

قبل از انتشار

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 و احمد آیین^۵

۱- دانشجوی دکتری آکولوژی گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانانه: f.salarimiri2018@gmail.com

۲- نویسنده مسئول، **استاد** گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانانه: mramroudi42@uoz.ac.ir

۳- **دانشیار** گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانانه: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

۴- **استاد** گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانانه: m_asghripouruoz.ac.ir

۵- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت - کرمان، ایران. رایانانه: a.aein@areeo.ac.ir

آدرس پستی نویسنده مسئول: زابل-دانشگاه زابل - گروه زراعت محمود رمرودی

پست الکترونیک **mramroudi42@uoz.ac.ir**

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

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

1. Ph.D. Student, Dept. 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 Professor, 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 Professor, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran. E-mail: a.aein@areeo.ac.ir

* Corresponding Author: mramroudi42@uoz.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از **روش** خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایای گیاهی در خاک در تولید و عملکرد گیاهان زراعی می‌تواند تاثیر گذار 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. به منظور بررسی تاثیر **روش** خاک‌ورزی در تولید کنجد تحت تاثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت، آزمایشی به صورت 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.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش عامل اصلی **روش**‌های 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 زیگزایی) 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 هزار دانه، عملکرد **زیست توده**، 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. اندازه‌گیری کلروفیل **a**، **b** و کاروتنوئیدها در مرحله قبل از گلدهی از سطح سبز به روش آرنون (Arnon, 1967) استفاده شد. داده‌های حاصل با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ آنالیز شده و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ 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 زیگزایی 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 توام با حفظ ۶۰ درصد بقایا مشاهده شد. برهمکنش سال× خاک‌ورزی× درصد بقایا× الگوی کاشت بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد **زیست توده**، شاخص برداشت، کلروفیل **b**، کلروفیل کل، کاروتنوئید و درصد روغن معنی‌دار گردید. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۶۲۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد **زیست توده** (۶۱۳۷/۳ کیلوگرم در هکتار)، وزن هزار دانه (۵/۷۱ گرم)، تعداد دانه در کپسول (۷۵/۸۵)، در سال دوم و **روش** خاک‌ورزی متداول توام با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزایی و کمترین آنها در شرایط عدم خاک‌ورزی توام با کاربرد ۵ درصد بقایا و آرایش کاشت معمول مشاهده شد. همچنین تحت شرایط خاک‌ورزی کاهشی میزان کلروفیل کل با کاربرد ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزایی افزایش یافت. افزایش درصد روغن دانه تحت خاک‌ورزی متداول با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و آرایش کشت معمول مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج استفاده از **روش** خاک‌ورزی حفاظتی توام با حفظ ۶۰-۳۰ درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزایی علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست، به‌عنوان روش مناسب جهت حصول عملکرد بالاتر کنجد در منطقه مورد مطالعه می‌تواند نقش موثری ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی حفاظتی، خاک‌ورزی کاهشی، عملکرد دانه، کاشت زیگزایی

مقدمه

با افزایش جمعیت و نیاز به تامین 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، تاثیر مطلوبی در تناوب زراعی دارند (۱). کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی از خانواده Pedaliaceae 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 به عنوان 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 به علت 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 با قابلیت ارزش‌افزا نگریسته شود. هر چند ممکن است در کوتاه مدت تولید گیاهان زراعی در **روش** خاک‌ورزی متعارف از کشاورزی حفاظتی بیشتر باشد، اما در بلند مدت 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 محیط زیست توجه ویژه‌ای می‌شود. روش‌های عدم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل که معمولاً همراه با باقی گذاشتن مقداری از بقایای گیاهی در سطح خاک می‌باشد به منظور 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 به هم خوردن خاک سطحی تحت تاثیر 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 تاثیر مثبت **روش**‌های 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 قابل قبول است (۷). در بررسی روش‌های خاک‌ورزی در کشت ذرت دانه‌ای بیشترین عملکرد ذرت تحت **روش** کم‌خاک‌ورزی گزارش شده است (۸).

مدیریت بقایای گیاهی ابعاد مختلف پایداری، محیط زیستی، زراعی و اقتصادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد به‌طوری که علاوه بر اینکه فعالیت‌های زراعی و حاصلخیزی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد، می‌تواند دامنه وسیعی از حوزه‌های پایداری، زیست محیطی و **بوم‌شناختی** را نیز پوشش دهد. این یک گام کلیدی برای یک نظام کشاورزی پایدار است که باروری و سودمندی را با حفاظت محیط زیست 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 قابل مصرف است که با کاربرد بقایای گیاهی، کربن قابل مصرف برای جمعیت میکروبی فراهم می‌شود. در حقیقت جمعیت میکروبی در خاک چرخه عناصر غذایی را در محیط خاک تنظیم می‌کند و در تامین عناصر غذایی برای گیاه نقش بسزایی دارند و به این طریق در رشد گیاه و تولیدات کشاورزی کارایی بالایی خواهند داشت (۱۰). نتایج تحقیقی 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 تحقیقی بیانگر آن است که نوع خاک‌ورزی و میزان بقایا بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه کنجد تاثیر معنی‌داری داشت (۱۲). نتایج تحقیق مومنی و

همکاران (۲۰۱۸) در بررسی روش‌های خاک‌ورزی و کشت کنجد به‌عنوان کشت دوم بعد از گندم نشان داد که **روش** خاک‌ورزی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه داشت و بیشترین عملکرد دانه به **روش** کم‌خاک‌ورزی با سوزاندن بقایا تعلق داشت (۱۳). در بررسی انواع شخم و بقایای گیاهی در کشت کنجد گزارش شده است که تعداد کپسول در بوته در شخم معمولی کاهش پیدا کرد (۱۴). تاثیر مدیریت مناسب بقایای گیاهی توام با **روش** خاک‌ورزی حفاظتی در گیاهان مختلف در تحقیقات 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 بسزایی 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 شامل خاک‌ورزی حداقل، بدون خاک‌ورزی و یا کاشت معمول و تأثیر آن بر ثبات عملکرد، پایداری و تعادل عوامل زیست محیطی حایز اهمیت می‌باشد. **کنجد به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی، نقش بسزایی در تأمین روغن‌های گیاهی و امنیت غذایی دارد.** لذا این پژوهش با هدف بررسی تاثیر **روش**‌های خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تاثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت در شرایط اقلیمی شهرستان جیرفت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر **روش**‌های خاک‌ورزی در تولید کنجد تحت تاثیر بقایای گیاهی و آرایش کاشت در شرایط اقلیمی شهرستان جیرفت، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان جیرفت اجرا شد. در این پژوهش عامل اصلی **روش**‌های 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 زیگزاگی) شامل: ۵ درصد بقایا با کاشت معمول، ۵ درصد بقایا با کاشت زیگزاگی، ۳۰ درصد بقایا با کاشت معمول، ۳۰ درصد بقایا با کاشت زیگزاگی، ۶۰ درصد بقایا با کاشت معمول و ۶۰ درصد بقایا با کاشت زیگزاگی بودند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر 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	هدایت الکتریکی	اسیدیته	ماده آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	لای	رس	شن	بافت
-----	----------------	---------	----------	--------	------	--------	-----	----	----	------

Texture	Sandy	Clay	Loam	K	P	N	O.C	pH	EC (dS.m-1)	Year
	%			ppm		%				
Sandy Loam	69	13	18	194	9.3	0.017	0.13	7.4	1.8	2019-2020
Sandy Loam	69	13	18	230	10.4	0.018	0.14	7.4	1.7	2020-2021

کاشت به صورت دستی در نیمه دوم تیر ماه انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت ۵ متری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. روش کاشت بذور در تیمار الگوی کاشت معمول به صورت مستقیم روی هر خط کاشت و در تیمار الگوی کاشت زیگزاگی به صورت زیگزاگ اجرا گردید. بقایای کاه و کلش گندم قبل از کاشت بر اساس تیمار مورد نظر به خاک اضافه شد. در طول فصل رشد عملیات داشت از جمله واکاری، تنک کردن، وجین، آبیاری و مبارزه با آفات احتمالی به صورت مرتب انجام گردید. **در پایان فصل** رشد برای تعیین اجزای عملکرد از هر کرت پنج بوته به صورت 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 هزار دانه نیز چهار نمونه ۲۵۰ تایی از بذرها از هر کرت شمارش و توزین گردید. برای تعیین عملکرد دانه و زیست توده پس از حذف اثر حاشیه، بوته‌ها از دو ردیف وسط از مساحت دو متر مربع برداشت و اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری درصد روغن با استفاده از روش استخراج با حلال و دستگاه سوکسله انجام شد.

ارزیابی رنگبره‌های فتوسنتزی

بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی را در ۱۰ میلی‌لیتر دی میتیل 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 بر حسب میلی‌گرم بر گرم و وزن تر برگ به دست آمد (۲۴):

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 9.4 \times A_{645}) \times V / 100 \times W \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 10.4 \times A_{663}) \times V / 100 \times W \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه A میزان جذب خوانده شده توسط دستگاه است. که در این رابطه Chla مقدار کلروفیل a و Chlb میزان کلروفیل b است و V حجم نهایی دی میتیل سولفوکساید، Total chl میزان کلروفیل کل، وزن تازه بافت برای عصاره‌گیری W بر حسب 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 چند دامنه‌ای 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 × خاک ورزی × درصد بقایا × الگوی کشت بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد **زیست توده** و شاخص برداشت کنگد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

تعداد کپسول در بوته: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد کپسول در بوته تحت تاثیر برهمکنش سال × خاک ورزی × درصد بقایا × الگوی کشت معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تعداد کپسول در بوته (۸۵/۹۰) با کاربرد خاک ورزی **رایج** و ۵ درصد بقایا با الگوی کاشت معمول در سال اول مشاهده شد که تفاوت معنی داری با کاشت زیگزاگی نداشت و کمترین آن (۲۴/۹۴) در سال دوم و **روش** عدم خاک ورزی همراه توام با ۵ درصد بقایا و در شرایط کاشت معمول مشاهده شد. طبق نتایج به دست آمده در هر دو سال

در شرایط خاک ورزی رایج و خاک ورزی حفاظتی، تعداد کپسول در بوته تحت الگوی کاشت زیگزاگی بیشتر از کاشت معمول بود و این اختلاف در **روش** خاک ورزی رایج در سال اول، تحت ۳۰ درصد بقایا معنی دار و ۳۶/۶۳ درصد بود (جدول ۳). احتمالاً وجود بقایای گیاهی و زیر و رو شدن آن توسط عملیات خاک ورزی، سبب تامین بهتر عناصر غذایی برای گیاه و تعداد کپسول در گیاه شده است. نتایج مطالعه نشان داد که برهمکنش **روش** های خاک ورزی و بقایای گیاهی بر تعداد سنبله گندم در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (۲۶) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در **روش** خاک ورزی رایج و کمترین آن در شرایط خاک ورزی کاهشی و عدم استفاده از بقایای گیاهی حاصل شد. آنها همچنین تهیه بستر بذر مناسب در **روش** خاک ورزی متداول را دلیلی بر جوانه زنی و استقرار بهتر گیاهچه و در نتیجه، باعث افزایش تعداد سنبله در واحد سطح دانستند (۲۷).

تعداد دانه در کپسول: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها، تعداد دانه در کپسول به طور معنی داری تحت تاثیر برهمکنش سال×خاک ورزی×درصد بقایا×الگوی کاشت معنی دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده ها بیشترین تعداد دانه در کپسول (۸۵/۷۵) در سال دوم و مربوط به **روش** خاک ورزی رایج با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بود و کمترین آن (۲۳/۵۵) مربوط در سال اول و در **روش** عدم خاک ورزی و کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد. نتایج نشان داد در سال اول در هر سه **روش** خاک ورزی با افزایش درصد بقایا تعداد دانه در کپسول افزایش داشت، اما بین سه **روش** خاک ورزی و حفظ ۵ درصد از بقایا در هر دو نوع الگوی کاشت تفاوت معنی داری مشاهده نشد. این نشان می دهد که ۶۰ درصد بقایا در زمین در هر سه **روش** خاک ورزی تاثیر تقریباً یکسانی بر تعداد دانه در کپسول داشت، اما در سال دوم در **روش** خاک ورزی حفاظتی با ۶۰ درصد بقایا و تحت الگوی کاشت زیگزاگی، تعداد دانه در کپسول تفاوت معنی داری نسبت به **روش** خاک ورزی رایج نداشت، در حالی که در **روش** عدم خاک ورزی کاهش معنی داری داشت (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد که در شرایط خاک ورزی متداول نسبت به خاک ورزی حفاظتی تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافت (۲۹). همچنین نتایج پژوهش مشابهی نشان داد که روش خاک ورزی متداول تعداد دانه در کلزا را افزایش داد (۳۰) که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت و این حالت را می توان به نفوذ بهتر و گسترش ریشه در خاک و بهبود جذب آب و مواد غذایی نسبت داد.

وزن هزار دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها، وزن هزار دانه نیز به طور معنی داری تحت برهمکنش سال×خاک ورزی×درصد بقایا×الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین وزن هزار دانه (۵/۷۱ گرم) مربوط به سال دوم و **روش** خاک ورزی رایج توام با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بود که با تیمارهای ذکر شده در سال اول اختلاف معنی داری نداشتند. و کمترین مقدار (۱/۲۸ گرم) در سال اول و در شرایط خاک ورزی حفاظتی توام با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت معمول حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد در سال اول در **روش** خاک ورزی رایج در شرایط ۵ درصد بقایا، الگوی کاشت زیگزاگی باعث افزایش ۵۰/۹۳ درصدی وزن هزار دانه نسبت به کاشت معمول شد، اما در سال دوم در همین سطح از **روش** خاک ورزی تحت ۶۰ درصد بقایا، الگوی کاشت زیگزاگی تاثیر افزایشی ۳۹/۹۲ درصدی معنی داری نسبت به کاشت معمول بر وزن هزار دانه داشت. تحت خاک ورزی حفاظتی این افزایش ۴۳/۰۹ درصد بود. با توجه به نتایج به دست آمده، می توان **گفت** که زیر و رو شدن بقایای گیاهی از طریق انجام عملیات خاک ورزی، منجر به فراهمی مطلوب تر عناصر غذایی برای کتجد و افزایش وزن هزار دانه در مقایسه با شرایط عدم وجود بقایای گیاهی شده است، که با نتایج سایر محققین در توافق است. سپیده دم و رمودی (۲۰۱۶) بیان کردند که وزن هزار دانه گندم در شرایط خاک ورزی متداول و کاهشی بیش از ۴۲/۵ گرم بود، در حالی که در شرایط عدم خاک ورزی کمتر از ۳۹ گرم بود. همچنین بیان داشتند که در **روش** بدون خاک ورزی به دلیل کاهش عملکرد زیستی و در نتیجه کم بودن سطح فتوسنتز کننده در زمان پر شدن دانه ها وزن هزار دانه کاهش می یابد (۲۹). در آزمایشی که توسط ناصری راد و همکاران (۲۰۱۸) روی کلزا انجام شد مشخص گردید که در تیمار باقی گذاشتن بقایا عملکرد دانه و وزن هزار دانه بیشتری حاصل شد (۳۱). نتایج پژوهشی نشان داد که الگوی کاشت تاثیر معنی داری بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت ذرت

داشت به گونه ای که بیشترین وزن هزار دانه متعلق به الگوی کاشت زیگزاگ بود. بیشتر بودن وزن هزار دانه در الگوی کاشت زیگزاگی را می توان به علت آرایش کاشت مناسب تر و استفاده بهتر بوته ها از عوامل محیطی دانست (۳۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برهمکنش خاک ورزی، بقایا و الگوی کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنبجد 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

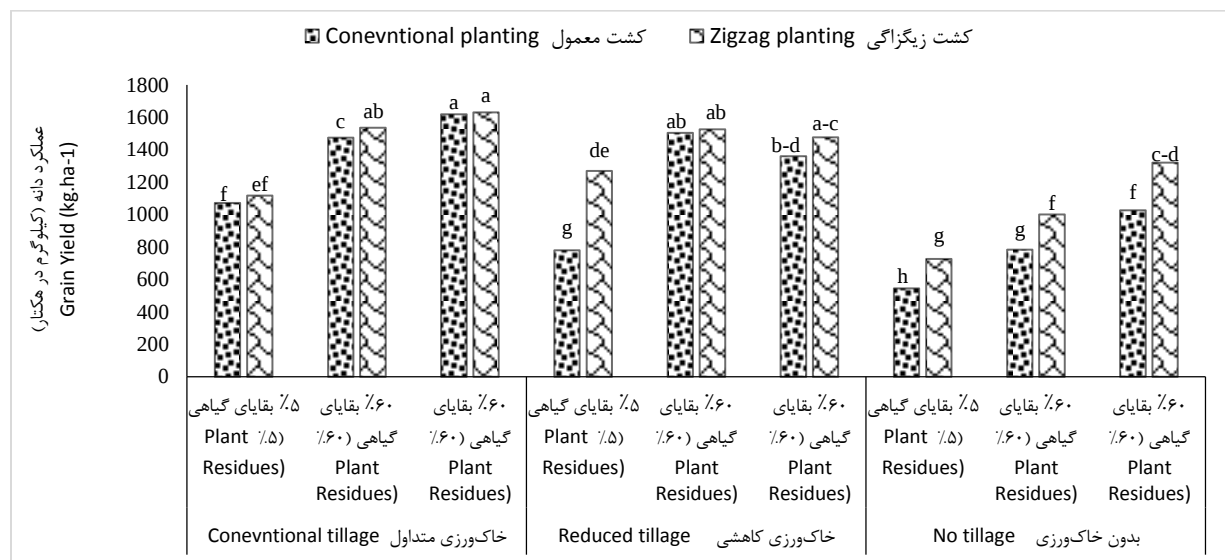
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	مانگین مربعات (Mean square)					
		تعداد کپسول در بوته N. capsules per plant	تعداد دانه در کپسول N. seed per capsules	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	شاخص برداشت HI
سال (Y)	1	7.27 ^{ns}	1.01 ^{ns}	0.64 ^{ns}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

*, **, * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ns غیر معنی دار

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

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی داری تحت برهمکنش سه گانه سال × خاک ورزی × بقایا، سال × خاک ورزی × الگوی کاشت و خاک ورزی × بقایا × الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد در **روش** خاک ورزی رایج توام با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی بیشترین عملکرد دانه (۱۶۲۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که با **روش** خاک ورزی حفاظتی و در کاربرد ۳۰ درصد بقایا در هر دو نوع الگوی کاشت تفاوت معنی داری نشان نداد که نشان دهنده سازگاری

مناسب کنجد 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).

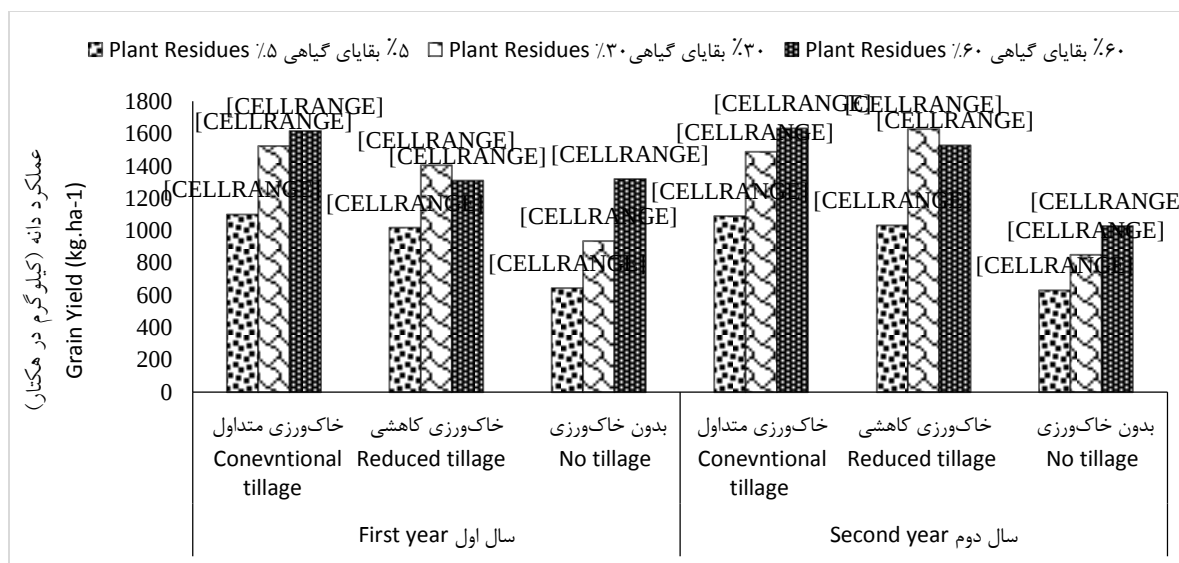


شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی x بقایا x الگوی کاشت بر عملکرد دانه کنجد

Fig1. Comparison of mean sesame seed yield under interaction of tillage x residue x planting pattern

همچنین در بررسی نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهمکنش سال x خاک‌ورزی x 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 x خاک‌ورزی x 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 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 تاثیر گذار باشد (۳۳ و ۳۴). تعیین الگوی کاشت مناسب به منظور 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).



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

عملکرد زیست توده: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تاثیر برهمکنش سال×خاک‌ورزی× درصد بقایا× الگوی کشت بر عملکرد زیست توده معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین عملکرد زیست توده (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 توام با ۵ درصد بقایا و الگوی کشت معمول حاصل شد (جدول ۴). اهمیت جوامع میکروبی خاک جهت کارکرد یک نظام به دلیل نقش مهمی است که در فرآیندهای خاک ایفا می‌کنند. وقتی مواد گیاهی حاوی کربن به خاک افزوده شود، میکروبی‌های تجزیه کننده برای کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد و کلسیم مورد نیاز خود به دو منبع در دسترس این عناصر و مواد آلی اضافه شده به خاک متکی هستند، بنابراین با اضافه شدن بقایای گیاهی این میکروب‌ها بقایای گیاهی را تجزیه می‌کنند و در نهایت، سبب افزایش عملکرد زیست توده می‌گردد (۳۰). کاهش عملکرد زیست توده در شرایط عدم خاک‌ورزی را می‌توان به مقاومت بیشتر خاک در مقابل رشد گیاه نسبت داد. بنابراین عدم فراهم بودن بستر مناسب برای رشد گیاهچه در روش بدون خاک‌ورزی از دلایل کاهش عملکرد زیست توده می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیق زارعی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد (۳۶). در شرایط خاک‌ورزی متداول، خاک به طور کامل برگردانده می‌شود و تراکم خاک کمتر می‌گردد. لذا 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 زیست توده شود (۳۷). بر اساس گزارشی تحقیقی بالا بودن عملکرد در کاشت زیگزاکی به دلیل 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 انجام شده است و باعث رشد بیشتر و افزایش وزن خشک شده است (۳۹) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تعداد کیسول در بوته، تعداد دانه در کیسول و وزن هزار دانه کنجد تحت تاثیر 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

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	بقایا Residues (%)	آرایش کشت Planting pattern	تعداد کیسول در بوته N. capsules per plant	تعداد دانه در کیسول N. seed per capsules	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)
-------------	---------------------	-----------------------	-------------------------------	--	---	---

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

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

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و درصد روغن کنجد تحت تاثیر 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

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	بقایای Residues (%)	آرایش کشت Planting pattern	عملکرد زیست توده Biological yield (kg.ha-1)	شاخص برداشت HI (%)	درصد روغن Oil percentage
Y1	Conventional	5	Conventional	4975.3d-h	21.42e-j	46.40e-h
			Zigzag	5965.3a-c	19.18h-j	48.52de
		30	Conventional	5526.7a-d	27.17c-j	51.28bc
			Zigzag	5881.3a-c	26.31c-j	50.24cd
		60	Conventional	5267.3b-g	30.71a-e	54.34a
			Zigzag	5779.3a-c	28.14b-h	52.05bc
	Residued	5	Conventional	3539.3m	17.73ji	46.59e-g
			Zigzag	3954.2i-m	36.92ab	47.28e-g
		30	Conventional	5227.3c-g	26.45c-j	48.08d-f
			Zigzag	5335.0b-f	26.68c-j	51.83bc
		60	Conventional	4567.2f-j	26.10c-j	52.30a-c
			Zigzag	4690.0e-i	30.41a-f	51.41bc
	No	5	Conventional	2440.0n	25.09c-j	45.23gh
			Zigzag	3911.3j-m	17.63j	45.43gh
		30	Conventional	3934.3i-m	21.08f-j	46.47e-g
			Zigzag	3786.7k-m	28.53b-h	47.37e-g
		60	Conventional	3943.0i-m	33.75a-c	46.27e-h
			Zigzag	4726.0e-h	28.92b-g	48.10d-f
Y2	Conventional	5	Conventional	4525.3g-k	24.10d-j	46.51e-g
			Zigzag	4952.0d-h	22.23e-j	52.00bc
		30	Conventional	3795.0j-m	38.64a	51.52bc
			Zigzag	6039.0ab	25.63c-j	53.09ab
		60	Conventional	5857.3a-c	27.80b-h	51.24bc
			Zigzag	6137.2a	27.05c-j	53.08ab
	Residued	5	Conventional	4844.3d-h	19.82g-i	46.01f-h
			Zigzag	5200.7c-g	21.26e-j	48.13d-f
		30	Conventional	5305.3b-g	30.72a-e	52.00bc
			Zigzag	5555.0a-d	29.31b-g	51.36bc
		60	Conventional	5377.3a-e	28.45b-h	48.08d-f
			Zigzag	5814.0a-c	26.48c-j	50.23cd
	No	5	Conventional	2409.7n	20.01g-j	44.22h
			Zigzag	2583.0n	30.08a-f	45.31gh
		30	Conventional	3685.3lm	20.04g-j	47.23e-g
			Zigzag	4373.h-i	21.83e-j	47.30e-g
		60	Conventional	2698.7n	28.53b-h	47.47e-g
			Zigzag	3976.2i-m	32.73a-d	4676e-g

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

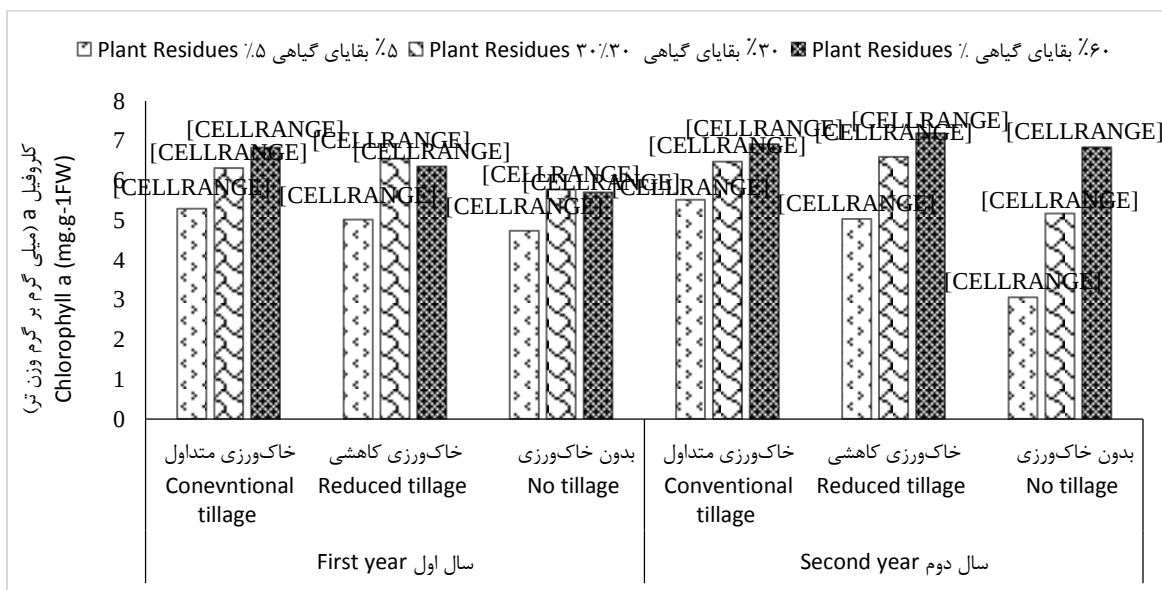
Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

شاخص برداشت: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب، شاخص برداشت به طور معنی دار تحت تاثیر 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 توام با کاربرد ۳۰ درصد بقایا و در الگوی کاشت معمول بیشترین (۳۸/۶۴) و در سال اول و شرایط عدم خاک‌ورزی توام با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی کمترین مقدار آن (۱۷/۶۲) مشاهده گردید (جدول ۴). تأمین مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز 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).

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید)

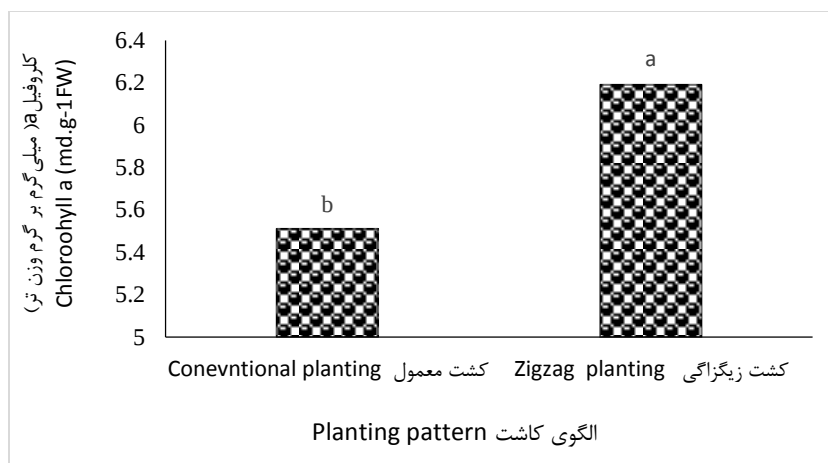
نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد برهمکنش سال × خاک‌ورزی × درصد بقایا × الگوی کاشت بر کلروفیل b در سطح پنج درصد و کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری شد و کلروفیل a تحت تاثیر اثر الگوی کاشت و برهمکنش سال × خاک‌ورزی × بقایا در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۵).

کلروفیل a: طبق نتایج مقایسه میانگین‌های بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a به ترتیب (۷/۱۸، ۳/۰۵ میلی گرم 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).



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

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 وزن تر) در **روش** خاک‌ورزی حفاظتی توام با حفظ ۳۰ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی در سال دوم و کمترین آن (۵/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط عدم خاک‌ورزی توام 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 وزن تر) 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 توام با کاربرد ۵ درصد بقایا و الگوی کاشت زیگزاگی مشاهده شد که با الگوی کاشت معمول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در پژوهش نوزری و همکاران (۲۰۲۲) مشخص گردید که **روش**‌های 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 سنتز کلروفیل می‌شوند (۴۰). افزایش هر گونه بقایای گیاهی سبب تحریک شدید فعالیت میکروبی و بهبود وضعیت زیست توده 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 این که نیتروژن جزء اصلی ترکیبات پروتئینی از جمله آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، هورمون‌ها و دیگر ترکیبات سلولی به حساب 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 به گونه‌ای که بیشترین 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 به دست 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 بدین صورت موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردد.

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

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

*, **, * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ns غیر معنی دار

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

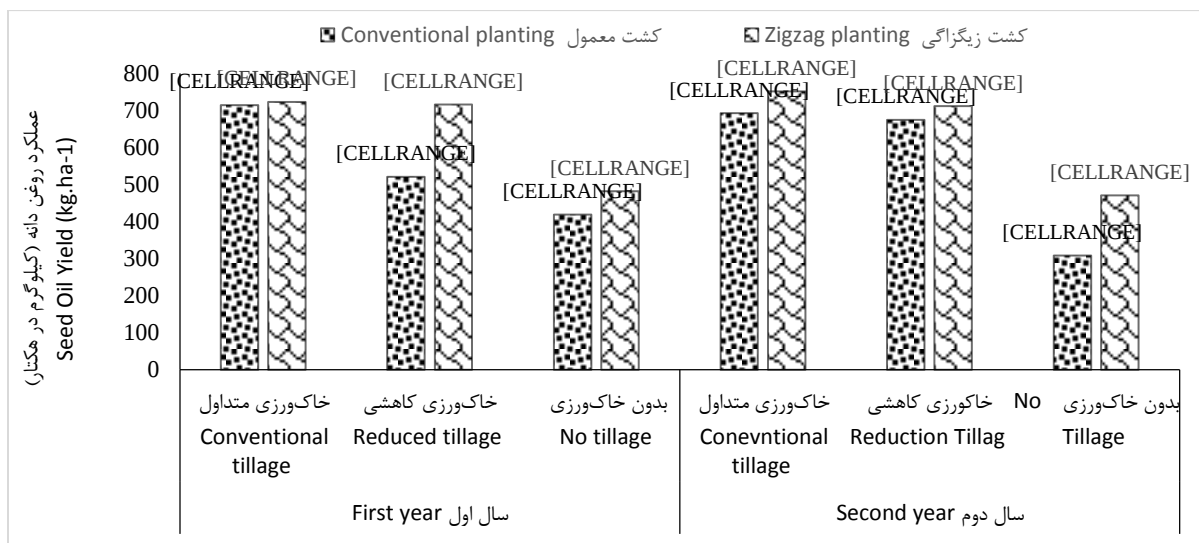
جدول ۶ - مقایسه میانگین‌های برهمکنش سال، خاک‌ورزی و الگوی کاشت بر عملکرد روغن و دانه در دو سال
Table 6. Comparison of experiment year, tillage, and planting pattern on oil and seed yield in two year

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	آرایش کشت Planting pattern	عملکرد دانه Seed yield (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (Kg.ha ⁻¹)	
Y1	Conventional	Conventional	1394.6a	714.35ab	هر ستون که مشترک هستند آماري در یه روش محافظت شده باشد.
		Zigzag	1432.a	722.94ab	
	Reduced	Conventional	1058.0b	520.80c	
		Zigzag	1429.0a	716.28ab	
	No	Conventional	911.8c	419.24d	
		Zigzag	1021.1bc	482.25cd	
Y2	Conventional	Conventional	1328.2a	692.24ab	میانگین‌های دارای حرف از لحاظ سطح ۵ درصد دانکن معنی‌دار نمی- باشد.
		Zigzag	1424.1a	751.67a	
	Reduced	Conventional	1382.2a	674.45b	
		Zigzag	1419.7a	711.65ab	
	No	Conventional	660.6d	308.51e	
		Zigzag	1010.7bc	470.71cd	

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

درصد روغن دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، درصد روغن دانه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر 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 توام 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 دانه تأثیر دارد. در بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی، الگوی کاشت و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به این نتایج دست‌یافتند 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 تاثیر **روش** خاک‌ورزی قرار گرفت و **روش** خاک‌ورزی حفاظتی درصد روغن بیشتری را نسبت به **روش** خاک‌ورزی متداول تولید کرد (۴۶). درصد روغن از با ثبات‌ترین ویژگی دانه‌های روغنی می‌باشد و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تاثیر 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 روغن دانه در هر رقم ثابت باقی می‌ماند (۴۸) که با نتایج پژوهش غلامحسینی و همکاران (۲۰۲۰) که بیان کردند تیمار الگوی کاشت تاثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه کنجد نداشته است، همخوانی دارد (۴۹).

عملکرد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد برهمکنش خاک‌ورزی× درصد بقایا× الگوی کشت تاثیر معنی‌داری و برهمکنش سال× خاک‌ورزی× الگوی کشت تاثیر معنی‌داری بر 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 توام 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).



شکل ۵- مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی × بقایا × الگوی کاشت بر عملکرد روغن
Fig 5. Comparison of mean tillage × residue × planting pattern on oil yield

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 تاثیر درصد روغن و عملکرد دانه است، لذا 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 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 تاثیر الگوی کاشت بر ویژگی‌های کیفی کنگد باید عنوان شود که اگرچه عملکرد روغن یک ویژگی ژنتیکی است، اما تحت تاثیر 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).

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

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

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	بقایا Residue (%)	آرایش کاشت Planting pattern	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل Total chl.	کاروتنوئید Carotenoids
Y1	Conventional	5	Conventional	2.59ij	7.69o-q	1.021m-o
			Zigzag	3.09e-j	8.56j-m	0.915o
		30	Conventional	3.06e-j	8.97h-k	1.570h-l
			Zigzag	3.73a-e	10.43b-e	2.368bc
	Reduced	60	Conventional	2.60ij	9.37f-i	1.834d-j
			Zigzag	3.13d-j	10.03b-f	1.844d-j
		5	Conventional	2.40j	7.28pq	1.573h-l
			Zigzag			

Reduced	30	Zigzag	3.42b-h	8.56j-m	1.721f-j
		Conventional	3.68a-f	9.87c-g	1.740e-j
		Zigzag	3.67a-f	10.57a-c	2.210b-f
	60	Conventional	3.66a-f	9.52f-h	1.957b-h
		Zigzag	3.84a-d	10.70ab	2.419b
		Conventional	2.73h-j.	7.11q	0.998no
	5	Zigzag	2.70h-j	7.78n-q	2.301b-d
		Conventional	4.20a	9.41f-h	1.433i-n
		Zigzag	3.41b-h	9.73e-g	2.903a
	30	Conventional	3.01e-j	8.28k-o	1.188k-o
		Zigzag	3.31e-j	9.45f-h	1.817d-j
		Conventional	2.91g-j	8.00 l-p	1.207k-o
Conventional	5	Zigzag	2.98f-j	8.91h-k	1.496h-m
		Conventional	3.74a-e	9.71e-g	1.575h-l
		Zigzag	3.50a-g	10.47b-d	1.948b-h
	60	Conventional	2.73h-j	9.58f-h	2.247b-e
		Zigzag	3.52a-g	10.50a-d	2.129b-g
		Conventional	2.98f-j	7.89m-p	1.341j-o
	5	Zigzag	3.31c-i	8.45j-n	1.675g-k
		Conventional	3.72a-c	9.74e-g	1.901c-i
		Zigzag	4.02a-c	11.19a	1.812d-j
	30	Conventional	2.59ji	9.78d-g	2.398bc
		Zigzag	3.43b-h	10.63ab	2.156b-g
		Conventional	3.11d-j	5.74r	1.173l-o
Reduced	5	Zigzag	4.10ab	7.59o-q	0.992no
		Conventional	2.76h-j	7.61o-q	1.672g-k
		Zigzag	3.65a-f	9.13g-j	1.747e-j
	60	Conventional	2.56j	8.67i-l	2.143b-g
		Zigzag	2.46j	10.02b-f	2.215b-f
		Conventional	2.76h-j	7.61o-q	1.672g-k
	30	Zigzag	3.65a-f	9.13g-j	1.747e-j
		Conventional	2.56j	8.67i-l	2.143b-g
		Zigzag	2.46j	10.02b-f	2.215b-f
	60	Conventional	2.56j	8.67i-l	2.143b-g
		Zigzag	2.46j	10.02b-f	2.215b-f
		Conventional	2.56j	8.67i-l	2.143b-g
		Zigzag	2.46j	10.02b-f	2.215b-f

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

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که برهمکنش خاک‌ورزی توأم با حفظ بقایای گیاهی و آرایش کاشت برتری قابل توجهی نسبت به کاربرد جداگانه آنها داشت. بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، در روش خاک‌ورزی رایج توأم با کاربرد ۶۰ درصد بقایا و آرایش کاشت زیگزاگی در دو سال آزمایش مشاهده شد. افزایش عملیات خاک‌ورزی در روش 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 زیگزائی 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 به طور مستقیم به مناطق دیگر تعمیم داده نشود. ثانیاً، مدت زمان 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 مورد بررسی 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 مورد بررسی داشت، اما باید توجه داشت که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در بلندمدت اثرات مثبت و قابل توجهی بر پایداری خاک و محیط زیست ایجاد خواهد کرد. با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیشتری در مناطق مختلف و با مدت زمان طولانی‌تر برای تأیید نتایج این پژوهش انجام شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل برای تامین هزینه مالی که از محل اعتبارات پژوهانه به شماره GR9360، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- 1.Hjazi, A. (1999). Rapeseed (cultivation, planting, growing and harvesting). (1th ed). Rozeneh Publications.
- 2.Heidarieh, Z., Jafari, A.R., Ebrahimi, H.R., Jafari Haghighi, B. and 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.
- 3.Latifi, S., Raheli, H. and 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.
- 4.Felegari, SH., Hamzei, J. and Nael, M. (2018). Effect of different tillage practices and canola cover crop on yield, yiel components of sunflower and soil quality indicators. *Iranain Journal of Field crops Research*, 16(3), 599-614.
- 5.Halvorson, A. D., Reule, C. A. and 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. and 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. and 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. and Khodahrampour, 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. and 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., Condron, L.M., Davis, M.R. and 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. and 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. and 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. and 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. and Koocheki, A. (2002). Sesame yield and yield compoments responses to tillage methods and residue management in different rotations. *Agricultural Sciences and Technology*, 16(1), 27-34.

15. Afzali Gorouh, H., Naghavii, H., Rostami, M. A. and 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. and 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., Jahansou, M. R., Oveisi, M., Ahmadi, A. and 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. and 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., and 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. and 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. and 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. and 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. and 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. and 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., Kray- Iran.
29. Sepide dam, S. and 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. and 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. and 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. and 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. and 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. doi: 10.22034/SAPS.2022.53928.2942
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. doi:10.22034/saps.2021.12811

- 35.Li, Q., Chen, Y., Liu, M., Zhou, X., Yu, S., and 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. and 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., and 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. and Budly, W. (1988). *Corn and corn improvement (3th ed)*. Madison, Wisconsin. U. S. A.
- 39.Fanaie, H.R., Naroueirad, M.R. and 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., and 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. and 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. and 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. and 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. and Roshanfekr 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. and 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. and 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. and 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. and Hunter, N.P. (2004). *Introduction to plant physiology*. 3rd ed. John Wiley & Sons Pub. NewYork.
- 49.Gholamhoseeini, M., Shariati, F. and 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. and Gholamhoseini, 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.

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

Abstract

Background and Objective: 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. 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.

Materials and Methods: 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. Chlorophyll a, b, and carotenoids were measured before flowering from the green surface using the Arnon method (1967). 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.

Keywords: Conservation agriculture, reduced tillage, seed yield, zigzag planting