تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۹۷ (ص ۴۵۱-۴۳۹) DOI: 10.22059/ijswr.2017.236874.667715

بررسی اثر دور آبیاری با اعمال کم‌آبیاری بخشی ریشه و آبیاری کامل روی گیاه آفتابگردان

مجتبی چراغی‌زاده[۱]، علی شاهنظری*[۲]، میرخالق ضیاءتباراحمدی[۳]

۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۲۶/ ۴/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۱۴/ ۶/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۱/ ۷/ ۱۳۹۶)

چکیده

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در شهرستان ساری با آزمایش کرت‌های خردشده با سه فاکتور اصلی (دور آبیاری) و سه فاکتور فرعی (مقدار آب آبیاری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دورها، انجام آبیاری بعد از ۲۰، ۳۵ و ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود (به ترتیب F-20، F-35 و F-50). آبیاری در ۳ مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی انجام شد (به‌ترتیب FI، PRD-75 و PRD-55 که FI به‌صورت معمولی و PRD متناوب در طرفین ریشه بود). تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS و آزمون دانکن انجام شد. با توجه به اختلاف غیرمعنی‌دار برای عملکرد دانه بین FI و PRD-75، با کاربرد PRD-75 می‌توان حدود ۱۳٪ در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. تیمارهای F20-FI و F20-PRD75 به‌ترتیب بهترین نتایج را برای عملکرد دانه داشتند. تیمارهای F20-PRD75 و F35-FI بهترین نتایج را برای عملکرد روغن داشتند.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، دور آبیاری، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری بخشی ریشه، عملکرد.

مقدمه

آفتابگردان یکی از چهار گیاه عمده تولید روغن در جهان می‌باشد (Richard *et al*., 1984; Demir *et al*., 2006). اگرچه کلیه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند، اما تنش کمبود آب از عوامل اصلی محدودکننده تولید آفتابگردان در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید (Chimenti and Hall, 2002). توانایی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب، با کاهش عملکرد در حد قابل قبول، یک خصوصیت ارزشمند برای این گیاه محسوب می‌شود (Stone *et al*., 2002). دوره‌های طولانی-مدت کمبود شدید آب خاک، مخصوصاً در مراحل حساس رشد، موجب کاهش معنی‌دار تولید دانه می‌شود. این کاهش تولید با محدود کردن تبخیرتعرق از طریق بستن روزنه‌ها، کاهش جذب کربن و کاهش تولید زیست‌توده همراه است (Demir *et al*., 2006). بهبود کارایی مصرف آب با اعمال مدیریت‌های آگاه و به-کارگیری فناوری‌های نوین مهندسی آبیاری محقق می‌شود (Sepaskhah *et al*., 2000). طی دو دهه گذشته روش‌های صرفه‌جویی در آب آبیاری از قبیل کم‌آبیاری و آبیاری بخشی ریشه[۱] توسعه پیدا کرده و برای گیاهان و درختان میوه مورد امتحان واقع شده‌اند (Liu *et al*., 2005; Shahnazari *et al*., 2005). کم‌آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب و مقابله با تنش خشکی در اراضی فاریاب است. تجربیات مربوط به کم‌آبیاری در نقاط مختلف دنیا، کارآمدی این شیوه در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان می-دهد (Trimmer, 1990; Rezaei Estakhroeih *et al*., 2014). هدف اساسی کم‌آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب به‌وسیله افزایش کفایت آبیاری است (English *et al*., 1990). تحقیقات نشان داده است که در دوره‌های غیر حساس به خشکی کم-آبیاری با مصرف تنها ۷۰ تا ۹۰ درصد نیاز آبی می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار محصول نشود (Shahnazari *et al*., 2005). روش آبیاری بخشی ریشه برای اولین بار در کشور استرالیا مطرح شد و هدف اصلی آن در شروع کار، کنترل رشد اضافی ساقه درخت انگور بوده است (Dry *et al*., 2000). مبنای این روش، آبیاری متناوب نیمی از ریشه و خشک نگه‌داشتن نیمه دیگر می‌باشد (Shahnazari *et al*., 2005) که در محصولات ردیفی چون ذرت (Kang and Zhang, 2004)، انگور (Dry *et*

* نویسنده مسئول: aliponh@yahoo.com

1. Partial Rootzone Drying (PRD)

Archive of SID
www.SID.ir

درختان میوه (Leib *et al*., 2006)، فلفل (Kang *et al*., 2000) و سیب‌زمینی (Liu *et al*., 2005; Shahnazari *et al*., 2005; Liu *et al*., 2006) مورد استفاده واقع شده است. در آبیاری بخشی ریشه، در قسمتی از ریشه که آبیاری به صورت کامل صورت گرفته است، گیاه آب کافی را جذب می‌نماید و به رشد و نمو خود ادامه می‌دهد و تغییری در مقدار فتوسنتز رخ نمی‌دهد (Jones, 1992). بخش دیگر از ریشه که در خاک خشک قرار گرفته، با عکس‌العمل نسبت به خشکی و فرستادن علائمی از ریشه به روزنه‌ها، میزان بازشدگی آن‌ها را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش میزان تلفات آب می‌شود (Davies and Zhang, 1991). در ارتباط با بررسی اثر کم‌آبیاری بر گیاه آفتابگردان پژوهش‌های مختلفی تا کنون انجام شده و در این پژوهش‌ها اعمال کم‌آبیاری به صورت‌های مختلفی روی گیاهان مورد بررسی قرار گرفته است. طی پژوهش‌هایی اعمال کم‌آبیاری در مراحل مختلف رویش گیاه مورد بررسی واقع شده است (Karam *et al*., 2007; KarimiKakhaki *et al*., 2010; Omidi *et al*., 2010; Ardali and Bahrani, 2011; Siosemardeh *et al*., 2011). طی مطالعاتی دیگر اعمال کم‌آبیاری بر مبنای برآورده کردن بخشی از نیاز آبی گیاه بررسی شده است (Jalilian *et al*., 2008; Karimi and Naderi, 2008; Gholamhosseini *et al*., 2008; Yaghoubi *et al*., 2011; Yousefi and Besh., 2014; Jalalian *et al*., 2012; Gholamhoseini *et al*., 2013; Rezaei *et al*., 2014; Ghadami firouzabadi, 2015; Estakhroeih *et al*., 2014). همچنین در برخی پژوهش‌ها تنش بر مبنای دور آبیاری و بر مبنای تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A مورد بررسی واقع شده است (Roshdi *et al*., 2006; Jabbari *et al*., 2007; Daneshian and Jabbari., 2009; AtaeiKachooei *et al*., 2010; Oraki *et al*., 2011; Alahdadi *et al*., 2011; Alahdadi *et al*., 2014; Amjadian *et al*., 2014). به علاوه تنش بر مبنای دور ثابت آبیاری نیز در پژوهش‌هایی دیگر بررسی شده است (KarimzadehAsl *et al*., 2003; Ghobadi *et al*., 2013). همانطوری که پیش‌تر اشاره شد، مبنای روش آبیاری بخشی ریشه، آبیاری متناوب نیمی از ریشه و خشک نگه‌داشتن نیمه دیگر می‌باشد. لذا انتظار می‌رود فاصله بین دو آبیاری (دور آبیاری) بر مقدار خشکی خاک محدوده ریشه و متعاقباً مقدار تأثیر آبیاری بخشی بر مشخصه‌های کمی و کیفی محصول مؤثر واقع شود. طبق اطلاعات ارائه‌شده در آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳، استان‌های شمالی کشور (گلستان، مازندران و گیلان) همواره سهم قابل‌توجهی در تولید دانه‌های روغنی داشته‌اند. در این بین استان گلستان نقش پررنگ‌تری نسبت به دو استان دیگر داشته است. با این وجود مراجعه به مطالعات انجام شده نشان می‌دهد مطالعات قابل توجهی در محدوده این استان‌ها در خصوص شیوه‌های نوین مدیریت کم‌آبیاری مانند کم‌آبیاری بخشی ریشه، روی این محصولات اعمال نشده است. توجه به نتایج مطالعات یاد شده مبنی بر تأثیر مثبت آبیاری بخشی ریشه بر مشخصه‌های فیزیولوژیکی گیاهان مختلف و نیز اینکه در مطالعات مختلف، پژوهشی که در آن آبیاری بخشی ریشه در دورهای آبیاری مختلف روی گیاه آفتابگردان مورد بررسی قرار گیرد، انجام نشده است، لذا در این پژوهش اثر دور آبیاری با اعمال کم‌آبیاری بخشی ریشه با آبیاری کامل روی گیاه آفتابگردان مورد مقایسه قرار گرفت. یکی از اهداف موردنظر در این پژوهش ارائه راهکاری عملی برای زمان آبیاری می‌باشد که بهره‌گیری از آن برای عموم افراد از جمله کشاورزان و مجموعه‌های تولیدی کشاورزی امکان‌پذیر باشد. رویت ساده تغییرات در عمق آب تشت تبخیر، سهولت اندازه‌گیری تغییرات عمق آب در تشت تبخیر و ارتباط مستقیم مقدار تبخیر با شرایط و تنش‌های محتمل محیطی موجب شد تا استفاده از این وسیله برای تعیین زمان آبیاری مورد بررسی واقع شود. از اهداف اصلی این پژوهش ارائه توصیه برای دور آبیاری مناسب در منطقه مورد مطالعه در کنار بررسی مقدار تأثیر تنش کم‌آبی بر مشخصه‌های مختلف محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی گیاه آفتابگردان رقم هایسان ۲۵، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (استان مازندران)، واقع در طول جغرافیایی ۵۳/۰۴ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۹/۳۶ درجه شمالی، در سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد (مشخصه‌های تبخیرتعرق، تبخیرتعرق مرجع و بارش برای سال‌های اجرای طرح در شکل (۲) ارائه شده است). مساحت زمین در نظر گرفته شده برای انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای حدود ۸۲۵ مترمربع (۵۵ متر در ۱۵ متر) بود. آزمایش در ۲۷ کرت به ابعاد ۵ × ۵ (مترمربع) اجرا شد. هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول ۵ متر بود. بذرهای آفتابگردان در عمق ۴ سانتی‌متری خاک و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. برای آماده کردن زمین برای کاشت، ۲ مرتبه شخم نیمه عمیق (شخم اول قبل از فصل کاشت و شخم دوم قبل از کاشت در بهار) اجرا شد. بعد از انجام شخم دوم، برای تکمیل فرایند آماده‌سازی زمین نسبت به اجرای روتاری روی خاک اقدام شد. زمان کاشت بذرها برای سال‌های اول و دوم اجرای طرح به ترتیب ۱۴ و ۹ خرداد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری گیاهان در این پژوهش از سیستم آبیاری تحت‌فشار موضعی (نوارهای تیپ با دبی ۳ لیتر بر ساعت در واحد طول نوار و با فاصله درز ۲۰ سانتی‌متر روی نوار) استفاده شد. عرض خیس شده نوار آبیاری برای خاک محل انجام طرح، ۳۵ سانتی-متر بود. برای تصفیه آب از ایستگاه کنترل مرکزی شامل هیدروسیکلون، فیلتر شنی و فیلتر توری استفاده شد. کنترل حجم آب تحویلی به هر یک از تیمارها با استفاده از کنتور حجمی آب، انجام شد. پس از ارائه نمونه خاک از محل طرح به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به عنوان توصیه کودی از طرف آزمایشگاه تعیین و این مقادیر به خاک محل طرح اضافه شد. برای اجرای این پژوهش از آزمایش کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات۱) با سه فاکتور اصلی (دور آبیاری) و سه فاکتور فرعی (مقدار آب آبیاری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. دورهای آبیاری در نظر گرفته شده برای این پژوهش (فاکتور اصلی) انجام آبیاری بعد از ۲۰، ۳۵ و ۵۰ میلی-متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود (به ترتیب F-20، F-35 و F-50). این مقادیر بر مبنای مقادیر ۳، ۶ و ۹ برابر متوسط تبخیرتعرق گیاه در مرحله میانی رشد در نظر گرفته شدند (این مقادیر بر اساس شرایط رایج در منطقه که شامل دور آبیاری سه روزه، هفتگی و ده روزه است انتخاب شدند). برای تعیین متوسط مقدار تبخیرتعرق گیاه در مرحله میانی رشد پس از گردآوری داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی دشت ناز ساری بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳، نسبت به برآورد مقدار تبخیر تعرق گیاه با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات اقدام شد. نتایج نشان داد، متوسط مقدار تبخیر تعرق برای دوره اشاره شده در حدود ۶ میلی‌متر بر روز بوده است. فاکتور فرعی، مقدار آب آبیاری شامل ۳ مقدار ۱۰۰٪ نیاز آبی، ۷۵٪ نیاز آبی و ۵۵٪ نیاز آبی بود (به ترتیب FI، PRD-75 و PRD-55). انجام آبیاری در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی به صورت معمولی (دوطرفه) و در تیمارهای کم‌آبیاری به صورت متناوب در طرفین ریشه (آبیاری بخشی) انجام شد. زمان تغییر جهت آبیاری‌ها از یک سمت ریشه به سمت دیگر بر مبنای دور آبیاری تعریف شده برای هر یک از تیمارها تعیین شد. اعمال تیمارهای کم‌آبیاری شش هفته پس از کاشت، همزمان با استقرار گیاه انجام شد. تعیین مقدار آب مورد نیاز برای تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی (Dn) بر مبنای کنترل رطوبت خاک انجام شد (Karandish *et al*., 2013; Miri *et al*., 2014). در تیمار آبیاری کامل، آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک به نقطه رطوبت ظرفیت زراعی ادامه پیدا کرد (رابطه ۱). مقدار رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در آزمایشگاه، با انجام آزمایش روی نمونه‌های گرفته شده از خاک در محدوده توسعه ریشه گیاه، تعیین شد (جدول ۱).

$$D_n = \sum_{i=1}^{m} [(\theta_{Fci} - \theta_{1i}) \times Bd_i \times D_i] \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه، θ_{Fci} رطوبت جرمی در حد ظرفیت زراعی (اعشار)، θ_{1i} رطوبت جرمی خاک پیش از آبیاری (اعشار)، D_i اندازه عمقی که در آن رطوبت اندازه‌گیری شده (در محدوده توسعه ریشه) (cm)، Bd_i جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$)، i شماره فاصله عمقی خاک و m تعداد لایه خاک بررسی شده می‌باشد.

برای مشخص کردن مقدار رطوبت در لایه‌های مختلف خاک (رابطه ۱) از رطوبت‌سنج‌های الکترومغناطیس[۲] (Trime-FM- IMKO-Germany) استفاده شد. لوله دسترسی[۳] این رطوبت‌سنج‌ها در محدوده توسعه ریشه گیاه نصب شد. حسگر این نوع از رطوبت‌سنج به صورت قابل حمل (پرتابل) بوده و با قرارگیری در لوله دسترسی، رطوبت خاک محدوده لوله دسترسی را ارائه می‌نماید. با توجه به محدوده تأثیر سنسور تی-دی‌آر مورد استفاده، قرائت‌های رطوبت در عمق‌های صفر تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۵، قبل و بعد از انجام آبیاری صورت گرفت. نصب لوله‌های دسترسی TDR برای تیمارهای آبیاری بخشی ریشه در دو طرف گیاه (تعداد ۱۲ لوله دسترسی برای ۶ حالت مختلف تیمارهای آبیاری بخشی ریشه) و برای تیمارهای آبیاری کامل در یک طرف گیاه (تعداد ۳ لوله دسترسی برای ۳ حالت مختلف تیمار آبیاری کامل) انجام شد. چگونگی و فاصله قرارگیری این لوله‌های دسترسی نسبت به گیاه و نوارهای آبیاری در شکل (۱) نشان داده شده است.

به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای آن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (قهوه‌ای شدن پشت طبق و اطراف آن) ۱۰ بوته از ۴ ردیف میانی انتخاب، به صورت کف‌بر برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات بررسی شده در این پژوهش شامل درصد روغن (٪)، عملکرد روغن (kg/ha)، عملکرد دانه (kg/ha)، عملکرد بیولوژیک (kg/ha)، شاخص برداشت (٪) (رابطه ۲) و کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3) (رابطه ۳) بود.

1. Split-plot design

2. Time Domain Reflectometer (TDR)

3. Access tube

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل آماری داده‌ها با کاربرد نرم‌افزار SAS با استفاده از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. به منظور رسم نمودارها نرم‌افزار Microsoft Excel مورد استفاده واقع شد.

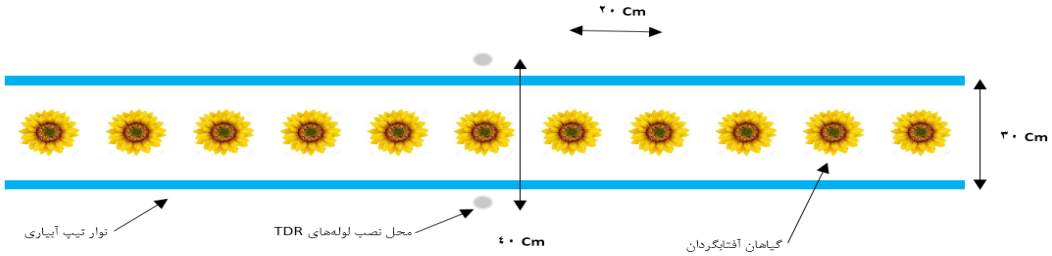
$$HI= (H/BH)\times 100 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$IWUE=H/IW \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در این رابطه‌ها، HI= شاخص برداشت (٪)، H= عملکرد دانه (kg/ha)، BH= عملکرد بیولوژیک (kg/ha)، IWUE= کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3) و IW= آب مصرفی آبیاری (m^3/ha) می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش در فاصله‌های عمقی مختلف

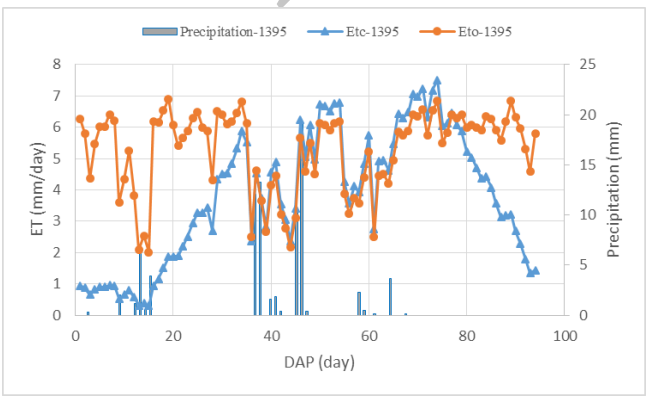
محدوده عمقی (cm)	بافت	رطوبت حجمی (٪)		جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
		ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی دائم	
۰-۲۰	Sandy loam	۳۰/۳	۱۵/۴	۱/۴۶
۲۰-۴۰	Clay loam	۳۲/۵	۱۵/۶	۱/۳۶
۴۰-۶۰	Clay loam	۳۲	۱۴	۱/۳۵
۶۰-۸۰	Clay loam	۳۲	۱۴	۱/۳۷



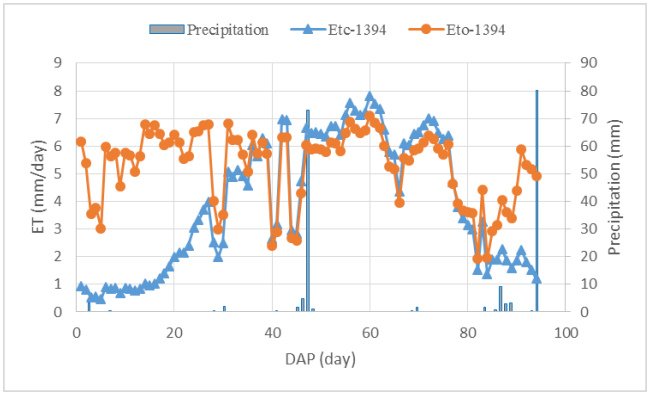
شکل ۱. نمایی از چگونگی قرارگیری گیاهان، نوارهای تیپ آبیاری و لوله‌های TDR

نتایج و بحث

برآورد تبخیر و تعرق در سال‌های آزمایش با مدل کراپ‌وات نشان داد که مقدار تبخیرتعرق برای سال‌های اجرای پژوهش در حدود ۶ میلی‌متر بر روز بوده است که با فرضیات درنظر گرفته شده برای تعیین دور آبیاری بر مبنای مقدار ۶ میلی‌متر بر روز تطابق دارد (شکل ۲). مقادیر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به منظور تعیین زمان انجام آبیاری برای دورهای آبیاری مختلف برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب در شکل‌های (۳ و ۴) ارائه شده است. زمان شروع اعمال تیمارهای آبی برای سال ۱۳۹۴، ۴۵ روز بعد از کاشت و برای سال ۱۳۹۵، ۴۷ روز بعد از کاشت بوده است. مقادیر عمق آب آبیاری تجمعی برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در جدول (۲) ارائه شده است. بیشترین و کم‌ترین عمق آب آبیاری برای هر دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب در تیمارهای F35-FI و F50-PRD55 بود.



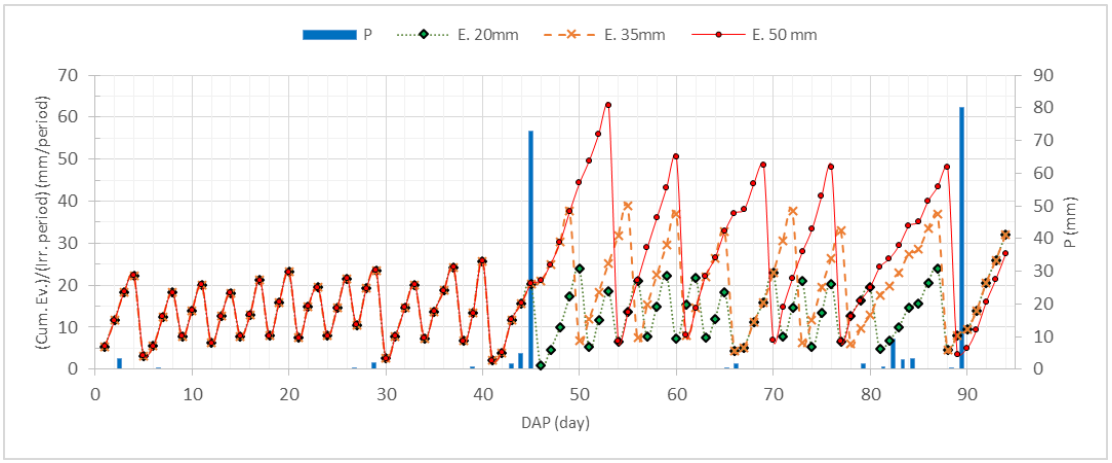
(ب)



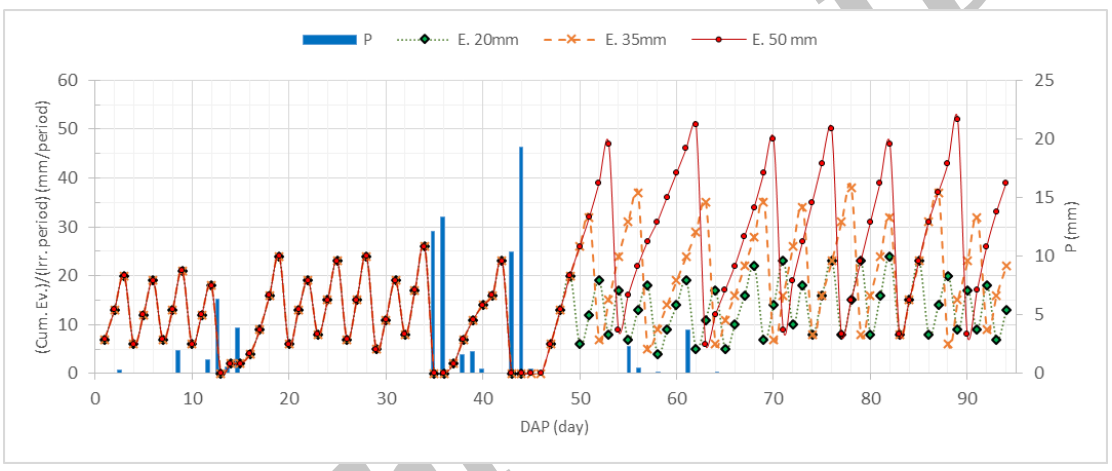
(الف)

شکل ۲. الف و ب به ترتیب نمودارهای تبخیرتعرق-بارش برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ (DAP: روز بعد از کاشت، ET: تبخیرتعرق و Precipitation: بارندگی)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A سال ۱۳۹۴ به منظور تعیین زمان انجام آبیاری برای دورهای آبیاری مختلف (DAP: روز بعد از کاشت (روز)، (Cum. Ev.)/(Irr.period): تبخیر تجمعی در دور آبیاری (میلی‌متر در دور آبیاری و P: بارندگی (میلی‌متر))



شکل ۴. تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A سال ۱۳۹۵ به منظور تعیین زمان انجام آبیاری برای دورهای آبیاری مختلف (DAP: روز بعد از کاشت (روز)، (Cum. Ev.)/(Irr.period): تبخیر تجمعی در دور آبیاری (میلی‌متر در دور آبیاری و P: بارندگی (میلی‌متر))

جدول ۲. عمق آب آبیاری تجمعی (میلی‌متر) برای تیمارهای مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

دور آبیاری	F-20			F-35			F-50		
مقدار آب آبیاری	FI	PRD-75	PRD-55	FI	PRD-75	PRD-55	FI	PRD-75	PRD-55
۱۳۹۴	۵۰۵	۴۴۰	۳۸۶	۵۰۹	۴۳۵	۳۸۰	۴۹۷	۴۲۸	۳۷۱
۱۳۹۵	۴۹۲	۴۴۴	۴۰۲	۴۹۵	۴۳۱	۳۶۴	۴۶۸	۴۰۵	۳۴۹

نتایج تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و مقدار آب آبیاری حاکی از تأثیر معنی‌دار این عوامل بر مشخصه‌های درصد روغن و نیز عملکرد روغن در سال ۱۳۹۴ بود. در مورد مشخصه کارایی مصرف آب آبیاری، نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار عامل مقدار آب آبیاری بود. اثر دور آبیاری و نیز اثر متقابل دور و مقدار آب آبیاری معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر مقادیر دورهای آبیاری مختلف و نیز مقادیر مختلف آب آبیاری بر مشخصه‌های درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری به ترتیب در جدول‌های (۴ و ۵) ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین سه مشخصه درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین هر سه تیمار دور آبیاری بود. بیشترین مقادیر برای دو مشخصه درصد روغن و عملکرد روغن در تیمار F-20 و کمترین مقادیر در تیمار F-50 مشاهده شد. در مورد مشخصه کارایی مصرف آب بیشترین مقادیر در تیمار F-50 و کمترین مقادیر در تیمار F-20 حاصل شد. در بررسی عامل مقدار آب آبیاری، برای مشخصه درصد روغن بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقادیر در تیمار FI و کمترین مقادیر در تیمار PRD-55 مشاهده شد. در مورد مشخصه عملکرد روغن بین تیمارهای FI و PRD-75 اختلاف معنی‌دار

Archive of SID
www.SID.ir

وجود نداشت. اما بین تیمار PRD-55 با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر عامل مقدار آب آبیاری بر مشخصه کارایی مصرف آب آبیاری معنی‌دار نبود. میانگین مشخصه‌های درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب برای ۹ حالت مورد بررسی در شکل (۵) نشان داده شده است.

جدول ۳. تجزیه واریانس آزمایش مطالعه اثر دور و مقدار آب آبیاری بر درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری گیاه آفتابگردان در طرح کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۴

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن (٪)		عملکرد روغن (kg/ha)		کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)	
		SS	MS	SS	MS	SS	MS
تکرار (R)	۲	۶/۴۳	۳/۲۲*	۴۸۵۶۲/۲۴	۲۴۲۸۱/۱۲*	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲ns
دور آبیاری (A)	۲	۴۵۷/۴۱	۲۲۸/۷۰**	۱۷۲۹۰۲۵/۶۲	۸۶۴۵۱۲/۸۱**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱ns
خطای a	۴	۱/۶۵	۰/۴۱	۹۵۶۱/۵۴	۲۳۹۰/۳۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
کرت‌های اصلی MP	۸	۴۶۵/۴۹	۵۸/۱۹	۱۷۸۷۱۴۹/۳۹	۲۲۳۳۹۳/۶۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
مقدار آب آبیاری (B)	۲	۳۶۷/۶۸	۱۸۳/۸۴**	۹۲۳۳۸۰/۵۲	۴۶۱۶۹۰/۲۶**	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸**
اثر متقابل AB	۴	۱۲۳/۱۶	۳۰/۷۹**	۲۰۴۷۱۲/۹۵	۵۱۱۷۸/۲۴**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱ns
خطای b	۱۲	۲۱/۱۶	۱/۷۶	۹۰۵۰۹/۶۰	۷۵۴۲/۴۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
کرت‌های فرعی SP	۱۸	۵۱۱/۹۹	۲۸/۴۴	۱۲۱۸۶۰۳/۰۷	۶۷۷۰۰/۱۷	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱
کل	۲۶	۹۷۷/۴۸	۳۷/۵۹	۳۰۰۵۷۵۲/۴۷	۱۱۵۶۰۵/۸۶	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪، SS مجموع مربعات، MS میانگین مربعات

جدول ۴. مقایسه میانگین درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اثر دورهای آبیاری مختلف در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۴

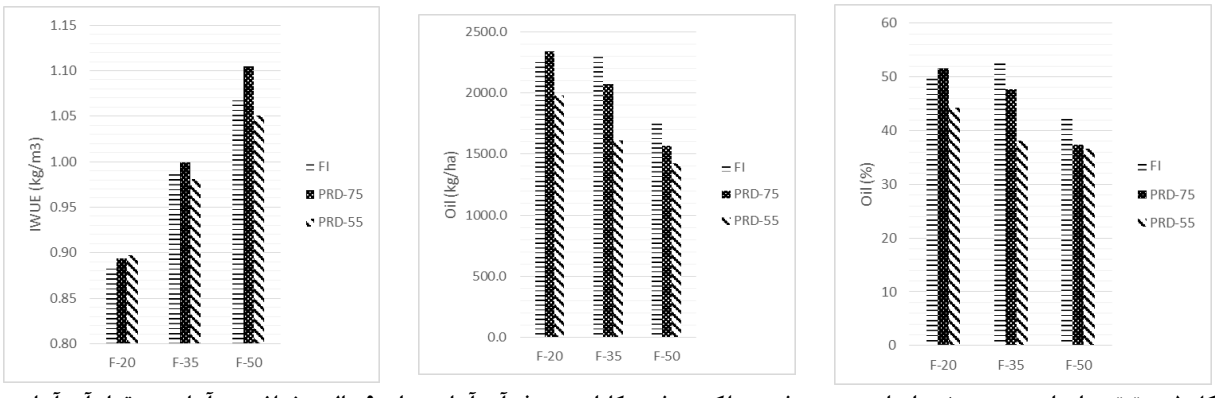
دور آبیاری	درصد روغن (٪)	عملکرد روغن (kg/ha)	کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
F-20	۴۸/۶۰^a	۲۱۹۴/۵۸^a	۰/۸۹^c
F-35	۴۶/۲۲^b	۱۹۹۳/۵۸^b	۰/۹۹^b
F-50	۳۸/۹۲^c	۱۵۸۶/۲۷^c	۱/۰۷^a

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اثر مقادیر مختلف آب آبیاری در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۴

مقادیر مختلف آب آبیاری	درصد روغن (٪)	عملکرد روغن (kg/ha)	کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
FI	۴۸/۵۴^a	۲۱۰۸/۵۴^a	۰/۹۸^a
PRD-75	۴۵/۵۴^b	۱۹۹۴/۱۵^a	۱/۰۰^a
PRD-55	۳۹/۶۶^c	۱۶۷۱/۷۶^b	۰/۹۸^a

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۵. به ترتیب از راست به چپ نمودارهای درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۴

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تجزیه واریانس آزمایش مطالعه اثر دور و مقدار آب آبیاری بر مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه آفتابگردان در سال ۱۳۹۴ در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای دور آبیاری و مقدار آب آبیاری بر مشخصه‌های یاد شده بود. در مقایسه اثر دورهای آبیاری مختلف بر مشخصه میانگین عملکرد دانه بین تیمارهای F-20 و F-50 اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اختلاف بین تیمار F-35 با دو تیمار دیگر معنی‌دار نبود. در بررسی اثر عامل دور آبیاری بر مشخصه عملکرد بیولوژیک بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقادیر برای این مشخصه در تیمار F-20 و کمترین مقادیر در تیمار F-50 وجود داشت. در مورد مشخصه شاخص برداشت نیز بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در مورد این مشخصه بیشترین مقادیر در تیمار F-50 و کمترین مقادیر در تیمار F-20 مشاهده شد (جدول ۷). مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثر مقادیر مختلف آب آبیاری در سال ۱۳۹۴ در جدول (۸) ارائه شده است. بر مبنای نتایج حاصله، در مورد مشخصه عملکرد دانه بین تیمار PRD-55 با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بین دو تیمار FI و PRD-75 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در مورد این مشخصه و نیز مشخصه عملکرد بیولوژیک بیشترین مقادیر در تیمار FI و کمترین مقادیر در تیمار PRD-55 مشاهده شد. در مورد مشخصه‌های عملکرد بیولوژیک و نیز شاخص برداشت بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقادیر در مشخصه شاخص برداشت در تیمار PRD-55 و کمترین مقادیر در تیمار FI مشاهده شد (جدول ۸). نمودارهای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۴ در شکل (۶) ارائه شده است.

جدول ۶. تجزیه واریانس آزمایش مطالعه اثر دور و مقدار آب آبیاری بر مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه آفتابگردان در طرح کرت-های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۴

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه(kg/ha)		عملکرد بیولوژیک (kg/ha)		شاخص برداشت (٪)	
		SS	MS	SS	MS	SS	MS
تکرار (R)	۲	۷۱۲۷۶/۲۳	۳۵۶۳۸/۱۱ns	۴۲۱۸۹۵/۸۶	۲۱۰۹۴۷/۹۳ns	۲/۰۳	۱/۰۲*
دور آبیاری (A)	۲	۸۷۷۳۷۳/۸۳	۴۳۸۶۸۶/۹۱**	۴۰۵۳۷۶۳۴/۵۱	۲۰۲۶۸۸۱۷/۲۶**	۱۴۱/۳۹	۷۰/۶۹**
خطای a	۴	۵۲۰۶۱/۴۱	۱۳۰۱۵/۳۵	۳۷۲۷۵۶/۶۰	۹۳۱۸۹/۱۵	۰/۵۱	۰/۱۳
کرت‌های اصلی MP	۸	۱۰۰۰۷۱۱/۴۷	۱۲۵۰۸۸/۹۳	۴۱۳۳۲۲۸۶/۹۷	۵۱۶۶۵۳۵/۸۷	۱۴۳/۹۳	۱۷/۹۹
مقدار آب آبیاری (B)	۲	۱۴۰۰۳۷/۹۶	۷۰۰۱۸/۹۸**	۲۲۹۸۶۰۲۵/۸۹	۱۱۴۹۳۰۱۲/۹۵**	۱۴۳/۹۹	۷۲/۰۰**
اثر متقابل AB	۴	۴۰۹۹۰/۰۰	۱۰۲۴۷/۵۰ns	۷۲۸۳۹۱/۰۲	۱۸۲۰۹۷/۷۶ns	۱۱/۲۸	۲/۸۲**
خطای b	۱۲	۹۱۱۰۸/۴۱	۷۵۹۲/۳۷	۸۶۰۳۵۱/۷۱	۷۱۶۹۵/۹۸	۳/۹۹	۰/۳۳
کرت‌های فرعی SP	۱۸	۲۷۲۱۳۶/۳۷	۱۵۱۱۸/۶۹	۲۴۵۷۴۷۶۸/۶۲	۱۳۶۵۲۶۴/۹۲	۱۵۹/۲۷	۸/۸۴
کل	۲۶	۱۲۷۲۸۴۷/۸۴	۴۸۹۵۵/۶۸	۶۵۹۰۷۰۵۵/۵۹	۲۵۳۴۸۸۶/۷۵	۳۰۳/۲۱	۱۱/۶۶

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪، SS مجموع مربعات، MS میانگین مربعات

جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثر دورهای آبیاری مختلف در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۴

دور آبیاری	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
F-20	۴۵۱۲/۰۱^{a}	۱۳۳۴۰/۸^{a}	۳۴/۰۳^{c}
F-35	۴۳۰۵/۴۶^{ab}	۱۲۲۱۱/۳^{b}	۳۵/۴۳^{b}
F-50	۴۰۷۰/۷۵^{b}	۱۰۳۶۷/۸^{c}	۳۹/۴۳^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

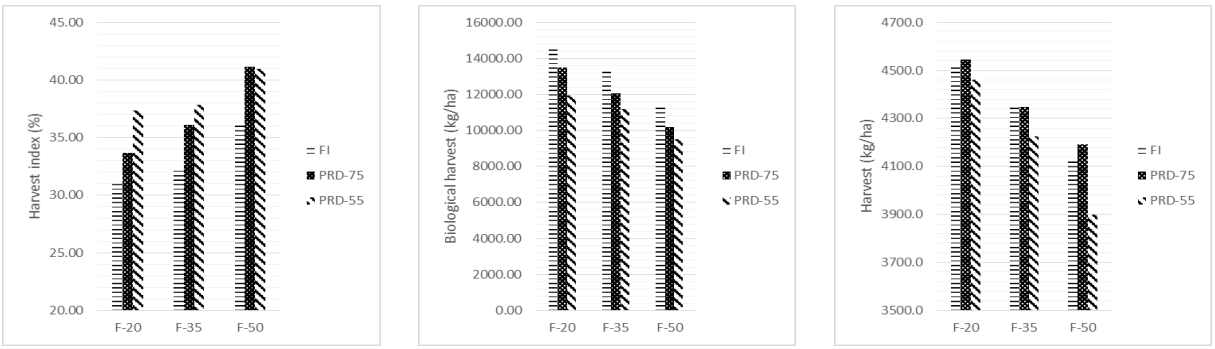
جدول ۸. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثر مقادیر مختلف آب آبیاری در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۴

مقادیر مختلف آب آبیاری	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
FI	۴۳۳۱/۲۸^{a}	۱۳۱۳۴/۴^{a}	۳۳/۱۹^{c}
PRD-75	۴۳۶۱/۲۳^{a}	۱۱۹۰۸/۴^{b}	۳۶/۹۸^{b}
PRD-55	۴۱۹۵/۷۰^{b}	۱۰۸۷۷/۱^{c}	۳۸/۷۲^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. به ترتیب از راست به چپ نمودارهای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۴

بر مبنای نتایج تجزیه واریانس، اثر عوامل آزمایش و نیز اثر متقابل این عوامل بر مشخصه‌های درصد روغن و عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۹). در مورد مشخصه کارایی مصرف آب آبیاری اثر عامل مقدار آب آبیاری معنی‌دار بود. اثر عامل دور آبیاری و اثر متقابل دو عامل دور آبیاری و مقدار آب آبیاری بر این مشخصه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین دورهای آبیاری مختلف بر مشخصه‌های درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری در سال ۱۳۹۵ در جدول (۱۰) ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مورد دو مشخصه درصد روغن و عملکرد روغن بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشته است. در مورد این دو مشخصه بیشترین مقادیر در تیمار F-20 و کمترین مقادیر در تیمار F-50 وجود داشت. در مورد مشخصه کارایی مصرف آب آبیاری بین تیمار F-20 با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اختلاف بین دو تیمار F-35 و F-50 معنی‌دار نبود. در مورد این مشخصه تیمار F-50 دارای مقدار بیشینه و تیمار F-20 دارای مقدار کمینه بود. نتایج مقایسه میانگین این مشخصه‌ها تحت تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری در جدول (۱۱) ارائه شده است. در مورد این عامل برای مشخصه‌های درصد روغن و عملکرد روغن بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بیشترین مقادیر در تیمار FI و کمترین مقادیر در تیمار PRD-55 مشاهده شد. در مورد مشخصه کارایی مصرف آب بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نمودارهای درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۵ در شکل (۷) ارائه شده است.

جدول ۹. تجزیه واریانس آزمایش مطالعه اثر دور، مقدار آب آبیاری و کارایی مصرف آب آبیاری بر مقدار درصد روغن و عملکرد روغن گیاه آفتابگردان (هایسان ۲۵) در طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۵

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن (٪)		عملکرد روغن (kg/ha)		کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)	
		SS	MS	SS	MS	SS	MS
تکرار (R)	۲	۰/۸۱	۰/۴۱ns	۶۸۷/۴۰	۳۴۳/۷۰ns	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱ns
دور آبیاری (A)	۲	۶۱۷/۶۹	۳۰۸/۸۴**	۲۲۱۵۶۷۳/۵۷	-۷۹** ۱۱۰۷۸۳۶/	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱ns
خطای a	۴	۲/۳۰	۰/۵۸	۳۵۲۳۶/۷۹	۸۸۰۹/۲۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲
کرت‌های اصلی MP	۸	۶۲۰/۸۱	۷۷/۶۰	۲۲۵۱۵۹۷/۷۶	۲۸۱۴۴۹/۷۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
مقدار آب آبیاری (B)	۲	۳۳۶/۸۱	۱۶۸/۴۰**	۱۰۴۲۵۹۲/۷۷	۵۲۱۲۹۶/۳۹**	۰/۱۵۲	۰/۰۷۶**
اثر متقابل AB	۴	۲۵۹/۷۹	۶۴/۹۵**	۵۴۹۳۹۷/۹۳	۱۳۷۳۴۹/۴۸**	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱ns
خطای b	۱۲	۱۷/۴۷	۱/۴۶	۹۵۸۳۰/۴۱	۷۹۸۵/۸۷	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲
کرت‌های فرعی SP	۱۸	۶۱۴/۰۶	۳۴/۱۱	۱۶۸۷۸۲۱/۱۱	۹۳۷۶۷/۸۴	۰/۱۷۵	۰/۰۱۰
کل	۲۶	۱۲۳۴/۸۷	۴۷/۴۹	۳۹۳۹۴۱۸/۸۷	۱۵۱۵۱۶/۱۱	۰/۱۸۷	۰/۰۰۷

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪، SS مجموع مربعات، MS میانگین مربعات

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰. مقایسه میانگین درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اثر دورهای آبیاری مختلف در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۵

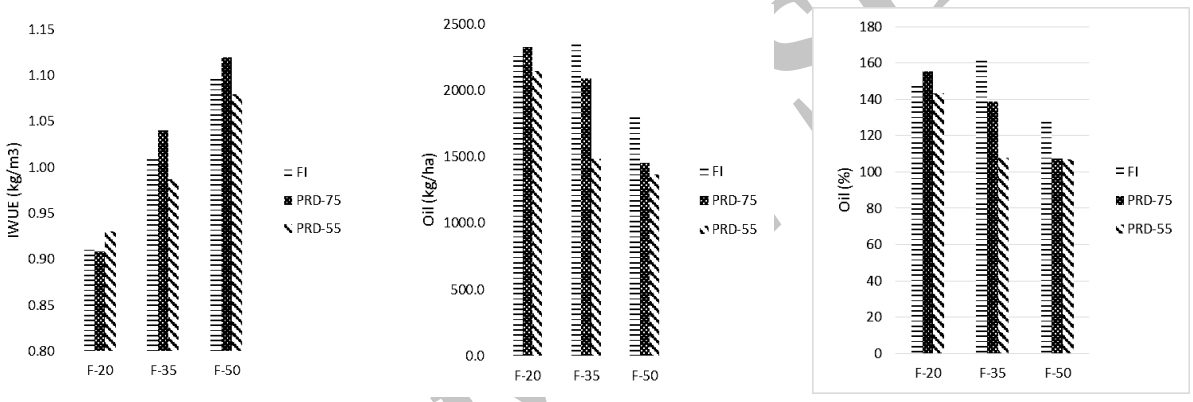
دور آبیاری	درصد روغن (٪)	عملکرد روغن (kg/ha)	کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
F-20	۴۹/۵۶^{a}	۲۲۴۴/۹۲^{a}	۰/۹۲^{b}
F-35	۴۵/۲۷^{b}	۱۹۷۹/۳۷^{b}	۱/۰۱^{a}
F-50	۳۷/۹۷^{c}	۱۵۴۹/۶۶^{c}	۱/۱۰^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اثر مقادیر مختلف آب آبیاری در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۵

مقادیر مختلف آب آبیاری	درصد روغن (٪)	عملکرد روغن (kg/ha)	کارایی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
FI	۴۸/۴۲^{a}	۲۱۴۶/۵۹^{a}	۱/۰۱^{a}
PRD-75	۴۴/۵۹^{b}	۱۹۵۸/۵۱^{b}	۱/۰۲^{a}
PRD-55	۳۹/۷۹^{c}	۱۶۶۸/۸۴^{c}	۱/۰۰^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۷. به ترتیب از راست به چپ نمودارهای درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب آبیاری برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۵

بر مبنای نتایج تجزیه واریانس، اثر عوامل آزمایش بر مشخصه‌های مورد بررسی معنی‌دار و اثر متقابل این عوامل بر مشخصه‌ها غیرمعنی‌دار تشخیص داده شد (جدول ۱۲).

در بررسی اثر دورهای آبیاری مختلف بر مشخصه عملکرد دانه، فقط بین تیمارهای F-20 و F-50 اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱۳). در مورد مشخصه عملکرد بیولوژیک بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقادیر برای این مشخصه‌ها در تیمار F-20 و کمترین مقادیر در تیمار F-55 وجود داشت. در مورد مشخصه شاخص برداشت نیز بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بیشترین مقادیر در تیمار F-50 و کمترین مقادیر در تیمار F-20 وجود داشت. در مقایسه میانگین مشخصه‌های عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری در سال ۱۳۹۵، بیشترین مقادیر در تیمار FI و کمترین مقادیر در تیمار PRD-55 مشاهده شد. در مورد مشخصه عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای FI و PRD-55 و در مورد مشخصه عملکرد بیولوژیک بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار ملاحظه شد. در مورد مشخصه شاخص برداشت نیز بین تمامی تیمارها اختلاف معنی-دار وجود داشت. در مورد این مشخصه بیشترین مقادیر در تیمار FI و کمترین مقادیر در تیمار PRD-55 وجود داشت (جدول ۱۴). نمودارهای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۵ در شکل (۸) ارائه شده است.

نتایج نشان داد مشخصه‌های درصد روغن و عملکرد روغن طی هر دو سال آزمایش، هم تحت تأثیر افزایش دور آبیاری و هم تحت تأثیر کاهش مقدار آب آبیاری با کاهش معنی‌دار مواجه شدند. اثر معنی‌دار کاهش مقدار مشخصه درصد روغن در نتیجه افزایش دور آبیاری در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (KarimzadeAsl *et al*., 2003; Daneshian and Jabbari, 2009; AtaeiKachooei *et al*., 2010; Alahdadi *et al*., 2011). به‌علاوه، کاهش معنی‌دار مشخصه عملکرد روغن در نتیجه افزایش دور آبیاری نیز در پژوهش‌هایی ملاحظه شده است

Archive of SID
www.SID.ir

Alahdadi *et al*., 2011; Daneshian and Jabbari, 2009; AtaeiKachooei *et al*., 2010; Roshdi *et al*., 2006). نتایج این پژوهش حاکی از کاهش معنی‌دار مشخصه درصد روغن تحت تأثیر کاهش مقدار آب آبیاری بود. نتایج دیگر پژوهشگران نیز نتایج این مطالعه را تائید می‌نماید (Jalilian *et al*., 2008; Karimi and Naderi, 2008). کاهش مقدار مشخصه عملکرد روغن در نتیجه اعمال تنش کم‌آبی در مراحل گلدهی و دانه-بندی در سایر پژوهش‌ها گزارش شده است (Omidi Ardali and Bahrani, 2011). در بررسی مشخصه کارایی مصرف آب نتایج این پژوهش حاکی از تأثیر معنی‌دار دور آبیاری بر این مشخصه طی هر دو سال آزمایش بود. طی انجام پژوهشی، کم-آبیاری و آبیاری بخشی ریشه در سطح ۸۰ درصد موجب افزایش معنی‌دار مشخصه کارایی مصرف آب شد؛ به صورتی که دیگر مشخصه‌های محصول در این دو تیمار نیز از شرایط مناسبی برخوردار بودند (Rezaei Estakhroeih *et al*., 2014). نکته قابل توجه در مورد کارایی مصرف آب، عدم تأثیر معنی‌دار مقدار آب آبیاری با اعمال کم‌آبیاری بخشی ریشه روی این مشخصه بود. در بررسی مشخصه عملکرد دانه نتایج این پژوهش طی هر دو سال حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین آبیاری کامل و کم-آبیاری بخشی ریشه در سطح ۵۵٪ بود. به علاوه در هر دو سال آزمایش بین آبیاری بخشی ریشه در سطح ۷۵٪ و آبیاری کامل اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه تحت تأثیر تنش رطوبتی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Yaghoubi *et al*., 2011; Omidi Ardali and Bahrani, 2011; Yousefi and Besh, 2014; Esfini Farahani *et al*., 2012). بررسی اثر دور آبیاری روی این مشخصه طی هر دو سال نشان داد که تیمارهای دور آبیاری بعد از ۲۰ میلی‌متر تبخیر و بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشته‌اند ولی بین دور بعد از ۲۰ میلی‌متر تبخیر و بعد از ۳۵ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. تأثیر افزایش دور آبیاری در کاهش معنی‌دار مقدار عملکرد دانه آفتابگردان در مطالعه‌های سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (KarimzadeAsl *et al*., 2003; Roshdi *et al*., 2006; Jabbari *et al*., 2007; Gholamhoseini *et al*., 2008; Karimi and NAderi, 2008; Daneshian and Jabbari, 2009; AtaeiKachooei *et al*., 2010). بررسی طی هر دو سال آزمایش روی مشخصه شاخص برداشت نشان داد با افزایش عامل دور آبیاری و همچنین با کاهش عامل مقدار آب آبیاری، شاخص برداشت افزایش معنی‌دار داشته است. این مورد در نتایج دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است. در این تحقیقات، تنش به صورت معنی‌داری شاخص برداشت را در مقایسه با آبیاری نرمال افزایش داد (Esfini Farahani *et al*., 2012). اختلاف بین مقادیر عملکرد بیولوژیک در همه تیمارهای دور آبیاری و همه تیمارهای مقدار آب آبیاری طی هر دو سال آزمایش معنی‌دار بود. نتایج مشابهی در خصوص تأثیر کم‌آبیاری در کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در سایر پژوهش‌ها نیز حاصل شده است (KarimiKakhaki *et al*., 2010; Siosemardeh *et al*., 2011; Yousefi and Besh, 2014).

جدول ۱۲. تجزیه واریانس آزمایش مطالعه اثر دور و مقدار آب آبیاری بر مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه آفتابگردان (هایسان ۲۵) در طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۵

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (kg/ha)		عملکرد بیولوژیک (kg/ha)		شاخص برداشت (٪)	
		SS	MS	SS	MS	SS	MS
تکرار (R)	۲	۲۰۳۰۳/۶۳	۱۰۱۵۱/۸۱ns	۱۴۸۵۳۴/۸۶	۷۴۲۶۷/۴۳ns	۴/۴۴	۲/۲۲ns
دور آبیاری (A)	۲	۹۶۸۴۹۷/۸۲	۴۸۴۲۴۸/۹۱*	۴۵۹۵۵۷۳/۲۱	۲۲۹۷۷۷۸۶/۶۱**	۱۴۵/۹۹	۷۳/۰۰**
خطای a	۴	۱۱۴۳۴۶/۱۷	۲۸۵۸۶/۵۴	۳۹۴۱۲۸/۶۶	۹۸۵۳۲/۱۷	۳/۴۴	۰/۸۶
کرت‌های اصلی MP	۸	۱۱۰۳۱۴۷/۶۱	۱۳۷۸۹۳/۴۵	۴۶۴۹۸۲۳۶/۷۴	۵۸۱۲۲۷۹/۵۹	۱۵۳/۸۷	۱۹/۲۳
مقدار آب آبیاری (B)	۲	۳۵۷۲۳۲/۸۷	۱۷۸۶۱۶/۴۴*	۳۰۱۷۶۷۶۰/۴۱	۱۵۰۸۸۳۸۰/۲۰**	۱۳۴/۰۷	۶۷/۰۴**
اثر متقابل AB	۴	۱۸۹۶۴۸/۱۳	۴۷۴۱۲/۰۳ns	۷۶۱۵۰۶/۰۸	۱۹۰۳۷۶/۵۲ns	۵/۸۲	۱/۴۵ns
خطای b	۱۲	۳۳۰۰۷۰/۳۸	۲۷۵۰۵/۸۶	۳۳۵۷۷۱۱/۳۶	۲۷۹۸۰۹/۲۸	۲۲/۶۴	۱/۸۹
کرت‌های فرعی SP	۱۸	۸۷۶۹۵۱/۳۸	۴۸۷۱۹/۵۲	۳۴۲۹۵۹۷۷/۸۴	۱۹۰۵۳۳۲/۱۰	۱۶۲/۵۴	۹/۰۳
کل	۲۶	۱۹۸۰۰۹۸/۹۹	۷۶۱۵۷/۶۵	۸۰۷۹۴۲۱۴/۵۸	۳۱۰۷۴۶۹/۷۹	۳۱۶/۴۱	۱۲/۱۷

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪، SS مجموع مربعات، MS میانگین مربعات

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۳. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثر دورهای آبیاری مختلف در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۵

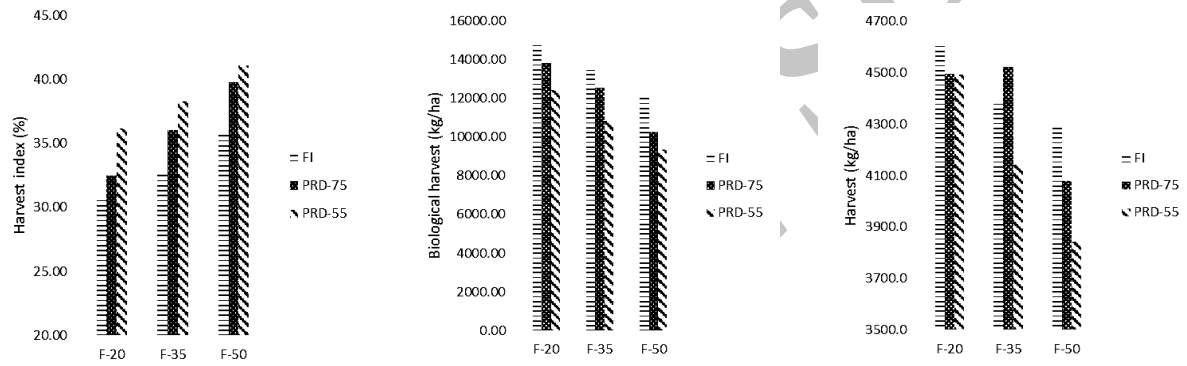
دور آبیاری	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
F-20	۴۵۲۹/۵۲^{a}	۱۳۷۳۵/۲^{a}	۳۳/۱۶^{c}
F-35	۴۳۵۲/۶۳^{ab}	۱۲۲۷۴/۴^{b}	۳۵/۶۶^{b}
F-50	۴۰۶۹/۶۷^{b}	۱۰۵۴۳/۳^{c}	۳۸/۸۵^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۴. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت اثر مقادیر مختلف آب آبیاری در سطح احتمال ۱٪ در سال ۱۳۹۵

مقادیر مختلف آب آبیاری	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
FI	۴۴۲۷/۷۸^{a}	۱۳۴۶۲/۸^{a}	۳۳/۰۷^{c}
PRD-75	۴۳۶۵/۴۰^{ab}	۱۲۲۱۶/۳^{b}	۳۶/۱۰^{b}
PRD-55	۴۱۵۸/۶۴^{b}	۱۰۸۷۳/۸^{c}	۳۸/۵۱^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۸. به ترتیب از راست به چپ نمودارهای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری در سال ۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشخصه‌های کمی و کیفی گیاه آفتابگردان تحت تأثیر ۹ حالت مختلف دور آبیاری و مقدار آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. غیر از مشخصه کارایی مصرف آب در آبیاری بخشی ریشه، سایر مشخصه‌های کمی و کیفی تحت تأثیر عوامل یاد شده دارای اختلاف معنی‌دار بودند. در بررسی عامل دور آبیاری بهترین نتایج مربوط به F-20 و نزدیک‌ترین مقادیر به این تیمار مربوط به F-35 بود. اختلاف‌ها بین تیمارهای F-20 و F-35 تحت تأثیر این عامل برای مشخصه عملکرد دانه برای هر دو سال آزمایش غیر معنی‌دار بود. بررسی عامل مقدار آب آبیاری نشان داد بهترین نتایج مربوط به FI و بعد از آن PRD-75 بوده است. اختلاف‌ها در مورد مشخصه‌های عملکرد روغن، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در سال اول و مشخصه‌های کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در سال دوم بین FI و PRD-75 معنی‌دار نبود. با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای مشخصه عملکرد دانه بین FI و PRD-75، با بهره‌گیری از آبیاری بخشی ریشه در سطح ۷۵٪ می‌توان ضمن حفظ محصول بدون کاهش معنی‌دار در مقایسه با آبیاری کامل، به مقدار ۱۴٪ و ۱۲٪ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آورد (به ترتیب برای سال‌های اول و دوم). در بررسی‌های به عمل آمده در این پژوهش عملکرد روغن بین FI و PRD-75 در سال اول آزمایش معنی‌دار نبود. از آنجایی که در کشت دانه‌های روغنی مانند آفتابگردان، استحصال روغن از اهداف اصلی می‌باشد، همانند مشخصه عملکرد دانه، در مورد این مشخصه نیز می‌توان از PRD-75 سود برد. بر مبنای نتایج این پژوهش در صورتی که در کشت محصول، عملکرد دانه هدف اصلی باشد، تیمار F20-FI بهترین نتایج را ارائه خواهد نمود. پس از آن، تیمار F20-PRD75 نتایج قابل قبولی را ارائه می‌نماید. در مورد مشخصه عملکرد روغن، بهترین نتایج مربوط به F20-PRD75 و پس از آن F35-FI می‌باشد. در نتیجه در صورتی که صرفه‌جویی در مصرف آب مد نظر باشد، با بهره‌گیری از آبیاری بخشی ریشه و آبیاری بعد از ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می‌توان به نتایج مناسب کمی و کیفی عملکرد دانه و عملکرد روغن دست یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

REFERENCES

Alahdadi, I., Oraki, H. and Parhizkar Khanjani, F. (2014). Changes in morphological and physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the water deficit stress. *African Journal of Agricultural Research*, 9(30), 2324-2331.

Alahdadi, I., Oraki, H. and Parhizkar Khajani, F. (2011). Investigation of the fatty acid compositions and some chemical characteristics in sunflower hybrids under water deficit stress. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(28), 9-18. (In Farsi)

Amjadian, K., Habibi, D. Aghayari, F. and RezaeiZad, A. (2014). The effect of drought stress on yield and yield components of promising cultivars of sunflower. *International Journal of Biosciences*, 5(9), 310-315.

AtaeiKachooei, M., Karimi, M., MajdNasiri, B., Lotfifar, O. and Motaghi, S. (2010). Investigating the effect of limited irrigation on agronomic characteristics and yield of sunflower cultivars. *Journal of Plant and Ecosystem*, 22(6), 89-110. (In Farsi)

Chimenti, C. A. and Hall, A.T. (2002). Genetic variation and changes with ontogeny of osmotic adjustment in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*, 71, 201-210.

Daneshian, J. and Jabari, H. (2009). Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (cms26 × r103) as second crop. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(40), 377-388. (In Farsi)

Davies, W.J., and Zhang, J.H. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 42, 55-76.

Demir A.O., Goksoy A.T., Buyukcangaz, H., Turan, Z.M. and Koksal, E.S. (2006). Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. *Irrigation Science*, 24, 279-289.

Dry, P.R., Loveys, B.R. and Duering, H. (2000). Partial drying of the root-zone of grape. *Transient changes in shoot growth and gas exchange*, 39(1), 3-8.

English, M.J, Musick, J.T. and Murty, V.V.N. (1990). Deficit irrigation. In: Management of farm irrigation systems (Hoffman, G.J., Howell, T.A. and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. *American Society of Agricultural Engineers publisher*, 1020p.

Esfini Farahani, M., Paknejad F., Kashani A., Ardakani M.R., Bakhtiari Moghadam M. and Rezaei, M. (2012). Effect of methanol spraying on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus l. Azargol hybrid*) under different moisture conditions. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 115-126. (In Farsi)

Ghadami firouzabadi, A. (2015). The water use management and soil moisture changes by full irrigation, regulated deficit irrigation and partial rootzone drying (PRD) in sunflower. Ph.D. dissertation, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. (In Farsi)

Ghobadi, M., Taheriabadi, Sh., Ghobadi, M.E., Mohammadi, Gh.R. and Jalali-Honarmand, S. (2013). Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. *Industrial Crops and Products*, 50, 29-38.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A. Dolatabadian, A., Jamshidi, E. and Khodaei-Joghan, A. (2013). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*, 117, 106-114.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A. and Jamshidi, E. (2008). The effect of irrigation regimes and fertilizer treatments on grain yield and elements concentration in leaf and grain of sunflower (*helianthus annuus* l.). *Agronomy and Horticulture*, 21(2), 91-100. (In Farsi)

Jabbari, H., Akbari, Gh.A., Daneshian, J., Allahdadi, A. and Shahbazian, N. (2007). Effects of water stress on agronomic characteristics sunflower hybrids. *Agricultural Journal*, 9(1), 13-22. (In Farsi)

Jalalian, J., Modarres-Sanavy, S.A.M., Saberali, S.F. and Sadat-Asilan, K. (2012). Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. *Field Crops Research*, 127, 26-34.

Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., Asgharzadeh, A. and Farshadfar, M. (2008). Response of sunflower seed quality characteristics to plant growth promoting rhizobacteria under water stress. *Agricultural Research*, 7(4), 185-194. (In Farsi)

Jones, H.G. (1992) Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology (2nd ed.). Cambridge: Cambridge university press

Kang, S.Z. and Zhang, J. (2004). Controlled alternate partial root zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botani*, 55, 2437-2446.

Kang, S.Z., Li, Z.J., Hu, X.T., Jerie, P. and Zhang, L. (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulture*, 89, 257-267.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C. and Rouphael, Y. (2007). Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full

Archive of SID

www.SID.ir

and deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 90, 213-223.

Karandish, F., Mirlatifi, M., Shahnazari, A., Abbasi, F. and Gheysari, M. (2013). Investigating the effect of partial root zone drying irrigation and deficit irrigation on water use efficiency and yield and yield components of maize. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44(1), 33-44. (In Farsi)

Karimi, A. and Naderi, M. (2008). Yield and oil content of Sunflower as affected by different amount of Water and Fertilizer with Fertigation system. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, 22(1), 151-160. (In Farsi)

KarimiKakhaki, M., Sepehri, A. and Aboutalebian, M.A. (2010). Effect of deficit irrigation during reproductive development on the growth and yield of four new sunflower cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(3), 599-612. (In Farsi)

KarimzadeAsl, Kh., Mazaheri, D. and Peighambari, S.A. (2003). Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantities characteristics of three sunflower cultivars. *Iranian. Journal of Agriculture Science*, 34(2), 293-301. (In Farsi)

Leib, B.G., Caspari, H.W., Redulla, C.A., Andrews, P. K. and Jabro, J.J. (2006). Partial root zone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, 24, 85–99.

Liu, F., Jensen, C.R. and Andersen, M.N. (2005). A review of drought adaptation in crop plants: changes in vegetative and reproductive physiology induced by ABA-based chemical signals. *Australian journal of agricultural research*, 56, 1245-1252.

Liu, F., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Andersen, M.N. and Jacobsen, S.E. (2005). ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanumtuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant Science*, 168, 831-836.

Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E. and Jensen, C.R. (2006). Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Scientia Horticulture*, 109, 113-117.

Miri, F.S., Shahnazari, A., ZiatabarAhmadi, M.Kh. and Zebardast Rostami, H. (2014). Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on quantitative and qualitative performance of orange fruit. *Journal of Horticultural Science*, 28(1), 80-86. (In Farsi)

Omidi Ardali Gh. and Bahrani, M.J. (2011). Effects of Water Stress, Nitrogen Levels and Application Times on Yield and Yield Components of Sunflower at Different Growth Stages. *Journal of Water and Soil Science*, 15(55), 199-207. (In Farsi)

Oraki, H., Alahdadi, I. and Parhizkar Khanjani, F. (2011). Investigation of the effect of water deficit stress on yield and yield components in sunflower hybrids. *African Journal of Agricultural Research*, 6(10), 2358-2363.

Rezaei Estakhroeih, A., Khoshghadam, S. Ebrahimi Serizi, M. and Badiehneshin, A. (2014). Evaluation Yield of Sunflower (Farrokh cultivar) under Effects of Conventional Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying. *Journal of water and soil*, 28(5), 867-875. (In Farsi)

Richard, J. D., Louis J.G. and Henry, L.A. (1984). *Crop production* (5th Ed.). London: Englewood Cliffs, Prentice-Hall International

Roshdi, M, Heydari Sharifabad, H., Karimi, M, Nourmohammadi, Gh. and Darvish, F. (2006). A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 109-121. (In Farsi)

Sepaskhah, A.R., Tavakoli, A.R. and Mousavi, S.F. (2000). *Principles and applications of deficit irrigation*. (pp. 1-10). Tehran: Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). (In Farsi)

Shahnazari, A., Jensen, C.R., Liu, F., Jacobsen, S.E. and Andersen, M.N. (2005). *Partial root zone drying for water saving*. Organized by Kasetsart University and Swiss federal institute of technology (ed.), in: Ikke angivet. Kasetsart University, pp. 75-80.

Siosemardeh, A., Ranjbar-balkhkanlou, H., Sohrabi, Y. and Bahramnejad, B. (2011). Evaluation of Grain Yield, Gas Exchange and Source and Sink Limitation in Sunflower under Drought Stress at Different Levels of Defoliation. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(3), 585-596. (In Farsi)

Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jaafar, M.N. and Khan, A.H. (2002). Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal*, 93, 1105-1110.

Trimmer, W.L. (1990). Partial irrigation in Pakistan. *ASCE, Journal of irrigation and drainage engineering*, 116(3), 342-353.

Yaghoubi, S.R., Aghaalikhani, M., Gholamhoseini, M., Asilan, K.S., Dolat Abadian, A., Khodaei Joghan, A. and Jamshidi, E. (2011). Effect of manure compost enriched with different amounts of zeolite on the efficiency of trifluoralin herbicide in control of sunflower weeds under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(1), 143-155. (In Farsi)

Yousefi, A.R and Besh, Z. (2014). Evaluation of sunflower reaction to weed interference under deficit irrigation conditions. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(2), 431-441. (In Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir