تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، ص ۴۳۰-۴۱۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در آرایش کاشت و تراکم‌های مختلف در اقلیم گرم و خشک جنوب شرق

مجید غلامحسینی[1*]، احمد آیین[2]، بهنام بخشی[3]، سعدالله منصوری[1]، فرناز شریعتی[1]

۱- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۳- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
* مسئول مکاتبه: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.396251.1341**

چکیده

آزمایشی طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزارع پژوهشی دو مرکز تحقیقات کشاورزی در استان‌های کرمان (جیرفت) و سیستان و بلوچستان (زابل) به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش اثر فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری و فاصله گیاهان روی ردیف‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و عملکرد روغن ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد عملکرد دانه در منطقه زابل تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. در منطقه جیرفت و در تمامی سطوح تیماری فاصله بین گیاهان، کشت در فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متری در مقایسه با سایر فواصل بین ردیف (۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) از برتری معنی‌داری در سطح پنج درصد برخوردار بود. حداکثر عملکرد دانه در این منطقه از آرایش کاشت ۱۴×۳۰ سانتی‌متر (۲۴ بوته در مترمربع) به مقدار ۱۴۳۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که پتانسیل عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش در منطقه زابل در مقایسه با متوسط عملکرد کنجد در این منطقه پایین‌تر بود و بنابراین کشت این ژنوتیپ در منطقه زابل توجیهی ندارد. در مقابل، حداکثر عملکرد دانه بدست آمده از این ژنوتیپ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از متوسط عملکرد دانه کنجد در منطقه جیرفت بیشتر بود. بنابراین ژنوتیپ متحمل به ریزش بویژه در آرایش کشت ۱۴×۳۰ سانتی‌متر پتانسیل قابل قبولی برای کشت در منطقه جیرفت دارد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، درصد روغن دانه، عملکرد دانه، فواصل بین ردیف

مقدمه

امروزه مصرف عمده روغن‌های خوراکی در جهان، مربوط به روغن‌های گیاهی است و دانه‌های روغنی به عنوان یکی از منابع بزرگ روغن، پروتئین و لنرژی، پس از غلات دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (Andargie *et al.*, 2021). در بین دانه‌های روغنی، گیاه کنجد محصولی است که نه تنها از لحاظ اقتصادی در کشاورزی معیشتی مناطق خشک و نیمه خشک کشور اهمیت دارد، بلکه از نظر ویژگی‌های زراعی نیز مهم می‌باشد. این گیاه سازگاری مناسبی به شرایط اقلیمی کشور دارد و مهم‌تر آنکه نیاز آبی آن نیز در مقایسه با سایر محصولات تابستانه دانه‌های روغنی پایین‌تر است (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). در سال ۱۴۰۱، سطح کشت کنجد در ایران ۴۹ هزار هکتار با تولیدی نزدیک به ۴۹ هزار تن برآورد شده است. همچنین استان سیستان و بلوچستان با سطح کشت ۱۲۰۰ هکتار و متوسط عملکرد ۸۳۳ کیلوگرم در هکتار و منطقه جیرفت در جنوب استان کرمان با سطح کشت ۷۵۰۸ هکتار و متوسط عملکرد ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از مهم‌ترین مناطق تولید کنجد در کشور محسوب می‌شوند (Anonymous, 2023).

علی‌رغم خواص تغذیه‌ای مطلوب کنجد و همچنین سازگاری مناسب این گیاه به شرایط اقلیمی کشور، زراعت این گیاه نسبت به دانه‌های روغنی دیگر ابتدایی بوده و برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی آن به پژوهش‌های به‌زراعی در زمینه بهبود روش‌های مدیریت مزرعه نیاز است (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). از جمله این مدیریت‌ها آرایش کاشت و تراکم بوته می‌باشد. توزیع بوته‌های یک جمعیت را

می‌توان با تغییر در فاصله بین ردیف کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت تنظیم نمود و یکنواختی توزیع گیاهان را افزایش داد (Afe, 2014). در مورد اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد در تحقیقات گذشته نتایج مختلفی گزارش شده است. به عنوان مثال برخی از پژوهشگران (Ajibola and Kolawole, 2019) بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری در عملکرد کنجد در آرایش‌های مختلف کشت مشاهده نکردند در صورتی که سایرین (Azanaw and Singh, 2023) بر این باورند که حداکثر عملکرد کنجد زمانی حاصل می‌شود که فاصله ردیف‌ها نزدیک بهم و آرایش کاشت مربعی و یا نزدیک به مربعی باشد. علت تناقض و تفاوت نتایج پژوهشگران را باید در عکس‌العمل‌های متفاوت کنجد به آرایش کشت تحت تأثیر ویژگی‌های ارقام (به‌ویژه از لحاظ تیپ شاخه‌دهی)، تاریخ کاشت، روش آبیاری، حاصلخیزی خاک و طول فصل رشد جستجو کرد.

باید توجه داشت که اگر چه کنجد دارای پتانسیل مناسبی برای تولید می‌باشد، اما میزان عملکرد آن معمولاً کم است (در اکثر نقاط جهان از جمله ایران کمتر از یک تن در هکتار) چرا که این گیاه عمدتاً در خاک‌های نیمه بارور و با حداقل نهاده‌های کشاورزی رشد داده می‌شود و مهم‌تر اینکه بخش قابل توجهی از دانه تولید شده در اثر ریزش تلف می‌شود (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). بنابراین ارقام اصلاح شده کنجد بویژه از نظر مقاومت به ریزش در کنار مدیریت به‌زراعی صحیح شاید تنها گزینه موجود برای توسعه کشت کنجد در کشورهای مستعد کشت این گیاه از جمله ایران باشد. تعدادی رقم مقاوم به ریزش و پرمحصول کنجد توسط موسسه تحقیقاتی سیساکو در آمریکا معرفی شده است (Langham, 2012). از آن جمله بذر یک ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد از طریق مجری دفتر طرح دانه‌های روغنی کشور در سال ۱۳۹۵ در اختیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی قرار گرفت که امیدواری زیادی را برای توسعه کشت کنجد در کشور به همراه داشته است. با این حال در ارتباط با پتانسیل عملکرد و مدیریت زراعی این ژنوتیپ از جمله آرایش کاشت بهینه و تراکم مناسب آن اطلاعاتی در اختیار نیست. در مجموع با توجه به کمبود اطلاعات جامع جهت پاسخ به سوالات مطرح در خصوص آرایش کاشت و تراکم مناسب ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش کنجد در دو استان سیستان و بلوچستان (زابل) و کرمان (جیرفت)، این پژوهش برنامه‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزارع پژوهشی دو مرکز تحقیقات کشاورزی در استان‌های سیستان و بلوچستان (زابل) و کرمان (جیرفت) اجرا شد. ویژگی‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. در این پژوهش اثر فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری و فاصله گیاهان روی ردیف‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری (جدول ۲) بر صفات رشدی و عملکرد ژنوتیپ کنجد متحمل به ریزش (جدول ۳) شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و عملکرد روغن مورد بررسی قرار گرفت. در هر مکان، آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین، بذور ضد عفونی شده با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام (با غلظت دو در هزار) در ۲۰ و ۲۳ تیر ماه در زابل و ۲۴ و ۱۷ تیر ماه در جیرفت به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر بود. بذرها در واحدهای آزمایشی ابتدا به صورت متراکم کشت شده و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (دو تا سه برگی) تنک شدند به‌طوری که فاصله بین بوته‌های مورد نظر در هر یک از تیمارهای آزمایشی حاصل گردد. آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره‌ای (تیپ) و پس از استقرار بوته‌ها هر ۱۰ تا ۱۲ روز یکبار انجام شد. همچنین عملیات وجین در طول فصل رشد به طور مرتب و در فواصل زمانی کوتاه انجام گرفت. در زابل کود نیتروژن‌دار (اوره) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و در جیرفت به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله سه تا چهار برگی و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت در عمق پنج تا هشت سانتی‌متری، در مرحله هفت تا هشت برگی به کار برده شد. همچنین به‌ترتیب در زابل و جیرفت ۱۰۰ و ۱۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ و

۱۴۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده گردید. همچنین با توجه به اینکه در طول دوره رشد طغیان بیماری یا آفتی مشاهده نشد هیچگونه سم شیمیایی در آزمایش استفاده نشد.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی، ویژگی‌های اقلیمی و خاکی مناطق اجرای آزمایش

Table 1- Geographical coordinates, climatic and soil characteristics of study areas

محل اجرای آزمایش Place of experiment	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی latitude	ارتفاع از سطح دریا Height above sea level (m)	میانگین دمای سالیانه Average annual temperature (°C)	میانگین دما در فصل تابستان Average temperature in summer season (°C)
زابل Zabol	61° 41′	30° 54′	492	23	35
جیرفت Jiroft	57° 51′	28° 32′	1100	25	34

محل اجرای آزمایش Place of experiment	میانگین بارندگی سالیانه Average annual precipitation (mm)	میانگین بارندگی در فصل تابستان Average precipitation in summer season (mm)	ویژگی و نوع اقلیم Characteristics and type of climate	بافت خاک Soil texture	ماده آلی خاک Soil organic matter (%)
زابل Zabol	63	0	Hot and dry desert (Bwh)	Sandy loam	0.24
جیرفت Jiroft	180	0	Hot and dry desert (Bwh)	Clay loam	0.14

ویژگی‌های و نوع اقلیم بر اساس روش تقسیم بندی اقلیمی کوپن-گایگر تعیین شده است. ویژگی‌های خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ثبت شده است.

The characteristics and type of the climate have been determined based on the Köppen-Geiger climate classification method. The characteristics of the soil are recorded at a depth of 0 to 30 cm.

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی

Table 2- Experimental treatments

فاصله بین ردیف Row spacing (cm)	فاصله بین گیاهان Plant spacing (cm)	تراکم Density (plant m^{-2})
30	5	67
	8	42
	11	30
	14	24
45	5	44
	8	28
	11	20
	14	16
60	5	33
	8	21
	11	15
	14	12

برداشت در تاریخ ۲۷ و ۳۰ آبان ماه در زابل و ۱۳ و ۲۸ آبان ماه در جیرفت به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش انجام گرفت. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از دو ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر دو مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه گردید. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد. برای ثبت تعداد

دانه در کپسول از هر واحد آزمایشی ۲۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شـمارش تعداد بذور موجود در آنها، متوسط تعداد دانه در کپسول برای هر واحد آزمایشی مشخص شـد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شـمارش و توزین گردید و بر اسـاس آن وزن هزار دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه (به دلیل محدودیت‌های اندازه‌گیری، این صـفت صـرفا در نمونه‌های منطقه جیرفت ارزیابی شد)، 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.

جدول ۳- ویژگی‌های ژنوتیپ متحمل به ریزش*

Table 3- Characteristics of the shattering tolerant sesame genotype

نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	شرکت معرفی کننده Introducing company	طول دوره رشد The length of growing period (day)	شاخه دهی Branching	رنگ بذر Seed color
S29	آمریکا United State	سزاکو Sesaco	130±10	چند شاخه Multi-branching	کرم روشن Light cream
متوسط عملکرد دانه Average seed yield (kg ha^{-1})	**ارتفاع بوته Plant height (cm)**	**وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)**	**درصد روغن دانه Seed oil percentage**	**تحمل به ریزش Shattering tolerant**	**شاخص حفظ بذر** Seed retention index (TIKETO)**
1100±50	137±5	2.39±0.1	50±2	+	776

* به نقل از صادقی گرمارودی و همکاران (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023) Quoted by

**این شاخص بیانگر قدرت نگهداری بذر درون کپسول است و هر رقم آن از صفر تا هشت متغیر می‌باشد و هر چه عدد بزرگتر باشد نشان‌دهنده مقاومت بیشتر کپسول به ریزش دانه است.

** This index indicates the ability of the seed to be kept inside the capsule, and each number varies from zero to eight, and the higher the number, the greater the tolerant of the capsule to seed Shattering.

قبل از انجام تجزیه واریانس، مفروضـات تجزیه واریانس از جمله نرمال بودن داده‌ها با استفاده از رویه univariate (آزمون شاپیرو- ویلک) توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ بررسی شد. همچنین از آنجائیکه فرض تجانس واریانس‌ها در هر دو سـال و برای هر مکان در صـفات مختلف منطبق بر نتایج آزمون بارتلت صـادق بود، در این آزمایش از تجزیه مرکب داده‌ها با فرض اثر تصـادفی سـال و با اسـتفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS استفاده شد. شایان ذکر است به دلیل عدم تجانس واریانس‌ها بین دو منطقه، داده‌های هر منطقه به طور جداگانه تجزیه شـد. برای مقایسـه میانگین اثرات اصـلی از آزمون LSD (گزاره means) در سطح آماری پنج درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی و مقایسه میانگین‌ها با اسـتفاده از آزمون lsmeans (گزاره‌های slice و pdiff) انجام گرفت. شـایان ذکر است برای محاسبه و ترسیم هیت‌مپ (نقشه حرارتی) همبستگی بین صفات از نرم‌افزار R نسخه V4.3.0 و برای رسم شکل‌های رگرسیون از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

اثر اصلی فاصله بین گیاهان در منطقه جیرفت و اثر اصلی فاصله بین ردیف‌ها در زابل در سطح آماری پنج درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). در جیرفت تیمارهای فاصـله بین گیاهان ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری از نظر ارتفاع بوته در گروه آماری برتر و دو تیمار فاصله بین گیاهان ۵ و ۸ سانتی‌متری در گروه آماری بعدی قرار داشـتند (جدول ۵). در زابل دو تیمار فاصـله بین ردیف‌های ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری در مقایسه با فاصله بین ردیف‌های ۶۰ سـانتی‌متری گیاهان بلندتری را حاصـل کردند (جدول ۵). در منطقه جیرفت همچنان که تغییر در فاصـله بین ردیف‌ها تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشـت، تغییرات ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف نیز یکنواخت و بدون افزایش یا

کاهش شدید بود (شکل ۱). در زابل افزایش تراکم بوته تا ۴۰ بوته در مترمربع ارتفاع بوته را افزایش داد اما افزایش بیشتر تراکم موجب کاهش این صفت شد (شکل ۱).

با افزایش تراکم، سایه‌اندازی بوته‌ها بر یکدیگر زیاد شده و میزان اکسین در گیاهانی که در سایه قرار دارند کمتر توسط نور تجزیه می‌شود و این افزایش اکسین منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Ijoyah *et al.*, 2016). با این حال به نظر در کشت‌های خیلی متراکم (بیش از ۴۰ بوته در مترمربع) به دلیل فشار رقابتی بین گیاهان توانایی بوته‌ها برای افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

در هر دو منطقه جیرفت و زابل اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین گیاهان (Yr×A×B) بر تعداد شاخه فرعی در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در جیرفت علاوه بر اینکه تعداد شاخه فرعی در سال اول اجرای آزمایش در مقایسه با سال دوم بیشتر بود، با افزایش فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین گیاهان بر تعداد شاخه فرعی افزوده شد (شکل ۲). در زابل و در سال اول بیشترین تعداد شاخه فرعی در آرایش کاشت‌های ۱۱×۶۰ سانتی‌متر و ۱۴×۶۰ سانتی‌متر (چهار عدد) و در سال دوم در آرایش کاشت ۱۱×۴۵ سانتی‌متر (پنج عدد) ثبت شد (شکل ۲).

همچنین در هر دو منطقه با افزایش تراکم کاشت تعداد شاخه فرعی کاهش یافت (شکل ۱). این نتایج با یافته‌های برخی از پژوهشگران (Sangma *et al.*, 2022) مطابقت دارد. در تراکم‌های بالا به دلیل رقلبت بین بوته‌های مجاور، گیاه ترجیح می‌دهد که تعداد شاخه فرعی کمتری تولید کند درحالی‌که کشت در فواصل بین ردیف و بین گیاهی عریض‌تر موجب می‌شود که نور به عمق پوشش گیاهی نفوذ کند، جوانه‌های جانبی را تحریک کرده و تعداد شاخه‌های فرعی را افزایش دهد.

تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول

در منطقه جیرفت اثر فاصله بین گیاهان و اثر متقابل A×B در سطح آماری پنج درصد بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). در منطقه زابل صرفا اثر سال بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل A×B در منطقه جیرفت نشان می‌دهد که گرچه در هر سه فاصله بین ردیف‌های کاشت، افزایش فاصله بین گیاهان موجب افزایش تعداد کپسول در بوته شد این اثر در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متری بارزتر بود (جدول ۶). همچنین در هر دو منطقه با افزایش تراکم کاشت، تعداد کپسول در بوته به طور خطی کاهش یافت (شکل ۳). به همان نسبت که منطقه جیرفت تعداد کپسول بیشتری در مقایسه با منطقه زابل داشت، شدت کاهش تعداد کپسول در بوته در آن نیز با افزایش تراکم بیشتر بود. همچنین هیچکدام از تیمارهای آزمایشی در منطقه جیرفت تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در کپسول نداشتند (جدول ۴). با این حال در منطقه زابل علاوه بر اثر اصلی فاصله بین گیاهان، اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین گیاهان (Yr×A×B) در سطح پنج درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴). برش‌دهی این اثر متقابل نشان می‌دهد که در سال اول آزمایش در تیمار فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری افزایش فاصله بین گیاهان با افزایش معنی‌دار تعداد دانه در کپسول همراه بوده است (شکل ۴).

این روند در سال دوم با شدت کمتری تکرار شد. در سایر تیمارهای فاصله بین ردیف‌ها روند مذکور مشاهده نشد و در اکثر موارد با افزایش فاصله بین گیاهان به ۱۴ سانتی‌متر از تعداد دانه در کپسول کاسته شد (شکل ۴). همچنین در هر دو منطقه افزایش تراکم کاشت با کاهش تعداد دانه در کپسول همراه بود (شکل ۳). با این حال شدت این کاهش در مقایسه با صفت تعداد کپسول در بوته با شیب کمتری ادامه داشت.

در تراکم‌های بالاتر (در این پژوهش بیشتر از ۴۰ بوته در مترمربع) به دلیل رقابت بیشتر بین دانه‌های در حال نمو جهت دریافت آسمیلات‌ها، تعدادی از دانه‌ها در ابتدای تکامل سقط شده و ازبین می‌روند و در نتیجه تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد. در بررسی تأثیر سه آرایش کاشت ۱۰×۶۰ سانتی‌متر، ۱۵×۶۰ سانتی‌متر و ۱۰×۷۵ سانتی‌متر به ترتیب با تراکم‌های متناظر ۱۷، ۱۱ و ۱۳ بوته در مترمربع گزارش شده است که با کاهش تراکم تعداد دانه در کپسول افزایش می‌یابد و بیشترین تعداد دانه در کپسول (۶۴ عدد) مربوط به آرایش کاشت ۱۵×۶۰ سانتی‌متر بود (Raikwar and Srivastva, 2013).

از آنجا که با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کاهش پیدا می‌کند، بنابراین افت عملکرد تک بوته با افزایش تراکم قابل پیش‌بینی است، اما این کاهش اجزای عملکرد در تک بوته با افزایش تعداد

بوته در واحد سطح جبران شده و از این رو در تراکم‌های بالاتر، تعداد دانه بیشتری در واحد سطح تولید می‌گردد.

جدول ۴- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در جیرفت و زابل

Table 4- Analysis of variance (mean square) of traits measured in Jiroft and Zabol

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	جیرفت Jiroft								زابل Zabol					
		ارتفاع H	تعداد شاخه فرعی SB	تعداد کپسول در گیاه CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزار دانه SW	عملکرد دانه SY	درصد روغن دانه OP	عملکرد روغن OY	ارتفاع H	تعداد شاخه فرعی SB	تعداد کپسول در گیاه CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزار دانه SW	عملکرد دانه SY
سال Yr	1	253 ns	26.5 *	420 ns	60.5 ns	0.07 ns	265356 ns	3.55 ns	45050 ns	2080 ns	2.00 ns	4334 *	338 ns	0.84 ns	83708 ns
تکرار در سال R(Yr)	4	26.2	0.01	47.9	28.1	0.004	13972	7.69	2307	766	0.09	18.1	9.25	0.004	1795
فاصله بین ردیف A	2	8.84 ns	0.59 ns	656 ns	195 ns	0.008 ns	252467 *	1.04 ns	48821 **	580 *	3.23 ns	228 ns	138 ns	0.57 ns	3438 ns
سال × فاصله بین ردیف Yr×A	2	86.2 ns	1.82 **	128 ns	29.2 ns	0.001 ns	2727 ns	1.09 ns	489 ns	10.2 ns	2.46 ns	263 ns	108 ns	0.07 ns	9146 ns
خطای اول R×A(Yr)	8	13.8	0.10	13.2	6.08	0.005	28690	4.92	6898	155	0.25	9.55	21.8	0.08	5018
فاصله روی ردیف B	3	90.8 *	0.25 ns	888 *	9.03 ns	0.15 *	273770 **	1.64 ns	64502 *	36.3 ns	5.46 ns	232 ns	80.1 *	0.72 *	17317 ns
سال × فاصله روی ردیف Yr×B	3	3.64 ns	0.04 ns	97.5 ns	15.3 ns	0.01 ns	8240 ns	1.88 ns	2693 ns	4.23 ns	2.02 ns	99.8 ns	9.03 ns	0.05 ns	3183 ns
خطای دوم R×B(Yr)	12	7.33	0.05	19.4	19.6	0.01	9816	1.21	1672	117	0.13	21.0	7.26	0.04	3050
فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف A×B	6	58.8 ns	0.04 ns	90.8 *	14.1 ns	0.02 ns	66455 **	1.18 ns	14442 **	74.3 ns	0.86 ns	17.2 ns	52.6 ns	0.07 ns	5117 ns
سال ×فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف Yr×A×B	6	17.3 ns	0.11 **	13.6 ns	21.1 ns	0.03 **	1519 ns	1.68 ns	328 ns	19.2 ns	1.67 **	42.1 ns	32.1 *	0.08 ns	3835 ns
خطای سوم Error	24	10.8	0.01	19.5	18.0	0.007	14242	2.63	3529	46.6	0.19	28.6	11.05	0.06	2585
ضریب تغییرات C.V.(%)		3.28	6.01	6.09	7.02	2.93	10.30	3.52	11.13	10.84	15.10	14.89	9.59	12.07	13.36

Yr: سال، R: تکرار، A: فاصله بین ردیف، B: فاصله روی ردیف، df: درجه آزادی، H: ارتفاع، SB: تعداد شاخه فرعی، CP: تعداد کپسول در بوته، SC: تعداد دانه در کپسول، SW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه،OP : درصد روغن دانه، OY: عملکرد روغن

Yr: Year ; R: Replication; A: Distance between rows ; B: Distance of plants on the rows; df: degree of freedom; H: Height; SB: Number of Secondary Branch ; CP: Number of Capsule in Plant; SC: Number of Seed in Capsule ; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield ; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield;

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns غیر معنی‌دار

*, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, respectively. ns: non-significant

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی

Table 5- Mean comparison of main effects of experimental treatments

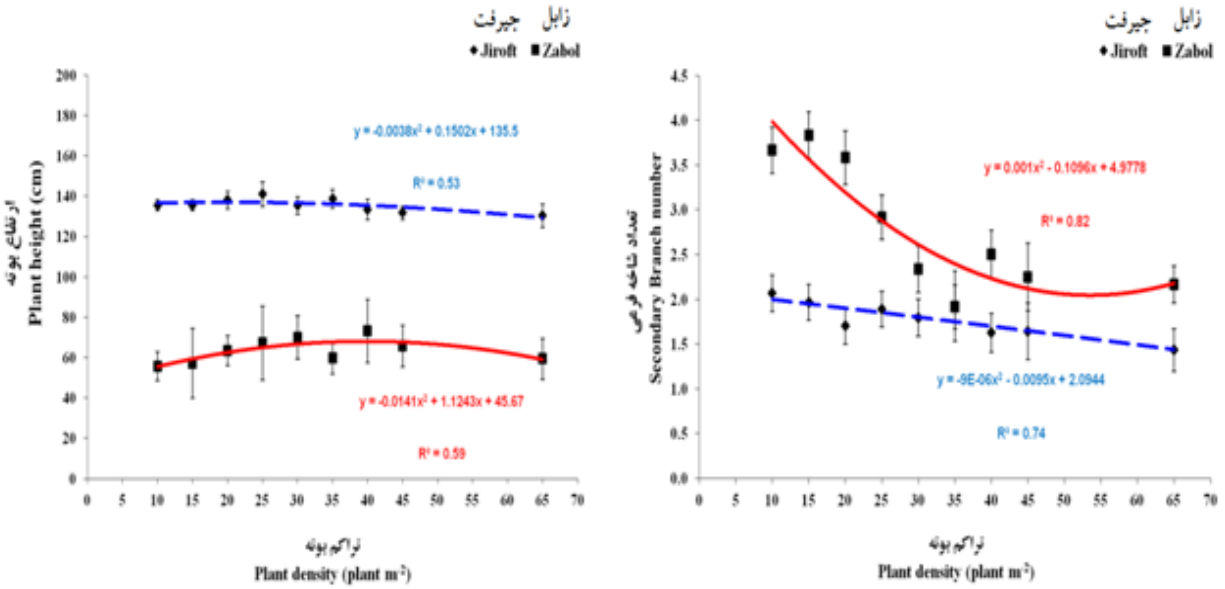
		جیرفت Jiroft								زابل Zabol					
		ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه فرعی SB	تعداد کپسول در گیاه CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزار دانه SW (g)	عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})	درصد روغن دانه OP (%)	عملکرد روغن OY (kg ha^{-1})	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه فرعی SB	تعداد کپسول در گیاه CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزار دانه SW (g)	عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})
فاصله بین ردیف A (cm)	30	135 a	2 c	67 a	58 a	2.91 a	1225 a	46 a	563 a	67 a	3 a	33 a	33 a	1.98 a	375 a
	45	135 a	3 b	72 a	61 a	2.95 a	1208 a	46 a	556 a	64 a	3 a	39 a	36 a	2.27 a	394 a
	60	136 a	4 a	78 a	63 a	2.92 a	1040 b	46 a	481 b	58 b	3 a	36 a	31 a	2.22 a	372 a
فاصله بین بوته B (cm)	5	134 b	2 b	62 c	59 a	2.79 b	987 c	46 a	451 c	62 a	2 a	31 a	30 b	1.86 b	372 a
	8	134 b	2 b	73 b	61 a	2.95 a	1186 b	46 a	547 b	65 a	3 a	37 a	34 a	2.20 a	416 a
	11	136 a	3 a	77 a	61 a	2.97 a	1281 a	46 a	594 a	64 a	3 a	37 a	35 a	2.28 a	391 a
	14	138 a	3 a	78 a	60 a	3 a	1175 b	46 a	540 b	62 a	3 a	39 a	35 a	2.28 a	343 a
سال Year	1	134 a	2 b	70 a	61 a	2.89 a	1097 a	46 a	508 a	58 a	3 a	30 b	36 a	2.69 a	414 a
	2	137 a	3 a	75 a	60 a	2.96 a	1218 a	46 a	559 a	68 a	3 a	42 a	31 a	2.05 a	346 a

A: فاصله بین ردیف، B: فاصله روی ردیف،

A: Distance between rows ; B: Distance of plants on the rows;

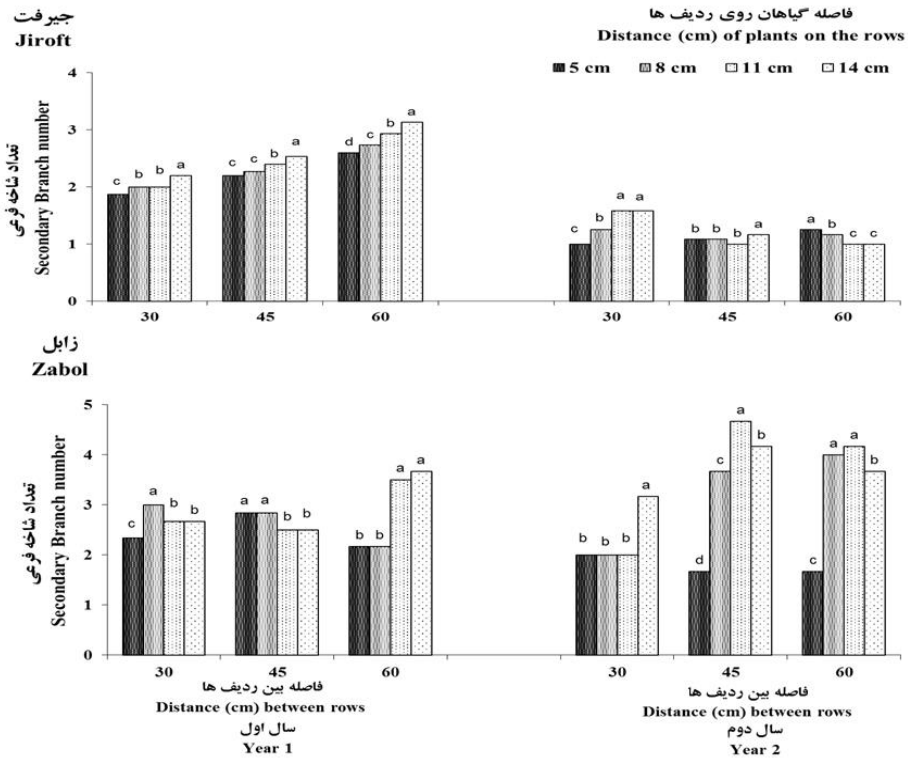
در هر صفت و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

In each trait and for each treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



شکل ۱- اثر تراکم‌های مختلف بر ارتفاع بوته (سمت چپ) و تعداد شاخه فرعی (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 1- The effect of different densities on plant height (left) and the number of secondary branch (right). The error bars are the standard deviation.



شکل ۲- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل Yr×A×B در صفت تعداد شاخه فرعی در جیرفت و زابل. در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 2- Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect in secondary branch number trait in Jiroft and Zabol. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها

Table 6- Mean comparison of interaction effects of treatments

		جیرفت Jiroft		زابل Zabol
فاصله بین ردیف A (cm)	فاصله روی ردیف B (cm)	تعداد کپسول در گیاه CP	عملکرد روغن OY (kg ha^{-1})	عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})
30	5	54 c	399 c	347
	8	64 b	603 ab	392
	11	73 a	664 a	395
	14	77 a	585 b	365
45	5	65 b	504 b	365
	8	73 a	569 ab	439
	11	77 a	604 a	414
	14	74 a	547 ab	357
60	5	68 c	450 a	402
	8	82 a	470 a	417
	11	79 b	516 a	363
	14	81 a	489 a	305

A: فاصله (سانتی‌متر) بین ردیف، B: فاصله (سانتی‌متر) روی ردیف، CP: تعداد کپسول در بوته، OY: عملکرد روغن، SY: عملکرد دانه

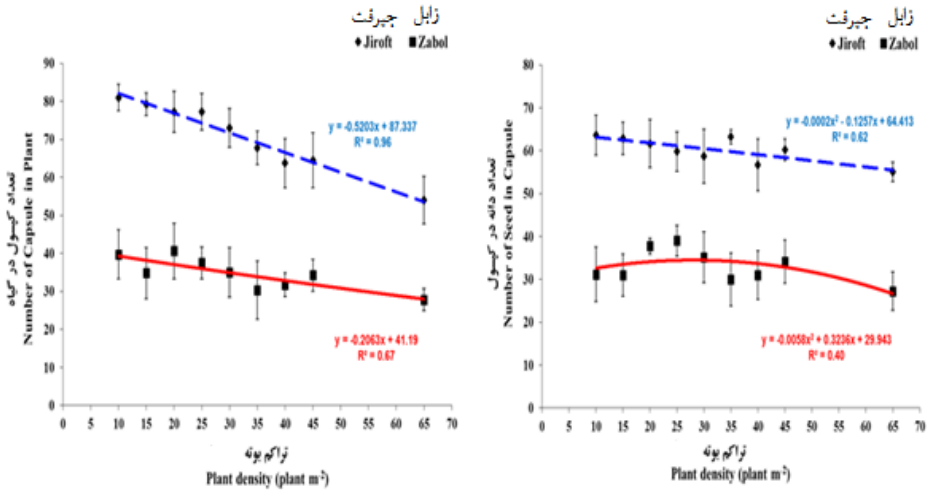
A: Distance (cm) between rows; B: Distance (cm) of plants on the rows; CP: Number of Capsule in Plant ; OY: Oil Yield ; SY: Seed Yield;

در هر صفت و در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

In each trait and in each A treatment (distance between rows), means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

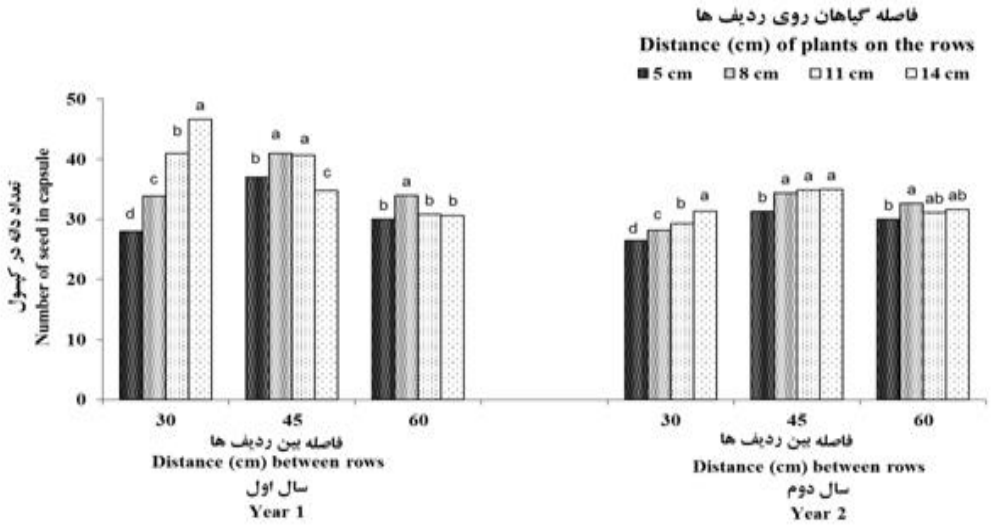
در صفاتی که میانگین‌ها حروف‌گذاری نشده‌اند، اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نبوده است.

In traits where means are not lettered, the interaction effect of A×B was not significant.



شکل ۳- اثر تراکم‌های مختلف بر تعداد کپسول در گیاه (سمت چپ) و تعداد دانه در کپسول (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 3- The effect of different densities on number of capsule in plant (left) and the number of seed in capsule (right). The error bars are the standard deviation.



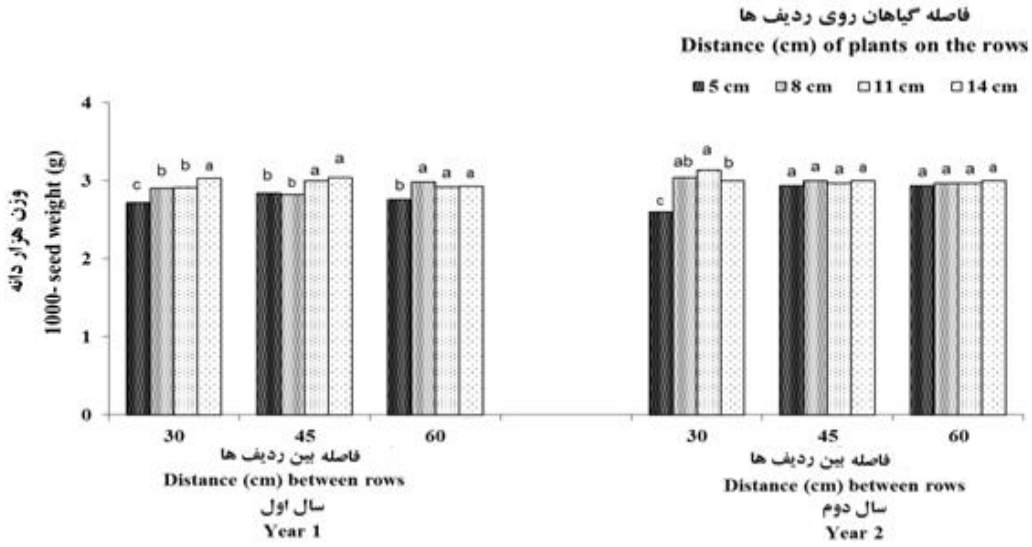
شکل ۴- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل Yr×A×B در صفت تعداد دانه در کپسول در زابل. در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 4- Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect in number of seed in capsule trait Zabol. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

وزن هزار دانه

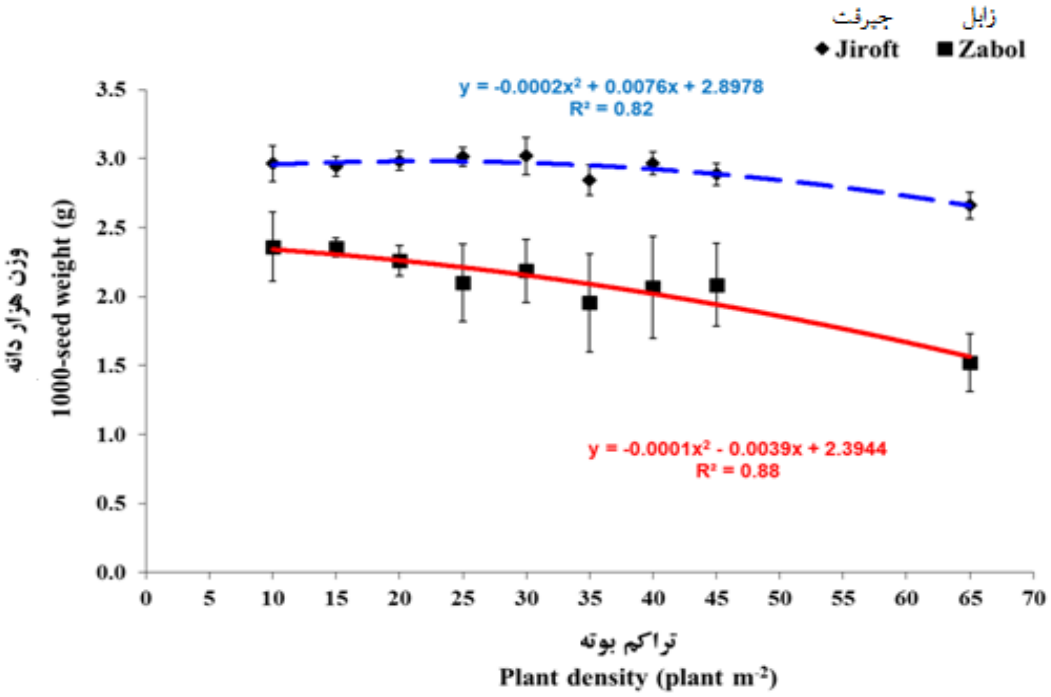
اثر اصلی فاصله بین گیاهان در هر دو منطقه و اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین گیاهان در منطقه جیرفت بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). در زابل افزایش فاصله بین گیاهان با افزایش وزن هزار دانه همراه بود با این حال بین سه تیمار فاصله ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در جیرفت بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در آرایش کاشت ۱۴×۴۵ سانتی‌متر و ۱۱×۳۰ سانتی‌متر ثبت شد درحالی‌که در هر دو سال آرایش کاشت ۵×۳۰ سانتی‌متر حداقل وزن هزار دانه را دارا بود (شکل ۵). همچنین علاوه بر اینکه وزن دانه‌ها در منطقه جیرفت در مقایسه با زابل سنگین‌تر بود، با شیب کمتری نیز به افزایش تراکم کاشت پاسخ داد (شکل ۶). با این حال در هر دو منطقه سبک‌ترین دانه‌ها از متراکم‌ترین کاشت (۶۵ بوته در مترمربع) حاصل شد. گزارش شده است که با کاهش فاصله ردیف و افزایش تراکم، وزن هزار دانه کنجد افزایش می‌یابد (Oloniruha *et al.*, 2021). همچنین کاهش وزن هزار دانه کنجد با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع توسط سایر

پژوهشگران (Öztürk and Şaman, 2012) نیز گزارش شده است. علت کاهش وزن دانه‌ها در شرایطی که بوته‌ها نزدیک هم باشند می‌تواند در اثر کاهش شدید فتوسنتز خالص باشد (Tamiru *et al.*, 2019)، زیرا در تراکم‌های بالا، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های قسمت میانی و پایینی گیاه بیشتر می‌شود.



شکل ۵- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل Yr×A×B در صفت وزن هزار دانه در زابل. در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 5- Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect in 1000-seed weight trait Zabol. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



شکل ۶- اثر تراکم‌های مختلف بر وزن هزار دانه. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 6- The effect of different densities on 1000-seed weight. The error bars are the standard deviation.

با افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، میزان مواد حاصل از فتوسنتز در مقایسه با کربوهیدرات‌های مصرف شده در تنفس کمتر بوده و در نتیجه برگ‌های قرار گرفته در سایه به جای آنکه تولید کننده باشند خود به‌صورت یک مقصد فیزیولوژیک عمل کرده و رقیب دانه‌ها برای مصرف کربوهیدرات‌های ساخته شده توسط برگ‌های بالایی می‌شوند. در این شرایط مقدار آسمیلات‌هایی که به دانه منتقل می‌شود کاهش می‌یابد و در نهایت وزن هزار دانه کم می‌شود (Sangma *et al.*, 2022).

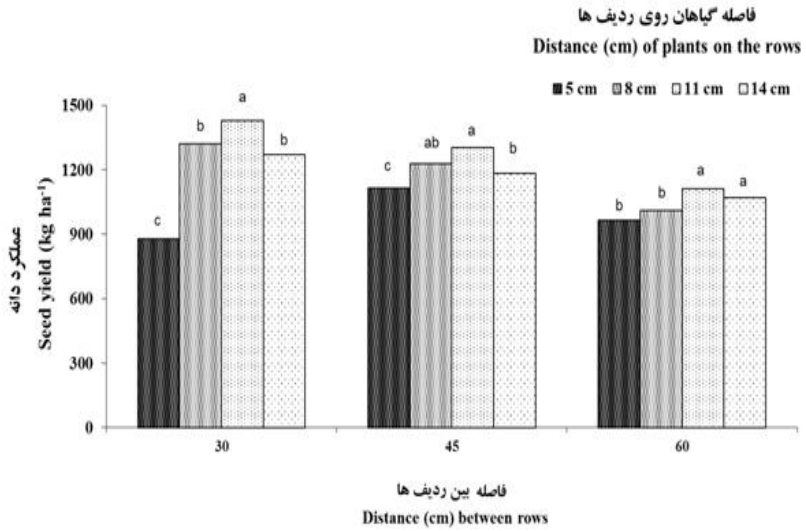
عملکرد دانه

علاوه بر اثر اصلی تیمارهای آزمایشی، اثر متقابل آنها نیز بر عملکرد دانه در منطقه جیرفت معنی‌دار بود (جدول ۴). در مقابل این صفت در منطقه زابل تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴). برش‌دهی اثر متقابل A×B بر عملکرد دانه در جیرفت نشان می‌دهد که در تمامی سطوح تیماری فاصله بین گیاهان به استثناء فاصله پنج سانتی‌متری، کشت در فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متری در مقایسه با سایر فواصل بین ردیف (۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) از برتری برخوردار است (شکل ۷). حداکثر عملکرد دانه در این منطقه از آرایش کاشت ۱۴×۳۰ سانتی‌متر به مقدار ۱۴۳۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که به ترتیب در مقایسه با تیمار مشابه در فواصل بین ردیف ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری، ۱۰ و ۲۹ درصد بیشتر بود. این نتایج گواهی است بر این واقعیت که کاهش فاصله بین ردیف‌ها با حفظ فاصله مناسب بین بوته‌ها می‌تواند در حصول به عملکردهای بالا در کنجد مؤثر باشد. اظهار شده است که با کاهش فاصله بین ردیف‌ها، عملکرد کنجد افزایش پیدا می‌کند (Lakew *et al.*, 2018). سایر پژوهشگران نیز بیان داشتند که بیشترین عملکرد دانه کنجد زمانی بدست آمد که کشت در فواصل نزدیک به هم (آرایش کاشت ۱۰×۳۰ سانتی‌متر) انجام شد (Golla, 2020).

از طرف دیگر بررسی پاسخ عملکرد دانه به تراکم‌های مختلف در این دو منطقه نشان می‌دهد که اولا عملکرد دانه در منطقه زابل تا سه برابر کمتر از منطقه جیرفت بود و همچنین عملکرد دانه در زابل واکنش مشخصی به افزایش یا کاهش تراکم نشان نداد (شکل ۸). این در حالی است که عملکرد دانه در منطقه جیرفت تا آستانه تراکمی ۳۳ بوته در مترمربع افزایش یافته و به حداکثر مقدار برابر با ۱۳۱۷ کیلوگرم در هکتار می‌رسد و پس از آن با افزایش بیشتر تراکم کاشت از مقدار عملکرد دانه کاسته می‌شود (شکل ۸). در منطقه جیرفت به همان نسبت که تراکم‌های کم از عملکرد دانه می‌کاهد، کشت‌های متراکم (بیشتر از ۳۳ بوته در مترمربع) نیز در حصول به عملکرد مطلوب ناتوان هستند. به‌ویژه آنکه تراکم‌های خیلی بالا (۶۵ بوته در مترمربع) حداکثر عملکرد را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که اگرچه افزایش تراکم بوته منجر به کاهش دو جزء مهم عملکرد یعنی تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شد و در نتیجه عملکرد تک بوته کاهش یافت. اما افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد تراکم بهینه توانست کاهش در عملکرد تک بوته را جبران کند. گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، سایه‌انداز گیاه سریع‌تر بسته شده، جذب نور بیشتری صورت گرفته و در نتیجه گیاه در واحد سطح ماده خشک بیشتری تولید می‌کند و این امر منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Lakew *et al.*, 2018). بنابراین در زراعت کنجد نیز ایجاد یک تراکم گیاهی کافی و یکنواخت برای دستیابی به عملکرد دانه بالا ضروری است. نتایج حاکی از آن است که تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در کشت‌های متراکم‌تر از آن به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و در کشت‌های تنک‌تر از آن به دلیل عدم بهره‌برداری مناسب از منابع، امکان دستیابی به حداکثر عملکرد مقدور نمی‌باشد.

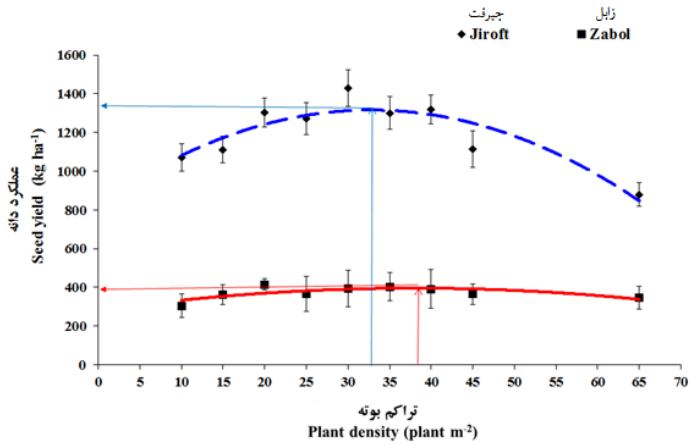
از طرف دیگر نتایج نشان داد که ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش پتانسیل مطلوبی برای کشت در منطقه زابل ندارد به این دلیل که متوسط عملکرد (میانگین دو سال آزمایش ۳۸۰ کیلوگرم در هکتار) و حتی حداکثر عملکرد آن (میانگین حداکثر عملکرد دو سال آزمایش ۴۵۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با متوسط عملکرد منطقه (۸۳۳ کیلوگرم در هکتار به نقل از Anonymous, 2023) پایین‌تر است. در مقابل در منطقه جیرفت متوسط عملکرد این ژنوتیپ (میانگین دو سال آزمایش ۱۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) با متوسط عملکرد منطقه (۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به نقل از Anonymous, 2023) برابری داشته و حداکثر عملکرد حاصله از این ژنوتیپ (میانگین حداکثر عملکرد دو سال آزمایش ۱۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از متوسط عملکرد کنجد در منطقه جیرفت

بیشتر است. بنابراین این ژنوتیپ پتانسیل مناسبی برای کشت در منطقه جیرفت دارد. ذکر این نکته نیز قابل توجه است که با توجه به ویژگی تحمل به ریزش این ژنوتیپ و امکان برداشت مکانیزه آن، به طور متوسط هکتاری چهار تا شش میلیون تومان در هزینه‌های زراعت این کنجد صرفه‌جویی می‌شود (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023) که برای اقتصاد زارع بسیار حایز اهمیت است.



شکل ۷- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل A×B در صفت عملکرد دانه در جیرفت. در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 7- Slicing and mean comparing of A×B interaction effect in seed yield trait in Jiroft. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



	معادله رگرسیونی Regression eq.	R^2	تراکم بهینه Optimal Density (plant m^{-2})	حداکثر عملکرد Maximum Yield (kg ha-1)
جیرفت Jiroft	$SY = -0.4520\ D^2 + 29.622\ D + 831$	82	33	1316
زابل Zabol	$SY = -0.0792\ D^2 + 6.0221\ D + 281$	55	38	396

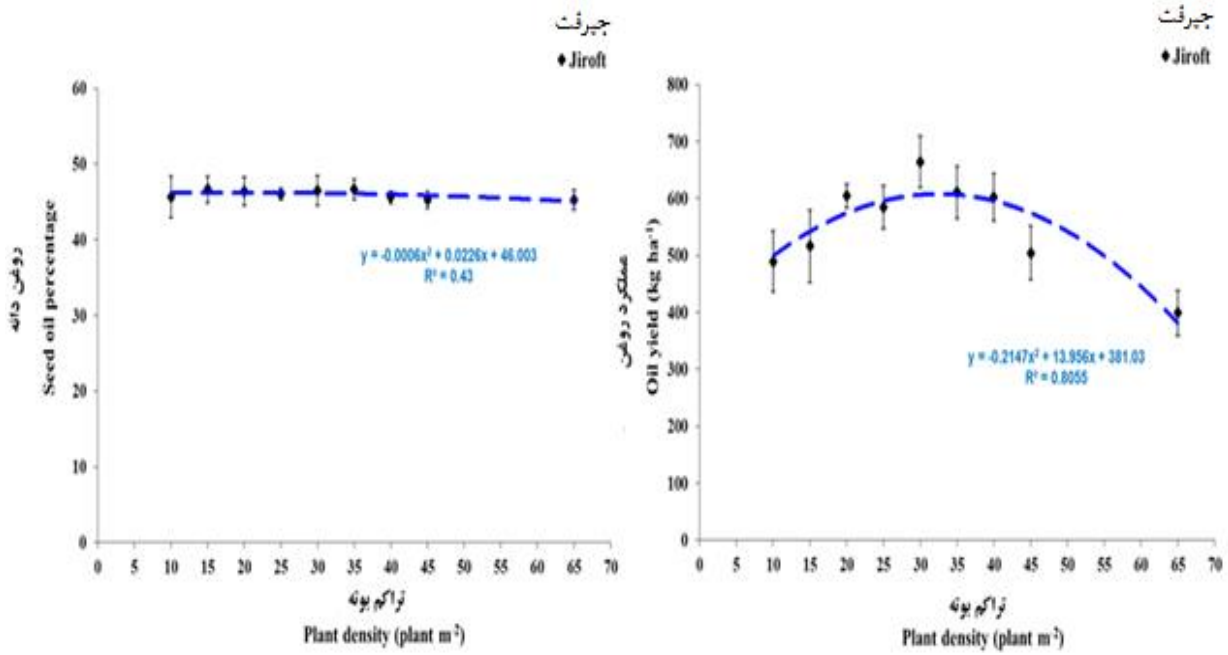
SY: Seed Yield; Optimal Density (Vertical arrows); Maximum Yield (Horizontal arrows)

شکل ۸- اثر تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه. اروربارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 8- The effect of different densities on seed yield. The error bars are the standard deviation.

درصد روغن دانه و عملکرد روغن

نتایج نشـان داد درصـد روغن دانه تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای آزمایشـی قرار نگرفت (جدول ۴). در مقابل اثر اصـلی تیمارهای آزمایشـی و اثر متقابل آنها بر عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۴). حداکثر عملکرد روغن به مقدار ۶۶۴ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشـت ۱۱×۳۰ سـانتی‌متر و حداقل آن به مقدار ۳۹۹ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ۵×۳۰ سانتی‌متر بدسـت آمد (جدول ۶. همچنین درصـد روغن در تراکم‌های مختلف تغییرات محسوسی نداشت (شکل ۹) این در حالی است که واکنش عملکرد روغن به صورت تابع درجه دو بود به‌طوری‌که افزایش تراکم از ۱۰ بـه ۳۰ بوتـه در مترمربع عملکرد روغن را افزایش داد و با افزایش بیشتر تراکم از عملکرد روغن کاسته شد (شـکل ۹). گزارش‌های دیگری نیز مشـابه با نتایج این تحقیق در خصـوص عدم تأثیرپذیری درصـد روغن دانه کنجد (Öztürk and Şaman, 2012) و یا سایر دانه‌های روغنی از جمله گلرنگ (Mundel *et al.*, 1994) از تیمارهای آرایش کاشت و یا تراکم در دسـترس اسـت. این نتایج اظهارات برخی از پژوهشـگران (Hopkins and Hunter, 2004) مبنی بر اینکه صفت محتوی روغن دانه عمدتا تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشـد را تایید می‌کند.

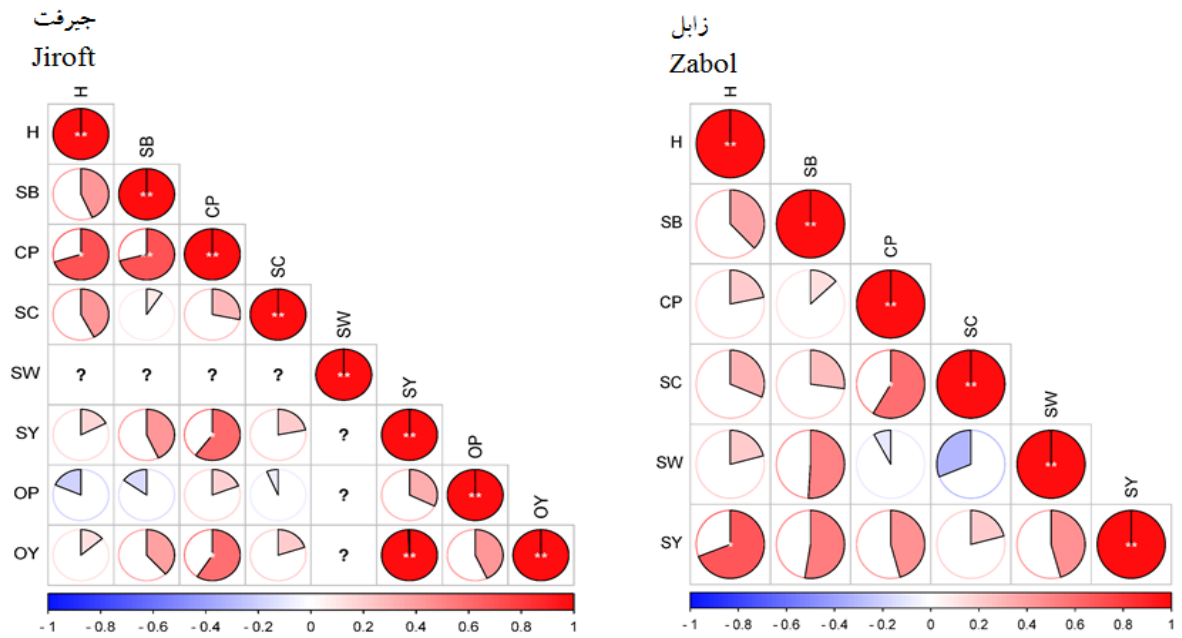


شکل ۹- اثر تراکم‌های مختلف بر درصد روغن دانه (سمت چپ) و عملکرد روغن (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 9- The effect of different densities on seed oil percentage (left) and oil yield (right). The error bars are the standard deviation.

همبستگی بین صفات

در بین صـفات اندازه‌گیری شـده در هر دو منطقه، بالاترین همبستگی مستقیم و معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب در منطقه جیرفت و زابل با صـفات تعداد کپسـول در بوته و تعداد شـاخه فرعی بود (شـکل ۱۰). در هر دو منطقه اگرچه به صـورت غیر معنی‌دار ولی بین وزن هزار دانـه و تعـداد دانـه در کپسـول همبسـتگی منفی مشـاهده شـد (شـکل ۱۰). این نتایج تایید کننـده روابط جبرانی حـاکم بر اجزاء عملکرد کنجـد اسـت بـه‌نحوی‌کـه افزایش یـک جزئ عملکرد بـا کـاهش یـافتن جزئ دیگر همراه اسـت، همانند آنچه در روابط اجزائ عملکرد سـایر گیـاهـان زراعی نیز دیـده می‌شـود (Azanaw and Singh, 2023). همچنین همبسـتگی عملکرد روغن با عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد روغن با درصد روغن دانه بیش از سه برابر بود (شـکل ۱۰). این نتایج گواه این مطلب اسـت که عملکرد روغن به‌عنوان یک صـفت تعیین کننده در گیاهان دانه روغنی بیشـتر وابسـته به عملکرد دانه اسـت تا درصـد روغن دانه. علاوه بر این هیچ یک از صـفات مورد بررسـی حتی عملکرد روغن با درصـد روغن دانه همبستگی معنی‌داری نداشتند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- همبستگی بین صفات در منطقه جیرفت (سمت چپ) و زابل (سمت راست). * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Figure 10- Correlation between traits in Jiroft (left) and Zabol (right). *, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, respectively.

H: ارتفاع، SB: تعداد شاخه فرعی، CP: تعداد کپسول در بوته، SC: تعداد دانه در کپسول، SW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه،OP : درصد روغن دانه، OY: عملکرد روغن

H: Height; SB: Number of Secondary Branch; CP: Number of Capsule in Plant; SC: Number of Seed in Capsule; SW: 1000-Seed ; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield ; SY: Seed Yield Weight

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشـــان داد عملکرد دانه ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش در منطقه زابل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. همچنین پتانســـیل عملکرد این ژنوتیپ در منطقه زابل در مقایسه با متوسط عملکرد کنجد در این منطقه پایین‌تر بود و بنابراین کشـت این ژنوتیپ در منطقه زابل توجیهی ندارد. در منطقه جیرفت نه تنها عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشـی قرار گرفت بلکه حداکثر عملکرد دانه در این منطقه از آرایش کشت مربع مستطیلی با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین گیاهان ۱۴ سانتی‌متر حاصل شد که اهمیت کشت در فواصـــل بین ردیف باریک را در زراعت کنجد خاطرنشـــان می‌ســـازد. حداکثر عملکرد دانه بدســـت آمده از این ژنوتیپ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از متوســـط عملکرد کنجد در منطقه جیرفت بیشـــتر بود. بنابراین ژنوتیپ متحمل به ریزش بویژه در آرایش کشت ۱۴×۳۰ سانتی‌متر پتانسیل قابل قبولی برای کشت در منطقه جیرفت دارد.

سپاسگزاری

از مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر تأمین هزینه‌های اجرایی این پژوهش تشـــکر و قدردانی می‌شود.

References

Afe, A.I., 2014. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by population density of component cowpea in a cowpea-sesame mixture. *Journal of Experimental Agriculture International*, *17*(1), pp.1-6. **doi: 10.9734/jeai/2017/32221**

Ajibola, A.T. and Kolawole, G.O., 2019. Agronomic evaluation of performance of sesame varieties in maize-based

cropping system in the southern guinea savanna of Nigeria. *Journal of Experimental Agriculture International*, *37*(3), pp.1-10. **doi: 10.9734/jeai/2019/v37i330269**

Andargie, M., Vinas, M., Rathgeb, A., Möller, E. and Karlovsky, P., 2021. Lignans of sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review. *Molecules, 26*, pp.883-987. **doi: 10.3390/molecules26040883**

Anonymous, 2023. Agricultural statistics of 2022. The first volume: Crops. Vice President of Statistics, Information Technology Center. Ministry of Jahade Keshavarzi. [In Persian].

Azanaw, M. and Singh, S., 2023. Exploiting morpho-physiological variation driven by plant density to maximize sesame (*Sesamum indicum* L.) yield and oil production in Northwest Ethiopia. *Russian Agricultural Sciences*, *49*, pp.405–412. **doi: 10.3103/s1068367423040043**

Golla, W.N., 2020. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at different levels of plant population in optimum moisture areas of Western Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 10*, pp.16–21. **doi: 10.7176/jbah/104-03**

Hopkins, W.G. and Hunter, N.P., 2004. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiely and Sons publication. NewYork, United States. 541 pp.

Ijoyah, M.O., Anyogo, J.O. and Ugese, F.D., 2016. Yield response of maize (*Zea mays* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) intercrop as influenced by planting densities and varieties of sesame at Makurdi, Nigeria. *World Scientific News, 37*, pp.25-49. **doi: 10.452/g1588367548763**

Lakew, S., Ayalew, D. and Assefa, F., 2018. Optimum inter-row spacing and seeding rate of sesame for harnessing the maximum productivity potential in dry land area of Abergelle District, Northeast Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, *4*(1), pp.148-158.

Langham, D.R. 2012. Non-dehiscent sesame IND variety Sesaco 33. US Patent Application. No. 8,207397 B1.

Mundel, H.H., Morrison R.J., Entz ,T., Blackshaw, R.E., Roth, B.T., Kiehn, F. and Vandenberg, A., 1994. Row spacing and seeding rates to optimize safflower yield on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science, 74*, pp.319-321. **doi: 10.4141/cjps94-060**

Oloniruha, J.A., Ogundare, S.K. and Olajide, K., 2021. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by plant population density and organo-mineral fertilizer rates. *Agro-Science*, *20*(1), pp.15–21. **doi: 10.4314/as.v20i1.3**

Öztürk, O. and Şaman, O., 2012. Effects of different plant densities on the yield and quality of crop sesame. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6*, pp.644–649. **doi: 10.5281/zenodo.1082385**

Raikwar, R.S. and Srivastva, P., 2013. Productivity enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) through improved production technologies. *African Journal of Agricultural Research, 8*, pp.6073–6078. **doi: 10.5897/ajar2013.6782**

Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M. and Habibzadeh, F., 2023. Sesame production, challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 pp. [In Persian].

Sangma, D.M., Longkumer, L.T., Singh, A.P. and Virosanuo, S., 2022. Effect of planting density and integrated

nutrient management in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Agricultural Science Digest*, 42, pp.26–31. **doi: 10.18805/ag.d-5247**

Tamiru, D., Brehanu, W., Fikeremariam, T. and Getnet, A., 2019. Determination of optimum spatial arrangement and plant population in sesame sorghum intercropping. *International Journal of Development Research*, *29*(8), pp.192-291. **doi: 10.225548/ijdr-5547**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 2, Summer 2024, P. 413-430

Yield evaluation of a shattering tolerant sesame genotype grown under different planting arrangements and densities in the hot and dry climate of the South East

Majid Gholamhoseini[1*], Ahmad Aein[2], Behnam Bakhshi[3], Saadollah Mansouri[1], Farnaz Shariati[1]

[1] Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[2] Horticulture Crops Research Department, South of Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran
[3] Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran
[*]Corresponding Author: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

Received: 7 May 2023 Accepted: 5 July 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.396251.1341**

Abstract

Introduction: Despite the desirable nutritional profile of sesame and the appropriate adaptation of this crop to the country's climatic conditions, the cultivation of this crop is not given that attention compared to other oilseeds. Because of its highly variable seed yield further agronomic research and management strategies are critical to improve sesame quantitative and qualitative yield. Planting arrangements and planting density are the most important agronomic practices that need attention. In addition, like many other sesame-producing countries, Iran has numerous local sesame populations adapted to their respective production regions' climatic and soil conditions. However, these populations are not suitable for large-scale cultivation and mechanized farming. In 2016, a sesame genotype resistant to seed shattering was imported into the Iran suggesting its potential contribution to sesame cultivation programs in the country. Due to the lack of comprehensive information to answer the questions rose regarding the planting arrangement and suitable planting density of the imported shattering tolerant sesame genotypes, this research was planned and executed.

Materials and Methods: Field experiments were conducted in Sistan and Baluchistan (Zabol) located at 61° 41' longitude and 30° 54' latitude, with an elevation of 492 meters above sea level and Kerman (Jiroft) located at 57° 51' longitude and 28° 32' latitude, with an elevation of 1100 meters above sea level provinces in 2021 and 2022. In this study, the effects of row spacing (30, 45, and 60 cm) and plant spacing (5, 8, 11, and 14 cm) were investigated on growth characteristics (plant height, number of sub-branches), seed yield, yield components, oil percentage and oil yield of a shattering tolerant sesame genotype. In each location, the experimental design was a randomized complete block design arranged in split blocks (strips) with three replications. The collected data were analyzed using SAS software (version 9.4), and Bartlett's test confirmed homogeneity in the variance of all studied traits. The mean values for both years were presented since the data were consistent. It is important to note that the data from each region were analyzed separately due to inconsistent variances between regions. Statistical significance was determined using an F-test, and protected LSD was used to separate the main effects when necessary. Furthermore, significant interaction effects were separated using the slicing method.

Results and Discussion: The results showed that seed yield was not affected by experimental treatments in the Zabol region. In the Jiroft region, the results indicated that in all the treatments of plant spacing, cultivation in row spacing of 30 cm was significantly superior compared to other row spacing (45 and 60 cm). The maximum seed yield in this area (1430 kg ha^{-1}) was obtained from the planting arrangement of 14 × 30 cm, which was 10 and 29% higher, compared to the same treatment in the row spacing of 45 and 60 cm, respectively. Also, the results indicate that the seed yield in Zabol did not show a specific reaction to the increase or decrease in density. In contrast, seed yield in the

Jiraft region increased up to the density threshold of 33 plants per square meter, and after that, seed yield was reduced with a further increase in planting density.
Conclusion: This research showed that the yield potential of the imported shattering tolerant sesame genotype in the Zabol region was lower than the average yield in this region. Therefore cultivation of this genotype in the Zabol region is not suitable. In the Jiroft region, the maximum seed yield obtained from this genotype was up to 300 kg ha^{-1}, higher than the average yield of sesame in the Jiroft region. Therefore, the shattering tolerant genotype, especially in the 30 × 14 cm cultivation arrangement, has a good potential for cultivation in the Jiroft region.

Keywords: Row spacing, Seed oil percentage, Seed yield, Yield components