نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۳، ص. ۸۷۵-۸۶۷

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 5, Nov.-Dec. 2014, p. 867-875

ارزیابی عملکرد گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) تحت تاثیر کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه

عباس رضایی استخرویه[1*]- سپهرخوش قدم[2]- مجتبی ابراهیمی سیریزی[3]- علیرضا بادیه نشین[4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۱/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۶/۲۵

چکیده

کمبود آب مهمترین عامل محدودکننده محصولات کشاورزی در جهان است. روش‌های مختلف کم‌آبیاری، راه حل‌های مناسبی جهت صرفه‌جویی در آب آبیاری می‌باشند. در این مقاله بررسی تاثیر کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب در گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) انجام شد. تحقیق در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه شهید باهنرکرمان، به صورت بلوکهای کامل تصادفی با ۱۸ تیمار کم‌آبیاری، یک تیمار شاهد و در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای کم‌آبیاری عبارت بودند از: کم‌آبیاری سنتی[5] (آبیاری با۸۰، ۶۰ و ۴۰درصد نیاز آبی) و خشکی موضعی ریشه[6] با (آبیاری ۸۰، ۶۰ و ۴۰درصد نیاز آبی). این تیمارها در مراحل مختلف رشد گیاه اعمال شدند. نتایج نشان داد که تیمار کم‌آبیاری سنتی (آبیاری با ۸۰درصد نیاز آبی گیاه) در مرحله رشد رویشی بیشترین ارتفاع گیاه، سطح برگ، شاخص سطح برگ و قطر طبق را دارا بود. همچنین حداکثر عملکرد بیولوژیک برابر ۴۹۰۵۴، حداکثر عملکرد دانه برابر ۹۹۳۴/۳ و حداکثر عملکرد روغن برابر ۲۴۴۱/۲ کیلوگرم در هکتار در این تیمار اتفاق افتاد. بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه در این تیمار برابر ۱/۴۶، برای عملکرد بیولوژیک برابر ۷/۲۱ و برای عملکرد علوفه خشک برابر ۵/۷ کیلوگرم در هر متر مکعب آب مصرفی حاصل شد. با توجه به نتایج فوق برای گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) در منطقه مورد مطالعه، کم‌آبیاری سنتی با ۸۰درصد نیاز آبی گیاه در مرحله رشد رویشی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، کارآیی مصرف آب، خشکی موضعی ریشه، کم‌آبیاری

مقدمه

مهمترین عامل محیطی که تولید گیاهان زراعی را محدود می‌سازد تنش خشکی است (۱۰). 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 می‌دهند. به عنوان مثال در پاکستان به طور گسترده از کم‌آبیاری استفاده می‌شود، به نحوی که کل آب مصرفی، حدود ۲۵درصد از آبیاری کامل کمتر است (۱۵).

خشکی موضعی ریشه روشی جدید از کم‌آبیاری است، که راندمان کاربرد آب را، بدون کاهش مشخصی در عملکرد گیاه، بهبود می‌بخشد (۱۳). در خشکی موضعی ریشه، به شرط استفاده از سیستم آبیاری سطحی، آبیاری به صورت جوی و پشته می‌باشد؛ اما در هر آبیاری، فقط یک طرف ریشه آبیاری می‌شود. در واقع جوی‌ها به صورت یک درمیان آبیاری شده و در آبیاری‌های متناوب جای جوی‌های خشک و تر با هم عوض می‌شوند. در خشکی موضعی ریشه مهم تولید اسید آبسیزیک (ABA) در ریشه می‌باشد. بنابراین ممکن است جابجایی جوی‌های تر و خشک بعد از یک، دو یا چند بار آبیاری انجام گیرد. گزارش شده است که خشکی موضعی ریشه به طور متوسط ۸۲ درصد و کم‌آبیاری سنتی ۷۶ درصدکارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهند (۱۲). خشکی موضعی ریشه نه تنها یک روش آبیاری کارآ در صرفه‌جوئی آب است؛ بلکه می‌تواند به عنوان یک آبیاری سازگار با محیط زیست، مورد استفاده قرار گیرد (۹).

آفتابگردان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی است. روغن آفتابگردان به دلیل داشتن اسید چرب غیر اشباع از مرغوبیت بالایی برخوردار است. میزان روغن موجود در آفتابگردان ۴۲-۲۵ درصد است

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول Email:abbasrezaei2@gmail.com or)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران

5-Conventional Deficit Irrigation
6-Partial Rootzone Drying

که در شرایط مطلوب به ۶۵ درصد نیز می‌رسد (۱۶). گوکسوی و همکاران (۶) اثرکم‌آبیاری در سه مرحله رشد آفتابگردان (تشکیل طبق، گلدهی و دانه دهی) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که: بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل حاصل می‌شود. همچنین عملکرد دانه با کاهش تعداد دفعات و حجم آب آبیاری به طور معنی‌داری کاهش و عدم آبیاری، باعث کاهش ۴۶ و ۴۷ درصدی به ترتیب در عملکرد دانه و روغن نسبت به شرایط آبیاری کامل شد.

کاظمینی و همکاران (۸) با بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد آفتابگردان نشان دادند که بیشترین عملکرد علوفه برابر ۳۷۴۶/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن برابر ۱۹۸۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در آبیاری کامل و کم‌آبیاری به میزان ۵۰ درصد اتفاق می‌افتد. سزن و همکاران (۱۴) تاثیر خشکی موضعی ریشه و کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت روغن آفتابگردان را در اقلیم مدیترانه‌ای شرق ترکیه بررسی و نشان دادند که تیمار خشکی موضعی ریشه در مقایسه با آبیاری کامل، با ۳۶ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری، تنها ۱۵درصد کاهش در عملکرد دانه را نشان می‌دهد. تیمار خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد آبیاری، در مقایسه با کم‌آبیاری سنتی با ۵۰ درصد آبیاری دارای عملکرد دانه و روغن بیشتری بود. رژیم‌های مختلف آبیاری به طور معنی‌داری بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، روغن دانه و ارتفاع گیاه تأثیر داشتند.

الباجی و همکاران (۳ و ۴) تاثیرکم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه برعملکرد آفتابگردان را در اهواز بررسی کردند. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین تولید دانه برای آبیاری کامل با روش جویچه‌ای سنتی برابر ۶۶۸۷/۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. درحالی که کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه باعث کاهش تولید دانه نسبت به تیمار شاهد گردیدند. تولید دانه برای ۵۰ درصد کم‌آبیاری سنتی ۳۶۱۵/۳ کیلوگرم در هکتار (۴۵/۹ درصد کاهش) و برای خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۳۵۳۷/۳ کیلوگرم در هکتار (۴۷/۱ درصد کاهش) به دست آمد.

بابائیان و همکاران (۱) طی تحقیقی در مورد تاثیر کم‌آبیاری بر اجزاء عملکرد گیاه آفتابگردان در شهرستان زابل بیان نمودند که: تنش خشکی، عملکرد دانه آفتابگردان را به صورت معنی‌داری کاهش می‌دهد. همچنین بیشترین کاهش مربوط به اعمال خشکی در مرحله پر شدن دانه است. کاهش عملکرد دانه در این مرحله نسبت به تیمار شاهد معادل ۲۴/۳ درصد می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه با درصدهای مختلف صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری، بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه آفتابگردان در منطقه مورد مطالعه (کرمان) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل انجام طرح

پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع از سطح دریا، اجرا گردید. بر اساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴، میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتیگراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلیمتر، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۲درصد و اقلیم کرمان بر اساس روش دومارتن، نیمه خشک می‌باشد (۲). اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک، کرمان، در زمان اجرای طرح، در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مزرعه در جدول ۲ آمده‌اند.

جدول۱- اطلاعات هواشناسی شهر کرمان در دوره رشد آفتابگردان (سال ۱۳۹۰)

ماه	میانگین درجه حرارت (^{o}c)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	بارندگی (cm)	تبخیر ($cmmonth^{-1}$)	ساعات آفتابی ($hrmonth^{-1}$)
اردیبهشت	۲۱/۹	۲۶/۹	۰	۳۱/۷۵	۳۰۰/۳
خرداد	۲۶/۷	۲۱	۰	۴۱/۱۶	۳۳۹/۳
تیر	۲۷/۶	۲۱/۴	۰	۴۴/۷۱	۳۲۱/۸
مرداد	۲۶/۳	۲۳/۳	۰	۴۰/۱۲	۳۵۴/۴
شهریور	۲۳/۱	۲۸/۶	۰	۳۱/۶۳	۳۲۰/۸

جدول ۲- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در اعماق مختلف

عمق (cm)	Ec dSm^{-1}	PH	رس٪	سیلت٪	شن ٪	بافت خاک	چگالی ظاهری ($grcm^{-3}$)	چگالی حقیقی ($grcm^{-3}$)	تخلخل ٪
۳۰-۰	۴/۶۴	۹/۱۱	۱۸	۳۳/۶	۴۸/۴	لوم	۱/۴۵	۲/۶۵	۴۵/۳
۶۰-۳۰	۸/۷۵	۸/۷	۱۸	۴۵/۶	۳۶/۴	لوم	۱/۴۰	۲/۶۵	۴۷/۲
۹۰-۶۰	۵/۲۷	۸/۱	۱۹	۱۸/۶	۶۲/۴	لوم شنی	۱/۴۰	۲/۶۵	۴۷/۲
۱۲۰-۹۰	۴/۸۳	۸/۴۳	۱۸	۲۹/۶	۵۳/۴	لوم شنی	۱/۳۵	۲/۶۵	۴۹/۱

نحوه اجرا

زمینی بـه وسـعت ۹۰۰ متـر مربـع انتخـاب، آمـاده سـازی و بـه کرت‌هائی به ابعاد ۳×۴ متر مربع تقسیم شد. درون هر کرت پنج جوی و پشته هر کدام به طول چهار متر و فاصله دو پشـته از یکـدیگر نـیم متر ایجاد گردید. جهت اطمینان از عدم وجود نشت آب آبیاری از یک پلات به پلات مجاور، بین کرت‌ها نیم متر و بـین تیمارهـا یـک متـر فاصله رعایت شد. قبل از کاشت، مقدار۱۵۰ کیلـوگرم در هکتـار کـود سولفات پتاسیم، ۱۰۰کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسـفات تریپـل بـه مزرعه داده و با خاک مخلوط شدند. بر اساس آزمون خاک نیاز گیاه به کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید که در سه مرحله (قبـل از کاشت، ظهور طبق‌ها و زمان گل‌دهی) به مزرعه داده شد. طرح بـه صورت بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی بایـک تیمـار شـاهد، ۱۲ تیمـار کم‌آبیاری، در ۳ تکـرار طراحـی و اجـرا شـد. در تـاریخ ۹۰/۲/۲۹ بـذر آفتابگردان (رقم فرخ) روی پشته‌ها کشت شد. کاشت بذور بـه فاصـله ۱۰ سانتیمتر از یکدیگر انجام گرفت. در مرحلـه تنـک کـردن دسـتی، فاصله بوته‌ها به ۲۰ سانتیمتر (تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) افزایش یافت. تا استقرار کامل گیاه (حدود ۴۰ روز) تمام کرت‌ها با دور آبیـاری یک هفته و به صورت یکنواخت آبیاری شدند. بعـد از ایـن مـدت، دور آبیاری تقریباً یازده روزه و آبیاری برای هر کرت بر اساس طرح انجـام شد. در این تحقیق دور آبیاری برای همه تیمارها یکسان بود. بنابراین اجرای کم‌آبیاری از طریق کاهش ارتفاع آب آبیاری، نسبت به آبیـاری کامل، صورت گرفت. برای اعمال تنش، دوره رشد گیاه بـه دو مرحلـه (رویشی و زایشی) تقسیم شد. گیاهانی که در مرحله اول تحـت کـم-آبیاری قرار گرفتند، در مرحله دوم به صـورت کامـل آبیـاری شـدند و گیاهانی که در مرحلـه دوم تحت کم‌آبیاری قرار داشتند، در مرحلـه اول به صورت کامل آبیاری شدند.

تیمارهای انتخابی

تیمارهای اعمال شده عبارت بودنـد از: شـاهد (آبیـاری کامـل در تمام دوره رشد)، کم‌آبیاری سنتی با ۸۰، ۶۰و ۴۰ درصد نیاز آبی گیـاه، تیمار خشکی موضعی ریشـه بـا ۸۰، ۶۰و ۴۰ درصـد نیـاز آبـی گیـاه. تیمارهای کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی در سه مرحله رشـد گیـاه (تمام دوره، مرحله اول و مرحله دوم) اعمال شدند. جانمـائی طـرح در شکل۱ آمده است.

تعیین نیاز آبی گیاه

برای تعیین نیاز آبی گیاه، از لایسیمتر حجمـی، بـا ۱۵۵ سـانتیمتر قطر و ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع استفاده شد. درون لایسیمتر گیاه با تـراکم مزرعه کشت شد. در زمان اجرای طرح، ۴۸ ساعت قبل از هر آبیـاری، خاک درون لایسیمتر اشباع و حجـم آب مصـرف شـده انـدازه‌گیـری می‌شد. آب ثقلی توسط زهکش انتهائی خارج و خاک درون لایسـیمتر به حالت ظرفیت مزرعه می‌رسـید. مقـدار زه آب خروجـی بـه صـورت حجمی اندازه‌گیری می‌شد. در ابتدای هر آبیاری خاک داخل لایسیمتر در حالت ظرفیت مزرعه و در پایان دوره در رطوبت قبل از آبیاری قرار داشت. برای محاسبه تبخیر- تعرق در لایسیمتر از رابطـه بـیلان آبـی استفاده شد. دور آبیاری بر اساس عرف کشاورزان محلـی، بخصـوص تجارب مسئولین مزرعه دانشکده کشاورزی (حدود یازده روز) انتخـاب شد. آب مورد نیاز هر تیمـار بـر اسـاس طـرح، محاسـبه و بـه وسـیله شیلنگ و کنتور حجمی به کرت‌ها داده شد (جدول ۳).

تکرار	DI%۸۰R	DI%۴۰R	C	PRD%۶۰V	PRD%۸۰V	DI%۶۰V	DI%۸۰T	PRD%۶۰T	DI%۴۰V	
سوم	PRD%۴۰V	PRD%۸۰R	DI%۶۰R	PRD%۶۰R	DI%۸۰V	DI%۴۰T	PRD%۴۰T	DI%۶۰T	PRD%۴۰R	PRD%۸۰T

تکرار	PRD%۶۰V	DI%۶۰V	DI%۸۰R	PRD%۶۰R	DI%۶۰R	PRD%۸۰V	DI%۴۰R	DI%۸۰T	PRD%۸۰T	PRD%۴۰T
دوم	PRD%۴۰R	PRD%۴۰V	PRD%۸۰R	DI%۴۰V	DI%۸۰V	لایسیمتر	C	DI%۶۰T	PRD%۶۰T	DI%۴۰T

تکرار	PRD%۴۰V	DI%۶۰R	DI%۴۰T	DI%۸۰R	PRD%۶۰V	PRD%۸۰V	DI%۶۰T	PRD%۴۰T	DI%۸۰T	DI%۴۰V
اول	C	PRD%۶۰R	PRD%۸۰R	PRD%۴۰R	DI%۶۰V	DI%۴۰R	DI%۸۰V	PRD%۶۰T	PRD%۸۰T	

شکل ۱- جانمائی طرح

جدول ۳- زمان و ارتفاع آب آبیاری (cm) در هر تیمار

تاریخ	تیمار شاهد	کم آبیاری در تمام دوره رشد			کم‌آبیاری در مرحله رشد رویشی			کم‌آبیاری در مرحله رشد زایشی		
		٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰	٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰	٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰
۹۰/۲/۲۹	کاشت گیاه، کارگذاری لایسیمتر و تشت تبخیر									
۹۰/۳/۶	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵
۹۰/۳/۱۴	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵
۹۰/۳/۲۲	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۹۰/۳/۳۰	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۹۰/۴/۷	۸	۶/۴	۴/۸	۳/۲	۶/۴	۴/۸	۳/۲	۸	۸	۸
۹۰/۴/۱۶	۸/۵	۶/۸	۵/۱	۳/۴	۶/۸	۵/۱	۳/۴	۸/۵	۸/۵	۸/۵
۹۰/۴/۲۶	۱۱	۸/۸	۶/۶	۴/۴	۸/۸	۶/۶	۴/۴	۱۱	۱۱	۱۱
۹۰/۵/۷	برداشت در پایان مرحله رشد رویشی گیاه									
۹۰/۵/۸	۹	۷/۲	۵/۴	۳/۶	۹	۹	۹	۷/۲	۵/۴	۳/۶
۹۰/۵/۱۷	۶	۴/۸	۳/۶	۲/۴	۶	۶	۶	۴/۸	۳/۶	۲/۴
۹۰/۵/۳۰	۸	۶/۴	۴/۸	۳/۲	۸	۸	۸	۶/۴	۴/۸	۳/۲
کلاَب	۷۳/۵	۶۳/۴	۵۳/۳	۴۳/۲	۶۸	۶۲/۵	۵۷	۶۸/۹	۶۴/۳	۵۹/۷
۹۰/۶/۱۰	برداشت در پایان دوره رشد گیاه									

نمونه برداری

جهت تعیین عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه، با رعایت حاشیه‌ها از هر تیمار، در دو مرحله (بعد از اتمام مرحله اول و در پایان دوره رشد) و در هر مرحله به تعداد ۳ بوته نمونه برداری شد. اولین برداشت ۷۱ و دومین برداشت ۱۰۵ روز بعد از کاشت انجام گرفت. اطلاعات برداشت شده عبارت بودند از: ارتفاع بوته، تعداد برگ، قطرطبق، سطح برگ، شاخص سطح برگ، سطح برگ ویژه، نسبت سطح برگ، عملکرد علوفه‌تر (وزن تر برگ، ساقه و طبق)، عملکرد علوفه خشک (وزن خشک برگ، ساقه و طبق)، کارآیی مصرف آب (عملکرد علوفه خشک نسبت به آب)، عملکرد دانه، کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه نسبت به آب)، درصد روغن. عملکرد بیولوژیک، کارآیی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک نسبت به آب). اطلاعات برداشت شده با نرم افزار SAS(ver.9.1) تجزیه و تحلیل و نمودارها در محیط گسترده Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

کاهش مصرف آب آبیاری در تیمارهای مختلف

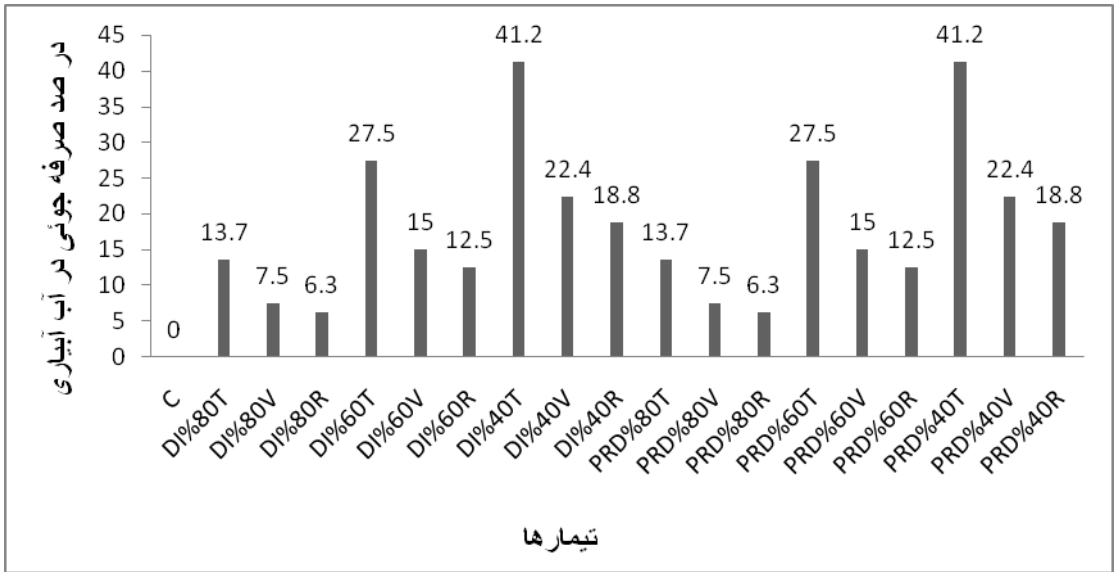
تیمار شاهد، در مرحله اول رشد، ۵۰۵۰ و در تمام دوره رشد، ۷۳۵۰ متر مکعب آب در هکتار مصرف کرد. فرض بر این است که در تیمار شاهد هیچ گونه کاهشی در مصرف آب وجود نداشته و گیاه با پتانسیل تبخیر- تعرق (ETP) آب مصرف نموده است. در مرحله اول رشد، به جز تیمار شاهد، تعداد ۶ تیمار دیگر (مجموعه تیمارهائی که در مرحله دوم رشد گیاه تحت کم‌آبیاری قرار گرفتند) نیز به صورت کامل آبیاری شدند (شکل ۱).

در این مرحله از رشد گیاه، ۴ تیمار ۱۰/۹ درصد، ۴ تیمار ۲۲ درصد و ۴ تیمار ۳۲/۷ درصد در مصرف آب آبیاری کاهش داشتند. بنابراین در تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به مرحله اول، تعداد ۷ تیمار به عنوان آبیاری کامل و ۱۲ تیمار به عنوان کم‌آبیاری (با درصدهای مختلف) در نظر گرفته می‌شوند. درصد کاهش مصرف آب، در تمام دوره رشد گیاه برای هر تیمار در شکل ۲ آمده است.

تاثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات رویشی گیاه

بیشترین ارتفاع گیاه، برابر ۱۲۷/۵ سانتیمتر در گیاهانی اتفاق افتاد که در مرحله اول رشد با ۸۰ درصد نیازآبی، آبیاری شده و ۱۰/۹ درصد در مصرف آب کاهش داشتند. ارتفاع گیاه در آبیاری کامل برابر ۱۲۵/۸ سانتیمتر و در تنش شدید (۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) برابر ۱۰۶/۲ سانتیمتر حاصل شد. تعداد برگ در تیمار ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد برابر ۲۳ عدد، در تیمار ۶۰ درصد برابر ۲۰ و در تیمار ۴۰ درصد برابر ۲۱ عدد بدست آمد. ماکزیمم سطح برگ برای هر گیاه، ۳۰۰۰ سانتیمتر مربع در آبیاری ۸۰ درصد و کمترین آن ۱۹۰۰ سانتیمتر مربع با ۴۰ درصد نیاز آبی بدست آمد. سطح برگ در گیاهانی که به صورت کامل آبیاری شدند ۲۸۰۰ و در گیاهان با ۶۰ درصد نیاز آبی برابر با ۲۰۰۰ سانتیمتر مربع حاصل شد. ماکزیمم شاخص سطح برگ ۳ و مینیمم آن ۱/۹ به ترتیب در آبیاری با ۸۰ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. شاخص سطح برگ با آبیاری کامل برابر ۲/۸ و در آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی برابر با ۲ بدست آمد.

شکل ۱- درصد صرفه جوئی در آب آبیاری در تیمارهای مختلف در دوره رشد رویشی



شکل ۲- درصد صرفه جوئی در آب آبیاری در تیمارهای مختلف در تمام دوره رشد گیاه

کرم و همکاران (۷) کاهش شاخص سطح برگ گیاه آفتابگردان را بر اثر اعمال محدودیت در آبیاری اعلام کردند که با نتایج این طرح همخوانی دارد. سطح ویژه و نسبت سطح برگ نشانگر ضخامت برگ گیاه می‌باشند. هرچه مقدار این صفات کمتر باشد، نشان دهنده ضخامت بیشتر برگ و عکس‌العمل گیاه در مقابل تنش خشکی می‌باشد. در این طرح حداکثر سطح ویژه برگ برابر ۱۰۷/۳ سانتیمتر مربع در یک گرم برگ خشک در گیاهان با آبیاری کامل اتفاق افتاد. گیاهانی که تحت کم‌آبیاری قرار داشتند دارای سطح ویژه کمتری بودند که این امر نشانگر بروز عکس‌العمل گیاه در مقابل تنش خشکی می‌باشد. ماکزیمم نسبت سطح برگ برابر ۱۱/۵ سانتیمتر مربع در یک گرم ماده خشک، در گیاهان با ۸۰ درصد آبیاری و کمترین آن برابر ۱۰/۷ در گیاهان با آبیاری کامل اتفاق افتاد. قطر طبق در تیمار ۸۰ درصد برابر با ۲۰ سانتیمتر و در تیمار۱۰۰ درصد برابر با ۱۹/۶ سانتیمتر حاصل شد. کمترین قطر طبق برابر ۱۷/۸ سانتیمتر با آبیاری ۴۰ درصد نیازآبی گیاه بدست آمد. مکی و همکاران (۱۱) کاهش قطر طبق آفتابگردان را در اثر تنش خشکی گزارش کردند که نتایج این

تحقیق را تایید می‌کند. بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد علوفه خشک برابر ۴/۲۶ کیلوگرم در هر متر مکعب آب در گیاهان با ۱۰۰ درصد آبیاری اتفاق افتاد. کمترین مقدار کارآیی مصرف آب به ازاء علوفه خشک برابر ۳/۳۵ در گیاهان تحت آبیاری به مقدار ۴۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. در گیاهان با ۸۰ درصد آبیاری مقدار این کارآیی برابر با ۳/۹ بدست آمد.

تاثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات زایشی گیاه

حداکثر عملکرد بیولوژیک برابر ۴۹۰۵۴ کیلوگرم در هکتار، در گیاهانی اتفاق افتاد که در مرحله اول رشد با ۸۰ درصد نیاز آبی، آبیاری شده و به صورت سنتی تحت کم‌آبیاری قرار داشتند. کمترین عملکرد بیولوژیک به مقدار ۱۸۵۱۱ کیلوگرم در هکتار برای گیاهانی اتفاق افتاد که در مرحله اول رشد با ۴۰ درصد نیاز آبی به صورت خشکی موضعی ریشه آبیاری شدند. عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد (آبیاری کامل) برابر ۳۳۶۷۰ کیلوگرم در هکتار (۳۱ درصد کمتر از ماکزیمم مقدار) بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار کم‌آبیاری سنتی با ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد و به مقدار ۹۹۳۴/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین مقدار این صفت ۴۶۲۲/۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار کم‌آبیاری به روش خشکی موضعی ریشه با ۴۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد اتفاق افتاد. تیمار شاهد با عملکرد دانه به مقدار ۶۹۷۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به حداکثر مقدار خود، ۳۰ درصد کاهش داشت. در حالیکه کم‌آبیاری سنتی با ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد، دارای حداکثر عملکرد دانه می‌باشد؛ اعمال این مقدار کم‌آبیاری در تمام دوره رشد گیاه و در دوره رشد زایشی باعث کاهش در عملکرد دانه گردید. این نتایج نشانگر تاثیر منفی اعمال کم‌آبیاری در دوره رشد زایشی گیاه بر عملکرد دانه می‌باشد. مکی و همکاران (۱۱) کاهش عملکرد دانه گیاه آفتابگردان در اثر بروز تنش خشکی را گزارش کردند. اردم و همکاران (۵) کاهش ۵۸ درصدی برای عملکرد دانه بر اثر تنش خشکی برای گیاه آفتابگردان را گزارش کردند که هر دو گزارش با نتایج این طرح هماهنگ هستند.

عملکرد روغن، بین ۲۴۴۱/۲ تا ۹۰۰/۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمار کم‌آبیاری سنتی با ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد و تیمار کم‌آبیاری سنتی با ۴۰ درصد نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه بدست آمد. تحلیل نتایج نشان می‌دهد عملکرد روغن در تیمارهای کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه با ۸۰ درصد نیاز آبی بجز تیمار کم‌آبیاری سنتی در مرحله رشد زایشی، در یک گروه آماری قرار دارند. شاخص برداشت که نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک می‌باشد در این طرح بین ۰/۳۶ تا ۰/۱۳ متفاوت بود. حداکثر شاخص برداشت در تیمار خشکی موضعی ریشه با ۸۰ درصد نیاز آبی در تمام مرحله رشد گیاه و حداقل آن در تیمار خشکی موضعی ریشه با ۴۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد اتفاق افتاد.

جدول ٤- میانگین صفات مورد مطالعه آفتابگردان در رقم فرخ

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	قطرطبق (cm)	شاخص سطح برگ	عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن ($kg.ha^{-1}$)	کارآئی مصرف آب (علوفه) ($kg.m^{-3}$)	کارآئی مصرف اب (دانه) ($kg.m^{-3}$)	کارآئی مصرف اب (بیولوژیکی) ($kg.m^{-3}$)
C	128a-c	19.6a-d	2.5b-d	33670b-e	6977bc	2074.8ab	3.6b-f	0.95bc	4.58b-d
DI%80T	119bc	18.6b-d	2.1b-d	24867d-g	6340.8b-d	1639.6a-d	2.9c-f	1bc	3.92cd
DI%80V	141.5a	23a	4.7a	49054a	9934.3a	2441.2a	5.7a	1.46a	7.21a
DI%80R	128a-c	19.5a-d	2.9b-d	34583b-e	5692.4b-d	1305.2b-d	4.2a-f	0.82c	5.02b-d
DI%60T	132ab	19.2a-d	2.5b-d	32387b-f	6020.3b-d	1374.6b-d	4.4a-d	1.13a-c	5.34a-d
DI%60V	127.3a-c	19a-d	2b-d	28246b-g	6619.7b-d	2008.7a-c	3.4b-f	1.06bc	4.51b-d
DI%60R	121.5a-c	21.5ab	2.8b-d	39973a-c	6042.5b-d	1779a-d	5.2ab	0.94bc	6.21ab
DI%40T	97.8d	19a-d	2b-d	24138d-g	4644d	900.9d	4.5b-d	1.07bc	5.58a-c
DI%40V	121a-c	16d	1.4d	18625fg	5595.4b-d	1114.5cd	2.2f	0.98bc	3.27d
DI%40R	124.5a-c	18.5b-d	2b-d	30045b-g	7265.4b	2441.9a	3.8a-f	1.22ab	5.03b-d
PRD%80T	122a-c	17.5b-d	2b-d	27284c-g	9223.5a	2107.4ab	2.8c-f	1.45a	4.30b-d
PRD%80V	127.6a-c	21a-c	3.1bc	36130b-d	6796.3b-d	1688.1a-d	4.3a-e	1bc	5.31a-d
PRD%80R	122a-c	19.3a-d	2.5b-d	25898d-g	6025.1b-d	1666.1a-d	2.8c-f	0.87bc	3.75cd
PRD%60T	116b-d	17.5b-d	2b-d	23854d-g	6484b-d	1967.2a-c	3.2c-f	1.22ab	4.47b-d
PRD%60V	98d	18.5b-d	1.8cd	20854e-g	5434.4b-d	1376.7b-d	2.4ef	0.86bc	3.34d
PRD%60R	122.5a-c	20.7a-c	3.5ab	41117ab	6337.1b-d	1444.4b-d	5.4ab	0.99bc	6.39ab
PRD%40T	97.8d	19a-d	2b-d	24138d-g	4778.8cd	1089.6cd	4a-f	1.1bc	5.02b-d
PRD%40V	108.3dc	17.1dc	2b-d	18511g	4622.1d	1106cd	2.7d-f	0.81c	3.25d
PRD%40R	134ab	18b-d	3.2bc	35304b-d	7200.9b	1831a-d	4.8a-c	1.20ab	5.91a-c

در هر ستون صفات دارای حروف مشابه در یک گروه آماری قرار دارند.

بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه برابر ۱/۴۵ کیلوگرم در متر مکعب آب در خشکی موضعی ریشه با ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه در تمام دوره رشد اتفاق افتاد. کمترین مقدار کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه برابر ۰/۸۱ کیلوگرم در متر مکعب آب در تیمار خشکی موضعی ریشه با ۴۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد بدست آمد. کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه در تیمار شاهد برابر با ۰/۹۵ کیلوگرم در متر مکعب آب بدست آمد که با حداکثر مقدار خود اختلاف آماری داشت. بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک برابر ۷/۲۱ کیلوگرم در متر مکعب آب متعلق به تیمار کم-آبیاری سنتی با ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد و کمترین مقدار آن برابر با ۳/۲۷ کیلوگرم در متر مکعب آب در کم‌آبیاری سنتی با ۴۰ درصد نیاز آبی در مرحله اول رشد گیاه بدست آمد. کارآیی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد (آبیاری کامل) ۴/۵۸ کیلوگرم در متر مکعب آب بدست آمد که نسبت به حداکثر مقدار خود ۳۶ درصد کاهش دارد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری میانگین صفات مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که تنش ملایم خشکی در مرحله اول رشد گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) با ۷/۵ درصد صرفه‌جوئی در کل آب آبیاری، بیشترین عملکرد و اجزاء عملکرد را در پی خواهد داشت. اجزاء عملکرد گیاه، حاصل از اعمال کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه (با ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) در یک گروه آماری قرار دارند. بنابراین برای گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) در منطقه مورد مطالعه (کرمان) کم‌آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به صورت کم‌آبیاری سنتی یا خشکی موضعی ریشه پیشنهاد می‌گردد. در این طرح بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه مورد بررسی قرار نگرفت؛ لازم است در طرح‌های آینده خصوصیاتی نظیر، درصد جوانه زنی، طول مراحل مختلف رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، تعداد روزنه برگ،... اندازه‌گیری شوند. در خشکی موضعی ریشه اصل مهم تولید آبسیزیک اسید (ABA) است. برای تولید این هورمون رشد، ممکن است لازم باشد قسمت خشک ریشه، بیش از یک دور آبیاری خشک باقی بماند لذا پیشنهاد می‌گردد در طرح‌های بعدی جابجائی جوی‌های خشک و تر بعد از هر آبیاری، بعد از دو و سه آبیاری انجام و نتیجه مورد ارزیابی قرار گیرد. لازم است در طرح‌های آینده اندازه‌گیری ABA در برگ گیاه انجام و مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

۱- بابائیان م.، حیدری م. و قنبری ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلولپاشی عناصر کم مصرف بر ویژگیهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذائی در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله علوم زراعی ایران ۱۲(۴): ۳۹۱-۳۷۷.

۲- بختیاری ب.، لیاقت ع.م.، خلیلی ع. و خانجانی م.ج. ۱۳۸۸. ارزیابی دو مدل ترکیبی برآورد تبخیر- تعرق مرجع چمن در بازه زمانی ساعتی (مطالعه موردی اقلیم کرمان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۳(۵۰): ۲۶-۱۳.

3- Albajia M., Behzad M., Boroomand Nasab S., Naseri A.A.,Shahnazari A., Meskarbashee M., Judy F. and Jovzi M. 2011. Investigation the Effects of Conventional Irrigation (CI), Regulated Deficit Irrigation (RDI) and Partial Root Zone Drying (PRD) on Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus L*). Research on Crops, 12(1):142-154.

4- Albajib M., Boroomand Nasab S., Behzad M., Shahnazari A., Naseri A.A., Meskarbashee M., Judy F., Jovzi M. and Shokoohfar A.R. 2011. Water Productivity and Water Use Efficiency of Sunflower under Conventional and Limited Irrigation. International Journal of Food, Agriculture & Environment- JFAE, 9(1):202-209.

5- Erdem T., Erdem Y., Orta A.H. and Okursoy H. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus L.*). Turk. J. Agric. For 30:11-20.

6- Goksoy A.T., Demir A.O., Turan Z.M., and Dagustu N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res, 87: 167-178.

7- Karam F., Masaad R., Sfeir T., Mounzer O. and Rouphael Y. 2007. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agr. Water Manag, 75: 226-244.

8- Kazemeini S.A., Edalat M. and Shekoofa A. 2009. Interaction effects of deficit irrigation and row spacing on sunflower (*Helianthus annuus L.*) growth, seed yield and oil yield. African Journal of Agricultural Research, 4 (11):1165-1170.

9- Kirda C., Topcu S., Kaman H., Ulger A.C., Yazici A., Cetin M. and Derici M.R. 2005. Grain yield response and N-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. Field Crops Research, 93:132–141.

10- Kokubun M. 2008. Crop breeding and cultural strategies for changing enviroments. 5th International Crop Science Congress & Exhibition, Jejo, Korea, April 1:13-18.

11- Mekki B.B., El-kholy M.A. and Mohamed E.M. 1999. Yield oil and fatty acids content as affected by water deficit and potassium fertilization in to sunflower cultivars. Egypt. J. Agron, 21:67-85.
12- Sadras V.O. 2009. Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. Irrig. Sci, 27:183-190.
13- Savić S., Stikić R., Jovanović Z., Prokić L. and Pauković M. 2009. Partial root drying irrigation technique: practical application of drought stress signaling mechanism in plants. Arch. Biol. Sci., Belgrade, 61 (2):285-288.
14- Sezen S. M., Yazar A. and Tekin S. 2011. Effects of partial root zone drying and deficit irrigation on yield and oil quality of sunflower in a Mediterranean environment. Irrig. And Drain. 60(4):499-508.
15- Trimmer W.L. 1990. Partial irrigation in Pakistan. ASCE, J. Irrig. And Drain. Eng, 116(3): 342-353.
16- Weiss E.A. 1983. Oilseed crops. First Published by Long man. London, pp: 31-99.

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 5, Nov.-Dec. 2014, p. 867-875

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۳، ص. ۸۷۵-۸۶۷

Evaluation Yield of Sunflower (Farrokh cultivar) under Effects of Conventional Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying

A. Rezaei Estakhroeih[1*]- S. Khoshghadam[2]- M. Ebrahimi Serizi[3]- A. Badiehneshin[4]

Received:16-04-2014
Accepted:16-09-2014

Abstract

Water shortage is the most important factors on crop production in the world. Several methods of deficit irrigation are solutions for reduction of irrigation water. To understand the effects of conventional deficit irrigation and partial root zone drying treatments on yield, yield components and water use efficiency of sunflower (Farrokh cultivar), one study was carried out. The research was conducted on Shahid Bahonar University of Kerman in the spring of 2011. A factorial experiment in a randomized complete block design with one control (full irrigation) and 18 deficit irrigation treatments in three replications was considered. Deficit irrigation treatments were: conventional deficit irrigation (irrigation with %80, %60 and %40 ETP) and partial root zone drying (irrigation with %80, %60 and %40 ETP). Every deficit irrigation treatment was conducted in three growth stage of sunflower (all periods of growth, vegetative growth stage and reproductive growth stage).The results showed that the conventional deficit irrigation treatments (irrigation with 80% ETP) in vegetative growth had the highest plant height, leaf area, leaf area index and head diameter. Also, the maximum biological yield equal to49054, maximum grain yield is equal to 9934/3 and maximum oil yield is equal to 2441/2 kg per hectare in the conventional deficit irrigation treatments (irrigation with 80% ETP) in vegetative growth occurred.The highest water use efficiency for grain yield is equal to 1/46,forbiological yield equal to7/21 and for dry forage yield is equal 5/7 kilograms per cubic meter of water. According to results,conventional deficit irrigation (irrigation with %80, %60 and %40 ETP) is recommended on based.

Keywords: Sunflower, Biological yield, Grain yield, Water use efficiency, Partial rootzone drying, Deficit irrigation

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*-Corresponding Author Email: abbasrezaei2@gmail.com)
2- MSc Student of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol
3- MSc Student of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan
4- MSc Student of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj