

(OPEN ACCESS)

Effect of Tillage Systems, Crop Residue Management, and Planting Pattern on Some Physiological Traits, Seed Yield, and Oil Content of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

Fatemeh Salari Miri¹, Mahmoud Ramroudi^{*2}, Mehdi Dahmardeh³,
Mohammad Reza Asgharipour⁴, Ahmad Aien⁵

1. Ph.D. Student of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: f.salarimiri2018@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir
4. Professor, Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: m_asghripouruoz.ac.ir
5. Associate Prof., Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran. E-mail: a.acin@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 06.29.2024

Revised: 09.02.2024

Accepted: 09.28.2024

Keywords:

Conservation agriculture,
Reduced tillage,
Seed yield,
Zigzag planting

ABSTRACT

Background and Objectives: The use of conservation tillage and crop residue retention in soil can have a significant impact on the production and yield of crops. Proper tillage practices and crop residue retention are among the essential components of sustainable agriculture systems that play a crucial role in the sustainability of agricultural production systems. The planting pattern represents the geometric position of plants on rows, which can be modified by changing the row spacing, plant spacing, and arrangement of plants on the planting rows. This study aimed to investigate the effect of tillage methods on some agronomic and physiological characteristics, seed yield, and oil percentage of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of plant residues and planting arrangement in the climatic conditions of Jiroft city.

Materials and Methods: To investigate the effect of tillage system on sesame production under the influence of crop residue and planting pattern, a split-factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications for two cropping seasons (2019-2020 and 2020-2021) in the farm of Jiroft Agricultural Research Center and Natural Resources. The main factor in this study was tillage system with three levels: no-till, reduced tillage, and conventional tillage. The sub-factor was wheat straw residue incorporation with three levels (5, 30, and 60%) and planting pattern with two levels (conventional and zigzag). Wheat straw residues in the second year were the same as the remaining residues in the first year. The studied characteristics were number of capsules per plant, number of seeds per capsule, thousand seed weight, biological yield, harvest index, chlorophyll a and b, total chlorophyll, carotenoids, and oil percentage and yield. Oil percentage was measured using the solvent extraction method and Soxhlet apparatus. The collected data were analyzed using the SAS statistical software (version 9.1). Duncan's multiple range test was used to compare the means of the data at the 5% probability level.

Results: The effect of planting pattern on chlorophyll a was significant, with the highest chlorophyll a obtained from the zigzag planting pattern. The interaction of year \times tillage \times residue percentage \times planting pattern was significant for number of capsules per plant, number of seeds per capsule, thousand seed weight, biological yield, harvest index, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, and oil percentage. The results showed that the highest seed yield (1629.92 kg/ha), biological yield (6137.3 kg/ha), thousand seed weight (71.5 g), and number of seeds per capsule (75.85) were observed in the second year under conventional tillage with 60% residue application and zigzag planting pattern, and the lowest were observed under no-till with 5% residue application and conventional planting pattern. Under reduced tillage, total chlorophyll increased with the application of 30 and 60% residues and zigzag planting pattern. The increase in oil percentage was observed under conventional tillage with 60% residue application and conventional planting pattern.

Conclusion: Based on the results, it can be concluded that the use of conservation tillage systems with 30-60% residue retention and zigzag planting pattern, in addition to reducing environmental pollution, can play an effective role as an appropriate method for obtaining higher sesame yield in the study area.

Cite this article: Salari Miri, Fatemeh, Ramroudi, Mahmoud, Dahmardeh, Mehdi, Asgharipour, Mohammad Reza, Aien, Ahmad. 2026. Effect of Tillage Systems, Crop Residue Management, and Planting Pattern on Some Physiological Traits, Seed Yield, and Oil Content of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Plant Production Research*, 32 (4), 23-46.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2024.22582.3160

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و آرایش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.)

فاطمه سالاری میری^۱، محمود رمرودی^{۲*}، مهدی دهمرده^۳، محمدرضا اصغری پور^۴، احمد آیین^۵

۱. دانشجوی دکتری آکولوژی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: f.salarimiri2018@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mramroudi42@uoz.ac.ir
۳. دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir
۴. استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: m_asghripouuoz.ac.ir
۵. دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت- کرمان، ایران. رایانامه: a.aein@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: استفاده از روش خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایای گیاهی در خاک در تولید و عملکرد گیاهان زراعی می‌تواند تأثیرگذار باشد. روش‌های صحیح خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی از جمله مؤلفه‌های اساسی نظام کشاورزی پایدار هستند که نقش مهمی را در پایداری نظام‌های تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. الگوی کاشت نشان‌دهنده موقعیت هندسی بوته‌ها روی ردیف‌ها است که می‌توان آن را با تغییر فاصله ردیف، فاصله بین بوته‌ها و چگونگی قرار گرفتن بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت تغییر داد. این پژوهش باهدف بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن کنجد (<i>Sesamum indicum</i> L.) تحت تأثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت در شرایط اقلیمی شهرستان جیرفت انجام گردید.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷	
واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی کاهشی، عملکرد دانه، کاشت زیگزاگی، کشاورزی حفاظتی	مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر روش خاک‌ورزی در تولید کنجد تحت تأثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت، آزمایشی به‌صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان جیرفت اجرا شد. در این پژوهش عامل اصلی روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح شامل بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی (دیسک) و خاک‌ورزی متداول (رایج) و عامل فرعی ترکیب بقایای گیاهی گندم در سه سطح (۵، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا) و آرایش کاشت در دو سطح (کاشت معمول و زیگزاگی) بودند. بقایای گیاهی در

سال دوم همان بقایای گیاهی باقی مانده سال اول بود. ویژگی‌های مورد بررسی تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و درصد و عملکرد روغن بودند. اندازه‌گیری درصد روغن با استفاده از روش استخراج با حلال و دستگاه سوکسوله انجام شد. داده‌های حاصل با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9/1 تجزیه شده و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر آرایش کاشت بر کلروفیل a معنی‌دار شد و بیش‌ترین آن از آرایش کاشت زیگزاگی حاصل شد. برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا بر کلروفیل a معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین کلروفیل a در سال دوم و روش خاک‌ورزی کاهشی توأم با حفظ 60 درصد بقایا مشاهده شد. برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و درصد روغن معنی‌دار گردید. نتایج حاصل نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (1629/92 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیست‌توده (6137/3 کیلوگرم در هکتار)، وزن هزاردانه (5/71 گرم)، تعداد دانه در کپسول (75/85)، در سال دوم و روش خاک‌ورزی متداول توأم با کاربرد 60 درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزاگی و کم‌ترین آن‌ها در شرایط عدم خاک‌ورزی توأم با کاربرد 5 درصد بقایا و آرایش کاشت معمول مشاهده شد. هم‌چنین تحت شرایط خاک‌ورزی کاهشی میزان کلروفیل کل با کاربرد 30 و 60 درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزاگی افزایش یافت. افزایش درصد روغن دانه تحت خاک‌ورزی متداول با کاربرد 60 درصد بقایا و آرایش کشت معمول مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج استفاده از روش خاک‌ورزی حفاظتی توأم با حفظ 60-30 درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزاگی علاوه‌بر کاهش آلودگی محیط‌زیست، به‌عنوان روش مناسب جهت حصول عملکرد بالاتر کنجد در منطقه مورد مطالعه می‌تواند نقش مؤثری ایفا کند.

استناد: سالاری میری، فاطمه، رمرودی، محمود، دهمرده، مهدی، اصغری‌پور، محمدرضا، آیین، احمد (1404). تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و آرایش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.).

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، 32 (4)، 23-46.

DOI: 10.22069/jopp.2024.22582.3160



© نویسنده‌گان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

با افزایش جمعیت و نیاز به تأمین غذا و جایگزین شدن روغن گیاهی با روغن حیوانی، نیاز به توسعه کمی و کیفی دانه‌های روغنی افزایش پیدا کرده است. گیاهان روغنی از جمله کلزا، کنجد، سویا، گلرنگ و آفتابگردان که تاکنون در کشور کشت شده‌اند، تأثیر مطلوبی در تناوب زراعی دارند (۱). کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی از خانواده Pedaliacea بوده که روغن استحصالی از آن یکی از منحصربه‌فردترین و قدیمی‌ترین روغن‌ها محسوب می‌شود. داشتن منابع غنی از روغن و آنتی‌اکسیدانت، باعث شده لقب ملکه گیاهان روغنی به کنجد اختصاص یابد (۲). در برخی مناطق کشور بعد از برداشت غلات پاییزه، کنجد به‌عنوان کشت تابستانه با دوره رشد و نمو نسبتاً کوتاه می‌تواند مفید باشد.

توسعه کشاورزی حفاظتی در بسیاری از کشورها به دلیل وجود مسائلی از جمله محدودیت زمین‌های قابل کشت و مشکل تخریب و فرسایش خاک، کمبود و بهره‌وری پایین آب در کشاورزی، تغییرات اقلیمی، نیاز به حفظ منابع برای استفاده در درازمدت، افزایش هزینه‌های تولید و عملکرد پایین به‌علت کاهش تدریجی کیفیت خاک‌های زراعی به یک ضرورت تبدیل شده است (۳). کشاورزی حفاظتی زمانی اهمیت خود را بیش‌تر نشان می‌دهد که مدیریت اقتصادی خاک به‌عنوان یک سرمایه و دارایی باقابلیت ارزش‌افزا نگریده شود. هرچند ممکن است در کوتاه‌مدت تولید گیاهان زراعی در روش خاک‌ورزی متعارف از کشاورزی حفاظتی بیش‌تر باشد، اما در بلندمدت منافع کشاورزی حفاظتی بیش‌تر و پایدارتر خواهد بود.

یکی از اجزای اصلی کشاورزی پایدار مدیریت خاک است و ضروری‌ترین بخش این نوع مدیریت، خاک‌ورزی می‌باشد. در این نوع کشاورزی علاوه بر منافع اقتصادی به حفظ منابع تولید از جمله آب، خاک

و محیط‌زیست توجه ویژه‌ای می‌شود. روش‌های عدم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل که معمولاً همراه با باقی‌گذاشتن مقداری از بقایای گیاهی در سطح خاک می‌باشد به‌منظور بهبود خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک کاربرد دارد (۴). روش‌های خاک‌ورزی خصوصیات فیزیکی خاک، مصرف آب، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را به دلیل حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و تفاوت در میزان و نحوه به‌هم‌خوردن خاک سطحی تحت تأثیر قرار می‌دهند. روش خاک‌ورزی حفاظتی در بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک را کم‌تر به هم می‌زند و بقایای گیاهی بیش‌تری را در سطح خاک حفظ می‌کند که این امر منجر به کاهش مصرف آب آبیاری می‌شود. در روش خاک‌ورزی حفاظتی با کم‌ترین عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، رطوبت ناشی از آب آبیاری و نزولات جوی برای پایداری در تولید محصولات کشاورزی ذخیره و حفظ می‌شود (۵). نتایج پژوهش‌ها بیانگر تأثیر مثبت روش‌های خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی بر تولید گیاهان زراعی است. نتایج پژوهش ۱۰ ساله نشان داد که روش خاک‌ورزی حفاظتی تولید محصول را ۱۰ درصد افزایش و هزینه‌های انجام عملیات خاک‌ورزی را ۲۰ درصد کاهش داد و روش خاک‌ورزی حفاظتی راندمان مصرف آب را در مقایسه با روش‌های خاک‌ورزی متداول ۱۱ درصد افزایش داد و فرسایش آبی و خاکی را تا ۵۲ درصد کاهش داد (۶). اگرچه نتایج پژوهش دیگری نشان داد که عملکرد جو و یولاف در روش خاک‌ورزی متداول بیش‌تر از روش خاک‌ورزی حفاظتی بود، اما کاهش عملکرد در روش خاک‌ورزی حفاظتی کم بود که از لحاظ اقتصادی قابل‌قبول است (۷). در بررسی روش‌های خاک‌ورزی در کشت ذرت دانه‌ای بیش‌ترین عملکرد ذرت تحت روش کم‌خاک‌ورزی گزارش شده است (۸).

کنجد گزارش شده است که تعداد کپسول در بوته در شخم معمولی کاهش پیدا کرد (۱۴). تأثیر مدیریت مناسب بقایای گیاهی توأم با روش خاک‌ورزی حفاظتی در گیاهان مختلف در پژوهش‌های متعدد از جمله، ذرت دانه‌ای (۱۵، ۱۶ و ۱۷)، ارزن (۱۸)، سورگوم (۱۹)، سویا (۱۷) و آفتابگردان (۲۰) با نتایج مثبتی گزارش شده است.

الگوی کاشت یعنی وضعیت هندسی بوته‌ها روی ردیف‌ها که می‌توان آن را با تغییر فاصله ردیف، فاصله بین بوته‌ها و چگونگی قرار گرفتن بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت تغییر داد. الگوی کاشت و نحوه آرایش گیاه زراعی می‌تواند در نحوه استفاده از منابع و اشغال فضا به وسیله گیاه نقش به‌سزایی داشته باشد به گونه‌ای که آرایش کاشت مناسب، استفاده مناسب از نور، جذب رطوبت، کود و سایر عناصر را برای هر بوته از گیاه فراهم می‌کند و به واسطه وسعت بالای فضایی که اشغال می‌کند می‌تواند منجر به بیش‌تر شدن حجم ریشه‌ها شود (۲۱). بررسی اثر روش‌های کاشت بر شاخص‌های رشدی سیب‌زمینی تحت رژیم‌های آبیاری و کود سولفات پتاسیم نشان داد که استفاده از کاشت زیگزاگی نسبت به کشت معمول ۴۴/۴ درصد افزایش عملکرد داشت. به نظر می‌رسد که در الگوی کاشت زیگزاگی به دلیل پراکنش مناسب ریشه‌ها و در نتیجه در دسترس بودن حجم بیش‌تری از خاک برای ریشه‌ها جهت جذب بیش‌تر پتاسیم، استفاده بهتر و کارآمدتری از کود سولفات پتاسیم شده است (۲۲). در بررسی دیگری بیش‌ترین تجمع ماده خشک کل آفتابگردان در آرایش کاشت زیگزاگی گزارش شده است (۲۳).

با در نظر گرفتن اهمیت گیاهان روغنی در سلامتی و افزایش روزافزون کاربرد آن‌ها به جای روغن‌های حیوانی و حفظ منابع طبیعی به‌ویژه خاک در طول مراحل تولید، بررسی عناصر اصلی کشاورزی حفاظتی

مدیریت بقایای گیاهی ابعاد مختلف پایداری، محیط‌زیستی، زراعی و اقتصادی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد به طوری که علاوه بر این که فعالیت‌های زراعی و حاصلخیزی خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، می‌تواند دامنه وسیعی از حوزه‌های پایداری، زیست‌محیطی و بوم‌شناختی را نیز پوشش دهد. این یک گام کلیدی برای یک نظام کشاورزی پایدار است که باروری و سودمندی را با حفاظت محیط‌زیست منطبق می‌کند (۹). تجزیه بقایای گیاهی در خاک یک فرآیند میکروبی پیچیده است که توسط عوامل مختلف از جمله خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بقایای گیاهی و خاک کنترل می‌شود. مهم‌ترین عامل محدودکننده فعالیت‌های میکروبی در خاک دسترسی به کربن قابل‌مصرف است که با کاربرد بقایای گیاهی، کربن قابل‌مصرف برای جمعیت میکروبی فراهم می‌شود. در حقیقت جمعیت میکروبی در خاک چرخه عناصر غذایی را در محیط خاک تنظیم می‌کند و در تأمین عناصر غذایی برای گیاه نقش به‌سزایی دارند و به این طریق در رشد گیاه و تولیدات کشاورزی کارآیی بالایی خواهند داشت (۱۰). نتایج پژوهش نشان داد که مخلوط کردن بقایای گیاهی گندم با خاک باعث افزایش مواد آلی خاک، عناصر غذایی خاک (روی، پتاسیم و فسفر)، بهبود فضای توسعه ریشه گیاهان بعدی و همچنین بهبود حاصلخیزی خاک گردید (۱۱). نتایج پژوهش بیانگر آن است که نوع خاک‌ورزی و میزان بقایا بر عملکرد دانه و وزن هزاردانه کنجد تأثیر معنی‌داری داشت (۱۲). نتایج پژوهش مؤمنی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی روش‌های خاک‌ورزی و کشت کنجد به‌عنوان کشت دوم بعد از گندم نشان داد که روش خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و وزن هزاردانه داشت و بیش‌ترین عملکرد دانه به روش کم‌خاک‌ورزی با سوزاندن بقایا تعلق داشت (۱۳). در بررسی انواع شخم و بقایای گیاهی در کشت

شامل خاک‌ورزی حداقل، بدون خاک‌ورزی و یا کاشت معمول و تأثیر آن بر ثبات عملکرد، پایداری و تعادل عوامل زیست‌محیطی دارای اهمیت می‌باشد. کنگد به‌عنوان آن‌یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی، نقش به‌سزایی در تأمین روغن‌های گیاهی و امنیت غذایی دارد. بنابراین این پژوهش باهدف بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن کنگد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت در شرایط اقلیمی شهرستان جیرفت انجام گردید.

در مزرعه تحقیقاتی (۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان جیرفت اجرا شد. در این پژوهش عامل اصلی روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح شامل بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی (دیسک) و خاک‌ورزی متداول (گاواهن برگردان + دیسک) و عامل فرعی ترکیب بقایای گیاهی گندم در سه سطح (۵، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا) و آرایش کاشت در دو سطح (کاشت معمول و زیگزایی) شامل: ۵ درصد بقایا با کاشت معمول، ۵ درصد بقایا با کاشت زیگزایی، ۳۰ درصد بقایا با کاشت معمول، ۳۰ درصد بقایا با کاشت زیگزایی، ۶۰ درصد بقایا با کاشت معمول و ۶۰ درصد بقایا با کاشت زیگزایی بودند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی در تولید کنگد تحت تأثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت در شرایط اقلیمی شهرستان جیرفت، آزمایشی به‌صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در دو سال (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰).

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at experimental site from 0 to 30 cm depth in two years (2020 and 2021).

سال Year	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	ماده آلی O.C %	نیترژن N %	فسفر P ppm	پتاسیم K ppm	لای Loam	رس Clay %	شن Sandy	بافت Texture
2019-2020	1.8	7.4	0.13	0.017	9.3	194	18	13	69	Sandy Loam
2020-2021	1.7	7.4	0.14	0.018	10.4	230	18	13	69	Sandy Loam

زیگزای اجرا گردید. بقایای کاه و کلش گندم قبل از کاشت بر اساس تیمار موردنظر به خاک اضافه شد. در طول فصل رشد عملیات داشت از جمله واکاری، تنک کردن، وجین، آبیاری و مبارزه با آفات احتمالی به‌صورت مرتب انجام گردید. در پایان فصل رشد برای تعیین اجزای عملکرد از هر کرت پنج بوته

کاشت به‌صورت دستی در نیمه دوم تیرماه انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت ۵ متری بافاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. روش کاشت بذور در تیمار الگوی کاشت معمول به‌صورت مستقیم روی هر خط کاشت و در تیمار الگوی کاشت زیگزایی به‌صورت

ارزیابی رنگیره‌های فتوسنتزی: بدین‌منظور مقدار ۰/۵ گرم از ماده‌تر گیاهی را در ۱۰ میلی‌لیتر دی‌میتیل سولفوکساید (DMSO) ریخته شد و به مدت یک ساعت درون حمام بن‌ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مقدار جذب عصاره حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ قرائت گردید و میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل به ترتیب طبق روابط زیر برحسب میلی‌گرم بر گرم و وزن‌تر برگ به‌دست آمد (۲۴):

به‌صورت تصادفی انتخاب و برداشت شد. تعداد کپسول در بوته شمارش گردید و برای تعیین تعداد دانه در کپسول از هر کرت ۲۰ کپسول به تصادفی انتخاب و تعداد بذر در کپسول شمارش شد. برای تعیین وزن هزاردانه نیز چهار نمونه ۲۵۰ تایی از بذرها از هر کرت شمارش و توزین گردید. برای تعیین عملکرد دانه و زیست‌توده پس از حذف اثر حاشیه، بوته‌ها از دو ردیف وسط از مساحت دو مترمربع برداشت و اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری درصد روغن با استفاده از روش استخراج با حلال و دستگاه سوکسله انجام شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19/3 \times A_{663} - 0/86 \times A_{645}) V/100 W \quad (1)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19/3 \times A_{645} - 3/6 \times A_{663}) V/100 W \quad (2)$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad (3)$$

وزن هزاردانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت کنجد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

تعداد کپسول در بوته: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد کپسول در بوته تحت‌تأثیر برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کشت معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۸۵/۹۰) با کاربرد خاک‌ورزی رایج و ۵ درصد بقایا با الگوی کاشت معمول در سال اول مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاشت زیگزایی نداشت و کم‌ترین آن (۲۴/۹۴) در سال دوم و روش عدم خاک‌ورزی همراه توأم با ۵ درصد بقایا و در شرایط کاشت معمول مشاهده شد. طبق نتایج به‌دست‌آمده در هر دو سال در شرایط خاک‌ورزی رایج و خاک‌ورزی حفاظتی، تعداد کپسول در بوته تحت الگوی کاشت زیگزایی بیش‌تر از کاشت معمول بود و این اختلاف در روش

در این رابطه، A میزان جذب خوانده‌شده توسط دستگاه است؛ که در این رابطه Chla مقدار کلروفیل a و Chlb میزان کلروفیل b است و V حجم نهایی دی‌میتیل سولفوکساید، Total chl میزان کلروفیل کل، وزن تازه بافت برای عصاره‌گیری W برحسب گرم است.

برای اندازه‌گیری درصد روغن با استفاده از روش استخراج با حلال و دستگاه سوکسله انجام شد (۲۵). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد. نمودارهای مربوطه با برنامه EXCEL رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کشت بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول،

درصد بقایا و تحت الگوی کاشت زیگزاگی، تعداد دانه در کیسول تفاوت معنی‌داری نسبت به روش خاک‌ورزی رایج نداشت، درحالی‌که در روش عدم خاک‌ورزی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد که در شرایط خاک‌ورزی متداول نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافت (۲۹). هم‌چنین نتایج پژوهش مشابهی نشان داد که روش خاک‌ورزی متداول تعداد دانه در کلزا را افزایش داد (۳۰) که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت و این حالت را می‌توان به نفوذ بهتر و گسترش ریشه در خاک و بهبود جذب آب و مواد غذایی نسبت داد.

وزن هزاردانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، وزن هزاردانه نیز به‌طور معنی‌داری تحت برهمکنش سال \times خاک‌ورزی \times درصد بقایا \times الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیش‌ترین وزن هزاردانه (۵/۷۱ گرم) مربوط به سال دوم و روش خاک‌ورزی رایج توأم با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بود که با تیمارهای ذکرشده در سال اول اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ و کم‌ترین مقدار (۱/۲۸ گرم) در سال اول و در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی توأم با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد در سال اول در روش خاک‌ورزی رایج در شرایط ۵ درصد بقایا، الگوی کاشت زیگزاگی باعث افزایش ۵۰/۹۳ درصدی وزن هزاردانه نسبت به کاشت معمول شد، اما در سال دوم در همین سطح از روش خاک‌ورزی تحت ۶۰ درصد بقایا، الگوی کاشت زیگزاگی تأثیر افزایشی ۳۹/۹۲ درصدی معنی‌داری نسبت به کاشت معمول بر وزن هزاردانه داشت. تحت خاک‌ورزی حفاظتی این افزایش ۴۳/۰۹ درصد بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان گفت که زیرورو شدن بقایای گیاهی از طریق انجام عملیات خاک‌ورزی، منجر به فراهمی

خاک‌ورزی رایج در سال اول، تحت ۳۰ درصد بقایا معنی‌دار و ۳۶/۶۳ درصد بود (جدول ۳). احتمالاً وجود بقایای گیاهی و زیرورو شدن آن توسط عملیات خاک‌ورزی، سبب تأمین بهتر عناصر غذایی برای گیاه و تعداد کیسول در گیاه شده است. نتایج مطالعه نشان داد که برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر تعداد سنبله گندم در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (۲۶) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که بیش‌ترین تعداد سنبله در مترمربع در روش خاک‌ورزی رایج و کم‌ترین آن در شرایط خاک‌ورزی کاهشی و عدم استفاده از بقایای گیاهی حاصل شد. آن‌ها هم‌چنین تهیه بستر بذر مناسب در روش خاک‌ورزی متداول را دلیلی بر جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه و در نتیجه، باعث افزایش تعداد سنبله در واحد سطح دانستند (۲۷).
تعداد دانه در کیسول: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، تعداد دانه در کیسول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش سال \times خاک‌ورزی \times درصد بقایا \times الگوی کاشت معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین تعداد دانه در کیسول (۸۵/۷۵) در سال دوم و مربوط به روش خاک‌ورزی رایج با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بود و کم‌ترین آن (۲۳/۵۵) مربوط به سال اول و در روش عدم خاک‌ورزی و کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد. نتایج نشان داد در هر سه روش خاک‌ورزی با افزایش درصد بقایا تعداد دانه در کیسول افزایش داشت، اما بین سه روش خاک‌ورزی و حفظ ۵ درصد از بقایا در هر دو نوع الگوی کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نشان می‌دهد که ۶۰ درصد بقایا در زمین در هر سه روش خاک‌ورزی تأثیر تقریباً یکسانی بر تعداد دانه در کیسول داشت، اما در سال دوم در روش خاک‌ورزی حفاظتی با ۶۰

(۲۹). در آزمایشی که توسط ناصری‌راد و همکاران (۲۰۱۸) روی کلزا انجام شد مشخص گردید که در تیمار باقی گذاشتن بقایا عملکرد دانه و وزن هزاردانه بیش‌تری حاصل شد (۳۱). نتایج پژوهشی نشان داد که الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه و شاخص برداشت ذرت داشت به‌گونه‌ای که بیش‌ترین وزن هزاردانه متعلق به الگوی کاشت زیگزاگ بود. بیش‌تر بودن وزن هزاردانه در الگوی کاشت زیگزاگی را می‌توان به علت آرایش کاشت مناسب‌تر و استفاده بهتر بوته‌ها از عوامل محیطی دانست (۳۲).

مطلوب‌تر عناصر غذایی برای کنگد و افزایش وزن هزاردانه در مقایسه با شرایط عدم وجود بقایای گیاهی شده است که با نتایج سایر پژوهش‌گران در توافق است. سپیده‌دم و رمرودی (۲۰۱۶) بیان کردند که وزن هزاردانه کنگد در شرایط خاک‌ورزی متداول و کاهشی بیش از ۴۲/۵ گرم بود، درحالی‌که در شرایط عدم خاک‌ورزی کم‌تر از ۳۹ گرم بود. هم‌چنین بیان داشتند که در روش بدون خاک‌ورزی به‌دلیل کاهش عملکرد زیستی و در نتیجه کم بودن سطح فتوسنتزکننده در زمان پر شدن دانه‌ها وزن هزاردانه کاهش می‌یابد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برهمکنش خاک‌ورزی، بقایا و الگوی کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنگد در دو سال.
Table 2. Combined ANOVA of the interaction of tillage, residue percentage, and cropping pattern on sesame seed yield and yield components in two years.

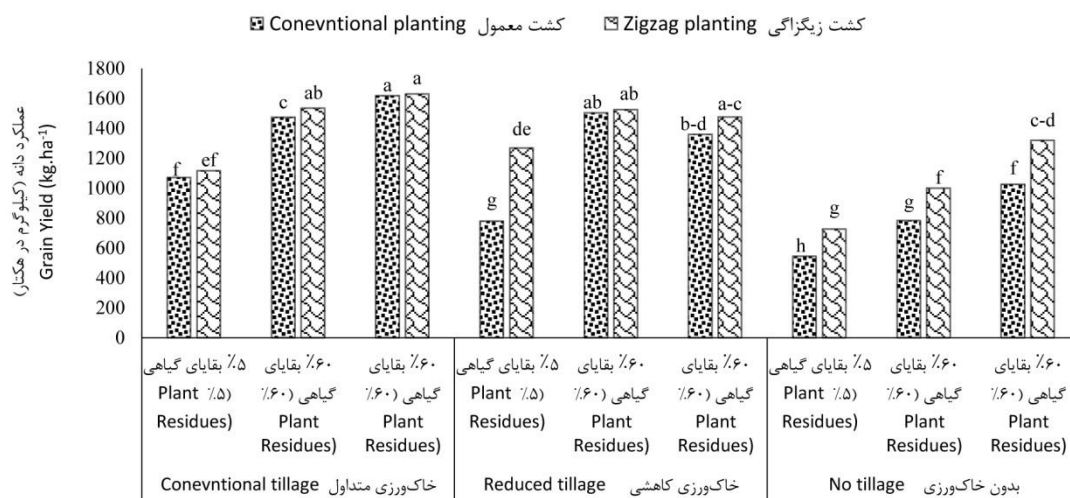
میانگین مربعات (Mean square)							
شاخص برداشت HI	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزاردانه 1000 seed weight	تعداد دانه در کپسول N. seed per capsules	تعداد کپسول در بوته N. capsules per plant	درجه آزادی D.F.	منابع تغییرات S.O.V.
0.68 ^{ns}	8604.6 ^{ns}	379.8 ^{ns}	0.64 ^{ns}	1.01 ^{ns}	7.27 ^{ns}	1	سال (Y)
15.70	415148.6	40483.9	0.76	50.87	137.03	4	Ea
11.20 ^{ns}	33725122 ^{**}	2641871.9 ^{**}	15.64 ^{**}	3986.16 ^{**}	8393.13 ^{**}	2	خاک‌ورزی (T)
27.97 ^{ns}	4537926.0 ^{**}	181686.8 ^{**}	0.55 ^{ns}	75.78 ^{ns}	2477.16 ^{**}	2	Y × T
54.72	325099.6	40009.6	1.15	63.93	46.56	8	Eb
346.27 ^{**}	7276545.4 ^{**}	2373924.9 ^{**}	24.62 ^{**}	310.55 ^{**}	1481.53 ^{**}	2	بقایا (R)
19.10 ^{ns}	213560.2 ^{ns}	6919.7 ^{ns}	5.73 ^{**}	1753.05 ^{**}	898.72 ^{**}	2	Y × R
94.61 ^{**}	809376.3 ^{**}	113923.3 ^{**}	1.47 ^{**}	77.66 ^{ns}	3030.26 ^{**}	4	T × R
71.93 [*]	1708066.6 ^{**}	50029.9 [*]	0.43 ^{ns}	1153.25 ^{**}	715.79 ^{**}	4	Y × T × R
10.74 ^{ns}	9613493.4 ^{**}	688110.9 ^{**}	8.28 ^{**}	1086.55 ^{**}	716.00 ^{**}	1	الگوی کشت (P)
17.16 ^{ns}	193378.7 ^{ns}	4591.9 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.17 ^{ns}	321.81 [*]	1	Y × P
125.32 ^{**}	691084.9 [*]	97881.5 [*]	0.95 ^{ns}	1490.38 ^{**}	109.59 ^{ns}	2	T × P
142.91 ^{**}	72777.4 ^{ns}	180498.6 ^{**}	1.51 [*]	502.02 ^{**}	98.87 ^{ns}	2	Y × T × P
45.57 ^{ns}	12390.0 ^{ns}	46316.2 ^{ns}	0.47 ^{ns}	172.17 [*]	512.29 ^{**}	2	R × P
39.47 ^{ns}	1432900.9 ^{**}	43249.1 ^{ns}	1.04 ^{ns}	391.17 ^{**}	219.36 ^{ns}	2	Y × R × P
50.37 ^{ns}	557198.3 [*]	75016.4 ^{**}	1.22 [*]	142.15 [*]	289.26 ^{**}	4	T × R × P
78.04 [*]	453234.6 [*]	43965.6 ^{ns}	1.99 ^{**}	233.68 ^{**}	241.34 [*]	4	Y × T × R × P
22.54	163925.0	19779.3	0.39	50.26	70.34	60	Ec
18.06	8.75	11.62	11.29	12.15	12.65	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ^{ns} غیرمعنی‌دار

*، ** significant at the 0.05, 0.01 of probability level respectively, and ^{ns} is non-significant

روش خاک‌ورزی حفاظتی و در کاربرد ۳۰ درصد بقایا در هر دو نوع الگوی کاشت تفاوت معنی‌داری نشان نداد که نشان‌دهنده سازگاری مناسب کنگد با روش خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین آن (۵۴۵/۹۱ کیلوگرم در هکتار) متعلق به شرایط عدم خاک‌ورزی و کاربرد ۵ درصد بقایا در الگوی کاشت معمول بود (شکل ۱).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت برهمکنش سه‌گانه سال × خاک‌ورزی × بقایا، سال × خاک‌ورزی × الگوی کاشت و خاک‌ورزی × بقایا × الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در روش خاک‌ورزی رایج توأم با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۶۲۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که با



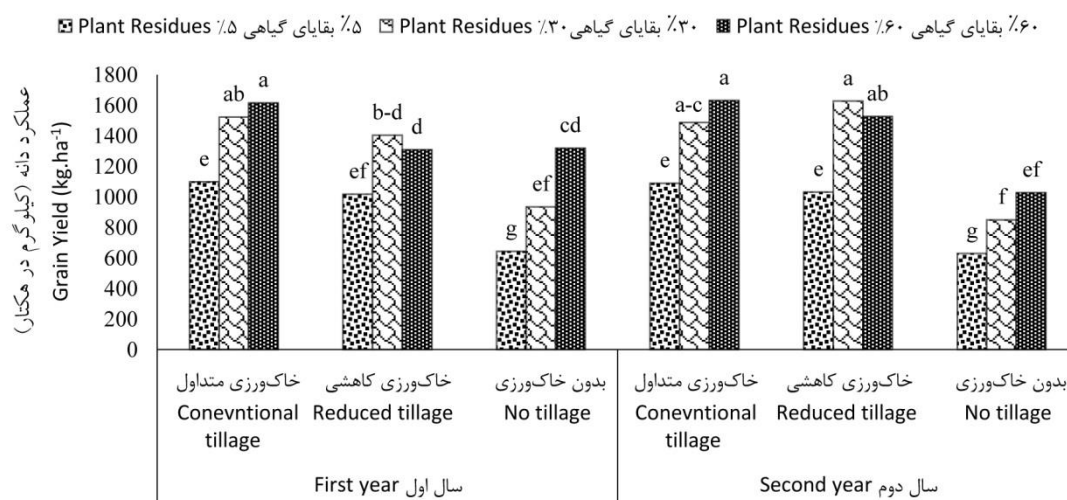
شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی × بقایا × الگوی کاشت بر عملکرد دانه کنگد.

Fig. 1. Comparison of mean sesame seed yield under interaction of tillage × residue × planting pattern.

عملکرد دانه در سال دوم آزمایش در روش خاک‌ورزی کاهشی و ۳۰ درصد بقایای گیاهی با روش خاک‌ورزی متداول و ۶۰ درصد بقایای گیاهی در هر دو سال آزمایش در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). روش خاک‌ورزی حفاظتی (کاهشی) در سال دوم توانست بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک و کاهش فشردگی آن، استقرار گیاه، رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه و در نهایت عملکرد محصول تأثیرگذار باشد (۳۳ و ۳۴). تعیین الگوی کاشت مناسب به‌منظور بهره‌وری مطلوب از انرژی تابشی، رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک و افزایش کارایی مصرف آب برای دستیابی به عملکرد بالاتر الزامی است (۳۵).

هم‌چنین در بررسی نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهمکنش سال × خاک‌ورزی × الگوی کاشت مشاهده شد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب (۱۴۳۲/۲۶ و ۶۶۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار) در سال اول، روش خاک‌ورزی رایج، کاشت زیگزاگی و سال دوم، روش عدم خاک‌ورزی، کاشت معمول حاصل شد (جدول ۶).

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها در برهمکنش سال × خاک‌ورزی × بقایا، بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۶۳۱/۸۸ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم و روش خاک‌ورزی رایج، ۶۰ درصد بقایا و کم‌ترین آن (۶۲۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سال دوم، روش عدم خاک‌ورزی و ۵ درصد بقایا بود. هم‌چنین



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش سال × خاک‌ورزی × بقایا بر عملکرد دانه کنجد.

Fig. 2. Comparison of means of interaction year × tillage × residue on sesame seed yield.

عدم فراهم بودن بستر مناسب برای رشد گیاهچه در روش بدون خاک‌ورزی از دلایل کاهش عملکرد زیست‌توده می‌باشد. این نتیجه با نتایج پژوهش زارعی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد (۳۶). در شرایط خاک‌ورزی متداول، خاک به‌طور کامل برگردانده می‌شود و تراکم خاک کم‌تر می‌گردد. بنابراین ریشه گیاه می‌تواند گسترش یابد و به رطوبت و عناصر غذایی در اعماق بیش‌تر خاک دسترسی بهتری داشته و موجب بهبود رشد رویشی گیاه و افزایش عملکرد زیست‌توده شود (۳۷). بر اساس گزارشی پژوهشی بالا بودن عملکرد در کاشت زیگزاکی به‌دلیل توزیع بهتر بوته‌ها روی پشته بوده که در این آرایش فاصله و فضای مناسب‌تری برای هر بوته جهت بهره‌برداری از نور، رطوبت، کود و سایر عناصر فراهم می‌شود (۳۸) که با نتایج پژوهش حاضر در رابطه با افزایش عملکرد کنجد در الگوی کاشت زیگزاکی مطابقت دارد. افزایش کل ماده خشک تولیدی با کاهش یافتن فاصله ردیف بوته‌ها می‌تواند مربوط به توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها باشد که استفاده از منابع به شکل بهتری انجام‌شده است و باعث رشد بیش‌تر و افزایش وزن خشک‌شده است (۳۹) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

عملکرد زیست‌توده: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تأثیر برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کشت بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده (۶۱۳۷/۳ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم تحت شرایط خاک‌ورزی رایج با ۶۰ درصد بقایا و الگوی کشت زیگزاکی و کم‌ترین مقدار (۲۴۰۹/۷ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم و روش عدم خاک‌ورزی توأم با ۵ درصد بقایا و الگوی کشت معمول حاصل شد (جدول ۴). اهمیت جوامع میکروبی خاک جهت کارکرد یک نظام به‌دلیل نقش مهمی است که در فرآیندهای خاک ایفا می‌کنند. وقتی مواد گیاهی حاوی کربن به خاک افزوده شود، میکروبی‌های تجزیه‌کننده برای کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد و کلسیم موردنیاز خود به دو منبع در دسترس این عناصر و مواد آلی اضافه‌شده به خاک متکی هستند، بنابراین با اضافه شدن بقایای گیاهی این میکروبی‌ها بقایای گیاهی را تجزیه می‌کنند و درنهایت، سبب افزایش عملکرد زیست‌توده می‌گردد (۳۰). کاهش عملکرد زیست‌توده در شرایط عدم خاک‌ورزی را می‌توان به مقاومت بیش‌تر خاک در مقابل رشد گیاه نسبت داد؛ بنابراین

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه کنجد تحت تأثیر خاک‌ورزی، بقایا و الگوی کاشت در دو سال.

Table 3. Comparison of means of capsule number per plant, seed number per capsule, and thousand-seed weight of sesame unader affected by tillage, residue and cropping pattern in two year.

وزن هزاردانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد دانه در کپسول N. seed per capsules	تعداد کپسول در بوته N. capsules per plant	آرایش کشت Planting pattern	بقایا Residues (%)	خاک‌ورزی Tillage	سال Year
1.31 ⁿ	43.07 ^{g-i}	85.91 ^a	Conventional	5	Conventional	
2.67 ^{g-l}	64.83 ^{b-f}	71.76 ^{a-e}	Zigzag			
3.97 ^{c-f}	55.41 ^{d-g}	51.16 ^{gh}	Conventional	30		
4.00 ^{c-f}	72.56 ^{bc}	80.73 ^{a-c}	Zigzag			
4.52 ^{b-d}	65.44 ^{b-e}	75.50 ^{a-d}	Conventional	60		
5.52 ^{ab}	78.42 ^{ab}	77.06 ^{a-d}	Zigzag			
1.28 ⁿ	63.24 ^{c-f}	45.91 ^h	Conventional	5	Reduced	Y1
1.68 ^{k-n}	62.41 ^{c-f}	57.48 ^{e-h}	Zigzag			
2.82 ^{f-k}	69.21 ^{b-d}	64.62 ^{c-g}	Conventional	30		
3.40 ^{d-i}	51.12 ^{f-h}	77.73 ^{a-d}	Zigzag			
4.11 ^{c-e}	68.03 ^{b-d}	76.93 ^{a-d}	Conventional	60		
3.00 ^{e-j}	69.31 ^{b-d}	75.70 ^{a-d}	Zigzag			
1.46 ^{l-n}	23.55 ^l	26.16 ⁱ	Conventional	5	No	
1.33 ^{mn}	35.24 ^{i-l}	55.92 ^{f-h}	Zigzag			
1.87 ^{j-n}	43.59 ^{g-i}	43.33 ^h	Conventional	30		
2.58 ^{h-l}	53.05 ^{e-h}	62.04 ^{d-g}	Zigzag			
2.87 ^{f-k}	64.27 ^{c-f}	77.57 ^{a-d}	Conventional	60		
3.85 ^{c-g}	65.27 ^{b-e}	83.13 ^{ab}	Zigzag			
2.63 ^{g-l}	67.66 ^{b-d}	68.48 ^{b-f}	Conventional	5	Conventional	
3.32 ^{d-i}	67.01 ^{b-d}	81.53 ^{ab}	Zigzag			
3.12 ^{e-j}	43.65 ^{g-i}	82.20 ^{ab}	Conventional	30		
3.15 ^{e-i}	74.23 ^{a-c}	83.03 ^{ab}	Zigzag			
3.43 ^{d-i}	40.35 ^{h-j}	84.20 ^{ab}	Conventional	60		
5.71 ^a	85.75 ^a	85.20 ^{ab}	Zigzag			
2.70 ^{g-l}	56.04 ^{d-g}	75.07 ^{a-d}	Conventional	5	Reduced	Y2
2.30 ⁱ⁻ⁿ	64.00 ^{c-f}	75.73 ^{a-d}	Zigzag			
2.20 ⁱ⁻ⁿ	68.30 ^{b-d}	79.83 ^{a-c}	Conventional	30		
3.76 ^{c-h}	68.33 ^{b-d}	82.07 ^{ab}	Zigzag			
2.68 ^{g-l}	71.33 ^{bc}	80.20 ^{a-c}	Conventional	60		
4.71 ^{a-c}	74.87 ^{a-c}	82.40 ^{ab}	Zigzag			
1.87 ^{j-n}	68.75 ^{b-d}	23.52 ^l	Conventional	5	No	
2.77 ^{f-k}	53.08 ^{e-h}	46.29 ^h	Zigzag			
2.38 ⁱ⁻ⁿ	55.23 ^{d-g}	45.56 ^h	Conventional	30		
1.73 ^{k-n}	37.73 ^{i-k}	53.97 ^{f-h}	Zigzag			
2.55 ^{h-m}	25.51 ^{kl}	43.77 ^h	Conventional	60		
2.25 ⁱ⁻ⁿ	29.65 ^{j-l}	24.94 ⁱ	Zigzag			

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش دانکن محافظت‌شده معنی‌دار نمی‌باشد

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و درصد روغن کنجد تحت تأثیر خاک‌ورزی، بقایا و الگوی کاشت در دو سال.

Table 4. Comparison of mean seed and biological yield, harvest index and oil percentage of sesame seed as affected by tillage, residue and planting pattern in two years.

درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت HI (%)	عملکرد زیست‌توده Biological yield (kg.ha ⁻¹)	آرایش کشت Planting pattern	بقایای Residues (%)	خاک‌ورزی Tillage	سال Year
46.40 ^{e-h}	21.42 ^{e-j}	4975.3 ^{d-h}	Conventional	5		
48.52 ^{de}	19.18 ^{h-j}	5965.3 ^{a-c}	Zigzag			
51.28 ^{bc}	27.17 ^{c-j}	5526.7 ^{a-d}	Conventional	30	Conventional	
50.24 ^{cd}	26.31 ^{c-j}	5881.3 ^{a-c}	Zigzag			
54.34 ^a	30.71 ^{a-e}	5267.3 ^{b-g}	Conventional	60		
52.05 ^{bc}	28.14 ^{b-h}	5779.3 ^{a-c}	Zigzag			
46.59 ^{e-g}	17.73 ^{ij}	3539.3 ^m	Conventional	5		
47.28 ^{e-g}	36.92 ^{ab}	3954.2 ^{i-m}	Zigzag			
48.08 ^{d-f}	26.45 ^{c-j}	5227.3 ^{e-g}	Conventional	30	Residued	Y1
51.83 ^{bc}	26.68 ^{c-j}	5335.0 ^{b-f}	Zigzag			
52.30 ^{a-c}	26.10 ^{c-j}	4567.2 ^{f-j}	Conventional	60		
51.41 ^{bc}	30.41 ^{a-f}	4690.0 ^{e-i}	Zigzag			
45.23 ^{gh}	25.09 ^{c-j}	2440.0 ⁿ	Conventional	5		
45.43 ^{gh}	17.63 ^j	3911.3 ^{j-m}	Zigzag			
46.47 ^{e-g}	21.08 ^{fj}	3934.3 ^{i-m}	Conventional	30	No	
47.37 ^{e-g}	28.53 ^{b-h}	3786.7 ^{k-m}	Zigzag			
46.27 ^{e-h}	33.75 ^{a-c}	3943.0 ^{i-m}	Conventional	60		
48.10 ^{d-f}	28.92 ^{b-g}	4726.0 ^{e-h}	Zigzag			
46.51 ^{e-g}	24.10 ^{d-j}	4525.3 ^{g-k}	Conventional	5		
52.00 ^{bc}	22.23 ^{e-j}	4952.0 ^{d-h}	Zigzag			
51.52 ^{bc}	38.64 ^a	3795.0 ^{j-m}	Conventional	30	Conventional	
53.09 ^{ab}	25.63 ^{c-j}	6039.0 ^{ab}	Zigzag			
51.24 ^{bc}	27.80 ^{b-h}	5857.3 ^{a-c}	Conventional	60		
53.08 ^{ab}	27.05 ^{c-j}	6137.2 ^a	Zigzag			
46.01 ^{f-h}	19.82 ^{g-i}	4844.3 ^{d-h}	Conventional	5		
48.13 ^{d-f}	21.26 ^{e-j}	5200.7 ^{e-g}	Zigzag			
52.00 ^{bc}	30.72 ^{a-e}	5305.3 ^{b-g}	Conventional	30	Residued	Y2
51.36 ^{bc}	29.31 ^{b-g}	5555.0 ^{a-d}	Zigzag			
48.08 ^{d-f}	28.45 ^{b-h}	5377.3 ^{a-e}	Conventional	60		
50.23 ^{cd}	26.48 ^{c-j}	5814.0 ^{a-c}	Zigzag			
44.22 ^h	20.01 ^{g-j}	2409.7 ⁿ	Conventional	5		
45.31 ^{gh}	30.08 ^{a-f}	2583.0 ⁿ	Zigzag			
47.23 ^{e-g}	20.04 ^{g-j}	3685.3 ^{lm}	Conventional	30	No	
47.30 ^{e-g}	21.83 ^{e-j}	4373.0 ^{h-i}	Zigzag			
47.47 ^{e-g}	28.53 ^{b-h}	2698.7 ⁿ	Conventional	60		
4676 ^{e-g}	32.73 ^{a-d}	3976.2 ^{i-m}	Zigzag			

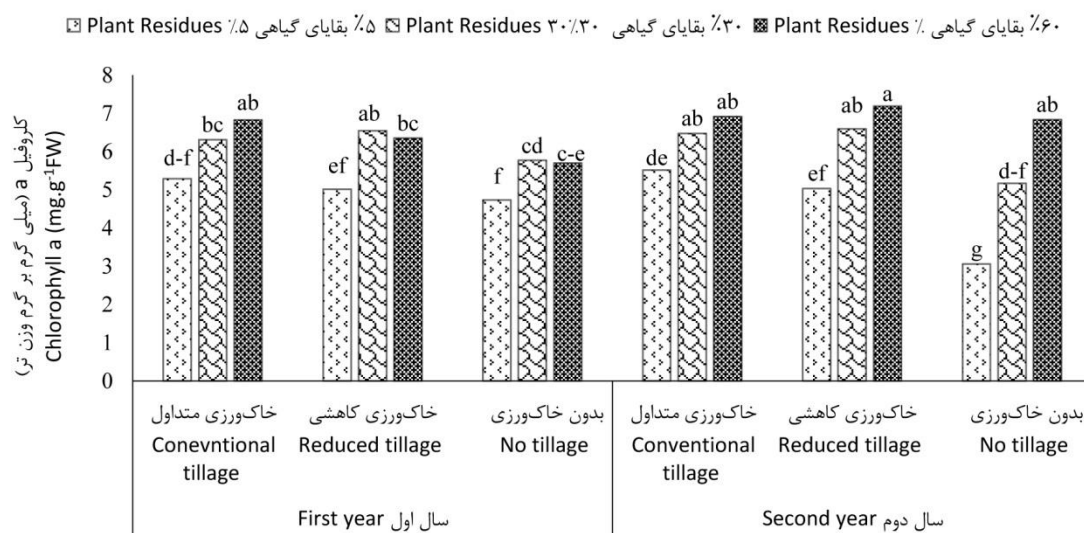
میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش دانکن محافظت شده معنی دار نمی‌باشد

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

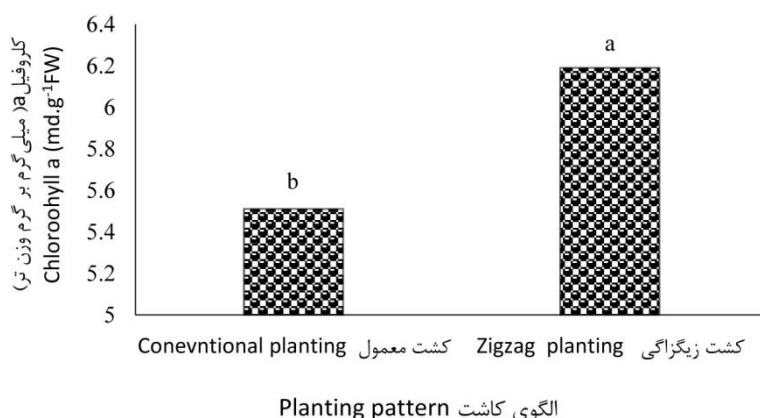
رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a, b, کل و کاروتنوئید): نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت بر کلروفیل b در سطح پنج درصد و کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری شد و کلروفیل a تحت تأثیر اثر الگوی کاشت و برهمکنش سال × خاک‌ورزی × بقایا در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۵).

کلروفیل a: طبق نتایج مقایسه میانگین‌های بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کلروفیل a به ترتیب (۷/۱۸، ۳/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، در روش خاک‌ورزی حفاظتی و ۶۰ درصد بقایا در سال دوم، شرایط عدم خاک‌ورزی، ۵ درصد بقایا در سال دوم مشاهده شد (شکل ۳). نتایج نشان داد مقدار کلروفیل a تحت الگوی کاشت زیگزاگی دارای افزایش ۱۰/۹۸ درصدی معنی‌داری نسبت به کاشت معمول بود (شکل ۴).

شاخص برداشت: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب، شاخص برداشت به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به مقایسات میانگین در سال دوم و روش خاک‌ورزی رایج توأم با کاربرد ۳۰ درصد بقایا و در الگوی کاشت معمول بیش‌ترین (۳۸/۶۴) و در سال اول و شرایط عدم خاک‌ورزی توأم با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی کم‌ترین مقدار آن (۱۷/۶۲) مشاهده گردید (جدول ۴). تأمین مقدار کافی عناصر غذایی موردنیاز گیاه یکی از جنبه‌های بسیار مهم در مدیریت زراعی است و می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید و شاخص برداشت ایفا کند. برگشت بقایای گیاهی در فراهمی نیتروژن، افزایش عملکرد و شاخص برداشت گیاه نقش مؤثری ایفا می‌کند (۴۰).



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سال × خاک‌ورزی × بقایا بر کلروفیل a.
Fig. 3. Mean interaction of year × tillage × residue on chlorophyll a.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر آرایش کاشت بر کلروفیل a.

Fig. 4. Mean interaction of of planting pattern on chlorophyll a.

توأم با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی مشاهده شد که با الگوی کاشت معمول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در پژوهش نوذری و همکاران (۲۰۲۲) مشخص گردید که روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های مهم گندم تأثیر معنی‌داری داشته است، به طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل در خاک‌ورزی متداول مشاهده شد (۴۲). در مورد تأثیر مثبت کاربرد روش خاک‌ورزی متداول بر میزان کلروفیل برگ و کاروتنوئید می‌توان گفت وجود شرایط مناسب بستر کشت و استقرار سریع گیاه جهت بهره‌برداری از طول فصل رشد در شرایطی که میزان بقایای گیاهی فراهم است، به تقویت رشد و افزایش سطح جذب گیاه منجر می‌شود. این عوامل در نهایت می‌تواند سبب افزایش میزان رنگیزه‌ها (از جمله کاروتنوئیدها) در واحد سطح برگ گردد و سرانجام سبب افزایش تولید کلروفیل می‌شوند (۴۰). افزایش هرگونه بقایای گیاهی سبب تحریک شدید فعالیت میکروبی و بهبود وضعیت زیست‌توده میکروبی و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی می‌گردد که این بستگی به نوع و کیفیت بقایای گیاهی دارد. با توجه به نقش ساختاری نیتروژن در مولکول کلروفیل برگ و این‌که نیتروژن جزء اصلی ترکیبات پروتئینی از جمله آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های

کلروفیل b: براساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش چهارگانه، بیش‌ترین مقدار کلروفیل b تحت شرایط بدون خاک‌ورزی با ۳۰ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول در سال اول مشاهده شد که نسبت به ۵ درصد بقایا افزایش ۳۵ درصدی معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد در سال اول در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی مقدار کلروفیل b با حفظ ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول کم‌ترین مقدار را داشت و افزایش درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی افزایش معنی‌داری در همین روش خاک‌ورزی داشت (جدول ۷).

کلروفیل کل: براساس نتایج مقایسه میانگین، بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل (۱۱/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) در روش خاک‌ورزی حفاظتی توأم با حفظ ۳۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی در سال دوم و کم‌ترین آن (۵/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) در شرایط عدم خاک‌ورزی توأم با کاربرد ۵ درصد بقایا، کاشت معمول در سال دوم مشاهده شد (جدول ۷).

کاروتنوئید: نتایج مقایسه میانگین برهمکنش نشان داد که بیش‌ترین کاروتنوئید برگ (۲/۹۰ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) به شرایط بدون خاک‌ورزی با ۳۰ درصد بقایا و با الگوی کاشت زیگزاگی در سال اول و کم‌ترین آن (۰/۹۱) نیز در سال اول و روش خاک‌ورزی کامل

کلروفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب، ۱/۵۶، ۰/۷۹ و ۰/۴ میلی‌گرم در الگوی کاشت کف فارو و کم‌ترین آن‌ها رنگیزه‌های فتوسنتزی از الگوی کاشت معمول به‌دست آمد (۴۴). دلیل این امر می‌تواند به بهره‌وری بیش‌تر گیاه از عوامل محیطی از جمله مواد غذایی، رطوبت و نور را در پی داشته و بدین‌صورت موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردد.

اسمزی، هورمون‌ها و دیگر ترکیبات سلولی به‌حساب می‌آید، بنابراین افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در نتیجه افزایش مصرف بقایای گیاهی حاوی نیتروژن، منطقی است (۴۳). نتایج پژوهش دوانی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در الگوی کاشت کف فارو نسبت به الگوی کاشت معمول افزایش داشته است به‌گونه‌ای که بیش‌ترین

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب خاک‌ورزی، درصد بقایای و الگوی کاشت بر رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید) و درصد و عملکرد روغن دانه در دو سال.

Table 5. Combined ANOVA of tillage, residue percentage, and planting pattern on photosynthetic pigments (chlorophyll a, b, total and carotenoids) and oil seed percentage and yield in two years.

میانگین مربعات (Mean square)							
عملکرد روغن Oil yeild	درصد روغن Oil percentage	کاروتنوئید Carotenoids	کلروفیل کل Total chl.	کلروفیل b Chl.b	کلروفیل a Chl.a	درجه آزادی D.F.	منابع تغییرات S.O.V.
835.2 ^{ns}	0.47 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1	سال (Y)
7525.9	0.94	0.11	0.52	0.09	0.34	4	Ea
898528.6 ^{**}	0.18 ^{**}	0.54 ^{**}	13.65 ^{**}	0.73 [*]	11.22 ^{**}	2	خاک‌ورزی (T)
41434.7 ^{**}	2.81 ^{ns}	0.21 [*]	1.86 ^{**}	0.29 ^{ns}	1.16 ^{**}	2	Y × T
7102.9	3.92	0.04	0.07	0.12	0.06	8	Eb
761597.6 ^{**}	120.64 ^{**}	4.46 ^{**}	44.52 ^{**}	3.55 ^{**}	33.66 ^{**}	2	بقایا (R)
8452.9 ^{ns}	14.44 ^{**}	0.97 ^{**}	0.59 [*]	1.42 ^{**}	3.16 ^{**}	2	Y × R
37197.6 ^{**}	5.28 ^{**}	0.23 [*]	0.46 [*]	0.36 [*]	0.82 ^{**}	4	T × R
9628.6 ^{ns}	4.29 [*]	0.41 ^{**}	0.87 ^{**}	0.91 ^{**}	1.74 ^{**}	4	Y × T × R
207425.8 ^{**}	27.80 ^{**}	2.69 ^{**}	28.44 ^{**}	3.23 ^{**}	12.50 ^{**}	1	الگوی کشت (P)
51.34 ^{ns}	4.94 ^{ns}	1.81 ^{**}	0.29 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1	Y × P
19454.9 [*]	1.38 ^{ns}	0.41 ^{**}	0.11 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.44 ^{ns}	2	T × P
42138.4 ^{**}	11.11 ^{**}	0.72 ^{**}	0.71 ^{ns}	0.72 ^{**}	0.10 ^{ns}	2	Y × T × P
13137.3 [*]	6.37 [*]	0.33 ^{**}	0.0004 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.32 ^{ns}	2	R × P
10384.3 ^{ns}	5.09 [*]	0.14 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2	Y × R × P
15792.9 [*]	4.45 [*]	0.08 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.30 ^{ns}	4	T × R × P
5957.7 ^{ns}	4.49 [*]	0.18 [*]	0.40 [*]	0.70 ^{**}	0.31 ^{ns}	4	Y × T × R × P
4700.92	1.40	0.07	0.15	0.14	0.15	60	Ec
11.45	2.42	14.54	4.28	11.38	6.70	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ^{ns} غیرمعنی‌دار

*، ** significant at the 0.05, 0.01 of probability level respectively, and ^{ns} is non-significant

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های برهمکنش سال، خاک‌ورزی و الگوی کاشت بر عملکرد روغن و دانه در دو سال.

Table 6. Comparison of experiment year, tillage, and planting pattern on oil and seed yield in two year.

عملکرد روغن Oil yield (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (Kg.ha ⁻¹)	آرایش کشت Planting pattern	خاک‌ورزی Tillage	سال Year
714.35 ^{ab}	1394.6 ^a	Conventional	Conventional	Y1
722.94 ^{ab}	1432.0 ^a	Zigzag		
520.80 ^c	1058.0 ^b	Conventional	Reduced	
716.28 ^{ab}	1429.0 ^a	Zigzag		
419.24 ^d	911.8 ^c	Conventional	No	
482.25 ^{cd}	1021.1 ^{bc}	Zigzag		
692.24 ^{ab}	1328.2 ^a	Conventional	Conventional	Y2
751.67 ^a	1424.1 ^a	Zigzag		
674.45 ^b	13822 ^a	Conventional	Reduced	
711.65 ^{ab}	1419.7 ^a	Zigzag		
308.51 ^c	660.6 ^d	Conventional	No	
470.71 ^{cd}	1010.7 ^{bc}	Zigzag		

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش دانکن محافظت شده معنی‌دار نمی‌باشد

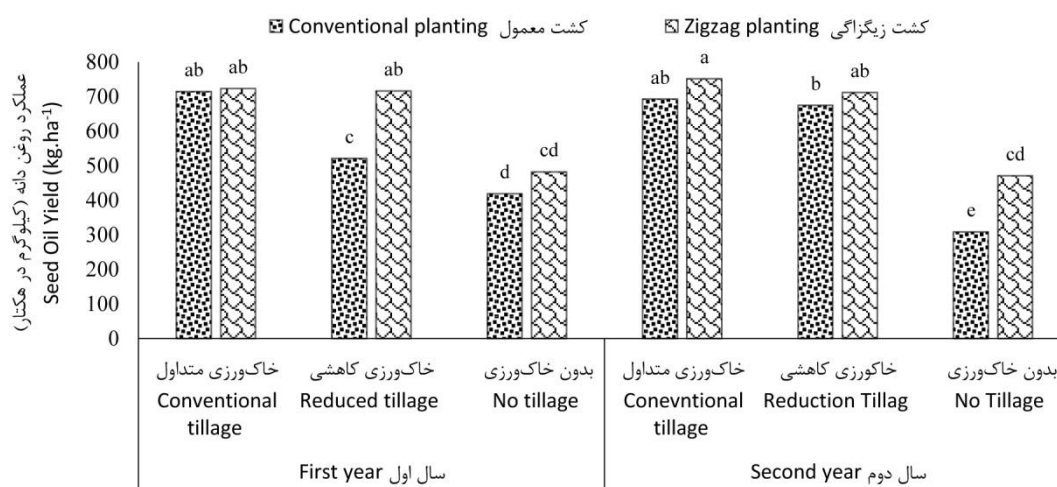
Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

عملکرد روغن دانه تأثیر دارد. در بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی، الگوی کاشت و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به این نتایج دست یافتند که حفظ بقایا و الگوی کاشت سبب افزایش عملکرد روغن دانه کلزا می‌گردد (۴۵). نتایج پژوهشی نشان داد که درصد روغن آفتابگردان در شرایط شخم رایج افزایش یافت (۴۶). هم‌چنین نتایج پژوهش دیگری نشان داد که درصد روغن دانه آفتابگردان تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار گرفت و روش خاک‌ورزی حفاظتی درصد روغن بیشتری را نسبت به روش خاک‌ورزی متداول تولید کرد (۴۶). درصد روغن از باثبات‌ترین ویژگی دانه‌های روغنی می‌باشد و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج پژوهشی نشان داد که درصد روغن دانه در درجه اول تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد و در صورتی که گیاه تحت تنش‌های شدید محیطی قرار نگیرد، درصد

درصد روغن دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، درصد روغن دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین درصد روغن (۵۴/۳۴ درصد) در سال اول تحت روش خاک‌ورزی رایج با ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول مشاهده شده که با روش خاک‌ورزی حفاظتی در همین سال و ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی و هم‌چنین در شرایط کاربرد ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا و در شرایط خاک‌ورزی کامل و الگوی کاشت زیگزاگی در سال دوم تفاوت معنی‌داری نداشت. هم‌چنین کم‌ترین درصد روغن (۴۴/۲۲ درصد) در سال دوم و در روش عدم خاک‌ورزی توأم با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد (جدول ۴). در تحقیقات متعدد نشان داده شد که علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل محیطی نیز بر درصد و

عملکرد روغن در سطح پنج درصد داشتند (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها برهمکنش خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت، بیش‌ترین عملکرد روغن (۸۵۶/۶۵) در روش خاک‌ورزی رایج توأم با ۶۰ درصد بقایا و کاشت زیگزاگی و کم‌ترین آن (۲۴۶/۹۲) کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم خاک‌ورزی، ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد (شکل ۵).

روغن دانه در هر رقم ثابت باقی می‌ماند (۴۸) که با نتایج پژوهش غلامحسینی و همکاران (۲۰۲۰) که بیان کردند تیمار الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه کنگد نداشته است، همخوانی دارد (۴۹).
عملکرد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد برهمکنش خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری و برهمکنش سال × خاک‌ورزی × الگوی کاشت تأثیر معنی‌داری بر



شکل ۵- مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی × بقایا × الگوی کاشت بر عملکرد روغن.

Fig. 5. Comparison of mean tillage × residue × planting pattern on oil yield.

۱۶ و ۲۰ درصد در مقایسه با عدم استفاده از بقایا در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ افزایش یافت که دلیل این افزایش می‌تواند افزایش محتوای عناصر غذایی و افزایش رطوبت خاک باشد (۵۰). در مورد تأثیر الگوی کاشت بر ویژگی‌های کیفی کنگد باید عنوان شود که اگرچه عملکرد روغن یک ویژگی ژنتیکی است، اما تحت تأثیر شرایط محیطی، الگوی کاشت و تراکم بوته نیز قرار می‌گیرد؛ به دلیل وجود رابطه مثبت بین عملکرد روغن و عملکرد دانه با افزایش عملکرد دانه در الگوی کاشت زیگزاگی، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد که با نتایج حبیب‌زاده و غلام‌حسینی (۲۰۲۲) مطابقت دارد (۵۱).

مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، در برهمکنش سال × خاک‌ورزی × الگوی کاشت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد روغن دانه ۷۵۱/۶۷، ۳۰۸/۵۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب تحت تیمار خاک‌ورزی رایج، الگوی کاشت زیگزاگی در سال دوم و تیمار عدم خاک‌ورزی، کاشت معمول در سال اول مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به این‌که عملکرد روغن تحت تأثیر درصد روغن و عملکرد دانه است، بنابراین دلیل افزایش عملکرد روغن را می‌توان بهبود عملکرد دانه در این شرایط دانست. در مطالعه اثر مقادیر مختلف بقایای گندم بر درصد روغن کلزا گزارش شد که در شرایط کاربرد بقایای گیاهی محتوای روغن کلزا

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های برهمکنش خاک‌ورزی، بقایای و الگوی کاشت بر رنگیزه‌های فتوسنتزی (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در دو سال.

Table 7. Means Comparison of interaction of tillage, residue and planting pattern on photosynthetic pigments ($\mu\text{mol/g.dw}^{-1}$) in two year.

کاروتنوئید Carotenoids (mg g ⁻¹ Fw)	کلروفیل کل Total chl. (mg g ⁻¹ Fw)	کلروفیل b Chl b (mg g ⁻¹ Fw)	آرایش کاشت Planting pattern	بقایا Residue (%)	خاک‌ورزی Tillage	سال Year
1.021 ^{m-o}	7.69 ^{o-q}	2.59 ^{ij}	Conventional	5	Conventional	Y1
0.915 ^o	8.56 ^{j-m}	3.09 ^{e-j}	Zigzag			
1.570 ^{h-l}	8.97 ^{h-k}	3.06 ^{e-j}	Conventional	30		
2.368 ^{bc}	10.43 ^{b-e}	3.73 ^{a-e}	Zigzag			
1.834 ^{d-j}	9.37 ^{f-i}	2.60 ^{ij}	Conventional	60	Reduced	
1.844 ^{d-j}	10.03 ^{b-f}	3.13 ^{d-j}	Zigzag			
1.573 ^{h-l}	7.28 ^{pq}	2.40 ^j	Conventional	5		No
1.721 ^{f-j}	8.56 ^{j-m}	3.42 ^{b-h}	Zigzag			
1.740 ^{e-j}	9.87 ^{c-g}	3.68 ^{a-f}	Conventional	30		
2.210 ^{b-f}	10.57 ^{a-c}	3.67 ^{a-f}	Zigzag			
1.957 ^{b-h}	9.52 ^{f-h}	3.66 ^{a-f}	Conventional	60	Conventional	
2.419 ^b	10.70 ^{ab}	3.84 ^{a-d}	Zigzag			
0.998 ^{no}	7.11 ^q	2.73 ^{h-j}	Conventional	5		No
2.301 ^{b-d}	7.78 ^{n-q}	2.70 ^{h-j}	Zigzag			
1.433 ⁱ⁻ⁿ	9.41 ^{f-h}	4.20 ^a	Conventional	30		
2.903 ^a	9.73 ^{e-g}	3.41 ^{b-h}	Zigzag			
1.188 ^{k-o}	8.28 ^{k-o}	3.01 ^{e-j}	Conventional	60	Reduced	
1.817 ^{d-j}	9.45 ^{f-h}	3.31 ^{e-j}	Zigzag			
1.207 ^{k-o}	8.00 ^{l-p}	2.91 ^{g-j}	Conventional	5		Conventional
1.496 ^{h-m}	8.91 ^{h-k}	2.98 ^{f-j}	Zigzag			
1.575 ^{h-l}	9.71 ^{e-g}	3.74 ^{a-e}	Conventional	30		
1.948 ^{b-h}	10.47 ^{b-d}	3.50 ^{a-g}	Zigzag			
2.247 ^{b-e}	9.58 ^{f-h}	2.73 ^{h-j}	Conventional	60	Reduced	
2.129 ^{b-g}	10.50 ^{a-d}	3.52 ^{a-g}	Zigzag			
1.341 ^{j-o}	7.89 ^{m-p}	2.98 ^{f-j}	Conventional	5		No
1.675 ^{g-k}	8.45 ^{j-n}	3.31 ^{c-i}	Zigzag			
1.901 ^{c-i}	9.74 ^{e-g}	3.72 ^{a-c}	Conventional	30		
1.812 ^{d-j}	11.19 ^a	4.02 ^{a-c}	Zigzag			
2.398 ^{bc}	9.78 ^{d-g}	2.59 ^{ij}	Conventional	60	Conventional	
2.156 ^{b-g}	10.63 ^{ab}	3.43 ^{b-h}	Zigzag			
1.173 ^{l-o}	5.74 ^r	3.11 ^{d-j}	Conventional	5		No
0.992 ^{no}	7.59 ^{o-q}	4.10 ^{ab}	Zigzag			
1.672 ^{g-k}	7.61 ^{o-q}	2.76 ^{h-j}	Conventional	30		
1.747 ^{e-j}	9.13 ^{g-j}	3.65 ^{a-f}	Zigzag			
2.143 ^{b-g}	8.67 ^{i-l}	2.56 ^j	Conventional	60	Conventional	
2.215 ^{b-f}	10.02 ^{b-f}	2.46 ^j	Zigzag			

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش دانکن محافظت‌شده معنی‌دار نمی‌باشد

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که برهمکنش خاک‌ورزی توأم با حفظ بقایای گیاهی و آرایش کاشت برتری قابل‌توجهی نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست، وزن هزاردانه، تعداد دانه در کپسول، درروش خاک‌ورزی رایج توأم با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزاگی در دو سال آزمایش مشاهده شد. افزایش عملیات خاک‌ورزی درروش خاک‌ورزی رایج و تا حدودی حفظ بخشی از بقایای گیاهی معمولاً موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت مکانیکی خاک شده که احتمالاً سبب افزایش رشد ریشه و عملکرد گیاه گردیده است و هم‌چنین آرایش کاشت زیگزاگی فضای مناسبی را برای هر بوته جهت بهره‌گیری بهتر از نور، رطوبت و عناصر غذایی را فراهم نموده است. نتایج نشان داد که کاربرد روش‌های خاک‌ورزی توأم با نگهداری ۶۰-۳۰ درصد بقایای گیاهی و آرایش کاشت زیگزاگی در افزایش عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه نقش مؤثری ایفا می‌کند.

با این حال، لازم به ذکر است که این پژوهش دارای برخی محدودیت‌ها است. اولاً، این مطالعه در یک منطقه خاص و با شرایط اقلیمی مشخص انجام شده

است و نتایج آن ممکن است به‌طور مستقیم به مناطق دیگر تعمیم داده نشود. ثانیاً، مدت‌زمان انجام آزمایش دو سال بوده است که ممکن است برای ارزیابی کامل اثرات بلندمدت روش‌های مختلف خاک‌ورزی کافی نباشد. هم‌چنین، در این پژوهش تنها برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکردی کنگد موردبررسی قرار گرفته است و ممکن است عوامل دیگری نیز بر نتایج مطالعه تأثیرگذار باشند.

بر اساس نتایج، اگرچه روش خاک‌ورزی رایج نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های موردبررسی داشت، اما باید توجه داشت که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در بلندمدت اثرات مثبت و قابل‌توجهی بر پایداری خاک و محیط‌زیست ایجاد خواهد کرد. با توجه به محدودیت‌های ذکرشده، پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیش‌تری در مناطق مختلف و با مدت‌زمان طولانی‌تر برای تأیید نتایج این پژوهش انجام شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل برای تأمین هزینه مالی که از محل اعتبارات پژوهانه به شماره GR9360، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- Hjazi, A. (1999). Rapeseed (cultivation, planting, growing and harvesting). (1th ed). Rozeneh Publications.
- Heidarieh, Z., Jafari, A. R., Ebrahimi, H. R., Jafari Haghghi, B., & Miri, H. R. (2022). The effect of priming on physiological and yield characteristics of different sesame varieties under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 29(3), 165-187.
- Latifi, S., Raheli, H., & Saadi, H. (2017). Identification and analysis of driving factors of conservation agriculture development in Iran. *Iranain Agricultural Extension and Education Journal*, 13(1), 105-125.
- Felegari, SH., Hamzei, J., & Nael, M. (2018). Effect of different tillage practices and canola cover crop on yield, yields components of sunflower and soil quality indicators. *Iranain Journal of Field crops Research*, 16(3), 599-614.
- Halvorson, A. D., Reule, C. A., & Murphy, L. S. (2000). No-tillage and N

- fertilization enhance soil carbon sequestration. *Fluid Journal*, 8(3), 8-11.
6. Jin, H., Hongwen, L., Xiaoyan, W., Hugh, A., Wenying, L., Huanwen, G., & Kuhn, N. (2007). The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. *Soil and Tillage Research*, 94, 493-502.
 7. Riley, H., Bleken, M., Abrahamsen, A., & Bakken, A. (2005). Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool wet climate of central Norway. *Soil and Tillage Research*, 80, 79-93.
 8. Afzali Gorouh, H., Asodar, M. A., & Khodarhampour, Z. (2012). Effect of irrigation method and tillage level on water use efficiency and corn grain yield (*Zea Mays L.*) in Kerman. *Water and Soil Science*, 22(3), 47-58.
 9. Abbona, E. A., Sarando'n, S. J., Maracas, M. E., & Astier, M. (2007). Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119, 335-345.
 10. Chen, C. R., Condrón, L. M., Davis, M. R., & Sherlick, R. R. (2003). Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 177, 35-43.
 11. Mayer, J., Buegger, F., Jensen, E. S., Schloter, M., & He, J. (2003). Residual nitrogen contribution from grain legumes to succeeding wheat and rape and related microbial process. *Plant Soil*, 255, 541-554.
 12. Zare Ghanatnoi, H., Tadayon, M. S., & Gheisari, A. (2018). The effects of different tillage methods and plant residue management on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum L.*). National Conference on Drought Stress Management and Water Shortage in Agriculture, March 4, 2018. Azad University, Arsanjan branch.
 13. Momeni, D., Shrif, A., & Esfandiari, S. (2018). Effect of using conservation tillage on yield of sesame. In: Proceedings of 5th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 6-7 Sept., Mashhad - Iran.
 14. Saffari, M., & Koocheki, A. (2002). Sesame yield and yield components responses to tillage methods and residue management in different rotations. *Agricultural Sciences and Technology*, 16(1), 27-34.
 15. Afzali Gorouh, H., Naghavi, H., Rostami, M. A., & Najafinezhad, H. (2019). Effect of conservation tillage and wheat residue management in some soil properties and grain yield of corn. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(1), 1-12.
 16. Bahrani, M., Raufat, M. H., & Ghadiri, H. (2007). Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. *Soil and Tillage Research*, 94, 305-309.
 17. Shuang, L., Xing, Y. Z., Jingyi, Y., & Craig, F. D. (2013). Effect of conservation and conventional tillage on soil water storage, water use efficiency and productivity of corn and soybean in Northeast China. *Soil and Plant Science*, 63(5), 383-394.
 18. Anderson, R. L. (1990). No till proso millet production. *Agronomy Journal*, 82, 577-580.
 19. Zeinvand Lorestani, E., Jahansouz, M. R., Oveisi, M., Ahmadi, A., & Soufizadeh, S. (2023). The effects of tillage systems, water stress and nitrogen fertilizer on yield and quality of forage sorghum (*Sorghum bicolor L.*). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(4), 203-218.
 20. Chaichi, M. R., Farhoodi, R., Majnoun Hosseini, N., & Savaghebi, G. H. R. (2008). Effect of wheat residue management on soil properties and on yield of sunflower in double cropping system. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 39(1), 11-27.

21. Hemmati, E., Vzan, S., & Sadeghi Shoa, M. (2012). Effect of pre-planting irrigation, maize planting pattern and nitrogen on grain yield and yield components of maize cv. SC704. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(2), 21-31.
22. Faridi Mayvan, F., Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S. V., & Shojaei Noferest, K. (2019). Investigating the effect of different planting patterns on potato growth indices under different levels of irrigation and potassium sulfate fertilizer. *Applied Research in Field Crops*, 32(2), 1-24.
23. Zarea, M. J., Ghalavand, A., & Daneshian, J. (2005). Effect of planting patterns of sunflower on yield and extinction coefficient. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(4), 513-518.
24. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
25. Joshi, N. L., Mali, P. C., & Sexena, A. (1998). Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.) oil. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 180, 59-63.
26. Khalili Torghabe, A., Koocheki, A., Zare Feizabadi, A., & Nassiri Mahallati, M. (2022). Effect of different tillage methods and management of plant residues on agronomy traits of wheat and organic carbon and nitrogen of soil. *Journal of Agroecology*, 14(2), 205-217.
27. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Azimzadeh, S. J. (2020). Effect of different tillage systems on wheat yield and some soil physical characteristics in a fallow-wheat rotation under rainfed condition. *Journal of Agroecology*, 12(2), 299-317.
28. Moghani Nsri, M. (2002). Effect of plant density and planting arrangement on yield and yield components of maize cv. SC647. In: Proceedings of 7th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, 23-25 Aug., Kraj-Iran.
29. Sepide dam, S., & Ramroudi, M. (2016). Effects of tillage systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components and seed protein of wheat. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 2(2), 33-46.
30. Ranjbar H., Shoja, M. R., Samei, H., Pirasteh-Anosheh, H., & Salar, M. R. (2015). Influence of planting method and density on yield, yield components and oil percentage of rapeseed in different tillage systems. *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(23), 27-34.
31. Naseri Rad, H., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., & Jafari, A. (2018). Effect of different farming systems and wheat residues management on growth indices, yield and yield components of autumn-sown canola in Roumeshgan and Sarableh regions in southwest of Iran. *Research in Field Crops*, 31(3), 89-116.
32. Tahmasebi, M. H., & Rashed Mohasel, M. H. (2009). The effect of density and planting pattern on yield and yield components of two corn hybrids (KSC700 & KSC704) in Kurdistan. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 105-113.
33. Ranjbar, Gh., Beyrami, H., Tabatabaei, S. A., Shiran-Tafti, M., & Pirasteh-Anosheh, M. (2024). Effect of conservation tillage methods in comparison with conventional tillage water holding capacity and soil organic matter content (Case Study: Yazd). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 34(1), 299-314.
34. Hooshmandi, H., Mirzavand, J., & Zare, M. (2021). Effect of tillage practices and nitrogen rates on nitrogen use efficiency and nitrogen nutrition index of wheat in a calcareous soil (Case Study: Zarghan Region, Fars Province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1), 239-257.
35. Li, Q., Chen, Y., Liu, M., Zhou, X., Yu, S., & Dong, B. (2008). Effects of irrigation and planting patterns on radiation use efficiency and yield of winter wheat in North China. *Agricultural Water Management*, 95(4), 469-476.

36. Zarei, M., Kazemeini, S. A., & Bahrani, M. J. (2015). Effect of tillage systems and water stress on growth and yield of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 739-504.
37. Mosavitalab, S. F., & HabibiH-Asl, J. (2012). Investet effect tillage of methods on yield and volume of water in wheat in Khozestan region. *Research in Field Crops*, 103, 55-60.
38. Sprague, C. F., & Budly, W. (1988). *Corn and corn improvement (3th ed)*. Madison, Wisconsin. U. S. A.
39. Fanaie, H. R., Naroueirad, M. R., & Khajedad Keshtkat, M. (2020). Evaluation of seed and oil production of sesame cultivars affected by row spacing and plant density. *Journal of Crop Production Research*, 27(2), 163-177.
40. Mir, Z., Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Ramroudi, M., & Asgharipour, M. R., (2023). Effect of tillage systems, plant residue management and potassium fertilizer application on yield and some physiological characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Agroecology*, 14(4), 633-647.
41. Partokazemi, A., Delkhoosh, B., & Mohseni, M. (2011). Investigate the effect of tillage system and plant density on grain yield component in three varieties of corn. *Journal of New Finding in Agricultural*, 5(3), 221-231.
42. Nozari, R., Hadidi Masouleh, E., Borzouei, A., Sayfzadeh, S., & Eskandari, A. (2022). Effect of urea and nitrapyrine on quantitative and qualitative characteristics of different wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) under different tillage conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 16(2), 271-286.
43. Khan, M. G., Silberbush, M., & Lips, S. H. (1995). Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa plants: III. Nitrate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition*, 18, 2495-2500.
44. Davani, D., Nabipoor, M., & Roshanfekar Dezfoli, H. A. (2016). Effect of auxin, cytokinin and planting pattern on grain yield and salt tolerance indicators of msize. *Electronic Journal of crop Production*, 9(3), 191-209.
45. Mosavi, S. GH. A., Asodar, M. A., & Pourmohammadi, P. (2012). Investigating the effect of different tillage methods, planting pattern and plant residue management on yield and yield components of rapeseed. In: Proceedings of 8th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 9-10 Feb., Mashhad - Iran.
46. Nouraein, M., Skataric, G., Spalevic, V., Dudic, B., & Gregus, M. (2019). Short-term effects of tillage intensity and fertilization on sunflower yield, achene quality, and soil physicochemical properties under semi-arid conditions. *Applied Sciences*, 9(24), 5482.
47. Usman, K., Ud Din, S., Ullah, I., Ghulam, S., Imam Malik, M. W., & Saad, M. (2020). Response of sunflower to sulfur rate and time of application under two tillage systems in a silty clay soil of Dera Ismail Khan Pakistan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(11), 1423-1433.
48. Hopkins, W. G., & Hunter, N. P. (2004). *Introduction to plant physiology*. 3rd ed. John Wiley & Sons Pub. New York.
49. Gholamhoseeini, M., Shariati, F., & Aghamohammadi, A. (2020). Selection of the best planting pattern for different sesame (*Sesamum Indicum* L.) cultivars. *Research Achievements of Field and Horticulture Crops*, 9, 13-25.
50. Abdullah, A. S. (2014). Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research Journal*, 144, 150-155.
51. Habibzadeh, F., & Gholamhoseeini, M. (2022). Selection of the best planting method and plant density for two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars with different growth types in Karaj region. *Journal of Plant Production Research*, 29(1), 191-207.