بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی وکاربرد بقایای گیاهی برشاخص سبزینگی گیاه تریتیکاله (X *Triticosecale* Wittmack) و شاخص‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک

سهیلا حسین‌زاده[۱]، اسفندیار فاتح* [۲]، امیر آینه‌بند[۳]، معصومه فرزانه[۴] و جعفر حبیبی‌اصل[۵]

۱،۲،۳ و۴) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.
۵) بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

نویسنده مسئول*:e.fateh@scu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۶

چکیده

خاک ورزی حفاظتی (شامل کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاکورزی) یکی از مولفه‌های اصلی کشاورزی حفاظتی است که با کاهش فرسایش خاک و حفظ بقایای گیاهی شاخص‌های فیزیکی خاک را بهبود می بخشد. افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها، نفوذپذیری و تخلخل، کاهش تبخیر و حفظ رطوبت خاک و محافظت در برابر فرسایش آبی و بادی و اثر مثبت بر شاخص‌های کیفیت خاک مانند کربن‌آلی، موادآلی، تامین مواد مغذی و ظرفیت تبادل کاتیونی از جمله اثرات بلند مدت خاک‌ورزی حفاظتی است. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه تریتیکاله (X *Triticosecale Wittmack*) و شاخص های شیمیایی و بیولوژیکی خاک در شرایط اقلیمی اهواز به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار درمزرعه آموزشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا گردید. فاکتور اصلی روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح(خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) و فاکتور فرعی کاربرد بقایای گیاهی شامل۵ سطح (بدون مصرف بقایا (شاهد)، بقایای گندم، لوبیا چشم بلبلی، کنجد و نصف بقایای گندم + نصف بقایای لوبیا چشم بلبلی) بود. بر اساس نتایج این پژوهش، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) همراه با کاربرد بقایای گیاهی، تأثیر مثبتی بر شاخص‌های کیفیت خاک و فیزیولوژی گیاه تریتیکاله داشتند. بیش‌ترین مقدار کربن توده میکروبی خاک (۲۳۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار بی‌خاک‌ورزی با بقایای گندم مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین مقدار (۷۳/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به خاک‌ورزی مرسوم بدون بقایا بود. همچنین، ترکیب بقایای گندم و لوبیا چشم‌بلبلی موجب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل a (۵/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و عدد کلروفیل (SPAD) نسبت به شاهد گردید. بهبود ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک مانند افزایش فسفر قابل جذب (۱۴/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کم‌خاک‌ورزی) و تنفس میکروبی (۶۹/۹۷ میلی‌گرم CO_2 برگرم خاک در روز) در بی‌خاک‌ورزی نیز از دیگر نتایج قابل توجه بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که روش‌های حفاظتی نه‌تنها سلامت خاک را ارتقا می‌دهند، بلکه می‌توانند به عنوان راهکاری برای کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند اهواز مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنفس خاک، سلامت خاک، کربن آلی و کربن توده میکروبی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

مقدمه

امروزه با توجه به فشار وارده بر منابع خاک کیفیت اراضی تنزل یافته که همگام با مهم‌ترین چالش‌های جهانی همچون گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی و بحران آب، حفظ و ثبات تولیدات کشاورزی در سطح کنونی در طولانی‌مدت را در ابهام نهاده است (Khader *et al.,* 2020). باروری خاک‌ها بهره‌برداری بهینه اقتصادی از منابع خاک را افزایش می‌دهد. حاصل‌خیزی و باروری خاک‌های یک کشور که در بیانیه جهانی غذا معرفی و از آن به‌عنوان شاخصی از ظرفیت تولید غذا و میزان سلامت صنعت کشاورزی یاد گردیده، در واقع بیان‌گر بهره‌برداری اقتصادی از این منابع ارزشمند می‌باشد(اسدی و همکاران،۱۴۰۱). خاک‌ها که عنصر کلیدی و ضروری در تولید محصولات کشاورزی هستند، در قرن اخیر با توجه به روند جهانی افزایش جمعیت و افزایش تقاضا در معرض فشارهای شدید به‌منظور تأمین نیاز بشر قرار گرفته‌اندکه درکوتاه مدت منجربه عملکرد بالاتر شده‌است، اما با گذشت زمان اثرهای منفی قابل‌توجهی بر سلامت و کیفیت خاک از جمله فشردگی، کاهش مواد آلی و تخریب خاک داشته است (Lal, 2015). گزارش سازمان خواربار و کشاورزی در خصوص منابع آب و خاک، هشدار می‌دهد این منابع در نقطه بحرانی قرار دارند و برای آینده زمین، خاک و آب، به راه‌حل‌های نوآورانه و بسیج جهانی نیاز است(FAO, 2021). بر اساس این گزارش، میزان زمین‌های زیر کشت در جهان از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۷، ۱۵ درصد افزایش یافته‌است. اگرچه استفاده بشر از زمین‌های کشاورزی به اوج خود نرسیده، اما بهره‌وری محصولات کشاورزی، رشد ناچیزی داشته و فرسایش زمین‌های بارور با سرعت زیادی رو به افزایش است و حدود یک‌سوم از منابع خاک جهان در معرض فرسودگی متوسط تا بالا قرار دارند(FAO, 2021). خاک از طریق نگهداری و فراهم آوردن عناصر غذایی ضروری و مفید برای گیاهان و فراهم آوردن ۹۹ درصد از مواد غذایی برای بشر از یک‌سو و مهم‌ترین مولفه در تولیدات کشاورزی از سوی دیگر، نقش کلیدی در امنیت غذایی و اقتصاد و خودکفایی سایرکشورها دارد(لطیفی و همکاران، ۱۳۹۵). حدود ۳۰ درصد از انرژی مصرفی در تولید محصولات کشاورزی مربوط به عملیات تهیه زمین و خاک‌ورزی می‌باشد (Singh *et al.*, 2008). استمرار اجرای خاک‌ورزی رایج بر پایه گاوآهن و از بین بردن و حذف بقایای گیاهی، اثر معکوس بر تولید و پایداری خاک دارد، یکی از مهم‌ترین مشکلات در سطح جهانی تخریب خاک می‌باشد ، به‌دنبال افزایش جمعیت ، فشار مضاعفی بر خاک‌ها وارد آمده و سلامت و کیفیت خاک‌ها را با خطر مواجه می‌سازد (Venkateswarlu and Shanker, 2012). تخریب در خاک ،کاهش تولید و بهره‌وری محصول را در پی دارد. این وضعیت پایداری زمین‌های کشاورزی را بیش از بیش ضرورت می‌بخشد. از رایج‌ترین جنبه‌های تخریب فیزیکی خاک فرسایش خاک می‌باشد. تخریب و تضعیف خاک، مشکلات فراوانی در پایداری در تولید ایجاد می‌نماید. کاهش ذخیره کربن‌آلی خاک از رایج‌ترین فرم‌های تخریب بیولوژیکی خاک است. تغییر کاربری اراضی، که عمدتاً با هدف افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی انجام می‌گیرد، از

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

رایج‌ترین روند کاهش ذخیره کربن آلی خاک است (Verhulst, 2010). گزارش شده در پی تغییر کاربری، اراضی زراعی بین نیم تا دوسوم ذخیره کربن خود را از دست می‌دهند(Stavi and lal, 2014). از جوانب دیگر تخریب بیولوژیکی خاک می‌توان کاهش محتوای موادآلی خاک و تنزل جمعیت میکروبی خاک را بیان نمود که متاثر از فشار مضاعف بر منابع خاک جهت دستیابی به محصول بیشتر، تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و مدیریت سوء بقایای گیاهان و تنزل ذخایر مواد آلی اشاره کرد هر نوع تغییر نامطلوب در جمعیت میکروبی خاک، باعث تنزل در فراهمی عناصر غذایی خاک شد که تهدیدی در جهت کاهش ارزش غذایی تولیدات گیاهی در این خاک‌ها می‌باشد (Hurni *et al*., 2015; Janson and Hofmockel, 2020). در حال‌حاضر توجه به اصول کشاورزی پایدار یکی از اساسی‌ترین راه‌حل‌های ممکن در مقابله با مشکلاتی از قبیل افزایش جمعیت، کاهش حاصل‌خیزی اراضی و آلودگی آب و خاک است. بنابراین با توجه به آنچه که گفته شد برای تأمین امنیت غذایی و دستیابی به تولید پایدار، تغییر در روش‌های مرسوم و سنتی تولید محصولات کشاورزی امری ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا شیوه‌های مدیریتی مختلفی جهت حفظ سلامت و کیفیت خاک ارائه شده‌است (Sharma *et al*., 2019). از آن‌جمله می‌توان به خاک‌ورزی حفاظتی، کاربرد و حفظ بقایای گیاهی، کاربردکود دامی و آیش زمین‌های کشاورزی در جهت تبدیل روش‌های رایج کشاورزی به حفاظتی اشاره کرد (Devi *et al*., 2017; Liu *et al*., 2012). تکنیک‌های خاک‌ورزی حفاظتی شامل روش‌های مختلفی مانند بدون‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی می‌باشد. از جمله مزایای خاک‌ورزی حفاظتی ، جلوگیری از فشرده شدن لایه سطحی خاک، حفظ رطوبت خاک، افزایش مقدار مواد آلی، نفوذ وتجمع در خاک را می‌توان بیان کرد(Zhang *et al*., 2018). کشاورزی پایدار به کیفیت و موادآلی خاک توجه دارد و بقایای گیاهی یکی از منابع مهم موادآلی خاک محسوب می‌شود (چراغی و پزشکپور، ۱۳۹۲). سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ و اضافه کردن بقایای گیاهی به دلیل دارا بودن عناصر غذایی مطلوب به خوبی می توانند ضمن حفظ و افزایش سلامت و کیفیت خاک افزایش موادآلی خاک، بهبود ساختار خاک، تامین ذخیره موادغذایی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی، جلوگیری از تبخیر، حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش نفوذپذیری وضعیت خاک را از نظر فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی بهبود بخشند. با افزودن بقایای گیاهی به خاک فعالیت ریزموجودات خاک بیشتر می‌شود. بنابراین افزودن ماده آلی به خاک باعث افزایش جمعیت میکروبی و زیست توده کربنی خاک می‌گردد (Alvear *et al*., 2005; Cooper *et al*., 2020; Verhulst, 2010; Hobbs *et al*., 2008).

پژوهش‌گران در بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گیاهان ماشک علوفه‌ای، چغندر و مخلوط چغندر ماشک علوفه‌ای پس از ذرت و گندم به عنوان محصولات اصلی در سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ در ایغدیر ترکیه گزارش دادند استفاده از گیاهان پوششی و سامانه بی‌خاک‌ورزی باعث بهبود ویژگی‌های خاک شد و می‌تواند منجر به بهبود ساختمان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

خاک و ارتقا کیفیت خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردد. آن‌ها گزارش دادند استفاده از بقایای گیاهی و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش ماده آلی، پایداری خاک‌دانه ها و فسفر قابل دسترس گیاه شد (Erdel and Barik, 2023). در تحقیقی دیگر گزارش شده با افزودن بقایای گیاهی به خاک میـزان تصاعد دی اکسیدکربن که نشان‌دهنده فعالیت تنفسی میکروارگانیسم‌هاست به طور معنی‌دار افزایش یافته و در نهایت منجر به تجزیه مواد آلی خاک می‌گردد (Hadas *et al.*, 2004). در منطقه زرقان فارس تغییرات ماده‌آلی خاک و میزان عملکرد در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول در تناوب گندم-ذرت مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این پژوهش نشان داد که حفظ بقایای گیاهی در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی مورد ارزیابی، ضمن بهبود درصد ماده‌آلی خاک نقش مثبتی نیز در حفظ پتانسیل عملکرد محصول دارد (میرزاوند، ۱۳۹۸). افزایش میزان کربن آلی‌خاک در سامانه‌های حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در پژوهشی که در خصوص بررسی سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در گندم صورت پذیرفت،گزارش شده است(رحیم‌زاده و نوید، ۱۳۹۰). با توجه به سایر موارد ذکر شده و لزوم حفظ کیفیت خاک به‌عنوان مولفه اصلی در کشاورزی پایدار این آزمایش با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی وکاربرد بقایای گیاهی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه تریتیکاله و شاخص‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک در شرایط آب و هوایی اهواز ، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روش‌های خاک‌ورزی و پخش بقایا بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه تریتیکاله و شاخص‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک، یک آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲- ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. فاکتور اصلی شامل روش‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح شامل (T1: خاک‌ورزی مرسوم،T2: کم‌خاک‌ورزی و T3: بی خاک‌ورزی) و فاکتور فرعی کاربرد بقایای گیاهی در پنج سطح شامل (M1: شاهد (بدون کاربرد بقایای گیاهی)، M2: کاربرد بقایای گندم (رقم چمران۲)،M3: کاربرد بقایای لوبیا چشم بلبلی (رقم کوشا)، M4: کاربرد بقایای کنجد (رقم محلی) و M5: کاربرد نصف بقایای گندم (چمران۲) + نصف بقایای لوبیا چشم بلبلی (رقم کوشا)) بود. کشت قبلی گندم بود که تمامی بقایا قبل از انجام تهیه زمین و اجرای نقشه کشت از سطح مزرعه آزمایشی جمع‌آوری شد. بقایای مورد استفاده در طرح آزمایشی با توجه به زمان برداشت هر کدام از آن‌ها از سطح مزارع استان جمع‌آوری و میزان بقایای در نظر گرفته برای هر کرت، تقریبا ۳۰٪ عملکرد کاه و کلش و بیولوژیک محصول بوده که بر این اساس برای گندم، کنجد و لوبیا چشم بلبلی به ترتیب ۳، ۱/۵ و ۱ تن در هکتار می‌باشد. با توجه به مساحت هر کرت فرعی که ۶ مترمربع بود، به ترتیب مقادیر ۱۸۰۰، ۹۰۰ و ۶۰۰ گرم از بقایای موردنظر استفاده شد. از نظر نحوه کاربرد بقایا در زمان تهیه کرت های فرعی با توجه به نقشه کشت بقایای مورد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

نظر به‌صورت پابیل با خاک مخلوط شدند، جهت اعمال تیمار خاک‌ورزی مرسوم از گاوآهن برگردان‌دار به همراه دو دیسک و ماله استفاده شد. در تیمار کم‌خاک‌ورزی فقط از دو بار دیسک استفاده گردید و در تیمار بی‌خاک‌ورزی کشت مستقیم بذر بدون هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام شد. رقم تریتیکاله کاشته شده رقم، سناباد بود. بذر رقم مورد نظر از موسسه بذر و نهال کرج تهیه و در تاریخ ۲۸ آبان ۱۴۰۱ با توجه به نقشه کشت، عملیات کاشت تریتیکاله با استفاده از دست و به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار برای هر کرت محاسبه و انجام پذیرفت. هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۵ واحد ازمایشی بود که در مجموع تعداد ۴۵ کرت در نظر گرفته شد. نیازهای کودی خاک با توجه به نتایج آزمون خاک و دستورالعمل فنی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان (۱۳۸۶) تامین شد (جدول ۱). از نظرمیزان کود مصرفی تمامی کود فسفات (حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل) و پتاس (حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) و یک سوم کود اوره (به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان کاشت به‌عنوان کود پایه و مابقی کود اوره در دو مرحله (پنجه‌زنی و اوایل‌گل‌دهی) به‌صورت سرک (هر مرحله ۱۰۰کیلوگرم در هکتار) با دست در مزرعه پخش و دو مرحله نیز از کود کم‌مصرف هوموکسال ۹۵٪ مولتی‌کم که یکی از کودهای با اهمیت و قابل اختلاط با اکثر کودهای شیمیایی بوده و با آن‌ها سازگار است، در آب به خوبی حل شده و با کودهای دیگر مایع، قابل اختلاط می‌باشد استفاده گردید (نصیری و همکاران، ۱۳۹۸). هیومیک اسید ضمن بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو، افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه را سبب می‌شود (Delfine *et al*., 2005). کود اسید هیومیک از شرکت توسعه و بهبود نهاده‌های کشاورزی پارس یزد تهیه و همراه با آب آبیاری (به میزان یک کیلوگرم در هکتار) در کرت‌ها استفاده شد. این کود کم‌مصرف شامل ۴۸ ٪ اسید هیومیک و ۲۵ ٪ اسید فولویک و عناصر ریزمغذی روی، منگنز، بور و مس به‌صورت کلات کاملا پایدار و محلول در آب می‌باشد. مصرف هیومیک اسید در این آزمایش، عمدتاً با هدف بهبود وضعیت تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی گیاه انجام شده است و اثرهای مشاهده‌شده بر ماده آلی خاک، بیشتر در واکنش به بقایای گیاهی و نوع خاک‌ورزی بوده‌اند. در مطالعه‌های متعددی گزارش شده است که اثر اصلی بر افزایش ماده آلی خاک بیشتر از آنکه به کاربرد کوتاه مدت هیومیک اسید مرتبط باشد، ناشی از حضور بقایای گیاهی و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی است (Ben Mahmoud *et al*., 2024 Ampong *et al*., 2022).

جدول ۱: نتایج آزمون خاک مزرعه پیش از اعمال تیمارهای آزمایشی

عمق	مواد آلی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	بافت
سانتی‌متر	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(درصد)	-	(دسی زیمنس بر متر)	-
۰-۳۰	۰/۳	۱۴۴	۱۴/۴	۰/۱	۸/۷	۱/۲۴	رسی لومی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

سایر عملیات زراعی شامل آبیاری کرتی و وجین علف‌های هرز به‌طور یکسان برای تمامی کرت‌ها اعمال شد. همچنین در طول اجرای آزمایش از هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف‌کش و یا آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد. جهت خوانش عدد SPADو تعیین میزان شاخص سبزینگی در مرحله گل‌دهی، میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SAPD تعیین شد. اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند عدد SPAD و میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدهای برگ در مرحله گل‌دهی (BBCH 50-69) انجام شد. این مرحله زمان اوج فعالیت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌شود و تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کاربرد بقایا بر کارایی فتوسنتز کاملاً قابل بررسی است (Meier *et al.,* 2009). بدین منظور در هر کرت پنج برگ تصادفی از خطوط میانی و از قسمت‌های بالایی، میانی و پایینی هر برگ قرائت و میانگین‌گیری و یک عدد به‌صورت نهایی ثبت شد (Chapman *et al*., 1997). جهت محاسبه و تعیین محتوی کلروفیل برگ پرچم در مرحله گل‌دهی از روش Arnon (۱۹۷۶) استفاده گردید. بر این اساس میزان جذب نوری با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ برای تعیین کلروفیلa، ۶۴۵ جهت کلروفیلb و ۴۷۰ نانومتر برای تعیین کارتنوئیدهای برگ با استفاده از رابطه‌های ۲،۱ و ۳ تعیین و بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه گردید:

رابطه ۱: $\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645)\ V/100W$

رابطه ۲: $\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663)\ V/100W$

رابطه ۳: $\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$

در روابط فوقChlorophyll a ، Chlorophyll b و Carotenoides به ترتیب میزان کلروفیلa، b و کارتنوئید بوده و Vمبین حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد (حسیبی، ۱۳۸۶). در پایان اجرای آزمایش به‌منظور نمونه‌برداری مرکب، از نقاط مختلف کرت نمونه‌های خاک جمع‌آوری و با یکدیگر مخلوط شدند و ویژگی‌های شیمیایی (فسفر و پتاسیم) و شاخص‌های بیولوژیکی (کربن بیومس میکروبی و تنفس) خاک محاسبه شد، فسفر قابل استفاده با روش Olson و همکاران (۱۹۵۴) و پتاسیم قابل جذب از روش فلیم فتومتر، کربن بیومس میکروبی با روش تدخین-انکوباسیون، تنفس میکروبی خاک با استفاده از روش تیتراسیون با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به روشIsermeyer (۱۹۵۲) صورت گرفت به این صورت که نمونه‌های خاک در ظروف بسته در دمای $۲۵^{\circ C}$ نگهداری شده و مقدار دی‌اکسیدکربن تولید شده، توسط هیدروکسید سدیم جذب گردید و بوسیله تیتراسیون تعیین گردید (Jenkinson and Pawlson, 1976). کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.2 انجام و برای مقایسه میانگین‌ها هم از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

نتایج و بحث

کلروفیل a

برهم‌کنش تیمارهای خاک‌ورزی و کاربرد بقایا و اثر خاک‌ورزی بر کلروفیل a معنی‌دار نبود اما اثر بقایا بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بر اساس نتایج بدست آمده تیمار کم‌خاک‌ورزی ۲/۹۱ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم و ۱/۱۱ درصد نسبت به بی‌خاک‌ورزی افزایش نشان داد، نتایج مقایسه میانگین نشان داد در بین تیمار کاربرد بقایای گیاهی، تیمار ترکیبی بیش‌ترین مقدار (۵/۴۸میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد لوبیا چشم بلبلی نشان نداد و در یک گروه قرار گرفتند، کم‌ترین میزان نیز از تیمار عدم کاربرد بقایا (شاهد) (۲/۹۲میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) بدست آمد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد حفظ بقایا توأم با کم‌خاک‌ورزی موجب افزایش و بهبود ذخیره رطوبتی خاک شده و با اثر بر کاهش تبخیر، موجب بهبود رشد و استقرار گیاه گردیده است که با توجه به وجود ذخیره رطوبتی مناسب و تعدیل دمای خاک باعث بهبود وضعیت کلروفیل و جذب عناصر غذایی و اثر مثبت بر عملکرد روزنه‌ها و فرایند فتوسنتز داشته است، احتمالا نظر به اینکه احیای خاک و افزایش نفوذپذیری آن و کاهش فشردگی و بهبود ویژگی‌های خاک در روش بی‌خاک‌ورزی، نیازمند به گذشت زمان بیشتری داشته و در سال‌های اول اجرای این‌گونه طرح‌ها کمتر نمایان می‌گردد بنابراین میزان کلروفیل و درصد سبز شدن در این روش کم‌تر از روش‌های دیگر می‌باشد.

جدول ۲: میانگین مربعات اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر شاخص سبزینگی گیاه تریتیکاله و شاخص‌های فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئیدها	عددکلروفیل	تنفس خاک	کربن توده میکروبی	فسفر خاک	پتاس خاک
تکرار	۲	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۵۴^{ns}	۰/۷۶*	۳۰۴/۴۹**	۲۸۲۱/۲*	۳/۸*	۲۸۲۰*
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۶۷^{ns}	۱۱/۳**	۰/۷۳**	۲۳/۷۵**	۴۹۷/۸**	۶۳۲۴/۸*	۲/۶۲^{ns}	۹۵۲/۶^{ns}
خطای اصلی	۴	۰/۰۷۴	۰/۰۵۵	۰/۰۷	۰/۱۱	۹/۲۳	۳۸۵/۷	۰/۶	۵۱۸/۷
بقایا	۴	۹/۱۸**	۰/۴۹**	۰/۵*	۷/۲۵**	۵۲۶/۶۴**	۱۴۵۶۰/۲**	۷/۶۳**	۴۰۰۷/۱**
خاک‌ورزی× بقایا	۸	۰/۲^{ns}	۰/۳**	۰/۱۷^{ns}	۰/۴۳**	۳۸/۲^{ns}	۲۸۲۰/۹*	۰/۴۷^{ns}	۷۲۱/۱^{ns}
خطای فرعی	۲۴	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۲۵	۵۴/۶۵	۱۰۹۳/۱	۱/۴۵	۷۵۸/۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۷/۶۸	۹/۲	۶/۴۶	۰/۳۴	۱۱/۵۶	۲۰/۰۱	۸/۷۶	۱۵/۵

* و **: به ترتیب سطح معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد. ns: فاقد اختلاف معنی‌دار.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر شاخص سبزینگی گیاه تریتیکاله و شاخص‌های فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاک

تیمارها	کلروفیلa (میلی‌گرم برگرم)	کلروفیلb (میلی‌گرم برگرم)	کارتنوئیدها (میلی‌گرم برگرم)	عدد کلروفیل	تنفس خاک (میلی‌گرمco2/یک گرم خاک/ روز)	کربن توده میکروبی(میلی‌گرم برکیلوگرم)	فسفر خاک(میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاس خاک(میلی‌گرم برکیلوگرم)
خاک‌ورزی مرسوم	۴/۴۱^{a}	۳/۶۵^{a}	۵/۱۳^{b}	۴۵/۵۳^{c}	۵۸/۵^{c}	۱۴۱/۴۸^{b}	۱۳/۳۵^{b}	۱۶۸/۹۷^{a}
کم خاک‌ورزی	۴/۵۴^{a}	۲/۲۸^{b}	۶/۵۶^{a}	۴۸/۰۲^{a}	۶۳/۳۱^{b}	۱۷۷/۳۵^{a}	۱۴/۱۹^{a}	۱۸۴/۵۹^{a}
بی خاک‌ورزی	۴/۴۹^{a}	۲/۰۴^{c}	۵/۴^{b}	۴۶/ ۴۶^{b}	۶۹/۹۷^{a}	۱۷۶/۷۴^{a}	۱۳/۷۵^{ab}	۱۷۴/۰۶^{a}
بقایا شاهد	۲/۹۲^{c}	۲/۳۵^{d}	۵/۴۷^{b}	۴۵/۵۸^{e}	۵۷/۸۶^{b}	۹۶/۸^{b}	۱۲/۳۲^{b}	۱۴۰/۹^{b}
بقایای گندم	۴/۳۲^{b}	۲/۶^{bc}	۵/۷^{ab}	۴۶/۷۱^{c}	۶۶/۱^{a}	۱۷۲/۶^{a}	۱۳/۶۶^{a}	۱۷۲/۹^{a}
بقایای لوبیا چشم بلبلی	۲/۵۶^{a}	۲/۸۲^{ab}	۶/۰۲^{a}	۴۷/۶۴^{a}	۷۳^{a}	۱۸۶/۸^{a}	۱۳/۷۳^{a}	۱۹۱/۵^{a}
بقایای کنجد	۴/۳۹^{b}	۲/۵۶^{cd}	۵/۴۷^{b}	۴۵/۹۷^{d}	۵۴/۳۸^{b}	۱۶۸/۹^{a}	۱۴/۳۶^{a}	۱۸۱/۶^{a}
ترکیبی	۵/۴۸^{a}	۲/۹۴^{a}	۵/۸۱^{ab}	۴۷/۴۴^{b}	۶۸/۳^{a}	۲۰۰/۷^{a}	۱۴/۷۴^{a}	۱۹۲/۲^{a}

حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

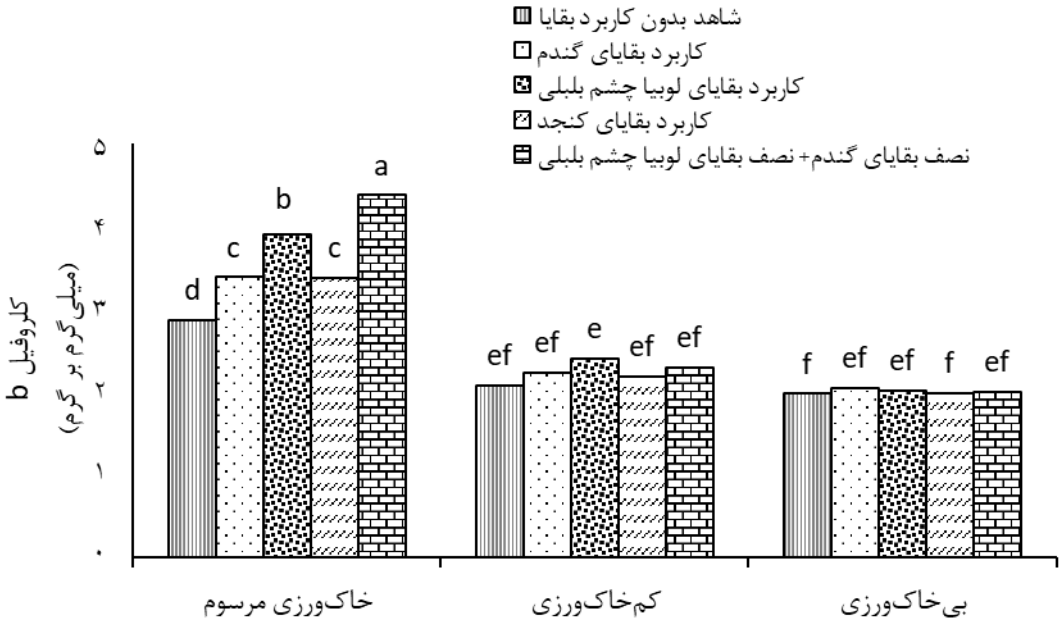
افزایش در میزان کلروفیل می‌تواند به دلیل جذب عناصر غذایی توسط گیاه در نتیجه افزایش رشد رویشی باشد. احتمالاً کاربرد بقایای گیاهی و استفاده از هیومیک اسید در افزایش نیتروژن به عنوان نقش مهمی که در افزایش سبزینگی گیاه دارد بی اثر نبوده و احتمالاً افزایش در میزان کلروفیل، به علت افزایش در جذب عناصر ریزمغذی در گیاه باشد. محققین گزارش دادند خاک‌ورزی حفاظتی همراه بقایای بیشتر در سطح خاک می‌تواند باعث بهبود برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی شامل محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، خواندن SPAD، سطح برگ پرچم، پتانسیل آب برگ، تشعشع جذب‌شده و عملکرد گندم شود (فلاح هروی و همکاران، ۱۳۹۵). اعلام شده تیمار کم‌خاک‌ورزی موجب افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل و کارتنوئید برگ نسبت به کشت مرسوم می‌گردد (الیاسی و همکاران، ۱۴۰۲). Fiorentini و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند انواع خاک‌ورزی بر محتوی کلروفیل برگ موثر بوده و باعث بهبود و افزایش آن در کشت مستقیم(بی‌خاک‌ورزی) گردیده است.

کلروفیل b

بر اساس نتایج برهم‌کنش خاک‌ورزی و بقایا بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر این اساس بیش‌ترین بر هم‌کنش بدست آمده از تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و تیمار ترکیبی (۴/۴۶ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) و کم‌ترین در برهم‌کنش بی‌خاک‌ورزی و تیمار عدم کاربرد بقایا (شاهد) (۰۱/ ۲میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) بدست آمد (جدول ۴ و شکل ۱). در بین تیمار روش‌های مختلف خاک‌ورزی، بیش‌ترین کلروفیلb در تیمار مرسوم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

(۳/۶۵میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) بدست آمد که نسبت به کم‌خاک‌ورزی ۴۶/۲۱ درصد و نسبت به تیمار بی‌خاک‌ورزی ۵۶/۵۹ درصد افزایش نشان داد. در بین تیمار کاربرد بقایای گیاهی، تیمار بدون‌کاربرد بقایا (شاهد)، کم‌ترین میزان (۲/۳۵میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) و تیمار ترکیبی بیش‌ترین مقدار (۲/۹۴میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) کلروفیل b را داشت (جدول ۳).



شکل۱: مقایسه میانگین برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر کلروفیل b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

محتوی کلروفیل نقش مهمی در تعیین میزان فتوسنتز و تولید ماده‌خشک دارد، در این آزمایش محتوی کلروفیل برگ تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گیاهی قرار گرفت (Fathi and Zeidali, 2021; Eyni *et al*., 2022). نتایج نشان داد که تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی همراه با کاربرد بقایای گیاهی، موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a و b شدند. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود شرایط رطوبتی خاک، افزایش دسترسی به عناصر غذایی، و کاهش تبخیر سطحی بوده است. مطالعات صورت گرفته توسط Wangو همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، موجب افزایش میزان کلروفیل و بهبود فتوسنتز در گیاهان زراعی می‌شود.

کارتنوئیدها

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش برهم‌کنش خاک‌ورزی و کاربرد بقایا بر روی کارتنوئیدها معنی‌دار نمی‌باشد اما اثرات اصلی هر کدام از این تیمارها معنی‌دار بوده و برای تیمار خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد و برای تیمار کاربرد بقایا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بررسی اثر خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین مقدار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

کاروتنوئیدها مربوط به تیمار کم‌خاک‌ورزی (۶/۵۶ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) و کم‌ترین مقدار نیز (۵/۱۳ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد(جدول ۳). در تیمار کاربرد بقایا نیز بیش‌ترین مقدار بدست آمده از تیمار کاربرد بقایا لوبیا چشم بلبلی(۶/۰۲ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) و کم‌ترین مقدار نیز (۵/۴۷ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) از تیمار عدم کاربرد بقایا (شاهد) بدست آمد(جدول ۳). یکی از شاخص‌های مهم جهت بررسی وضعیت رشد و شرایط فتوسنتزی گیاه بررسی محتوی رنگدانه‌ها می‌باشد که ارتباط مستقیمی با ظرفیت فتوسنتزی دارد، بنابراین کاهش محتوی کلروفیل شاخصی مناسب جهت تخمین میزان فتوسنتز در گیاه می‌باشد (Cenzano *et al*., 2013). گزارش شده است که کارتنوئیدها نقش کلیدی در واکنش‌های فتوسنتزی دارند (Zakar *et al*., 2016). کارتنوئیدها علاوه بر نقش در فتوسنتز، به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کرده و از گیاه در برابر تنش‌های محیطی محافظت می‌کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی، به‌ویژه بقایای لوبیا چشم بلبلی، موجب افزایش معنی‌دار کارتنوئیدها شد. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود شرایط تغذیه‌ای و کاهش استرس‌های محیطی بوده است. مطالعات قبلی نیز تأیید کرده‌اند که کارتنوئیدها در تنظیم واکنش‌های نوری و محافظت از گیاه در برابر آسیب‌های اکسیداتیو نقش دارند (Fiorentini *et al*., 2019). Salari (۲۰۲۴) در پژوهش خود بیان کردند که استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و بقایای گیاهی تأثیر قابل‌توجهی بر شاخص‌های فیزیولوژیک مانند کلروفیل، کاروتنوئیدها و عملکرد دانه دارد، همچنین در مطالعه‌های مشابه محققان گزارش دادند که خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایا می‌توانند میزان کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ را افزایش دهند. این موضوع به دلیل افزایش ماده آلی خاک، بهبود ظرفیت نگهداری رطوبت، و دسترسی بهتر گیاه به مواد مغذی است در مقابل، خاک‌ورزی شدید موجب کاهش محتوای کلروفیل و افزایش تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود (Janusauskaite and Kadziene, 2022).

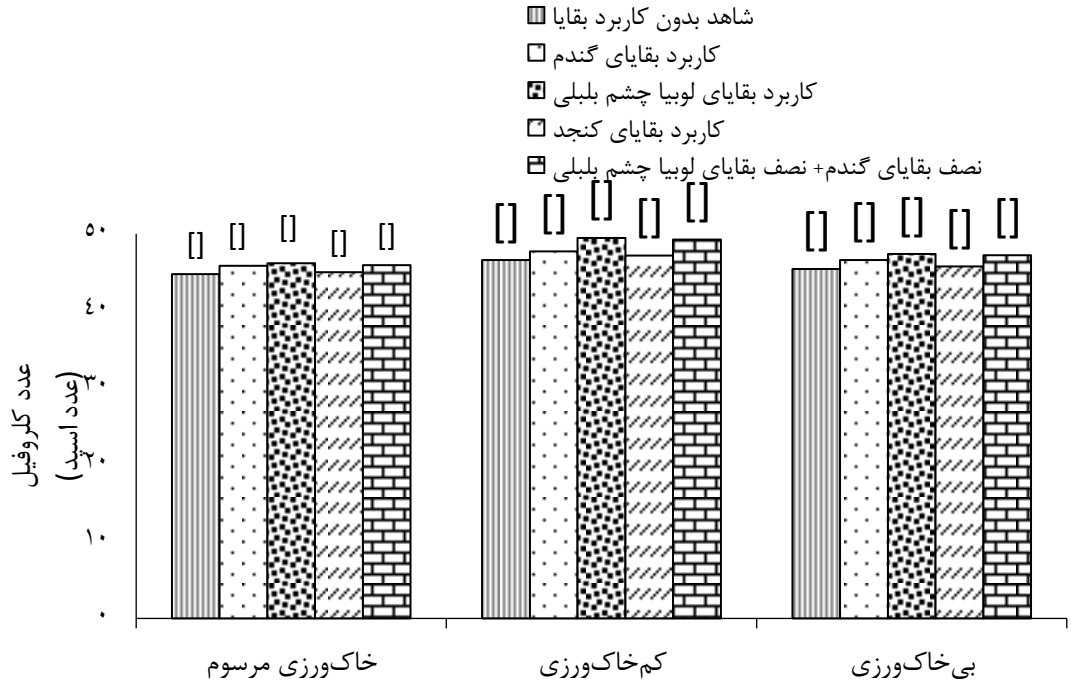
عدد کلروفیل(SPAD)

نتایج نشان داد برهم‌کنش خاک‌ورزی و بقایا بر روی این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بررسی نتایج نشان داد که برهم‌کنش کم‌خاک‌ورزی و کاربرد بقایای لوبیا چشم بلبلی بیش‌ترین مقدار (۴۹/۴۵) و کم‌ترین (۴۴/۷۳) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم و عدم کاربرد بقایا(شاهد) مشاهده گردید (جدول ۴ و شکل ۲). محققان گزارش کردند اندازه‌گیری محتوی کلروفیل برگ، روش مناسب و معتبری برای مطالعه و بررسی فرایند فتوسنتز و تخمین و برآورد وضعیت فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد (Grafts-Brander and Salvucci, 2002). خاک‌ورزی می‌تواند با بهبود مستقیم رطوبت خاک و رشد ریشه و بهبود غیرمستقیم وضعیت آب گیاه منجر به عملکرد بالاتر محصول شود و در نتیجه باعث بهبود ویژگی‌های فتوسنتزی و پرشدن دانه شود(Ren *et al*., 2016).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

فتوسنتز بر تجمع زیست توده گیاهی اثر می‌گذارد و گیاهانی که نرخ فتوسنتز بالایی از خود نشان می‌دهند ممکن است منجر به عملکرد بالاتر شوند(Nie *et al.*, 2017). در تیمار های حفاظتی برهم نخوردگی خاک منجر به محفوظ ماندن رطوبت، تسریع در سبزشدن و جوانه‌زنی به‌لحاظ کاهش تبخیر و دسترسی بیشتر به آب و بهبود رشد ریشه و استقرار گیاه می‌گردد که در نهایت اثر ویژه‌ای بر رشد قسمت‌های هوایی گیاه دارد که موجبات تأمین نیازهای ریشه را فراهم و با تامین دمای مناسب، با سرعت بخشیدن به توسعه ریشه‌ها باعث جذب آب و مواد غذایی شده که منجر به تعادل بهتر مابین عناصر غذایی و دوام سطح برگ و افزایش میزان سبزینگی می‌گردد. گزارش شده عملکرد دانه دو گیاه روغنی خردل و کلزا ارتباط مثبت و معنی‌داری با عدد SPAD دارد که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی دارد(Fanaei *et al.*, 2009) .

در پژوهشی دیگر گزارش گردید بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ در گیاهان تحت کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) و کم‌ترین به ترتیب در کشت کم‌خاک‌ورزی و کشت مرسوم بدست آمده است.(Fiorentini *et al.*, 2019)



شکل۲: مقایسه میانگین برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر عدد کلروفیل(اسپد).

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

تنفس خاک

نتایج نشان داد برهم‌کنش خاک‌ورزی و کاربرد بقایا بر روی صفت تنفس میکروبی خاک معنی‌دار نمی‌باشد، اما اثرهای ساده تیمارها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در بین سطوح مختلف خاک‌ورزی بیش‌ترین تنفس میکروبی خاک (۶۹/۹۷ میلی‌گرمco_2 در یک گرم خاک در روز) در تیمار بی‌خاک‌ورزی و کم‌ترین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

(۵۸/۵ میلی‌گرمco_2 در یک گرم خاک در روز) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم مشاهده گردید، بر این اساس تیمار بی‌خاک‌ورزی ۱۷/۸ درصد نسبت به مرسوم و ۹/۵۲ درصد نسبت به کم‌خاک‌ورزی افزایش نشان داد. نتایج مورد بررسی در این پژوهش نشان داد در نگاهی کلی از بی‌خاک‌ورزی به سوی کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم، میزان تنفس خاک کاهش می‌یابد در واقع خاک‌ورزی مرسوم با اثری که شخم بر خاک داشته فراوانی و شدت فعالیت میکروب‌ها را کاهش داده و این به دلیل کاهش مواد آلی می‌باشد که منتهی به کاهش میزان تنفس می‌گردد.

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر شاخص سبزینگی گیاه تریتیکاله و شاخص‌های فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاک.

خاک‌ورزی	کاربرد بقایا	کلروفیلa (میلی‌گرم برگرم)	کلروفیلb (میلی‌گرم برگرم)	کارتنوئیدها (میلی‌گرم برگرم)	عدد کلروفیل	تنفس خاک (میلی‌گرمco_2/یک گرم خاک/ روز)	کربن توده میکروبی(میلی‌گرم برکیلوگرم)	فسفر خاک(میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاس خاک(میلی‌گرم برکیلوگرم)
مرسوم	شاهد	۲/۵^{f}	۲/۹۲^{d}	۴/۹۶^{d}	۴۴/۷۳^{h}	۵۰/۲۵^{ef}	۷۳/۲۵^{e}	۱۱/۷^{b}	۱۴۴/۰۸^{c}
	بقایای گندم	۴/۲۸^{cd}	۳/۴۵^{c}	۵/۱۷^{d}	۴۵/۸۴^{f}	۶۳/۶$^{b-d}$	۱۱۳/۲۶^{de}	۱۳/۲۵^{ab}	۱۵۲/۹۲^{bc}
	بقایای لوبیا چشم بلبلی	۵/۰۹^{ab}	۳/۹۸^{b}	۵/۴۱^{d}	۴۶/۱۴^{e}	۶۹/۱۶^{ab}	۱۴۸/۵۵^{cd}	۱۳/۱۴^{ab}	۱۷۲/۷۲$^{a-c}$
	بقایای کنجد	۴/۶۶^{bc}	۳/۴۴^{c}	۴/۸۹^{d}	۴۵^{h}	۴۳/۴۱^{f}	۱۷۱/۶^{bc}	۱۴/۳^{a}	۱۷۳/۷۸$^{a-c}$
	ترکیبی	۵/۴۹^{a}	۴/۴۶^{a}	۵/۲^{d}	۴۵/۹۳^{ef}	۶۶$^{a-d}$	۲۰۰/۷۷$^{a-c}$	۱۴/۳۷^{a}	۲۰۱/۳^{a}
کم ورزی‌خاک	شاهد	۳/۱۷^{e}	۲/۱۲^{ef}	۶/۰۷^{c}	۴۶/۵۶^{d}	۵۶/۵۸$^{c-e}$	۱۱۳/۱۱^{de}	۱۳/۲۱^{ab}	۱۳۱/۷^{c}
	بقایای گندم	۴/۳۲^{cd}	۲/۲۷^{ef}	۶/۵۵^{bc}	۴۷/۷۱^{b}	۶۶/۰۸$^{a-d}$	۱۷۱/۳۶^{bc}	۱۴/۳۷^{a}	۱۹۶/۰۵^{ab}
	بقایای لوبیا چشم بلبلی	۵/۳۷^{a}	۲/۴۴^{e}	۷/۲۴^{a}	۴۹/۴۵^{a}	۷۱/۶۶^{ab}	۲۲۶/۵^{ab}	۱۴/۳۴^{a}	۱۹۶/۰۵^{ab}
	بقایای کنجد	۴/۴۹^{cd}	۲/۲۳^{ef}	۶/۱۴^{c}	۴۷/۱۶^{c}	۵۵/۶۶$^{d-f}$	۱۹۵/۵^{cd}	۱۴/۱۸^{a}	۲۰۰/۶^{a}
	ترکیبی	۵/۳۵^{a}	۲/۳۳^{ef}	۶/۸۳^{ab}	۴۹/۲۲^{a}	۶۶/۵۸$^{a-d}$	۲۱۶/۲^{ab}	۱۴/۸۵^{a}	۱۹۸/۵۲^{ab}
بی ورزی‌خاک	شاهد	۳/۱^{e}	۲/۰۱^{f}	۵/۳۹^{d}	۴۵/۴۳^{g}	۶۶/۷۵$^{a-d}$	۱۰۴/۲^{de}	۱۲/۰۷^{b}	۱۴۶/۹۱^{c}
	بقایای گندم	۴/۳۷^{cd}	۲/۰۸^{ef}	۵/۴^{d}	۴۶/۵۸^{d}	۶۸/۵۶$^{a-c}$	۲۳۳/۷^{a}	۱۳/۳۷^{ab}	۱۶۹/۸۸$^{a-c}$
	بقایای لوبیا چشم بلبلی	۵/۳۳^{a}	۲/۰۵^{ef}	۵/۴۲^{d}	۴۷/۳۵^{c}	۷۸/۱۶^{a}	۱۸۵/۳$^{a-c}$	۱۳/۷^{ab}	۲۰۵/۹۵^{a}
	بقایای کنجد	۴/۰۱^{d}	۲/۰۲^{f}	۵/۳۹^{d}	۴۵/۷۵^{f}	۶۴/۰۶$^{b-d}$	۱۷۵/۵^{bc}	۱۴/۶^{a}	۱۷۰/۶$^{a-c}$
	ترکیبی	۵/۶۲^{a}	۲/۰۴^{ef}	۵/۴۱^{d}	۴۷/۱۸^{c}	۷۳/۳۱^{ab}	۱۸۵/۳$^{a-c}$	۱۵^{a}	۱۷۶/۹۶$^{a-c}$

حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

می‌توان گفت در روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به دو روش دیگر با توجه به افزایش مواد آلی خاک، رشد و فعالیت میکروب‌های خاک بهبود یافته که متعاقباً باعث افزایش تنفس گردیده است. ضمناً اثر حفظ رطوبت و شرایط رطوبتی مطلوب در سامانه بی‌خاک‌ورزی به‌واسطه ی ظرفیت نگهداری آب مناسب‌تر و وجود عناصر غذایی کافی و در دسترس، نیز بر فعالیت جامعه میکروبی خاک بی‌اثر نبوده و بنابراین افزایش میزان تنفس را در روش بی‌خاک‌ورزی در پی داشته است. در روش مرسوم به دلیل بر هم خوردگی شدید خاک به واسطه اثر شخم، تنفس کاهش یافته است. فشردگی زیاد، تراکم بالا، بر هم‌خوردگی خاک و شکسته شدن خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر به خاک‌دانه‌های کوچک‌تر وتسریع در اکسید شدن مواد آلی از دلایل کاهش تنفس در روش خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. به‌نظر می‌رسد کاهش مواد آلی خاک منتج به کاهش تنفس خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به روش‌های حفاظتی گردیده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

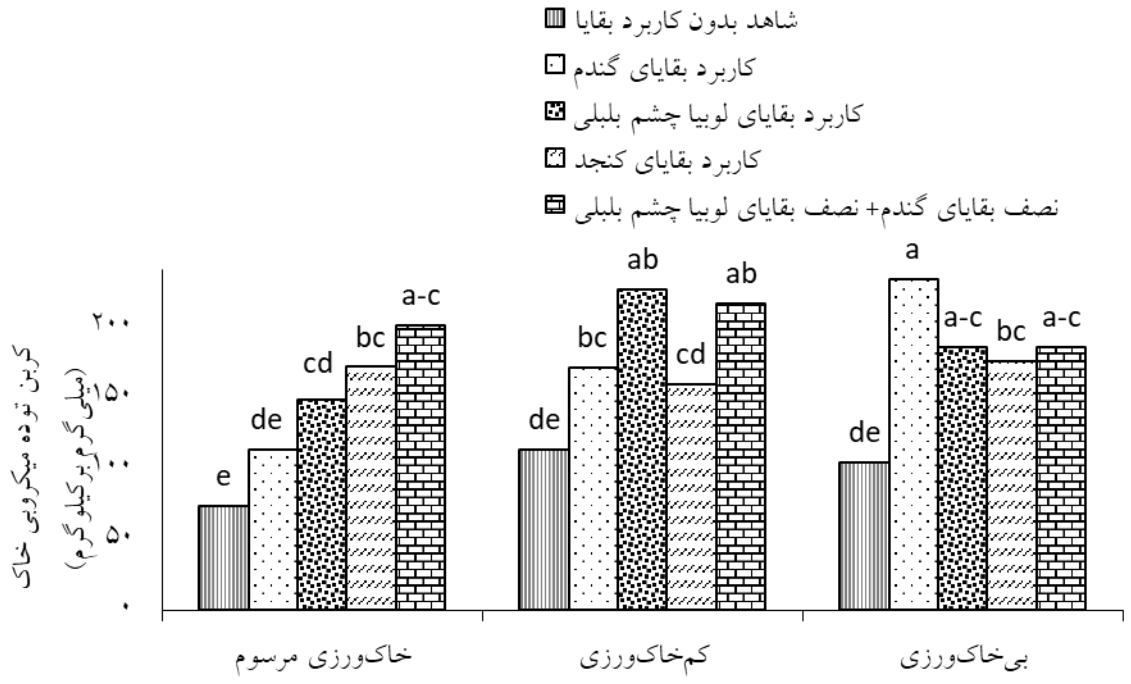
گزارش شده است در سامانه‌های مرسوم، میکرو ارگانیسم‌ها به میزان بیشتری در محدودیت شدید میزان کربن آلی قرار دارند (Hungria *et al*., 2009). پژوهش‌گران میزان تنفس خاک را در دو روش بی‌خاک‌ورزی و مرسوم مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند در روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، مقادیر بالاتری از تنفس پایه مشاهده گردید که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد(Babujia *et al*., 2010). در بین سطوح مختلف کاربرد بقایا، استفاده از بقایای لوبیا چشم بلبلی بیش‌ترین (۷۳ میلی‌گرمco_2 در یک گرم خاک در روز) مقدار را به خود اختصاص داد، کم‌ترین مقدار (۵۴/۳۸ میلی‌گرمco_2 در یک گرم خاک در روز) نیز از تیمار کاربرد بقایای کنجد بود که با شاهد (عدم کاربرد بقایا) در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). می‌توان گفت افزودن بقایای گیاهی بر افزایش میزان کربن آلی خاک اثر داشته و منجر به ایجاد محیطی مناسب و مطلوب‌تر یرای افزایش سرعت رشد و فعالیت مفید میکروارگانیسم‌های خاک شده است. افزایش میزان تنفس میکروبی خاک به‌واسطه افزودن بقایای گیاهی و اثر بسزایی که این بقایا در انرژی مصرف شده توسط ارگانیسم‌های میکروبی خاک دارند توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (لکزیان و یزدان‌پناه، ۱۳۸۶).

کربن توده میکروبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کربن توده میکروبی به طور معنی‌داری ($p\leq0.05$) در واکنش به برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و کاربرد بقایا قرار گرفت (جدول ۲). بررسی برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و کاربرد بقایا نیز نشان داد کم‌ترین کربن توده میکروبی‌خاک (۷۳/۲۵ میلی‌گرم برکیلوگرم) مربوط به تیمار خاک‌ورزی مرسوم و عدم کاربرد بقایا (شاهد) و بیش‌ترین کربن توده میکروبی‌خاک (۲۳۳/۲ میلی‌گرم برکیلوگرم) از تیمار بی‌خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گندم به‌دست آمد (جدول ۴ و شکل۳). کربن توده میکروبی و فعالیت آن به‌منظور تعیین و سنجش وضعیت اکولوژیکی و بیولوژیکی و ارزیابی میزان حاصل‌خیزی و کیفیت خاک مناسب می‌باشد، توده زنده میکروبی از کمیت و کیفیت مواد ورودی به خاک اثر می‌گیرد و توانایی میکروب‌ها برای معدنی کردن کربن و نیتروژن آلی را نشان می‌دهد (Merino *et al*., 2004) . زیست توده میکروبی در واقع برآوردی از فعالیت و حیات توده میکروبی خاک محسوب می‌شود (Page *et al*., 1982). در این آزمایش احتمالا با کاربرد بقایای گیاهی با توجه به جلوگیری از تبخیر زیاد از سطح خاک و جذب رطوبت به‌وسیله مواد آلی خاک، محیط مطلوبی از لحاظ تامین رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی مورد نیاز برای فعالیت ریزجانداران ایجاد شده است، در واقع وجود بقایای گیاهی در سطح خاک و تجمع کربن بیشتر در روش‌های حفاظتی و افزایش کربن خاک باعث افزایش جمعیت میکروبی گردیده که متعاقباً افزایش میزان کربن توده میکروبی را در پی داشته است. پژوهش‌ها نشان داد کربن توده میکروبی باعث تسریع در معدنی شدن مواد مغذی شده و یک منبع محدود اما متحرک از عناصر غذایی ضروری همچون نیتروژن، کربن، گوگرد و فسفر را جهت رشد در دسترس گیاه قرار می‌دهد(Dick, 1992) . بر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته با بهبود زیستگاه‌های میکروبی در روش‌های حفاظتی پایداری خاک‌دانه‌ها بیش‌تر و در نهایت افزایش فعالیت‌های میکروبی در روش‌های بی‌خاکورزی را باعث می‌شود این در حالی است که روش‌های مرسوم باعث خرد و شکسته شدن خاک‌دانه‌ها گردیده و ماده آلی درون خاک‌دانه‌ها از حمله میکروبی اثر می‌گیرد و بنابراین در روش‌های بی‌خاک‌ورزی با افزایش فعالیت ریزجانداران مفید خاک، باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شود (Alvear *et al*., 2005; Balota *et al*., 2004).



شکل۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش اثرهای خاک‌ورزی و پخش بقایا بر درصد ماده آلی

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

بیان شده کربن توده میکروبی در تیمارهای با اثر متقابل بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی و حفظ بقایا نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در کشت محصول گندم افزایش داشته و این افزایش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گزارش شده است، همچنین خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه بی‌خاک‌ورزی اثرهای مفید قابل توجهی بر فعالیت ارگانیسم‌های میکروبی دارد که احتمالا ناشی از تجمع ترکیبات کربن آلی در خاک و حفظ رطوبت در تیمارهای حفاظتی باشد (Jaziri *et al*., 2022). در پژوهشی دیگر اعلام شد که کاربرد سامانه‌های حفاظتی بهبود درصد کربن آلی خاک، افزایش نفوذ پذیری رطوبت و تقویت جامعه میکروبی خاک را در پی خواهد داشت (Wright *et al*., 2007) .

فسفر خاک

بر اساس نتایج اثر تیمار کاربرد بقایا در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). احتمالا علت عدم اثر معنی‌دار در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

تیمارهای مورد بررسی این است که به طور طبیعی تجزیه بقایای گیاهی و آزاد سازی عناصر در آن‌ها که لازمه‌ی انجام فعالیت‌های بیولوژیک میکروارگانیسم‌ها می‌باشد به مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد، و احتمالا در صورت استمرار و تداوم اجرای طرح در دوره طولانی مدت نمود پیدا می‌نماید. با بررسی تیمار روش‌های مختلف خاک‌ورزی مشخص گردید، بیش‌ترین فسفر خاک از تیمار کم‌خاک‌ورزی (۱۴/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد که نسبت به تیمار مرسوم ۶/۱۰ درصد و نسبت به بی‌خاک‌ورزی ۳/۱۵ درصد افزایش نشان داد. در بین تیمار کاربرد بقایای گیاهی، تیمار بدون‌کاربرد بقایا (شاهد) ، کم‌ترین فسفر خاک (۱۲/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت و بین تیمارهای مختلف بقایای گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). نتایج پژوهش‌های محققین نشان می‌دهد استفاده از بقایای گیاهی و کود سبز اثر مثبت بر میزان فسفر خاک داشته و باعث بهبود آن می‌گردد (Cavigelli and Thien, 2003; Vadas *et al*., 2007). بیش‌ترین میزان فسفر قابل استخراج خاک در کشت مستقیم نسبت به سایر انواع خاک‌ورزی مشاهده شده است (Shiwakoti *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر گزارش شد میزان پتاسیم قابل تبادل در شرایط بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود، اما فسفر قابل جذب در واکنش به عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفت (Villamil and Nafziger, 2015).

پتاس خاک

بر اساس نتایج بدست آمده برهم‌کنش خاک‌ورزی وکاربرد بقایا و اثر خاک‌ورزی بر روی پتاس خاک معنی‌دار نبود اما اثر تیمار کاربرد بقایا در سطح یک درصد معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). در بین تیمار روش‌های مختلف خاک‌ورزی، بیش‌ترین پتاس خاک از تیمار کم‌خاک‌ورزی (۱۸۴/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد. بر این اساس پتاس خاک در کم‌خاک‌ورزی ۸/۸۴ درصد نسبت به تیمار مرسوم و ۵/۸۷درصد نسبت به بی‌خاک‌ورزی افزایش نشان داد. در بین تیمار کاربرد بقایای گیاهی، بیش‌ترین میزان (۱۹۲/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار ترکیبی (نصف بقایای گندم + نصف بقایای لوبیا چشم بلبلی بود) که با سایر تیمار های کاربرد بقایادر یک گروه قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نگردید. کم‌ترین پتاس خاک هم (۱۴۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار بدون‌کاربرد بقایا (شاهد) بود (جدول ۳). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است و نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها، و بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی دارد. میزان پتاسیم خاک پس از اجرای آزمایش نشان داد که در تیمار شاهد کاهش قابل‌توجهی رخ داده است که می‌تواند ناشی از چندین عامل همچون جذب بیشتر توسط گیاه با توجه به اینکه پتاسیم یک عنصر متحرک است و در طول فصل رشد مقدار زیادی از آن توسط گیاه جذب می‌شود. در تیمار شاهد، به دلیل عدم وجود بقایای گیاهی، فرآیند جایگزینی پتاسیم در خاک کمتر بوده و در نتیجه مقدار آن کاهش یافته است (Andrews *et al*., 2021). از طرفی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

شستشو و از دست رفتن پتاسیم هم بی تاثیر نبوده زیرا پتاسیم برخلاف فسفر، در خاک خاصیت تحرک بیشتری دارد و ممکن است در اثر آبیاری یا بارندگی شدید از لایه‌های سطحی خاک شسته شود.

در تیمار شاهد که مواد آلی خاک کمتر بوده است، احتمال شستشوی پتاسیم بیشتر است و باعث خروج این عنصر از خاک شده است (Villamil and Nafziger., 2015). همچنینخاک‌هایی که دارای مواد آلی بیشتری هستند، ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری دارند، که باعث حفظ پتاسیم در خاک می‌شود. در تیمار شاهد که بقایای گیاهی اضافه نشده‌اند، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کاهش یافته و پتاسیم بیشتری از دست رفته است (Bouajila *et al*., 2023). این موضوع با نتایج تحقیقاتی که ارتباط بین مواد آلی خاک و نگهداری پتاسیم را بررسی کرده‌اند، منطبق می‌باشد (Kaur, 2019). در تیمارهایی که بقایای گیاهی اضافه شده‌اند، این عنصر بهتر حفظ شده و دسترسی گیاه به آن افزایش یافته است. این نتایج تأییدکننده تأثیر مثبت مدیریت بقایای گیاهی و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر حفظ پتاسیم خاک است. تجمع بیشتر پتاسیم در خاک به‌دنبال استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به روش‌های مرسوم از نتایج تحقیقات محققان می‌باشد که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی دارد(Lopez-Fando and Pardo, 2009).

نتیجه گیری

با توجه به چالش‌های مختلف در خاک‌های کشور همچون واقع شدن در مناطق خشک و نیمه خشک ، بازگشت ناچیز بقایای گیاهی به خاک، استفاده مداوم از سیستم کشت مرسوم و برهم خوردگی مکرر خاک، عدم استفاده از کودهای دامی، گیاهان پوششی و کود سبز، استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، فرسایش شدید خاک، فقدان آگاهی در خصوص میزان تخریب خاک و اثرهای سوء آن در کشور و فقدان سیاست گذاری مناسب برای حفاظت از این منابع ارزشمند و عدم اجرای کشاورزی حفاظتی و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به جهت کمبود امکانات و عدم وجود اطلاعات و آگاهی جامع زارعین در این‌خصوص، بنابراین می‌طلبد مطالعه‌های گسترده‌تری در نقاط مختلف کشور صورت پذیرد تا منطبق با شرایط هر منطقه به روش‌های اصولی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار و رفع موانع موجود در حفاظت از خاک دست یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد روش‌های حفاظتی حتی در این زمان محدود اثر مطلوب بر سلامت خاک و بهبود ویژگی‌های آن و اثر بر کربن آلی و ارتقاء ماده آلی خاک داشته است. همه تیمارهای اعمال شده اثر مطلوب بر ویژگی‌های خاک نسبت به شاهد داشته و این نشان از تحقق اهداف مدنظر اجرای این پژوهش بوده است. همچنین نتایج نشان داد افزودن بقایای گیاهی از آنجایی که منبع ذخیره کربن محسوب می‌گردند اثر بسزایی در انرژی مصرف شده توسط ارگانیسم‌های میکروبی خاک دارند، بنابراین تنفس میکروبی خاک را بهبود می‌بخشند. با توجه به نتایج مثبت حاصل از این پژوهش در این زمان محدود و قطعا اثرهای مطلوب و بهتر اجرای این‌گونه طرح‌ها در مدت زمان طولانی‌تر به لحاظ اینکه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

اثرگذاری و بهره‌وری اقتصادی روش‌های حفاظتی مستلزم گذر زمان بوده و در بازه زمانی بلند مدت نمود پیدا می‌کند، بنابراین اجرای روش‌های حفاظتی متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه و استمرار اجرای آن در کشور توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تأمین هزینه این پـژوهش کـه قسـمتی از قرارداد پژوهانه SCU.AA1400.309 می‌باشد سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

اسدی، ح.، بشارتی، ح.، و گرجی، م. ۱۴۰۱. چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک و اراضی در ایران. مدیریت اراضی، ۱۰(۱ (ویژه نامه))، ۱۱۱-۱۳۴. SID. https://sid.ir/paper/966327/en

الیاسی، س. ش.، پیرزاد، ع.ا.، جلیلیان، ج.، روحی، ا.، و سی و سه مرده، ع. ۱۴۰۲.پاسخ‌های مورفو فیزیولوژیکی گیاه گلرنگ به انواع خاک‌ورزی در شرایط دیم. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی; ۱۵ (۵۷) :۹۱-۱۱۲ URL: http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-

چراغی، س.، پزشکپور، پ.۱۳۹۲. بررسی شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی و محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد و صفات کمی ماش . مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی.; ۵ (۱۹) :۸۵-۹۷ URL: http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-

حسیبی، پ. ۱۳۸۶. بررسی فیزیولوژیکی اثر تنش سرما در مرحله گیاهچه ای ژنوتیپ های مختلف برنج. رساله دکتری تخصصی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۴۵ صفحه.

رحیم‌زاده، ر.، نوید، ح.۱۳۹۰. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر خواص خاک رسی و عملکرد گندم در تناوب با نخود در شرایط دیم .*دانش کشاورزی وتولید پایدار*.۲۱(۱).۲۹-۴۱.

فلاح هروی, ا., عباس دخت, ح., زارع فیض آبادی, ا.، غلامی, ا. (۱۳۹۵). اثر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum L.*). علوم گیاهان زراعی ایران.۴۷(۲).۲۷۷-۲۸۹. doi: 10.22059/ijfcs.2016.58862

لطیفی، س.، راحلی, ح.، یادآور، ح.، و سعدی، ح. ا. ۱۳۹۵. تحلیل بازدارنده‌های توسعه کشاورزی حفاظتی در ایران. دانش کشاورزی وتولید پایدار. ۲۶(۴). ۱۶۷-۱۸۴.

لکزیان، ا.، و یزدان پناه، ن.۱۳۸۶. مطالعه سرعت تجزیه بقایای گیاهی گندم, یونجه و گوجه فرنگی در شرایط آزمایشگاهی. علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱(۲) (ویژه خاک، آب، هوا) ، ۳-۹. SID. https://sid.ir/paper/22476/fa

میرزاوند، ج.۱۳۹۸.تغییرات ماده آلی خاک و عملکرد محصول در سامانه های خاک ورزی حفاظتی و متداول در تناوب گندم-ذرت در منطقه زرقان فارس،https://civilica.com/doc/1592639

نصیری، آ.، سامدلیری، م.، شیرانی راد، ا.م.، موسوی، ا.م و جباری، ح.۱۳۹۶. ارزیابی صفات زراعی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی در شرایط کاربرد هیومیک اسید و تراکم‌های مختلف بوته در برخی ارقام زمستانه کلزا. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۹(۳۵):۵۵-۷۲.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J.L., and Borie, F. 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. Soil and Tillage Research 82: 195–202.

Andrews, E. M., Kassama, S., Smith, E. E., Brown, P. H., & Khalsa, S. D. (2021). A review of potassium-rich crop residues used as organic matter amendments in tree crop agroecosystems. *Agriculture, 11*(7), 580. https://doi.org/10.3390/agriculture11070580

Arnon, A. N. **1976.** Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

Babujia, L. C., Hungria, M., Franchini, J. C. and Brookes, P. C. 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 (12), pp. 2174-2181. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.013

Balota, D. A., Cortese, M. J., Sergent-Marshall, S. D., Spieler, D. H., & Yap, M. J. 2004. Visual word recognition of single-syllable words. *Journal of experimental psychology: General*, *133*(2), 283.

Ben Mahmoud, I., Mbarek, H. B., Sánchez-Bellón, Á., Medhioub, M., Moussa, M., Rigane, H., & Gargouri, K. 2024. Tillage Long-Term Effects on Soil Organic Matter Humification and Humic Acids Structural Changes in Regosol Profiles Typical of an Arid Region. *Eurasian Soil Science*, *57*(4), 577-588.https://doi.org/10.1134/S1064229323602007

Bouajila, K., Hechmi, S., Mechri, M., Jeddi, F. B., and Jedidi, N. 2023. Short-term effects of Sulla residues and farmyard manure amendments on soil properties: cation exchange capacity (CEC), base cations (BC), and percentage base saturation (PBS). Arabian Journal of Geosciences, 16(7), 410. https://doi.org/10.1007/s12517-023-11487-x

Cavigelli, M.A. and Thien, S.J. **2003.** Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops. Soil Science Society of America Journal 67: 1186–1194.

Cenzano, A.M., Varela, M.C., Bertiller, M.B., and Luna, M.V. **2013**. Effect of drought on morphological and functional traits of Poa ligularis and Pappostipa speciosa, native perennial grasses with wide distribution in Patagonian rangelands, Argentina. Australian Journal of Botany. 61(5): 383-393.

Chapman, S.C., and Barreto, H.J. 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agronomy Journal. 89: 557-562.

Cooper, R. J., Hama-Aziz, Z. Q., Hiscock, K. M., Lovett, A. A., Vrain, E., Dugdale, S. J., and Noble, L. 2020. Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

(2013–2018). *Soil and Tillage Research*, 202, 104648. https://doi. org/10.1016/j. still. 2020. 104648.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005 . Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25: 183 -191.

Devi, S., Gupta, C., Jat, S. L., & Parmar, M. S. **2017**. Crop residue recycling for economic and environmental sustainability: The case of India. *Open Agriculture*, 2(1), 486-494. DOI: 10. 1017/S001447971000030X

Dick, R.P. 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. Agric Ecosyst Environ 40:25–36.

Erdel, E., and Barik, K. 2023. Effects of Different Soil Management Practices on Some Soil Properties in a Semi-Arid Region, Igdir, Turkey. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 25(3), 733-745..doi: 10. 22034/ jast.25.3.733URL: http://jast. modares.ac. ir/article- 23-57038-en.html

Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M. & Ghanbari Bonjar, A. **2009**. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. International Journal of Plant Production, 3 (2). 41-54.

FAO. **2021**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database. Available at: http://faostat.fao.org

Fathi, A., and Zeidali, E. **2021**. Conservation tillage and nitrogen fertilizer: a review of corn growth and yield and weed management. Central Asian Journal of Plant Science Innovation, 1(3), 121-142.

Fiorentini, M., Zenobi, S., Giorgini, E., Basili, D., Conti, C., Pro, C., ... and Orsini, R. **2019**. Nitrogen and chlorophyll status determination in durum wheat as influenced by fertilization and soil management: Preliminary results. PloS One. 14(11): e0225126.

Grafts- Brander S. J. and Salvucci M. E. 2002. "Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress" J. of Plant Physiology., 129, pp1773-1780.

Hadas A., Kautsky L., Goek M., and Kara E.E. 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. Soil Biology and Biochemistry, 36:255-266.

Hurni, H., M. Giger, H. Liniger, R. Mekdaschi Studer, P. Messerli, B. Portner, G. Schwilch, B. Wolfgramm and T. Breu. 2015. Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being. Current Opinion in Environmental Sustainability, 15: 25–34.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

Hungria, M., Franchini, J.C., Brandao-Junior, O., Kaschuk, G., and Souza, R.A. 2009. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. Applied Soil Ecology. 42: 288- 296.

Imani, R., Samdeliri, M., and Mirkalaei, A.M. 2022. The effect of different tillage methods and nitrogen chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of corn. International Journal of Analytical Chemistry, 1-11.

Isermeyer H, 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenmung und der Carbonate im Boden. Zpflanzenernaehr Bodenkd. 56:26-38.(In German)

Janson, J.K. and K.S. Hofmockel. 2020. Soil microbiomes and climate change. Nature Reviews Microbiology, 18: 35-46.

Janusauskaite, D., and Kadziene, G. 2022. Influence of different intensities of tillage on physiological characteristics and productivity of crop-rotation plants. *Plants*, *11*(22), 3107. **https://doi.org/10.3390/plants11223107**

Jaziri, S., Cheikh M'hamed, H., Rezgui, M., Labidi, S., Souissi, A., Rezgui, M., Barbouchi, M., Annabi, M., & Bahri, H. (2022). Long-term effects of tillage–crop rotation interaction on soil organic carbon pools and microbial activity in wheat-based systems. *Agronomy, 12*(4), Article 953. https://doi.org/10.3390/agronomy12040953

Jenkinson, D.S., and Powlson, D.S. 1976. The effects of biocide treatments on metabolism in soil.V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Soil Biochemistry*, 8: 209-213.

Kaur, H. 2019. Forms of Potassium in Soil and their Relationship with Soil Properties International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(10), 1580-1586.

Khader, B.F.Y., Y.A. Yigezu, M.A. Duwayri, A.A. Niane, and K. Shideed. **2020**. Where in the value chain are we losing the most food? The case of wheat in Jordan. Food Security,Doi: 10.1007/s12571-019-00962-7.

Lal, R., 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*. 7 (5), 5875–5895. https://doi.org/10.3390/su7055875

Liu, Y. L., Chang, K. T., Stoorvogel, J., Verburg, P., and Sun, C. H. 2012. Evaluation of agricultural ecosystem services in fallowing land based on farmers' participation and model simulation. *Paddy and Water Environment*, 10, 301-310.

Lopez-Fando C., and Pardo M.T. 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. Soil and Tillage Research, 104: 278-284

Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M., ... and Zwerger, P. 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants–history and publications. *Journal für Kulturpflanzen*, *61*(2), 41-52.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

Nie, S.W.; Zhang, Y.T.; Zhang, Q.P.; Guo, Q.; Tang, F.S.; Wang, H.Q.; He, N. 2017.Effect of Smashing Ridge Tillage on Grain Yields of Winter Wheat and Summer Maize and Contents of Soil Nutrients. Chin. J. Soil Sci., 48, 930–936. [CrossRef]

Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, circular, 939: 1-19.

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, Part2: Chemical and Microbiological properties. 2nd ed. A.A.C., Inc., Soil S.S.S.A., Inc., Madison Publisher, Wisconsin, USA.

Ren, B.; Dong, S.; Liu, P.; Zhao, B.; Zhang, J. 2016. Ridge Tillage Improves Plant Growth and Grain Yield of Waterlogged Summer Maize. Agric. Water Manag. 177, 392–399. [CrossRef]

Salari, F. 2024. Effect of tillage systems combined with residue management and planting pattern on prodution, energy budgeting and emergy based indices of sesame (Sesamum indicum L.) (Doctoral dissertation, University of Zabol). http://eprints.uoz.ac.ir/id/eprint/3730

Sharma, S., Thind, H. S., Sidhu, H. S., Jat, M. L., & Parihar, C. M. 2019. Effects of crop residue retention on soil carbon pools after 6 years of rice–wheat cropping system. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-14.https://doi.org/10.1007/s12665-019-8305-1.

Shiwakoti, S., Zheljazkov, V.D., Gollany, H.T., Kleber, M., and Xing, B. 2019. Effect of tillage on macronutrients in soil and wheat of a long-term dryland wheat-pea rotation. Soil and Tillage Research. 190: 194-201.

Singh, K., Prakash, V., Srinivas, K., and Srivastva, A. 2008. Effect of tillage management on energy-use efficiency and economics of soybean (Glycine max) based cropping systems under the rainfed conditions in North-West Himalayan Region. Soil and Tillage Research, 100(1-2), 78-82. https://doi.org/10.1016/j.still.2008.04.011

Stavi, I. and R. Lal. 2014. Achieving zero net land degradation: challenges and opportunities. Journal of Arid Environments, Doi: 10.1016/j.jaridenv.2014.01.016.

Vadas, P.A., Harmel, R.D. and Kleinman, P.J.A. 2007. Transformations of soil and manure phosphorus after surface application of manure to field plots, Nutrient Cycling in Agro ecosystems 77: 83 –99.

Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., and Sayre, K. D. 2010. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems. Advances in soil science: food security and soil quality, 1799267585, 137-208. DOI: 10.1201/ EBK 1439800577-7.

Venkateswarlu, B., and Shanker, A. K. 2012. Dryland Agriculture: Bringing Resilience to Crop Production Under Changing Climate (Chapter 2).Venkateswarlu, B., Shanker, A. K., Shanker,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

C., & Maheswari, M. (Eds.).In: Crop stress and its management: Perspectives and strategies. 19–44.https://doi.org/10.1007/978-94-007-2220-0

Villamil, M. B., Little, J., and Nafziger, E. D. 2015. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil properties. *Soil and Tillage Research*, *151*, 61-66. https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.005

Villamil, M.B., and Nafziger, D.E., 2015. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil carbon and nutrient stocks in Illinois. Geoderma 253-254: 61-66

Wang, G., Jia, H., Zhuang, J., Glatzel, S., Bennett, J. M., & Zhu, Y.2020. Growing-season soil microbial respiration response to long-term no-tillage and spring ridge tillage. International Journal of Agricultural & Biological Engineering, 13(4), 143–150. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201304.5587

Wright, A.L., Dou, F., and Hons, F.M. 2007. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas. Agr. Ecosyst. Environ. 121: 736-744.

Zakar, T., Laczko-Dobos, H., Toth, T.N., and Gombos, Z. 2016. Carotenoids assist in cyanobacterial photosystem II assembly and function. Frontiers in Plant Science: 7. 295

Zhang, L., Wang, J., Fu, G., and Zhao, Y. 2018. Rotary tillage in rotation with plowing tillage improves soil properties and crop yield in a wheat-maize cropping system. PLoS One, 13(6), e0198193. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198193.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

The effect of tillage methods and application of plant residues on SPAD index of triticale plant (X *Triticosecale Wittmack*), and chemical and biological soil indices

S. Hosseinzadeh [1], E. Fateh [2 *], A. Ainehband [3], M. Farzaneh [4] and J. Habibi Asl [5]
1,2,3&4) Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
5)Agricultural Engineering Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ahvaz, Iran.
***Corresponding author: e.fateh@scu.ac.ir**
This article is taken from a doctoral dissertation.
Received date: 2024.08.24 **Accepted date: 2024.11.26**

Abstract

Conservation tillage (including reduced tillage and no-till) is one of the main components of conservation agriculture, which improves soil physical parameters by reducing soil erosion and preserving plant residues. Increased soil aggregate stability, permeability and porosity, reduced evaporation and soil moisture retention, protection against water and wind erosion, and a positive effect on soil quality parameters such as organic carbon, organic matter, nutrient supply, and cation exchange capacity are among the long-term effects of conservation tillage. Therefore, this experiment aimed to investigate the effect of different tillage methods and the use of plant residues on some physiological characteristics of the plant triticale (X *Triticosecale Wittmack*) and soil chemical and biological indices in the climatic conditions of Ahvaz in The experiment was carried out in split plots based on a randomized complete block design with three replications at Shahid Chamran University of Ahvaz during 2022-2023. The main factor includes different methods of tillage in three levels (conventional tillage, reduced tillage and no tillage) and the sub factor also includes 5 levels of plant residue application (No residues (control), wheat residues, mung bean, sesame and half of wheat residues + half of residues Mung bean) was considered.According to the results of this study, conservation tillage methods (reduced tillage and no tillage) combined with the use of plant residues had a positive effect on soil quality indices and triticale plant physiology. The highest amount of soil microbial mass carbon (233.2 mg.kg) was observed in the no tillage treatment with wheat residues, while the lowest amount (73.25 mg.kg) was observed in conventional tillage No residues (control). Also, the combination of wheat residues and cowpea significantly increased the chlorophyll a content (5.48 mg.g fresh leaf weight) and chlorophyll number (SPAD) compared to the control. Improvement of soil chemical and biological properties such as increased absorbable phosphorus (14.19 mg.kg in reduced tillage) and microbial respiration (69.97 mg CO_2.g soil per day) in no tillage were also notable results. These findings indicate that conservation practices not only promote soil health, but can also be considered as a solution for sustainable agriculture in arid and semi-arid regions such as Ahvaz.

Key words: Soil respiration, Soil health, Organic carbon and Microbial mass carbon.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]