واکنش عملکرد ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) به کود نیتروژن در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری

مجید غلامحسینی[۱*]، هرمز اسدی[۱] و محمدحسین داوودی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۵)

چکیده

ارزیابی پاسخ ارقام کنجد به تیمارهای مختلف آبیاری و نیتروژن نقش مهمی در استفاده بهینه از منابع و افزایش تولید ایفا می‌کند. بدین منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده- فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج (مزارع تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش، تیمارهای آبیاری در دو سطح شامل رژیم کم‌آبیاری و آبیاری کامل در کرت‌های اصلی، و مقادیر مختلف نیتروژن (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و ارقام کنجد (سه رقم اولتان، دشتستان ۲ و ناز) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در تمامی ارقام میزان اثرگذاری نیتروژن بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه با بروز کم‌آبی کاهش یافت. هرچند پاسخ رقم دشتستان ۲ به مصرف نیتروژن در شرایط کم‌آبی در مقایسه با دو رقم دیگر بهتر بود. همچنین نتایج حاکی از آن است که در شرایط کم‌آبیاری، فقط در رقم دشتستان ۲ کاربرد کود نیتروژن بیش از ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه (۵۹۵ کیلوگرم در هکتار) قابل توصیه است، حال آنکه در صورت فراهمی آب علاوه بر رقم دشتستان ۲، عملکرد دانه رقم اولتان نیز به کاربرد کود نیتروژن در سطحی بالاتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار پاسخ مثبت و معنی‌دار نشان داد و حداکثر عملکرد دانه در این رقم (۱۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. بر عکس این دو رقم، در رقم ناز حتی با فراهمی آب کاربرد کود نیتروژن بیشتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه نداشت و قابل توصیه نیست.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، درصد روغن

۱. استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲. استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

مقدمه

کنجد گیاهی است یک‌ساله و از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی است که سازگار به نواحی گرم و نیمه گرم است و به‌دلیل دارا بودن مقدار زیاد روغن (تا ۵۰ درصد) و مقدار پروتئین قابل قبول (تا ۲۵ درصد) در دانه به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای سالم و مقوی شناخته می‌شود (۱۳). طبق آخرین آمار، سطح کشت کنجد در جهان ۱۳ میلیون هکتار و تولید آن در حدود ۶/۵ میلیون تن و متوسط عملکرد جهانی آن ۵۱۰ کیلوگرم در هکتار است (۸). در سال ۱۳۹۸ سطح کشت کنجد در ایران تقریباً برابر با ۴۲ هزار هکتار، تولید آن ۲۹ هزار تن و میانگین عملکرد دانه آن ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۸). تولید کنجد با وجود درصد روغن دانه بالای آن (به‌طور متوسط تا ۵۰ درصد)، در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی کم است و در این بین جایگاه هشتم را دارا است (۱). این درحالی است که کنجد به‌دلیل تحمل به خشکی (۷) و کیفیت روغن (۲۰) می‌تواند محصول بسیار مهمی در کشورهایی مانند ایران با آب و هوای خشک باشد.

کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی است و یکی از معضلات اصلی در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران است (۱۰). اگرچه کنجد به‌عنوان گیاهی مقاوم به خشکی شناخته می‌شود، در این گیاه نیز عملکرد بالقوه ارتباط تنگاتنگی با فراهمی آب دارد (۱۹). اوکان و کیلی (۳۰) گزارش کردند که کمبود آب در مرحله رشد رویشی کنجد می‌تواند عملکرد این گیاه را به‌دلیل کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد کپسول در بوته حتی تا نصف تقلیل دهد. پوراسماعیلی و همکاران (۲۵) اظهار داشتند که عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در کنجد در مقایسه با ویژگی‌های مورفولوژیک نسبت به کمبود آب حساس‌تر هستند. در مقابل نتایج مطالعه آئین (۳) نشان داد که در سطوح متوسط تنش، اجزای رویشی کنجد کاهش می‌یابند و عملکرد دانه و اجزای آن تنها در شرایط خشکی شدید از خود واکنش نشان دادند.

از طرف دیگر عده‌ای از پژوهشگران اعتقاد دارند که کنجد در برابر مصرف کودهای شیمیایی از جمله نیتروژن واکنش چندانی نشان نمی‌دهد (۲۳). این موضوع می‌تواند به‌دلیل کودپذیری کم توده‌های بومی که با شرایط محلی سازگاری یافته‌اند باشد (۲۸). بنابراین بررسی واکنش ارقام اصلاح شده کنجد به کاربرد سطوح مختلف نیتروژن می‌تواند اطلاعات ارزشمندی ارائه دهد. در همین زمینه یافته‌های صباح و همکاران (۲۸) حاکی از آن بود که با کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش معنی‌داری در عملکرد کنجد حاصل می‌شود که این افزایش مربوط به تأثیر مثبت نیتروژن بر اجزای عملکرد کنجد است.

واضح است که اثرات متقابل آب و نیتروژن به‌ویژه از نظر رشد و عملکرد گیاه پیچیده است و کمتر مطالعه‌ای است که به اثر متقابل این دو نهاده تأثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام اصلاح شده کنجد بپردازد. این فرضیه وجود دارد که کاهش عملکرد کنجد زمانی حاصل شود که در شرایط محدودیت آب، مقدار زیادی کود نیتروژنی مصرف شود. در مقابل این انتظار است که کودپذیری ارقام کنجد در شرایط بدون تنش خشکی بالا باشد. عدم تعادل مناسب بین فراهمی آب و مصرف نیتروژن می‌تواند منجر به آبشویی شدید نیترات و آلودگی منابع آبی شود که اثرات مخربی بر محیط زیست دارد (۱۱). از طرف دیگر قیمت نهاده‌های شیمیایی از جمله کودهای نیتروژنی طی چند سال اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است به‌طوری که از ۱۹۶ دلار برای هر تن کود اوره در سال ۲۰۱۶ به ۳۲۸ دلار در سال ۲۰۲۱ رسیده است (۸). بنابراین بهبود مدیریت نیتروژن در مزارع کنجد، که اکثراً خرده مالک هستند، با توجه به فراهمی آب برای بهینه‌سازی سود زارع و به حداقل رساندن تأثیرات منفی بر محیط زیست حائز اهمیت است. بر این اساس این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات تیمارهای مختلف آبیاری و نیتروژن به‌ویژه اثرات متقابل آنها بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن سه رقم اصلاح شده کنجد، که در بین ارقام اصلاح شده بیشترین سطح کشت را دارند، انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی مؤسسه

اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، واقع در محمد شهر کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و صفر دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس روش طبقه‌بندی دومارتن در گروه اقلیمی نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود (۱۲). داده‌های هواشناسی جمع‌آوری شده طی اجرای آزمایش (سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) و همچنین اطلاعات بلندمدت (۱۰ ساله) به تفکیک هر ماه در شکل ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده – فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش سه عامل شامل رژیم آبیاری در دو سطح، آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (آبیاری کامل) و آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (کم‌آبیاری)، کود نیتروژنی در سه سطح شامل صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و ارقام مختلف گیاه کنجد (جدول ۲) مورد بررسی قرار گرفتند.

در این آزمایش رژیم آبیاری در کرت‌های اصلی و فاکتوریل دو عامل دیگر در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و ایجاد فارو در محل اجرای آزمایش، بذور کنجد در ۲۳ خرداد ماه سال ۱۳۹۶ و ۲۵ خرداد ماه سال ۱۳۹۷ در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. مساحت هر واحد آزمایشی حدود ۱۵ مترمربع و هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول پنج متر بود. فاصله‌ای به اندازه شش متر بین کرت‌های اصلی، شش متر بین بلوک‌ها و یک متر بین کرت‌های فرعی، به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و سایر مراحل اجرای آزمایش لحاظ شد. بذور کنجد در واحدهای آزمایشی ابتدا به‌صورت متراکم (چهار تا شش بذر در هر کپه به عمق حداکثر دو سانتی‌متر) کشت شدند و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (سه تا چهار برگی) تنک شدند به‌طوری که تراکم ۳۳ بوته در مترمربع (فاصله ۶۰ سانتی‌متری ردیف‌های کشت از هم و فاصله تقریبی پنج سانتی‌متری بوته‌ها از هم روی ردیف‌ها) حاصل شد. در این آزمایش قبل از کاشت، مزرعه با علف‌کش ترفلان (تری فلورالین، ۴۸٪ EC، دو لیتر در هکتار) تیمار شد اما به‌دلیل غنی بودن بانک بذری خاک از بذر گونه‌های مختلف علف‌های هرز، عملیات وجین در طول فصل رشد به‌طور مرتب و در فواصل زمانی هر ۳۰ روز یک‌بار انجام گرفت.

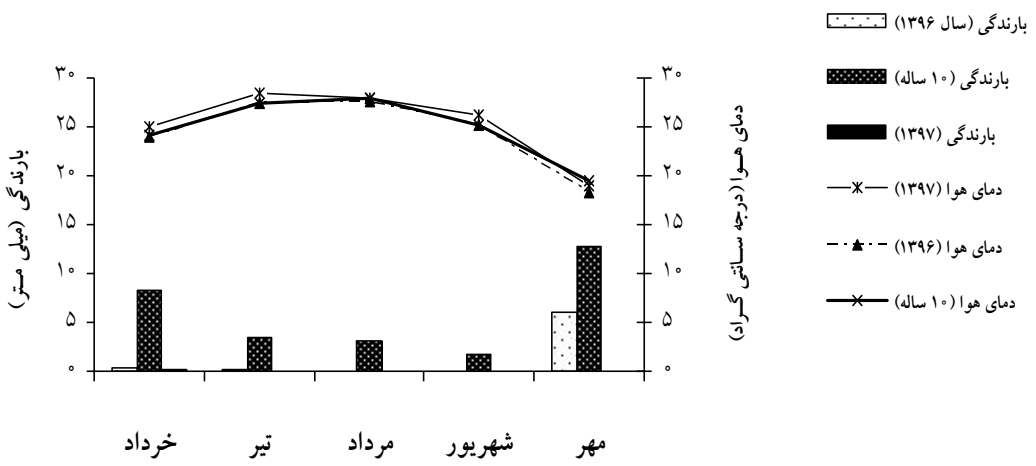
برای آبیاری مزرعه از لوله‌های پلی‌اتیلنی همراه با نوارهای آبیاری قطره‌ای استفاده شد. جدول زمانبندی آبیاری واحدهای آزمایشی بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک انجام شد. در این آزمایش آبیاری زمانی صورت گرفت که ۴۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به‌ترتیب در رژیم آبیاری کامل و کم‌آبیاری، از خاک تخلیه می‌شد. مقدار رطوبت قابل استفاده نیز از تفاوت درصد حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی از درصد حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی به‌دست آمد. برای کنترل رطوبت خاک از دستگاه T.D.R (Time-Domain Reflectometry, Model 6050 X1, SOILMOISTURE EQUIPMENT CORP) استفاده شد. عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری به‌عنوان عمق توسعه ریشه با درنظر داشتن عمق خاک زراعی در محل اجرای آزمایش، انتخاب شد. مجموع آب مصرف شده به‌صورت آبیاری در سال ۱۳۹۶ برابر ۴۴۳۰ (در تیمار آبیاری کامل) و ۲۴۳۰ (در تیمار کم‌آبیاری) متر مکعب در هکتار و در سال ۱۳۹۷ به‌ترتیب در رژیم آبیاری کامل و کم‌آبیاری برابر ۴۱۸۰ و ۲۰۵۰ متر مکعب در هکتار بود. کود نیتروژن‌دار (اوره) به‌صورت تقسیط شده بر اساس تیمارهای کودی در دو مرحله، یک دوم در مرحله سه تا چهار برگی کنجد (منطبق با کد ۱/۰۳ تا ۱/۰۴ از مراحل رشدی کنجد گزارش شده توسط زواره و همکاران (۳۱)) و مابقی به‌صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا نه برگی (کد مراحل رشدی ۱/۰۷ تا ۱/۰۹) کنجد به‌کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریزمغذی قابل دسترس خاک هیچگونه کود دیگری مصرف نشد.

برداشت برای تعیین تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	AW	CEW	FC	بافت خاک	EC	pH	Fe	Zn	P	K	نیتروژن کل	ماده آلی
(سانتی‌متر)	(درصد حجمی رطوبت)				(دسی‌زیمنس بر متر)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)				(درصد)	
صفر تا ۳۰	۱۸	۱۳	۳۱	لوم رسی	۱/۱	۷/۵	۲/۱۲	۰/۳۸	۱۴/۵	۲۶۰	۰/۰۸	۰/۴۰
۳۰ تا ۶۰	۱۹	۱۴	۳۱	لوم رسی	۱/۱	۷/۰	۲/۰۱	۰/۳۰	۱۳/۹	۲۷۵	/۰۹	۰/۵۵

AW (Available water) :رطوبت قابل استفاده؛ CEW (Crop extractable water): رطوبت قابل استخراج توسط گیاه؛ FC (Field capacity) : ظرفیت زراعی



شکل ۱. مقدار ماهانه بارندگی و تغییرات دمایی در فصل‌های کشت و میانگین درازمدت ۱۰ ساله

جدول ۲. ویژگی ارقام مورد استفاده در آزمایش

	اولتان	دشتستان ۲	ناز
سال معرفی	۱۳۷۸	۱۳۸۵	۱۳۸۰
مبدأ	توده محلی مغان	توده محلی دشتستان	توده محلی مازندران
شاخه‌بندی	چند شاخه	چند شاخه	تک شاخه
رنگ دانه	قهوه‌ای تیره	قهوه‌ای روشن	کرم
ارتفاع	پا بلند	پا بلند	پا کوتاه

کپسول در تاریخ ۱۲ مهرماه سال ۱۳۹۶ و ۱۶ مهرماه سال ۱۳۹۷ و برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد ماده خشک و دانه (کد مرحله رشدی ۳/۰۹) در تاریخ ۲۲ و ۳۰ مهرماه سال اول و دوم آزمایش انجام گرفت. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از ردیف‌های میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر ۴ مترمربع بود. برای تعیین تعداد کپسول در بوته، تعداد کپسول در شش بوته شمارش و میانگین آن به‌عنوان تعداد کپسول در بوته ثبت شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در کپسول از هر کرت ۴۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد بذرها موجود در آنها، متوسط تعداد دانه در

کپسول برای هر واحد آزمایشی مشخص شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذرهای مربوط به عملکرد دانه هر یک از کرت‌ها شمارش و توزین شد و بر اساس آن وزن هزار دانه محاسبه شد. بوته‌های برداشت شده سپس به دانه و کاه تقسیم شد و در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند (۱۰). عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۰درصد دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه، پس از خشک کردن دانه‌ها، با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیس هسته (Nuclear Magnetic Resonance, minispec mq 20 NMR Analyzer, Bruker, Rheinstetten, Germany) اندازه‌گیری شد.

کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها اصلی از آزمون LSD و در صورت معنی‌دار بودن برهم‌کنش تیمارها، برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans صورت گرفت.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد (تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که علاوه بر اثر اصلی تیمارهای آزمایشی، برهم‌کنش دو جانبه تیمارها شامل رژیم آبیاری × رقم، رژیم آبیاری × نیتروژن و رقم × نیتروژن بر تعداد کپسول در بوته کنجد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری در رقم نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری کامل دو رقم اولتان و دشتستان ۲ به‌طور معنی‌داری تعداد کپسول بیشتری در مقایسه با رقم ناز تولید کردند (جدول ۴). در شرایط کم‌آبیاری بین دو رقم اولتان و دشتستان ۲ نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شده، رقم دشتستان ۲ در گروه آماری برتر، رقم اولتان در گروه آماری میانی و رقم ناز در گروه آماری پائین‌تر قرار گرفتند (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری در نیتروژن حاکی از آن است که در شرایط آبیاری کامل افزایش هر سطح نیتروژن مصرفی با افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته همراه بود (جدول ۴). در مقابل و در شرایط کم‌آبیاری، افزایش نیتروژن مصرفی به بیش از ۶۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم در نیتروژن نیز نشان می‌دهد که بین دو رقم اولتان و دشتستان ۲ در تیمارهای مختلف کودی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). هر دو این ارقام در مقایسه با رقم ناز تعداد کپسول در بوته بیشتری را در سطوح مختلف کودی تولید کردند (جدول ۴). همچنین رقم دشتستان ۲ بیشترین واکنش را به افزایش نیتروژن مصرفی نشان داد به‌طوری که افزایش مقدار کود از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۲۳ عدد تعداد کپسول در بوته را در این رقم افزایش داد. در مقابل و در ارقام اولتان و ناز این افزایش تعداد کپسول در پاسخ به افزایش کود مصرفی به‌ترتیب برابر ۱۸ و ۱۱ عدد بود. بنابر اظهارنظر اوکان و کیلی (۳۰) تعداد کپسول در بوته بالاتر از ۷۰ عدد در گیاه کنجد نشان‌دهنده پتانسل مطلوب محیط و رقم برای عملکرد دانه بالا است. بر این اساس در این آزمایش دو رقم دشتستان ۲ و اولتان در شرایط آبیاری کامل و مصرف بیش از ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تعداد کپسول بیش از ۷۰ عدد در بوته را تولید کردند که می‌تواند در افزایش عملکرد دانه مؤثر باشد (جدول ۴). در مقابل هیچکدام از ارقام در شرایط کم‌آبیاری، به آستانه ۷۰ کپسول در هر بوته نرسیدند که نشان‌دهنده افت پتانسیل تولید در شرایط کم نهاده است. روی و همکاران (۲۷) اظهار داشتند که تفاوت در تعداد کپسول در بوته کنجد علاوه بر پتانسیل درونی هر رقم می‌تواند مربوط به محدودیت فضا و منابع برای تشکیل و نمو کپسول باشد. اولوو و آدونیرگان (۲۲) نیز گزارش کردند که تفاوت در تعداد کپسول در بوته ارتباط مستقیمی با میزان جذب نور توسط سایه‌انداز گیاهی دارد و در شرایط کم نهاده به‌دلیل عدم جذب نور مناسب ناشی از پایین بودن شاخص سطح برگ، کاهش تعداد کپسول در بوته منطقی است. همچنین باید توجه داشت که در شرایط کم‌نهاده به‌علت

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کنجد تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد ماده خشک	عملکرد دانه	روغن دانه
سال	۱	۳۱۶^{ns}	۸۰۸^{ns}	۱/۱۴^{ns}	۶۶۴۰۴۴۸^{ns}	۷۴۴۰۷^{ns}	۱۷/۳^{ns}
سال (تکرار)	۴	۲۷۰	۲۱۰	۰/۳۷	۱۹۴۵۸۵۱	۳۰۶۷	۹/۴۵
رژیم آبیاری	۱	۷۱۸۶**	۸۱۸۶**	۳/۰۲**	۲۰۱۱۴۰۹۴۹**	۱۲۰۳۰۶۸۶**	۵۶۹**
سال × رژیم آبیاری	۱	۴۲۸**	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱۵۶۶۲۵۹^{ns}	۱۰۹۵۵۱^{ns}	۳/۷۰^{ns}
سال × رژیم آبیاری (تکرار)	۴	۴۷/۵	۵۳/۹	۰/۱۷	۴۷۷۱۹۷۴	۵۶۴۵۰	۵/۱۲
رقم	۲	۲۲۸۵**	۱۵۴۳**	۲/۰۳**	۲۱۴۹۲۶۲۳**	۱۱۴۳۵۲۷**	۱۰۱**
سال × رقم	۲	۱۱۱^{ns}	۴۰۴**	۰/۰۴^{ns}	۵۱۳۴۱۹^{ns}	۴۸۷۱۵^{ns}	۵/۸۹^{ns}
نیتروژن	۲	۲۸۷۹**	۱۰۰۵**	۱/۴۵*	۶۵۸۴۸۸۰۵**	۲۹۴۸۳۳۳**	۹۱/۱**
سال × نیتروژن	۲	۱۷۲^{ns}	۲۲/۱^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۲۸۷۱۲۶۱۴**	۱۰۵۹۵^{ns}	۳/۵۰^{ns}
رژیم آبیاری × رقم	۲	۲۰۵*	۱۰۸^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۸۶۴۴۱۳^{ns}	۲۴۵۹۱۶**	۶/۵۰^{ns}
سال × رژیم آبیاری × رقم	۲	۴۳/۰^{ns}	۴۴/۴^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱۱۷۸۰۳۹^{ns}	۲۲۸۰۴^{ns}	۱/۰۰^{ns}
رژیم آبیاری × نیتروژن	۲	۴۰۸**	۱۱۱^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۲۸۸۶۷۵۲*	۸۹۶۴۴۱۶**	۳/۹۵^{ns}
سال × رژیم آبیاری × نیتروژن	۲	۶۱/۵^{ns}	۱۱/۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۵۹۰۷۱۱^{ns}	۱۵۱۶۷^{ns}	۰/۳۹^{ns}
رقم × نیتروژن	۴	۱۲۲*	۹۹/۶^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۱۴۳۵۵۶۰^{ns}	۱۰۹۰۶۹**	۳/۷۴^{ns}
سال × رقم × نیتروژن	۴	۴/۹۱^{ns}	۵۳/۸^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۴۳۴۶۸۰^{ns}	۲۰۵۶۳^{ns}	۷/۰۲^{ns}
رژیم آبیاری × رقم × نیتروژن	۴	۱۴/۸^{ns}	۱۷/۶^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۲۵۸۴۳۷۰*	۵۷۵۲۳**	۱/۱۸^{ns}
سال × رژیم آبیاری × رقم × نیتروژن	۴	۹/۸۲^{ns}	۶۸/۷^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۳۶۹۶۸۳^{ns}	۵۷۹۰^{ns}	۲/۰۷^{ns}
خطای آزمایشی	۶۴	۴۷/۴	۴۸/۰	۰/۱۴	۷۷۳۰۳۲	۱۱۴۷۸	۶/۷۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۰۸	۱۵/۲۲	۲۲/۵۱	۱۹/۱۸	۱۵/۹۳	۵/۲۹

ns، * و ** به‌ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش دو جانبه تیمارها بر تعداد کپسول در بوته

رژیم آبیاری × رقم			رژیم آبیاری × نیتروژن			نیتروژن × رقم		
رژیم آبیاری	رقم	تعداد کپسول در بوته	رژیم آبیاری	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تعداد کپسول در بوته	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	رقم	تعداد کپسول در بوته
آبیاری کامل	اولتان	۷۲^{a}	آبیاری کامل	۰	۵۲^{c}	۰	اولتان	۵۱^{a}
	دشتستان ۲	۷۰^{a}		۶۰	۶۷^{b}		دشتستان ۲	۵۰^{a}
	ناز	۵۴^{b}		۱۲۰	۷۷^{a}		ناز	۴۱^{b}
کم آبیاری	اولتان	۵۰^{b}	کم آبیاری	۰	۴۲^{b}	۶۰	اولتان	۶۳^{a}
	دشتستان ۲	۵۵^{a}		۶۰	۵۱^{a}		دشتستان ۲	۶۴^{a}
	ناز	۴۱^{c}		۱۲۰	۵۳^{a}		ناز	۵۱^{b}
						۱۲۰	اولتان	۶۹^{a}
							دشتستان ۲	۷۳^{a}
							ناز	۵۲^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و در هر بخش اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد ندارند.

ضعف گیاهان تعداد کمتری شاخه فرعی روی بوته‌ها تولید می‌شود و چون تعداد کپسول تولیدی در شاخه فرعی کاهش می‌یابد درنهایت تعداد کپسول در بوته نیز کاهش پیدا می‌کند. در مجموع پژوهشگران اعتقاد دارند که تعداد کپسول در بوته از اجزای مهم عملکرد دانه کنجد است (۲۴) و افزایش این صفت خواه از طریق پتانسیل رقم یا از طریق شرایط محیطی منجر به بهبود عملکرد خواهد شد.

نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج بیانگر آن است که تعداد دانه در کپسول با کاهش فراهمی آب و نیتروژن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کمبود آب و نیتروژن از طریق کاهش دسترسی کپسول‌ها به مواد پرورده باعث کاهش میزان تشکیل دانه می‌شود (۲ و ۱۹). بترام و همکاران (۴) بیان کردند که نیمی از کاهش تعداد دانه در بوته‌های کنجد تحت تنش کم‌آبی می‌تواند به کاهش فتوسنتز جاری و نبود مواد پرورده نسبت داده شود و مابقی تأثیر تنش بر تعداد دانه مربوط به اثر مستقیم پتانسیل کم آب بر نمو تخمدان است. از طرف دیگر نشان داده شده است که کربوهیدرات و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گل‌دهی تعیین کننده تعداد دانه در کپسول کنجد است و کمبود نیتروژن از طریق تغییر در میزان باروری دانه یا افزایش نرخ سقط دانه، تعداد دانه در کپسول را کاهش می‌دهد (۵). همچنین عرضه مواد پرورده، از فتوسنتز جاری و یا از مواد ذخیره‌ای در طول دوره پر شدن دانه، تعیین کننده وزن دانه به هنگام برداشت است. با توجه به اینکه فراهمی آب و نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک و دوام سطح برگ می‌شود، انتظار می‌رود که وزن هزار دانه در شرایط کمبود نهاده‌ها کاهش یابد. با این‌حال اگرچه کمبود آب و نیتروژن تعداد و وزن دانه را کاهش داد اما اثر این تیمارها بر تعداد دانه بارزتر بود.

بین ارقام کنجد نیز از نظر تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری که بیشترین و کمترین تعداد دانه در کپسول به‌ترتیب در ارقام دشتستان ۲ و ناز تک‌شاخه مشاهده شد (جدول ۵). با وجود آنکه نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که تفاوت در تعداد دانه در کپسول مربوط به میزان دسترسی گیاهان به آب و مواد غذایی است (۱۶) ولی بایستی توجه داشت که توانایی ارقام در تأمین مواد فتوسنتزی برای اختصاص به دانه متفاوت است. علاوه بر این در بین ارقام مورد بررسی رقم ناز سنگین‌ترین و رقم اولتان سبک‌ترین دانه را داشتند (جدول ۵). همبستگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمده بین تعداد دانه در کپسول با وزن هزار دانه ($r = -۰/۵۳^{*}$) و تعداد کپسول در بوته با وزن هزار دانه ($r = -۰/۴۳^{*}$) تأیید کننده روابط جبرانی حاکم بر اجزای عملکرد کنجد است به نحوی که افزایش یک جزء عملکرد با کاهش یافتن جزء دیگر همراه است، همانند آنچه در روابط اجزاء عملکرد سایر گیاهان زراعی نیز دیده می‌شود (۲۲).

عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای آبیاری، رقم و نیتروژن و برهم‌کنش آنها بر عملکرد ماده خشک کنجد معنی‌دار بود (جدول ۳). برش‌دهی برهم‌کنش سه جانبه بیانگر آن است که در شرایط آبیاری کامل، در هر سه تیمار کودی مورد بررسی رقم ناز کمترین، رقم دشتستان ۲ در سطوح کودی صفر و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم اولتان در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد ماده خشک را نشان دادند (جدول ۶). عملکرد ماده خشک تمامی ارقام با افزایش نیتروژن مصرفی (از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) افزایش یافت. با این حال بیشترین مقدار افزایش مربوط به رقم اولتان (۱۱۴٪) و کمترین آن متعلق به رقم ناز (۳۷٪) بود. افزایش عملکرد ماده خشک گیاه کنجد در پاسخ به افزایش نیتروژن مصرفی و در شرایط عدم تنش آبی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (۲۹). علت این موضوع می‌تواند افزایش سطح سبز گیاه و درنتیجه افزایش تولید مواد فتوسنتزی باشد (۲۸). در واقع فراهمی بیشتر نیتروژن

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری شده

	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)
رژیم آبیاری						
آبیاری کامل	۶۵^{a}	۵۴^{a}	۱/۶۹^{a}	۵۹۴۷^{a}	۱۰۰۶^{a}	۴۶/۸^{b}
کم‌آبیاری	۴۹^{b}	۳۷^{b}	۱/۲۹^{b}	۳۲۱۸^{b}	۳۳۸^{b}	۵۱/۳^{a}
رقم						
اولتان	۶۱^{a}	۴۸^{a}	۱/۵۴^{b}	۴۶۴۴^{b}	۷۷۴^{a}	۴۸/۱^{b}
دشتستان	۶۲^{a}	۵۱^{a}	۱/۵۶^{b}	۵۳۲۲^{a}	۷۷۵^{a}	۵۱/۰^{a}
ناز	۴۸^{b}	۳۸^{b}	۱/۹۶^{a}	۳۷۸۱^{c}	۴۶۶^{b}	۴۸/۰^{b}
مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)						
۰	۴۷^{c}	۴۱^{c}	۱/۵۶^{c}	۳۰۵۷^{c}	۳۴۶^{c}	۴۷/۵^{c}
۶۰	۵۹^{b}	۴۵^{b}	۱/۷۸^{a}	۵۰۵۶^{b}	۷۹۲^{a}	۵۰/۷^{a}
۱۲۰	۶۵^{a}	۵۱^{a}	۱/۷۲^{ab}	۵۶۳۴^{a}	۸۷۸^{a}	۴۸/۹^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و در هر تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد ندارند.

جدول ۶. مقایسه میانگین برهم‌کنش رژیم آبیاری در رقم در نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و دانه کنجد

		عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		
		مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)			مقدار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		
رژیم آبیاری	رقم	۰	۶۰	۱۲۰	۰	۶۰	۱۲۰
آبیاری کامل	اولتان	۳۷۰۱^{c}	۶۷۵۸^{b}	۷۹۴۸^{a}	۴۲۲^{c}	۸۳۱^{b}	۱۱۳۸^{a}
	دشتستان ۲	۴۷۷۱^{b}	۷۸۰۵^{a}	۷۶۲۶^{a}	۴۰۸^{c}	۷۰۷^{b}	۹۵۱^{a}
	ناز	۳۹۴۸^{b}	۵۵۵۴^{a}	۵۴۱۷^{a}	۳۰۳^{b}	۴۷۰^{a}	۵۱۳^{a}
کم‌آبیاری	اولتان	۲۲۴۵^{b}	۳۲۷۳^{a}	۳۹۴۴^{a}	۲۰۷^{b}	۳۲۶^{a}	۳۶۳^{a}
	دشتستان ۲	۲۳۳۷^{c}	۴۰۱۱^{b}	۵۳۸۵^{a}	۲۴۲^{c}	۴۳۳^{b}	۵۹۵^{a}
	ناز	۱۳۴۱^{b}	۱۹۳۷^{a}	۲۴۸۹^{a}	۱۲۲^{b}	۲۰۸^{a}	۲۳۲^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف و در هر رقم اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند.

در شرایط آبیاری کامل از طریق افزایش سرعت رشد گیاه باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاه بر سطح زمین شده که منجر به افزایش دریافت تابش، افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن و درنهایت افزایش ماده خشک می‌شود. همچنین نتایج بیانگر آن است که در شرایط کم‌آبیاری، برتری از نظر عملکرد ماده خشک در سطوح مختلف کودی با رقم دشتستان ۲ بود (جدول ۶). در این رقم با وجود شرایط کم‌آبی افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۳۰ درصد عملکرد ماده خشک را افزایش داد درحالی که در ارقام اولتان و ناز این افزایش عملکرد ماده خشک در پاسخ به

کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب ۷۶ و ۸۶ درصد بود. علاوه بر این نتایج حاکی از آن است که در هر دو تیمار آبیاری و کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن، رقم ناز کمترین عملکرد ماده خشک را حاصل کرد (جدول ۶). مهم‌ترین دلیل برای پایین بودن عملکرد ماده خشک رقم ناز ویژگی عدم شاخه‌زنی این رقم است، به این دلیل که بین تعداد شاخه فرعی و عملکرد ماده خشک همبستگی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (۱۸). به‌علاوه باید توجه داشت که تفاوت ارقام از لحاظ عملکرد ماده خشک می‌تواند ناشی از پتانسیل ژنتیکی متفاوت ارقام نیز باشد (۲۰). از طرف دیگر عملکرد ماده خشک بالاتر بعضی از ارقام نشان‌دهنده سازگاری بیشتر اکولوژیکی این ارقام به اقلیم مورد مطالعه است. گزارش شده است که با افزایش عملکرد ماده خشک گیاهان زراعی امکان تولید مواد فتوسنتزی از طریق گسترش و تداوم سطح برگ افزایش یافته و پیرو آن سهم دانه از کل ماده تولیدی افزایش می‌یابد (۶).

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی و برهم‌کنش سه جانبه رژیم آبیاری در رقم در نیتروژن بر عملکرد دانه کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد تأثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه ارقام کنجد با افزایش فراهمی آب افزایش و در شرایط کمبود آب به‌شدت کاهش یافت (جدول ۴). جذب نیتروژن توسط گیاهان به جریان توده‌ای آب در خاک وابسته است و بدین ترتیب بروز کم‌آبی می‌تواند سبب کاهش رشد از طریق کاهش جذب نیتروژن شود (۱۰). افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۷۱۶، ۵۴۳ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتاری عملکرد دانه کنجد به‌ترتیب در ارقام اولتان، دشتستان ۲ و ناز در شرایط آبیاری کامل شد. در مقابل این افزایش مصرف کود، عملکرد دانه کنجد را به مقدار ۱۵۶، ۳۵۳ و ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در ارقام یاد شده و در تیمار کم‌آبیاری افزایش داد. به‌عبارت دیگر در تمامی ارقام میزان اثرگذاری نیتروژن بر عملکرد دانه با بروز کم‌آبی کاهش یافت. هرچند در این بین پاسخ رقم دشتستان ۲ به مصرف نیتروژن در شرایط کم‌آبی در مقایسه با دو رقم دیگر بهتر بود و این می‌تواند ناشی از مقاومت به خشکی بیشتر این رقم (۱۲) و سیستم ریشه‌ای قوی‌تر آن (۹) باشد. همچنین نتایج حاکی از آن است که در شرایط کم‌آبیاری، فقط در رقم دشتستان ۲ کاربرد کود نیتروژن بیش از ۶۰ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است، حال آنکه در صورت فراهمی آب علاوه بر رقم دشتستان ۲، رقم اولتان نیز به کاربرد کود نیتروژن در سطحی بالاتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار پاسخ مثبت و معنی‌دار نشان داد. برعکس این دو رقم، در رقم ناز حتی با فراهمی آب کاربرد کود نیتروژن بیشتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه نداشت و قابل توصیه نیست.

روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد روغن دانه در شرایط کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که تیمار کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل باعث افت ۹ درصدی روغن دانه کنجد شد (جدول ۵). اگرچه پژوهشگرانی مانند جفرسون (۱۷) بیان کردند که در درجه اول درصد روغن دانه گیاهان زراعی تحت کنترل عوامل ژنتیکی است اما ابراهیمیان و همکاران (۷) اظهار داشتند درصورتی که گیاه در معرض تنش‌های شدید محیطی باشد، مقدار روغن دانه به‌دلیل کاهش توانایی گیاه برای سنتز اسیدهای چرب (ناشی از کاهش توان فتوسنتزی گیاه) کاهش می‌یابد. همان‌طور که انتظار می‌رفت با افزایش نیتروژن مصرفی، درصد روغن دانه کنجد کاهش یافت (جدول ۵). صرف نظر از تیمار عدم مصرف نیتروژن، در هر دو سال آزمایش کمینه و بیشینه درصد روغن دانه به‌ترتیب از کاربرد ۱۲۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). بررسی نتایج ارائه شده توسط سایر پژوهشگران نیز مؤید این نکته است که مصرف نیتروژن اغلب موجب کاهش مقدار روغن دانه گیاهان

زراعی می‌شود (۵ و ۲۱). پژوهشگران مختلف دلایل متعددی را برای تشریح اثر منفی نیتروژن بر درصد روغن دانه گیاهان روغنی گزارش کرده‌اند. بنا بر نظر جکسون (۱۵) تأخیر در رسیدگی گیاه و طولانی شدن دوره رشدی گیاه ناشی از مصرف نیتروژن، به‌عنوان یک دلیل مهم برای کاهش درصد روغن دانه کلزا در واکنش به مصرف نیتروژن مطرح شده است. در مقابل هولمز (۱۴) گزارش کرد که فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش تشکیل پیش زمینه‌های پروتئین‌دار می‌شود و رقابت مواد اولیه (کربوهیدرات‌ها) را برای تشکیل مواد پروتئینی و یا اسیدهای چرب به‌سمت تشکیل مواد پروتئینی هدایت می‌کند. به علاوه راتکه و همکاران (۲۶) نیز کاهش فراهمی کربوهیدرات‌ها را برای تولید اسیدهای چرب به‌عنوان مهم‌ترین دلیل کاهش درصد روغن در شرایط فراهمی نیتروژن بیان کردند. در بین ارقام کنجد نیز از نظر درصد روغن دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری که رقم دشتستان ۲ بیشترین و ارقام اولتان و ناز، بدون اختلاف معنی‌دار، کمترین درصد روغن دانه را حاصل کردند (جدول ۵). سایر پژوهشگران نیز به تفاوت درصد روغن دانه ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف کنجد اشاره داشته‌اند (۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد در صورت فراهمی نهاده‌های تأثیرگذار آب و نیتروژن برای ارقام اصلاح شده کنجد این ارقام به‌خوبی به فراهمی آنها پاسخ داده و عملکرد دانه‌ای فراتر از میانگین جهانی (۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) و کشوری (۶۹۰ کیلوگرم در هکتار) تولید خواهند کرد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که رقم دشتستان ۲ مناسب برای شرایط کم‌نهاده و رقم اولتان مطلوب برای شرایط پر نهاده است. بنابراین مصرف کارامد نهاده‌ها در زراعت کنجد نیازمند برقراری تعادلی دقیق بین مصرف آب و نیتروژن و انتخاب صحیح رقم است. چنین رویکردی حصول عملکرد قابل قبول کنجد و همچنین حفاظت آب و خاک را نوید می‌دهد.

منابع مورد استفاده

1. Abbasali, M., A. Gholipouri, A. Tobeh, N. A. Khoshkholgh Sima and S. Ghalebi. 2017. Identification of drought tolerant genotypes in the Sesame (*Sesamum indicum* L.) collection of national plant gene bank of Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science* 48(1): 275-289. (In Farsi).
2. Ahmadi, M. and M. Bahrani. 2009. Effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of three sesame cultivars in Bushehr province. *Journal of Water and Soil Science* 13(48): 123-131. (In Farsi).
3. Aien, A. 2013. Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotypes. *Seed and Plant Production Journal* 29(1): 67-79. (In Farsi).
4. Betram, K., M. J. J. Janssens and A. Abdalwahab. 2003. Breeding for drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum*). In: Conference on Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development, 8-10 October, Deutscher Tropentag, Gottingen.
5. Couch, A., A. Jani, M. Mulvaney, G. Hochmuth, J. Bennett, R. Gloaguen, R. Langham and D. Rowland. 2017. Nitrogen accumulation, partitioning, and remobilization by diverse sesame cultivars in the humid southeastern USA. *Field Crops Research* 203: 55-64.
6. Dipenbrock, W. 2000. Yield analysis of the winter oilseed rape (*Brassica napus* L): a review. *Field Crops Research* 67: 35-49.
7. Ebrahimian, E., S. M. Seyyedi, A. Bybordi and C. A. Damalas. 2019. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management* 218: 149-157.
8. FAO. 2020. FAOSTAT Database. Available online at: http://faostat.fao.org. Retrieved February 23, 2020.
9. Ghasemi Hamedani, N., M. Gholamhoseini, F. Bazrafshan, B. Amiri and F. Habibzadeh. 2020. Variability of root traits in sesame genotypes under different irrigation regimes. *Rhizosphere* 13: 100190.
10. Gholamhoseini, M., M. AghaAlikhani, S. A. M. Modarres Sanavy and S. M. Mirlatifi. 2013a. Interactions of irrigation, weed and nitrogen on corn yield, nitrogen use efficiency and nitrate leaching. *Agricultural Water*

Management 126: 9-18.
11. Gholamhoseini, M., M. AghaAlikhani, S. M. Mirlatifi and S. A. M. Modarres Sanavy. 2013 b. Weeds – Friend or foe? Increasing forage yield and decreasing nitrate leaching on a corn forage farm infested by redroot pigweed. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179: 151-162.
12. Gholamhoseini, M. 2020. Evaluation of sesame genotypes for agronomic traits and stress indices grown under different irrigation treatments. *Agronomy Journal* 112: 1794-1804.
13. Gholinezhad, E. and R. Darvishzadeh. 2018. Investigation the drought tolerance of Sesame (*Sesamium indicum* L.) local landraces based on drought stress tolerance indices in different levels of irrigation and mycorrhizae. *Journal of Crop Breeding* 10(26): 185-194. (In Farsi).
14. Holmes, M. R. J. 1980. Nitrogen. In: Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science. Barking Essex, England.
15. Jackson, G. D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal* 92: 644-649.
16. Jakusko, B. B., B. D. Usman and A. B. Mustapha. 2013. Effect of row spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Yola, Adamawa State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 2(3): 36-39.
17. Jefferson, T. 2003. Sesame a High Value Oil Seed. Growing Sesame Production. Tips and Economics. Mare PRESS.
18. Karimi, Z., M. AghaAlikhani and M. Gholamhoseini. 2019. Study of planting density on agronomic traits of sesame cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research* 16(4): 821-831. (In Farsi).
19. Kenan, U., F. Killi, C. Gencoglan and H. Merdan. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. *Field Crops Research* 101: 249-254.
20. Morris, J. B. 2009. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm regenerated in Georgia, USA. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56: 925-936.
21. Nayek, S. S., K. Brahmachari and M. D. R. Chowdhury. 2014. Integrated approach in nutrient management of sesame with special reference to its yield, quality, and nutrient uptake. *Bioscan* 9(1): 101-105.
22. Olowe, V. I. and O. A. Adeoniregun. 2010. Seed yield, yield attributes and oil content of newly released sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *Archives of Agronomy and Soil Science* 56(2): 201-210.
23. Papari Moghaddam Fard, A. and M. J. Bahrani. 2005. Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science* 36(1): 129-135. (In Farsi).
24. Park, J., S. Suresh, S. Raveendar, H. Baek, C. Kim and S. Lee. 2015. Development and evaluation of core collection using qualitative and quantitative trait descriptor in sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm. *Korean Journal of Crop Science* 60: 75-84.
25. Poor-Esmaeili, H. A., H. R. Fanaei and M. H. Saberi. 2014. Evaluation of drought tolerant cultivars and lines of sesame using stress tolerance indices. *Scientific Journal of Crop Science* 3: 66-70. (In Farsi).
26. Rathke, G. W., O. Christen and W. Dipenbrock. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotation. *Field Crops Research* 94: 103-113.
27. Roy, N., S. M. Abdullah, M. Amun and J. Sarwar. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5(5): 823-827.
28. Sabbah, A., F. Nourgholipour and S. A. Ghaffari Nejad. 2017. Effect of rate and time of nitrogen application on yield, yield components, and oil content of sesame in Jiroft area. *Iranian Journal of Soil Research* 31(2): 167-176. (In Farsi).
29. Shehu, H. E. 2014. Uptake and agronomic efficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium in sesame (*Sesamum indicum* L.). *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology* 4(2): 41-56.
30. Ucan, K. and F. Killi. 2010. Effects of different irrigation programs on flower and capsule numbers and shedding percentage of sesame. *Agricultural Water Management* 98: 227-233.
31. Zavareha, M., G. Hoogenboom, H. Rahimian Mashhadi and A. Arab. 2008. A decimal code to describe the growth stages of sesame (*Sesamum orientale* L.). *International Journal of Plant Production* 2: 193-206.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 11, No. 3, Fall 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars Yield Response to Nitrogen Rates Under Full and Deficit Irrigation

M. Gholamhoseini[1*], H. Assadi[1] and M. H. Davoodi[2]

(Received: March 14-2021; Accepted: June 15-2021)

Abstract

Evaluating the response of sesame cultivars to different irrigation and nitrogen treatments plays a pivotal role in the optimal use of resources and increasing production. Hence, an experiment was conducted in a randomized complete block design arranged in split-factorial with three replications in Karaj (Research Farms of Seed and Plant Improvement Institute) during 2017 and 2018. In this experiment, irrigation treatments at two levels, including deficit irrigation and full irrigation, were allocated to main plots, and different amounts of nitrogen (0, 60, and 120 kg N ha^{-1}) and sesame cultivars (Oltan, Dashtestan 2 and Naz) were appointed to the sub-plots. The results indicated that in all cultivars, the effect of nitrogen on yield and yield components decreased due to water deficit conditions. However, the response of the Dashtestan 2 cultivar to nitrogen under water deficit conditions was better than two other cultivars. The results also showed that under deficit irrigation condition, only in Dashtestan 2, the application of more than 60 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer is recommended to achieve maximum seed yield (595 kg ha^{-1}), while under complete irrigation condition, in addition to Dashtestan 2 cultivar, seed yield in Oltan cultivar also showed a positive and significant response to nitrogen fertilizer application at a level above 60 kg ha^{-1} and the maximum seed yield in this cultivar (1138 kg ha^{-1}) was obtained when 120 kg ha^{-1} nitrogen was applied. In contrast, even under complete irrigation conditions, nitrogen fertilizer application of more than 60 kg ha^{-1} did not significantly affect increasing see yield in Naz cultivar, which is not a recommended practice.

Keywords: Dry matter yield; Oil percentage; Seed yield; Yield components

1. Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2. Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*: Corresponding Author, Email: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir