Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (221-234)
DOI: 10.22059/IJFCS.2021. 319665.654807

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص۲۳۴-۲۲۱)

Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, inputs use efficiency and seed quality of sesame cultivars

Ali Saboury[1], Majid Gholamhoseini[*2], Forrod Bazrafshan[3], Farhad Habibzadeh[4] and Bahram Amiri[3]

1,3. Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, iran. 2. Oilseed Research Department, Seed and Plant Improvement Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. 4. Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

(Received: February 24, 2021 - Accepted: April 21, 2021)

ABSTRACT

In order to investigate the quantitative and qualitative response of three sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.) to different irrigation and fertilizer treatments, an experiment was conducted in the research farm of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, during 2016 and 2017. The experiment was performed as split-factorial plots in a randomized complete block design with three replications. Irrigation treatments at two levels (low and full irrigation) were the main plots and factorial plots with different amounts of nitrogen and sesame cultivars were the subplots. The results showed that in full irrigation conditions, application of 120 kg N ha^{-1} increased sesame seed yield by 83% compared to non-application. In contrast, this increase in yield in response to the application of nitrogen in low irrigation treatment was 40%. The results also showed that the highest water use efficiency in full and low irrigations was obtained from Oltan and Dashtestan 2 cultivars with 120 kg N ha^{-1}, respectively. Dashtestan 2 cultivar had the highest (51%) and Naz single-branched cultivar had the lowest (47%) oil content. In general, the results showed that in full irrigation treatment, nitrogen fertilizer application for all three cultivars can be justified; In contrast, in low irrigation conditions and none of the cultivars, grain yield higher than 500 kg N ha^{-1} was not achieved even with high amounts of nitrogen (60 and 120 kg N ha^{-1}).

Keywords: Deficit irrigation, grain oil percentage, grain protein percentage, grain yield, nitrogen

اثر آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف نهاده‌ها و کیفیت دانه ارقام کنجد

علی صبوری[۱]، مجید غلامحسینی*[۲]، فرود بذرافشان[۳]، فرهاد حبیب زاده[۴]، بهرام امیری[۳]

۱و۳- دانشجو و استادیاران گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ۲- استادیار، بخش تحقیقات دانه های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ٤- استادیار، گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/٦ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۲/۱)

چکیده

به منظور بررسی پاسخ کمی و کیفی سه رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.) به تیمارهای مختلف آبیاری و کودی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال‌های ۱۳۹٦ و ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده - فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در دو سطح شامل رژیم کم آبیاری و آبیاری کامل درکرت‌های اصلی و فاکتوریل مقادیر مختلف نیتروژن و ارقام کنجد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با عدم کاربرد آن، عملکرد دانه کنجد را ۸۳ درصد افزایش داد؛ در مقابل، این افزایش عملکرد در پاسخ به کاربرد نیتروژن در تیمار کم آبیاری، ٤۰ درصد بود. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین مقدار کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری به‌ترتیب از ارقام اولتان و دشتستان ۲ با دریافت ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. همچنین نتایج حاکی از آن است که رقم دشتستان ۲ بیشترین (۵۱ درصد) و رقم ناز تک شاخه کمترین (٤۷ درصد) محتوی روغن دانه را دارا بودند. نتایج نشان داد در تیمار آبیاری کامل، کاربرد کود نیتروژنی برای هر سه رقم قابل توجیه است؛ در مقابل در شرایط کم آبیاری در هیچکدام از ارقام، عملکرد دانه بالاتر از ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار حتی با مصرف مقادیر بالای نیتروژن (٦۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست نیامد.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین دانه، درصد روغن دانه، عملکرد دانه، کم آبیاری، نیتروژن.

* Corresponding author E-mail: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

مقدمه

دانه‌های روغنی از جمله گیاهان زراعی هستند که در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته اند. با توجه به اهمیت روغن خوراکی به‌عنوان یک کالای اساسی در سبد خانوار و همچنین واردات ۸۶ درصدی روغن مورد نیاز کشور (Gholamhoseini, 2020)، تحقیقات گسترده در زمینه انواع دانه‌های روغنی ضروری می‌باشد. سطح زیر کشت کنجد در کشور، حدود ۴۲ هزار هکتار و عملکرد آن به‌طور تقریبی بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2020). دانه گیاه کنجد به علت دارا بودن درصد زیاد روغن و مقدار مناسب پروتئین، به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای مهم محسوب می‌شود (Ebrahimian *et al.*, 2019).

گرچه کنجد به‌عنوان گیاه مقاوم به خشکی شناخته می‌شود، اما در این گیاه نیز مشابه با سایر گیاهان زراعی دیگر، عملکرد رابطه بالقوه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد. در همین زمینه Mensah *et al.*, (2006) گزارش کردند که محدودیت آب، منجر به کاهش رشد و عملکرد دانه کنجد می‌شود. همچنین Kassab *et al.*, (2005) دریافتند که کمبود آب در مرحله رشد رویشی می‌تواند عملکرد کنجد را به دلیل کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد کپسول در بوته حتی تا نصف تقلیل دهد. علاوه بر عملکرد کمی، تیمارهای آبیاری می‌توانند عملکرد کیفی کنجد را نیز تحت تاثیر قرار دهند. گزارش شده است که آبیاری مناسب می‌تواند موجب افزایش درصد و عملکرد روغن شود، در صورتی‌که تنش خشکی موجب کاهش آن‌ها می‌شود (Ebrahimian *et al.*, 2019). با توجه به خشکسالی‌های پی در پی در کشور، این احتمال می‌رود که کنجد با توجه به سازگاری آن به شرایط کم آبی بتواند جایگاه ویژه‌ای را در تولید روغن با کیفیت مورد نیاز کشور به خود اختصاص دهد.

همچنین گرچه کنجد به‌عنوان گیاهی با نیاز کودی پایین شناخته می‌شود، اما در این گیاه نیز فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تاثیر مستقیمی بر عملکرد دارد. در میان عناصر غذائی مختلفی که در بافت گیاهی یافت می‌شود، نیتروژن بیشترین غلظت را دارد و نقش مهمی در افزایش عملکرد ایفا می‌کند، به‌طوری‌که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذائی عملکرد را محدود می‌کند (Malik *et al.*, 2003). در حال حاضر مهم‌ترین روش تامین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنی است. برای تولید اقتصادی محصولات مختلف از جمله کنجد و تامین نیاز غذائی جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. گزارش شده است که نیتروژن کافی، رشد گیاه کنجد را از طریق توسعه سطح برگ و افزایش دوام سطح برگ ارتقا می‌بخشد (Mekonnen *et al.*, 2016). همچنین مصرف بهینه کود نیتروژن، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه کنجد را افزایش می‌دهد، درحالی‌که مقادیر بالای نیتروژن ممکن است درصد روغن دانه کنجد را کاهش دهد (Hwang, 2005). تحقیقات Patel *et al.* (2014) نشان داد که عملکرد دانه کنجد با کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت خطی افزایش یافت. در مقابل Sharma (2005) نیاز نیتروژنی کنجد را به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کرد. این نتایج نشان می‌دهد که با توجه به شرایط اقلیمی و ارقام مورد استفاده، نیاز نیتروژنی گیاه کنجد متفاوت است. از طرف دیگر، انتخاب دقیق و استفاده بهینه از ارقام اصلاح شده و لاین‌های پرمحصول، متحمل و مقاوم به تنش‌های زنده و غیرزنده و سازگار با شرایط مختلف اقلیمی در بهبود امنیت غذایی و افزایش سطح درآمد کشاورزان کمک به‌سزایی می‌کند.

باید توجه داشت که در شرایطی که فراهمی آب محدود است، مدیریت غیر اصولی سایر نهاده‌ها و انتخاب نامناسب رقم می‌تواند منجر به از دست رفتن منابع مهم شامل آب و نیتروژن شود. با توجه به این‌که کمبود آب، جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین مصرف متعادل نیتروژن با توجه به فراهمی رطوبت در خاک حائز اهمیت است. بر این اساس و با توجه به کمبود منابع آبی در کشور و نقش متقابل آب و نیتروژن در کارایی

مصرف نهاده‌ها، این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی استفاده از نهاده‌ها در سه رقم کنجد انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، واقع در محمد شهر کرج با مختصات جغرافیائی ۳۵ درجه و ۸۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۹۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش و به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک محل آزمایش، نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین داده‌های هواشناسی جمع آوری شده در طول اجرای آزمایش (سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) و اطلاعات بلند مدت (۳۰ ساله) به تفکیک هر ماه در شکل ۱ ارایه آمده است.

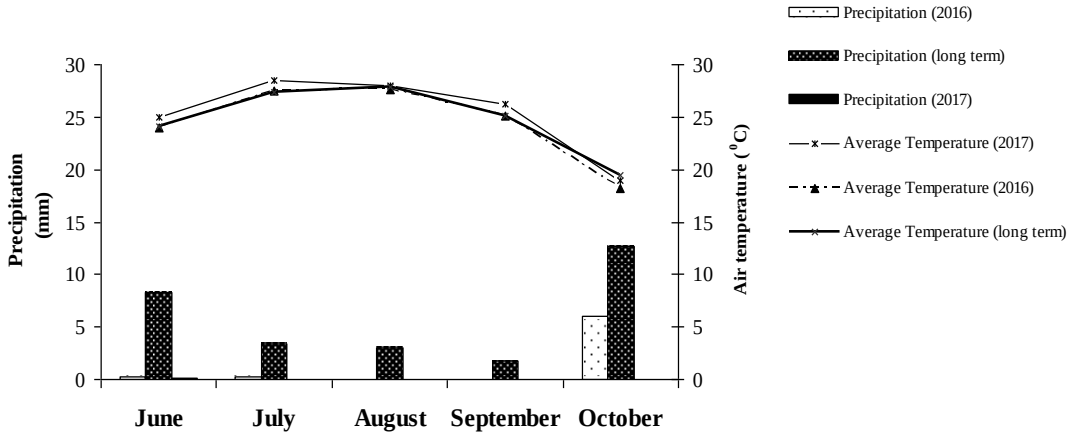
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physiochemical properties of the the experimental site soil.

Depth (cm)	OM	Total N	K	P	Zn	Fe	pH	EC	Soil texture	FC	CEW	AW
	%		(mg kg^{-1})					(dS m^{-1})		(% vm)		
0-30	0.40	0.08	260	14.5	0.38	2.12	7.5	1.1	Clay Loam	31	13	18
30-60	0.55	0.09	275	13.9	0.30	2.01	7.0	1.1	Clay Loam	33	14	19

OM: ماده آلی، FC: ظرفیت زراعی، CEW: رطوبت قابل استخراج توسط گیاه، AW: رطوبت قابل دسترس، vm: رطوبت حجمی. ویژگی‌های خاک بر اساس روش Tando (2005) تعیین شد.

The soil .OM: Organic matter; FC: Field capacity; CEW: Crop extractable water; AW: Available water; vm: volumetric moisture characteristics were determined according to Tandon (2005).



شکل ۱- ماهانه بارندگی و تغییرات دمائی در فصول کشت و میانگین دراز مدت.

Figure 1. Monthly precipitation and temperature changes in growing seasons and long-term average.

در هر دو سال، آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده-فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، سه عامل 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 (کم آبیاری))، کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره)) و ارقام مختلف گیاه کنجد (سه رقم کنجد به نام‌های اولتان، دشتستان ۲ و ناز تک شاخه) (جدول ۲) مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش، رژیم آبیاری در کرت‌های اصلی و فاکتوریل دو عامل دیگر در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

جدول ۲- ویژگی‌های ارقام
Table 2. Cultivars properties

	Oltan	Dashtestan 2	Naz
Year of release	1999	2006	2001
Origin	Moghan local genotype	Dashtestan local genotype	Mazandaran local genotype
Branching	Single	Single	Multi
Seed color	Dark brown	Light brown	Cream

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و ایجاد فارو در محل اجرای آزمایش، بذرهای 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 برای جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و سایر مراحل اجرای آزمایش در نظر گرفته شد. بذرهای کنجد در واحدهای آزمایشی ابتدا به صورت متراکم کشت شدند و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (سه تا چهار برگی) تنک شدند، به‌طوری‌که تراکم ۳۳ بوته در مترمربع (فاصله ۶۰ سانتی متری ردیف‌های کشت از هم و فاصله تقریبی پنج سانتی‌متری بوته از هم روی ردیف‌ها) به‌دست آمد شد. در این آزمایش قبل از کاشت، مزرعه با علفکش ترفلان (تری فلورالین، دو لیتر در هکتار) تیمار شد، اما به دلیل غنی بودن بانک بذری خاک از بذر گونه‌های مختلف علف‌های هرز، عملیات وجین در طول فصل رشد به‌طور مرتب و در فواصل زمانی کوتاه انجام گرفت.

برای آبیاری مزرعه از لوله‌های پلی‌اتیلنی همراه با نوارهای آبیاری قطره‌ای و یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرف شده استفاده شد. جدول زمان‌بندی آبیاری واحدهای آزمایشی بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک انجام شد. در این روش، هنگامی که درصد رطوبت خاک از حد مشخصی کمتر شود، آبیاری انجام می‌گیرد. مقدار رطوبت قابل استفاده نیز از تفاوت درصد حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (FC) از درصد حجمی رطوبت در نقطه رطوبت قابل استخراج توسط گیاه (CEW) 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 در نظر داشتن عمق خاک زراعی در محل اجرای آزمایش، انتخاب شد. در هر مرحله از آبیاری، کرت‌ها به‌طور مساوی (به‌وسیله قرائت کنتور) به روش قطره‌ای، آبیاری شدند. مجموع آب مصرف شده به‌صورت آبیاری در سال ۱۳۹۶ برابر ۴۴۳۰ (در تیمار آبیاری کامل) و ۲۴۳۰ (در تیمار کم آبیاری) متر مکعب در هکتار و در سال ۱۳۹۷ به‌ترتیب در رژیم آبیاری کامل و کم آبیاری برابر ۴۱۸۰ و ۲۰۵۰ متر مکعب در هکتار بود. کود اوره به صورت تقسیط شده بر اساس تیمارهای کودی در دو مرحله، یک دوم در مرحله سه تا چهار برگی کنجد و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا نه برگی کنجد به کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک (جدول ۱)، هیچگونه کود دیگری مصرف نشد.

برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد دانه و شاخص برداشت در تاریخ ۲۲ و ۳۰ مهرماه به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش انجام گرفت. مساحت برداشت شده هر کرت از ردیف‌های میانی با لحاظ در نظر گرفتناثر حاشیه، بیش از چهار مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۰ درصدی دانه محاسبه شد. شاخص برداشت (HI) بر اساس نسبت عملکرد دانه بر عملکرد ماده خشک محاسبه شد و درصد روغن دانه پس از خشک کردن دانه‌ها، با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیس هسته‌ای (Nuclear Magnetic Resonance, minispec mq 20 NMR Analyzer, Bruker, Rheinstetten, Germany) اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه در واحد سطح به‌دست آمد. به‌منظور

تعیین درصد پروتئین دانه، به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و با استفاده از دستگاه کجلدال (Kjeltec Auto 1030 Analyzer,Tecator)، غلظت نیتروژن کل در دانه اندازه‌گیری شد و از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ درصد پروتئین دانه محاسبه شد. کارایی مصرف نیتروژن (Nitrogen Use Efficiency; NUE) نیز بر اساس نسبت عملکرد دانه به نیتروژن مصرفی و کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency; WUE) بر اساس نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار آب آبیاری مصرفی (مترمکعب در هکتار) محاسبه شد (Gholamhoseini *et al.*, 2013).

کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها اصلی از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans صورت گرفت. همچنین برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. شایان ذکر است، با توجه به این‌که نتایج آزمون بارتلت نشان داد که در تمامی صفات بررسی شده، فرض تجانس واریانس‌ها در دو سال صادق می‌باشد، در این آزمایش از تجزیه مرکب داده‌ها و برای مقایسات میانگین از میانگین دو سال داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی و اثر متقابل سه جانبه رژیم آبیاری در رقم در نیتروژن بر عملکرد دانه کنجد معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$) (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات اندازه گیری شده.

Table 3. Variance analysis of the effects of different treatments on the measured traits.

S.O.V	d.f	SY	HI	WUE	NUE	SOC	OY	SPC
Yr	1	**	NS	**	**	**	*	NS
R(Yr)	4	3067	11.3	0.002	4.62	9.45	1244	0.85
Ir	1	**	**	**	**	**	**	**
Yr×Ir	1	**	NS	*	**	NS	*	**
R×Ir(R)	4	56450	7.51	0.007	5.92	5.12	28478	1.37
C	2	**	**	**	**	**	**	**
Yr×C	2	*	NS	NS	*	NS	NS	**
N	2	**	**	**	**	**	**	**
Yr×N	2	**	NS	*	*	NS	**	NS
Ir×C	2	**	**	**	**	NS	*	**
Yr×Ir×C	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ir×N	2	**	**	**	**	NS	*	NS
Yr×Ir×N	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N×C	4	**	NS	NS	NS	NS	*	**
Yr×N×C	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ir×N×C	4	**	NS	NS	NS	NS	*	**
Yr×Ir×N×C	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Error	64	11478	4.01	0.001	3.21	6.74	7415	0.67
CV (%)		15.93	14.83	17.01	17.47	5.29	11.27	2.93

S.O.V: منابع تغییر، SY: عملکرد دانه، HI: شاخص برداشت، WUE: کارایی مصرف آب، NUE: کارایی مصرف نیتروژن، SOC: محتوی روغن دانه، OY: عملکرد روغن، SPC: محتوی پروتئین دانه. Yr : سال، R: تکرار، Ir: آبیاری، N: نیتروژن، C: رقم.

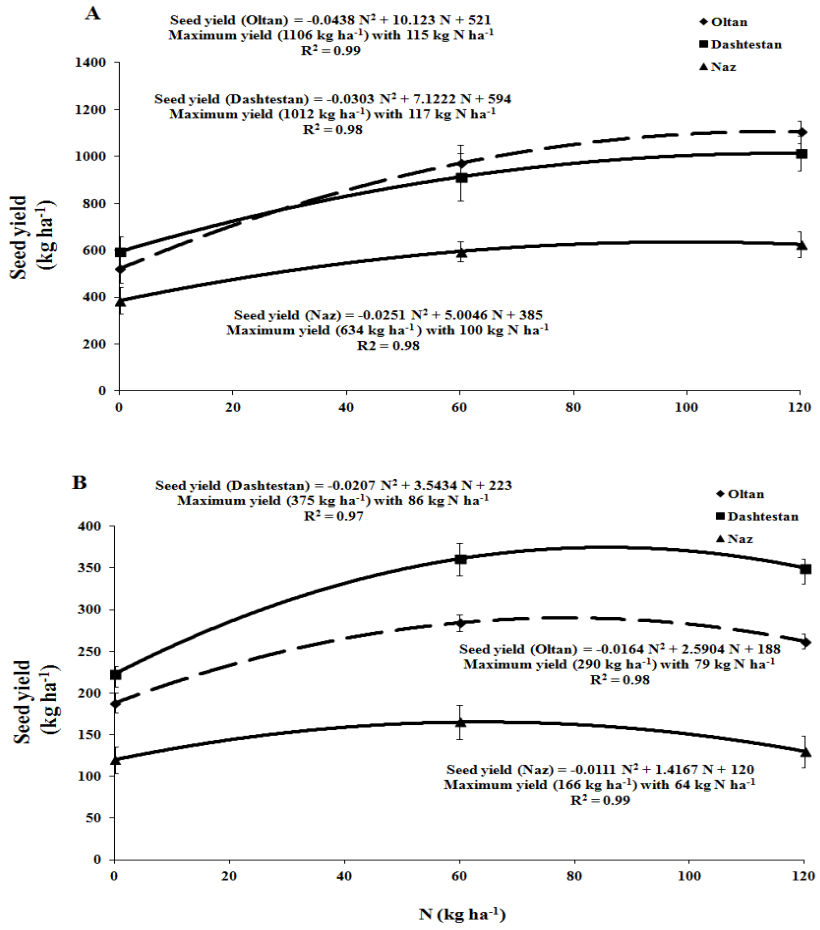
ns، ** و *: به‌ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

S.O.V: Source of variance; SY: seed yield; HI: harvest index; WUE: water use efficiency; NUE: nitrogen use efficiency; SOC: grain oil content; OY: oil yield; SPC: grain protein content. Yr: year; R: replication; Ir: irrigation; N: nitrogen; C: cultivar.

ns, ** and *,:Non significant and significant at the 1% and 5% of probability levels, respectively.

نتایج نشان داد که تاثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه ارقام کنجد با افزایش فراهمی آب افزایش و در شرایط کمبود آب به شدت کاهش یافت (شکل ۲). افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش ۱۱۱، ۷۰ و ۶۲ درصدی عملکرد دانه کنجد به‌ترتیب در ارقام اولتان، دشتستان ۲ و ناز تک

شاخه در شرایط آبیاری کامل شد. افزایش عملکرد دانه کنجد در پاسخ به افزایش نیتروژن مصرفی و در شرایط عدم تنش خشکی در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Shakeri *et al.*, 2013). در واقع فراهمی بیشتر نیتروژن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه، باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاه بر سطح زمین شده است که منجر به افزایش دریافت تشعشع، افزایش تثبیت دی اکسید کربن و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود. در تیمار کم آبیاری، پاسخ عملکرد دانه ارقام به کاربرد نیتروژن ضعیف‌تر بود و افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب ۳۹، ۵۷ و هشت درصد عملکرد دانه ارقام اولتان، دشتستان ۲ و ناز تک شاخه را افزایش داد. به عبارت دیگر در تمامی ارقام، شدت اثرگذاری نیتروژن بر عملکرد دانه با بروز کم آبی کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری در نیتروژن در رقم بر عملکرد دانه کنجد، برش‌دهی شده در تیمار آبیاری کامل (A) و کم آبیاری (B). داده‌ها میانگین دو سال آزمایش است (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷). خطوط بار نشان‌دهنده خطای معیار است.

Figure 2. Interaction effect of irrigation regimes × N rates × sesame cultivars on grain yield sliced in full irrigation regime (A) and under deficit irrigation regime (B). Results are average of 2 years (2016 and 2017). Bars show standard error.

بر طبق نتایج Hermanson *et al.* (2000) جذب نیتروژن در گیاهان به جریان توده‌ای آب در خاک وابسته است و بروز کم آبی می‌تواند سبب کاهش رشد و عملکرد از طریق کاهش جذب نیتروژن شود. در

شرایط آبیاری کامل در هر سه تیمار کودی مورد بررسی، رقم ناز تک شاخه کمترین، رقم دشتستان ۲ در سطح کودی صفر و رقم اولتان در تیمارهای کاربرد ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را نشان دادند (شکل ۲). همچنین نتایج بیانگر آن است که در شرایط کم آبیاری، برتری از نظر عملکرد دانه در سطوح مختلف کودی با رقم دشتستان ۲ بود (شکل ۲). با در نظر گرفتن ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان حداقل عملکرد قابل قبول در زراعت کنجد (Gholamhoseini, 2020)، نتایج نشان داد که در تیمار آبیاری کامل، کاربرد کود نیتروژنی برای هر سه رقم قابل توجیه بود، به‌طوری‌که حداکثر عملکرد دانه در ارقام اولتان (۱۱۰۶ کیلوگرم در هکتار)، دشتستان ۲ (۱۰۱۲ کیلوگرم در هکتار) و ناز تک شاخه (۶۳۴ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب با مصرف ۱۱۵، ۱۱۷ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در مقابل، در شرایط کم آبیاری در هیچکدام از ارقام، حداقل عملکرد قابل قبول حتی با مصرف مقادیر بالای نیتروژن (۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست نیامد.

شاخص برداشت

بر اساس جدول ۳، اثر اصلی تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل دو جانبه آن‌ها (رژیم آبیاری در رقم و رژیم آبیاری در نیتروژن) بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در رقم نشان می‌دهد که در تیمار آبیاری کامل، شاخص برداشت رقم اولتان به‌طور معنی‌داری بیشتری از دو رقم دیگر بود (جدول ۴). در مقابل و در شرایط کم آبیاری، برتری از آن رقم دشتستان ۲ بود؛ هرچند اختلاف معنی‌داری با رقم اولتان نداشت (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در نیتروژن حاکی از آن است که در شرایط آبیاری کامل، افزایش هر سطح نیتروژن با افزایش شاخص برداشت همراه بود، اما در تیمار کم آبیاری، افزایش نیتروژن مصرفی از ۶۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، شاخص برداشت را کاهش داد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که افزایش کاربرد نیتروژن از ۶۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط کم آبیاری، سبب کاهش کارایی توزیع مواد فتوسنتزی نسبت به اندام‌های زایشی در گیاه شده است. به عبارت دیگر، هنگامی‌که آب به اندازه کافی در اختیار گیاه نمی‌باشد، فراهی زیاد نیتروژن ممکن است توازن بین رشد رویشی و زایشی گیاه را مختل کند که این فرآیند با کاهش شاخص برداشت، بر عملکرد دانه اثر منفی دارد. در هر دو سال آزمایش، همبستگی مثبت و مستقیمی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود داشت ($r_{first\ year}$ = 0.87**; $r_{second\ year}$ = 0.73**). بنا بر نظر Dipenbrock (2000) برای یک سطح مشخص عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت بزرگتر، عملکرد دانه بیشتری تولید می‌کند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل بر شاخص برداشت

Table 4. Mean comparison the of interaction effects of treatments on harvest index (HI)

Irrigation × cultivars effect sliced by irrigation			Irrigation × N effect sliced by irrigation		
Irrigation regimes	Cultivars	HI (%)	Irrigation regimes	N Fertilizer (kg ha^{-1})	HI (%)
Deficit irrigation	Oltan	11.6 a	Deficit irrigation	0	10.3 b
	Dashtestan	12.5 a		60	12.1 a
	Naz	8.40 b		120	10.1 b
Full irrigation	Oltan	17.7 a	Full irrigation	0	12.5 c
	Dashtestan	16.3 b		60	18.0 b
	Naz	14.4 c		120	19.9 a

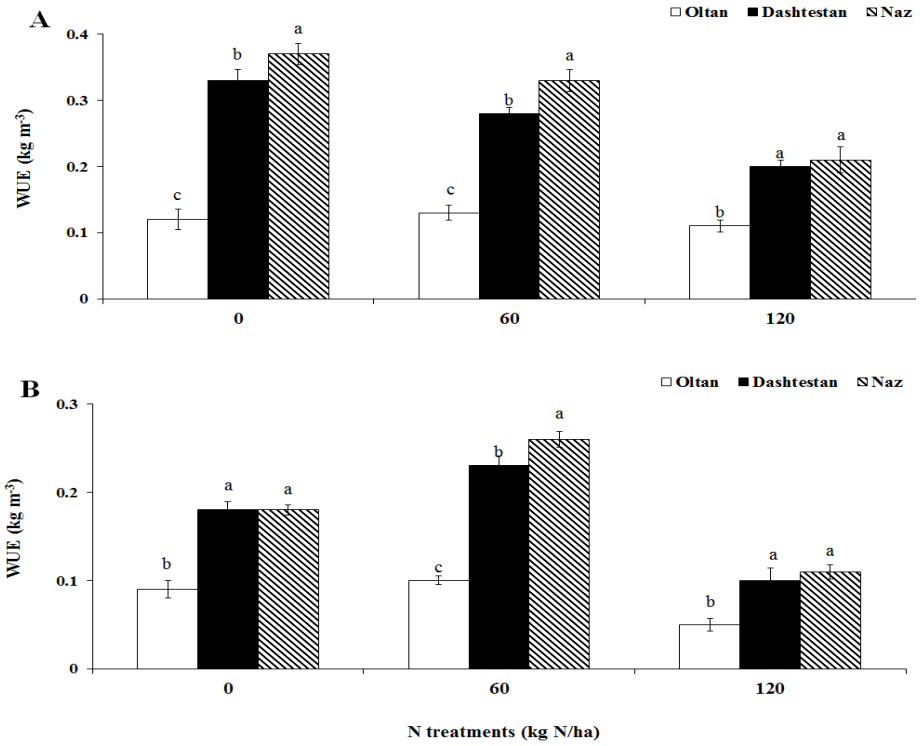
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و در هر رژیم آبیاری، اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند..

Means with the same letter in the same column are not significantly different ($p \leq 0.05$).

کارایی مصرف آب

اثر متقابل سه جانبه رژیم آبیاری × رقم × نیتروژن بر کارایی مصرف آب کنجد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری کامل و در شرایط عدم مصرف کود

نیتروژن، بین ارقام از نظر کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). با افزایش نیتروژن مصرفی به ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، رقم اولتان بیشترین و رقم ناز تک شاخه کمترین کارایی مصرف آب را نشان دادند (شکل ۳). در شرایط کم آبیاری و در تمامی سطوح کودی، رقم دشتستان ۲ بیشترین کارایی مصرف آب را نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری در نیتروژن در رقم بر کارایی مصرف آب کنجد، برش‌دهی شده در تیمار آبیاری کامل (A) و کم آبیاری (B). برای هر تیمار کودی، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد ندارند. داده‌ها میانگین دو سال آزمایش است (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷).

Figure 3. Interaction effect of irrigation regimes × N rates × sesame cultivars on water use efficiency (WUE) sliced in full irrigation regime (A) and under deficit irrigation regime (B). For each N treatment, means with the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). The results are average of 2 years (2016 and 2017).

بیشترین مقدار کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل از رقم اولتان با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، به‌طوری‌که این رقم به ازای مصرف هر یک مترمکعب آب، ۰/۳۷ کیلوگرم دانه تولید کرد. در مقابل در تیمار کم آبیاری، رقم دشتستان ۲ با دریافت ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، حداکثر کارایی مصرف آب را نشان داد و به ازای مصرف هر یک مترمکعب آب، ۰/۲۶ کیلوگرم دانه تولید کرد. نتایج نشان داد که رژیم کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، باعث کاهش کارایی مصرف آب شد. در مورد اثر مقدار آب مصرفی بر کارایی مصرف آب، نتایج متفاوتی گزارش شده است. برخی از پژوهشگران که شرایط تنش کم آبی شدید را بر گیاه اعمال کرده‌اند به این نتیجه رسیدند که تیمار تنش شدید خشکی، باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب می‌شود (Katerji *et al.*, 2009). در مقابل، در آزمایش‌هایی که اثر تنش‌های ملایم کم آبی بر کارایی مصرف آب گیاهان زراعی مورد ارزیابی قرار گرفته

است، تیمارهای تنش باعث افزایش کارایی مصرف آب شده است (Norwood & Dumler, 2002). گزارش شده است که در شرایط کم آبی شدید، تلفات آب بر اثر تعرق، کمتر از فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد که نتیجه آن، کاهش کارایی مصرف آب می‌باشد (Katerji *et al.*, 2009). از طرف دیگر، در هر سه رقم و در هر دو رژیم آبیاری، افزایش نیتروژن مصرفی با افزایش کارائی مصرف آب همراه بود. افزایش وزن خشک، تراکم و گسترش ریشه گیاهان زراعی از جمله کنجد در اثر مصرف نیتروژن گزارش شده است (Ghasemi Hamedani *et al.*, 2020). بنابراین می‌توان انتظار داشت که به دلیل اثر مثبت نیتروژن بر ویژگی‌های ریشه، توانائی گیاه برای جذب آب و عناصر غذائی افزایش یابد که افزایش کارائی مصرف آب را در پی دارد.

کارایی مصرف نیتروژن

علاوه بر اثر اصلی تیمارهای آزمایشی، برهمکنش دو جانبه رژیم آبیاری × نیتروژن، رژیم آبیاری × رقم و رقم × نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که در هر دو رژیم آبیاری، کارایی مصرف نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی کاهش یافت (جدول ۵). کاهش کارایی مصرف نیتروژن در اثر افزایش نیتروژن به‌کار برده شده توسط Gholamhoseini *et al.* (2013) در گیاه ذرت و Hocking *et al.* (2002) در گیاه کلزا نیز گزارش شده است. پژوهشگرانی مانند Leghari *et al.* (2019)، یکی از دلایل اصلی کاهش کارایی مصرف نیتروژن در اثر افزایش مصرف کود را با هدرروی نیتروژن به ویژه از طریق آبشوئی مرتبط می‌دانند. نتایج نشان داد که در تیمار مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، هر یک کیلوگرم نیتروژن به‌کاربرده شده، باعث تولید ۱۹/۷ و ۶/۷۰ کیلوگرم دانه در هکتار به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری شد. در مقابل با افزایش نیتروژن مصرفی به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، تفاوت دو رژیم آبیاری کاهش یافت و به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری هر یک کیلوگرم نیتروژن به‌کاربرده شده، موجب تولید ۱۱/۱ و ۳/۵۳ کیلوگرم دانه در هکتار شد. به عبارت دیگر، اثر منفی کم آبی بر کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر پائین نیتروژن مصرفی شدید و با افزایش نیتروژن مصرفی تخفیف می‌یابد. در شرایط کم آبی، جریان توده‌ای برای دسترسی ریشه‌ها به نیتروژن کاهش می‌یابد که باعث کاهش جذب نیتروژن و در نهایت کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. در برهمکنش رژیم آبیاری × رقم نیز مشاهده شد که در تیمار آبیاری کامل، رقم اولتان و در تیمار کم آبیاری، رقم دشتستان ۲ بیشترین کارایی مصرف نیتروژن را نشان دادند (جدول ۵). در هر دو تیمار آبیاری، حداقل کارایی مصرف نیتروژن از رقم ناز تک شاخه به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین نتایج نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف نیتروژن در هر سه رقم کاهش یافت. با این حال ارقام اولتان و دشتستان ۲ در مقایسه با رقم ناز تک شاخه، کارایی مصرف نیتروژن بیشتری را در هر سطح از نیتروژن مصرفی داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل بر کارایی مصرف نیتروژن

Table 5. Mean comparison of the interaction effects of treatments on nitrogen use efficiency (NUE)

Irrigation × N fertilizer effect sliced by irrigation			Irrigation × cultivars effect sliced by irrigation			N Fertilizer × cultivars effect sliced by N fertilizer		
Irrigation regimes	N Fertilizer (kg ha^{-1})	NUE (kg kg^{-1})	Irrigation regimes	Cultivars	NUE (kg kg^{-1})	N Fertilizer (kg ha^{-1})	Cultivars	NUE (kg kg^{-1})
Deficit irrigation	0	-	Deficit irrigation	Oltan	5.31 b	60	Oltan	15.5 a
	60	6.70 a		Dashtestan	6.92 a		Dashtestan	14.8 a
	120	3.53 b		Naz	3.11 c		Naz	9.32 b
Full irrigation	0	-	Full irrigation	Oltan	18.8 a	120	Oltan	8.59 a
	60	19.7 a		Dashtestan	16.4 b		Dashtestan	8.53 a
	120	11.1 b		Naz	11.1 c		Naz	4.85 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و در هر رژیم آبیاری، اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند..
Means with the same letter in the same column are not significantly different ($p \leq 0.05$).

درصد روغن دانه و عملکرد روغن

تنها اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود و اثر متقابل معنی‌داری در این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). درصد روغن دانه در شرایط کم آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که تیمار کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، باعث افت هشت درصدی روغن دانه کنجد شد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن دانه

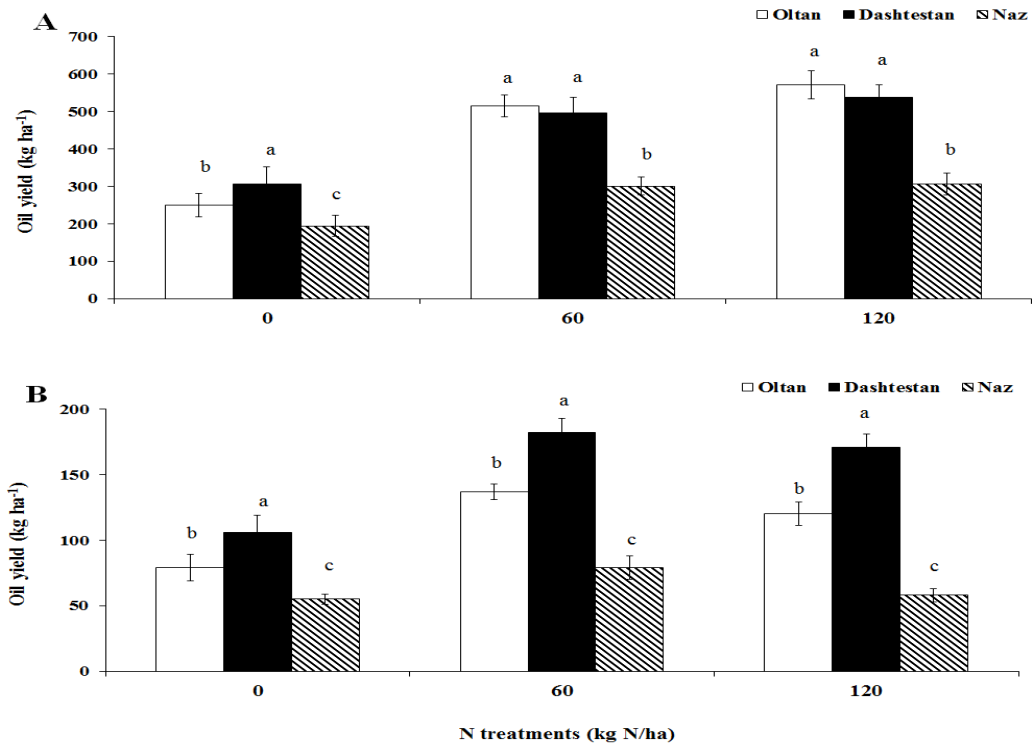
Table 6 - Mean comparison of the effect comparison of treatments on grain oil percentage

	Irrigation regimes		Cultivars			N rates (kg ha^{-1})		
	Full irrigation	Deficit irrigation	Oltan	Dashtestan 2	Naz	0	60	120
Grain oil (%)	51.3 a	46.8 b	48.1 b	51.0 a	47.0 c	47.6 c	50.7 a	48.9 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و در هر رژیم آبیاری، اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند..
Means with the same letter in the same column are not significantly different ($p \leq 0.05$).

اگرچه پژوهشگرانی مانند Ensiye & Khorshid (2010) بیان کردند که درصد روغن دانه گیاهان زراعی در درجه اول تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد، اما Ebrahimian *et al.* (2019) اظهار داشتند که درصورتی‌که گیاه در معرض تنش‌های شدید محیطی باشد، مقدار روغن دانه به دلیل کاهش توانائی گیاه برای سنتز اسیدهای چرب (ناشی از کاهش توان فتوسنتزی گیاه) کاهش می‌یابد. همانطور که انتظار می‌رفت، درصد روغن دانه کنجد با افزایش نیتروژن مصرفی کاهش یافت (جدول ۶). کمینه و بیشینه درصد روغن دانه به‌ترتیب از کاربرد صفر و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶). بررسی نتایج ارائه شده توسط سایر پژوهشگران نیز موید این نکته است که مصرف نیتروژن، اغلب موجب کاهش مقدار روغن دانه گیاهان زراعی می‌شود (Nouriyani, 2015; Li *et al.*, 2017). محققین مختلف دلایل متعددی را برای تشریح اثر منفی نیتروژن بر درصد روغن دانه گیاهان روغنی گزارش کرده‌اند. بنا بر نتایج Jackson (2000) ، تاخیر در رسیدگی 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 Rathke *et al.* (2005) گزارش کردند که فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئین‌دار می‌شود و رقابت مواد اولیه (کربوهیدرات‌ها) را برای تشکیل مواد پروتئینی و یا اسیدهای چرب به سمت تشکیل مواد پروتئینی هدایت می‌کند. در بین ارقام کنجد نیز از نظر درصد روغن دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که رقم دشتستان ۲ بیشترین (۵۱ درصد) و رقم ناز تک شاخه کمترین (۴۷ درصد) درصد روغن دانه را تولید کردند (جدول ۶). سایر محققان نیز به تفاوت درصد روغن دانه ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف کنجد اشاره داشته‌اند (Yol *et al.*, 2015). همچنین نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل و در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن، اگر چه رقم اولتان بیشترین عملکرد روغن را تولید کرد، با این حال تفاوت معنی‌داری با رقم دشتستان ۲ نداشت (شکل ۴). در شرایط کم آبیاری و در تمامی سطوح کودی، برتری معنی‌دار در عملکرد روغن، از آن رقم دشتستان ۲ بود (شکل ۴). از طرف دیگر در هر دو رژیم آبیاری و در تیمارهای مختلف کودی، رقم ناز در مقایسه با سایر ارقام، حداقل عملکرد روغن را تولید کرد (شکل ۴). به دلیل ارتباط مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد روغن ($r_{first\ year}$ = 0.90**; $r_{second\ year}$ = 0.88**)، مجموعه عواملی که در تیمارهای مختلف منجر به کاهش یا افزایش عملکرد دانه می‌شوند، در کاهش یا افزایش عملکرد

روغن نیز نقش مستقیمی دارند. به‌عنوان مثال، همان‌طور که حداکثر عملکرد دانه در رژیم آبیاری کامل و کاربرد کود نیتروژن در هر سه رقم بیشتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود، حداکثر عملکرد روغن نیز در شرایط مشابه به دست آمد.



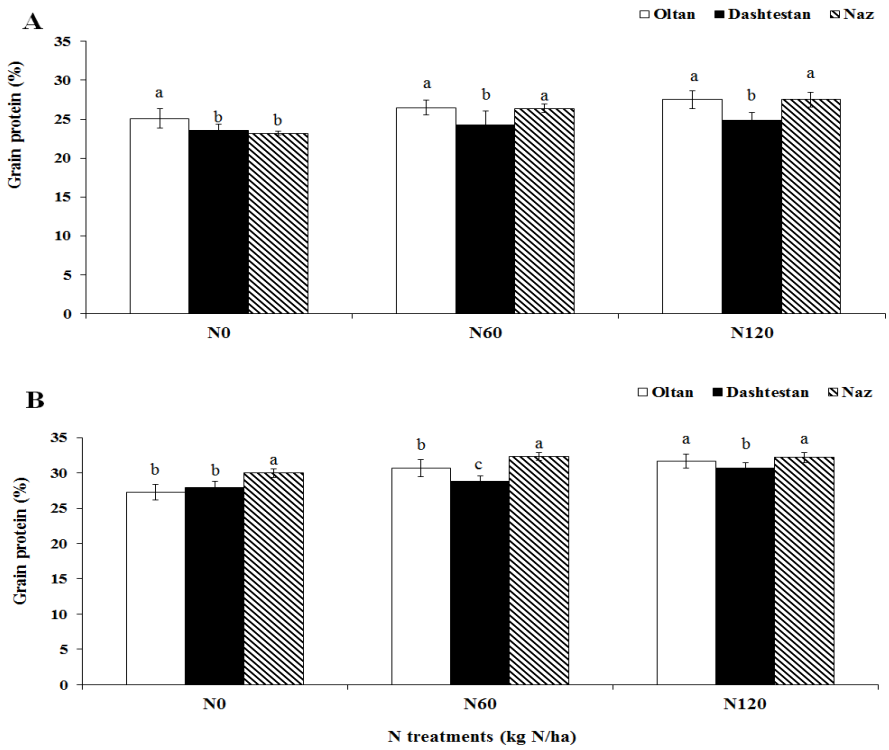
شکل ۴- اثر متقابل آبیاری در نیتروژن در رقم بر عملکرد روغن کنجد برش‌دهی شده در تیمار آبیاری کامل (A) و کم آبیاری (B). برای هر تیمار کودی، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند. داده‌ها میانگین دو سال آزمایش است (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷).

Figure 4. Interaction effect of irrigation regimes × N rates × sesame cultivars on sesame oil yield sliced in full irrigation regime (A) and under deficit irrigation regime (B). For each N treatment, means with the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). The results are average of 2 years (2016 and 2017).

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه جانبه رژیم آبیاری × رقم × نیتروژن بر درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کنجد معنی‌دار بود (جدول ۳). اگرچه فراهمی نیتروژن برای تمامی ارقام در تیمارهای مختلف آبیاری، باعث افزایش محتوی پروتئین دانه کنجد شد، اما بیشترین واکنش هنگامی مشاهده شد که ارقام در شرایط کم آبیاری قرار داشتند. به عبارت دیگر، افزایش فراهمی نیتروژن و کاهش فراهمی آب، موجب افزایش درصد پروتئین دانه شد (شکل ۵). در شرایط آبیاری کامل، حداقل درصد پروتئین دانه به میزان ۲۳/۲ درصد، از رقم ناز تک شاخه در تیمار بدون مصرف نیتروژن و بیشترین آن با افزایشی ۲۲ درصدی از رقم اولتان در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۵). در تیمار کم آبیاری، حداکثر درصد پروتئین دانه از رقم ناز تک شاخه با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حداقل آن از رقم اولتان در تیمار عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۵). در این آزمایش، همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد روغن و پروتئین دانه به‌ویژه در تیمارهای کاربرد نیتروژن مشاهده شد ($r_{\text{first year}} = -0.61^{*}$; $r_{\text{second year}}$

(*0.65- =. همبستگی منفی بین روغن و پروتئین دانه در سایر پژوهش‌ها نیز به اثبات رسیده است (Rathke *et al.*, 2005). دلیل فیزیولوژیک این همبستگی منفی به رقابت برای اسکلت‌های کربنی در طی متابولیسم کربوهیدرات‌ها مربوط می‌باشد. سنتز اسیدهای چرب و آمینه (به‌ترتیب دو پیش ماده روغن و پروتئین) به اجزای کربنی که از تجزیه کربوهیدرات-ها حاصل می‌شوند، احتیاج دارد. از آن‌جاکه محتوی کربوهیدراتی ترکیبات پروتئینی از ترکیبات روغنی کمتر است (Lambers & Poorter, 1992)، افزایش فراهمی نیتروژن، سنتز ترکیبات پروتئینی را در مقایسه و به هزینه سنتز اسیدهای چرب، بیشتر تحریک می‌کند و نتیجه آن، کاهش درصد روغن دانه-ها با افزایش محتوی پروتئین آن‌ها می‌باشد.



شکل ۵- اثر متقابل آبیاری در نیتروژن در رقم بر درصد پروتئین دانه کنجد برش‌دهی شده در تیمار آبیاری کامل (A) و کم آبیاری (B). برای هر تیمار کودی، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد ندارند. داده‌ها میانگین دو سال آزمایش است (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷).

Figure 5. Interaction effects of irrigation regimes × N rates × sesame cultivars on percentage of sesame grain protein sliced n full irrigation regime (A) and under deficit irrigation regime (B). For each N treatment, means with the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). The results are average of 2 years (2016 and 2017).

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط کم آبیاری برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه (۳۷۵ کیلوگرم در هکتار)، کشت رقم دشتستان ۲ و کاربرد کود نیتروژن تا مرز ۸۶ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است، حال آن‌که در صورت فراهمی آب، عملکرد دانه‌ای بیشتر از یک تن در هکتار از رقم اولتان و با مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قابل حصول است. علاوه بر این حداکثر عملکرد روغن در رژیم آبیاری کامل به مقدار ۵۷۱ کیلوگرم در هکتار از رقم اولتان و با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رژیم کم آبیاری به مقدار ۱۸۲ کیلوگرم در هکتار از رقم دشتستان ۲ و با کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. همچنین رقم اولتان در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم

نیتروژن در هکتار و رقم دشتستان ۲ در شرایط کم آبیاری و در هر سه سطح کودی از نظر کارایی مصرف آب برتر بودند. به عبارتی دیگر، رقم دشتستان ۲ مناسب برای شرایط کم آبیاری و رقم اولتان مطلوب برای شرایط آبیاری کامل می‌باشد.

REFERENCES

1. Dipenbrock, W. (2000). Yield analysis of the winter oilseed rape (*Brassica napus* L): A review. *Field Crops Research* 67, 35-49.
2. Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A. & Damalas, C. A. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management* 218, 149–157.
3. Ensiye, A. & Khorshid, R. (2010). Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87, 499–506.
4. Food and Agriculture Organization. (2020). FAO Statistics. Retrieved February 23, 2020 from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC
5. Ghasemi Hamedani, N., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Amiri, B. & Habibzadeh, F. (2020). Variability of root traits in sesame genotypes under different irrigation regimes. *Rhizosphere* 13, 100190.
6. Gholamhoseini, M. (2020). Evaluation of sesame genotypes for agronomic traits and stress indices grown under different irrigation treatments. *Agronomy Journal* 112, 1794–1804.
7. Gholamhoseini, M., AghaAlikhani, M., Modarres Sanavy, S. A. M., Mirlatifi, S. M. & Zakikhani, H. (2013). Response of Corn and Redroot Pigweed to Nitrogen Fertilizer in Different Irrigation Regimes. *Agronomy Journal* 105, 1107–1118.
8. Hermanson, R. W., Pan, C., Perillo, R., Stevans, R. & Stockle, C. (2000). *Nitrogen use by crop and the fate of nitrogen in the soil and vadose zone* (1th ed.). Washington State University and Washington Department of Ecology PRESS. 248 Pages.
9. Hocking, P. J., Kirkegard, J. A., Angus, J. F., Bernardi, A. & Mason, L. M. (2002). Comparison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environments III. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake by plants and on soil nitrogen extraction. *Field Crops Research* 79, 153-172.
10. Hwang, L. S. (2005). *Sesame oil. In: F. Shahidi, editor, Bailey's industrial oil and fat products* (6th ed.). John Wiley & Sons PRESS. 361 P.
11. Jackson, G. D. (2000). Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal* 92, 644-649.
12. Kassab, O., Noemani, E. & El-Zeiny, A. H. (2005). Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy* 4, 220-224.
13. Katerji, N., Mastrorilli, M., van Hoorn, J. W., Lahmer, F. Z., Hamdy, A. & Oweis, T. (2009). Durum wheat and barley productivity in saline–drought environments. *European Journal of Agronomy* 31, 1–9.
14. Lambers, H. & Poorter, H. (1992). Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecology Research* 23, 187-261.
15. Leghari, S. J., Hu, K., Liang, H & Wei, Y. (2019). Modeling water and nitrogen balance of different cropping systems in the North China Plain. *Agronomy* 9, 696-715.
16. Li, W. P., Shi, H. B., Zhu, K., Zheng, Q. & Xu, Z. (2017). The quality of sunflower seed oil changes in response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 109(6), 2499-2507.
17. Malik, M. A., Saleem, M. F., Cheema, M. A. & Ahmed, S. (2003). Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. *International Journal of Agriculture and Biology* 5(4), 490–492.
18. Mekonnen, S. B., Sharma, J. & Dechassa, N. (2016). Effects of nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties under irrigation in Gode, South-Eastern Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science* 3(1), 71–78.
19. Mensah, J. K., Obasami, B., Eruotor, P. & Onomerieguna, F. (2006). Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum*). *African Journal of Biotechnology* 5, 1249-1253.
20. Norwood, C. A. & Dumler T. J. (2002). Transition to dryland agriculture: limited irrigation vs. dryland corn. *Agronomy Journal* 94, 310–320.

21. Nouriyani, H. (2015). Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Production and Processing* 5(16), 233-241. (In Persian)
22. Patel, H. K., Patel, R. M., Desai, C. K. & Patel, H. B. (2014). Response of summer sesamum (*Sesamum indicum* L.) to different spacings and levels of nitrogen under north Gujarat condition. *International Journal of Agricultural Science* 10(1), 336–343.
23. Rathke, G. W., Christen, O. & Dipenbrock, W. (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.
24. Sharma, P. B. (2005). Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. *Journal Oilseeds Research* 22, 63-65.
25. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A. & Modares Sanavi, S. M. A. (2013). Effect of nitrogen and biological fertilizers on seed yield and fatty acid composition of sesame cultivars under Yazd conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10(4), 742-750. (In Persian)
26. Tandon, H. L. S. (2005). *Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers* (2th ed.). Fertilizers Development and Consultation Organization PRESS, New Delhi, India. 483 P.
27. Yol, E., Toker, R., Golukcu, M. & Uzun, B. (2015). Oil content and fatty acid characteristics in Mediterranean sesame core collection. *Crop Science* 55, 2177–2185.