نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۳، آذر - دی ۱۳۹۸، ص. ۱۴۵۹-۱۴۵۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 13, Dec.-Jan. 2019, p. 1451-1459

تأثیر آبیاری ناقص ریشه با آب شور و شیرین بر برخی از ویژگی‌های گیاه زنیان در یک اقلیم خشک

مهدی کلانکی[۱]، فاطمه کاراندیش*[۲]، پیمان افراسیاب[۳]، عیسی خمری[۴] و سید محمود طباطبایی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۸

چکیده

بحران آب شیرین و شوری خاک مهم‌ترین عوامل محدود کننده کشاورزی در مناطق خشک محسوب می‌شوند، در چنین شرایطی بهره‌برداری سازگار با محیط زیست همچون کشت گیاهان دارویی می‌تواند راهبردی هوشمندانه برای این مناطق باشد. بدین منظور، آزمایش مزرعه‌ای با چهار تیمار و سه تکرار، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان زهک طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش، استراتژی‌های مختلف آبیاری بودند که شامل آبیاری کامل با آب شیرین (F.FI)، آبیاری ناقص ریشه با آب شیرین (F.PRD)، آبیاری ناقص ریشه با آب شور (S.PRD) و آبیاری ناقص ریشه با آب شور و شیرین به صورت تناوبی (SF.PRD) می‌شوند. نتایج بدست آمده بیانگر این بود که بیش‌ترین مقادیر ارتفاع، تعداد چتر، شاخه‌های جانبی، وزن هزار دانه و عملکرد گیاه در تیمار F.FI بدست آمد و مقادیر آن‌ها، به ترتیب، ۴۶/۱ cm، ۴۲ عدد، ۱۰ عدد، ۰/۸۶ گرم و ۲۹۳ کیلوگرم بر هکتار بود. با این وجود، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر عملکرد تیمار F.FI با تیمارهای F.PRD و SF.PRD مشاهده نشد. لذا می‌توان آبیاری ناقص ریشه با آب شور و شیرین را به عنوان بهترین راهکار کاهش مصرف آب شیرین در اقلیم‌های خشکی همچون منطقه سیستان برای کشت این گیاه دارویی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری ناقص ریشه، آب شور، زنیان، سیستان

مقدمه

بحران آب شیرین، مهم‌ترین عاملِ محدودیت تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده (Shahrokhnia and Sepaskhah, 2016) که منتهی به استفاده از منابع آب‌های نامتعارف، همچون منابع آب شور، در اراضیِ تحت کشتِ آبی در این نواحی شده است. اگرچه این گزینه، راهکاری منطقی در شرایط بحران محسوب می‌شود، لکن، مصرف بدون مدیریت چنین منابعی در بخش کشاورزی، فرایند شوری خاک را تسریع نموده که در درازمدت می‌تواند تهدیدی جدی برای توسعه‌ی پایدار کشاورزی در این مناطق محسوب شود. شوری خاک، به عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های زنده در سال‌های اخیر (Karandish and Šimůnek, 2018)، موجب کاهش پتانسیل آب برگ، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه برگ، اختلال در جذب مواد غذایی، عناصر اساسی و در نهایت کاهش محصول می‌شود (Ashraf and Orooj, 2006). با این وجود، چنانچه کاربرد آب‌های شور در کشاورزی با مدیریتی صحیح صورت گیرد، علاوه بر رفعِ نسبیِ معضل بحران آب شیرین در مناطق خشک، می‌تواند به حفظ منافع اقتصادی و زیست‌محیطی نیز کمک شایانی نماید.

تلفیق کاربرد آب شور با روش‌های آبیاری صرفه‌جو، یکی از گزینه‌های مدیریتی نوین در بخش کشاورزی است که در صورت اعمال در سطوح مطلوب، می‌تواند میزان صرفه‌جویی آب شیرین را دوچندان کند. از میان روش‌های متعددِ آبیاریِ صرفه‌جو، روش آبیاری ناقص ریشه، که اولین بار بر روی درخت انگور در سال ۱۹۹۸ ارائه شد (Dry and Loveys, 1998)، یکی از روش‌های کارآمدی است که تحت مدیریت صحیح، می‌تواند کارآیی مصرف آب را افزایش دهد (Karandish and Simunek, 2016). برخی محققان، عملکرد مطلوب آبیاری ناقص ریشه را به بهینه شدن نسبت فتوسنتز به

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
۴- استادیار گروه زراعت، دانشگاه زابل
۵- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
(* - نویسنده مسئول: (Email: Karandish_h@yahoo.com

مجموع تبخیر–تعرق گیاه نسبت داده‌اند که می‌تواند در نتیجه‌ی کاهش سطح تبخیر، افزایش انتقال سیگنال‌های محافظ سلول و بهینه کردن میزان بازشدگی روزنه در گیاه رخ دهد (Chai et al., 2016; Alrajhi et al., 2017). پژوهشگران متعددی، مزیت اتخاذ این روش را در مقایسه با روش کم‌آبیاری برای گیاهانی همچون سیب‌زمینی، ذرت، انگور، مرکبات، سبزیجات برگی، بادمجان و گلرنگ ذکر نموده‌اند (Shahrokhnia and Sepaskhah, 2016; Chai et al., 2016 Karandish and Šimůnek, 2016 and 2018). کاراندیش و سیمیونک بیان داشتند که افزایش قابلیت نگهداشت آب تحت آبیاری ناقص ریشه، یکی از مهم‌ترین مزایای نسبی این روش است که می‌تواند منتج به افزایش قابلیت جذب آب به وسیله‌ی ریشه‌ی گیاه، و در نهایت، حفظ محصول در حد مطلوب و افزایش کارآیی مصرف آب شود (Karandish and Šimůnek, 2016).

یکی از راهکارهای مدیریتی برای تولید محصول در مناطق خشک، استفاده از ارقام متحمل به شوری و خشکی ازجمله برخی از گونه‌های گیاهان دارویی است. زنیان، با نام علمیِ *Trachyspermum copticum* یا *Carum copticum* از تیره چتریان (*Apiaceae* یا *Umbelliferae*)، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که به صورت بالقوه، قابلیت کشت در منطقه‌ی سیستان را دارد. این گیاه خواص متنوعی همچون خواص کاهنده کلسترول خون، ضد عفونت‌های قارچی، ضد نفخ و آرام بخش است (Nagalakshmi and Shankaracharya, 2000). نتایج بررسی اقتصادی کشت گیاهان دارویی در مناطق گرمسیری ایران حاکی از برتری نسبی کشت گیاه زنیان نسبت به گیاه بارهنگ بود (Ghaffari Moghadam et al., 2016). تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاریِ بین ۰/۳ تا ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر حاکی از آن بود که افزایش سطح شوری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه زنیان از ۲۰۲/۷ به ۹۶/۷ گرم بر مترمربع می‌شود (دوازده‌امامی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین پژوهشی در منطقه بیرجند نشان داد با تغییر تاریخ کشت از ۱۵ آذر تا ۱۰ اردیبهشت میزان آب مصرفی از ۶۸۰ به ۸۰۰ لیتر افزایش می‌یابد (Nassiri et al., 2014). اگرچه پژوهش‌های مختلفی تأثیرات آبیاری ناقص ریشه را در شرایط اقلیمی و گیاهان مختلف سنجیده‌اند، لکن اکثر آنها معطوف به گیاهان زراعی و باغی بوده و گیاهان دارویی، کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. علاوه بر آن، کاربرد آب شور در تلفیق با آبیاری ناقص ریشه نیز به ندرت مورد توجه محققان بوده است. بدین منظور، کارآمدی روش‌هایی مبتنی بر تلفیق روش‌های آبیاری ناقص ریشه با آب شیرین، شور و یا هر دوی آن‌ها نسبت به آبیاری کامل با آب شیرین به لحاظ تغییرات در خصوصیات رشدی و پارامترهای کمی گیاه زنیان در منطقه سیستان مورد ارزیابی قرار گرفت.

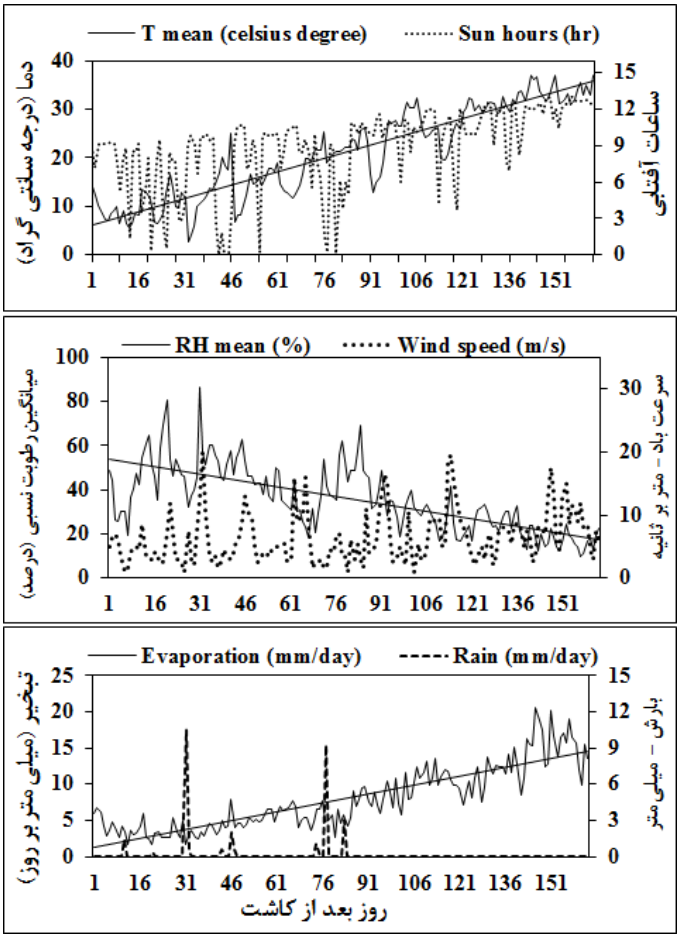
مواد و روش‌ها

این پژوهش طی یک فصل زراعی در سال ۹۶–۱۳۹۵، در ایستگاه تحقیقات کشاورزیِ بقیه‌الله الاعظم، واقع در پژوهشکده‌ی کشاورزی دانشگاه زابل، در زمینی به ابعاد تقریبی ۱۶۸ متر مربع (۱۴ متر طول و ۱۲ متر عرض) روی گیاه زنیان انجام شد. بر اساس آمار بلندمدت ایستگاه هواشناسی زهک طی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۵، میانگین سالانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر منطقه به ترتیب ۴۵/۹ میلی‌متر، ۱۵/۶ و ۳۰/۵ درجه سلسیوس است. منطقه‌ی سیستان بر اساس سیستم طبقه‌بندیِ دومارتن، در محدوده‌ی اقلیمیِ فراخشک قرار دارد. شکل (۱) تغییرات پارامترهای هواشناسی را طی دوره کشت (۱۵ دی تا ۲۵ خرداد) نشان می‌دهد. همچنین ویژگی‌های خاک منطقه، که با نمونه‌برداری قبل از شروع آزمایش تعیین شد، در جدول (۱) ارایه شده است.

پژوهش حاضر به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای طرح شامل آبیاری کامل با آب شیرین (F. FI)، آبیاری ناقص ریشه با آب شیرین (F. PRD)، آبیاری ناقص ریشه با آب شور (S. PRD) و آبیاری ناقص ریشه با آب شور و شیرین (SF. PRD) بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در ابتدای فصل

عمق (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	EC (dS/m)	pH	Na	Ca	Mg	SAR
							(meq/lit)			
۲۰–۰	۴۷	۳۲	۲۱	لوم	۵/۹۱	۸/۰۹	۸۵/۶۲	۴۱۲	۱۸۰۵	۲/۷۵
۴۰–۲۰	۴۹	۳۱	۲۰	لوم شنی رسی	۴/۸۶	۸/۱۳	۸۲/۴۱	۳۵۰	۲۳۷۵	۲/۲۶
۶۰–۴۰	۶۴	۱۸	۱۸	لوم سیلتی	۴/۸۵	۸/۰۵	۶۴/۵۷	۵۲۳	۱۳۱۳	۲/۱۶
۸۰–۶۰	۶۸	۱۵	۱۷	لوم سیلتی	۴/۴۵	۷/۹۷	۱۲۱/۲۰	۴۲۵	۱۹۶۳	۱/۷۸



شکل ۱- اطلاعات هواشناسی طی دوره رشد در فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵

هرکدام از کرت‌های اختصاص یافته به تیمارها دارای ۳ متر طول و ۲/۵ متر عرض بودند که با فواصل یک متری به منظور کاهش اثرات حاشیه‌ای از یکدیگر جدا شدند. داخل هر کرت پنج جوی و چهار پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد و بذرها در تاریخ ۱۵ دی ماه به صورت خطی، و با آرایش ردیفی بر روی پشته‌ها کاشته شد. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام گرفت. مطابق با عرف منطقه، از ابتدای تاریخ کاشت تا اواسط فروردین ماه به علت دمای هوای پایین‌تر، ساعات آفتابی کمتر، رطوبت نسبی بالاتر (شکل ۱)، قرار داشتن گیاه در مراحل ابتدایی رشد و در نتیجه تبخیر-تعرق کمتر دور آبیاری بین پنج تا هشت روز در نظرگرفته شد. لکن از اواخر فروردین به علت تغییرات جوی، واقع شدن گیاه در فاز رشد سریع و به تبع آن افزایش تبخیر-تعرق آبیاری‌ها با دور سه تا پنج روز انجام گرفت. کشاورزان منطقه برای آبیاری این گیاه از آب شیرین استفاده می‌نمایند لکن از حجم آب مصرفی سالانه آنها برای کشت این گیاه آماری موجود نیست. در تیمار آبیاری کامل، عمق خالص آبیاری، با هدف رساندن رطوبت لایه‌های مختلف خاک به حد ظرفیت زراعی، بر اساس رابطه‌ی (۱) در هر نوبت آبیاری محاسبه شد (Karandish and Simunek, 2016 and 2018).

$$d_N = \sum_{i=1}^{n} (\theta_{f_{ci}} - \theta_i)\Delta z_i \quad (۱)$$

در معادله فوق، d_N عمق خالص آب آبیاری (mm)، θ_{fci} رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی ($m^3\ m^{-3}$)، و θ_i رطوبت خاک قبل از آبیاری در لایه‌ی iام ($m^3\ m^{-3}$)، Δz ضخامت هر لایه از خاک (mm)، و n شماره هر لایه از خاک می‌باشد. بدین منظور، یک روز قبل از آبیاری، نمونه‌های خاک به وسیله اوگر از سطح خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری با فواصل عمقی ۲۰ سانتی‌متری برداشت شد.

قبل از شروع دوره‌ی اعمال تیمار، تمامی کرت‌ها حجمی آبی یکسان و معادل آن‌چه در تیمار آبیاری کامل عرضه شد، دریافت نمودند. تیمارهای آبیاری، پس از استقرار گیاهچه، و از ۱۰۸ روز بعد از کاشت تا انتهای فصل رشد اعمال شدند. دلیل این امر، آن است که اغلب گیاهان، حساسیت بالایی به تنش آبی در مراحل ابتدایی رشد داشته و اعمال کم‌آبیاری در این دوره، نتایج مطلوبی را به همراه نخواهد داشت (Li et al., 2016; Karandish and Simunek, 2016). علاوه بر آن، تاثیرات منفی تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی

گیاه زنیان بیش‌تر از تنش شوری می‌باشد (برومندرضازاده و کوچکی، ۱۳۸۴). لذا اعمال تیمارهای آبیاری تا استقرار کامل گیاه به تعوق افتاد و به ۱۰۸روز بعد از کاشت (دوم اردیبهشت) موکول شد. آب شیرین مورد استفاده از چاه‌نیمه‌ها و آب شور نیز از چاه آب شور پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تامین گردید. ویژگی‌های کیفی منابع آب مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه، با هدف خشک نگاه داشتن نیمی از سیستم ریشه، در هر نوبت آبیاری در طول دوره‌ی اعمال تیمارها، آبیاری جوی‌ها به صورت یک در میان انجام شد. در این تیمارها، جوی‌های خشک و مرطوب پس از هر دو نوبت آبیاری تعویض شدند.

در انتهای فصل رشد با حذف اثرات حاشیه‌ای، ۱۰ بوته از مرکز کرت به صورت تصادفی انتخاب شدند و اندازه‌گیری صفات مورد بررسی روی آنها انجام گرفت. براین اساس، ارتفاع بوته‌ها (از طوقه تا انتهای ساقه‌ی اصلی) با استفاده از خط کش فلزی اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه‌های منشعب از شاخه اصلی به عنوان تعداد شاخه‌های جانبی شمارش شد. همچنین از آنجایی که زنیان دارای گل‌آذین چتری است، شمارش چترهای حاوی بذر در هنگام برداشت محصول به عنوان تعداد چتر مد نظر قرار گرفت (Ashraf and Orooj, 2006; Azhar *et al*., 2011).

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب‌های مورد استفاده در پژوهش

نوع آب	EC (dS/m)	pH	SAR	So_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+
				(meq/lit)						
آب شور	۶/۳	۷/۶	۱۱/۶	۲۴/۱	۳۱/۵	۹/۴	۰/۲۵	۱۴/۵	۱۳/۶	۳۰/۹
آب شیرین	۱/۳	۸/۲	۶/۴	۱۴/۸	۱۸	۵/۸	۰/۰۸	۹/۵	۱۱/۳	۱۴/۶

نتایج و بحث

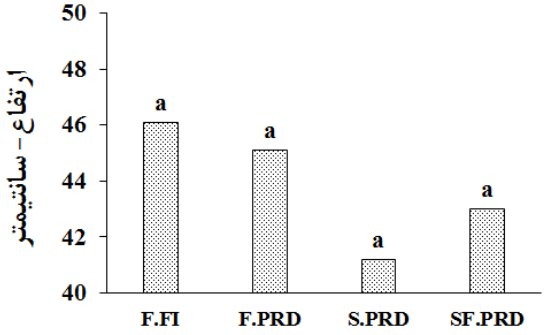
ارتفاع گیاه

هرچند که در برخی از مناطق از اندام‌های هوایی گیاه زنیان شامل برگ و برخی از قسمت‌های نازک ساقه‌های استفاده‌های محدودی می‌شود. ولی مقدار ماده موثره‌ی تولیدی از آن‌ها نسبت به بذر به مراتب کم‌تر است. لکن بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه به منظور کسب دانش و تحلیل عکس العمل گیاه نسبت به تیمارهای مورد بررسی می‌تواند مورد توجه باشد. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر ارتفاع گیاه نشان داد که تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشتند (جدول ۳). کم‌ترین و بیش‌ترین ارتفاع گیاه، به ترتیب در تیمارهای S.PRD (۴۱/۲ سانتی‌متر) و F.FI (۴۶/۱ سانتی‌متر) بدست آمد (شکل ۲) که کاهش آن تنها ۱۱ درصد بود. این نتایج حاکی از اثر بهینه آبیاری ناقص ریشه بوده که حتی توانسته است اثرات منفیِ استعمال آب شور بر ارتفاع گیاه را تا حدی کاهش دهد. زیرا تنش‌های اسمزی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش ارتفاع گیاه زنیان می‌باشند (Ashraf and Orooj, 2006; Azhar *et al*., 2011). پژوهش‌های مختلفی گواهی می‌دهند که آبیاری کامل با آب شور به طور محسوسی موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. این در حالی است که تأثیر منفیِ شوری آب آبیاری بر ارتفاع گیاه می‌تواند تحت آبیاری ناقص ریشه تقلیل یابد (Karandish and Simunek, 2018). علت این رخداد می‌تواند به توسعه بهتر ریشه، جذب مناسب آب و مواد غذایی و تجمع کمتر املاح در خاک نسبت به کم‌آبیاری‌ها مرتبط شود (Chai et al., 2016; Alrajhi et al., 2017). خالقی و همکاران (۱۳۹۶) طی پژوهشی بر روی گیاه آفتابگردان دریافتند که استعمالِ متناوبِ آب شور و شیرین تحت آبیاری ناقص ریشه می‌تواند از کاهشِ معنی‌دارِ ارتفاع گیاه پیش‌گیری نماید. پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که یافته‌های آنها مبین تأثیر مثبت اعمال آبیاری ناقص ریشه بر جلوگیری از کاهش معنی‌دارِ ارتفاع گیاه، برای گیاهانی همچون کتان (Du et al., 2006)، ذرت و گندم (Kang and Zhang, 2004) بوده است. به عبارت دیگر این مطالعات نشان داده‌اند، آبیاری ناقص ریشه ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، مانع کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه می‌شود. با این وجود، کاهش ارتفاع گیاه آویشن و رزماری نیز تحت اثر تیمارهای آبیاری ناقص ریشه مشاهده شده است (ذونعمت کرمانی و اسدی، ۱۳۹۷؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۷). از طرف دیگر موسوی و همکاران افزایش ارتفاع گیاه کلزا را تحت تاثیر آبیاری ناقص ریشه گزارش نمودند (Mosavei et al., 2010). در مجموع، علت این اختلافات را می‌توان به متفاوت بودن خصوصیات فیزیولوژیکی و ساختارهای انطباق پذیری گیاهان، نحوه اعمال تیمارها، بافت و ساختمان خاک، شرایط محیطی و اقلیمی نسبت داد (Sepaskhah and Ahmadi, 2010; Chai et al., 2016).

به طور کلی، تنش‌های خشکی موجب کاهشِ ارتفاع گیاه در شرایط کم‌آبیاری معمولی می‌شود. این نتیجه برای گیاهانی مانند بومادران (Sharifi Ashoorabadi et al., 2005)، اسفرزه، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه (لباس‌چی و شریفی عاشورآبادی، ۱۳۸۳) مشاهده شده است. پژوهشگران، کاهش تقسیم سلولی و کوچک شدن اندازه سلول را یکی از مهم‌ترین عوامل تقلیل ارتفاع گیاه برشمرده‌اند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه زنیان تحت تأثیر روش آبیاری و اصلاح کننده‌ها

میانگین مربعات MS						
منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های جانبی	تعداد چتر	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۸/۲^{ns}	۱/۰*	۱۹/۰^{ns}	۰/۰^{ns}	۱۶۹۱/۴*
آبیاری	۳	۱۴/۴^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۱۳/۳*	۰/۰۱**	۱۳۰۶/۱*
خطا	۶	۹/۳	۰/۱۹	۴/۳	۰/۰	۲۵۵/۸
ضریب تغییرات	–	۷/۰	۴/۶	۵/۳	۴/۰	۵/۸



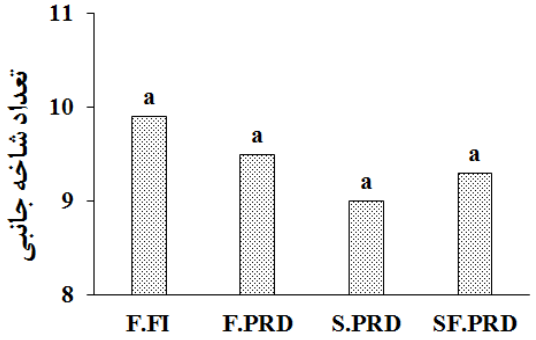
شکل ۲- اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع گیاه

تعداد شاخه‌های جانبی

اثر تیمارهای مورد بررسی بر شاخه‌های جانبی نیز معنی‌دار نبود (جدول ۳). کم‌ترین و بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی به ترتیب در تیمارهای S.PRD (۹ عدد) و F.FI (۱۰ عدد) مشاهده شد. شکل ۳ نشان می‌دهد که در مجموع، اعمال آبیاری ناقص ریشه در تیمارهای F.PRD، SF.PRD و S.PRD، به ترتیب منتج به تنها ۴/۰، ۶/۱ و ۹/۱ درصد کاهش در تعداد شاخه‌های جانبی در مقایسه با تیمار F.FI شده است. کاهش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه زنیان تحت کم‌آبیاری معمولی در پژوهش رضوی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شده است. دلیل این مساله در پژوهش‌های پیشین، اختلال در فتوسنتز گیاه، تعرق و دیگر فرآیندهای متابولیک تحت تنش آبی ذکر شده است که آبیاری ناقص ریشه موجب تقلیل این تنش‌ها می‌گردد (Kang and Zhang, 2004; Du et al., 2006; Chai et al., 2016).

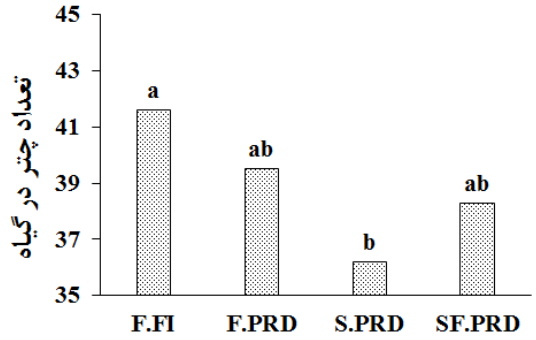
تعداد چتر در گیاه

اثر تیمارهای مورد بررسی بر تعداد چتر در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). کم‌ترین و بیش‌ترین اثر تیمارها بر تعداد چتر به ترتیب در تیمارهای S.PRD (۳۶ تعداد) و F.FI (۴۲ تعداد) بدست آمد (شکل ۴). مقایسه تیمارهای آبیاری مورد بررسی بیانگر کاهش ۵ و ۸ درصدی برای تیمارهای F.PRD و SF.PRD نسبت به F.FI بدون تفاوت معنی‌دار بود همچنین با کاهش ۱۳ درصدی تفاوت معنی‌داری در تیمار S.PRD نسبت به F.FI مشاهده شد. علت چنین رخدادی را می‌توان علاوه بر فرآیند تنظیم فتوسنتزی، به بهبود رشد ریشه و جذب بهتر مواد غذایی در روش PRD منسوب نمود.



شکل ۳- اثر تیمارهای آبیاری بر تعداد شاخه‌های جانبی گیاه

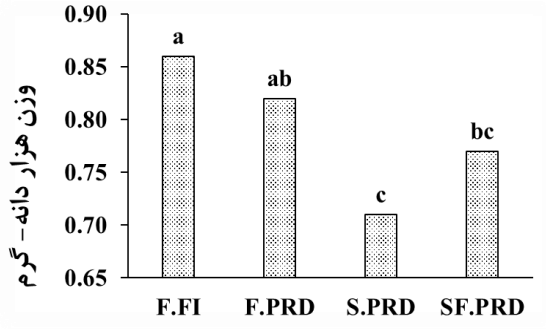
زیرا خشک و تر نمودن متناوب منطقه ریشه موجب افزایش رشد ریشه‌های ثانویه و حجم ریشه شده (Chai et al., 2016; Karandish and Simunek, 2017) و افزایش حجم ریشه منتج به بهبود هدایت هیدرولیکی خاک، جذب آب و مواد غذایی می‌گردد (Kang and Zang, 2004). توسعه ریشه موجبات آبشویی بهتر املاح از ناحیه ریشه را فراهم می‌آورد. این پدیده ممکن است، موجب بهبود نتایج در روش SF.PRD شده باشد. لکن از آنجایی که حجم ریشه و وضعیت شوری خاک در ناحیه ریشه در این پژوهش مورد بررسی قرار نگرفته است، نمی‌توان با اطمینان کامل آن را بیان داشت. از طرف دیگر گزارش شده است، تنش‌های ملایم ناشی از آبیاری ناقص ریشه موجب بهبود حجم ریشه می‌شود ولی تنش‌های شدیدتر می‌تواند فاکتورهای رشد ریشه را کاهش دهد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۳). این نکته نیز می‌تواند، دلیلی بر کاهش تعداد چتر در تیمار S.PRD باشد، به طورکلی نتایج بدست آمده از این روش در مقایسه با کم آبیاری معمولی برای گیاهان زنیان و رازیانه (رضوی زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ Moussavi-Nik et al., 2011; Moosavi, 2011) به مراتب بهتر بوده است.



شکل ٤- اثر تیمارهای آبیاری بر تعداد چتر در گیاه

وزن هزار دانه

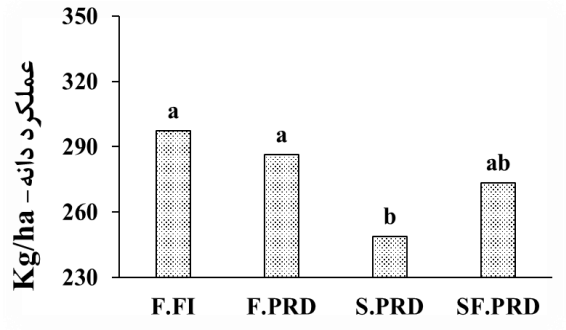
جدول ۳، بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری در سطح ۱٪ بر صفت وزن هزار دانه می‌باشد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر وزن هزار دانه مربوط به S.PRD و F.FI به ترتیب با ۰/۷۱ و ۰/۸۶ گرم بود (شکل ۵). وزن هزاردانه تحت F.PRD، SF.PRD و S.PRD به ترتیب ۵، ۱۰و ۱۷ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت. زیرا تنش شوری می‌تواند موجب کاهش طول پرشدن دانه و کاهش سنتز مواد گیاهی گردد (Nabizadeh marvdashti et al., 2003). علاوه بر آن، تنش آبی و کم‌آبیاری معمولی غالباً موجب کاهش وزن هزار دانه گیاه می‌گردد (Gholinezhad et al., 2015; Leithy et al., 2015). به گونه‌ای که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز موجب کاهش ۴۰ درصدی در وزن هزار دانه زنیان شده است (Moussavi-Nik et al., 2011). با وجود اینکه برخی از یافته‌ها حاکی از عدم کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد تحت روش PRD بوده‌اند (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۲؛ خالقی و همکاران، ۱۳۹۶). برخی از گزارش‌ها کاهش معنی‌دار آن را اعلام نموده‌اند (Mousavi et al., 2010; Sezen et al., 2011). این محققین، کاهش رطوبت ناحیه ریشه و متعاقباً کاهش آماس سلول را از دلایل آن ذکر نموده‌اند.



شکل ۵- اثر تیمارهای آبیاری بر وزن هزار دانه

عملکرد دانه

تیمارهای آبیاری تأثیری در سطح ۵٪ بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). کم‌ترین و بیش‌ترین اثر بر عملکرد دانه به ترتیب در S.PRD با ۲۴۹ و F.FI با ۲۹۷ کیلوگرم بر هکتار به وقوع پیوست. لیکن بین تیمارهای F.FI، F.PRD و SF.PRD تفاوت معنی‌داری بر عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل ۶). برخی از محققان بیان نموده‌اند که افزایش رشد گیاه رابطه مستقیمی با عملکرد دانه داشته و می‌تواند آن را افزایش دهد (Chai et al., 2016). عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری ناقص ریشه و آبیاری کامل در مورد عملکرد دانه گیاه طی بسیاری از پژوهش‌ها به اثبات رسیده است (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۲؛ قدمی فیروزآبادی، ۱۳۹۴؛ Fu et al., 2017; Ghasemi-Aghbolaghi and Sepaskhah, 2018). محققان، نتایج قابل قبول آبیاری ناقص ریشه در عملکرد گیاه را به تنظیم بهینه روزنه گیاه و در نتیجه انجام فتوسنتز مناسب (Kang and Zang, 2004) و جذب بیشتر مواد غذایی (Alrajhi et al., 2017) منسوب نموده‌اند. از طرف دیگر، تأثیر متقابل افزایش پتانسیل اسمزی خاک به علت استفاده مداوم از آب شور و بروز تنش‌های حرارتی به علت افزایش دمای هوا طی فاز زایشی گیاه می‌تواند از جمله دلایل کاهش معنی‌دار عملکرد و برخی از اجزای آن تحت تیمار S.PRD باشد.



شکل ٦- اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه

حجم آب مصرفی و درصد صرفه‌جویی

حجم آب مصرفی تحت کیفیت‌های مختلف آب آبیاری و درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین مطابق جدول ۴ می‌باشد. بیش‌ترین حجم آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل با ۸۹۴۳ مترمکعب بر هکتار و بعد از آن تیمارهای آبیاری ناقص ریشه هر کدام به میزان ۵۴۳۹ مترمکعب بر هکتار آبیاری شدند. در تیمار آبیاری ناقص ریشه با آب شور (S.PRD) و متناوب شور- شیرین (SF.PRD) به ترتیب ۲۱۰۲ و ۱۰۸۷ مترمکعب بر هکتار به مصرف آب شور اختصاص یافت. بدین ترتیب در مصرف آب شیرین تحت تیمار F.PRD، S.PRD و SF.PRD به ترتیب ۳۹، ۶۳ و ۵۱ درصدجویی گردید.

جدول ٤- عمق آب مصرفی و درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین تحت تیمارهای مورد بررسی

تیمار آبیاری	آب شیرین ($m^3\ ha^{-1}$)	آب شور ($m^3\ ha^{-1}$)	مجموع آب مصرفی ($m^3\ ha^{-1}$)	صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین (درصد)
F.FI	۸۹۴۳	—	۸۹۴۳	—
F.PRD	۵۴۳۹	—	۵۴۳۹	۳۹
S.PRD	۳۳۳۷	۲۱۰۲	۵۴۳۹	۶۳
SF.PRD	۴۳۵۲	۱۰۸۷	۵۴۳۹	۵۱

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر با هدف معرفی بهترین مدیریت آبیاری برای کشت گیاه دارویی زنیان به عنوان یکی از گیاهان بومیِ پرطرفدارِ جنوب شرق کشور طی یک فصل زراعی در دانشگاه زابل انجام گرفت. دستاوردهای حاصل از این پژوهش، گویای آن بود که آبیاری ناقص ریشه متناوب شور-شیرین، آبیاری ناقص ریشه با آب شیرین و آبیاری کامل با آب شیرین در اکثر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در مجموع، کاربرد آبیاری ناقص ریشه متناوب شور-شیرین به علت مصرف آب شیرین کمتر برای این کشت توصیه می‌شود. لکن پایداری این روش و میزان سازگاری آن با مسائل زیست محیطی ابهامات مهمی بوده که پاسخگویی به آن نیازمند انجام تحقیقات طولانی مدت با تیمارهای مذکور می‌باشد.

منابع

Alrajhi, A., Beecham, S., and Hassanli, A. 2017. Effects of partial root-zone drying irrigation and water quality on soil physical and chemical properties. Agricultural Water Management. 182: 117-125.

Asadi, R., Hassan pour, F., Mehrabani, M., Baghizadeh, A., Karandish, F. 2018. Investigation the effect of deficit irrigation on root distribution and vegetative growth of Rosmarinus Officinalis L. Journal of Water and Irrigation Management. 8.2: 289-301 (In Persian).

Ashraf, M., and Orooj, A. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). Journal of Arid Environments. 64.2: 209-220.

Azhar, N., Hussain, B., Ashraf, M. Y., and Abbasi, K. Y. 2011. Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of desi ajwain (Trachyspermum ammi L.). Pakistan Journal of Botany. 43.1:15-19.

Booroomand Zade, Z. and Koochaki, A. 2006. Germination response of Ajowan, Fennel and Dill to osmotic potential of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 in different temperature regimes. Iranian Journal of Field Crops Research. 3. 2: 207-218 (In Persian).

Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H. L., Waskom, R. M., Niu, Y., and Siddique, K. H. 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress (A review). Agronomy for Sustainable Development. 36.3: 1-21.

Davazdahemami, S. Sefidkon, F. Jahansooz, M.R. and Mazaheri, D. 2010. Evaluation of water salinity effects on yield on essential oil content and composition of Carum copticum L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic plants. 25.4: 504-512 (In Persian).

Dry, P. R. and Loveys, B. R. 1998. Factors influencing grapevine vigor and the potential for control with partial root zone drying. Australian journal of grape and wine research, 4.3: 140–148.

Ghadami, A., Raeni, M., Shahnazari, A. and Abyaneh, H. R. 2014. Variation of Cholorophyll, Leaf Area Index and root parameters of Sunflower under, Regulated deficit and Partial Root Zone Drying Irrigation. Plant Production Technology. 6.1: 69-79 (In Persian).

Ghaffari Moghadam, Z., Mohkami, Z., and BadihBarzin, H. 2016. Analysis Economic of Medicinal Plants production in tropical Area. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège. 85: 1308-1315.

Kang, S., and Zhang, J. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. Journal of experimental botany. 55.407: 2437-2446.

Karandish, F. and Šimůnek, J. 2016. Numerical and machine-learning modeling of soil water content for sustainable water management in agriculture under water stress. Journal of Hydrology. 543: 892–909.

Karandish, F., & Šimůnek, J. 2018. An application of the water footprint assessment to optimize production of crops irrigated with saline water: A scenario assessment with HYDRUS. Agricultural Water Management. 208: 67-82.

Karandish, F., Mirlatifi, M., Shahnazari, A., Abbasi, F. and Gheisari M. 2015. Effect of Partial Root-zone

Nagalakshmi, S. and Shankaracharya, NB. 2000. Studies on chemical and technological aspects of ajowan. Journal Food Science and Technological Mysore. 37.3: 277-81.

Nassiri, H., Seghatoleslami, M., Mousavi, G., and Ebrahimi, A. 2014. Effect of irrigation and planting date on yield and water use efficiency of ajowan (Carum copticum). Annual Research & Review in Biology. 4.12: 1968-1979.

Razavizadeh, R., Shafaghat, M. and Najafei, SH. 2015. Effect of water deficit on morphological and physiological parameters of Carum copticum. Iranian Journal of Plant Biology. 6.22: 25-38 (In Persian).

Sezen, S. M., Yazar, A., & Tekin, S. 2011. Effects of partial root zone drying and deficit irrigation on yield and oil quality of sunflower in a Mediterranean environment. Irrigation and Drainage. 60.4: 499-508.

Shahrokhnia, M. H., and Sepaskhah, A. R. 2016. Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. Agricultural Water Management. 172: 18-30.

Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, M., Lebaschi, H., Abbaszadeh, B. and Naderi, B. 2005. Effects of water stress on quantity yield in Achillea millefolium. First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving. Beijing, China.

Zounemat Kermani, M. and Asadi, R. 2018. Effect of partial root zone drying on the quantitative traits of (Thymus vulgaris L.). Journal of Water Research in Agriculture. 32.1: 147-160 (In Persian).

Drying and Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Maize. Iranian Journal of Soil and Water Research. 44.1:33-44 (In Persian).

Khaleghei, M., Hassanpour, F., Shahnazari, A. and Karandish, F. 2016. Influence of Partial Root-zone Drying management with a combination of sea water on water productivity and sunflower yield. Iranian Journal of Soil and Water Research. 47.3: 613-623 (In Persian).

Lebaschy, M.H. and Sharifi ashoor abadi, E. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic plants. 20.3: 249-262 (In Persian).

Li, X., Wan, S., Kang, Y., Chen, X., and Chu, L. 2016. Chinese rose (Rosa chinensis) growth and ion accumulation under irrigation with waters of different salt contents. Agricultural Water Management. 163: 180-189.

Moosavi, S. G., Seghatoleslami, M. J., and Moosavi, S. M. 2012. Effect irrigation stop in reproductive stage and nitrogen fertilizer rates on fertility of flower, yield and agronomical nitrogen use efficiency of fennel. International Journal of Agriculture. 2.3: 284.

Mousavi, S. F., Soltani-Gerdefaramarzi, S., and Mostafazadeh-Fard, B. 2010. Effects of partial rootzone drying on yield, yield components, and irrigation water use efficiency of canola (Brassica napus L.). Paddy and Water Environment. 8.2: 157-163.

Moussavi-Nik, S. M., Salari, M., Mobasser, H. R., & Keshavarzi, M. H. B. 2011. The effect of different irrigation intervals and mineral nutrition on seed yield of ajowan (Trachyspermum ammi). Annals of Biological Research. 2.6: 692-698.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 13, Dec.-Jan. 2019, p. 1451-1459

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۳، آذر - دی ۱۳۹۸، ص. ۱۴۵۹-۱۴۵۱

Effects of PRD with Saline and Fresh Water on some Characteristics of Ajwain in an Arid Region

M. Kalanaki [1], F. Karandish*[2], P. Afrasiab[3], I. Khamari[4] and S. M. Tabatabaei[5]

Recived: Apr.20, 2019 Accepted: Nov.05, 2019

Abstract

Freshwater crisis and soil salinity are the most important factors that limiting agriculture in arid areas. In these conditions, cultivation of medicinal plants with considering environmental aspects can be an intelligence strategy for these areas. For this purpose, a field experiment with four treatments and three replications was conducted in randomized complete blocks design in Zahak city during 2016-2017. The treatments were consisted of full irrigation with fresh water (F.FI), partial root zone drying with fresh water (F.PRD), partial root zone drying with saline water (S.PRD) and partial root zone drying with saline and fresh water (SF.PRD). The highest values of plant height (46.1 cm), number of umbel per plant (42), number of branches per plant (10), 1000-seed weight (0.86 gr) and seed yield (293 kg ha^{-1}) were observed in F.FI. There were non-significant differences between F.PRD, FI and SF.PRD in most traits. Results illustrated that application of PRD with alternate fresh and saline water was the best option for decreasing fresh water usage in arid climate of Sistan region.

Keywords: Partial root-zone drying, saline water, ajwani, Sistan

1- Ph.D. Candidate, Water Engineering Group, University of Zabol
2- Associate Professor, Water Engineering Group, University of Zabol
3- Associate Professor, Water Engineering Group, University of Zabol
4- Assistant Professor, Agronomy Group, University of Zabol
5- Assistant Professor, Water Engineering Group, University of Zabol
(*- Corresponding Author: Email: Karandish_h@ yahoo.com)