ارزیابی کشت مخلوط گندم و کلزا تحت اثر کودهای زیستی و شیمیایی

ستار رحمتی[۱]، خسرو عزیزی[۲*]، حمیدرضا عیسوند[۳] و امیدعلی اکبرپور[۴]

۱) دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی (اکولوژی گیاهان زراعی)، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲ و ۳) استاد گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۴) استادیار گروه ژنتیک و تولید گیاهی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

*** نویسنده مسئول: azizi.kh@lu.ac.ir**

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۶/۰۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲**

این مقاله برگرفته ار رساله دکتری می باشد.

چکیده

با توجه به اینکه عملکرد تک‌کشتی در گیاهان به‌واسطه مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی افزایش یافته و این‌روند در نهایت موجب آلودگی های زیست‌محیطی می‌شود، بر همین‌اساس به منظور جایگزینی کودهای شیمیایی توسط کودهای زیستی در کشت مخلوط، آزمایشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به‌منظور ارزیابی کشت مخلوط گندم و کلزا تحت اثر کودهای زیستی و شیمیایی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول در چهار سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۵۰ کیلوگرم فسفر، کود زیستی نیتروکسین + فسفر بارور ۲، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم فسفر + کود زیستی نیتروکسین + فسفر بارور ۲ و تیمار شاهد بود. عامل دوم در پنج الگوی مختلف کشت شامل تک‌کشتی گندم، تک‌کشتی کلزا، ۲۵ درصد گندم+ ۷۵ درصد کلزا،۵۰ درصد گندم + ۵۰ درصد کلزا و ۲۵ درصدکلزا + ۷۵ درصد گندم طراحی گردید. برهم‌کنش تیمارها نشان داد که الگوهای مختلف کاشت و کود بر عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی معنی‌دار بودند. بیش‌ترین مقدار کلروفیل، فتوسنتز خالص، تعرق و هدایت روزنه‌ای کلزا و گندم در الگوی کشت خالص + تلفیق کودهای شیمیائی و زیستی به‌دست آمد. از طرفی بیش‌ترین مقاومت روزنه‌ای کلزا از کم‌ترین جزء مخلوط (۲۵ درصد) در حضور کود شیمیایی مشاهده گردید. شایان ذکر است که بیش‌ترین مقاومت روزنه‌ای گندم از ۲۵ درصد گندم در حضور تلفیق کود زیستی و شیمیائی به دست آمد. با توجه به این‌که بیش‌ترین عملکرد و دیگر صفات از کشت خالص مشاهده گردید، اما نتایج مجموع در تیمارهای ۷۵: ۲۵ و ۵۰: ۵۰ در کلزا و گندم نسبت به کشت خالص برتری لازم را نشان دادند. با توجه به آزمایش حاضر استفاده از کودهای تلفیقی (کود شیمیایی+ زیستی) موجب بهبود صفات فوق گردید، بنابراین توصیه می‌شود به جای تک کشتی گندم و کلزا از کشت مخلوط این دو محصول به نسبت ۷۵درصد گندم و ۲۵ درصد کلزا و به جای استفاده از کودهای شیمیایی خالص، از کودهای زیستی در تلفیق با کودهای شیمیایی استفاده شود..

کلمات کلیدی: الگوی کاشت، فتوسنتز، کودهای زیستی، گندم وکلزا.

مقدمه

با توجه به این‌که زمین‌های کشاورزی برای تولید محصولات مختلف روزبه‌روز در حال کمبود است، بنابراین یک نیاز فزاینده برای به‌حداکثر رساندن استفاده از زمین برای تسریع در بهره‌برداری وجود دارد که ممکن است باعث بسته‌شدن خَلاء عملکرد (شکاف عملکرد) باشد (Salama & Zeid, 2016). از طرفی کودهای شیمیایی یک عامل کلیدی برای بهره‌وری در کشاورزی محسوب می‌شوند (González *et al*., 2015). بنابراین سیستم‌های تک‌کشتی با استفاده از کودهای مصنوعی و آفت‌کش‌ها به منظور تولید انبوه، موجب مشکلات شدید بسیاری از جمله کاهش تنوع‌زیستی، ناامنی عملکرد زیست‌توده و آلودگی محیط زیست می‌شود (Wang *et al*., 2020). در همین‌راستا سیستم‌های کشت مخلوط می‌توانند نیاز جهانی به کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را جبران و از توسعه سیستم‌های پایدار پشتیبانی کنند (Jensen, Carlsson, & Hauggaard-Nielsen, 2020). سیستم کشت مخلوط، مجموعه‌ای از اهداف کشاورزی پایدار را تامین می‌نماید، به طوری‌که باعث افزایش تنوع، استفاده بهتر از منابع، کاهش ریسک از بین رفتن محصول، کاهش فرسایش، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، کاهش خسارت علف‌های هرز و درنهایت افزایش عملکرد و کیفیت محصولات می‌گردد (Gooding *et al*., 2007). از دلایل مهمی که کشاورزان کشت مخلوط را بر کشت خالص ترجیح می‌دهند این است که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، تولید بیش‌تری از همان مقدار زمین حاصل می‌کند که علت این افزایش، پایداری عملکرد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در شرایط متغیر محیطی است (YangF, 2014). از طرفی کشت مخلوط به‌دلیل فراهم‌نمودن شرایط، به‌منظور استفاده کارآمدتر از منابع و کاهش تداخل علف‌های هرز، حشرات و آفات، اغلب بازده بیش‌تری نسبت به تک‌کشتی اجزای خود دارد (Echarte *et al*., 2011). بررسی‌ها نشان داد که کشت مخلوط میزان انتقال نور به لایه‌های پائینی کانوپی در گیاهان را تغییر می‌دهد و بر رقابت گونه‌های گیاهی برای نور، آب و مواد غذایی اثر می‌گذارد (Chen, Westcott, Neill, Wichman, & Knox, 2004a). در کشت مخلوط ساختار کانوپی با نحوه توزیع سطح برگ در ارتباط می‌باشد و از این طریق بر میزان جذب، تشعشع، تبخیر و تعرق و درنهایت تجمع ماده خشک و عملکرد اثر می‌گذارد (Schittenhelm, Sourell, & Löpmeier, 2006). در همین راستا گزارش‌های متعددی در کشت مخلوط مبنی بر افزایش عملکرد وجود دارد (Aliyu & Emechebe, 2006).

محققان دیگر در کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum L.*)-کلزا (*Brassica napus* L) نشان دادند که عملکرد دانه گندم و کلزا در تمام ترکیبات مخلوط افزایش یافت، به‌طوری‌که عملکرد دانه در ترکیب یک ردیف گندم و دو ردیف کلزا به میزان ۲۳درصد و در ترکیب ۲:۲ به میزان ۲۴ درصد و در ترکیب دو ردیف گندم و سه ردیف کلزا به‌میزان ۵۱ درصد

افزایش نشان داد (R. U. Khan, Rashid, & Khan, 2009). بررسی یک مطالعه نشان داد که در کشت مخلوط گندم و نخود ،عملکرد کل دانه در نسبت ۵۰:۵۰ به‌حداکثر (۱۲۶۹,۸۳ کیلوگرم در هکتار) رسید. نیتروکسین، عملکرد دانه گندم و نخود را به ترتیب ۷/۱۲ و ۱۲/۶ درصد افزایش داد (Chaechian, Pasari, Sabaghpour, Rokhzadi, & Mohammadi, 2022). نتایج یک مطالعه نشان داد،کشت مخلوط کلزا + نخود با نسبت ۲:۲ یا ۲:۱ و کاربرد کودهای زیستی + ۵۰ درصد نیتروژن از طریق ورمی کمپوست، به‌طور قابل توجهی باعث افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد شد (Turkar, Patel, Singh, Pratap, & Singh, 2021).

بررسی یک مطالعه نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در بوته ذرت از ترکیب تیماری کود زیستی و کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد ذرت و ۵۰ درصد لوبیا چیتی به‌دست آمد (فاطمی دوین و همکاران ،۱۳۹۹). تحقیقات دیگر نشان داد که عملکرد دانه گندم در کشت مخلوط گندم- نخود به ۱/۷۲ تن در هکتار رسید، در حالی‌که عملکرد دانه در کشت خالص گندم ۱/۵۱ تن در هکتار بود (M. Khan, Khan, Wahab, & Rashid, 2005). محققان در مطالعه‌ای دیگر، محتوای کلروفیل برگ، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای گندم در کشت مخلوط آن با پنبه نسبت به کشت خالص افزایش یافت (Zhang *et al*., 2008). امروزه گرایش به طراحی و مدیریت سیستم‌هایی کـه در جهت فرآیندهای اکولوژیکی عمل نماید مد نظر است، چون در این سیستم‌ها جهت دستیابی به تولید مطلوب وابستگی کم‌تری به مواد شیمیایی وجود دارد (Awal, Koshi, Ikeda, & meteorology, 2006). در حال حاضر کودهای بیولوژیکی به‌عنوان گزینه‌های جایگزین برای کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu, Cao, Li, Cheung, & Wong, 2005).

کودهای بیولوژیکی در حقیقت موادی شامل انواع مختلف میکروارگانیسم¬های آزادزی بوده (Chen, Westcott, Neill, Wichman, & Knox, 2004b) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از شکل غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی را برخوردار می¬باشد (Rajendran & Devaraj, 2004). نتایج بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار، مبتنی بر توصیه استفاده از منابع بیولوژیکی همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می¬باشد (Roy & Singh, 2006). نتایج یک تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی موجب کاهش وابستگی گیاه به انتقال مجدد مواد و کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه در کلزا گردید (جشنی و همکاران ۱۳۹۴). بررسی دیگر حاکی از اثرات مثبت باکتری سودوموناس و ازتوباکتر بر گندم بود که موجب افزایش میزان کلروفیل برگ و عملکرد دانه شد (انصاری و همکاران ۱۳۹۵). با توجه به مصرف بی¬رویه کودهای شیمیایی و آلودگی¬های زیست¬محیطی ناشی از مصرف آن‌ها به نظر رسید

به‌منظور بررسی کودهای زیستی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها در تک¬کشتی گندم و کلزا و الگوهای مختلف کشت این دو گیاه در نسبت¬های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در کیلومتر۱۲ جاده خرم آباد اندیمشک با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۱۲۵ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۵۲۰ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد و اقلیم نیمه‌خشک انجام شد (سال‌نامه آماری هواشناسی خرم‌آباد،۱۳۹۸). آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول در چهار سطح کودی شامل: ۱) ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۵۰ کیلوگرم فسفر ۲) کود زیستی نیتروکسین + فسفر بارور ۲، ۳) ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم فسفر + کود زیستی نیتروکسین + فسفر بارور ۲ و ۴) شاهد و عامل دوم در پنج الگوی مختلف کشت مخلوط از نوع جایگزینی، شامل ۱) کشت خالص گندم، ۲) کشت خالص کلزا، ۳) ۲۵ درصد گندم + ۷۵ درصد کلزا، ۴) ۵۰ درصد گندم + ۵۰ درصد کلزا و ۵) ۷۵ درصد گندم + ۲۵ درصد کلزا طراحی گردید. در این آزمایش از کودهای شیمیایی اوره ۴۶ درصد و سوپرفسفات تریپل و کودهای زیستی نیتروکسین و فسفر بارور ۲ به‌ترتیب به‌مقدار یک لیتر در هکتار و ۱۰۰ گرم در هکتار به صورت بذرمال استفاده شد. میزان بذر مصرفی در کشت خالص گندم و کلزا به ترتیب تعداد ۴۰۰ و ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. جهت آماده‌سازی زمین ابتدا در اواسط شهریورماه یک شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود برهم زده شد. ابعاد کرت‌ها ۴×۲متر (۸ متر مربع)، فاصله بین بلوک ها ۱/۵ متر و بین کرت‌های اصلی ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش قبل از انجام عملیات کاشت، ابتدا به‌صورت تصادفی و زیگزاک نمونه مرکبی از خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل گردید، سپس عناصر ماکرو و میکرو اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بذور کلزا (رقم هایولا ۴۸۱۵) و گندم (رقم چمران ۲) از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان لرستان تهیه گردید و به‌صورت هم‌زمان در تاریخ اول آبان ماه ۹۸ کشت گردیدند. تمام تیمارهای کود فسفره به‌صورت خطی (نواری) عمقی هم‌زمان با کشت بذر مصرف شد، ولی کود اوره در سه مرحله ۱- هم‌زمان با کاشت،۲- قبل از ساقه‌روی گندم و کلزا، و ۳- شروع سنبله‌دهی گندم و شروع گل‌دهی کلزا و در هرمرحله به میزان یک سوم کل کود مصرفی، مورد استفاده قرار گرفت. برای شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل سنج (SPAD) مینولتا برای گندم در مرحله سنبله دهی و کلزا در مرحله گل‌دهی استفاده شد. اندازه‌گیری فتوسنتز، تعرق، هدایت و مقاومت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه تبادلات گازی مدل PLC4 صورت پذیرفت. در مرحله برداشت نهایی به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم و کلزا،

نمونه‌برداری در یک متر مربع انجام و سپس در تیمارهای مختلف به کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شدند. داده‌های حاصل از تیمارهای مختلف با کمک نرم‌افزار آماری آماریSAS آنالیز شدند، سپس جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱: نتایج آزمایش خاک مزرعه قبل از کشت

فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	بر	روی	مس	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک	اسیدیته
میلی گرم بر کیلوگرم											
۱۳/۱	۳۴۵	۲/۳	۱/۶	۰/۱۲	۰/۶	۰/۴	۱/۰۵۳	۰/۸۹	۰/۶۳۰	لوم رسی	۷/۷

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود و الگوی کاشت بر عملکرد دانه گندم و کلزا در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول۲). بیش‌ترین عملکرد دانه کلزا با ۳۶۴۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط کشت خالص کلزا و تلفیق کودهای شیمیایی + زیستی و کم‌ترین آن (۱۰۲۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۲۵ درصد کلزا + ۷۵ درصد گندم در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول۳). در گندم هم بیش‌ترین عملکرد دانه گندم با ۴۸۵۲ کیلوگرم در هکتار در الگوی کشت خالص گندم در حضور کود شیمیایی + زیستی و کم‌ترین آن (۱۷۰۱ کیلوگرم در هکتار) در الگوی کاشت ۲۵ درصد گندم+ ۷۵ درصد کلزا و بدون استفاده از کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به اینکه هدف از اجرای کشت مخلوط استفاده بهینه از یک قطعه زمین در واحد زمان می‌باشد، برهمین اساس بیش‌ترین عملکرد دانه کلزا و گندم از کشت خالص (۱۰۰ درصد) و در تیمارهایی که دارای کودهای زیستی، شیمیائی و تلفیقی بودند مشاهده گردید، شایان ذکر است که تیمارهای ۲۵:۷۵ در کلزا و گندم از نظر میزان عملکرد در رده‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به اینکه بیش‌ترین عملکرد در تک‌کشتی دو گیاه به‌دست آمد، اما نتایج مجموع عملکرد دو گیاه در تیمار ۷۵ درصد گندم به‌علاوه ۲۵درصد کلزا تحت اثر کود تلفیقی دارای عملکردی معادل ۵۶۴۴کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به کشت خالص در هر دو گیاه برتری لازم را داشت که این نتیجه از مزایای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی محسوب می‌شود. از دلایل مهم در افزایش عملکرد دانه در این ترکیب را می‌توان به اندازه تک‌بذر، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در گندم نسبت داد. از طرفی گیاه کلزا در جز ۲۵ این ترکیب به‌نظر رسید با سایه‌اندازی بر گیاه گندم به‌عنوان باد شکن عمل نمود که درنهایت این روند احتمالا موجب افزایش شاخص سطح برگ، افزایش ضخامت

لایه مرزی و کم شدن تعرق در گندم شد که این روند موجب افزایش عملکرد دانه در تیمار فوق گردید. از دلایل مهم دیگر در افزایش عملکرد دانه را احتمالا می‌توان به هم‌زیستی مناسب کلزا با گندم و از طرف دیگر نقش کودهای شیمیائی و زیستی به‌دلیل فراهم نمودن عناصر غذایی بیش‌تر در مراحل مختلف رشد اشاره نمود که درنهایت موجب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح (هکتار) شد. محققان در کشت مخلوط کلزا - گندم، بیش‌ترین میزان عملکرد دانه کلزا را از ترکیب ۷۵ کلزا + ۲۵درصد گندم و کشت خالص کلزا گزارش نمودند **(**Ali, Malik, & Cheema, 2000**).** از طرفی در کشت مخلوط جو-ماشک نشان داده شد که افزایش عملکرد دانه متأثر از بالاترین تراکم بوته در کشت خالص (۱۰۰ درصد) بود، اما نتایج مجموع عملکرد دانه (ماشک و جو) نشان داد که ترکیب (ماشک ۵۰: ۵۰ جو) به‌واسطه تراکم بوته مناسب و استفاده از فاکتورهای محیطی (نور و آب) توانستند بیش‌ترین مجموع عملکرد دانه را نسبت به سهم‌های تقلیل‌یافته داشته باشند (زیدی طولابی و همکاران، ۱۴۰۱). تحقیقات دیگر حاکی از افزایش عملکرد در کشت مخلوط ماشک و جو در کشت مخلوط بود که مجموع آن نسبت به تک‌کشتی دوگونه برتری لازم را نشان داد (Zeiditoolabi *et al*., 2023).

کلروفیل

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل الگوی کاشت و کود اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل گیاه کلزا و گندم در کشت خالص را نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین شاخص میزان کلروفیل (۴۳/۷۳) از کشت خالص کلزا در حضور کودهای شیمیایی و زیستی، از طرفی کم‌ترین آن (۱۷/۳۰) از کم‌ترین جزء مخلوط کلزا (۲۵ درصد کلزا + ۷۵ درصد گندم) در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) حاصل گردید (جدول ۳). هم‌چنین بیش‌ترین میزان کلروفیل گندم (۱۵/۹۳) در الگوی کشت خالص و کود تلفیقی (شیمایی و زیستی) و کم‌ترین آن (۴/۱۳) از تیمار ۲۵درصد گندم + ۷۵درصد کلزا در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). بنابراین چنین استنباط شد که در کشت خالص به‌دلیل بیش‌تر بودن ارتفاع و تعداد برگ در بوته‌ها میزان سایه‌اندازی نیز بیش‌تر است، از طرفی در کشت‌های مخلوط برای اخذ هر چه بیش‌تر نور جهت تولید مواد فتوسنتزی، میزان کلروفیل افزایش یافته است. شایان ذکر است بعد از کشت خالص در دو گیاه، میزان کلروفیل در بین الگوهای کاشت، در کود تلفیقی در گندم و کلزا نسبت به تیمارهای شاهد برتری لازم را نشان داد که حکایت از مزایای کشت مخلوط و از طرفی کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی در کشت مخلوط و خالص است. محققان بیان داشتند که استفاده از کودهای زیستی حاوی باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر (نیتروکسین) می‌تواند مقدار کلروفیل گیاه را با ترشح هورمون‌های رشد هم‌چون اکسین و سیتوکینین افزایش دهد **(**Lalitha, Babu, Ravisankar, & Rani, 2004**)** در همین راستا محققان در کشت مخلوط باقلا با گندم، جو و چاودار گزارش کردند که بیش‌ترین میزان کلروفیل در باقلا متعلق به تیمار مخلوط باقلا با گندم

به نسبت ۲۵ درصد گندم+۷۵ درصد باقلا در شش هفته بعد از پنجه‌زنی حاصل گردید (Lithourgidis & Dordas, 2010). تحقیقات دیگر نشان داد که با افزایش میزان سهم ماشک و جو در ترکیب بر میزان کلروفیل برگ اضافه شد. در همین‌راستا محققان گزارش نمودند که کاربرد کود زیستی ازتوبارور-۱ (تأمین‌کننده بخشی از نیتروژن خاک) در کشت مخلوط و خالص موجب افزایش میزان کلروفیل برگ گردید (زیدی‌طولابی و همکاران، ۱۴۰۱). بررسی دیگر حاکی از افزایش میزان کلروفیل تحت اثر کود زیستی در کشت خالص ماشک و جو در مقایسه با کشت مخلوط ماشک – جو بود (Zeiditoolabi *et al.*, 2023).

فتوسنتز خالص

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فتوسنتز خالص در گیاه کلزا و گندم تحت تاثیر اثر متقابل الگوی کاشت و کود قرار گرفت و اثر معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). بر همین‌اساس بیش‌ترین میزان فتوسنتز خالص از کشت خالص کلزا (۴/۵۹ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) در تلفیق با کوذ زیستی + شیمیائی حاصل گردید. از طرفی هم کم‌ترین آن (۱/۲۳ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) به تیمار (۲۵درصد کلزا + ۷۵ درصد گندم) اختصاص داشت. هم‌چنین بیش‌ترین میزان فتوسنتز خالص گندم (۴/۴۴ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) به کشت خالص در حضور تیمار کود زیستی و شیمیائی، هم‌چنین کمترین میزان فتوسنتز گندم (۱/۲۳ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) در تیمار ۲۵درصد گندم + ۷۵ درصد کلزا از تیمار شاهد حاصل گردید (جدول ۳). فتوسنتز خالص یکی از معیارهای اساسی و مهم در جهت افزایش عملکرد محسوب می‌شود، بنابراین بیش‌ترین میزان فتوسنتز خالص، در کشت خالص دو گیاه مشاهده گردید، به‌طوری‌که این روند موجب گردید در تک‌کشتی، رشد رویشی کلزا و گندم به‌واسطه بالا بودن تراکم بوته افزایش یابد. با توجه به‌اینکه بیش‌ترین نرخ خالص فتوسنتز از تک‌کشتی کلزا و گندم حاصل گردید، بنابراین تیمار تلفیق کود زیستی با شیمیایی نسبت به کود شیمیایی علاوه بر تیمارهای تک‌کشتی، در سیستم کشت مخلوط نیز برتری خود را نشان داد، که درنهایت سبب افزایش میزان نور دریافتی در تاج پوشش گیاهی و افزایش فتوسنتز در کشت‌های خالص گردید. محققان در مطالعه‌ای نشان دادند که بیش‌ترین سرعت فتوسنتز در کشت مخلوط نخود و کلزا مربوط به کشت خالص نخود بود، از طرفی با انجام کشت مخلوط این دوگیاه به علت سایه‌اندازی برگ‌های کلزا از سرعت فتوسنتز کاسته شد (حمزه‌یی و داودیان، ۱۳۹۸). میزان فتوسنتز در بین الگوهای کاشت، در کود تلفیقی در گندم و کلزا نسبت به سایر تیمارهای کودی شیمیایی خالص بالاتر بود که این امر به‌دلیل فضای تغذیه‌ای بهتر در شرایط استفاده از کود تلفیقی و توزیع مناسب کانوپی می‌باشد که منجربه کاهش رقابت گیاهان و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز شده است. بررسی‌ها در کشت مخلوط جو- ماشک نشان داد که افزایش تراکم بوته (کشت خالص) موجب کاهش

نرخ فتوسنتز در ماشک و جو گردید، از طرفی کود زیستی ازتوبارور۱ توانست موجب افزایش کلروفیل در برگ و به‌عبارتی افزایش در ماده خشک و در نهایت موجب افزایش نرخ فتوسنتز خالص در ماشک و جو شد (زیدی‌طولابی و همکاران، ۱۴۰۱). تحقیقات دیگر نشان داد که افزایش تراکم بوته سبب کاهش فتوسنتز خالص در برگ‌ها گردید و مقدار آن از ۱۹/۵ میکرو مول دی اکسیدکربن در متر مربع به ۱۶/۴ میکرو مول دی‌اکسیدکربن در مترمربع در ثانیه رسید (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کود و الگوی کاشت بر صفات هدایت روزنه‌ای، مقاومت روزنه‌ای و عملکرد دانه کلزا و گندم و کلروفیل کلزا

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه کلزا	عملکرد دانه گندم	مجموع عملکرد دانه	کلروفیل کلزا	کلروفیل گندم	فتوسنتز کلزا	فتوسنتز گندم
تکرار	۲	۶۶۶۴۳۳۳ ns	۸۳۳۲۳۳ ns	۵۹۶۱ ns	۶۵/۴۱ ns	۹/۳۸ ns	۱/۹۰ ns	۰/۳۱
کود	۳	۱۶۴۹۳۵**	۶۰۶۷۴۶۹**	۴۰۶۹۵۸۹**	۳۴۸/۶۷ **	۳۷/۶۸ ns	۴/۳۱*	۳/۲۴**
خطای کرت اصلی	۶	۲۴۱۰۹۲	۵۶۶۹۷۰	۹۰۲۶	۱۹/۲۰	۱۵/۳۶	/۶۸	.۰/۱۶
الگوی کاشت	۴	۸۱۶۸۴۹ ns	۳۸۳۵۹۸۳۴ ns	۷۳۲۴۵۰۰ **	۱۴/۳۸ ns	۹۰/۳۵ **	۱ ns	۰/۱۲ ns
اثر متقابل کود در الگوی کاشت	۱۲	۱۸۶۴۲۰۷ **	۱۴۴۲۶۰۵ **	۱۲۴۶۸۲ **	۱۳۲ ns	۲۳/۳۱ **	۱/۲۱*	۱/۴۰*
خطا کل	۲۴	۴۶۵۵۰۴	۴۲۶۷۰۱	۸۰۵۴	۲۶/۴۵	۶/۹۴	۰/۴۶	.۰/۴۷
ضریب تغییرات		۸/۵۰	۶/۳۵	۶/۳۵	۴/۰۲	۳/۵۰	۴/۷۸	۴/۵۰

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح پنج درصد احتمال و ** معنی‌دار در سطح یک درصد احتمال

تعرق

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود و الگوی کاشت بر تعرق کلزا و گندم معنی‌دار بود (جدول۴). بر همین‌اساس بیش‌ترین تعرق کلزا در شرایط کشت خالص و تلفیق کود زیستی و شیمیایی (۰/۹۷ میلی‌مول بر مترمربع) و کم‌ترین آن (۰/۶۱ میلی‌مول بر مترمربع) از تیمار شاهد و در ترکیب (۲۵درصد کلزا + ۷۵ درصد گندم) مشاهده شد، از طرفی در گندم نیز بیش‌ترین تعرق (۰/۹۸ میلی‌مول بر مترمربع) از تیمار کشت خالص گندم در حضور کود تلفیقی و کم‌ترین میزان تعرق (۰/۶۷ میلی‌مول بر مترمربع به تیمار (۲۵درصد گندم + ۷۵ درصد کلزا) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۵). از آنجائی که با افزایش میزان تعرق در صورت تأمین میزان آب لازم برای مصرف گیاه، عملکرد به همان اندازه افزایش خواهد یافت، برهمین‌اساس آزمایش حاضر تحت اثر آبیاری کامل قرار گرفت، بنابراین هیچ‌گونه تنش خشکی در این آزمایش وجود نداشت، لذا افزایش میزان تعرق در کلزا و گندم احتمالاً می‌تواند به‌میزان شاخص سطح برگ بالا که ناشی از مصرف کودهای زیستی و شیمیائی به‌طور هم‌زمان و قرارگیری مناسب (آرایش کاشت) بوته‌ها در کنار هم مرتبط باشد که این امر در نهایت منجربه افزایش عملکرد در ترکیب‌های فوق گردید. در همین‌راستا بیش‌ترین میزان تعرق را در کشت خالص ماشک و جو گزارش گردید (Zeiditoolabi *et al*., 2023).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل الگوی کاشت و کود بر عملکرد دانه، شاخص سطح برگ، کلروفیل و فتوسنتز کلزا و گندم

تیمار	عملکرد دانه کلزا (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه گندم(کیلوگرم در هکتار)	مجموع عملکرد دانه گندم و کلزا (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل کلزا	کلروفیل گندم	فتوسنتز کلزا (میلی-مول بر مترمربع ثانیه)	فتوسنتز گندم (میلی‌مول بر مترمربع ثانیه)
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	۲۰۶۳ cde	۲۹۱۱ cde	۴۹۷۴ de	۲۴/۱۹ cde	۹/۱۳ def	۲/۸۲ cde	۲/۷۵ cde
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	۲۰۵۵ cde	۲۶۹۶ def	۴۷۵۱ f	۲۳/۱۳ cde	۸/۰۸ efg	۲/۷۷ cd	۲/۶۴ cde
۵۰درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	۲۱۵۷ cde	۳۲۲۸ bcd	۵۳۵۸ b	۲۴/۵۰ cde	۹/۳۸ def	۲/۸۷cd	۲/۸۶ cde
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	۱۹۳۵ cde	۲۵۹۵ ef	۴۳۵۰ g	۲۳/۰۳ cde	۷/۷۱ efg	۲/۶۹ d	۲/۵۹ cde
۷۵درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	۱۸۷۸ cde	۳۷۶۶ bcd	۵۶۴۴ a	۲۰/۰۶ de	۱۲/۲۳ bcd	۲/۶۳ e	۳/۱۸ bcd
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	۱۷۵۸de	۳۳۸۴ bcd	۵۱۴۲ cd	۱۹/۱۳ de	۱۰/۸۰ cde	۲/۵۵ e	۲/۹۳ cde
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	۱۸۸۱ cde	۳۸۱۷ abc	۵۵۹۹ a	۲۱/۲۷ cde	۱۳/۷۷ abc	۲/۶۶ d	۳/۳۰ bcd
۷۵درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	۱۰۲۴ e	۳۲۵۲ bcd	۴۲۷۶ h	۱۷/۳۰ e	۱۰/۷۳ cde	۱/۲۳ cde	۲/۹۱ cde
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	۲۷۰۳ bc	۲۴۷۲ ef	۵۱۷۵ bc	۲۹/۰۹ bcd	۶/۰۷ fg	۳/۴۰ bcd	۲/۰۹ de
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	۲۳۹۸ bcd	۱۸۰۹ f	۴۲۰۷ hi	۲۶/۲۵ cde	۵/۱۹ fg	۳/۲۶ bcd	۱/۸۱ e
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	۲۷۲۲ bc	۲۵۴۸ ef	۵۲۷۰ bc	۲۹/۶۰ bcd	۷/۶۰ efg	۳/۴۴ bcd	۲/۴۵ cde
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	۲۳۶۰ bcd	۱۷۰۱ f	۴۰۶۱ ij	۲۴/۵۳ cde	۴/۱۳ g	۳/۲۵ bcd	۱/۷۵ e
۱۰۰ درصد گندم + ۱۰۰ درصد شیمیایی	–	۴۱۴۸ ab	۴۱۴۸ hi	–	۱۵/۵۷ a	–	۳/۹۸ ab
۱۰۰ درصد گندم + ۱۰۰درصد زیستی	–	۳۹۲۲ abc	۳۹۲۲ jk	–	۱۴/۵۳ ab	–	۳/۳۱ bcd
۱۰۰ درصد گندم + شیمیایی+زیستی	–	۴۸۵۲ a	۴۸۵۲ ef	–	۱۵/۹۳ a	–	۴/۴۴ a
۱۰۰ درصد گندم +شاهد(بدون کود)	–	۳۴۲۹ bcd	۳۴۲۹ lm	–	۱۱/۵۳ bcd	–	۳/۱۵ bcd
۱۰۰ درصد کلزا + ۱۰۰ درصد شیمیایی	۳۴۵۳ ab	–	۳۴۵۳ m	۳۹/۲۰ ab	–	۴/۱۸ ab	–
۱۰۰ درصد کلزا + ۱۰۰ درصد زیستی	۳۰۱۳ bcd	–	۳۰۱۳ n	۳۲/۸۰ abc	–	۳/۸۹ abc	–
۱۰۰ درصد کلزا + شیمیایی+زیستی	۳۶۴۶ a	–	۳۶۴۶ kl	۴۳/۷۳ a	–	۴/۵۹ a	–
۱۰۰ درصد کلزا +شاهد(بدون کود)	۲۵۵۸ bcd	–	۲۵۵۸ o	۲۷/۱۳ cde	–	۳/۳۸ bcd	–

*** داده‌های دارای حروف مشترک درهر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند**

مطالعه دیگر نشان داد که سرعت فتوسنتز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافته است (Zhang *et al.*, 2008). بررسی یک مطالعه نشان داد که تراکم کاشت (کشت خالص)، موجب کاهش میزان تعرق در برگ‌ها در گندم شد (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی در کشت مخلوط ماشک و جو نشان داده شد که با افزایش تراکم بوته میزان تعرق کاهش یافت، که از دلایل مهم در این روند احتمالاً می‌تواند به لایه مرزی ایجادشده در تاج‌پوش (کنوپی) گیاهی، کم‌بودن دمای کنوپی به‌واسطه افزایش تراکم بوته، کم‌شدن سرعت باد در تراکم‌های بالا (به‌عنوان بادشکن عمل می‌کند) و غیره بستگی داشته باشد (زیدی‌طولابی و همکاران، ۱۴۰۱).

هدایت و مقاومت روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود و الگوی کاشت بر هدایت و مقاومت روزنه‌ای گندم و کلزا معنی‌دار است (جدول ۴). برهم‌کنش تیمارها نشان داد که بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای کلزا (۰/۰۳۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) در کشت خالص و در حضور کود تلفیقی و کم‌ترین آن (۰/۰۱۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از کم‌ترین جزء کلزا (۲۵ درصد) حاصل گردید. در گیاه گندم بیش‌ترین میزان تعرق (۰/۰۳۲ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) همانند کلزا از بیش‌ترین تراکم بوته (کشت خالص) و کم‌ترین این متغیر (۰/۰۲۰ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از ۲۵ درصد گندم + ۷۵ درصد کلزا در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). از طرفی بیش‌ترین مقاومت روزنه‌ای در کلزا (۵۰/۶۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از کم‌ترین جزء مخلوط (۲۵ درصد کلزا و ۷۵ درصد گندم) و کم‌ترین این متغیر (۳۴/۶۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از کشت خالص کلزا در تیمار تلفیقی حاصل گردید. در گندم هم بیش‌ترین میزان مقاومت روزنه‌ای (۵۳/۶۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از کم‌ترین جزء مخلوط (۲۵درصد گندم + ۷۵درصد کلزا) و کم‌ترین آن (۳۶/۶۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) از کشت خالص گندم در تیمار تلفیقی (زیستی و شیمیائی) حاصل گردید (جدول ۵). نتایج نشان داد، هرچه هدایت روزنه‌ای بیش‌تر باشد، میزان تعرق و فتوسنتز خالص بیش‌تر خواهد شد، بنابراین بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای کلزا از کشت خالص کلزا و در حضور کود شیمیائی حاصل شد، از طرفی بیش‌ترین این میزان در گندم هم در حضور کود زیستی مشاهده گردید. با توجه به این‌که هر چه میزان فراهمی عناصر غذایی برای گیاه بیش‌تر باشد، هدایت روزنه‌ای افزایش می‌یابد، به طوری‌که افزایش هدایت روزنه‌ای منجر به افزایش ورود دی‌اکسید کربن به داخل گیاه و درنتیجه منجربه افزایش عملکرد خواهد شد. بنابراین بیش‌تر بودن هدایت روزنه‌ای در تیمار کود شیمیایی می‌تواند دلیل اصلی بیش‌تر بودن میزان عملکرد در این تیمار باشد. از طرفی، افزایش غلظت نیتروژن در خاک می‌تواند سبب افزایش هدایت روزنه‌ای شود. از این‌رو، هرگونه بهبودی در شرایط رشدی گیاه می‌تواند سبب افزایش هدایت روزنه‌ای شود. بررسی‌ها نشان داد که هدایت روزنه‌ای بیان‌کننده میزان تبادلات گازی از جمله تبخیر و تعرق، دی‌اکسیدکربن و اکسیژن می‌باشد، بنابراین افزایش آن باعث کاهش مقاومت روزنه‌ای و بالعکس

کاهش آن موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای در گیاهان خواهد شد، این محققان بیان داشتند که در تراکم‌های بالا، میزان هدایت روزنه‌ای کم‌تری صورت گرفته که درنهایت موجب افزایش در عملکرد کمی شده است (زیدی‌طولابی و همکاران، ۱۴۰۱). مطالعه دیگر نشان داد که تغییر در تراکم گیاهی میزان فتوسنتز و سایر شاخص‌های مرتبط با آن نظیر میزان تعرق گیاه، هدایت روزنه‌ای، دمای سایه‌انداز گیاهی، کارآیی مصرف آب و درنهایت عملکرد محصول را تحت اثر قرار می‌دهد (Ren *et al.*, 2017).

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر کود و الگوی کاشت بر صفات کلروفیل گندم، شاخص سطح برگ کلزا و گندم، فتوسنتز و تعرق کلزا و گندم

S.O.V	df	تعرق کلزا	تعرق گندم	هدایت روزنه‌ای کلزا	هدایت روزنه‌ای گندم	مقاومت روزنه‌ای کلزا	مقاومت روزنه‌ای گندم
تکرار	۲	۰/۱۱ ns	۰/۰۷*	۰/۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۳۴۳/۱۵ *	۵۸/۵۸ ns
کود	۳	۰/۰۸ ns	۰/۰۴*	۰/۰۰۰۱۴ ns	۰/۰۰۰۰۶ ns	۲۷۳/۱۹ *	۱۰۴/۰۸ ns
خطای کرت اصلی	۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۴۸/۹۸	۱۰۱/۴۷
الگوی کشت	۳	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۹ *	۰/۰۰۰۰۴ ns	۱۸۷/۵۸ ns	۵۹/۹۱ ns
کود×الگوی کشت	۹	۰/۰۳*	۰/۰۱*	۰/۰۰۰۰۵ *	۰/۰۰۰۰۳ *	۲۸۳/۱۱ **	۱۱۴/۴۸ *
خطای کرت فرعی	۲۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۱	۶۴/۵۲	۴۱/۳۶
ضریب تغییرات		۵/۲۵	۴/۴۰	۳/۶۳	۵/۰۲	۳/۴۰	۴/۲۵

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح پنج درصد احتمال و ** معنی‌دار در سطح یک درصد احتمال

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل الگوی کاشت و کود بر عملکرد دانه، شاخص سطح برگ، کلروفیل و فتوسنتز کلزا و گندم

تیمار	تعرق کلزا (میلی‌مول بر متر مربع)	تعرق گندم (میلی‌مول بر متر مربع)	هدایت روزنه‌ای کلزا (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	هدایت روزنه‌ای گندم (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	مقاومت روزنه‌ای کلزا (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	مقاومت روزنه‌ای گندم (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	/۷۵ cde	/۷۶ de	/۰۲۳ cde	/۰۲۳ bc	۴۲/۶۷ bcd	۴۴/۶۷ cde
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	/۷۵ cde	/۷۶ de	/۰۲۳ cde	/۰۲۳ bc	۴۳/۳۳ bcd	۴۵/۶۷ d
۵۰درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	/۷۶ cde	/۸۳ cde	/۰۲۳ cde	/۰۲۳ bc	۴۲/۳۳bcd	۴۴/۶۷ cde
۵۰ درصد گندم +۵۰ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	/۷۴ cde	/۷۳ de	/۰۲۳ cde	/۰۲۳ bc	۴۶ bcd	۴۹/۰۰ bcd
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	/۷۲ de	/۹۰ bc	/۰۲۳ cde	/۰۲۷ ab	۵۰/۶۷ bc	۴۲/۳۳b
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	/۶۴ ef	/۸۴ cde	/۰۲۰ de	/۰۲۳ bc	۵۳/۳۳b	۴۳ bcd
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	/۷۲ de	/۹۱ bc	/۰۲۳ cde	/۰۲۷ ab	۴۸/۶۷ bc	۴۰/۳۳ d
۷۵ درصد گندم +۲۵ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	/۶۱ f	/۸۳ cde	/۰۱۷ e	/۰۲۳ bc	۷۳/۳۳a	۴۴/۶۷cd
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد شیمیایی	/۸۸ bcd	/۷ e	/۰۲۷ bcd	/۰۲۰ c	۴۱/۶۷ bcd	۴۹/۶۷ abc
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ ۱۰۰ درصد زیستی	/۸۴ bcd	/۷۰ e	/۰۲۷ bcd	/۰۲۰ c	۴۱/۶۷bcd	۵۳/۶۷ bcd
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ شیمیایی+زیستی	/۹۲ abc	/۷۱ e	/۰۳۰ abc	/۰۲۳ bc	۳۷/۳۳cd	۴۹/۳۳ bc
۲۵ درصد گندم +۷۵ درصد کلزا+ شاهد(بدون کود)	/۸۳ bcd	/۶۷ f	/۰۲۳ cde	/۰۲۰ c	۴۲ bcd	۵۸ a
۱۰۰ درصد گندم + ۱۰۰ درصد شیمیایی	–	/۹۲ ab	–	/۰۲۹ ab	-	۳۷/۶۷ bcd
۱۰۰ درصد گندم + ۱۰۰ درصد زیستی	–	/۹۲ ab	–	/۰۲۹ ab	-	۳۸/۳۳bcd
۱۰۰درصد گندم + شیمیایی+زیستی	–	/۹۸ a	–	/۰۳۲ a	-	۳۶/۶۷cd
۱۰۰ درصد گندم +شاهد(بدون کود)	–	/۸۶ bc	–	/۰۲۷ ab	-	۴۲/۶۷bcd
۱۰۰ درصد کلزا + ۱۰۰ درصد شیمیایی	/۹۷ a	–	/۰۳۳ ab	–	۳۵d	–
۱۰۰ درصد کلزا + ۱۰۰ درصد زیستی	/۹۳ ab	–	/۰۳۰ abc	–	۳۷/۶۷ cd	–
۱۰۰درصد کلزا + شیمیایی+زیستی	/۹۷ a	–	/۰۳۷ a	–	۳۴/۶۷ d	–
۱۰۰ درصد کلزا +شاهد(بدون کود)	/۸۸ bcd	–	/۰۲۷ bcd		۳۹/۳۳cd	–

* داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین مجموع عملکرد دانه در کشت مخلوط و از تیمار ۷۵ درصد گندم و ۲۵ درصد کلزا در حضور تیمار کود شیمیایی خالص حاصل گردید که بیانگر مقرون به صرفه بودن کشت مخلوط نسبت به کشت خالص

در واحد سطح می‌باشد. در این آزمایش تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در کشت مخلوط می‌تواند در جهت افزایش کمی محصولات کشاورزی در راستای اهداف کشاورزی پایدار مفید باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که سیستم کشت مخلوط بر عملکرد کلزا و گندم اثرگذار بود و این اثرگذاری در کشت گندم نسبت به کلزا بیش‌تر مشاهده شد، که این موضوع به برتری ماهیت ژنتیکی (وزن تک بذر و وزن هزار دانه گندم) نسبت به کلزا می‌باشد. در این آزمایش آرایش گیاهی مناسب و رشد رویشی بهتر بوته‌های گندم در کشت‌های مخلوط سبب افزایش درصد نور دریافتی و افزایش فتوسنتز و عملکرد در کشت‌های مخلوط گردید. استفاده از کود تلفیقی (کود شیمیایی + زیستی) باعث بهبود صفات اندازه‌گیری در کلزا و گندم شده است. در الگوهای مختلف کاشت، کاربرد کود زیستی همراه با کود شیمیایی، اثر مثبتی بر صفات اندازه‌گیری شده به‌ویژه در عملکرد دانه و فتوسنتز داشته است. فراهم‌سازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر در طی تمام مراحل رشد گیاه از دلایل اثر مثبت کودهای زیستی بر رشد گیاه می‌تواند باشد.

منابع

حمزه‌یی انصاری م. ح.، هاشم آبادی د. یادگاری م.۱۳۹۵. تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی دو رقم گندم در شرایط تولید گیاهی. دوره ۴۰(۲): ۸۸-۷۵.

بی‌نام. آمارنامه هواشناسی خرم‌آباد،۱۳۹۸.

جشنی .ر. فاتح ا.آینه‌بند .الف.۱۳۹۵. تأثیر کودهای بیولوژیکی تیوباسیلوس و نیتروکارا و محلول‌پاشی روی و آهن بر برخی خصوصیات کیفی و انتقال مجدد تولید گیاه کلزا (*Brassica napus* L.). ۴۰(۱): ۱۴-۱.

حسین¬پور، ر.، ولدآبادی، س.ع.، مهرور، م. و سیف‌زاده، س. ۱۳۹۷. صفات مربوط به تبادل گازی برگ، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر تراکم کاشت. مجله علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ۱۳. ۳ (۵۱): ۴۴۶-۴۳۱

حمزه‌یی .ج.، داودیان .ر.۱۳۹۸.ارزیابی برخی شاخص های آگرو فیزیولوژیک وعملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط کلزا(*Brassica napus* L.) و نخود(*Cicer arietinum* L.)،نشریه بوم‌شناسی کشاورزی جلد۱۱، شماره ۱،بهار ۱۳۹۸، ص ۲۵۹-۲۴۵

زیدی طولابی، ن.، خمری، ع.، سیروس مهر، ع.، گلوی، م.، و دهمرده، م. ۱۴۰۱. بررسی کود زیستی و سوپرجاذب آزوتوباروار-۱ بر برخی از صفات کمی و کیفی بذر در کشت مخلوط ماشک و جو. در شرایط خشک در خرم‌آباد. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴ (۵۳): ۸۳-۹۹.

سعیدی، م.، راعی، ی.، امینی، ر.، پاسبان‌اسلام. ب.، روحی‌سارالان، ع. ۱۳۹۶. تأثیر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر رشد، عملکرد و درصد اسیدهای چرب گلرنگ در کشت مخلوط با لوبیا. مجله کشاورزی دانشگاه تهران. ۲۰ (۴): ۷۶۹-۷۸۴.

علی‌زاده، ا. ۱۳۹۳. اصول هیدرولوژی کاربردی. ویرایش هفتم. چاپ سی و هفتم. انتشارات داشگاه امام رضا(ع) مشهد. ۹۴۲ص.

فاطمی دوین،ر.، حسینی، سم.، مقدم،ح.، متشرع زاده،ب.۱۳۹۹. اثر کودهای زیستی و آلی و نظام های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی بر عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و *لوبیاچیتی* (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۵۱(۴). ۱۴۵-۱۳۳.

گلوی، م.، میقانی،ف.، قنبری،ا.، رمرودی،م.، ۱۳۹۸. بررسی اثر تراکم بذری جو به عنوان گیاه همراه و مدیریت علف‌های هرز بر عملکرد کمی و کیفی علوفه و استقرار یونجه. پژوهش در اکوسیستم‌های زراعی، ۲ (شماره ۳, ۴), ۵۳-۶۶.

Ali, Z., Malik, M. A., & Cheema, M. A. (2000). Studies on determining a suitable canola-wheat intercropping pattern. *International Journal of Agriculture Biology*
۲(۱-۲), ٤٢-٤٤.

Aliyu, B., & Emechebe, A. (2006). Effect of Intra-and inter-row mixing of sorghum with two varieties of cowpea on host crop yield in a Striga hermonthica infested field. *African Journal of Agricultural Research*
۱(۲), ۰۲٤-۰۲٦.

Awal, M., Koshi, H., Ikeda, T., & meteorology, f. (2006). Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural*
۱۳۹(۱-۲), ۷٤-۸۳.

Chaechian, F., Pasari, B., Sabaghpour, S. H., Rokhzadi, A., & Mohammadi, K. J. G. P. (2022). Yield, Yield Components and Evaluation Indices in Wheat–Chickpea Intercropping as Affected by Different Sowing Methods and Ratios and Biofertilizer Inoculation. *74*(3), 511-521.

Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D., & Knox, M. (2004a). Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. *Agronomy Journal*
۹٦(٦), ۱۷۳۰-۱۷۳۸.

Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D., & Knox, M. (2004b). Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. *Agronomy Journal*
۹٦(٦), ۱۷۳۰-۱۷۳۸.

Echarte, L., Della Maggiora, A., Cerrudo, D., Gonzalez, V., Abbate, P ,.Cerrudo, A., . . . Calvino, P. J. F. C. R. (2011). Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *121*(3), 423-429.

González, M., Cea, M., Medina, J., González, A., Diez, M., Cartes, P., . . . Navia, R. J. S. o. t. T. E. (2015). Evaluation of biodegradable polymers as encapsulating agents for

the development of a urea controlled-release fertilizer using biochar as support material. *505*, 446-453.

Gooding, M., Kasyanova, E., Ruske, R., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, E. S., Dahlmann, C., . . . Crozat, Y. J. T. J. o. A. S. (2007). Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *145*(5), 469-479.

Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. J. A. f. S. D. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *40*, 1-9.

Khan, M., Khan, R. U., Wahab, A., & Rashid, A. (2005). Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of chickpea, lentil and rapeseed in different proportions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*

.۳-۱ ,(٤-۳)٤۲

Khan, R. U., Rashid, A., & Khan, M. S. (2009). Seed yield and monetary return of wheat crop as affected by intercropping with canola (Brassica napus L.). *Journal of Agricultural Research*

.(۲)٤۷

Lalitha, M., Babu, M. K., Ravisankar, C., & Rani, Y. A. J. S. I. H. (2004). Effect of bioregulators on chlorophyll content and keeping quality of betelvine (Piper betel L.). *52*(1/6), 270.

Lithourgidis, A., & Dordas, C. (2010). Forage yield, growth rate, and nitrogen uptake of faba bean intercrops with wheat, barley, and rye in three seeding ratios. *Crop Science*

.۲۱۵۸-۲۱٤۸ ,(٥)٥۰

Rajendran, K., & Devaraj, P. (2004). Biomass and nutrient distribution and their return of Casuarina equisetifolia inoculated with biofertilizers in farm land. *Biomass bioenergy*

.۲٤۹-۲۳٥ ,(۳)۲٦

Ren, B., Liu, W., Zhang, J., Dong, S., Liu, P., & Zhao, B. (2017). Effects of plant density on the photosynthetic and chloroplast characteristics of maize under high-yielding conditions. *The Science of Nature*

.۱۱-۱ ,۱۰٤

Roy, D., & Singh, B. (2006). Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (Hordeum vulgare). *Indian Journal of Agronomy, 51*(1), 40-42.

Salama, H. S. A., & Zeid, M. M. K. J. A. J. o. C. S. (2016). Hay quality evaluation of summer grass and legume forage monocultures and mixtures grown under irrigated conditions. *11*(11) .۱٥٥۰-۱٥٤۳ ,

Schittenhelm, S., Sourell, H., & Löpmeier, F.-J. (2006). Drought resistance of potato cultivars with contrasting canopy architecture. *European Journal of Agronomy*

.۲۰۲-۱۹۳ ,(۳)۲٤

Turkar, Y., Patel, A. B., Singh, V. P., Pratap, T., & Singh, H. (2021). The performance of intercropping of rapeseed with pea grown on rice fallows.

Wang, X., Yang, Y., Zhao, J., Nie, J., Zang, H., Zeng, Z., & Olesen, J. E. J. E. J. o. A. (2020). Yield benefits from replacing chemical fertilizers with manure under water deficient conditions of the winter wheat–summer maize system in the North China Plain. *119*, 126118.

Wu, S. C., Cao, Z., Li, Z., Cheung, K., & Wong, M. H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma, 125*(1-2), 155-166.

YangF, H. J. F. R. (2014). Growthofsoybean seedlingsinrelaystripintercroppingsystemsinrelation tolightquantityandred: farrredratio. *155*, 245r253.

Zeiditoolabi, N., Khammari, I., Sirousmehr, A., Daneshvar, M., Galavi, M., & Dahmardeh, M. J. G. P. (2023). Evaluation of Stomata in Vetch-Barley Intercropping and Its Relationship with Forage Production in Rainfed Conditions, Under the Influence of Biofertilizer and Superabsorbent. 1-29.

Zhang, L.-z ,.Van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., & Spiertz, J. J. F. C. R. (2008). Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *107*(1), 29-42.