



## به‌ترادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳  
صفحه‌های ۱۷۱-۱۸۳

# اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)

یاور درگاهی<sup>۱</sup>، علی اصغری<sup>۲\*</sup>، علی رسول‌زاده<sup>۳</sup>، خدیجه آقایی‌فرد<sup>۴</sup> و مریم احمدیان<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۲. دانشیار رشته اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۳. دانشیار رشته علوم آب، گروه علوم آب، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۵. کارشناس ارشد علوم گیاهی، دانشگاه تبریز، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۱۱/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۷/۲

### چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس‌آباد، در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ اجرا شد. در این آزمایش، آبیاری به‌منزله عامل اصلی در ۳ سطح (۷۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و ۱۰ رقم کنجد به‌منزله عامل فرعی بررسی شد. برای محاسبه مقدار و زمان آبیاری در رژیم‌های آبیاری مطالعه‌شده (تعیین نیاز آبی گیاه)، از نرم‌افزار CROPWAT-4 استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام و رژیم‌های آبیاری از نظر عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنادار وجود داشت. اثر متقابل آبیاری در رقم در صفات کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و شاخص برداشت معنادار بود. عملکرد دانه و بیولوژیکی کاهش و شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، در شرایط تنش کم‌آبی افزایش یافت. در تیمار آبیاری با میزان ۵۰ درصد نیاز آبی، مقدار شاخص برداشت، کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بیشتر از دو تیمار دیگر بود. ارقام 'کرج ۱'، 'اولتان' و 'IS' بیشترین و رقم 'هندی ۱۴' کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی، کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و بیولوژیکی را داشتند. بنابراین، ارقام 'کرج ۱'، 'اولتان' و 'IS' به‌دلیل داشتن کارایی مصرف آب و عملکرد بالا قابلیت کشت در مناطق کم‌آب را داشتند.

**کلیدواژه‌ها:** خشکی، کراپوات، کنجد، گیاهان روغنی، نیاز آبی.

## مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از گیاهان روغنی پراهمیت، برای استفاده از دانه یا استخراج روغن کشت می‌شود. این گیاه محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است و معمولاً با تنش خشکی در طول فصل زراعی مواجه می‌شود. در کنجد با اعمال تنش کم‌آبی از مرحله گل‌دهی تا پایان فصل رشد، عملکرد، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه کاهش می‌یابد (۶، ۱۲ و ۱۷). بیشترین عملکرد دانه در گیاه کنجد، در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و با افزایش شدت تنش کم‌آبی از عملکرد دانه کاسته شد (۲، ۴ و ۱۵). در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد ۴ رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی، تنش کم‌آبی سبب کاهش ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصد به ترتیب در تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد (۹)، درحالی‌که در پژوهش دیگر در کنجد رژیم‌های آبیاری تأثیر معناداری بر عملکرد بیولوژیکی نداشت (۸).

کارایی مصرف آب یکی از معیارهای مهم برای ارزیابی سودمندی تولید در گیاهان و ایفای تدابیر برای منابع آب است (۲۲ و ۲۳). کارایی مصرف آب، نسبت عملکرد اقتصادی (Y) به واحد آب تبخیر و تعرق شده (ET) در مزرعه است (۷) که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$WUE = \frac{EY}{ET_{Crop}} \quad (1)$$

در این رابطه WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)، EY عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) و ETCrop نیاز آبی یا حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) است.

کارایی مصرف آب بالا قابلیت گیاه را در شرایط کمبود آب افزایش می‌دهد. همچنین از آنجاکه میزان آب آبیاری مورد نیاز در هر مزرعه به کارایی آبیاری مربوط می‌شود، بنابراین اندازه‌گیری یا پیش‌بینی صحیح این پارامتر اهمیت

دارد (۱۱). بیشترین کارایی مصرف آب در کنجد در شرایط کمبود شدید آب به دست آمد که این گیاه با مصرف کم آب قادر به تولید عملکرد مناسب است (۱)، درحالی‌که در پژوهش دیگر، بیشترین کارایی مصرف آب دانه کنجد در شرایط آبیاری کامل بود (۱۵).

شاخص برداشت نشان‌دهنده کسری از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد. اثر کمبود آب بر شاخص برداشت در نتیجه برهمکنش زمان و شدت کمبود آب روی فرایندهای رشد و نمو که اجزای عملکرد را مشخص می‌کنند، پیچیده است (۱۴). زمان‌های مختلف وقوع کمبود آب تأثیری در شاخص برداشت ندارد، زیرا فرایندهای رویشی و زایشی گیاه به یک اندازه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد و به همین دلیل شاخص برداشت در وضعیت‌های مختلف رطوبتی ثابت زیادی دارد (۲۱). در پژوهشی روی گیاه کنجد گزارش شد که اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت معنادار نبود (۹)، درحالی‌که در آزمایش دیگر با کاهش مصرف آب، شاخص برداشت کاهش یافت که بیانگر تأثیر بیشتر کمبود رطوبت بر فرایندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است (۱۰). پژوهش‌ها بر روی تأثیر تنش آب روی شاخص برداشت در ارقام کنجد نشان داد که شاخص برداشت با کاهش میزان آب، افزایش یافت (۱). اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت در گیاه کنجد از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود و با افزایش میزان رطوبت قابل استفاده برای گیاه، میزان شاخص برداشت نیز افزایش یافت (۸). در یک بررسی در کنجد مشاهده شد که اختلاف بین ارقام و رژیم‌های آبیاری و اثر متقابل این دو در شاخص برداشت معنادار بود. بیشترین شاخص برداشت نیز در دور آبیاری هفت‌روزه به دست آمد (۱۹). بین ارقام کنجد از نظر شاخص برداشت اختلاف معنادار وجود داشت (۴).

## به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum L.*)

گرم و زمستان‌های کمی سرد دارد. جدول ۱ داده‌های هواشناسی پارس‌آباد در طول فصل رشد گیاه را نشان می‌دهد. ارقام استفاده‌شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی سطوح آبیاری، شامل ۳ سطح آبیاری به مقدار ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عامل فرعی، ۱۰ رقم کنجد شامل ارقام 'پاناما'، 'هندی ۱۴'، 'مغان ۱۷'، 'یلو وایت'، 'IS'، 'ورامین ۳۷'، 'چینی'، 'ناز چندشاخه'، 'کرج ۱' و 'اولتان' بود. پس از عملیات تهیه زمین و بلوک‌بندی، کاشت به صورت جوی و پشته در ۲۷ تیرماه ۱۳۸۸ (کشت دوم در منطقه مغان) انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف به طول ۲ متر با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود.

با توجه به محدودیت منابع آبی و همچنین به دلیل قرارگرفتن منطقه مغان در اقلیم گرم و نیمه‌خشک، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در ۱۰ رقم کنجد و مشخص کردن ارقام مناسب برای کشت در منطقه مغان بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس‌آباد، در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ اجرا شد. عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۷۲/۶ متر از سطح دریا بود. منطقه یادشده اقلیم کشاورزی نیمه‌خشک با تابستان‌های

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی منطقه پارس‌آباد مغان از تیرماه تا پایان آبان‌ماه سال ۱۳۸۸

ماه					پارامترها
آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	
۷/۸	۹/۴	۱۲/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	حداقل مطلق دمای هوا (°C)
۲۴/۴	۲۷/۰	۳۲/۴	۳۷/۴	۳۹/۸	حداکثر مطلق دمای هوا (°C)
۱۰/۷	۱۳/۰	۱۷/۸	۱۹/۸	۱۹/۸	متوسط حداقل دمای هوا (°C)
۱۶/۸	۲۳/۴	۲۷/۶	۳۵/۳	۳۴/۹	متوسط حداکثر دمای هوا (°C)
۱۳/۸	۱۸/۲	۲۲/۷	۲۷/۵	۲۷/۴	متوسط کل دمای هوا (°C)
۸۴/۲	۷۴/۳	۴۸/۳	۲/۳	۶/۶	بارندگی (mm)
۸۳/۵	۷۶/۱	۶۸/۱	۵۵/۹	۵۵/۰	متوسط رطوبت نسبی (/.)
۰/۹	۱/۹	۵/۰	۹/۲	۸/۲	متوسط تبخیر (mm/period)
۲/۴	۷/۱	۷/۳	۱۰/۷	۸/۴	متوسط ساعت آفتابی (h/d)

برداشتی از ۱۰ بوته که از ۲ ردیف وسط هر واحد آزمایش برداشته شده بود، تعیین شد. کارایی مصرف آب دانه و بیولوژیکی به ترتیب از نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم) و عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم) بر کل آب مصرف شده (مترمکعب) برحسب کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب محاسبه شدند. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم) بر عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم) برحسب درصد محاسبه شد. همچنین به منظور بررسی میزان کاهش یا افزایش صفات در ۲ شرایط تنش و بدون تنش، درصد تغییرات صفات اندازه گیری شده از ۱۰ رقم طبق رابطه ۲ محاسبه شد (۵):

(۲)

$$100 \times \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش} - \text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}} = \text{درصد تغییر صفت}$$

تجزیه واریانس صفات مطالعه شده به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی انجام گرفت. با توجه به بیشتر بودن خطای عامل فرعی (رقم ها) از خطای عامل اصلی (آبیاری) در برخی از صفات، اثر متقابل عامل فرعی با بلوک، از خطای عامل فرعی تفکیک شد. میانگین ارقام با استفاده از روش چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده ها برای کلیه صفات آزموده شده قرار گرفت. برای تجزیه داده ها و ترسیم نمودارها از نرم افزارهای SPSS16 و Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی خاک منطقه انجام آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. در عمقی که بیشترین مقدار توسعه ریشه کنگد (عمق ۱۵ سانتی متری) انجام می شود، کلاس بافت خاک از نوع رسی، جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب، رطوبت ظرفیت مزرعه ای ۲۸/۲ درصد و رطوبت نقطه پژمردگی، ۱۵/۶ درصد بود.

برای تعیین مقدار و زمان آبیاری در رژیم های آبیاری مورد نظر، پس از آماده سازی زمین و قبل از کاشت، از نرم افزار CROPWAT-4 (روش پنمن-مانتیت<sup>۱</sup>) مطابق روش فائو-۵۶ استفاده شد (۱۸). در این روش ابتدا با استفاده از پارامترهای هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاه مرجع {چمن (ETO)} برآورد شد و با معرفی ضریب گیاهی (Kc) کنگد، نیاز آبی گیاه محاسبه شد. در نهایت با در نظر گرفتن باران مؤثر، مقدار آب آبیاری کنگد با استفاده از نرم افزار فوق برای آبیاری کامل (بدون تنش) محاسبه شد.

در ضمن رطوبت ظرفیت مزرعه ای، در مزرعه با استفاده از کرت های بدون گیاه اشباع شده و پوشانده شده با پلاستیک سیاه در ۳ عمق ۱۵، ۴۵ و ۷۵ سانتی متری از سطح خاک اندازه گیری شد. به طوری که اندازه گیری رطوبت در روزهای متوالی تا خروج آب ثقی و ثابت ماندن مقدار رطوبت ادامه یافت و رطوبت نقطه پژمردگی با استفاده از نرم افزار ROSETTA به دست آمد (۲۰).

اجزای بافت خاک شامل درصد شن، سیلت و رس خاک از روش هیدرومتری به دست آمد (۱۳) و چگالی ظاهری خاک با به کارگیری سیلندرهای نمونه برداری (با حجم تقریبی ۱۰۰ سانتی متر مکعب) و تهیه نمونه دست نخورده و خشک کردن آن ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد محاسبه شد (۱۳). آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری های بعدی با توجه به دور آبیاری محاسبه شده با نرم افزار CROPWAT-4 با پمپ آبیاری انجام شد. بدین صورت که ابتدا دبی پمپ آبیاری محاسبه، سپس با نگر داشتن زمان، آبیاری مزرعه انجام گرفت. علف های هرز به صورت دستی کنترل شدند.

در نهایت عملکرد دانه ارقام بر مبنای عملکرد دانه

1. Penman-manteith

اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مطالعه شده

عمق (cm)	کلاس بافت خاک	چگالی ظاهری خاک (gr/cm <sup>3</sup> )	رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (%)	رطوبت نقطه پژمردگی (%)
۱۵	رسی	۱/۵	۲۸/۲	۱۵/۶
۴۵	رسی	۱/۴	۲۶/۹	۱۵/۵
۷۵	لومی-رسی	۱/۵	۲۸/۹	۱۵/۸

میلی‌متر در دوره، باران مؤثر ۵۶/۶۱ میلی‌متر در دوره و نیاز خالص آبیاری گیاه کنجد ۲۶۰/۶۲ میلی‌متر محاسبه شد. با کم کردن باران مؤثر از نیاز آبی گیاه، نیاز آبیاری گیاه کنجد برای هر دوره به دست آمد. در هر دوره‌ای که باران مؤثر بیشتر از نیاز آبی بود، مقدار نیاز آبیاری گیاه برابر صفر منظور شد (۱۸). شایان ذکر است که در آبیاری مزرعه براساس کمبود رطوبت خاک، بعد از آخرین آبیاری، گیاه از رطوبت موجود خاک که مقدار آن ۱۳/۶ میلی‌متر است، استفاده می‌کند (جدول ۴).

نتایج محاسبه نیاز آبی و آبیاری گیاه کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) در دوره‌های مختلف که به وسیله نرم‌افزار CROPWAT-4 محاسبه شد (جدول‌های ۳ و ۴). برآورد صحیح مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز خالص آبیاری گیاه، برنامه‌ریزان را قادر می‌سازد تا با مشخص کردن سقف نیاز آبیاری گیاه، علاوه بر تأمین بخشی از نیاز آبی گیاه از طریق بارش مؤثر، به فکر فراهم آوردن بقیه نیاز آبیاری از سایر منابع آب نظیر رودخانه‌ها، سدها و چاه‌ها باشند. در این پژوهش نیز مجموع نیاز آبی گیاه ۳۱۴/۵۵

جدول ۳. برآورد نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری گیاه کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT

تاریخ	تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/period)	ضریب گیاهی	نیاز آبی کنجد (mm/period)	باران مؤثر (mm/period)	نیاز خالص آبیاری (mm/period)
۱۳۸۸/۰۴/۲۵	۵۵/۴۷	۰/۳۵	۱۹/۴۱	۰/۰۰	۱۹/۴۱
۱۳۸۸/۰۵/۰۴	۵۳/۷۵	۰/۳۵	۱۸/۸۱	۰/۰۰	۱۸/۸۱
۱۳۸۸/۰۵/۱۴	۵۱/۲۶	۰/۴۹	۲۴/۹۳	۰/۰۰	۲۴/۹۳
۱۳۸۸/۰۵/۲۴	۴۸/۱۰	۰/۷۴	۳۵/۴۰	۰/۰۰	۳۵/۴۰
۱۳۸۸/۰۶/۰۳	۴۴/۳۵	۰/۹۹	۴۳/۷۱	۲/۶۵	۴۱/۰۷
۱۳۸۸/۰۶/۱۳	۴۰/۱۳	۱/۱۰	۴۴/۱۴	۵/۱۹	۳۸/۹۵
۱۳۸۸/۰۶/۲۳	۳۵/۵۸	۱/۱۰	۳۹/۱۳	۷/۵۸	۳۱/۵۵
۱۳۸۸/۰۷/۰۲	۳۰/۸۴	۱/۱۰	۳۳/۹۲	۹/۴۶	۲۴/۴۶
۱۳۸۸/۰۷/۱۲	۲۶/۰۷	۱/۱۰	۲۸/۶۸	۱۰/۵۵	۱۸/۱۳
۱۳۸۸/۰۷/۲۲	۲۱/۴۳	۰/۸۷	۱۸/۷۲	۱۰/۸۱	۷/۹۱
۱۳۸۸/۰۸/۰۲	۱۷/۰۸	۰/۴۴	۷/۶۸	۱۰/۳۷	۰/۰۰
مجموع	۴۲۴/۰۴	-	۳۱۴/۵۵	۵۶/۶۱	۲۶۰/۶۲

به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

جدول ۴. برآورد نیاز آبیاری کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) براساس کمبود رطوبت خاک با استفاده از نرم افزار CROPWAT

نیاز خالص آبیاری کنجد (mm)	دور آبیاری (day)	کمبود رطوبت خاک (mm)	نیاز آبی کنجد (mm)	باران مؤثر (mm)	آب سهل الوصول (mm)	کل آب قابل نگهداری (mm)	تاریخ
۳/۹	۲	۳/۹	۲/۰	۰/۰	۳/۰	۵/۱	۱۳۸۷/۰۴/۲۷
۵/۸	۳	۵/۸	۱/۹	۰/۰	۵/۲	۸/۷	۱۳۸۷/۰۴/۳۰
۹/۶	۵	۹/۶	۱/۹	۰/۰	۸/۹	۱۴/۸	۱۳۸۷/۰۵/۰۴
۱۵/۱	۸	۱۵/۱	۱/۹	۰/۰	۱۴/۷	۲۴/۵	۱۳۸۷/۰۵/۱۲
۲۲/۷	۱۰	۲۲/۷	۲/۸	۰/۰	۲۲/۰	۳۶/۶	۱۳۸۷/۰۵/۲۲
۲۹/۷	۹	۲۹/۷	۳/۷	۰/۰	۲۸/۵	۴۷/۵	۱۳۸۷/۰۵/۳۱
-	-	۱۸/۵	۴/۱	۱/۳	۳۲/۲	۵۳/۶	۱۳۸۷/۰۶/۰۵
۳۵/۷	۹	۳۵/۷	۴/۴	۰/۰	۳۵/۱	۵۸/۴	۱۳۸۷/۰۶/۰۹
-	-	۴/۵	۴/۵	۰/۰	۳۵/۸	۵۹/۶	۱۳۸۷/۰۶/۱۰
-	-	۲۵/۱	۴/۶	۲/۵	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۱۵
۴۲/۹	۱۰	۴۲/۹	۴/۴	۰/۰	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۱۹
-	-	۴/۳	۴/۳	۰/۰	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۲۰
-	-	۲۱/۵	۴/۱	۳/۸	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۲۵
-	-	۳۶/۹	۳/۸	۴/۴	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۳۰
۴۰/۷	۱۲	۴۰/۷	۳/۸	۰/۰	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۶/۳۱
-	-	۹/۸	۳/۶	۴/۹	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۰۴
-	-	۲۱/۶	۳/۳	۵/۳	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۰۹
-	-	۳۱/۸	۳/۱	۵/۵	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۱۴
۴۰/۷	۱۷	۴۰/۷	۲/۹	۰/۰	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۱۷
-	-	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۱۹
-	-	۹/۹	۲/۳	۵/۷	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۲۴
-	-	۱۳/۹	۱/۷	۵/۷	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۷/۲۹
-	-	۱۴/۹	۱/۱	۵/۵	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۸/۰۴
-	-	۱۳/۶	۰/۶	۵/۳	۳۸/۷	۶۴/۵	۱۳۸۷/۰۸/۰۹
۲۴۷/۰			۳۱۴/۵				مجموع

که بر اثر اعمال تنش کم آبی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۲۵/۹۹ و ۴۹/۹۳ درصد کاهش یافتند.

تجزیه واریانس صفات مطالعه شده نشان داد که بین ارقام و رژیم های آبیاری، از نظر کلیه صفات، اختلاف معنادار وجود دارد (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد

اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum L.*)

آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی به میزان ۱۰/۶۲ درصد کاهش یافت، در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی بیشترین مقدار (۱۳۰/۰۸ کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب) را به خود اختصاص داد (شکل ۱).

اختلاف بین ارقام و رژیم‌های آبیاری کنجد و اثر متقابل این دو در صفات عملکرد دانه و بیولوژیکی معنادار بود و بر اثر افزایش تنش کم آبی عملکرد دانه و بیولوژیکی کاهش یافت (۱۰ و ۱۹). بیشترین عملکرد دانه کنجد در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و با افزایش شدت تنش کم آبی از عملکرد دانه کاسته شد (۲ و ۱۵). گروه بندی ارقام نیز نشان داد که ارقام 'کرج ۱' و 'اولتان' با داشتن سیستم ریشه مطلوب، متحمل به تنش کم آبی بودند و در همه سطوح آبیاری عملکرد بالاتری داشتند (۲). اثر رژیم‌های آبیاری و همچنین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و ارقام بر عملکرد بیولوژیکی معنادار بود و با افزایش تنش کم آبی، عملکرد بیولوژیکی کنجد کاهش یافت (۹). این در حالی است که در بررسی دیگر بر روی گیاه کنجد، رژیم‌های آبیاری تأثیر معناداری بر عملکرد بیولوژیکی نداشتند (۸).

بیشترین مقدار صفات عملکرد دانه (۸۱۸/۱۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۴۰۸۶/۰۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد (شکل ۱). مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم‌های 'کرج ۱' و 'اولتان' به ترتیب با ۱۰۰۱/۲۱ و ۱۰۰۵/۱۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم 'هندی ۱۴' با ۳۸۸/۵۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند. همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیکی در رقم‌های 'کرج ۱'، 'IS' و 'اولتان' به ترتیب با ۳۳۵۱/۸۳، ۳۳۹۴/۷۴ و ۳۶۶۵/۶۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در رقم 'هندی ۱۴' به میزان ۲۱۷۸/۱۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

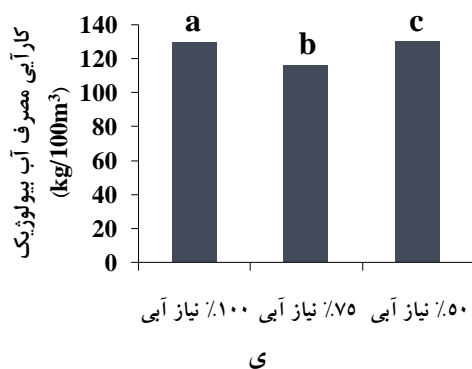
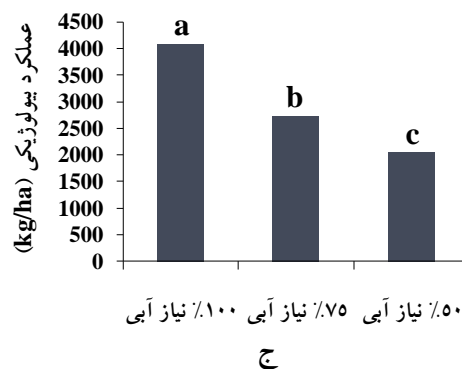
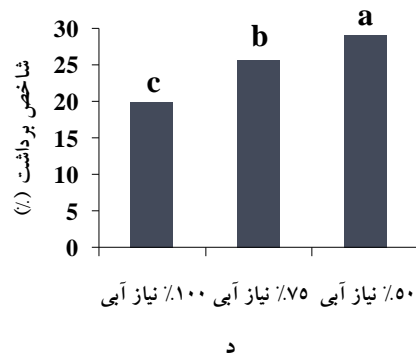
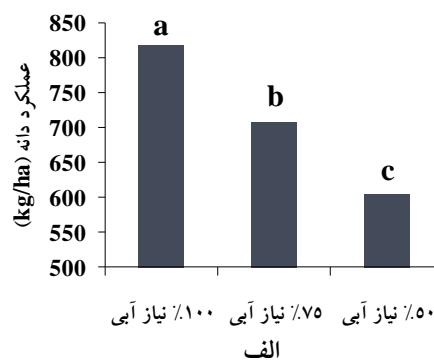
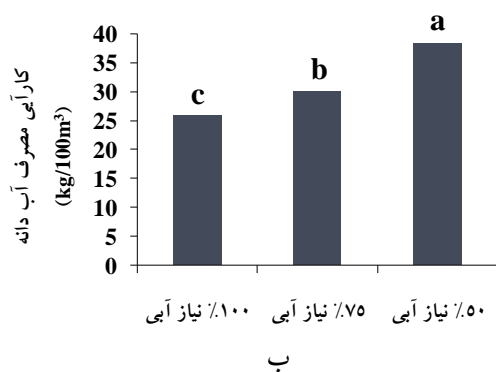
بیشترین کارایی مصرف آب بیولوژیکی مربوط به رقم‌های 'کرج ۱'، 'IS' و 'اولتان' به ترتیب با ۱۴۱/۳۴، ۱۴۵/۴۴ و ۱۵۴/۷۵ کیلوگرم در مترمکعب و کمترین آن مربوط به رقم 'هندی ۱۴' به میزان ۹۴/۳۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). براساس شاخص‌های تحمل تنش گزارش شد که ارقام 'کرج ۱'، 'IS' و 'اولتان' مقاوم و رقم 'هندی ۱۴' حساس به تنش خشکی بودند (۳). اگرچه با اعمال تنش کم آبی، کارایی مصرف آب بیولوژیکی در تیمار

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مطالعه شده در کنجد

میانگین مربعات		کارایی مصرف آب دانه		درجه آزادی	منابع تغییرات
کارایی مصرف آب بیولوژیکی	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه		
۵۱۵/۳۶ <sup>ns</sup>	۹۵/۱۵*	۳۴۴۸۶۲/۹۷ <sup>ns</sup>	۹/۹۶ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۲۹۲۷/۹۵**	۶۴۰/۶۵**	۳۲۲۸۳۱۱۲/۱۲**	۱۲۱۸/۰۴**	۲	رژیم آبیاری
۱۶۱/۴۱	۱۳/۷۳	۱۵۴۱۲۷/۵۲	۲/۵۵	۴	خطای اول
۳۱۲۲/۲۵**	۱۷۳/۰۵**	۲۱۶۹۸۸۲/۲۶**	۸۸۲/۳۱**	۹	رقم
۱۳۹/۳۳ <sup>ns</sup>	۲۴/۵۴**	۱۶۷۴۸۶/۲۵ <sup>ns</sup>	۳۸/۹۳**	۱۸	آبیاری × رقم
۳۸۵/۴۴**	۲۰/۲۲**	۲۳۲۷۱۵/۵۶*	۶/۳۲ <sup>ns</sup>	۱۸	تکرار × رقم
۱۱۴/۶۵	۷/۹۸	۹۶۱۵۷/۶۴	۴/۶۲	۳۶	خطای دوم
۸/۵۴	۱۱/۳۲	۱۰/۴۹	۶/۸۲	۶/۳۶	ضریب تغییرات (%)

ns, \*\* و \* - به ترتیب غیر معنادار، معنادار در سطح ۱ و ۵ درصد.

یاور درگاهی و همکاران

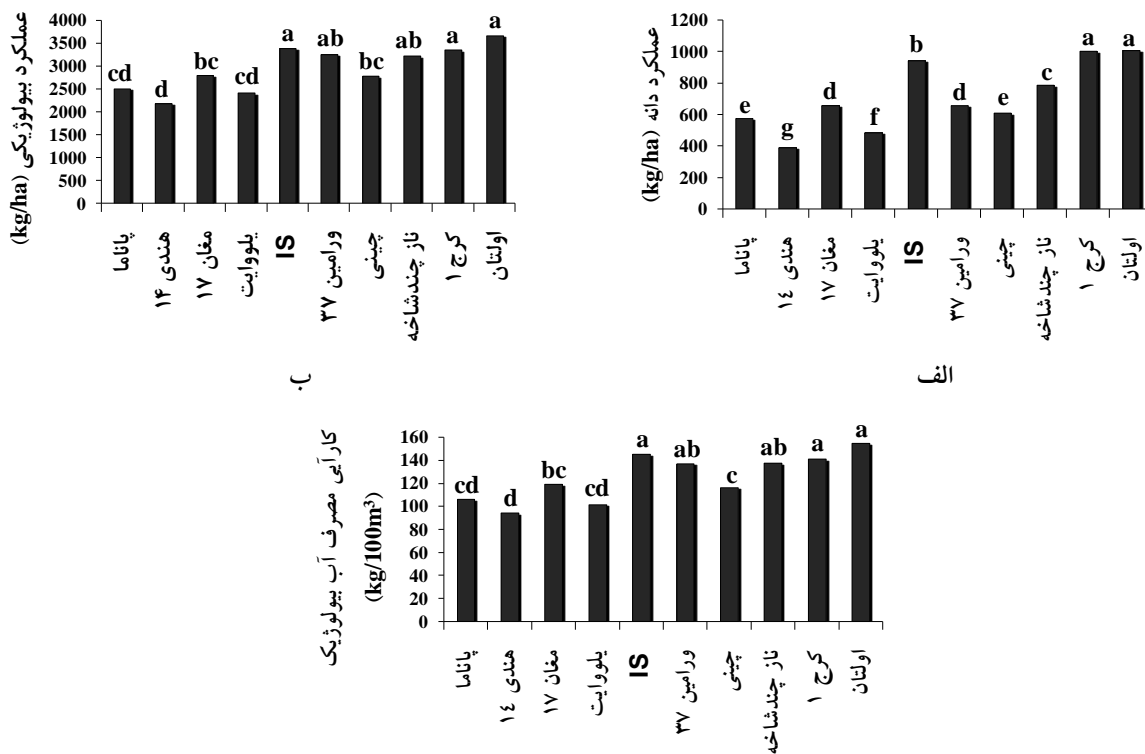


شکل ۱. مقایسه میانگین سطوح آبیاری در صفات عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

\* الف) کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب)؛ ب) عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)؛ ج) شاخص برداشت (درصد)؛ د) کارایی مصرف آب بیولوژیکی (کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب)؛ ی) در گیاه کنجد با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد.



اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)



شکل ۲. مقایسه میانگین ارقام در صفات عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

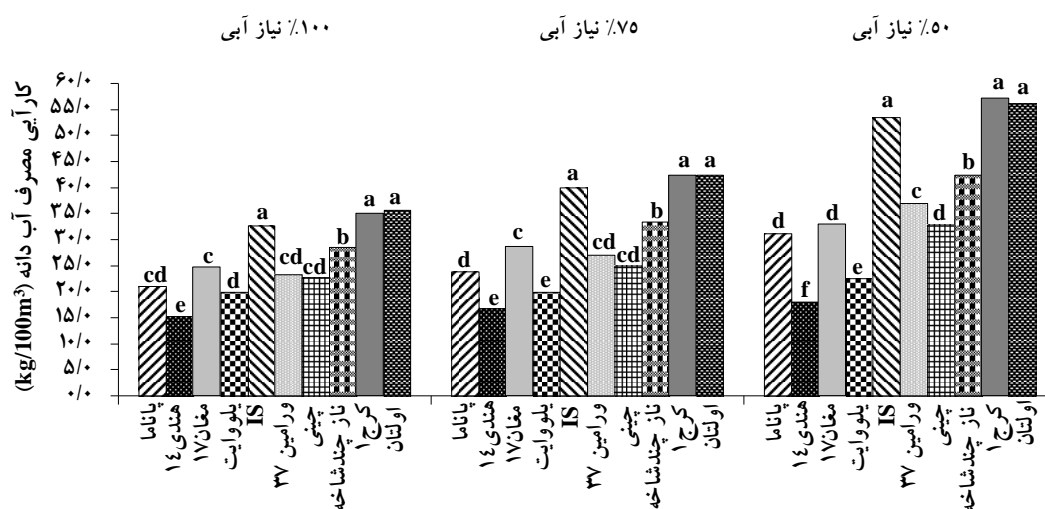
\* الف) عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)؛ ب) کارایی مصرف آب بیولوژیکی (کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب)؛ ج) در گیاه کنجد با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد.

در مقابل کمی مصرف آب، سبب شد که کلیه ارقام کنجد تحت شرایط شدید تنش کم آبی، کارایی مصرف آب بالاتری داشته باشند. در هر سه سطح آبیاری رقم‌های کرج ۱، اولتان و IS بیشترین و رقم هندی ۱۴ کمترین کارایی مصرف آب دانه را داشتند. همچنین در سطح آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، رقم یلوایت با هندی ۱۴ اختلاف معنادار نداشت (شکل ۳). بیشترین کارایی مصرف آب دانه در شرایط کمبود شدید آب به دست آمد که نشان می‌دهد گیاه زراعی کنجد با مصرف کم آب قادر به تولید عملکرد مناسب است (۱)؛ در حالی که پژوهش‌های دیگر بر روی کنجد نشان داد بیشترین کارایی

اثر متقابل آبیاری در رقم در صفت کارایی مصرف آب دانه معنادار بود (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد که رقم‌ها در محیط‌های مختلف از نظر کارایی مصرف آب دانه واکنش متفاوتی از خود نشان داده‌اند. بنابراین، می‌توان رقم‌های برتر از نظر صفات فوق را برای شرایط مختلف آبیاری به طور مجزا انتخاب کرد. بیشترین کارایی مصرف آب دانه (۳۸/۵۰ کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب) در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. با اعمال تنش کم آبی، کارایی مصرف آب دانه در رقم‌های مطالعه شده نسبت به تیمار آبیاری کامل به میزان ۴۸/۰۲ درصد افزایش یافت (شکل ۱). به طوری که عملکرد مناسب

در دور آبیاری هفت روزه به دست آمد (۱۹). همچنین اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت کنگد از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود و با افزایش میزان رطوبت قابل استفاده برای گیاه، میزان شاخص برداشت نیز افزایش یافت (۸)، در حالی که با افزایش تنش کم‌آبی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. در گیاه کنگد اثر آبیاری محدود بر عملکرد بیولوژیکی بیشتر از اثر آن بر عملکرد دانه است (۱). در توجیه این نتایج متفاوت می‌توان بیان کرد که تغییرات شاخص برداشت در سطوح مختلف آبیاری بستگی به تأثیر تنش کم‌آبی دارد. به عبارت دیگر، اگر تأثیر تنش کم‌آبی بر اندام‌های رویشی بیشتر از عملکرد دانه باشد، در این صورت با افزایش شدت تنش کم‌آبی، شاخص برداشت افزایش پیدا می‌کند. اما اگر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه تأثیر بیشتری داشته باشد، در این حالت افزایش شدت تنش کم‌آبی موجب کاهش شاخص برداشت می‌شود.

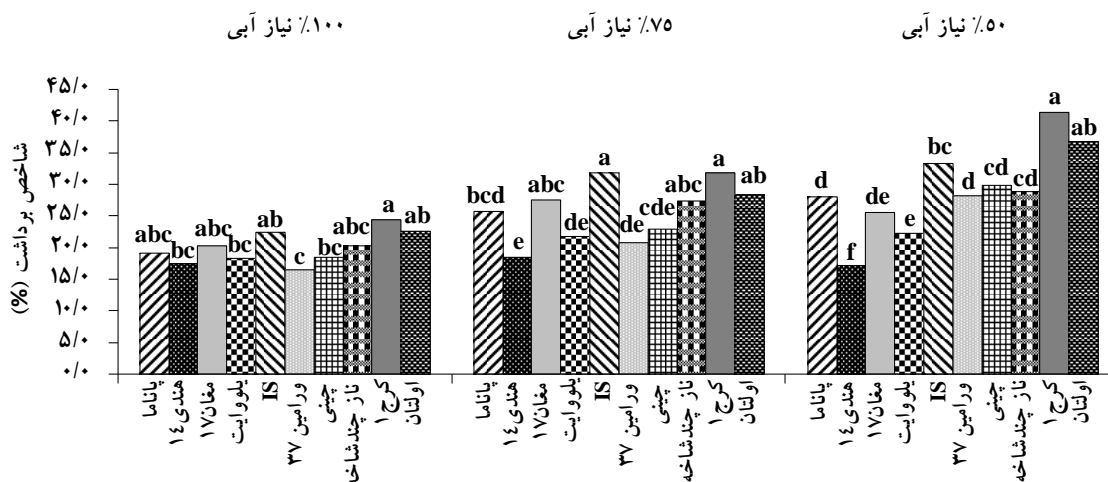
مصرف آب دانه در شرایط آبیاری کامل به دست آمد (۱۵). اثر متقابل آبیاری در رقم در صفت شاخص برداشت نیز معنادار بود (جدول ۵). بیشترین شاخص برداشت (۲۹/۱۵ درصد) در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. با اعمال تنش کم‌آبی، شاخص برداشت در رقم‌های مطالعه شده نسبت به تیمار آبیاری کامل به میزان ۴۵/۷۵ درصد افزایش یافت (شکل ۱). در هر سه سطح آبیاری، رقم 'کرج ۱' بیشترین شاخص برداشت را داشت. در سطح آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه رقم 'IS' با رقم 'کرج ۱' اختلاف معنادار نداشت. رقم 'ورامین ۳۷' در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و رقم 'هندی ۱۴' در هر دو سطح آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، کمترین شاخص برداشت را داشتند (شکل ۴). اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت معنادار نبود (۹). در بررسی دیگری اختلاف بین ارقام و رژیم‌های آبیاری و اثر متقابل این دو در صفت شاخص برداشت کنگد معنادار بود. بیشترین شاخص برداشت نیز



شکل ۳. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب دانه در ارقام کنگد بر حسب کیلوگرم در ۱۰۰ مترمکعب در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

## به نژادی گیاهان زراعی وبانی

اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)



شکل ۴. مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام کنجد بر حسب درصد در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

### نتیجه گیری

تیمار آبیاری کامل به ترتیب به میزان ۴۸/۰۲ و ۴۵/۷۵ درصد افزایش یافت. در هر ۳ سطح آبیاری رقم‌های 'کرج ۱'، 'اولتان' و 'IS' بیشترین و رقم 'هندی ۱۴' کمترین کارایی مصرف آب دانه را داشتند. همچنین در سطح آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، رقم 'یلوایت' با 'هندی ۱۴' اختلاف معنادار نداشت. در هر سه سطح آبیاری، رقم 'کرج ۱' بیشترین شاخص برداشت را داشت. در سطح آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه رقم 'IS' با رقم 'کرج ۱' اختلاف معنادار نداشت. رقم 'ورامین ۳۷' در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و رقم 'هندی ۱۴' در هر دو سطح آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، کمترین شاخص برداشت را داشتند. در مجموع ارقام 'کرج ۱'، 'اولتان' و 'IS' به دلیل داشتن کارایی مصرف آب و شاخص برداشت بالا قابلیت کشت در مناطق کم آب را داشتند.

در این پژوهش بر اثر اعمال تنش کم آبی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۲۵/۹۹ و ۴۹/۹۳ درصد کاهش یافتند. همچنین اگرچه با اعمال تنش کم آبی، کارایی مصرف آب بیولوژیکی در تیمار آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی به میزان ۱۰/۶۲ درصد کاهش یافت، اما در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در تیمار آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب بیولوژیکی مربوط به رقم‌های 'کرج ۱' و 'اولتان' و کمترین مقدار این صفات مربوط به رقم 'هندی ۱۴' بود. همچنین رقم 'IS' از نظر عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب بیولوژیکی با رقم‌های 'کرج ۱' و 'اولتان' اختلاف معنادار نداشت. بیشترین کارایی مصرف آب دانه و شاخص برداشت در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. نتایج نشان داد که با اعمال تنش کم آبی، کارایی مصرف آب دانه و شاخص برداشت در رقم‌های مطالعه شده نسبت به

### منابع

- اسکندری ح، زهتاب سلماسی س و قاسمی گلعدانی ک (۱۳۸۹) «ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد

۹. مهربانی ز و احسانزاده پ (۱۳۹۰) «بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت رژیم‌های رطوبتی خاک». به‌زراعی کشاورزی. ۱۳(۲): ۷۵-۸۸.
10. Eskandari H, ZehtabSalmasi S, Ghassemi-Golezani K and Gharineh MH (2009) Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7(2): 339-342.
11. Garside AL, Lawn RJ, Muchow RC and Byth DE (1992) Irrigation management of soybean (*Glycine max* L.) in a semi-arid tropical environment. II. Effect of irrigation frequency on soil and plant water status and crop water use. *Australian Journal of Agricultural Research*. 43(5): 1019-1032.
12. 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. *African Journal of Biotechnology*. 10(44): 8816-8822.
13. Jacob H and Clarke G (2002) *Methods of Soil Analysis*. Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA, 1692 p.
14. Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram R and Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11(1): 100-105.
15. Kassab OM, Mehanna HM and Aboelill A (2012) Drought impact on growth and yield of some sesame varieties. *Applied Sciences Research*. 8(8): 4544-4551.
- دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت به عنوان کشت دوم». دانش کشاورزی پایدار. ۲(۲۰): ۳۹-۵۱.
۲. درگاهی ی، اصغری ع، شکرپور م و رسولزاده ع (۱۳۹۱) «اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات مورفولوژیک ریشه در ارقام کنجد». تولید گیاهان زراعی. ۵(۴): ۱۵۱-۱۷۲.
۳. درگاهی ی، اصغری ع، شکرپور م، رسولزاده ع، عشقی اغ و شیرینی مر (۱۳۹۰) «ارزیابی تحمل تنش کم‌آبی در ارقام کنجد بر اساس شاخص‌های تحمل». دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱(۳): ۱۱۹-۱۳۳.
۴. شکوه‌فر عر و یعقوبی‌نژاد س (۱۳۹۱) «اثر تنش خشکی بر اجزای عملکرد ارقام مختلف کنجد». زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۴): ۱۹-۲۹.
۵. کارگر سمع، قنادها مر، بزرگی‌پور ر، خواجه احمد عطاری اع و بابایی حر (۱۳۸۳) «ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود». علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۱): ۱۲۹-۱۴۲.
۶. گلستانی م و پاک‌نیت ح (۱۳۸۶) «ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد». علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱(۴۱): ۱۴۱-۱۵۰.
۷. مجد نصیری ب، کریمی م و نورمحمدی ق (۱۳۸۱) «اثر فصل کاشت و تراکم بوته بر کارایی مصرف آب در ارقام و لاین‌های مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)». علوم زراعی ایران. ۴(۴): ۲۳۵-۲۴۵.
۸. مقنی‌باشی م و رزمجوج (۱۳۹۱) «تأثیر تیمار کردن بذر با پلی‌اتیلن گلابکول و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و روغن دانه کنجد». پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۱): ۹۱-۹۹.

16. Pandey RK, Herrera WAT, Villegas ANand Pendleton JW (1984) Drought response of legumes under irrigation gradient. *Agronomy*. 76: 557-560.
17. Pouresmaiel HA, Saberi MH and Fanaei HR (2013) Evaluation of terminal drought stress tolerance of *Sesamum indicum* L. genotypes under the Sistan region conditions. *International Journal of Science and Engineering Investigations*. 2: 58-61.
18. Richard GA, Pereira L, Raes D and Smith M (1998) Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 304 p.
19. Saeidi A, Tohidi-Nejad E, Ebrahimi F, Mohammadi-Nejad G and Shirzadi MH (2012) Investigation of water stress on yield and some yield components of Sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in Jiroft region. *Journal of Applied Sciences Research*. 8(1): 243-246.
20. Schaap MG, Leij FJ and Van Genuchten MTH (2001) ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Hydrology*. 251: 163-176.
21. Spaeth SC, Randau HC, Sinclair TR and Vendeland JS (1984) Stability of soybean harvest index. *Agronomy*. 76: 482-486.
22. Xia S, Guirui Y, Yunfen L, Xiaomin S, Yaoming L and Xuefa W (2006) Seasonal variations and environmental control of water use efficiency in subtropical plantation. *China Earth Science*. 49: 119-126.
23. Yu GR, Wang QF and Zhong J (2004) Modeling the water use efficiency of soybean and maize plants under environmental stresses: Application of a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior. *Journal of Plant Physiology*. 161: 303-318.