

تاثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و سطوح بقایا بر عملکرد و برخی خصوصیات خاک

هوشنگ افزلی گروه^۱، هرمزد نقوی^۲، محمد علی رستمی^۳، محمد رضا کدوری^۴

۱- پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمان

۲، ۳ و ۴- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمان

* ایمیل نویسنده مسئول: Hooshangafzali@yahoo.com

چکیده

مدیریت روش‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر برخی خصوصیات خاک و به تبع آن بر عملکرد محصول تاثیر می‌گذارد. هدف از این تحقیق مقایسه تاثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) و همچنین اثر کاربرد بقایای گندم بر برخی خصوصیات خاک در زراعت ذرت دانه‌ای بود. برای این منظور روش خاک‌ورزی در سه سطح و میزان بقایای گندم در چهار سطح در یک مزرعه آزمایشی در ارزوئیه کرمان اعمال گردید. تیمارهای خاک‌ورزی شامل، کم‌خاک‌ورزی با دیسک، کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب، بی‌خاک‌ورزی و تیمارهای مدیریت بقایای گندم در چهار سطح شامل، حذف بقایا از طریق سوزاندن، حفظ ۳۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بقایا اعمال شد. این آزمایش با سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت بلوک‌های خرد شده اجراء گردید. کربن آلی، فسفر، پتاسیم خاک، عملکرد، اجزاء عملکرد دانه و ارتفاع بوته‌ها در طی آزمایش اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد اثر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد و کربن آلی، فسفر، پتاسیم قابل جذب خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر سطوح بقایا بر همه صفات مورد مطالعه به جز بر تعداد ردیف در بلال در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل خاک‌ورزی در بقایای گندم بر کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار نشان داد. دو تیمار کم‌خاک‌ورزی در یک گروه و بی‌خاک‌ورزی با میانگین عملکرد ۱۲۳۷۰ کیلوگرم در گروه دیگر قرار گرفتند. عملکرد دانه ذرت در روش کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب ۶۳۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار بی‌خاک‌ورزی بیشتر شد. کربن آلی و پتاسیم خاک تحت تاثیر خاک‌ورزی و میزان بقایا قرار گرفت، به طوری که تیمار سوزاندن بقایا، در هر سه روش خاک‌ورزی، کمترین میزان کربن آلی و بیشترین فسفر و پتاسیم قابل جذب را به خود اختصاص داد، اثر متقابل خاک‌ورزی، بقایا و سال بر پتاسیم قابل جذب خاک معنی‌دار شد و دو تیمار کم‌خاک‌ورزی (دیسک و خاک‌ورز مرکب) در سال سوم در سوزاندن بقایا با میانگین ۳۰۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به عنوان تیمار برتر ثبت شد. کربن آلی خاک در سال سوم نسبت به سال اول در سه تیمار حفظ بقایا ۱۴ درصد افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، خاک‌ورزی حفاظتی، خصوصیات شیمیایی خاک، ذرت.

مقدمه

خاک از منابع مهم و اساسی است که نقش بسیار مهمی را در تأمین احتیاجات و نیازهای اولیه ایفا می‌کند، از این رو بهره‌وری پایدار از خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان منابع طبیعی که نقش ویژه‌ای در تولید مواد غذایی، مواد خام مورد نیاز صنایع کشاورزی و حفظ شرایط زیست‌محیطی جهان دارد، حساب می‌شود.

به‌طور کلی، بقایای گیاهی قسمت‌هایی از گیاه هستند که پس از برداشت گیاه زراعی در مزرعه باقی می‌مانند. بقایای گیاهی می‌تواند با جایگزینی یا فراهم کردن عناصر غذایی در خاک، سبب حفظ قدرت باروری خاک، افزایش غلظت ماده آلی خاک، حفظ آب در خاک، کاهش تبخیر، تحریک فعالیت‌های میکروبی، افزایش دانه‌بندی، کاهش نوسانات دمایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک شوند. مقادیر زیادی از عناصر غذایی با حذف بقایا از زمین خارج می‌شوند، مثلاً در بقایای ذرت، کربن و نیتروژن به ترتیب ۴۲ و ۱۰ گرم در کیلوگرم، فسفر ۹۹۳، پتاسیم ۵۰۵۶، کلسیم ۵۱۲۷، منیزیم ۲۳۸۶ و بور ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Blanco and Lal, 2009). هر ساله بخش زیادی از زمین‌های زیر کشت گندم و سایر غلات، بعد از برداشت محصول سوزانده می‌شود که علاوه بر از دست رفتن بقایای گیاهی ضرر و زیان‌های زیادی نیز به خاک می‌رساند که باید از این منابع ملی بهتر و به نحو درست‌تری استفاده نمود (افضلی، ۱۳۸۵).

ماده‌ی آلی یکی از شاخص‌های بسیار مهم در حفظ و نگهداری از خاک در برابر فرسایش است. ماده‌ی آلی با افزایش ثبات خاکدانه‌ها به‌خصوص در قسمت سطحی خاک، مانع از پراکندگی ذرات خاک در طی وزش باد و جریان یافتن آب می‌شود. ورزی نیز اصلی‌ترین عامل افزایش اکسیداسیون و تسریع از دست رفتن کربن آلی خاک است (تهرانی و همکاران، ۱۳۸۸).

آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که کاهش مقادیر بقایای گیاهی گندم، به میزان حدود نصف تا یک سوم در مقایسه با حالات سوزاندن و یا بدون بقایای گیاهی نه تنها موجب کاهش عملکرد ذرت نمی‌گردد، بلکه در بلند مدت افزایش ماده آلی و بهبود حاصلخیزی خاک را به دنبال دارد (بحرانی، ۱۳۷۵).

در مطالعه‌ی ۲ ساله که به منظور ارزیابی اثر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر عملکرد ذرت توسط بحرینی و همکاران انجام شد، بیشترین عملکرد دانه ذرت هنگامی به دست آمد که ۲۵ تا ۵۰٪ بقایای گیاهی گندم آبی توسط کم‌خاک‌ورزی، با خاک مخلوط شد. در این مطالعه، عملکرد در تیماری که بقایای گیاهی گندم به طور کامل حذف شده بودند و خاک‌ورزی شامل گاواهن قلمی و دیسک بود، بیشتر از تیمار سوزاندن بقایای گیاهی و به دنبال آن شخم با گاواهن برگردان دار بود (Bahrani et al., 2007). از طرف دیگر مطالعات نشان می‌دهند که در اجرای خاک‌ورزی حفاظتی، ممکن است عملکرد ذرت تحت تأثیر برهمکنش نیتروژن با نوع خاک‌ورزی و مقادیر بقایای گیاهی قرار گیرد.

افضلی گروه، آسودار و خدارحم‌پور (۱۳۹۱) طی تحقیقی نشان دادند که روش کم‌خاک‌ورزی با دیسک با میانگین ۹۸۳۵/۲۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد ذرت را در بین سایر تیمارها داشت.

حاج عباسی، میرلوحی و صدر ارحامی (۱۳۷۸) با بررسی تاثیر دو روش بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر ویژگی‌های فیزیکی یک خاک رسی سیلتی طی دو سال در اصفهان، نشان دادند که بی‌خاک‌ورزی باعث افزایش ماده آلی خاک تا دو برابر نسبت به روش مرسوم شد و چگالی ظاهری خاک تحت هر دو روش یکسان بود.

محقق طی تحقیقی گزارش کرد، زیر خاک نمودن بقایای گیاهی گندم به مرور زمان سبب افزایش محصول ذرت شد که در تناوب با گندم کاشته شده بود اما عملکرد سویا بعد از گندم کاهش داشت. ایشان افزایش عملکرد گیاهان در این تناوب را ناشی از افزایش عناصر غذایی خاک (پتاسیم، فسفر، روی) افزایش مواد آلی خاک و بهبود فضای توسعه ریشه گزارش کرد. کاهش عملکرد سویا ناشی از ترشحات آللوپاتیک بقایای گندم بود. گزارش شده است برگرداندن بقایای گیاهی ذرت به خاک در مقایسه با خارج نمودن آن‌ها سبب افزایش ۷/۲٪ کربن آلی خاک شده است (Heydari, 2003).

محققین دیگری، با بررسی تاثیر ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بقایای گندم بر عملکرد ذرت، بیشترین عملکرد ذرت (۱۵/۷۳ تن در هکتار) را هنگامی که ۲۵ تا ۵۰ درصد بقایای گندم در خاک باقی می‌ماند گزارش کردند (Bahrani et al., 2007). گومن و سور (۲۰۰۱) تاثیر سه روش خاک‌ورزی (حداقل خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی، حداقل خاک‌ورزی بدون وجود بقایای گیاهی و خاک‌ورزی مرسوم) در کیفیت و عملکرد دانه ذرت و گندم را در مدت پنج سال بررسی کردند. این محققین دریافتند کاهش خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی، عملکرد و کیفیت محصول را بهبود بخشید. محققین دیگری، طی تحقیقی با بررسی تاثیر شش نوع خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت در کانادا چنین گزارش کردند که بدون خاک‌ورزی بهترین عملکرد و دیسک تاندوم بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر را نسبت به سایر روش‌ها دارد (Chen et al., 2004). پژوهشگرانی، با بررسی سه روش خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) و تیمار بقایا (با بقایا و بدون بقایای ذرت) گزارش نمودند که جرم مخصوص ظاهری خاک به ویژه در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر در روش بدون خاک‌ورزی ۱۰ درصد بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود (Dom et al., 2004).

دوپرز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که سوزاندن بقایای گیاهی در مقایسه با برگرداندن آن‌ها به خاک سبب افزایش عناصر غذایی خاک و عملکرد گیاهان زراعی شد که این افزایش عملکرد تا چهار سال ادامه یافت. وی همچنین بیان نمود میزان فسفر، پتاسیم و کلسیم در مزارعی که از آتش برای سوزاندن بقایای گیاهی استفاده می‌شود به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این موضوع سبب افزایش معنی‌دار واکنش خاک (PH) می‌گردد.

محققینی، گزارش نمودند که سوزاندن کلش گندم موجب افزایش مواد غذایی خاک در عمق یک تا پنج سانتی‌متری می‌شود. این امر در کوتاه مدت سبب افزایش عملکرد شبدر که در تناوب با گندم قرار داشت شد. علی‌رغم افزایش عناصر غذایی خاک در اثر سوزاندن بقایای گیاهی، اکثر تحقیقات انجام شده حاکی از اثرات نامطلوب این روش بر خصوصیات چوبی مواد آلی و نفوذپذیری خاک است که در دراز مدت پایداری تولید در اکوسیستم‌های زراعی را به خطر خواهد انداخت (Biederbeck et al., 1998).

میانگین چهار ساله آزمایشات آدیکو و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که وجود بقایای گیاهی گندمیان در تناوب با ذرت همراه با کاربرد معمول کود، موجب افزایش مقدار فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل تبادل شد. همچنین، بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه در این تیمار به ترتیب ۱۱ و ۳ تن در هکتار به دست آمد در حالی که کمترین مقادیر صفات فوق، ۵ و ۱ تن در هکتار در تیمار بدون بقایا مشاهده شد. نتایج مطالعات محققین دیگری نیز نشان دهنده اثر افزایشی و معنی‌دار تیمارهای حفظ بقایا بر عملکرد گیاهان زراعی است (Fischer et al., 2002).

هدف از این پژوهش ارزیابی اثر حفظ بقایای گیاهی و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر بهبود ویژگی‌های خاک، پایداری عملکرد و کاهش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی است. به این منظور در این تحقیق، اثر میزان بقایای گیاهی بر مقدار کربن آلی، فسفر و پتاسیم خاک در زراعت ذرت دانه‌ای تعیین شد.

مواد و روش تحقیق

به‌منظور ارزیابی و انطباق‌پذیری ادوات و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، این تحقیق با اعمال تیمارهای مورد نظر در یکی از مزارع کشاورزان حومه شهرستان ارزوئیه با همکاری مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان در زمینی به مساحت تقریبی نیم هکتار به اجرا درآمد. در این آزمایش گندم و ذرت به‌صورت تناوب در یک سال زراعی کشت شدند. ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ بلافاصله پس از برداشت گندم کشت شد. آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از کشت بذر، برای تعیین بافت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری نمونه خاک و کلوخه برداشت و با ملاحظات لازم به آزمایشگاه منتقل شد.

تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی برای کشت ذرت در بقایای گندم در سه سطح شامل: کم‌خاک‌ورزی با دو بار دیسک و کاشت بذر، کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب (چیزل پکر) و کاشت بذر، بی‌خاک‌ورزی یا کاشت مستقیم بذر در بقایا انجام شد. تیمارهای بقایا در چهار سطح شامل: حفظ ۱۰۰ درصد بقایای گندم سال قبل، حفظ ۷۵ درصد بقایای گندم سال قبل، حفظ ۳۵ درصد بقایای گندم سال قبل و حذف بقایا از طریق سوزاندن آن انجام شد.

پس از برداشت گندم در خردادماه توسط کمباین غلات، قطعه آزمایشی جهت انجام پژوهش، در مزرعه برداشت شده گندم انتخاب شد. هر تکرار ۱۲ کرت و هر کرت در ابعاد ۶ در ۱۵ متر که با احتساب ۳ تکرار، تعداد ۳۶ واحد در زمین طراحی شد. بین کرت‌ها ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. تیمارهای خاک‌ورزی در جهت طول مزرعه و در کنار هم و تیمارهای بقایا در جهت عمود بر آن، به‌طور تصادفی در هر تکرار قرار گرفتند. جهت برآورد تقریبی مقدار بقایا، به‌طور تصادفی بقایای موجود در چند واحد آزمایشی با استفاده از قاب به ابعاد ۵۰×۱۰۰ سانتی‌متر جمع‌آوری و جداگانه وزن گردید و سپس میانگین اعداد به‌دست‌آمده محاسبه شد. عدد به‌دست‌آمده برآورد تقریبی از وزن بقایای گندم در هر واحد آزمایشی بود که بر اساس آن درصدهای موردنظر در کرت‌ها لحاظ گردید. پس از اعمال تیمار بقایا، تیمارهای خاک‌ورزی طبق نقشه طرح بر روی زمین موردنظر اعمال گردید. پس از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی، ذرت رقم سینگل کراس کشت شد. آرایش کشت، یک ردیفه بر روی پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۷



سانتی‌متر بود. قبل از کاشت ذرت از خاک مزرعه برای تعیین بافت و برخی خصوصیات فیزیکی آن طبق دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب نمونه‌برداری انجام شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

هر سال قبل از کاشت و بعد از برداشت محصول از عمق ۰-۴۰ سانتیمتری، نمونه‌های خاک، به توصیه کارشناسان موسسه تحقیقات خاک و آب، جهت تعیین برخی خصوصیات شیمیایی خاک (کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب) برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. کربن آلی خاک (OC) نمونه‌ها، بر اساس روش والکی و بلک (۱۹۳۴) تعیین گردید.

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

عمق خاک (سانتی‌متر)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (درصد)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد)	EC dSm-1	pH
۰-۲۰	۴۲	۴۴	۱۴	۱/۴۶	۲۴/۶	۱۰/۴	۱/۸	۷/۷
۲۰-۴۰	۳۹	۴۵	۱۷	۱/۴۳	۲۵/۷	۱۱/۴	۲	۷/۷

بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم کود K₂O از منبع سولفات پتاسیم، ۷۵ کیلوگرم P₂O₅ از منبع سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره در هر هکتار به خاک اضافه شد. تمام کود حاوی فسفر و پتاسیم در زمان کاشت و نیتروژن مورد نیاز به شکل اوره در سه قسمت، قبل از کاشت، زمان ۵ برگی و قبل از گلدهی به مزرعه مورد آزمایش اضافه گردید. جهت کنترل علف‌های هرز در کرت‌ها با استفاده از علف‌کش آترازین علیه علف‌های هرز باریک برگ و علف‌های هرز پهن‌برگ مصرف گردید. سایر عملیات زراعی برای تیمارها به صورت یکسان و در زمان مناسب انجام شد. در طی آزمایش ارتفاع بوته‌ها از سطح زمین تا محل انشعاب گل تاجی در مرحله گرده‌افشانی اندازه‌گیری شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، عملیات برداشت در زمان مناسب انجام گردید برای این منظور ۲ متر از ابتدا و انتها و دو خط از هر کنار کرت حذف و بوته‌های خطوط میانی جهت اندازه‌گیری صفات موردنظر برداشت گردید. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در جدول ۲ و شکل‌های ۱ تا ۱۳ آورده شده‌اند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات آزمایش طی سه سال

میانگین مربعات							عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات
پتاسیم خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی خاک (درصد)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)			
							(کیلوگرم بر هکتار)		



۲۲۱۲۳/۵**	۱۹/۳۶۷**	۰/۰۷۲**	۰/۰۰۷	۶/۸۳۵۳	۳۹/۷۰۳۱	۱۲۶/۴۸	۶۳۰۹۴۹/۵۲	۲	سال
۴۹/۴۳	۰/۳۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	۳/۶۵۲	۵۵/۱۱۴	۶۶۰/۴۳	۷۹۹۳۹۲/۷۴	۶	تکرار در سال
۶۰/۵۶	۳/۳۰۷**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۹	۴/۸۵	۱۶۳/۳۵*	۷۳۴/۳۹	۶۵۹۳۸۲۲/۹۲*	۲	خاک‌ورزی (a)
۱۱۲/۵۷	۰/۵۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۶	۴/۱۸۸	۹۵/۰۳۲	۱۳۴/۰۰۷	۱۶۲۴۵۴۹/۵۳	۴	سال در خاک‌ورزی
۱۱,۶۲	۰/۲۲۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۸	۱/۵۳۱۱	۴۴/۹۳۱۶۴۴	۳۰۸/۱۸	۱۵۳۸۶۳۱/۸۴	۱۲	خطای a
۵۷۴۸۹/۲۱**	۳۴/۲۱۲**	۰/۱۰۷**	۰/۰۶۷	۳۱/۲۲۱**	۱۰۳۴/۶۵**	۹۷۶/۵۵**	۷۸۷۹۰۰۱/۵۳**	۳	بقایای گندم (b)
۳۷/۲۷	۴/۹۸۹۵**	۰/۰۰۴**	۰/۰۸۲	۱/۶۷۳	۴۰/۷۰۷	۷۵/۹۸	۱۴۸۷۲۷۵/۲۹	۶	سال در بقایای گندم
۷۸/۳۸	۰/۶۷۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۹۶	۱/۰۸۴	۷۱/۶۰۲	۲۳۰/۵۹	۱۵۵۱۹۳۵/۷۱	۱۸	خطای b
۶۵/۴۴**	۰/۷۶	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۶۸	۱/۴۴	۷۹/۰۶	۴۶۴/۵۶*	۲۲۵۷۲۳۵/۲۷	۶	خاک‌ورزی در بقایای گندم
۱۵/۷۸	۰/۵۸۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴	۱/۸۸۹	۵۰/۰۰۸	۱۳۶/۰۱	۱۴۱۲۹۱۱/۹۷	۱۲	سال در خاک‌ورزی در بقایای گندم
۶۱۸/۳۸	۰/۵۸۹	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲	۲/۰۹۹	۶۱/۳۷	۴۸۹/۴	۱۲۸۰۷۳۴/۵	۳۶	خطای کل

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

عملکرد دانه ذرت

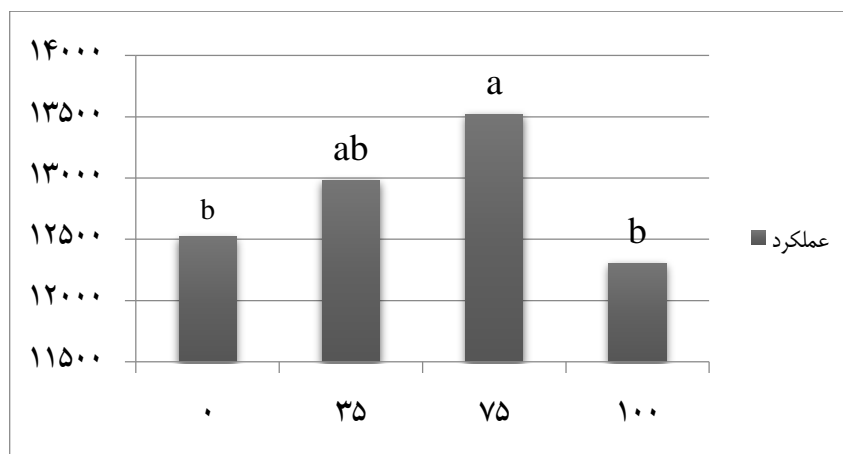
با توجه به نتایج جدول ۲، تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثر تیمارهای خاک‌ورزی فقط بر عملکرد دانه ذرت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و بر سایر اجزاء عملکرد اثر معنی‌داری نشان نداد. اثر سطوح مختلف بقایای گندم بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر سال بر خاک‌ورزی، سطوح بقایا و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد.

با توجه به شکل ۱ ملاحظه می‌شود تیمارهای خاک‌ورزی در دو گروه آماری قرار گرفتند، به طوری که تیمار خاک‌ورزی با دیسک و چینل پکر به ترتیب با میانگین عملکرد ۱۳۰۰۸/۷ و ۱۳۰۰۰/۷ کیلوگرم در هکتار در گروه اول و تیمار بی‌خاک‌ورزی با میانگین عملکرد ۱۲۳۶۸/۶ کیلوگرم در گروه دیگر قرار گرفتند. عملکرد دانه ذرت در دو روش کم‌خاک‌ورزی با ۶۳۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به بی‌خاک‌ورزی برتری داشت.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد دانه ذرت

یکی از دلایل پایین بودن عملکرد دانه در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به تیمارهای کم‌خاک‌ورزی را می‌توان به میزان سبز شدن بذر در این تیمار ارتباط داد. اسدی و افیونی (۱۳۸۵) وجود بقایای گیاهی در سطح خاک را مانعی برای ماشین کاشت دانستند، زیرا تجمع بیش از حد بقایای گیاهی در جلوی کارنده باعث کاهش تماس خاک با بذر و سرانجام کاهش درصد سبز شدن آن می‌شود. شکل ۲ مقایسه میانگین اثر ساده بقایای گندم بر عملکرد دانه ذرت را نشان می‌دهد، تیمارهای بقایا در دو گروه آماری قرار گرفتند به طوری که تیمار ۷۵ و ۳۵ درصد حفظ بقایا به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۱۳۵۲۴ و ۱۲۹۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار در گروه اول قرار داشته و بیشترین عملکرد دانه را در مقایسه با دو تیمار سوزاندن و حفظ ۱۰۰ درصد بقایا به خود اختصاص دادند. هرچند که اثر متقابل خاک‌ورزی در بقایای گندم بر عملکرد دانه ذرت غیر معنی‌دار شد، اما تیمار کم‌خاک‌ورزی با دیسک با حفظ ۳۵ و ۷۵ درصد بقایا به ترتیب با میانگین ۱۳۴۰۰ و ۱۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و به مقدار جزیی نسبت به سایر تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بود.

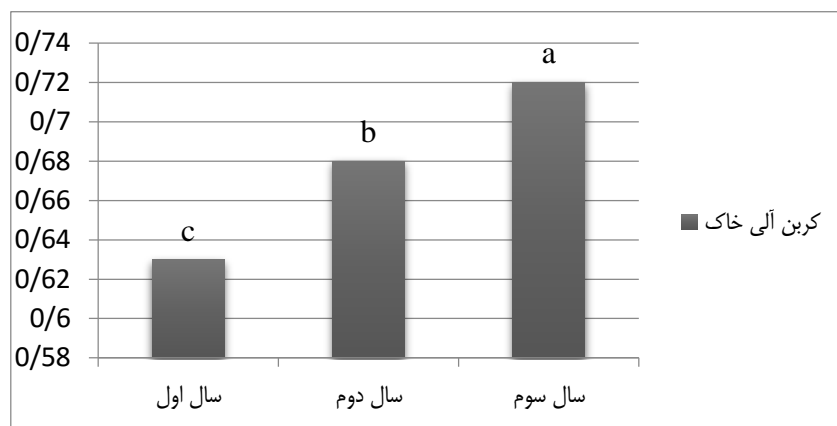


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار بقایا بر عملکرد دانه ذرت

ماده آلی خاک



کربن آلی خاک در عمق ۰-۲۵ سانتی متری پروفیل خاک تحت تأثیر تیمارهای خاک ورزی، درصد بقایا و اثر متقابل آنها معنی دار بود. شکل ۳ مقایسه میانگین اثر سال بر درصد کربن آلی خاک را نشان می دهد. کربن آلی خاک در سال سوم نسبت به سال اول ۱۲ درصد افزایش نشان داد. مقایسه میانگین اثر سال بر میزان کربن آلی خاک نشان داد که گذشت زمان باعث افزایش ماده آلی خاک خواهد، این عمل ضمن حفظ مواد آلی قبلی خاک، شرایط محیطی مناسب تری برای فعالیت موجودات زنده ایجاد می کند. از این رو بقایای گیاهی جدید نیز در خاک به موادی که شباهت بیشتری به هوموس (ماده آلی خاک) دارند تبدیل می شود (شکل ۳).



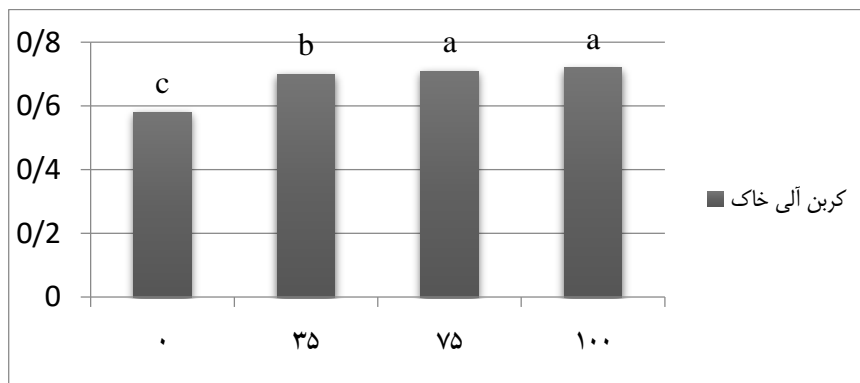
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سال بر درصد کربن آلی خاک

اثر تیمارهای خاک ورزی بر درصد کربن آلی خاک نشان داد که دو تیمار بی خاک ورزی و چپزل پکر با میانگین ۰/۶۸ درصد در گروه اول و دیسک با میانگین ۰/۶۷ درصد در گروه دیگر قرار گرفت. بی خاک ورزی و خاک ورزی با چپزل پکر با ۱/۵ درصد افزایش در کربن آلی خاک نسبت به تیمار خاک ورزی با دیسک برتر بودند (شکل ۴). به نظر می رسد چپزل پکر با خرد کردن بقایا و به هم زدن لایه سطحی خاک، شرایط مطلوب تری برای تبدیل شدن بقایا به ماده آلی را نسبت به دیسک فراهم کرده است. یو، نیسن و واندر (۲۰۰۶) گزارش کردند که میزان خروجی دی اکسید کربن از خاک هایی که خاک ورزی حفاظتی در آنها اعمال می شود کمتر از خاک هایی است که خاک ورزی مرسوم در آنها اتفاق می افتد.



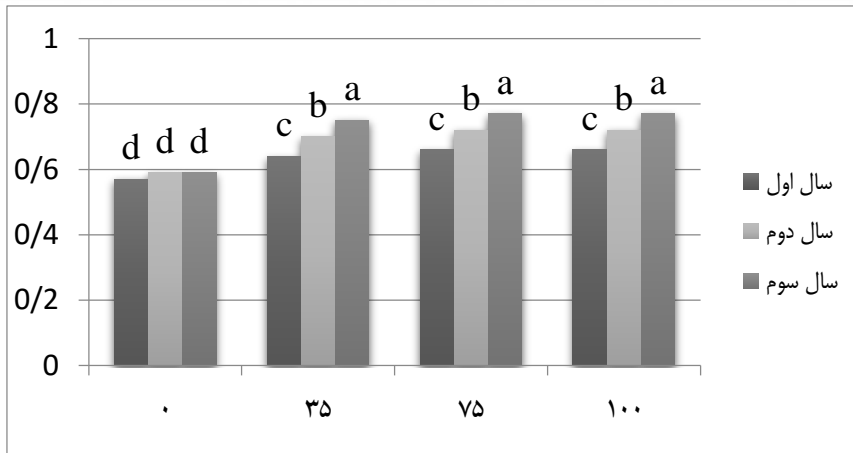
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر خاک‌ورزی بر درصد کربن آلی خاک

اثر ساده میزان بقایای گیاهی نیز بر کربن آلی خاک کاملاً معنی‌دار شد به‌طوری‌که تیمارها در سه گروه آماری قرار گرفتند. دو تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد بقایا با میانگین ۰/۷۲ و ۰/۷۱ درصد کربن آلی در گروه اول قرار گرفتند. تیمار ۳۵ درصد حفظ بقایا با میانگین ۰/۷ درصد در گروه دوم و تیمار حذف بقایا از طریق سوزاندن آن با میانگین ۰/۵۸ درصد با کمترین میزان کربن آلی در گروه دیگر قرار گرفتند (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر درصد بقایای گندم بر کربن آلی خاک

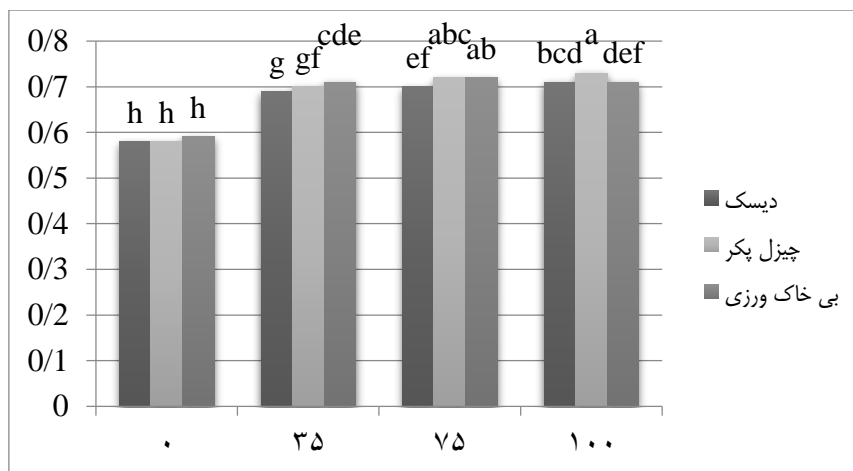
محققین زیادی افزایش میزان ماده آلی خاک را با حفظ بقایای محصول قبل گزارش کردند، حیدری (۲۰۰۳) گزارش کرد با حفظ ۲۵ تا ۵۰ درصد بقایا، پس از گذشت ۱۸ ماه ۷/۲ درصد کربن آلی خاک افزایش یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. میانگین‌های ماده آلی خاک برای اثر متقابل سال و میزان بقایای گندم در شکل ۶ نشان می‌دهد که تیمارها در چهار گروه قرار گرفتند. افزایش ماده آلی خاک در سه تیمار ۳۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد حفظ بقایا در هر سه سال از سوزاندن بقایا برتر بود. این افزایش در سال سوم بیشتر از دو سال دیگر بود به‌طوری‌که هر سه تیمار در یک گروه قرار گرفتند و از نظر آماری تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل درصد بقایای گندم و سال بر کربن آلی خاک

ماده آلی خاک طی سه سال در همه تیمارها روند افزایشی داشت به طوری که این تغییرات در سال سوم نسبت به سال اول در سه تیمار حفظ بقایا ۱۴ درصد افزایش نشان داد. همان‌طور که اشاره شد افزایش میزان بقایا در اثر گذشت زمان باعث افزایش ماده آلی خاک خواهد شد. مقایسه میانگین اثر سال و درصد بقایا بر میزان کربن آلی خاک نشان داد که گذشت زمان باعث افزایش ماده آلی خاک خواهد شد. این عمل ضمن حفظ مواد آلی قبلی خاک، شرایط محیطی مناسب‌تری برای فعالیت موجودات زنده ایجاد می‌کند. از این رو بقایای گیاهی جدید نیز در خاک به موادی که شباهت بیشتری به هوموس (ماده آلی خاک) دارند تبدیل می‌شوند. دلیل کاهش میزان کربن آلی خاک در تیمار سوزاندن بقایا به علت از دست رفتن ماده آلی به صورت دی‌اکسید کربن و آمونیاک است (نجفی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

مقایسه میانگین ماده آلی خاک برای اثر متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایای گندم در شکل ۷ نشان داد که تیمار حفظ بقایا در هر سه روش خاک‌ورزی دارای بیشترین ماده‌ی آلی و تیمار سوزاندن بقایا دارای کمترین مقدار است به طوری که برتری نسبی از تیمار خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب در ۷۵ و ۱۰۰ درصد بقایا مشاهده شد و سایر تیمارها حد و سط تیمارهای فوق قرار داشتند. برتری نسبی از خاک‌ورز مرکب در ۷۵ درصد بقایا با میانگین ۰/۷۳ درصد حاصل شد.

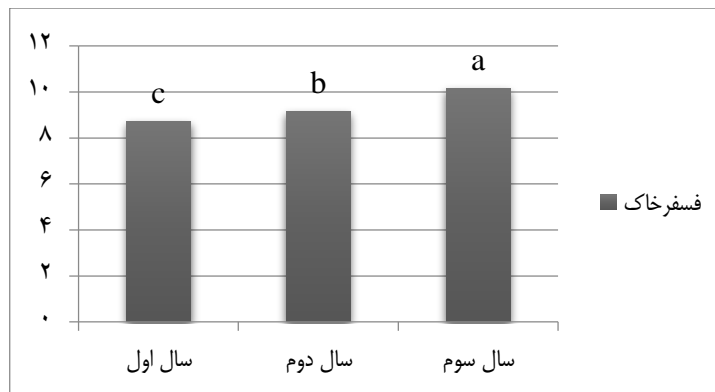


شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل درصد بقایای گندم و روش خاک‌ورزی بر ماده آلی خاک

تیمار حفظ بقایای گیاهی موجب افزایش کربن آلی در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک گردید و اثر متقابل تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی به همراه تیمار حفظ بقایا موجب شده که میزان ماده آلی خاک به صورت معنی‌داری نسبت به تیمار سوزاندن بقایا افزایش یابد. اثر متقابل سه روش خاک‌ورزی بر تیمار سوزاندن بقایا یکسان بود و هر سه در یک گروه و کمتر از سایر تیمارها قرار گرفت (شکل ۷).

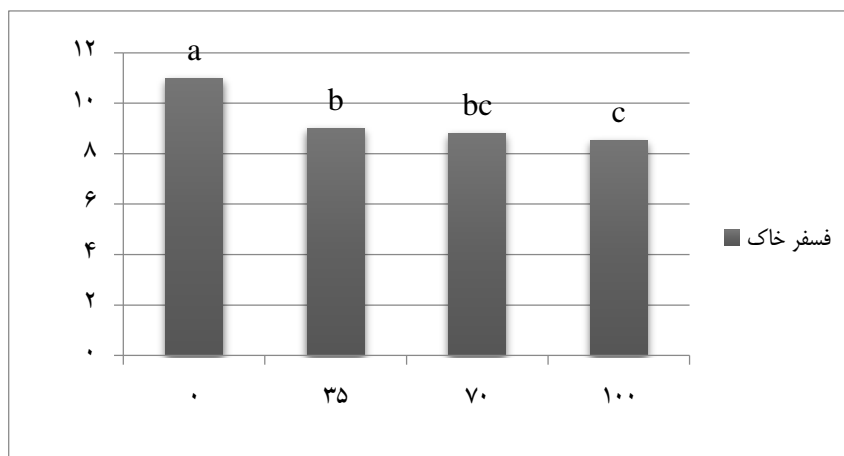
فسفر و پتاسیم خاک

فسفر و پتاسیم خاک در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری پروفیل خاک تحت تأثیر درصد بقایا، سال و اثر متقابل سال در بقایا معنی‌دار بود (جدول ۲). شکل ۸ مقایسه میانگین اثر سال بر درصد فسفر قابل جذب خاک را نشان می‌دهد. اثر سال بر میزان فسفر خاک معنی‌دار شد به طوری که این افزایش در سال سوم نسبت به دو سال دیگر بیشتر بود.



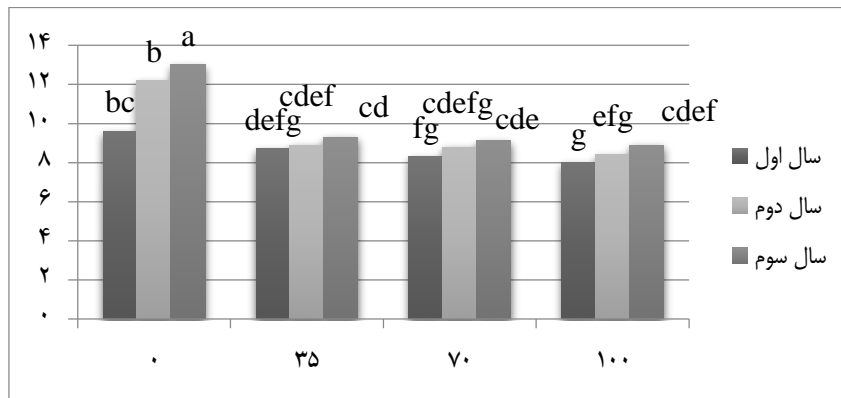
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر سال بر فسفر قابل جذب خاک

شکل ۹ مقایسه میانگین اثر میزان بقایا بر فسفر قابل جذب را نشان می‌دهد. تیمار سوزاندن بقایا باعث افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک شده است. بیشترین میزان فسفر قابل جذب به ترتیب مربوط به تیمار سوزاندن بقایا بود. بین سایر تیمارها تفاوت جزئی وجود داشت.



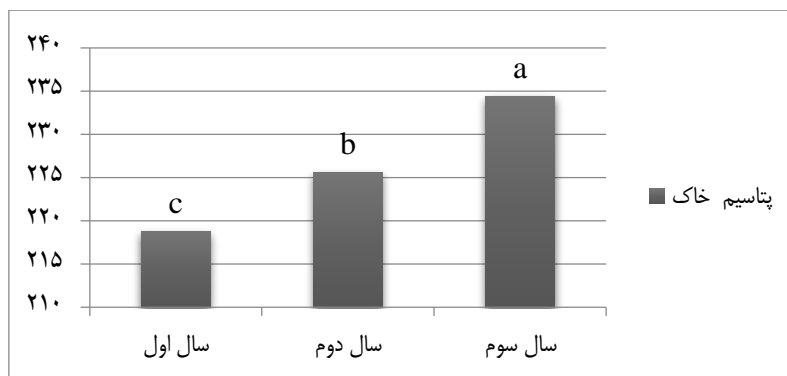
شکل ۹- مقایسه میانگین اثر بقایا بر فسفر قابل جذب خاک

مقایسه میانگین اثر متقابل سال و میزان بقایا بر فسفر قابل جذب اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲)، بیشترین میزان فسفر قابل جذب مربوط به تیمار سوزاندن بقایا بود. در هر سال بیشترین میزان فسفر قابل جذب به تیمار سوزاندن بقایا اختصاص داشت که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. روند کلی افزایش میزان فسفر در تیمار سوزاندن بقایا در سه سال با شیب تند و در سایر تیمارها کندتر مشاهده شد، به‌رحال میزان افزایش فسفر خاک در همه تیمارها در سال سوم بیشتر بود. بیشترین فسفر قابل جذب خاک از تیمار سوزاندن بقایا در سال سوم با میانگین ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل سال در بقایا بر فسفر قابل جذب خاک

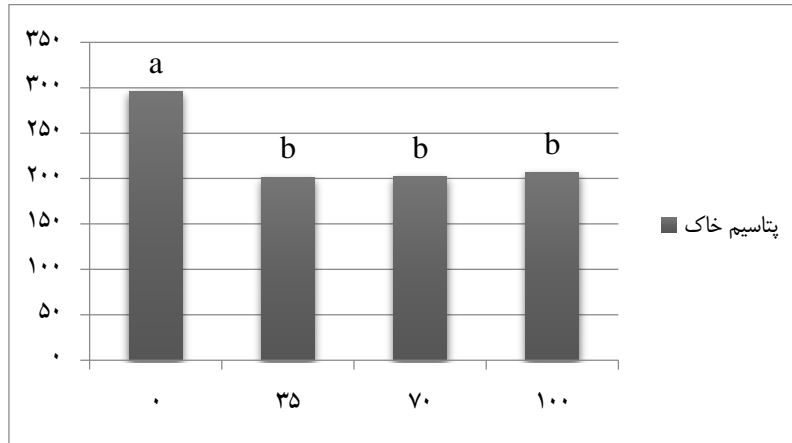
شکل ۱۱ مقایسه میانگین اثر سال بر درصد پتاسیم قابل جذب خاک را نشان می‌دهد. اثر سال بر میزان پتاسیم خاک معنی‌دار شد. به‌طوری‌که تغییرات میزان پتاسیم قابل جذب در سه سال با هم متفاوت و در سه گروه آماری قرار گرفتند. میزان پتاسیم قابل جذب در سه سال به ترتیب به میزان ۲۱۸/۷۵، ۲۲۵/۵۵، ۲۳۴/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر سال بر پتاسیم قابل جذب خاک

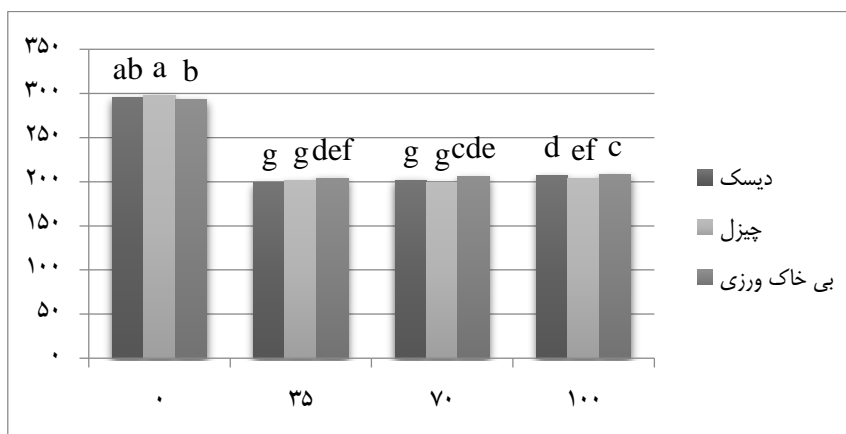
شکل ۱۲ مقایسه میانگین اثر میزان بقایا بر پتاسیم قابل جذب را نشان می‌دهد. تیمار سوزاندن بقایا باعث افزایش میزان پتاسیم قابل جذب خاک شده است. بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب به ترتیب مربوط به تیمار سوزاندن بقایا بود. بین سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج حاصل از این بررسی با نتایج برخی محققین که افزایش جزئی و غیر معنی‌دار ماده آلی خاک را در تیمار حفظ بقایا در مقایسه با تیمار سوزاندن بقایا در مرحله برداشت محصول گزارش نموده‌اند مطابقت دارد.

جمشیدیان و خواجه‌پور ۱۳۷۷، نجفی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱). دلیل اصلی افزایش پتاسیم خاک در اثر سوزاندن بقایای گندم، برگشت پتاسیم موجود در خاکستر بقایا به خاک می‌باشد. پتاسیم از عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر بقایا بر پتاسیم قابل جذب خاک

مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در بقایا بر پتاسیم قابل جذب خاک اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲)، بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب مربوط به تیمار سوزاندن بقایا بود. در هر سه روش خاک‌ورزی بیشترین میزان فسفر قابل جذب به تیمار سوزاندن بقایا اختصاص یافت. به طوری که سه روش خاک‌ورزی با اختلاف اندکی نسبت به هم در دو گروه آماری و برتر از سایر تیمارها قرار گرفتند. سایر تیمارها با اندکی اختلاف در گروه بعد قرار گرفتند. (شکل ۱۳). اثر متقابل خاک‌ورزی، بقایا و سال بر پتاسیم قابل جذب خاک معنی‌دار نشد، اما برتری نسبی از خاک‌ورز مرکب در سوزاندن بقایا در سال سوم با میانگین $306/6$ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در بقایا بر پتاسیم قابل جذب خاک



بیدریک و همکاران (۱۹۹۸) گزارش نمودند سوزاندن کلش گندم موجب افزایش مواد غذایی خاک در عمق یک تا پنج سانتی متری خاک می‌شود. این امر در کوتاه مدت سبب افزایش عملکرد شبدر که در تناوب با گندم قرار داشت شد. علت افزایش پتاسیم خاک برجای ماندن این عناصر در خاکستر بقایاست به خصوص پتاسیم که یک عنصر فلزی است. این نتایج با یافته‌های برخی از محققان مطابقت دارد. ددو و رینگتون (۱۹۸۳) بردریک و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کرد که با سوزاندن بقایای گندم افزایش سریعی در مقدار ازت، فسفر و پتاسیم خاک مشاهده می‌شود. همچنین نتایج حاصل از این بررسی با نتایج برخی محققین که افزایش جزئی و غیرمعنی دار ماده آلی خاک را در تیمار حفظ بقایا در مقایسه با تیمار سوزاندن بقایا در مرحله برداشت محصول گزارش نموده‌اند مطابقت دارد (جمشیدیان و خواجه‌پور ۱۳۷۷؛ نجفی‌نژاد و همکاران ۱۳۸۱).

منابع

- اسدی، ا. و د. افیونی. (۱۳۸۵). بررسی روش‌های کاشت بر روی بسترهای پشته‌ای دائم و غیردائم و مقایسه آن با روش مرسوم در تناوب گندم و ذرت. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. شماره ۸۵/۱۱۱۳.
- افضلی، م. (۱۳۸۵). ارزیابی پراکنش عمقی خاک سطحی در عملیات مختلف خاک‌ورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۰ صفحه.
- افضلی گروه، ه. آسودار، م. ا و ز، خدارحم پور. (۱۳۹۱). تأثیر روش آبیاری و سطوح خاک‌ورزی بر کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت در کرمان. مجله علمی پژوهشی دانش آب‌و خاک دانشگاه تبریز، ۳: ۴۵-۵۸.
- بحرانی، م. ج. (۱۳۷۵). مدیریت بقایای گیاهی در سیستم‌های کشت آبی، پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، موسسه اصلاح و تهیه نهال بذر، کرج، ص ۱.
- تهرانی، م.، آینه بند، ا. و نباتی احمدی، د. (۱۳۸۸). اثر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۹ صفحه ۱۰۲-۸۹.
- جمشیدیان، ر. و خواجه پور، م. (۱۳۷۷). بررسی اثرات روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر فشرده‌گی و مواد غذایی خاک و استقرار ماش بعد از برداشت گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲: (۳) ص ۳۵-۴۹.
- حاج عباسی، م. ع.، آ. ف. میرلوحی و م. صدر ارحامی. (۱۳۷۸). اثر روش‌های خاک‌ورزی بر بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳: ۱۳-۲۳.
- حیدری، ا. (۱۳۸۳). اثرات مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم بر عملکرد گندم و ماده آلی خاک در تناوب ذرت دانه‌ای-گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۵ (۱۹) ص ۹۴-۸۱.
- خسروانی، ع. (۱۳۷۷). اثر روش‌های مختلف تهیه زمین بر عملکرد گندم آبی گزارش پژوهشی نهائی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه شماره ۱۰۷.



نجفی نژاد، ح. (۱۳۸۲). اثرات روش‌های مختلف تهیه بستر بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال، شماره ۸۲/۶۵۶.

Adiku, S. G. K., J. W. Jones, F. K. Kumaga, and A. Tonyigah. 2009. Effects of crop rotation and fallow residue management on maize growth, yield and soil carbon in a savannah-forest transition zone of Ghana. *Journal of Agricultural Science*. 147: 313-322.

Bahrani, M., Raufat, M. B. & Ghadiri, H. (2007). Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. *Soil and Tillage Res*, 94, 305-309.

Bahrani, M. J., Kheradnam, M., Emam, Y., Ghadiri, H. & Assad, M. T. (2002). Effect of tillage methods on wheat yield and yield components in continuous wheat cropping. *Exp Agric*, 38, 389-395.

Biederbeck, V. O., C. A. Campblee, K. E. M. Schitezer, and R. M. McIver. 1998. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yield in Saskatchewan. *Soil Science Society of America Journal*. 44: 103-111.

Blanco-Canqui, H. and R. Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Rev. Plant Sci*. 28: 139-163.

Chen, Y. M., Monero, F.V., Lobb, D., Tessier, S. & Cavers, C. (2004). Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance in a heavy clay soil. *ASAE. J*, 47, 1003-1010.

Daddow, R.L. and G. F. Warrington. 1983. Growth limiting soil bulk densities by soil texture watershed systems. Development group, Report No.WSDG-TN- 000005. USDA Eorestry service. USA.

De Vita P., E. Di Paolo, G. Fecondo, N. Di Fonzo, and M. Pisante. 2007. Notillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research* 92(1-2): 69-78.

Dom, R. F., Mehdi, B. B., Burgess, M. S. E., Madramootoo, C. A., Mehuys, G. R. & Callum, I. R. (2004) Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *Soil and Tillage Res*, 84, 41-53.

Duo Preez, C. C., E. Kotez & J. T. Steyn. 2001. Long term effect of wheat residue management on some fertility indicators of semi- arid plinthosol. *Soil and tillage Research*. 63:25-33.



Fischer, R.A., F. Santiveri, and I.R. Vidal. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands I. Wheat and legume performance. *Field Crops Research*. 79: 107-122.

Heydari, A. 2003. Soil fertility improvement by stuble management and soil tillage in grain corn- wheat rotation system. *Proceeding of 8th Soil Sciences Congress of Iran*.