتانسیلی ۴۰ و ۶۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، در شرایطی باعث کاهش ۱۲/۵ درصدی وزن خشک اندام هوایی، ۱۲/۸ درصدی تعداد شاخه زایا و ۱۱ درصدی ارتفاع بوته شد که افزایش ۱۰/۵ درصدی بهره‌وری آب را در پی داشت. از طرف دیگر وزن خشک اندام هوایی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به مقدار ۴۸ گرم در هر مترمربع بیشتر از آبیاری قطره‌ای سطحی بود. این در حالی بود که به‌رغم صرفه‌جویی ۱۰ درصدی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، بهره‌وری آب در این سیستم ۲۱/۴ درصد بیشتر بود. صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۸/۲ و ۸/۷ درصد نسبت به آبیاری سطحی بیشتر بود. همچنین به‌رغم اختلاف معنادار در اثر متقابل آستانه پتانسیل با نوع سیستم آبیاری، وزن خشک اندام هوایی در نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۳۵۲ گرم در مترمربع به دست آمد که با توجه به صرفه‌جویی ۴۴/۶ میلی‌متر آب این تیمار در مقایسه با نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در همان سیستم، تنها افت حدود ۶ درصدی را در پی داشت. همچنین تعداد شاخه زایا و ارتفاع بوته این تیمار با اختلاف به ترتیب ۶/۵ و ۵/۵ درصدی نسبت به آستانه پتانسیل ۴۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دارای بهترین وضعیت بودند. این در حالی بود که بهره‌وری آب در نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حدود ۵ درصد بیشتر از بهره‌وری آب در نقطه پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار 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 درنتیجه افزایش سطح زیر کشت خواهد داشت. ازاین‌رو اعمال نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند در افزایش وزن خشک اندام هوایی، بهره‌وری آب و سطح زیر کشت گیاه دارویی رزماری تأثیر زیادی داشته باشد.

منابع

Allen, R.G., Pereir, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. 300p.

Asadi, R., Kouhi, N., Yazdanpanah, N., 2012. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. Food, Agriculture and Environment. 10, 302-306.

Azizi, A., Yan, F., 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.

Bettaieb, I., Zakhama, N., AidiWannes, W., Kchouk, M.E., Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on Salvia of are fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120, 271-275.

Bideshki, A., 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. [In Persian with English Summary].

www.SID.ir

Archive of SID

Block, E., Birringer, M., Jiang, W., Nakahodo, T., Thompson, H.J., Toscano, P.J., Uzar, H., Zhang, X., Zhu, Z., 2001. Allium chemistry: synthesis, natural occurrence, biological activity and chemistry of se-alk (en) ylselenocysteines and their g-glutamyl derivatives. Agriculture, Food and Chemistry. 49, 458-470.

Bozkurt, S., 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.

Colak, Y.B., Yazar, A., Sesveren, S., Colak, I., 2017. Evaluation of yield and leaf water potential for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Scientia Horticulturae. 219, 10-21.

Ekrena, S., Sonmez, C., Ozcakal, E., Kurttas, Y.S.K., Bayram, E., Gurgulu, E., 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.

Ghamarnia, H., Bashi, M., Ghobadi, M., 2012. Evaluation of different irrigation levels on seed yield and water use efficiency of coriander plant in semi-arid region. 2(3), 15-24. [In Persian with English Summary].

Gheysari, M., Mirlatif, S.M., Homaee, M., Asadi, M.E., Hoogenboom, G., 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management. 96(6), 946-954.

Hassan, F., Bazaid, S., Ali, E., 2013. Effect of deficit irrigation on growth, yield and volatile oil content on *Rosmarinus officialis* L. plant. Medicinal Plant Studies. 3, 12-21.

Ibragimov, N., Evett, S.R., Esanbekov, Y., Bakhtiyar, S., Lutfullo, M., Lamers, P.A., 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. Agricultural Water Management. 90, 112-120.

Kang, Y., Wang, R., Wan, S., Hu, W., Jiang, S., Liu, S., 2012. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in arid region with saline ground water of Northwest China. Agricultural Water Management. 109, 117-126.

Karandish, F., 2016. Improved soil-plant water dynamics and economic water use efficiency in a maize field under locally water stress. Agronomy and Soil Science. 62(9), 1311-1323.

Khosh-Khui, M., Ashiri, F., Sahakhiz, M.J., 2012. Effects of irrigation regimes on antioxidant activity and total phenolic content of *Thymus vulgaris* L. Medicinal and Aromatic Plants. 1, 1-7. [In Persian with English Summary].

Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Brahim, M., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Products. 30, 372-379.

Leithy, S., El-Meseir, T., Abdallah, E., 2006. Effect of Bio fertilizer, Cell Stabilizer and Irrigation Regime on Rosemary Herbage Oil Yield and Quality. Journal of Applied Sciences Research. 2(10), 773-779.

MetinSizen, S., Gülendam, C., Attila, Y., Servet, T., Burcak, K., 2010. Effect of irrigation management on yield and quality of tomatoes grown in different soilless media in a glasshouse. Scientific Research and Essay. 5(1), 041-048.

Nicolas, E., Ferrandez, T., Rubio, S., Alarcon, J., Sanchez, J., 2008. Annual water status, development and flowering patterns for *Rosmarinus officinalis* plants under different irrigation conditions. Hortscience. 43, 1580-1585.

Rajoob, Am, Massadeh, A., 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.

Ram, D., Ram, M., Singh, R., 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. Bioresource Technology. 97, 886- 893.

Rezaei Chiyaneh, E., Zehtab Salmasi, S., Ghassemi Golezani, K., delazar, A., 2012. Effect of irrigation treatments on yield and yield components of three fennel (*Foenicolum vulgare* L.) landraces. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science. 22(4), 58-70. [In Persian with English Summary].

Sardans, J., Roda, F., Penuelas, J., 2005. Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. Environmental and Experimental Botany. 53, 1-11.

www.SID.ir

Archive of SID

SCKPMO (Statistical Calendar of Kerman Province Meteorological Organization). 2016.

Shirzad, S., Hosein, A., Daliri, 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.

Taiz, L., Ziger, E., 1991. Plant Physiology. Benjamin Publication. p. 346-356.

Terpinc, P., Bezjak, M., Abramovic, H., 2009. A kinetic model for evaluation of the antioxidant activity of several rosemary extracts. Food Chemistry. 115(2), 740-744.

Topak, R., Acar, B., Uyanoz, R., 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.

Vazin, F., 2013. Water stress effects on Cumin (*Cuminum cyminum* L.) yield and oil essential components. Scientia Horticulturae. 151, 135-141.

Wang, D., Kang, Y., Wan, S., 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. Agricultural Water Management. 87,180-186.

Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L., Huang, Q., Xu, X., 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.

Zounemat-Kermani, M., Asadi R., 2014. Effect of soil matric potential and irrigation pipe layout on yield and water use efficiency of cucumber's in greenhouse. Water and Irrigation Management. 4(2), 203-214. [In Persian with English Summary].

www.SID.ir