

تأثیر نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و نفوذ آب در خاک

مراد میرزایی و مجید محمودآبادی¹

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ mirzaee.morad1366@yahoo.com

دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ mahmoodabadai@uk.ac.ir

دریافت: 92/8/12 و پذیرش: 93/2/22

چکیده

بهبود ویژگی‌های خاک در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار، مستلزم مدیریت صحیح بقایای گیاهی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در قالب آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول نوع بقایا شامل کاه و کلش جو و بقایای یونجه و عامل دوم مدیریت‌های مختلف شامل 1) مخلوط یک درصد بقایا با خاک، 2) مخلوط نیم درصد بقایا با خاک، 3) سوزاندن بقایا، 4) باقی گذاشتن بقایا در سطح و 5) عدم کاربرد بقایا (شاهد) بود. نتایج نشان داد که نوع و مدیریت بقایای گیاهی، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورد مطالعه داشت. تیمار مخلوط یک درصد بقایای جو باعث بیشترین افزایش کربن آلی (70 درصد)، تخلخل کل (23 درصد) و نفوذپذیری نهایی (82 درصد) و بیشترین کاهش چگالی ظاهری (40 درصد) نسبت به تیمار شاهد شد. در مقابل، تیمار سوزاندن بقایای یونجه به ترتیب با 200، 29/5 و 30 درصد، بیشترین کاهش در میزان کربن آلی، تخلخل و نفوذپذیری نهایی نسبت به تیمار شاهد و بیشترین افزایش در چگالی ظاهری (5/5 درصد) را نشان داد. به علاوه، تیمارهای مخلوط نیم درصد و گذاشتن سطحی آنها نیز باعث بهبود معنی‌دار ویژگی‌های مورد مطالعه نسبت به شاهد شد. بیشترین و کمترین شدت نفوذ نهایی آب در خاک در تیمارهای مخلوط یک درصد بقایای جو و سوزاندن بقایای یونجه به ترتیب با 48/6 و 4/6 میلی‌متر در ساعت مشاهده شد. در مجموع، اولویت‌بندی مدیریت بقایا از نظر بهبود ویژگی‌های مورد مطالعه به صورت: سوزاندن بقایا > شاهد > کاربرد سطحی بقایا > مخلوط نیم درصد بقایا > مخلوط یک درصد بقایا، تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: تخلخل خاک، چگالی ظاهری، مالچ سطحی، کاه و کلش جو، بقایای یونجه

¹نویسنده مسئول، آدرس: کرمان، بلوار 22 بهمن، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک

مقدمه

خاک از جمله منابع طبیعی دیرتجدیدشونده است که تخریب و یا حفاظت آن بستگی به نحوه استفاده و مدیریت اراضی دارد. اعمال مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی بر روی خصوصیات خاک و رفتار هیدرولیکی آن اثرات ژرفی دارد. به‌طور کلی مدیریت بقایا، طرز رفتار با پس‌مانده‌های حاصل از برداشت محصول است که از طریق روش‌های مختلفی اعمال می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به جمع‌آوری بقایا، باقی‌گذاشتن در سطح، مخلوط و یا دفن کردن در خاک و همچنین سوزاندن آنها اشاره کرد (حیدری و همکاران، 1389). یکی از عوامل اساسی در خاک، کربن آلی است و هرگونه تغییر در مدیریت بقایا می‌تواند بر میزان کربن آلی آن مؤثر باشد (سینگ و کاتور، 2012). کربن آلی اثرات مطلوب زیادی بر ویژگی‌های خاک نظیر بهبود وضعیت حاصلخیزی و ساختمان و همچنین نفوذپذیری آن دارد (جانسون و همکاران، 2006). این موضوع از نظر قابلیت تولید رواناب و کنترل شدت فرسایش و در نتیجه مدیریت آب در کشاورزی و همچنین حفاظت خاک اهمیت دارد. روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی، اثرات متفاوتی بر میزان کربن آلی خاک و در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی آن دارد. به‌طور کلی، استفاده از بقایای گیاهی باعث افزایش ذخیره کربن آلی به‌ویژه در لایه سطحی خاک می‌شود (لو و همکاران، 2010). علاوه بر این، کاربرد بقایا موجب افزایش نگهداشت رطوبت و کاهش تبخیر از سطح خاک مزرعه می‌گردد (پورتئوس و همکاران، 2009؛ جنت و همکاران، 2010). استفاده از بقایای گیاهی در اراضی کشاورزی، ساختمان و ظرفیت نگهداری آب در خاک را بهبود بخشیده و همچنین میزان نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (باتاچاریا و همکاران، 2007).

مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک یکی از روش‌های مدیریتی است که اثرات مثبت قابل توجهی بر میزان کربن آلی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد. این در حالی است که نتایج اغلب پژوهش‌های گذشته حاکی از آن است که با خارج کردن بقایا از مزرعه، عکس این حالت اتفاق می‌افتد (حیدری، 1383). به‌طور کلی، برگرداندن بقایا به خاک باعث کاهش چگالی ظاهری، افزایش تخلخل و نفوذپذیری و همچنین بهبود کارایی مصرف آب در مزرعه می‌شود (شاوری، 2010). ساها و همکاران (2010) و همچنین باروت و آکبولات (2005) دریافتند که اگر روش‌های خاکورزی با مخلوط کردن بقایا توأم گردد، از طریق کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود.

جمع‌آوری بقایای گیاهی روش دیگری است که اثرات نه چندان مطلوبی بر میزان کربن آلی و ویژگی‌های خاک دارد (مکرا و منهیس، 1985). نتایج پژوهشی که در خصوص تأثیر جمع‌آوری بقایای گندم از سطح خاک مزرعه انجام شده (اوهو و همکاران، 1985؛ مکرا و منهیس، 1985) نشان می‌دهد که این روش در کوتاه مدت تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات خاک ندارد ولی در بلندمدت سبب کاهش ذخیره کربن آلی و تخریب ساختمان خاک می‌شود. نتیجه چنین وضعیتی، کاهش نفوذپذیری و افزایش شدت تولید رواناب است.

در مقایسه با جمع‌آوری بقایای محصول، نگهداری بقایا در سطح از تشکیل سله و انسداد سطحی جلوگیری نموده و از این طریق نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد (گانگوار و همکاران، 2006). شاوری و همکاران (2002) دریافتند که محصولات زراعی که زیست‌توده و بقایای بیشتری تولید و به سطح خاک باز می‌گردانند، باعث کاهش چگالی ظاهری، افزایش تخلخل و بهبود ظرفیت نگهداشت آب می‌شوند. همچنین مولامبا و لال (2008) اثرات مثبت کاربرد مالچ کاه و کلش گندم بر بهبود تخلخل خاک، میزان آب قابل استفاده، خاکدانه‌سازی و چگالی ظاهری را گزارش کردند. علاوه بر این در سیستم‌های خاکورزی بدون شخم، بقایای گیاهی باقیمانده در سطح خاک، با ایجاد زبری سطحی باعث کاهش سرعت رواناب و نفوذ بیشتر آب در خاک می‌شود (ورهولست و همکاران، 2009).

سوزاندن و حذف بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول یکی از روش‌های نادرستی است که متأسفانه در برخی مناطق کشور رواج دارد (قوشچی و همکاران، 1389؛ کرمی و همکاران، 2012). سوزاندن بقایا باعث کاهش ذخیره کربن آلی خاک شده و در نتیجه اثرات نامطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌گذارد (لیمون ارتگا و همکاران، 2002). بیشتر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه (ملیک و همکاران، 1984؛ حیدری و همکاران، 1389؛ هابرت و همکاران، 2006) دلالت بر اثرات نامطلوب این روش بر میزان کربن آلی و همچنین ایجاد خاصیت آبگریزی و کاهش نفوذپذیری خاک داشته است به‌طوری‌که در دراز مدت تولید پایدار محصولات زراعی را به خطر می‌اندازد. البته در برخی پژوهش‌ها نیز گزارش شده که سوزاندن بقایا اثر معنی‌داری بر ماده آلی و چگالی ظاهری خاک ندارد (بری، 2006).

از آنجا که مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های خاک دارد، پژوهش حاضر در شرایط مزرعه‌ای و با هدف بررسی تأثیر مدیریت‌های

مختلف دو نوع بقایای جو و یونجه بر ذخیره کربن آلی و همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی و نفوذپذیری خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای مورد مطالعه

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل (1) مخلوط کردن بقایا با خاک به نسبت یک درصد وزنی تا عمق 20 سانتی‌متر، (2) مخلوط کردن بقایا به نسبت نیم درصد وزنی تا عمق 20 سانتی‌متر، (3) گذاشتن بقایا در سطح به میزان معادل یک درصد وزنی؛ (4) سوزاندن بقایا و (5) شاهد (بدون افزودن هیچگونه بقایا) و دو نوع بقایای گیاهی شامل بقایای جو و یونجه (به صورت ماده خشک) بود که هر یک در سه تکرار اعمال شد. بقایای مورد استفاده از خارج مزرعه تهیه شد. لازم به ذکر است که هدف استفاده از بقایای جو و یونجه مقایسه دو نوع بقایا مختلف گیاهی با نسبت C:N متفاوت و بررسی این نسبت بر ذخیره کربن آلی و در نتیجه ویژگی‌های خاک بود.

علاوه بر این، امروزه در مباحث حفاظت خاک و با توجه به لزوم استفاده از کود سبز در بهبود ویژگی‌های خاک از گیاهانی نظیر یونجه استفاده می‌شود که تجزیه‌پذیری بالایی داشته و به سرعت باعث ترمیم خاک می‌شود. در چنین گیاهانی جنبه حفاظتی مقدم بر جنبه اقتصادی آنها است. میزان کربن آلی بقایای جو و یونجه به ترتیب 58/5 و 50/7 درصد، نیتروژن کل 2/6 و 3/65 درصد و نسبت C:N برابر با 22/5 و 13/9 بود. زمین مورد استفاده به سه بلوک، هر یک به ابعاد 3×22 متر تقسیم‌بندی شد. در هر بلوک تعداد 9 کرت با ابعاد 3×2 متر ایجاد شد. فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر و مرز بین هر کرت با کرت مجاور نیم متر در نظر گرفته شد. در مجموع تعداد 27 کرت با ابعاد 3×2 متر استفاده شد.

به منظور اعمال تیمار مخلوط کردن بقایا با خاک، ابتدا بقایا خرد و به‌طور یکنواخت در سطح خاک پخش و سپس تا عمق 20 سانتی‌متر به طور کامل با خاک مخلوط گردید. در تیمار گذاشتن بقایا در سطح، بقایا بر روی سطح خاک پخش شد و تا انتهای دوره آزمایش به صورت دست‌نخورده باقی ماند. برای تیمار سوزاندن بقایا، در ابتدا بقایا بر روی سطح خاک پخش و سپس با استفاده از شعله‌افکن سوزانده شد. در تیمار شاهد هیچ‌گونه بقایایی به خاک اضافه نشد. لازم به ذکر است که بعد از برداشت محصول گیاهان مختلف، مقادیر متفاوتی بقایا تولید می‌شود که میزان بقایای تولیدی خود به زمان

برداشت نیز بستگی دارد. در این تحقیق، هیچ‌گونه گیاهی کشت نشد و بر این اساس، میزان بقایا (سطح مصرف بقایا) برای تیمارهای مورد مطالعه یکسان در نظر گرفته شد تا صرفاً نقش چهار مدیریت نگهداری در سطح، مخلوط کردن، سوزاندن و شاهد مورد مقایسه قرار گیرد. البته در تیمار مخلوط نمودن، دو سطح بقایا اعمال شد تا به نحوی میزان بقایا نیز مورد بررسی قرار گیرد. عدم کشت گیاه و اعمال همزمان مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی، در برخی تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته است که برای نمونه می‌توان به Coppens و همکاران (2006) و همچنین Balashov و همکاران (2010) اشاره کرد.

تعیین ویژگی‌های خاک

این پژوهش در سال زراعی 1390-91 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. در ابتدا، زمین مورد استفاده به‌طور کامل شخم زده شد و سپس تیمارهای آزمایشی اعمال گردید. قبل از اعمال تیمارها، نمونه‌برداری از خاک بصورت تصادفی برای تعیین ویژگی‌های اولیه خاک از عمق صفر تا 20 سانتی‌متر انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک گردید و از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از قبیل بافت خاک به روش هیدرومتری و چگالی ظاهری به روش کلوخه (پیچ و همکاران، 1992)، میزان pH و EC در نسبت یک به پنج خاک به آب مقطر (پیچ و همکاران، 1992 b) و کربن آلی به روش والکلی - بلک (1934) اندازه‌گیری شد. همچنین به دلیل اهمیت ترکیب شیمیایی بقایای گیاهی، نمونه‌های ماده آلی نیز مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفت. برای تعیین میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر موجود در بقایا ابتدا به روش خاکستری خشک و در نسبت 1:5 پودر گیاه به اسید کلریدریک 0/2 نرمال عصاره‌گیری انجام شد. سپس غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فوتومتر و غلظت کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی و میزان فسفر نیز به روش کالیتری (کلوت، 1986) قرائت شد. به‌علاوه، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (الای و همکاران، 1999) و کربن آلی به روش والکلی - بلک (1934) اندازه‌گیری شد.

نگهداری تیمارها

از آنجا که در این تحقیق از منابع آلی برای اعمال مدیریت‌های بقایای گیاهی استفاده شد، عملیات خوابانیدن نیز صورت گرفت. به این صورت که هر 10 روز یکبار با استفاده از آب‌پاش دستی، نمونه‌ها به آرامی مرطوب می‌شد. این کار به منظور ایجاد شرایط مناسب‌تر

میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح یک و پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

جدول 1 برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه را قبل از اعمال تیمارها نشان می‌دهد. در بین ذرات اولیه، سیلت با بیش از 50 درصد، بیشترین سهم را به خود اختصاص داد و کلاس بافت خاک، لوم رسی شنی تعیین گردید. همچنین میزان کربن آلی، کمتر از نیم درصد بود. جدول 2 نیز ویژگی‌های شیمیایی دو نوع بقایای استفاده شده را نشان می‌دهد. برای بقایای یونجه منیزیم با میزان (یک درصد) و سدیم با میزان (0/126 درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عناصر غذایی را دارا می‌باشد و در مورد بقایای جو کلسیم با میزان (0/933 درصد) و پتاسیم با میزان (0/134 درصد) نیز به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عناصر غذایی را به خود اختصاص داد. همچنین میزان کربن آلی موجود در بقایای جو بیشتر از میزان کربن آلی موجود در بقایای یونجه می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد که تأثیر نوع و مدیریت بقایا بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل نوع و مدیریت بقایا نیز بر تمام ویژگی‌های مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. این نتایج گویای اهمیت نوع و نحوه استفاده از بقایای گیاهی بر خواص فیزیکی و رفتار هیدرولوژیکی خاک است.

رطوبتی برای تسریع در تجزیه بقایا و همچنین جلوگیری از بادبردگی آن‌ها انجام شد. در مجموع، این مرحله به مدت سه ماه ادامه پیدا کرد. در پایان دوره آزمایش، نمونه برداری از هر کرت و از عمق صفر تا 20 سانتی‌متری انجام و سپس ویژگی‌های خاک تعیین شد. همزمان شدت نفوذ آب در خاک با استفاده از روش استوانه‌های مضاعف در دو نقطه از هر کرت اندازه‌گیری شد (رینولدز و همکاران، 2002). روش اندازه‌گیری به این صورت بود که به منظور جلوگیری از بهم خوردگی سطح خاک در اثر ورود آب، سطح آن داخل دو استوانه با پلاستیک پوشانده شد و به‌طور همزمان استوانه‌ها تا ارتفاع 15 سانتی‌متر از آب پر شد. سپس با برداشتن پلاستیک، آب هر دو استوانه به‌طور همزمان شروع به نفوذ کرد. میزان افت سطح آب در 10 دقیقه اول در فواصل زمانی یک دقیقه و از دقیقه 10 تا 50 هر پنج دقیقه یکبار اندازه‌گیری شد. این مدت زمان بر مبنای تغییرات زمانی نفوذ و زمان لازم برای رسیدن به شرایط پایدار انتخاب شد. بر این اساس، نفوذ لحظه‌ای و همچنین شدت نهایی نفوذ برای هر تیمار تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور مقایسه تغییر هر ویژگی با تیمار شاهد، درصد نسبی تغییر محاسبه شد. تجزیه و تحلیل نتایج، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS، مقایسه

جدول 1- برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارها

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	کلاس بافت	چگالی ظاهری (g cm ⁻³)	EC (dS m ⁻¹)	pH	کربن آلی (%)
29/7	51/9	18/4	لومی رسی شنی	1/38	4/83	7/34	0/24

جدول 2- برخی ویژگی‌های شیمیایی بقایای مورد استفاده در آزمایش‌ها

ویژگی	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	نسبت C:N	فسفر	نیتروژن	کربن آلی
	درصد						درصد	
بقایای یونجه	0/492	1/0	0/126	0/189	13/9	0/19	3/65	50/7
کاه و کلش جو	0/933	0/46	0/140	0/134	22/5	0/085	2/6	58/5

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک تحت اعمال مدیریت‌های مختلف بقایا (اعداد میانگین مربعات است)

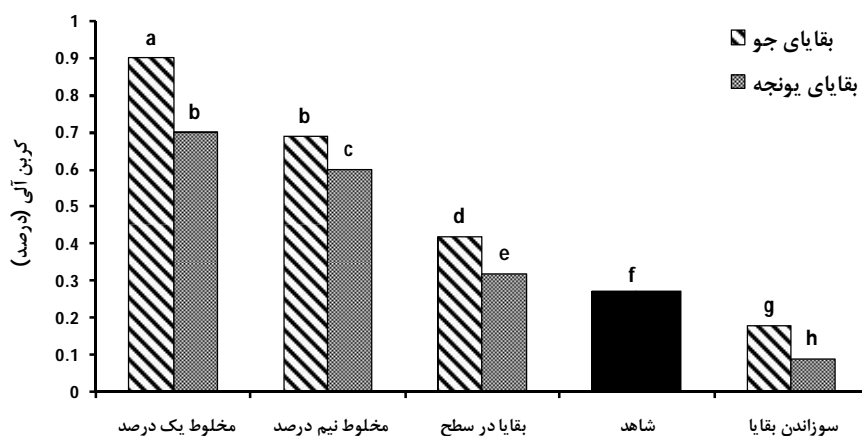
منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی	تخلخل کل	چگالی ظاهری	نفوذ نهایی
بلوک	2	0/0008 ^{ns}	18/93 ^{**}	0/0001 ^{ns}	18/03 ^{**}
نوع بقایا	1	0/002 ^{**}	76/41 ^{**}	0/028 ^{**}	154/13 ^{**}
مدیریت	4	0/42 ^{**}	270/13 ^{**}	0/22 ^{**}	1312 ^{**}
نوع بقایا* مدیریت	4	0/02 ^{**}	13/42 ^{**}	0/003 ^{**}	54/88 ^{**}
ضرب تغییرات	-	8/54	3/15	1/41	5/77

* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، **، معنی دار در سطح احتمال یک درصد، ns عدم معنی داری.

کربن آلی خاک

در بین تیمارهای مورد مطالعه، مخلوط یک درصد بقایا، بیشترین افزایش کربن آلی خاک را به دنبال داشت (شکل 1). در مقابل، بیشترین میزان کاهش کربن آلی (200 درصد نسبت به شاهد) در سوزاندن بقایای یونجه مشاهده شد (جدول 4). تیمارهای مخلوط نیم درصد بقایا و گذاشتن سطحی آنها نیز به طور معنی داری باعث افزایش میزان کربن آلی خاک نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین مصرف کاه و کلش جو در مقایسه با بقایای یونجه، کربن آلی بیشتری به خاک افزود. یکی از دلایل افزایش بیشتر میزان کربن آلی خاک در اثر کاربرد بقایای جو مقدار بیشتر کربن آلی در بقایای جو (58/5 درصد) نسبت به بقایای یونجه (50/7 درصد) است. دلیل دیگر به

نسبت C:N در دو نوع بقایای مورد استفاده مربوط می-شود. این نسبت در کاه و کلش جو (22/5) بیشتر از بقایای یونجه (13/9) بود. در نتیجه، احتمالاً تجزیه بقایای جو کندتر اتفاق افتاده و در نتیجه باعث افزایش بیشتر میزان کربن آلی خاک نسبت به بقایای یونجه می-شود. به-طور مشابهی، اکبری و همکاران (1390) و همچنین ریکاس و همکاران (1995) نیز سرعت کند تجزیه را به بالا بودن نسبت C:N مرتبط دانستند. یافته‌های این پژوهش با نتایج فرهودی و همکاران (1387)، امبا و انجی (2011)، ملحی و همکاران (2006) و محمد و همکاران (2007) مبنی بر افزایش معنی دار کربن آلی خاک در اثر تیمار مخلوط کردن بقایا در تطابق است.



شکل 1- تأثیر مدیریت بقایا و نوع ماده آلی بر میزان کربن آلی خاک (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

جدول 4- درصد تغییر در ویژگی‌های خاک نسبت به شاهد متأثر از نوع و مدیریت بقایا

مدیریت نوع بقایا	مخلوط یک درصد		مخلوط نیم درصد		بقایا در سطح		سوزاندن بقایا	
	جو	یونجه	جو	یونجه	جو	یونجه	جو	یونجه
کربن آلی	70(0/9)	61/42(0/7)	60/86(0/69)	55(0/6)	35/71(0/42)	15/62(0/32)	-50(0/18)	-200(0/09)
تخلخل	23(56/4)	20/5(54/7)	14/3(50/7)	9/5(47/9)	9(47/7)	2(44/3)	-4/5(41/5)	-29/5(33/5)
چگالی	-40(1/13)	-26/5(1/18)	-27/5(1/24)	-22/5(1/29)	-11/5(1/42)	-8(1/46)	0(1/58)	5/5(1/67)
نفوذ نهایی	82/2(48/7)	75/7(35/7)	75/01(34/7)	66/69(26/0)	64/4(24/3)	61/2(22/3)	-13(6/7)	-30(4/6)

مقادیر مثبت و منفی به ترتیب مبین افزایش و کاهش نسبت به شاهد است. مقادیر مطلق هر کمیت در داخل پرانتز ارائه شده است

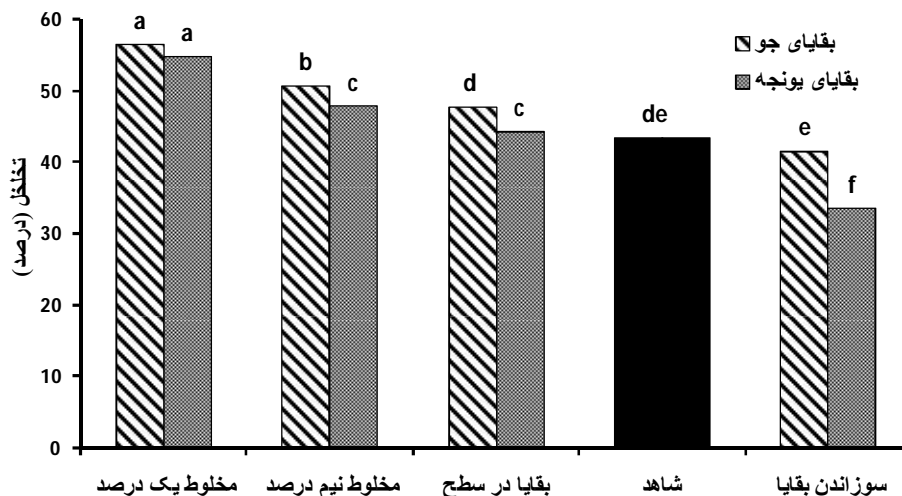
تطابق است که دریافتند برگرداندن بقایا نسبت به شاهد و سوزاندن بقایا باعث افزایش معنی‌دار تخلخل کل شد. نتایج و همکاران (2005) نیز دریافتند که مصرف خاکستر چوب بقایای بادام زمینی باعث بهبود ساختمان و در نتیجه تخلخل خاک می‌شود. این محققان بهبود در وضعیت تخلخل خاک را به افزایش معنی‌دار میزان ماده آلی خاک مرتبط دانستند. شاور و همکاران (2003) گزارش کردند که افزایش زیست‌توده حاصل از برگرداندن بقایا به خاک عمل تشکیل خاکدانه‌های درشت را به‌خصوص در 2/5 سانتی‌متری سطحی افزایش می‌دهد که این عمل همراه با افزایش تخلخل مؤثر بود. مقایسه شکل‌های 1 و 2 نشان می‌دهد که تیمارهای حاوی مقادیر بیشتر کربن آلی، تخلخل بیشتری دارند که نشان از اهمیت میزان کربن آلی در بهبود تخلخل دارد. به همین ترتیب کاهش نسبی تخلخل کل در تیمار سوزاندن بقایا را می‌توان به کاهش میزان کربن آلی در اثر سوزاندن نسبت داد.

باروت و اکبولات (2005) نیز به‌طور مشابهی گزارش کردند که میزان تخلخل در تیمارهای حاوی بقایای کاه و کلش محصول بیشتر از کرت‌های فاقد بقایا بود. از طرفی، آره و همکاران (2009)، هوبرت و همکاران (2006) و همچنین زانگ و همکاران (2007) کاهش منافذ بزرگ و تخلخل کل را بعد از سوزاندن مشاهده کردند. از دلایلی که برای این موضوع عنوان شد می‌توان به رسوب خاکستر به درون منافذ بزرگ‌تر اشاره کرد. علاوه بر این، خاکستر رسوب کرده ممکن است درصد نسبی منافذ درشت را کاهش و فراوانی منافذ ریز را افزایش دهد که در نتیجه، کاهش نسبی منافذ درشت و همچنین تخلخل کل رخ می‌دهد (ملیک و همکاران، 1984؛ تاکر، 2003).

در تیمار سوزاندن بقایا، تبدیل سریع ماده آلی به دی‌اکسید کربن از یک طرف و از بین رفتن ماده آلی موجود در خاک در اثر سوزاندن از طرف دیگر، از دلایل کاهش معنی‌دار کربن آلی خاک است (حیدری و همکاران، 1389). افزایش کمتر کربن آلی خاک در اثر تیمار گذاشتن سطحی بقایا نسبت به تیمار مخلوط کردن به این دلیل است که بقایای سطحی نسبت به بقایای ترکیب شده با خاک به علت نوسانات بیشتر درجه حرارت و رطوبت در سطح خاک سریع‌تر تجزیه شده و در نتیجه باعث ذخیره کمتر کربن آلی نسبت به تیمار مخلوط کردن می‌شود.

تخلخل خاک

تخلخل خاک نقش ضروری در پایداری کیفیت خاک‌های کشاورزی (کای و وادن بیگارت، 2002) و ارزیابی محیط زیست (ارنستاین، 2003) ایفا می‌کند. نتایج حاکی از آن بود که نوع و مدیریت بقایا تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان تخلخل خاک داشت (جدول 3). تیمار مخلوط یک درصد بقایا نسبت به سایر تیمارها باعث بیشترین افزایش تخلخل در مقایسه با تیمار شاهد شد (شکل 2). در مقابل، تیمار سوزاندن بقایای یونجه (با 29/5 درصد کاهش نسبت به شاهد) باعث بیشترین کاهش معنی‌دار تخلخل کل در بین تیمارها شد (جدول 4). علاوه بر این، تیمارهای مخلوط نیم درصد بقایا و گذاشتن سطحی آنها فقط در مورد بقایای جو نیز باعث افزایش تخلخل نسبت به تیمار شاهد شد که دلیل این موضوع را می‌توان به افزایش کربن آلی حاصل از این تیمارها نسبت داد. کربن آلی حاصل باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله کاهش چگالی ظاهری شده که نتیجه آن افزایش تخلخل می‌باشد. نتایج بدست آمده در این مورد با یافته‌های حیدری و همکاران (1389) در

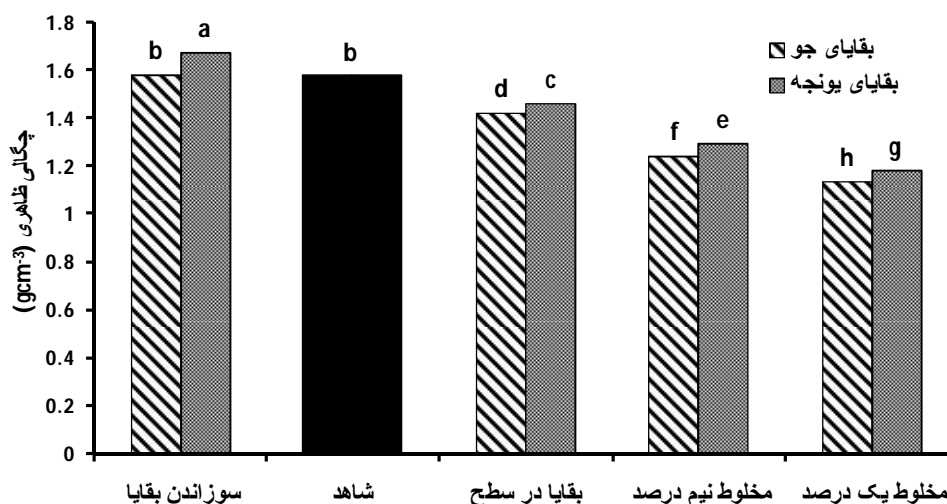


شکل 2- تأثیر مدیریت بقایا و نوع ماده آلی بر تخلخل کل خاک (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

چگالی ظاهری

40 درصد) و افزایش (5/5 درصد) چگالی ظاهری نسبت به شاهد بترتیب در تیمار مخلوط کردن یک درصد بقایای جو و سوزاندن بقایای یونجه مشاهده شد (جدول 4). در سایر پژوهش‌های انجام‌شده در ایران (فوشچی و همکاران، 1389) و جهان (فیونتس و همکاران، 2009؛ نوتیج و همکاران، 2005؛ زانگ و همکاران، 2007) نیز کاهش چگالی ظاهری خاک در اثر مصرف منابع آلی گزارش شده است.

نتایج نشان داد که نوع و مدیریت بقایا اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر چگالی ظاهری خاک دارد (جدول 3). تیمارهای مخلوط یک و نیم درصد بقایا و همچنین گذاشتن سطحی آن‌ها باعث کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری نسبت به شاهد شد (شکل 3). این در حالی بود که سوزاندن بقایای یونجه افزایش چگالی ظاهری را در پی داشت. بیشترین میزان کاهش



شکل 3- تأثیر مدیریت بقایا و نوع ماده آلی بر چگالی ظاهری خاک (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

سطحی بقایا نسبت به شاهد را می‌توان به افزایش کربن آلی و در نتیجه افزایش تخلخل خاک در این تیمارها

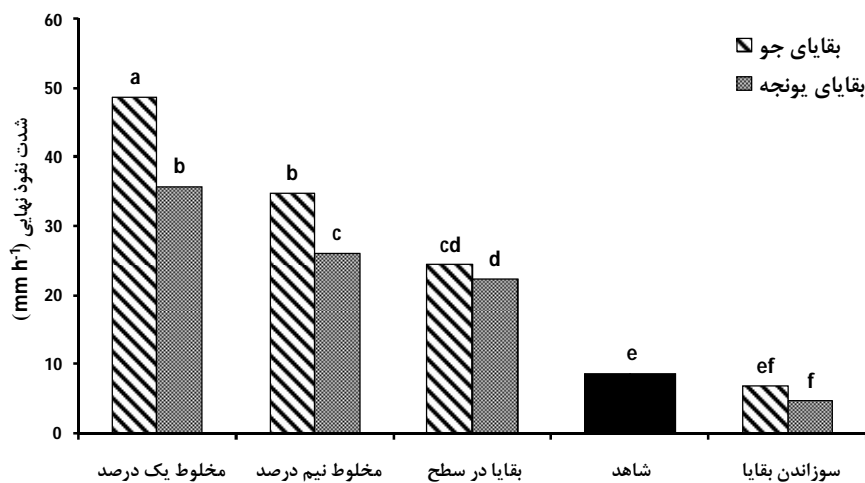
یکی از دلایل کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری در تیمارهای مخلوط یک و نیم درصد و همچنین کاربرد

ماده آلی بعد از عمل سوزاندن می‌تواند دلیل دیگر افزایش چگالی ظاهری باشد (جیوانینی و همکاران، 1988).

شدت نفوذ آب در خاک

نفوذپذیری از مشخصات مهم هر خاک است که در برنامه‌ریزی آبیاری و قابلیت تولید رواناب اهمیت ویژه‌ای دارد (ویلسون و اسلک، 1982). نتایج حاکی از آن بود که نفوذپذیری نهایی خاک نیز بصورت معنی‌داری متأثر از نوع و مدیریت بقایا بود (جدول 3). نتایج مقایسه شدت نهایی نفوذ تحت تأثیر نوع و مدیریت بقایا در شکل 4 نشان داده شده است. به‌طور کلی، تیمارهای مخلوط یک و نیم درصد بقایا و گذاشتن سطحی آن‌ها باعث افزایش و سوزاندن بقایای یونجه باعث کاهش معنی‌دار نفوذپذیری خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیشترین میزان نفوذپذیری نهایی در تیمار مخلوط یک درصد بقایای جو با شدت 48/6 میلی‌متر در ساعت مشاهده شد. در مقابل، سوزاندن بقایای یونجه کمترین میزان نفوذپذیری نهایی (4/6 میلی‌متر در ساعت) را به‌دنبال داشت.

(شکل 2) مرتبط دانست. افزایش تخلخل کل باعث کاهش چگالی ظاهری خاک می‌شود که در تیمارهای حاوی منابع آلی به وضوح مشاهده گردید. گرونیگن و همکاران (2011) کاهش چگالی ظاهری را در تیمار گذاشتن سطحی بقایا مشاهده کردند. با این وجود، یکی از دلایل کاهش بیشتر چگالی ظاهری در اثر مخلوط کردن بقایا نسبت به کاربرد سطحی آنها، ترکیب بخش بیشتری از بقایا با خاک می‌باشد (سینگ و همکاران، 2007) که تأثیر بیشتری در بهبود ساختمان و افزایش تخلخل دارد. از طرفی، دلیل کاهش بیشتر چگالی ظاهری در اثر مصرف کاه و کلش جو در مقایسه با بقایای یونجه به میزان کربن آلی بیشتر و همچنین نسبت C:N بزرگتر بقایای جو می‌باشد (جدول 2) که باعث افزایش میزان کربن آلی خاک و در نتیجه تخلخل کل و همچنین کاهش چگالی ظاهری گردید. در مقابل، در تیمار سوزاندن بقایا به‌ویژه بقایای یونجه، کاهش کربن آلی باعث کاهش تخلخل کل و در نتیجه افزایش چگالی ظاهری شده است (حیدری و همکاران، 1389). همچنین تخریب خاکدانه‌ها و فقدان



شکل 4- تأثیر مدیریت بقایا و نوع ماده آلی بر شدت نهایی نفوذ آب در خاک (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

تیمارهای مخلوط کردن بقایا با خاک را به تجزیه‌پذیری بیشتر آنها نسبت داد.

باقی گذاشتن سطحی بقایا نیز باعث افزایش معنی‌دار شدت نفوذپذیری خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد که با یافته‌های سرمدنیا و کوچکی (1369) همخوانی دارد. این محققان معتقدند که کاربرد سطحی بقایا علاوه بر افزودن ماده آلی به خاک به دلیل محافظت خاک در مقابل فرسایش آبی و بادی و همچنین افزایش ذخیره

یکی از دلایل افزایش شدت نفوذ نهایی در تیمارهای مخلوط بقایا با خاک را می‌توان به افزایش تخلخل به‌ویژه منافذ درشت ارتباط داد. طباطبایی و همکاران (1384) نیز به‌طور مشابهی گزارش کردند که مخلوط نمودن کاه و کلش با خاک سبب افزایش شدت نفوذ نهایی و بهبود حرکت آب به داخل خاک می‌شود. از طرفی، توشیح (1380) افزایش شدت نفوذپذیری در

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی اثرات کاملاً متفاوتی بر ویژگی‌های فیزیکی و رفتار رطوبتی خاک دارد. در بین مدیریت‌های مورد مطالعه، مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک بیشترین کارایی را در افزایش کربن آلی، بهبود تخلخل کل و نفوذپذیری خاک و کاهش چگالی ظاهری داشت. از طرفی، با افزایش میزان بقایای برگردانده شده به خاک، بهبود ویژگی‌های یادشده محسوس‌تر بود. علاوه بر این مشخص گردید که کاربرد سطحی بقایا نیز باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و نفوذپذیری خاک می‌شود هر چند کارایی آن کمتر از تیمار مخلوط نمودن بقایا با خاک بود. این در حالی بود که سوزاندن بقایا اثرات منفی بر خواص یادشده داشت به نحوی که باعث کاهش میزان کربن آلی و در نتیجه کاهش تخلخل و نفوذپذیری خاک و همچنین افزایش چگالی ظاهری در مقایسه با سایر تیمارها و البته تیمار شاهد شد. افزون بر مدیریت بقایا، نوع بقایا نیز اثرات متفاوتی نشان داد.

کاه و کلش جو در مقایسه با بقایای یونجه به دلیل دارا بودن کربن آلی بیشتر و همچنین نسبت C:N بزرگتر (جدول 2)، میزان کربن آلی بیشتری به خاک افزود و در نتیجه ویژگی‌های مورد مطالعه بهبود بیشتری یافت. از طرفی، مشخص گردید که ترتیب مدیریت بقایا از نظر بهبود ویژگی‌های مورد مطالعه به‌صورت: سوزاندن بقایا > شاهد > کاربرد سطحی بقایا > مخلوط نیم درصد بقایا > مخلوط یک درصد بقایا بود. در مجموع از بین روش‌های مختلف مدیریت بقایا، مخلوط کردن بقایای با خاک (در سطح یک درصد وزنی) به عنوان روش بهتر مدیریت بقایا پیشنهاد شد.

رطوبت باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود. یافته‌های سایر محققان در رابطه با افزایش میزان نفوذپذیری متأثر از مالچ سطحی به اثرات مفید آن در جذب انرژی قطرات باران، افزایش پایداری و کاهش پراکنده‌شدن خاکدانه‌ها، جلوگیری از انسداد سطحی (چان و همکاران، 2002؛ لی و همکاران، 2007) و همچنین افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک (سالیریال 1966؛ وان، 1969؛ شیبیلی و ریگر، 1977) تأکید دارد. علاوه بر این، نگهداری سطحی بقایا می‌تواند باعث افزایش فعالیت کرم‌های خاکی و در نتیجه بهبود پیوستگی منافذ درشت شده و در نتیجه نفوذپذیری افزایش می‌یابد (مک‌گری و همکاران، 2000). بای‌بوردی و کوهستانی (1360) دریافته‌اند که مالچ سطحی کود حیوانی و کاه و کلش همانند پوشش گیاهی عمل کرده و باعث افزایش سرعت نفوذ آب در خاک می‌شود. در مقابل، طباطبایی و همکاران (1384) گزارش کردند که استفاده از مالچ کاه و کلش تأثیر معنی‌داری بر شدت نفوذ آب در خاک ندارد.

از دلایل کاهش شدت نفوذپذیری در اثر سوزاندن بقایا می‌توان به کاهش درصد نسبی منافذ درشت در اثر رسوب خاکستر به درون آنها (آره و همکاران، 2009) اشاره کرد. از طرفی در اثر سوزاندن بقایا، کربن آلی و در نتیجه پایداری ساختمان خاک کاهش می‌یابد (ورهولست و همکاران، 2009) که این عمل باعث افزایش احتمال خرد شدن سریع خاکدانه‌ها و در نهایت کاهش شدت نفوذ آب در خاک می‌شود. به‌علاوه، سوزاندن بقایا و حرارت ایجاد شده در سطح خاک، باعث فشردگی، ترد و شکننده شدن لایه سطحی و تخریب ساختمان خاک شده که در نهایت نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد (توشیح، 1380).

فهرست منابع:

1. اکبری، ف، پوری، ک، کامکار، ب. و علیمقدم، س. ی. 1390. تأثیر بقایای گندم، یونجه، ذرت، سویا و پنبه بر پتاسیم خاک و جذب آن توسط گندم (*Triticum aestivum L.*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد 3، شماره 2، صص 171-163.
2. بای‌بوردی، م. و کوهستانی، ع. 1360. خاک، تشکیل و طبقه‌بندی. انتشارات دانشگاه تهران.
3. توشیح، و. 1380. بررسی اثر مدیریت‌های مختلف استفاده از کاه و کلش باقیمانده از زراعت گندم دیم در زمان آیش بر عملکرد محصول در سال کشت. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. صص 69-67.
4. حیدری، ا. 1383. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم بر عملکرد گندم و ماده آلی خاک در تناوب ذرت دانه‌ای-گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 5، شماره 19، صص 94-81.

5. حیدری، ف.، رسول زاده، ع.، سپاسخواه، ع. ر. و اصغری، ع. 1389. تأثیر برگرداندن بقایای گیاهی و سوزاندن آنها بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک. دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب.
6. سرمدنیا، غ.ج. و کوچکی، ع. 1369. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه مشهد.
7. طباطبائی، س.ح.، نیشابوری، م.ر.، فرداد، ح. و لیاقت، ع.م. 1384. تأثیر مدیریت زراعی در زراعت ذرت بر مقدار نفوذ پایه خاک در آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم خاک و آب، جلد 19، شماره 2، صص 255-262.
8. فرهودی، ر.، چایی‌چی، م. ر.، معنون حسینی، ن. و ثواقبی، غ. 1387. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر ویژگی‌های خاک و عملکرد آفتابگردان در سیستم کشت دوگانه. نشریه بوم‌شناسی، جلد 2، شماره 3، صص 428-436.
9. قوشچی، ف.، جورابلو، ع.، سیل‌سپور، م. و هادی، ح. 1389. اثر خاکورزی و مدیریت بقایای جو (*Hordeum vulgare*L.) بر ویژگی‌های خاک و ذرت علوفه‌ای (*Zeamays*L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد 2، شماره 3، صص 428-436.
10. Are, K.S., Oluwatosin, G.A., Adeyolanu, O.D. and Oke, A.O. 2009. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 103: 4-10
11. Aly, S.S.M., Soliman, S.M., Akel, E.A. and Ali, M.E. 1999. Significant of free N₂-fixation bacteria and nitrification inhibitors on saving the applied nitrogen to wheat (*Triticum aestivum*L.) plants. Faculty of Agriculture University of Cairo. 50 (2): 347-365.
12. Balashov, E., Kren, J. and Prochazkova, B. 2010. Influence of plant residue management on microbial properties and water-stable aggregates of two agricultural soils. *International Agrophysics*. 24: 9-13.
13. Barut, Z.B. and Akbolat, D. 2005. Evaluation of conventional and conservation tillage systems for maize. *Journal of Agronomy*. 4 (2): 122-126.
14. Bhattacharyya, R., Chandra, S., Singh, R.D., Kundu, S., Srivastva, A.K. and Gupta, H.S. 2007. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat-soybean rotation. *Soil and Tillage Research*. 94: 386-396.
15. Brye, K.R. 2006. Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in a humid-subtropical tallgrass prairie: a hypothesis. *Acta Oecologica*. 30: 407-413.
16. Chan, K.Y., Heenan, D.P. and Oates, A. 2002. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. *Soil and Tillage Research*. 63: 133-139.
17. Coppens, F., Merckx, R. and Recous, S. 2006. Impact of crop residue location on carbon and nitrogen distribution in soil and in water-stable aggregates. *European Journal of Soil Science*. 57: 570-582.
18. Erenstein, O. 2003. Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residue and cover crops. *Agriculture Ecosystem Environment*. 100:17-37.
19. Fuentes, M., Govaerts, B., Leon, F.D., Hidalgo, C., Dendooven, L., Sayre, K.D. and Etchevers, J. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy*. 30: 228-237.
20. Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K. and Tomar, O.K. 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. *Soil Tillage and Research*. 88: 242-252.
21. Giovannini, G., Lucchesi, S. and Giachetti, M. 1988. Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*. 146: 255-261.

22. Groenigen, K.J., Hastings, A., Forristal, D. and Roth, J.M. 2011. Soil carbon storage as affected by tillage and straw management: An assessment using field measurements and model predictions. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 140: 218-225.
23. Guenet, B., Neill, C., Bardoun, G. and Abbadie, L. 2010. Is there a linear relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input. *Applied Soil Ecology*. 49: 436-442.
24. Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.G. and Narog, M.G. 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and water repellency in a steep chaparral watershed, Southern California, USA. *Geoderma*. 130: 284-298.
25. Johnson, J.M.F., Allmaras, R.R. and Reicosky, D.C. 2006. Estimated source carbon from crop residues, roots and rhizodeposits using the national grain-yield database. *Journal of Agronomy*. 98: 622-636.
26. Karami, A., Homaei, M., Afzalnia, S., Ruhipour, H. and Basirat, S. 2012. Organic residue management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*. 148: 22-28.
27. Kay, B.D. and VadenBaygaart, A.J. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research*. 66: 107-118.
28. Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. Second edition. Soil Science Society of American. Inc. pp.1188.
29. Li, H.W., Gao, H.W., Wu, H.D., Li, W.Y., Wang, X.Y. and He, J. 2007. Effects of 15 years of conservation tillage on soil structure and productivity of wheat cultivation in northern China. *Australian Journal of Soil Research*. 45: 344-350.
30. Limon-Ortega, A., Sayre, K.D., Drijber, R.A. and Francis, C.A. 2002. Soil attributes in a furrow-irrigated bed planting system in northwest Mexico. *Soil and Tillage Research*. 63: 123-132.
31. Lou, X., Xu, M., Wang, W., Sun, X. and Zhao, K. 2010. Return rate of straw residue affects soil organic carbon sequestration by chemical fertilization. *Soil and Tillage Research*. 98: 287-291.
32. MacRae, R. G. and Menhuys, G.R. 1985. Effect of green manuring on physical properties of temperate- area soils. *Advances in Soil Science*. 3: 71-94.
33. Malhi, S.S., Lemke, R., Wang, Z.H. and Chhabra, B.S. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*. 90: 171-183.
34. Mallik, A.U., Gimingham, C.H. and Rahman, A.A. 1984. Ecological effects of heather burning. 1. Water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. *Journal of Ecology*. 72: 767-776.
35. Mbah, C.N. and Nneji, R.K. 2011. Effect of different crop residue management techniques on selected soil properties and production of maize. *African Journal of Agriculture Research*. 6(17): 4149-4152.
36. McGarry, D., Bridge, B.J. and Radford, B.J. 2000. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*. 53: 105-115.
37. Muhammad, S., Joergensen, R.G., Mueller, T. and Muhammad, T.S. 2007. Priming mechanism: soil amended with crop residue. *Pakistan Journal of Botany*. 39(4): 1155-1160.
38. Mulumba, L.N. and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 98: 106-111.
39. Nottidge, D.O., Ojeniyi, S.O. and Asawalam, D.O. 2005. Comparative effects of plant residues and fertilizer on soil properties in a humid ultisol. *Nigerian Journal of Soil Science*. 15: 9-13.

40. Ohu, J.O., Raghavan, G.S.V. and McKyes, E. 1985. Peatmoss effect on the physical and hydraulic characteristics of compacted soils. *American Society Agriculture Engineering Trans.* 28: 420-424.
41. Page, A.L., Miller, R.H. and Jeeney, D.R. 1992a. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical properties.* SSSA Pub., Madison. 1750 pp.
42. Page, A.L., Miller, R.H. and Jeeney, D.R. 1992b. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and mineralogical properties.* SSSA Pub., Madison. 1159 pp.
43. Porteous, F., Hill, J., Ball, A.S., Pinter, P.J., Kimball, B.A., Wall, G.W., Thompson, T.L., Matthias, A.D., Brooks, T.J. and Morris, C.F. 2009. Effect of free air carbon dioxide enrichment (FACE) on the chemical composition and nutritive value of wheat grain and straw. *Animal Feed Science and Technology.* 14: 322-332.
44. Recous, S.D., Darwis, S. and Mary, B. 1995. Soil inorganic N availability: effect on maize decomposition. *Soil Biology and Biochemistry.* 37: 359-374.
45. Reynolds, W.D., Elrick, D. E., Young, E.G., Amoozegar, A., Booltink, H.W.G. and Bouma, J. 2002. Saturated and field-saturated water flow parameters. In: Dane, J.H. and Topp, G.C.(Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods.* SSSA, Inc., Madison, WI, pp. 797-878.
46. Saha, S., Chakraborty, D., Sharma, A.R., Tomar, R.K., Bhadraray, S., Sen, U., Behera, U.K., Purakayastha, T.J., Garg, R.N. and Kalra, N. 2010. Effect of tillage and residue management on soil physical properties and crop productivity in maize (*Zea mays*)-Indian mustard (*Brassica juncea*) system. *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 80 (8): 679-685.
47. Sale, P.J.M. 1966. Effect of petroleum mulch on seedling emergence, soil moisture and soil temperature. *Exp.Hort.* 14: 43-52.
48. Shaver, T.M. 2010. Crop residue and soil physical properties. In: *Proceeding of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference.* Keamey, NE.
49. Shaver, T.M., Peterson, G.A. and Sherrod, L.A. 2003. Cropping intensification in dryland systems improves soil physical properties: regression relations. *Geoderma.* 116: 149-164.
50. Shaver, T.M., Peterson, G.A., Ahuja, L.R., Westfall, D.G., Sherrod, L.A. and Dunn, G. 2002. Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. *Soil Science Society of American Journal.* 66: 1296-1303.
51. Shipley, J.L. and Regier, C. 1977. Effect of wheat straw disposal practices in continuous production of irrigated winter wheat. *Texas. Agric. Exp. Stn. Misc. Report MP. 1384C.*
52. Singh, A. and Kaur, J. 2012. Impact of conservation tillage on soil properties in rice-wheat cropping system. *Agricultural Science Research Journal.* 2(1): 30-41.
53. Singh, G., Jalota, S.K. and Singh, Y. 2007. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India. *Soil and Tillage Research.* 94: 229-238.
54. Tucker, G. 2003. Review of the impacts of heather and grassland burning in the uplands on soils, hydrology and biodiversity. *English Nature Research reports.* No. 550 North minister House, Peterborough. PE. 1, IUA.
55. Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Kienle, F., Limon-Ortega, A., Deckers, J., Raes, D. and Sayre, K.D. 2009. The importance of crop residue management in maintaining soil quality in zero tillage systems; A comparison between long-term trials in rainfed and irrigated wheat systems. *4th World Congress on Conservation Agriculture.* pp. 71-79.
56. Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.* 37: 29-38.

57. Wann, S.S. 1969. Effect of cover crops and mulching on infiltration rates on sloping land. *Journal of Agriculture Association China*. 67: 50-57.
58. Wilson, B. and Slack. 1982. A comparison of three infiltration models. *American Society of Agricultural Engineers*. 25(2).
59. Zhang, G.S., Chan, K.Y., Oates, A., Heenan, D.P. and Huang, G.B. 2007. Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage. *Soil and Tillage Research*. 92: 122-128.

