نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره پنجم، ۱۳۹۸
۲۱-۳۹
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16217.3151

بررسی تأثیر دور آبیاری در مراحل مختلف فنولوژی بر ویژگی‌های کمی و کیفی و بهره‌وری مصرف آب کنجد

*محمدرضا رفیع[۱] و علی دهقانی[۲]

[۱]استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران، [۲]عضو هیأت علمی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: کنجد گیاه دانه روغنی مقاوم به کم‌آبی می‌باشد ولی در مرحله استقرار گیاهچه و هم‌چنین در دوره گلدهی تا پرشدن دانه به تنش کم‌آبی حساس است. آبیاری می‌تواند موجب افزایش مقدار روغن شود، در صورتی‌که تنش خشکی موجب کاهش آن خواهد شد. تنش‌های محیطی اثرات معکوس بر مقدار روغن و پروتئین دانه کنجد دارند. هم‌چنین کنجد حساسیت بالایی در رطوبت بالای خاک به بیماری بوته‌میری و در رطوبت پایین به بیماری گل‌سبز دارد. جهت افزایش عملکرد دانه و روغن کنجد علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک و استفاده از ارقام اصلاح شده، تامین رطوبت کافی از طریق آبیاری نیز لازم می‌باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی و بهره‌وری مصرف آب کنجد اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به‌مدت دو سال زراعی (۹٤-۱۳۹۳) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: I_0 (فاصله آبیاری براساس عرف‌زارع، هر دو هفته یک‌بار)، I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب آبیاری بعد از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A، I_4 (۱۳۰mm تا شروع گلدهی و ۹۰mm بعد از شروع گلدهی)، I_5 (۱۷۰mm تا شروع گلدهی و ۹۰mm بعد از شروع گلدهی) و I_6 (۱۷۰mm تا شروع گلدهی و ۱۳۰mm بعد از شروع گلدهی) براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A می‌باشد. در این پژوهش صفات تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، ارتفاع پایین‌ترین کپسول، ارتفاع بوته در موقع برداشت، درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، بهره‌وری مصرف آب دانه و بهره‌وری مصرف آب روغن دانه و درصد بیماری‌های بوته‌میری و گل‌سبز ارزیابی شد. نتایج حاصله توسط نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

* مسئول مکاتبه: rafie1670@yahoo.com

یافته‌ها: بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی (۱۰/۳۱ عدد)، تعداد کپسول در بوته (۱۵٤/۵۰ عدد)، وزن هزاردانه (۳/۷۸ گرم)، عملکرد دانه (۱۳۸۱/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و میزان روغن (۵۵/۱۱ درصد) با تیمار I_1 حاصل شد. به همین دلیل بیشینه عملکرد روغن دانه (۷۵۹/۵۵ کیلوگرم در هکتار) به این تیمار اختصاص یافت. تیمار I_1 از نظر عملکرد روغن دانه با تیمارهای I_4 و I_5 تفاوت معنی‌داری نداشت. حداکثر بهره‌وری مصرف آب دانه (۰/۲۳۳ کیلوگرم در مترمکعب) و بهره‌وری مصرف آب روغن دانه (۰/۱۲۵ کیلوگرم در مترمکعب) در تیمار I_3 به‌دست آمد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمارهای I_0، I_5 و I_6 نشان نداد. کم‌ترین آلودگی از نظر بیماری بوته‌میری مربوط به تیمار I_5 (۷/۲۲ درصد) بود. بیش‌ترین آلودگی به بیماری بوته‌میری (۲۰/٦۳ درصد) در تیمار I_1 مشاهده شد. کم‌ترین آلودگی به بیماری فیلودی به تیمارهای I_1، I_2 و I_6 تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: در بین تیمارهای مورد آزمایش، تیمارهای I_1، I_4 و I_5 دارای بیش‌ترین عملکرد دانه، وزن هزاردانه و درصد روغن دانه بودند که به‌جز تیمار I_0 نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری نشان ندادند. هم‌چنین حداکثر عملکرد روغن دانه در تیمارهای I_1 و I_5 به‌دست آمد. در بین سه تیمار I_1، I_4 و I_5، تیمار I_5 نسبت به تیمارهای I_1 و I_4 دارای بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب دانه و روغن دانه و کم‌ترین میزان مصرف آب و دفعات آبیاری بود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان تیمار I_5 را که حداقل مصرف آب را داشته و از نظر عملکرد با تیمار I_1 که حداکثر عملکرد را تولید نموده اختلاف معنی‌داری نداشته و هم‌چنین درآمد ناخالص این تیمار تقریباً برابر با تیمار I_1 بوده را جهت آبیاری صحیح کنجد در منطقه بهبهان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بوته‌میری، دانه، روغن، گل سبز

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از گیاهان زراعی است که به‌دلیل بالا بودن کمیت و کیفیت روغن استحصالی آن، از جایگاه ویژه‌ای در بین گیاهان روغنی برخوردار است. مجموع چربی و پروتئین دانه کنجد نزدیک ۷۵ درصد بوده و ازاین‌رو، اهمیت اقتصادی بالایی چه ازنظر تغذیه انسان و چه مصارفی مانند کنجاله دارد (۱۳). دانه کنجد تنها منبع پروتئینی است که از نظر میزان سولفور از جمله اسیدهای آمینه ضروری، غنی است (۳٤). روغن کنجد نیز حاوی گلیسریدها، اسیدهای چرب عمده‌ای چون اسید اولئیک و لینولئیک، مقادیر کمی پالمیتیک و آراچیدیک می‌باشد (۹). با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن، کنجد می‌تواند به‌عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (۱٦). استان خوزستان با سطح زیرکشت ۷۹۵۵ هکتار، حدوداً یک‌چهارم سطح زیرکشت کنجد را در کشور به خود اختصاص داده است (۲).

شهرستان بهبهان با سطح زیرکشت ٤۵۰۰ هزار هکتار مهم‌ترین منطقه کشت کنجد در استان خوزستان می‌باشد (٤). جهت رسیدن به عملکرد مطلوب کنجد در منطقه بهبهان به‌عنوان یکی از مناطق مهم کشت کنجد در کشور علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک تأمین رطوبت کافی از طریق آبیاری لازم است. از طرفی کشور ایران دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک و اراضی مستعد کشاورزی زیادی است که با توجه به مصرف حدود ۹۳/۵ درصد از آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی، آب عامل

اصلی محدودکننده تولید است. رشد و توسعه به‌موازات استفاده بیش‌تر از آب، آسیب‌پذیری بخش کشاورزی را در شرایط تغییرات اقلیمی و محدودیت دسترسی به منابع جدید آب تشدید می‌نماید (۱۷). کنجد به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی مقاوم به کم‌آبی مطرح است ولی در مرحله استقرار گیاهچه و هم‌چنین در دوره گلدهی تا پر شدن دانه به تنش کم‌آبی حساس است (۱۵). در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است که در گیاه کنجد با اعمال تنش کم‌آبی از مرحله گلدهی تا پایان فصل رشد، عملکرد دانه، تعداد دانه در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه کاهش می‌یابد (۱۸ و ۲۷). آبیاری به‌موقع می‌تواند موجب افزایش مقدار روغن شود، ولی تنش خشکی موجب کاهش آن می‌شود و به‌طورکلی عوامل محیطی اثرات معکوس بر مقدار روغن دانه دارند (۳۶). سعیدی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد. آن‌ها بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را در دور آبیاری ۵ روزه به‌دست آوردند (۲۹). پریرا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که عملکرد پایین کنجد در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور عمده مربوط به مدیریت نامناسب و ایجاد تنش‌های بی‌رویه است (۲۶). نادیم و همکاران (۲۰۱۵) در یک آزمایش مزرعه‌ای کنجد ۳ رژیم آبیاری شامل ۲ نوبت آبیاری (در ۲۰ و ٤۰ روز بعد از کاشت)، ۳ نوبت آبیاری (در ۲۰، ٤۰ و ٦۰ روز بعد از کاشت) و ٤ نوبت آبیاری (در ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ روز بعد از کاشت) را موردبررسی قرار دادند. در این مطالعه رژیم آبیاری ٤ نوبت آبیاری بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۰۳ سانتی‌متر)، شاخه فرعی (۱٦)، عملکرد دانه (۷٤۸/۷۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۳۲۱ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود (۲۵). در پژوهشی دیگر عبدالطیف (۲۰۱۵) دورهای آبیاری ۷، ۹ و ۱۱ روزه را بر روی کنجد بررسی نمود. در این پژوهش بیش‌ترین ارتفاع (۱٤٤ سانتی‌متر)، تعداد کپسول در بوته (٦٤ عدد)، وزن هزاردانه (۳/٤ گرم)، عملکرد دانه (۱٥٤۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۷۸۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به دور آبیاری ۷ روزه بود ولی اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری ۹ روزه نداشت. در این پژوهش بالاترین کارایی مصرف آب دانه (۰/۱۷کیلوگرم در مترمکعب) در دور آبیاری ۹ روزه به‌دست آمد (۱). ال- نایم و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی ۵ مقدار آب شامل مقادیر ۷۵۰، ٦٥۰، ٥٥۰، ٤٥۰ و ۳٥۰ میلی‌متر را بر روی کنجد بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر ٦٥۰ و ۷٥۰ میلی‌متر توانست صفات تعداد کپسول در بوته (۱۸٥)، تعداد دانه در کپسول (٦٦عدد)، وزن هزاردانه (۳/٦ گرم) و عملکرد دانه (٤٤ گرم در بوته) را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد (۱٤). دانایی و رفیع (۲۰۱۷) در پژوهشی در دو آزمایش جداگانه دورهای آبیاری پس از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A را بر روی ۵ ژنوتیپ مختلف کنجد بررسی نمودند. بالاترین عملکرد دانه در توده محلی بهبهان (۱۲۳۱ کیلوگرم در هکتار) با مقدار مصرف آب ٤۷۲۷ مترمکعب در هکتار با بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب (۰/۲٦ کیلوگرم در مترمکعب) در دور آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A به‌دست آمد (۸). جعفری (۲۰۱۷) اثرات دور آبیاری بر روی کنجد را در مناطق عمده کشت کنجد (بوشهر، داراب و جیرفت) با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A بررسی نمود. نتایج نشان داد که در تمام مناطق تا قبل از گلدهی حساسیت زیادی به تنش آبی ندارد و می‌توان با دور آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A اقدام به آبیاری نمود. اما با فرارسیدن موعد گلدهی، آبیاری با این دور آبیاری باعث کاهش شدید عملکرد شده و آبیاری باید

براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A صورت گیرد (۱۹). بذرافشان و اسکندری (۲۰۱۳) در آزمایشی دورهای آبیاری ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روزه را بر روی کنجد مطالعه نمودند. در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه (۱۰٤۰ کیلوگرم در هکتار) در دور آبیاری ۵ روزه و حداقل عملکرد دانه (۸۳۳ کیلوگرم در هکتار) در دور آبیاری ۱۱ روزه حاصل شد (۵).

در مصر نتایج بررسی رژیم‌های آبیاری پنج و هفت‌روزه روی چهار رقم کنجد توسط مانال و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که در فواصل آبیاری پنج‌روزه با مصرف کل آب بین ٤۳٦۷ تا ٤۷۲۸ مترمکعب در هکتار کم‌ترین کاهش عملکرد (۲ درصد) نسبت به فواصل آبیاری هفت‌روزه به‌دست آمد (۲۲). به عقیده جیان (۲۰۱۰) در چین تنش خشکی با تأثیر سوء بر سرعت رشد، توسعه سیستم ریشه‌ای، تعداد و اندازه برگ‌ها، ارتفاع گیاه و زیست‌توده سبب کاهش رشد و توسعه کنجد می‌شود. بر این اساس تأثیر تنش در مرحله گلدهی بیش‌تر از مرحله دانه‌بندی بود (۲۰). تنظیم آبیاری در کشت و تولید کنجد اهمیت ویژه‌ای دارد و آبیاری نامتعادل باعث وقوع آسیب‌های ناشی از عوامل زنده مانند بیماری‌های قارچی و فیتوپلاسمایی و عوامل غیرزنده مانند ماندابی و خشکی به این محصول می‌شود (۳۷). بیماری‌های مهم و اقتصادی این محصول در منطقه بوته‌میری فوزاریومی با عامل قارچی *Fusarium oxysporum*، بوته‌میری ماکروفومینایی با عامل قارچی *Macrophomina phaseolina* و بیماری فیتوپلاسمایی فیلودی یا گل‌سبز هستند که گاهی تا ۹۰ درصد خسارت به محصول وارد می‌سازند و هر سه بیماری در اثر تنش خشکی و نوسانات رطوبتی تشدید می‌شوند (۱۰، ۱۱ و ۳۳). روش‌های متعددی جهت کنترل این بیماری‌ها وجود دارد که از آن جمله کنترل فاصله آبیاری می‌باشد به‌طوری‌که برای کنترل بیماری بوته‌میری، در صورت مشاهده پیشرفت این بیماری در مزرعه تا حد ممکن از بروز تنش رطوبتی اجتناب شود (۳۳) و برای کاهش جمعیت ناقلین و کنترل بیماری گل سبز باید فاصله آبیاری‌ها بیش‌ازحد نشود تا از خشکی محیط بوته‌ها جلوگیری شده زمینه فعالیت تغذیه‌ای زنجرک‌ها کم‌تر شود (۱۱). بنابراین به‌دلیل اهمیت ویژه‌ای که کشت کنجد از نظر سطح زیرکشت نسبت به سایر گیاهان روغنی در منطقه بهبهان دارد (٤) و به‌دلیل حساسیت بالایی که کنجد در رطوبت بالای خاک به بیماری بوته‌میری و در رطوبت پایین به بیماری فیلودی دارد انجام این پژوهش با هدف مشخص کردن فواصل آبیاری قبل و بعد از شروع گلدهی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

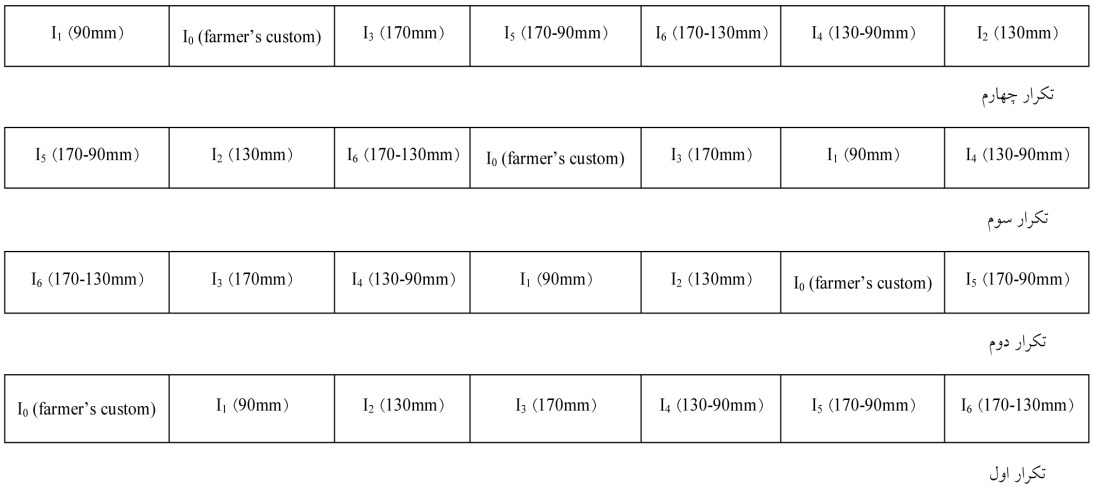
این پژوهش به‌صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۷ تیمار: I_0 (دورآبیاری براساس عرف‌زارع، هر دو هفته یک‌بار)، I_1 (۹۰mm) (۹۰ میلی‌متر بعد از تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A)، I_2 (۱۳۰ mm)، I_3 (۱۷۰mm)، I_4 (۱۳۰-۹۰mm) (۱۳۰ میلی‌متر تا شروع گلدهی و ۹۰ میلی‌متر بعد از شروع گلدهی)، I_5 (۱۷۰-۹۰mm) (۱۷۰ میلی‌متر تا شروع گلدهی و ۹۰ میلی‌متر بعد از شروع گلدهی) و I_6 (۱۷۰-۱۳۰mm) (۱۷۰ میلی‌متر تا شروع گلدهی و ۱۳۰ میلی‌متر بعد از شروع گلدهی) براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به‌مدت دو سال زراعی (۹٤-۱۳۹۳) اجرا شد (شکل‌های ۱ و ۲). محل آزمایش با ´۳٦ :°۳۰ عرض شمالی و ´۱٤ :°۵۰ طول شرقی، دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا است.

در هر دو سال آزمایش قبل از انجام آزمایش دو نمونه خاک (نمونه‌برداری مرکب) از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر از محل آزمایش تهیه شد و ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). براساس سیستم جامع طبقه‌بندی (US Soil Taxonomy)، این خاک جزء فامیل Fine, Carbonatic, Hyperthermic و از زیرگروه خاک‌های Aridic Calciustepts محسوب می‌شود. بذور کنجد در اواسط تیرماه کشت شد. هر کرت شامل چهار خط کاشت به‌صورت ردیفی و به طول ۵ متر و پشته‌های ۵۰ سانتی‌متری بود. در موقع برداشت محصول ۲ خط وسط هر کرت با حذف نیم متر از بالا و پایین هر خط برداشت و در محاسبات منظور شد. قبل از کاشت مراحل تهیه زمین شامل شخم، دیسک، کودپاشی، ماله و دیسک انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experiment place in 2014 and 2015.

بافت	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	وزن مخصوص ظاهری	پتاسیم قابل‌جذب	فسفر قابل‌جذب	کربن آلی	درصد آهک	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی	درصد اشباع خاک	عمق خاک
Soil texture	FC	D (gr/cm^3)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	OC (%)	TNV (%)	PH	EC (dS/m)	SP (%)	Soil depth (cm)
				2014						
Silty Clay Loam	23	1.58	283	18	0.87	53.2	7.7	3	45	0-30
Silty Clay Loam	21	1.62	305	15	0.70	54.5	7.7	4	45	0-60
				2015						
Silty Clay Loam	24	1.57	270	14	0.85	55.0	7.8	3.5	47	0-30
Silty Clay Loam	22	1.60	310	11	0.67	54.3	7.8	4.2	46	0-60



شکل ۱- پلان آزمایش.

Figure 1. Test plan.

شکل ۲- مزرعه کنجد.

Figure 2. Sesame farm.

با توجه به نتایج آزمون خاک، کود اوره (٤٦ درصد نیتروژن خالص) به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. به‌دلیل بالا بودن موجودی فسفر و پتاسیم خاک، کود فسفر و پتاسیم مصرف نشد. پس از کشت اولین آبیاری به‌طور یکنواخت جهت تمام تیمارها انجام تا مزرعه به‌طور یکنواخت سبز گردد (خاک‌آب). بعد از سبزشدن کامل مزرعه برای اعمال تیمارهای آزمایشی تمام تیمارها به‌طور یکنواخت آبیاری شده و سپس میزان تبخیر برای همه کرت‌ها یادداشت و در میزان‌های مشخص تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب موردنیاز در تیمارهای مربوطه بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$In = \frac{(Fc - ai).D.b}{100}$$

که در آن، In عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، Fc رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)، ai رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D عمق ریشه بر حسب میلی‌متر (که برای کنجد ٦۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد)، b جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3). در هر بار عمق آب آبیاری با اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک از دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متر تعیین و میزان آب موردنیاز برای هر کرت محاسبه و به‌وسیله کنتور در هر کرت اعمال شد. یادداشت‌برداری‌ها شامل تاریخ سبزشدن، تاریخ آبیاری، عمق آب آبیاری در هر بار آبیاری، ثبت اطلاعات هواشناسی در طی دوره رشد (جدول ۲)، تاریخ شروع گلدهی، تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، ارتفاع پایین‌ترین کپسول از سطح زمین، ارتفاع بوته در موقع برداشت، درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب روغن دانه بود. هم‌چنین از ابتدای کشت کنجد تا آخر فصل در فواصل ۱۰ روز، بررسی‌های مربوط به بروز علائم و آلودگی بیماری‌های مهم کنجد شامل فیلودی و بوته‌میری در مراحل مختلف رشد کنجد به‌عمل آمد. به این صورت که آماربرداری از تعداد بوته‌های آلوده در صد بوته مجاور همدیگر در سه تکرار تصادفی در هر کرت به‌عمل آمده و در آخر وقوع بیماری در تیمارهای مختلف ارزیابی شد. بوته‌های کنجد در

اواسط آبان برداشت شدند. در پایان هر سال بر روی عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری‌شده تجزیه واریانس ساده توسط نرم‌افزار MSTATC صورت گرفته و آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شدند. در پایان سال دوم تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

جدول ۲- بعضی از پارامترهای هواشناسی ماهیانه دوره رشد و نمو کنجد در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤.

Table 2. Some of monthly meteorological parameters in sesame growth period in 2014 and 2015.

آبان November		مهر October		شهریور September		مرداد August		تیر July		پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters
2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	
20.4	22.2	28.4	28.4	32.7	33.7	36.9	37.3	36	36.15	میانگین درجه حرارت (°C) Average temperature
34	22	40.6	41	46.6	46	48.4	48	49.6	48	حداکثر مطلق درجه حرارت (°C) Maximum Absolute Temperature
7.4	5	16.4	15	19.4	18	25	27	24.6	15	حداقل مطلق درجه حرارت (°C) Minimum absolute temperature
48	49.5	34.5	32.5	26.5	29	22.5	24.5	25	20	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity
50.5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	بارندگی (mm) Rain
154.2	155	293.8	283.8	443.3	423.3	559.7	516.6	595.9	593.7	تبخیر (mm) Evaporation

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بین فواصل آبیاری از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۳). ارتفاع بوته با کاهش دور آبیاری افزایش یافت. بیش‌ترین ارتفاع بوته با ۱۲۲/۷۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری I_1 (۹۰mm) بود که در مقایسه با تیمارهای آبیاری I_0 (عرف‌زارع)، I_2 (۱۳۰mm) و I_4 (۱۷۰ mm) برتری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۵). مهرابی و احسان‌زاده (۲۰۱۱) بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۱۱/۳ سانتی‌متر) را در تیمار آبیاری بدون تنش (آبیاری بعد از ۷۵ میلی‌متر) و کم‌ترین ارتفاع بوته (۸۳/۳ سانتی‌متر) را از تیمار دارای تنش (۱٤۵ میلی‌متر) گزارش نمودند (۲۳). چنین به‌نظر می‌رسد با افزایش آب قابل‌دسترس، رشد بوته افزایش یافته و در نتیجه ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (۱٦).

ارتفاع اولین کپسول: بین تیمارهای مختلف آبیاری از نظر فاصله اولین کپسول از سطح زمین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). رضوانی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابهی را در کنجد گزارش کردند (۲۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، ارتفاع اولین کپسول، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه.

Table 3. Combind variance analysis for effect of irrigation treatments on plant height, first capsule height, number of branches, number of capsules per plant, 1000-seed weight and seed yield.

منبع Source	درجه آزادی Df	مقادیر میانگین مربعات Mean squars					
		ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع اولین کپسول First capsule height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	وزن هزاردانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield
سال Year	1	21450.28**	3504^{ns}	262.74**	412.57^{ns}	0.90**	1692325**
خطا Error	6	113.06	10.76	0.288	466.32	0.027	36429
تیمار آبیاری Irrigation treatment	6	127.58**	5.28^{ns}	4.63**	717.83*	0.132**	91441**
اثر متقابل سال و تیمار آبیاری Interaction year and Irrigation treatment	6	6.49^{ns}	23.57^{ns}	1.67^{ns}	175.28^{ns}	0.038^{ns}	41141^{ns}
خطا Error	36	29.96	14.21	0.51	111.92	0.037	18368
ضریب تغییرات CV (%)		%4.65	%8.46	%7.96	%7.44	%5.34	%10.73

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌دار.

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ^{ns} not significant, respectively.

تعداد شاخه فرعی: تأثیر تیمارهای آبیاری بر روی تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار آبیاری I_1 (۹۰mm) بیش‌ترین (۱۰/۳۱) تعداد شاخه فرعی را تولید نمود و به‌جز تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۵). این مطلب با یافته‌های رضوانی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد (۲۸). با افزایش فواصل آبیاری به‌علت نیاز بیش‌تر گیاه به آب، گیاه ترجیح می‌دهد که تعداد کم‌تری شاخه فرعی تولید کند، درصورتی‌که در فاصله آبیاری مناسب آب کافی در اختیار گیاه قرار دارد و تعداد شاخه فرعی را افزایش می‌دهد (۲۵).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار I_1 (۹۰mm) با میانگین ۱۳۸۱/۵۰ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد دانه و به‌همراه تیمارهای I_4 (۱۳۰-۹۰mm) و I_5 (۱۷۰-۹۰mm) به‌طور مشترک در گروه آماری a قرار گرفتند (جدول ۵). به‌عبارت‌دیگر، دور آبیاری براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A بعد از شروع گلدهی صرف‌نظر از این‌که قبل از شروع گلدهی با دور آبیاری ۹۰ میلی‌متر، ۱۳۰ میلی‌متر یا ۱۷۰ میلی‌متر آبیاری شده باشد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با عرف‌زارع شده است. بدین‌ترتیب بر اثر

اعمال تنش کم‌آبی قبل از گلدهی تأثیری بر کاهش عملکرد دانه نداشت درحالی‌که اعمال تنش کم‌آبی بعد از شروع گلدهی مشابه تیمار عرف‌زارع سبب کاهش عملکرد دانه شد. بنابراین نتایج این پژوهش نشان‌دهنده اهمیت آبیاری به‌موقع (بدون تنش کم‌آبی) بعد از شروع گلدهی است.

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آبیاری بر درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه، بیماری‌های بوته‌میری و فیلودی، بهره‌وری مصرف آب دانه و بهره‌وری مصرف روغن دانه کنجد.

Table 4. Combind variance analysis for effect of irrigation treatments on seed oil percentage, seed oil yield, root rot and phyllody diseases, water productivity of seed and water productivity of sesame seed oil.

منبع Source	درجه آزادی Df	مقادیر میانگین مربعات Mean squares					
		درصد روغن دانه Seed oil percentage	عملکرد روغن دانه Seed oil yield	بیماری بوته‌میری Root rot disease	بیماری فیلودی Phyllody disease	بهره‌وری مصرف آب دانه Water productivity of seed	بهره‌وری مصرف آب روغن دانه Water productivity of seed oil
سال Year	1	94.95^{ns}	657829.73**	7.763^{ns}	3.017^{ns}	0.0717**	0.0254**
خطا Error	6	14.90	4259.61	46.817	23.987	0.00086	0.00010
تیمار آبیاری Irrigation treatment	6	12.91**	39609.59**	193.329**	217.369**	0.0031**	0.00079**
اثر متقابل سال و تیمار آبیاری Interaction year and Irrigation treatment	6	1.7^{ns}	10240.80^{ns}	36.837^{ns}	0.017^{ns}	0.0015*	0.00040*
خطا Error	36	3.65	5369.04	15.699	11.003	0.00046	0.00012
ضریب تغییرات CV (%)		%3.58	%10.38	%25.69	%23.26	%10.57	%10.18

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌دار.

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ^{ns} not significant, respectively.

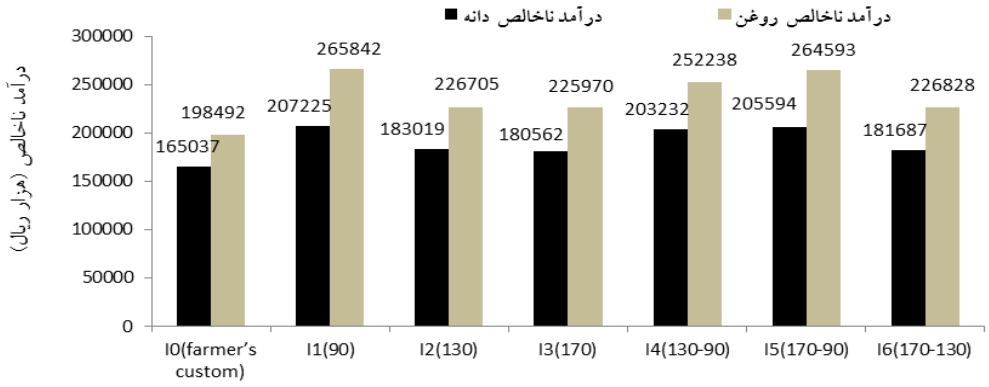
نتایج حاصله با یافته‌های دانایی و رفیع (۲۰۱۷) مبنی بر کاهش عملکرد دانه کنجد تحت‌تأثیر تنش خشکی مطابقت داشت (۸). گزارش‌های فلاح قالهری و همکاران (۲۰۱۵) و جیان (۲۰۱۰) بیانگر این است که حساس‌ترین مراحل به تنش آب، مرحله رشد زایشی است (۱۵ و ۲۰).

ارزیابی درآمد ناخالص دانه کنجد در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که حداکثر درآمد ناخالص (۲۰۷۲۲۵۰۰۰ ریال) به تیمار I_1 (۹۰mm) مربوط بوده است. درآمد ناخالص تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) تقریباً برابر با تیمار I_1 (۹۰mm) بود (شکل ۳).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، ارتفاع اولین کپسول، تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه کنجد.

Table 5. Means comparison of irrigation treatments on plant height, first capsule height, number of branches, seed yield, number of capsules per plant and 1000-seed weight of sesame.

وزن هزاردانه (g) 1000- seed weight	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$) Seed yield	تعداد شاخه فرعی Number of branches	ارتفاع اولین کپسول First capsule height	ارتفاع بوته (cm) Plant height	تیمار آبیاری Irrigation treatment
3.39^{b}	129.87^{b}	1100.25^{b}	8.25^{c}	45.87^{a}	113.12^{b}	I_0 (farmer's custom)
3.78^{a}	154.50^{a}	1381.50^{a}	10.31^{a}	44.63^{a}	122.75^{a}	I_1 (90mm)
3.60^{ab}	145.87^{ab}	1220.13^{ab}	8.60^{bc}	44.00^{a}	116^{ab}	I_2 (130mm)
3.58^{ab}	130.13^{b}	1203.75^{ab}	8.35^{c}	45.25^{a}	113.54^{b}	I_3 (170mm)
3.73^{a}	148.87^{a}	1354.88^{a}	9.19^{bc}	44.63^{a}	121.96^{ab}	I_4 (130-90mm)
3.70^{a}	146.87^{ab}	1370.63^{a}	9.60^{ab}	44.00^{a}	120.38^{ab}	I_5 (170-90mm)
3.61^{ab}	139.13^{ab}	1211.25^{ab}	8.54^{bc}	43.50^{a}	115.75^{ab}	I_6 (170-130mm)



شکل ۳- محاسبه درآمد ناخالص تیمارهای مختلف آبیاری (ارقام درآمدی: هزار ریال).

Figure 3. Calculation of gross income of irrigation different treatments (income: thousand rials).

تعداد کپسول در بوته: اثر تیمار آبیاری بر تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمارهای I_1 (۹۰mm) و I_4 (۱۳۰-۹۰mm) به‌ترتیب با میانگین ۱۵٤/۵۰ و ۱٤۸/۸۷ عدد، بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته را تولید نموده و به‌طور مشترک در گروه آماری a قرار گرفتند (جدول ۵). این دو تیمار از لحاظ صفت تعداد کپسول در بوته نسبت به تیمارهای I_0 (عرف‌زارع) و I_3 (۱۷۰mm) برتری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داده ولی در مقایسه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتایج به‌دست آمده در خصوص کاهش تعداد کپسول در بوته در شرایط کم‌آبی با نتایج کساب و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت (۲۱). دلیل این امر ممکن است به کاهش تعداد شاخه‌های فرعی مربوط شود زیرا با افزایش فاصله آبیاری تعداد شاخه‌های فرعی کاهش می‌یابد (۲۵).

وزن هزاردانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱

درصد معنی‌دار در حالی‌که اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار I_1 (۹۰mm) با میانگین ۳/۷۸ گرم حداکثر وزن هزاردانه را تولید و به همراه تیمارهای I_4 (۱۳۰-۹۰mm) و I_5 (۱۷۰-۹۰mm) نسبت به تیمار عرف‌زارع برتری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد پیدا کردند. بدین‌ترتیب بر اثر اعمال تنش کم‌آبی وزن هزاردانه در تیمارهای آبیاری I_2 (۱۳۰ mm)، I_3 (۱۷۰mm) و I_6 (۱۷۰-۱۳۰mm) همانند آبیاری براساس تیمار I_0 (عرف‌زارع) بود (جدول ۵). به عقیده یوکان و همکاران (۲۰۰۷) بروز تنش خشکی در دوره زایشی به‌دلیل کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و نیز کاهش انتقال مواد غذایی به دانه باعث کاهش وزن هزاردانه شد (۳۵). سلامتی و دانایی (۲۰۱٦) نیز گزارش نمودند که در آبیاری ۱۰۰٪ و ۱۲۵٪ نیاز آبی وزن هزاردانه کنجد افزایش می‌یابد. آن‌ها علت افزایش وزن هزاردانه در تیمارهای برتر را به برطرف نمودن نیاز آبی کنجد نسبت دادند (۳۱).

درصد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری بر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ٤). بیش‌ترین میانگین درصد روغن دانه در تیمار I_1 (۹۰mm) معادل ۵۵/۱۱ درصد و پس از آن تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) دارای ٥٤/۷۳ درصد روغن دانه و هر دو تیمار در گروه آماری a قرار گرفتند. اگرچه درصد روغن دانه در تیمارهای I_1 (۹۰mm) و I_5 (۱۷۰-۹۰mm) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار عرف‌زارع (با ۵۱/۲۹ درصد) افزایش نشان دادند ولی در مقایسه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت نداشتند (جدول ٦). نتایج مشابهی توسط رضوانی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۵) در کنجد نیز گزارش شده است (۲۸). آن‌ها بیان نمودند با افزایش فواصل آبیاری درصد روغن دانه روندی نزولی داشت. درحالی‌که در پژوهشی از مهرابی و احسان‌زاده (۲۰۱۱) اثر رژیم آبیاری بر میزان روغن دانه کنجد معنی‌دار نگردید (۲۳). برخی پژوهشگران علت معنی‌دار نشدن تغییرات درصد روغن در شرایط تنش خشکی را وراثت‌پذیری بالای این صفت و تأثیرپذیری کم‌تر این صفت نسبت به شرایط محیطی بیان کرده‌اند (۱۲). علاوه بر این متفاوت بودن شرایط اقلیمی مکان‌های آزمایش و هم‌چنین متفاوت بودن ژنوتیپ‌های موردبررسی می‌تواند دلیل این اختلافات باشد.

عملکرد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری بر عملکرد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ٤). بیشینه عملکرد روغن دانه در تیمارهای I_1 (۹۰mm) و I_5 (۱۷۰-۹۰mm) به‌ترتیب با مقادیر ۷۵۹/۵۵ و ۷۵۵/۹۸ کیلوگرم در هکتار تولید شد و در گروه آماری a قرار گرفتند. این دو تیمار در مقایسه با سایر تیمارها به‌جز تیمار I_4 (۱۳۰-۹۰mm) برتری معنی‌داری نشان دادند (جدول ٦). رضوانی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابهی در مورد کنجد گزارش کردند (۲۸). درصد عملکرد روغن بالای دانه کنجد در تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه کنجد توسط سلامتی و دانایی (۲۰۱٦) نیز گزارش شده است (۳۱).

ارزیابی درآمد ناخالص روغن کنجد در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که حداکثر درآمد ناخالص (۲٦٥۸٤۲٥۰۰ ریال) به تیمار I_1 (۹۰mm) تعلق داشته است. از نظر درآمد ناخالص، تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) تقریباً برابر با تیمار I_1 (۹۰mm) بود (شکل ۳).

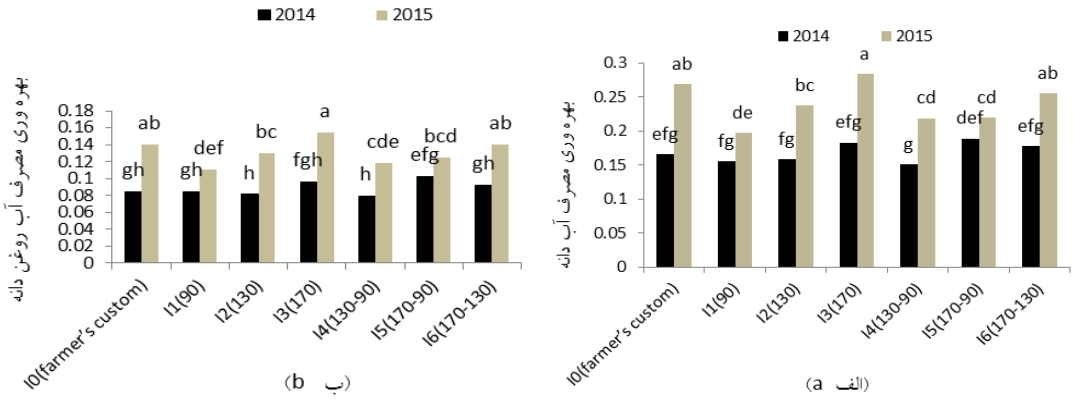
جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری بر درصد روغن، عملکرد روغن، بیماری‌های بوته‌میری و فیلودی، بهره‌وری مصرف آب دانه و بهره‌وری مصرف روغن دانه کنجد.

Table 6. Means comparison of irrigation treatments on oil percentage, oil yield, root rot and phyllody diseases, water productivity of seed and water productivity of sesame seed oil.

تیمار آبیاری Irrigation treatment	درصد روغن دانه Seed oil percentage	عملکرد روغن دانه ($kgha^{-1}$) Seed oil yield	بیماری بوته‌میری (٪) Root rot disease	بیماری فیلودی Phyllody disease	بهره‌وری مصرف آب دانه (kgm^{-3}) Water Productivity of seed	بهره‌وری مصرف آب روغن دانه (kgm^{-3}) Water productivity of seed oil
I_0 (farmer's custom)	51.29^{b}	567.12^{c}	10.31^{bc}	12.94^{b}	0.218^{ab}	0.112^{abc}
I_1 (90mm)	55.11^{a}	759.55^{a}	20.63^{a}	12.00^{bc}	0.176^{c}	0.097^{c}
I_2 (130mm)	52.80^{ab}	647.73^{bc}	18.75^{a}	7.00^{c}	0.198^{bc}	0.105^{bc}
I_3 (170mm)	53.13^{ab}	645.63^{bc}	15.31^{ab}	20.75^{a}	0.233^{a}	0.125^{a}
I_4 (130-90mm)	53.04^{ab}	720.68^{ab}	17.00^{a}	13.56^{b}	0.185^{bc}	0.099^{bc}
I_5 (170-90mm)	54.73^{a}	755.98^{a}	7.22^{c}	21.68^{a}	0.205^{abc}	0.113^{abc}
I_6 (170-130mm)	53.36^{ab}	648.08^{bc}	18.75^{a}	11.87^{bc}	0.216^{ab}	0.116^{ab}

بیماری‌های مهم محصول کنجد: کنجد تحت‌تأثیر تنش‌های ناشی از عوامل غیرزنده مانند تنش خشکی، ماندابی، باد و حرارت قرار می‌گیرد و از نظر تنش خشکی دچار حساسیت و مستعد شدن به خسارت آفات و بیماری‌ها می‌شود که نوعی پیش‌آمودگی (Predisposition) یا حساسیت به وقوع بیماری‌های مهم بوته‌میری و فیلودی (گل سبز) کنجد می‌شود (۳ و ٦). بیماری‌های مهم کنجد در منطقه بوته‌میری‌های فوزاریومی و ماکروفومینایی و فیلودی می‌باشد که وابسته به تنش‌های محیطی هستند (۱۰، ۱۱ و ۳۳). در خصوص بررسی بیماری‌های مهم کنجد در این پژوهش، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آبیاری از نظر بیماری فیلودی و بوته‌میری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت ولی اثر متقابل سال و تیمارهای آبیاری از نظر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ٤). کم‌ترین تعداد بوته‌های آلوده از نظر بیماری فیلودی با ۷ درصد مربوط به تیمار I_2 (۱۳۰ mm) و بیش‌ترین بوته‌های آلوده با ۲۱/٦۸ و ۲۰/۷۵ درصد به‌ترتیب مربوط به تیمارهای I_5 (۱۷۰-۹۰mm) و I_3 (۱۷۰mm) بود که به‌طور مشترک در گروه آماری a قرارگرفته و نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند (جدول ٦). براساس گزارش دهقانی و همکاران (۲۰۰۹) در شرایط خشکی با افزایش فعالیت و جمعیت زنجرک‌های ناقل، آلودگی و خسارت به محصول افزایش می‌یابد (۱۱). کنترل ناقل بیماری فیلودی یا ایجاد شرایط برای کاهش فعالیت آن باعث کاهش وقوع بیماری می‌شود (۳) و تعدیل رطوبت و جلوگیری از تنش خشکی در جهت کاهش فعالیت زنجرک ناقل دارای اهمیت است. از لحاظ بیماری بوته‌میری کم‌ترین بوته‌های آلوده با ۷/۲۲ درصد، مربوط به تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) و بیش‌ترین بوته‌های آلوده با ۲۰/٦۳ درصد به تیمار آبیاری I_1 (۹۰mm) مربوط بود (جدول ٦). نتایج حاصله با گزارش دانایی و رفیع (۲۰۱۷) مبنی بر این‌که تعداد بیش‌تر آبیاری و فواصل زمانی کوتاه‌تر آبیاری سبب افزایش بیماری بوته‌میری می‌شود، مطابقت داشت (۸). بنابراین در این پژوهش میزان رطوبت و آبیاری بیش‌تر باعث کاهش شدت آلودگی بوته‌های کنجد به بیماری فیلودی شد، درحالی‌که بیش‌ترین شدت

آلودگی از نظر بیماری بوته‌میری مربوط به دور آبیاری I_1 (۹۰mm)، یعنی بیش‌ترین تعداد و مقدار آبیاری بود. پس می‌توان گفت تنظیم آبیاری در وقوع بیماری‌های فیلودی و بوته‌میری مؤثر است. بنابراین می‌توان طول دوره خشکی قبل آبیاری که ناشی از فاصله بیش‌ازحد آبیاری است را عامل مهمی در تنش بوته‌ها و نهایتاً مستعد شدن برای آلودگی به پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از قارچ فوزاریوم دانست (۷). صارمی و همکاران (۲۰۱۱) وابستگی قارچ‌های فوزاریوم و ماکروفومینا به تنش‌های رطوبتی برای بیماری‌زایی و اهمیت وجود تنش خشکی به‌منظور وقوع بیماری را یادآور شده‌اند (۳۲). آن‌ها تنش خشکی را مهم‌ترین عامل پیش‌آمودگی در بیماری‌زایی و خسارت قارچ بیان داشته‌اند (۳۲). تنش خشکی می‌تواند با افزایش میزان کلنیزاسیون ریشه توسط جدایه‌های *F. solani* باعث افزایش شدت بیماری‌زایی این جدایه‌ها گردد (۳۰).



شکل ٤- (الف) بهره‌وری مصرف آب دانه و (ب) بهره‌وری مصرف آب روغن دانه کنجد در اثر متقابل سال و تیمارهای مختلف آبیاری.

Figure 4. (a) Water productivity of seeds and (b) Water productivity of sesame seed oil in interaction of the year and irrigation different treatments.

بهره‌وری مصرف آب دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). حداکثر بهره‌وری مصرف آب دانه (۰/۲۳۳ کیلوگرم در مترمکعب) در تیمار I_3 (۱۷۰mm) به‌دست آمد و در مقایسه با تیمارهای I_1 (۹۰mm)، I_2 (۱۳۰mm) و I_4 (۱۳۰-۹۰mm) برتری معنی‌داری در سطح ۵ درصد پیدا کرد (جدول ٦). یکسان نبودن روند میزان بهره‌وری مصرف آب در دو سال آزمایش سبب گردید تا اثر متقابل سال و بهره‌وری مصرف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شود (جدول ٤). به‌عبارت‌دیگر تأثیر دور آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب بسته به سال و تیمار آبیاری متفاوت بود. در سال اول اجرای آزمایش، تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب (۰/۱۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب) را حاصل نمود و فقط نسبت به تیمار I_4 (۱۳۰-۹۰mm) سبب افزایش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب شد درحالی‌که سایر تیمارهای آبیاری تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (شکل ٤- الف). در دور آبیاری I_5 (۱۷۰-۹۰mm) میزان مصرف آب (۷۰٤۵ مترمکعب در هکتار) نسبت به دور آبیاری I_1 (۹۰mm) معادل ۱۳ درصد (۹۲٤ مترمکعب در هکتار) کم‌تر است (جدول ۷) که با توجه به این‌که آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است این کاهش مصرف آب می‌تواند در تولید سایر محصولات استراتژیک به‌کار برده شود.

از طرف دیگر تعداد آبیاری موردنظر در تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) نسبت به تیمار I_1 (۹۰mm)، ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین در تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) نسبت به تیمار I_1 (۹۰mm) علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب سبب کاهش هزینه آبیاری می‌شود. در سال دوم اجرای آزمایش، تیمار I_3 (۱۷۰mm) با مصرف ۵۰۸۰ مترمکعب در هکتار آب (جدول ۷) بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب دانه (۰/۲۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب) را حاصل نمود (شکل ٤- الف). این تیمار در مقایسه با تیمارهای I_0 (عرف‌زارع) و I_6 (۱۷۰-۱۳۰mm) با مقادیر ٤۹۲۰ و ۵۳۵۰ مترمکعب در هکتار مصرف آب (جدول ۷) از نظر بهره‌وری مصرف آب اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٤- الف).

براساس نتایج دانایی و رفیع (۲۰۱۷) بهره‌وری مصرف آب در زراعت کنجد کم می‌باشد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی داشت (۸). براساس نتایج مختاری و همکاران (۲۰۱۳) ذرت با مصرف ٦۷۷۰ مترمکعب آب در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب به‌میزان ۱/۸ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی و کنجد با تولید ۲٦٦۷ کیلوگرم دانه در هکتار و با مصرف ۷۳٦۱ مترمکعب آب در هکتار کم‌ترین کارایی مصرف آب به‌میزان ۰/۳٤ گرم دانه در کیلوگرم آب مصرفی را داشت (۲٤). بهره‌وری مصرف آب حاصل تقسیم عملکرد دانه بر مقدار مصرف آب (به‌خصوص در مقایسه با گیاهانی مانند ذرت و گندم) است. کم بودن بهره‌وری مصرف آب کنجد به‌دلیل پایین بودن مقدار عملکرد دانه کنجد است. علی‌رغم پایین بودن کارایی مصرف آب کنجد، این محصول به‌دلیل بالا بودن قیمت دانه و روغن آن (شکل ۳) و با توجه به این‌که تنها گیاه تابستانه و متحمل به خشکی است که در سال‌های اخیر به‌علت خشک‌سالی اجازه کشت داشته است و بنابراین تنها منبع درآمد کشاورزان منطقه در تابستان است، کشت آن توجیه اقتصادی دارد.

بهره‌وری مصرف آب روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). با افزایش فاصله آبیاری در تیمارهای آزمایش، بهره‌وری مصرف آب روغن دانه به‌دلیل کاهش آب مصرفی افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشینه بهره‌وری مصرف آب روغن دانه (۰/۱۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار I_3 (۱۷۰mm) به‌دست آمد ولی افزایش بهره‌وری مصرف آب روغن دانه در این تیمار در مقایسه با تیمارهای I_0 (عرف‌زارع)، I_5 (۱۷۰-۹۰mm) و I_6 (۱۷۰-۱۳۰mm) معنی‌داری نبود (جدول ٦). هم‌چنین اثر متقابل سال و دور آبیاری بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). به‌عبارت‌دیگر تأثیر دور آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب‌روغن دانه بسته به سال و تیمار آبیاری متفاوت بود. در سال اول اجرای آزمایش، تیمار I_5 (۱۷۰-۹۰mm) بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب روغن دانه (۰/۱۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب) را حاصل نمود و سبب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به تیمارهای I_2 (۱۳۰mm) و I_4 (۱۳۰-۹۰mm) شد. در سال دوم اجرای آزمایش، تیمار آبیاری I_3 (۱۷۰mm) بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب روغن دانه (۰/۱٥٤ کیلوگرم بر مترمکعب) را حاصل نمود و به‌جز تیمارهای I_0 (عرف‌زارع) و I_6 (۱۷۰-۱۳۰mm) نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد (شکل ٤- ب). با توجه به بیش‌تر بودن میزان تبخیر در سال اول نسبت به سال دوم (جدول ۲) در طول دوره رشد و نمو کنجد مقدار مصرف آب در تیمارهای اعمال‌شده در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود (جدول ۷). کم‌تر بودن مقدار مصرف آب در شرایط تنش تیمارها نسبت به تیمار بدون تنش به‌دلیل کم‌تر بودن آب موردنیاز جهت جایگزین کردن در خاک برای رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه بود.

جدول ۷- تعداد آبیاری و مقدار مصرف آب کنجد در تیمارهای مختلف آبیاری.

Table 7. Number of irrigation and applied irrigation water of sesame in irrigation different treatments.

تیمار آبیاری Irrigation treatment / عوامل Factors	تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (میلی‌متر) Evaporation from class A pan (mm)						
	Farmer's custom	90	130	170	130-90	170-90	170-130
تعداد آبیاری (۱۳۹۳) Number of irrigation in 2014	8	16	11	9	14	13	10
تعداد آبیاری (۱۳۹٤) Number of irrigation in 2015	8	15	10	8	13	11	9
کل مقدار آب آبیاری (۱۳۹۳) (m^3ha^{-1}) Total of applied irrigation water in 2014	5277	7969	6438	5282	7454	7045	5954
کل مقدار آب آبیاری (۱۳۹٤) (m^3ha^{-1}) Applied irrigation water in 2015	4920	7721	5960	5080	7210	6383	5350

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش، دور آبیاری براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A بعد از شروع گلدهی صرف‌نظر از این‌که قبل از شروع گلدهی با دور آبیاری ۹۰ میلی‌متر، ۱۳۰ میلی‌متر یا ۱۷۰ میلی‌متر آبیاری شده باشد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن در مقایسه با عرف‌زارع شده است. به‌عبارت‌دیگر اعمال تنش خشکی قبل از گلدهی تأثیری بر کاهش عملکرد دانه نداشت درحالی‌که اعمال تنش کم‌آبی بعد از شروع گلدهی مشابه تیمار عرف‌زارع سبب کاهش عملکرد دانه شد. بنابراین به‌دلیل حساسیت کم‌تر آبیاری کنجد تا قبل از شروع گلدهی، به کشاورزان منطقه توصیه می‌شود که به‌ویژه در سال‌های خشک‌سالی به‌دلیل کمبود آب، جهت جلوگیری از کاهش عملکرد کنجد، آبیاری این گیاه از زمان شروع گلدهی به بعد براساس دور آبیاری ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A انجام شود.

منابع

1. Abd El-Lattief, E.A. 2015. Impact of irrigation intervals on productivity of sesame under southern Egypt conditions, Int. J. Adv. Res. Eng. Appl. Sci. 4: 10. 1-9.
2. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hoseinpour, R., Addeshah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2016. Agriculture Statistics. Ministry of Jihad-e- Agriculture of Iran. Tehran, Iran. 1: 125. (In Persian)
3. Akinyemi, A.O., Pitan, O.R., Osipitan, A.A., and Adebisi, M.A. 2015. Susceptibility of sesame (*Sesamum indicum* L.) to major field insect pests as influenced by insecticide application in a sub-humid environment, Afr. Entomol. 23: 1. 48-58.
4. Anonymous. 2015. Area under Cultivation of Crops and Horticultural in Behbahan. Program and Plan Unit of Behbahan Jahad-e- Agriculture Management: No. 1, Behbahan, Iran. (In Persian)
5. Bazrafshan, F., and Eskanderi, D. 2013. Effect of irrigation and plant density on yield and yield components of sesame seeds. Nationnal Conference of Passive Defense in Agriculture. Pp: 3253-3258. (In Persian)
6. Belay, Y. 2018. Screening of fusarium wilt, bacterial blight and phyllody diseases resistant sesame genotypes in sesame growing areas of northern ethiopia. J. Agric. Ecol. Res. Int. 15: 2. 1-12.

7.Danaie, A.K., Dehghani, A., and Porazar, A. 2010. Sesame production instructions in Khuzestan province. Coordination Management of Agriculture Promotion. 20p. (In Persian)
8.Danaie, A.K., and Rafie, M.R. 2017. Effect of drought stress on agronomic traits of sesame genotypes in Behbahan region, Seed Plant Prod. J. 2-33: 1. 113-138. (In Persian)
9.Darghahi, Y., Asghari, A., Shakarpoor, M., Rasoulzadeh, A., Gharibeshghi, A., and Shiri, M.R. 2011. Evaluation of water stress tolerance in sesame varieties based on tolerance indices, J. Agric. Sci. Sust. Prod. 21: 3. 120-133. (In Persian)
10.Dehghani, A. 2002. The final report of the research project on the investigation of sesame phyllody disease and effects of sowing date and insecticide spray on disease control in Khuzestan. (In Persian)
11.Dehghani, A., Salehi, M., Khajehzadeh, Y., and Taghizadeh, M. 2009. Studies on sesame phyllody and effect of sowing date and insecticide spray on disease control in Khuzestan, Ectomo. Phytopathology. 77: 1. 23-36. (In Persian)
12.Dehshiri, A., Ahmadi, M.R., and Tahmasbi-Sarvestani, Z. 2001. Response of canola cultivars (*Brassica napus* L.) to water treatments, Iran. J. Agric. Sci. 32: 3. 649-659. (In Persian)
13.Dini-Torkemani, M., and Karaptian, G. 2007. Investigating the amount and variety of protein in seeds of 10 sesame cultivars, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Res. 11: 40. 225-230. (In Persian)
14.El-Naim, M.A., Mahmoud, F.A., and Khalid, A.I. 2010. Effect of irrigation and cultivar on seed yield, yield's components and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.), Res. J. Agric. Biol. Sci. 6: 492-497.
15.Fallah Ghalheri, G.A., Rahchemeni, M., and Beranvand, F. 2015. Estimated water requirement of sesame plant in Sabzevar climate, Geograph. Stud. Arid Region. 6: 21. 1-14. (In Persian)
16.Farahbakhsh, S., and Farahbakhsh, H. 2015. Effect of drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under Kerman conditions (*Sesamum indicum* L.), Iran. J. Field Crop Res. 12: 4. 776-783. (In Persian)
17.Ghadami Firouzabadi, A., Shahnazari, A., and Raeini-Sarjaz, M. 2015. The Economic analysis of deficit irrigation management and determination of the optimum depth of irrigation in sunflower plant, J. Water Soil Cons. 21: 6. 255-268. (In Persian)
18.Heidari, M., Galavi, M., and Hassani, M. 2011. Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress, Afr. J. Biotechnol. 10: 44. 816-882.
19.Jafari, H. 2017. Effect of irrigation interval on yield and yield components of sesame. The third national conference on farm water management. Pp: 1-13. (In Persian)
20.Jian, S. 2010. Use of irrigation in selection for sesame (*Sesamum indicum* L.) yield potential under drought conditions, Crop Sci. 43: 8. 241-243.
21.Kassab, O., Noemani, E., and El-Zeiny, A. H. 2005. Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plant, J. Agron. 4: 220-224.
22.Manal, M.T., Samiha, A.O., and Fouad, A.K. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions, J. Appl. Sci. Res. 3: 1. 7-12.
23.Mehrabi-Zadeh, Z., and Ehsan Zade, P. 2011. A study on physiological attributes and seed yield of sesame cultivars (*Sesamum inidicum* L.) under different soil moisture regimes, Agri. Crop Manage. 13: 2. 75-88. (In Persian)
24.Mokhtari, V., Kocheki, A.R., Nsiri-Mohallati, M., and Jhan, M. 2013. Comparison of water use efficiency between some crops and medicinal species, Iran. J. Field Crops Res. 3: 1. 57-68. (In Persian)
25.Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F., and Ahmed, S. 2015. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of planting geometry and irrigation regimes, Am. J. Plant Sci. 6: 980-986.

26. Pereira, J.R., Guerra, H.O.C., Zonata, J.H., Bezerra, J.R.C., Almida, E.S.A.B., and Araujo, W.P. 2017. Behavior and water needs of sesame under different irrigation regimes: III. Production and hydric efficiency, Afr. J. Agric. Res. 12: 13. 1158-1163.
27. Pouresmaiel, H.A., Saberi, M.H., and Fanaei, H.R. 2013. Evaluation of terminal drought stress tolerance of sesame (*Sesamum Indicum* L.) genotypes under the Sistan region conditions, Int. J. Sci. Engin. Invest. 2: 58-61.
28. Rezvani-Moghaddam, P., Norozpoor, G.H., Nabati, J., and Mohammad-Abadi, A.A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, seed and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.), Iran. J. Agric. Res. 3: 1. 57-68. (In Persian)
29. Saeidi, A., Tohidi-Nezhad, E., Ebrahimi, F., Mohammadi-Nejad, G., and Shirzadi, M.H. 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes in Jiroft region, J. Appl. Sci. Res. 8: 1. 243-246.
30. Salagegheh, F., Mohammadi, H., and Saercheshmehpour, M. 2014. Effect of water stress on root rot disease of Pistacio seedling caused by *Fusarium solani*, Iran. J. Plant Pathol. 50: 3. 266-280.
31. Salamati, N., and Danaie, A.K. 2016. Effects of the amount of water (Tape Tube Irrigation) on qualitative and quantitative yield of three sesame varieties, Iran. J. Soil. Water. Res. 47: 1. 137-146. (In Persian)
32. Saremi, H., Amiri, M.E., and Ashrafi, J. 2011. Epidemiological aspects of bean decline disease caused by fusarium species and evaluation of the bean resistant cultivars to disease in Northwest, Iran. Afr. J. Biotechnol. 10: 66. 14954-14961.
33. Shetab Bohshehri, M. 2003. Fungal agents of sesame root rot disease and recommendations for controlling them, J. Educat. Promo. Karun Green. Pp: 18-19.
34. Tvakoli, S.A., Rahimi, M., and Baghizadeh, A. 2017. Evaluation of yield and quality traits of sesame genotypes under moisture stress conditions. International Conference on Agricultural Natural Resources and Substainable Environment. Pp: 1-8. (In Persian)
35. Ucan, K., Killi, F., Gencoglan, C., and Merdun, H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under field conditions, Field Crops Res. 101: 3. 249-258.
36. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Azizi, M. 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus* L.), Iran. J. Field Crops Res. 12: 4. 285-292. (In Persian)
37. Wang, L., Donghua, L., Zhang, Y., Gao, Y., Yu, J., Wei, X., and Zhang, X. 2016. Tolerant and susceptible sesame genotypes reveal waterlogging stress response patterns, PLoS ONE. 11: 3. 1-18.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(5), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16217.3151

Effect of irrigation intervals at different phonological stages on quantitative and qualitative characteristics and water productivity of sesame

***M.R. Rafie[1] and A. Dehghani[2]**

[1]Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Ahwaz, Iran, [2]Faculty Member of Plant Protection Department, Lorestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Khorramabad, Iran
Received: 01.25.2019; Accepted: 07.08.2019

Abstract

Background and Objectives: Sesame is an oilseed plant that is resistant to drought but it is sensitive to water stress at seedling stage and during flowering to seed filling. Irrigation and drought stresses increase and decreases the amount of oil, respectively. Environmental stresses have reverse effects on the amount of oil and protein. In addition, high soil moisture causes root rot disease and low moisture causes phyllody disease. To increase the yield and oil, the enhancement of soil fertility, planting bred cultivar and adequate supply of moisture are necessary through irrigation. This study was conducted to evaluate the effect of irrigation intervals at different phonological stages on quantitative and qualitative characteristics and water productivity of sesame.

Materials and Methods: This research was conducted in randomized complete block design with four replications at Behbahan Agricultural Research Station for two years (2013-2014). Treatments included I_0 (irrigation interval based on farmer 's custom, twice weeks interval), I_1, I_2 and I_3 irrigation after 90, 130 and 170 evaporation from class A pan, respectively, I_4 (130 mm to flowering and afterward 90 mm), I_5 (170 mm to flowering and afterward 90 mm) and I_6 (170 mm to flowering and afterward 130 mm). During experiment: branches number and capsules number per plant, 1000- seed weight, first capsule height, plant height at harvesting time, seed oil percentage, seed yield, seed oil yield, water productivity of sesame seed and seed oil, root rot and phyllody diseases were recorded. Varince analysis were done by MSTATC statistical software and means were compared using Duncan's Multiple Range Test.

Results: The highest number of branches per plant (10.31), number of capsules per plant (154.50), 1000- seed weight (3.78 g), seed yield (1381.50 kg ha^{-1}), oil amount (55.11%), were recorded in I_1 treatment, so that the highest seed oil yield (795.55 kg ha^{-1}) belongs to this treatment. The differences of oil yield among I_1 treatment and I_4 and I_5 treatments were not significant. Maximum seed water productivity (0.233 kgm^{-3}) and seed oil water productivity (0.125 kgm^{-3}) were observed in I_3 treatment. However, the difference among this treatment and I_0, I_5 and I_6 treatments was not significant. The lowest infection severity to root rot disease (7.22%) was recorded in I_5 treatment. The highest infection severity to root rot disease (20.63%) was observed in I_1 treatment while the lowest infection severity to phyllody disease was recorded in I_1, I_2 and I_6 treatments.

Conclusion: The highest seed yield, 1000- seed weight and seed oil percentage were obtained in I_1, I_4 and I_5 treatments. The differences of these characters among I_1, I_4 and I_5 and other

* Corresponding Author; Email: rafie1670@yahoo.com

treatments were not significant (except I_0 treatment). The highest seed oil yield were recorded for I_1 and I_5 treatments. The most seed water productivity and seed oil water productivity and the lowest water consumption belong to I_5 treatment. Irrigation frequencies in I_5 treatment were lower than I_1 and I_4 treatments. According to the results, I_5 treatment has the lowest water consumption and the effect of this treatment on seed yield and gross income of seasame was similar to I_1 treatment. Therefore, I_5 treatment is recommended for proper irrigation of sesame in Behbahan region.

Keywords: Oil, Phyllody, Root rot, Seed