

The Effect of Crop Residue on Organic Carbon and Fertility of the Soil in Wheat-Corn Rotation

MORAD MIRZAEI^{1*}, MANOUCHEHR GORJI ANARI¹, EHSAN RAZAVY-TOOSI², HOSSEIN ASADI¹, EBRAHIM MOGHISEH³, SEYED MORTEZA ZAMIR⁴

1. Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Department of Plant, Soil and Microbial Sciences, Michigan State University, Michigan, USA.

3. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic Energy Organization of Iran, Karaj, Iran.

4. Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

(Received: July. 10, 2020- Revised: Oct. 22, 2020- Accepted: Nov. 7, 2020)

ABSTRACT

Addition of plant residues is an effective strategy for increasing soil nutrients, improving their use efficiency, providing better conditions for root growth and sustainable crop production. A field experiment was conducted to assess the effects of incorporation of varying rates of crop residue on the soil organic carbon and nutrients status at 0-10, and 10-20 cm soil depth, in a wheat-corn rotation under conventional tillage system. The field experiment was performed as a factorial and in the form of completely randomized block design with four replications in the farm of agricultural and natural resources college of University of Tehran for two growing years. The treatments included incorporation of five levels of crop residues (100, 75, 50, 25 and 0%) which were added to the soil in two steps, following wheat and corn rotation. The results of this study indicated a significant effect of crop residues on the measured properties. Among the crop residues treatments, the 100% level showed the greatest increase of organic carbon (38.4%), available phosphorus (34%) and potassium (47.6%), as well as iron (27%), manganese (30.3%), copper (39.5%) and zinc (62%), as compared to 0% residue treatment. The 25% residue treatment showed the lowest value for the studied properties, compared to other residues treatments. Available phosphorus, iron and zinc were significantly affected by depth and their values decreased with increasing depth from 0-10 to 10-20 cm.

Keywords: Conventional Tillage, Crop Rotation, Nutrients, Organic Residue, Soil Organic Matter.

*Corresponding Author's Email: Mirzaei.Morad95@ut.ac.ir

تأثیر بقایای گیاهی در تناوب گندم-ذرت بر میزان کربن آلی و حاصلخیزی خاک

مراد میرزایی^{۱*}، منوچهر گرجی^۱، احسان رضوی طوسی^۲، حسین اسدی^۱، ابراهیم مقیسه^۳، سید مرتضی ضمیر^۴

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. گروه علوم میکروبی، خاک و گیاه، دانشگاه ایالتی میشیگان، میشیگان، ایالات متحده آمریکا.

۳. پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج، ایران

۴. دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۸/۱۷)

چکیده

افزودن بقایای گیاهی یک راهبرد مدیریتی موثر برای افزودن عناصر غذایی و بهبود کارایی استفاده از آن، فراهم کردن شرایط بهتر رشد ریشه و تولید پایدار محصول می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر میزان کربن آلی و وضعیت تغذیه‌ای خاک در دو عمق ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در تناوب گندم-ذرت تحت سامانه خاک‌ورزی مرسوم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در دو فصل زراعی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل نگهداری پنج سطح مختلف بقایای گیاهی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد) بود که طی دو مرحله در تناوب کشت گندم-ذرت اعمال گردید. یافته‌های این پژوهش حاکی از تأثیر بارز مقدار نگهداشت بقایا بر خصوصیات اندازه‌گیری شده بود. در میان تیمارهای نگهداشت بقایا، تیمار ۱۰۰ درصد بقایا بیشترین میزان افزایش کربن آلی (۳۸/۴ درصد)، فسفر (۳۴ درصد) و پتاسیم قابل جذب (۴۷/۶ درصد) و همچنین عناصر کم مصرف آهن (۲۷ درصد)، منگنز (۳۰/۳ درصد)، مس (۳۹/۵ درصد)، و روی قابل جذب (۶۲ درصد) را نسبت به تیمار حذف بقایا نشان داد. تیمار ۲۵ درصد نگهداشت بقایا نیز کمترین مقدار را برای خصوصیات مطالعه شده نسبت به دیگر تیمارهای با مقادیر بیشتر نگهداشت بقایا نشان داد. اثر عمق نیز تنها در مورد آهن، روی و فسفر قابل جذب تأثیر معنی‌دار داشت و مقدار این شاخص‌ها در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: بقایای آلی، تناوب زراعی، خاک‌ورزی مرسوم، عناصر غذایی، ماده آلی خاک.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و افزایش تقاضای مواد غذایی، حفظ کیفیت خاک به منظور تولید پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتظار می‌رود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۵ میلیارد نفر برسد (United Nations, 2014). این امر منجر به افزایش فشار مضاعف بر منابع محدود اراضی جهت تأمین غذای مورد نیاز جمعیت رو به رشد می‌گردد. برآورده نمودن چالش‌هایی از قبیل تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد، و همین‌طور کاهش آسیب‌های زیست محیطی نیازمند توجه جدی به خاک به عنوان مولفه اصلی در کشاورزی پایدار می‌باشد (Garnett et al., 2013). افزایش نگرانی‌ها در مورد تولید غذای سالم و کیفیت محیط زیست و تأکید بر ظرفیت تولید پایدار خاک‌ها، لزوم استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب به منظور حفظ و بهبود ماده آلی خاک را روشن می‌سازد (Mu et al., 2016). تولید پایدار، مستلزم

استفاده کارآمد و موثر از منابع درون مزرعه‌ای از قبیل بقایای گیاهی پس از برداشت می‌باشد (Torma et al., 2018). بقایای گیاهی به عنوان بخشی از گیاه تعریف می‌شوند که پس از برداشت در مزرعه باقی می‌مانند و از لحاظ ترکیب موجود و میزان تجزیه خیلی متفاوت می‌باشند (Lal, 2005).

نگهداری بقایای محصول در خاک‌های کشاورزی دارای اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر سلامت و کیفیت خاک است (Lal, 2016). از اثرات مستقیم بقایای گیاهی می‌توان به محافظت خاک در برابر نیروهای فرساینده، بازیافت عناصر غذایی و تأمین غذا و زیستگاه برای موجودات زنده خاک اشاره کرد. علاوه بر این، بقایای گیاهی به طور غیر مستقیم منجر به تغییر وضعیت رطوبتی و دمایی خاک و انتقال آب و املاح می‌گردند (Lal, 2009). برگرداندن بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش تنوع، فعالیت زیستی و زیتوده میکروبی می‌گردد، در حالی که استفاده از

کربن آلی و وضعیت تغذیه‌ای خاک در دو عمق ۱۰-۲۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در تناوب گندم-ذرت تحت سامانه خاک‌ورزی مرسوم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در دو مرحله به اجرا درآمد. یک قطعه زمین با ابعاد ۱۹×۲۲ متر برای این آزمایش در نظر گرفته شد که به ۲۰ کرت با ابعاد ۳×۴ متر و با فاصله ۲ متر بین تکرارها و فواصل ۱ متر بین کرت‌ها تقسیم بندی و آزمایش مورد نظر به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول بقایای پنج سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ و صفر درصد وزنی بقایا) و فاکتور دوم عمق خاک در دو سطح (۱۰-۲۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر) بود.

تعیین ویژگی‌های خاک و بقایای گیاهی

قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری مرکب از خاک به صورت تصادفی از دو عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک نیز به روش استاندارد تعیین شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، نمونه‌ها هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (Page et al., 1992). میزان pH و EC در عصاره اشباع، نیتروژن کل به روش کج‌لدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Jones, 2001) و کربن آلی نیز به روش Walkley and Black (1934) اندازه‌گیری شد. عناصر کم مصرف از قبیل آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب به روش عصاره‌گیری با DTPA^۱ Lindsay and Norvell (1978) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین به دلیل اهمیت ترکیب شیمیایی بقایای گیاهی، نمونه‌های بقایای ذرت و گندم نیز مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفت. به این منظور ابتدا نمونه‌های خشک بقایا توسط آسیاب خرد گردید و کربن آلی به روش Walkley and Black (1934) اندازه‌گیری شد. نیتروژن نمونه‌ها بعد از هضم با اسید سولفوریک و سالیسیلیک و آب اکسیژنه به روش کج‌لدال تعیین گردید. سپس خاکسترگیری خشک به منظور تعیین سایر عناصر موجود در بقایا انجام شد به این صورت که قسمتی از نمونه‌ها در کوره الکتریکی در ۵۵۰ درجه حرارت قرار داده شد سپس با اسید کلریدریک دو

روش‌های مرسوم در کشاورزی از قبیل خاک‌ورزی فشرده و خارج نمودن یا سوزاندن بقایای گیاهی اثرات مخربی بر کیفیت خاک دارد (Orr et al., 2015). به همین دلیل در میان عملیات مختلف کشاورزی، برگرداندن بقایای گیاهی به طور گسترده‌ای برای افزایش حاصلخیزی و میزان ماده آلی خاک تأیید شده است (Zhao et al., 2016). در سطح جهانی، تولید کل بقایای گیاهی ۳/۸ میلیارد تن در سال تخمین زده شده است که ۷۴ درصد آن از غلات، ۸ درصد از لگوم‌ها، سه درصد محصولات روغنی، ۱۰ درصد محصولات تولید کننده قند و پنج درصد محصولات غده‌ای می‌باشد (Lal, 2005).

در حال حاضر، مدیریت بقایای گیاهی مسئله مهمی می‌باشد به دلیل اینکه کشاورزان به دلایل اقتصادی، فراهم نمودن غذا و فیبر اقدام به برداشت بقایای گیاهی می‌نمایند این در حالی است که حذف بقایای گیاهی پویایی و فراهمی عناصر غذایی در خاک را تغییر داده و بر بازیافت عناصر غذایی که از عوامل مهم تولید محصول هستند نیز اثرگذار است (Adler et al., 2015). علاوه بر این، از آنجایی که بقایای گیاهی منبع مهمی از عناصر غذایی برای محصولات بعدی می‌باشند حذف بقایا پس از برداشت محصول ممکن است تقاضا برای کودهای شیمیایی را افزایش دهد (Karlen et al., 2015). بنابراین بکارگیری بقایای محصول به-عنوان اصلاح کننده‌های خاک برای تأمین تقاضای غذای جهانی حائز اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد (Lal, 2009). افزودن بقایای گیاهی یک راهبرد موثر برای افزایش عناصر غذایی و بهبود کارایی استفاده از آن، فراهم کردن شرایط بهتر رشد ریشه و تولید پایدار محصول است (Dhaliwal et al., 2019).

در بسیاری از مناطق ایران روش‌های مرسوم در کشاورزی از قبیل خاک‌ورزی فشرده و عدم رعایت تناوب صحیح زراعی رایج بوده و به دلیل عدم آگاهی کافی اکثر کشاورزان، پس از برداشت محصول خارج نمودن کامل بقایای گیاهی جهت اهدافی از قبیل تهیه علوفه، تولید انرژی و یا اهداف دیگر صورت می‌گیرد. این اقدام در بسیاری موارد به دلایلی از قبیل تسهیل در کاشت محصول بعدی و جلوگیری از ایجاد آفات و امراض با سوزاندن بقایا در مزرعه انجام می‌شود که اثرات مخربی بر خصوصیات خاک و آلودگی محیط زیست به دنبال دارد. از این رو تعیین مقدار مناسب بقایای گیاهی به عنوان یک نهاده درون مزرعه‌ای ارزشمند جهت دستیابی به حفظ حاصلخیزی خاک و کاهش صدمات زیست محیطی از اهمیت والایی برخوردار است. هدف این تحقیق، بررسی اثرات نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر میزان

نرمال هضم و عناصر به شرح زیر اندازه‌گیری شدند. غلظت آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب با استفاده از دستگاه جذب اتمی، غلظت پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر، فسفر به روش کالیمتری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (Jones, 2001) (جدول ۲).

اجرای تیمارها و عملیات کاشت و داشت در کشت ذرت علوفه‌ای و گندم

مرحله اول آزمایش در ۱۵ تیرماه ۱۳۹۷، پس از برداشت محصول گندم سال قبل، با آماده سازی زمین و کاشت ذرت انجام گردید. به این منظور ابتدا تیمارهای مدیریتی مختلف بقایای گیاهی اعمال گردید. این تیمارها شامل افزودن ۵ سطح وزنی مختلف از بقایای تازه گندم به صورت ۱۰۰ درصد (۳/۵ تن در هکتار)، ۷۵ درصد (۲/۶۲۵ تن در هکتار)، ۵۰ درصد (۱/۷۵ تن در هکتار)، ۲۵ درصد (۰/۸۷۵ تن در هکتار) و بدون بقایا بود. پس از اعمال تیمارهای بقایای گیاهی اقدام به شخم زمین با گاوآهن برگردان-دار تا عمق ۳۵ سانتی متری گردید. سپس عملیات دیسک‌زنی نیز به منظور خرد نمودن کلوخه‌های بزرگتر و ماله جهت ایجاد یکنواختی زمین صورت گرفت و در نهایت ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ به میزان ۳۵ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. به منظور کاشت از دستگاه خطی کار استفاده گردید و فواصل بین ردیف-های کاشت نیز ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. همزمان با کاشت عملیات کوددهی نیز انجام شد. در مرحله اول ۵۰ کیلوگرم اوره، ۷۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار استفاده گردید. مراحل بعدی کوددهی نیز به ترتیب با مصرف ۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم اوره در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و قبل از گلدهی به صورت کودآبیاری انجام شد. عملیات آبیاری بلافاصله پس از کاشت، و تا پایان چرخه زراعی براساس شرایط محیطی هر ۷ تا ۱۰ روز یک بار صورت گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله ۴ برگی و کنترل علف‌های هرز در دو مرحله ۴ و ۸ برگی به صورت دستی انجام شد. همچنین در طول دوره رشد از هیچ گونه علف کش و آفت کشی استفاده نشد. مرحله دوم پژوهش پس از برداشت محصول ذرت علوفه‌ای و اعمال تیمارهای مدیریتی بقایای ذرت به اجرا درآمد. در این مرحله نیز تیمارهای بقایای گیاهی تازه ذرت شامل ۱۰۰ درصد (۶ تن در هکتار)، ۷۵ درصد (۴/۵ تن در هکتار)، ۵۰ درصد (۳ تن در هکتار)، ۲۵ درصد (۱/۵ تن در هکتار) و بدون بقایا بود که مشابه با مرحله قبل و در همان کرت‌های آزمایشی اعمال گردید.

پس از اعمال تیمارهای بقایای گیاهی، کاشت گندم در

تاریخ ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۷، با مصرف ۲۰۸ کیلوگرم بذر رقم سیوند در هکتار صورت گرفت. در کل کوددهی در طی فصل رشد گندم در چهار مرحله انجام شد که یک مرحله آن کوددهی پایه و سه مرحله دیگر نیز به صورت سرک صورت پذیرفت. کوددهی پایه همزمان با کاشت و با اعمال ۵۰ کیلوگرم اوره، ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم انجام شد. مرحله دوم کوددهی نیز با اعمال ۱۱۰ کیلوگرم اوره در مرحله اتمام پنجه دهی و شروع ساقه دهی اعمال شد. کوددهی سوم نیز در مرحله اواسط ساقه دهی و به میزان ۱۱۰ کیلوگرم اوره استفاده شد. در انتهای ساقه دهی و شروع ظهور سنبله نیز مرحله آخر کوددهی با اعمال ۵۰ کیلوگرم اوره صورت پذیرفت. سه مرحله اول کوددهی با استفاده از دستگاه کودپاش سانتریفیوژ و مرحله آخر نیز به صورت کودآبیاری انجام گرفت. در طی فصل رشد گندم از دو نوع علف کش استفاده گردید. علف کش نوع اول، پهن برگ کش بروماید MA^۱ در دو مرحله و در هر مرحله ۱/۵ لیتر اعمال گردید. سم باریک برگ کش تاپیک^۲ نیز به میزان ۱ لیتر در هکتار و همراه مرحله اول استفاده گردید. در کاشت گندم نیز ابتدا خاک آب و سپس آبیاری کمی ۱۰ روز پس از آبیاری اول و آبیاری‌های بعدی نیز با توجه به شرایط محیطی انجام شد.

نمونه‌برداری نهایی از خاک

در پایان دوره آزمایش نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی از دو عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر انجام شد. به این صورت که از نقاط مختلف هر کرت سه نمونه برداشت و با هم مخلوط شد و در نهایت یک نمونه مرکب انتخاب و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از انتقال، نمونه‌ها در معرض هوا خشک گردید و از الک دو میلی متری عبور داده و سپس برخی ویژگی‌های که قبل از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شده بود مجدداً اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه واریانس از نرم افزار SAS 9.4 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای محصول بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در دو عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر در سامانه خاک‌ورزی مرسوم را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد اثر بلوک تنها بر

در سطح یک درصد و بر فسفر قابل جذب و روی قابل جذب در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت و اثر آن بر سایر خصوصیات معنی‌دار نبود. اثرات متقابل سطح بقایا و عمق خاک نیز بر هیچکدام از خصوصیات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری ایجاد نکرد.

میزان عنصر روی قابل جذب و در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است در حالی که بر سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری نداشته است. اثر سطح بقایا بر تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده بجز EC اثر معنی‌دار داشت. اثرات متقابل سطح بقایا و بلوک بر هیچ کدام از خصوصیات اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری ایجاد نکرد. عمق خاک نیز بر EC و آهن قابل جذب

جدول ۱- خصوصیات اولیه خاک در سامانه خاک‌ورزی مرسوم قبل از اعمال تیمارهای مدیریتی

عمق خاک (سانتی‌متر)		خصوصیات خاک
۱۰-۲۰	۰-۱۰	
۷/۷۸	۷/۸۳	pH
۰/۷۵	۰/۹	EC (dS m ⁻¹)
۰/۸۶	۰/۹	کربن آلی (%)
۰/۰۷	۰/۰۹	نیترژن کل (%)
۱۳۴/۲	۱۶۷/۹	پتاسیم قابل جذب (mg kg ⁻¹)
۹/۵	۹/۸	فسفر قابل جذب (mg kg ⁻¹)
۱۳/۵	۱۳/۹	آهن (mg kg ⁻¹)
۲/۶۴	۲/۷	روی (mg kg ⁻¹)
۱/۳	۱/۴	مس (mg kg ⁻¹)
۱۱/۷	۱۲/۴	منگنز (mg kg ⁻¹)
۱/۳	۱/۲	جرم مخصوص ظاهری (Mg m ⁻³)
۵۲/۵	۵۷	شن (%)
۲۸	۲۴	سیلت (%)
۱۹/۵	۱۹	رس (%)

جدول ۲- خصوصیات مربوط به نمونه‌های بقایای گیاهی

بقایا	نیترژن	فسفر	پتاسیم	کربن آلی	C/N	آهن	منگنز	مس	روی
	%	-	mg Kg ⁻¹						
گندم	۰/۸۴	۰/۰۹	۱/۷۵	۵۵/۴	۶۶	۱۱۹/۶	۲۷/۳	۱۷/۳	۳۲/۳
ذرت	۰/۹۲	۰/۲۵	۱/۰۸	۵۳/۶	۵۸	۱۴۴/۶	۳۳/۶	۱۴/۵	۲۶/۱

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نگهداشت مقدار بقایا بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در اعماق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر

منبع تغییرات	درجه آزادی	pH	EC	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن	منگنز	مس	روی
بلوک	۳	۰/۰۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۶۴ ^{ns}	۵۵۲/۵۷ ^{ns}	۱/۲۷ ^{ns}	۱/۴۹ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۱/۰۰۷ ^{ns}
سطح بقایا	۴	۰/۰۲۱*	۰/۰۵۱ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۱۸ ^{ns}	۱۳/۰۹ ^{ns}	۸۱۷۲/۳۷ ^{**}	۱۶/۴۴*	۲۶/۹۱ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۲/۶۷ ^{ns}
بلوک*سطح بقایا	۱۲	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}	۱۹۲/۴۸ ^{ns}	۳/۳۶ ^{ns}	۱/۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}
عمق خاک	۱	۰/۰۲۶ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۳/۸۳ ^{ns}	۵۹۹/۰۷ ^{ns}	۴۳/۷ ^{ns}	۲/۴۹ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}
سطح بقایا*عمق خاک	۴	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۱۸۲ ^{ns}	۲۱۰/۰۷ ^{ns}	۶/۹۱ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۵۲ ^{ns}
خطا	۱۵	۰/۰۰۷	۰/۰۳۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۴۷	۳۱۸/۰۳	۳/۵۵	33/1	۰/۰۱۸	۰/۱۷
ضریب تغییرات	-	۱/۰۵	۱۹/۷۵	۶/۹	۱۳/۱۴	۶/۲۲	۸/۷۵	۱۲/۸۴	۸/۸۸	۸/۸۱	۱۲/۱۹

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ns عدم معنی‌داری. اعداد میانگین مربعات (MS) را نشان می‌دهد.

به سایر تیمارها نشان داد و اختلاف آن تنها با تیمارهای ۲۵ درصد و بدون بقایا معنی‌دار بود. تیمارهای ۷۵، ۵۰، ۲۵ درصد و بدون

واکنش خاک (pH) تیمار نگهداشت ۱۰۰ درصد بقایا بیشترین میزان pH (۸) را نسبت

منجر به ایجاد مقادیر بیشتر pH گردید. *Butterly et al.* (2010) تغییرات pH خاک بعد از افزودن بقایای گیاهی را به عمل دکربوکسیلاسیون آنیون‌های آلی نسبت دادند. نتایج تحقیقات این نویسندگان نشان داد که بخش‌های محلول بقایای کشاورزی نقش مهمی در تغییرات pH خاک دارد. اثرات بقایا بر تغییرات pH به طور زیادی بین مطالعات متغیر می‌باشد که این به خاطر ترکیب بقایا و نوع خاک می‌باشد. همچنین تأثیر بقایا برای تغییرات در pH خاک اغلب متأثر از عوامل دیگر در سیستم خاک-گیاه نیز می‌باشد.

بقایا تفاوت معنی‌داری از نظر تأثیرگذاری بر میزان pH با هم نداشتند و کمترین میزان pH (۷/۹) نیز در تیمار بدون بقایا مشاهده شد (شکل ۱). بنظر می‌رسد که نگهداری مقادیر کم بقایای گیاهی در خاک قادر به ایجاد افزایش معنی‌دار pH نبوده است که مشابه با یافته‌های *Adams et al.* (2020) می‌باشد. دلایل عمده افزایش pH پس از افزودن بقایای گیاهی را می‌توان به (۱) دکربوکسیلاسیون آنیون‌های آلی و آزادسازی OH⁻ و (۲) غلظت کاتیون‌های بازی اضافی از قبیل کلسیم، منیزیم، سدیم آزاد شده در طی تجزیه بقایا نسبت داد (*Mandal et al., 2004*). Souza *et al.* (2012) گزارش کردند که افزودن بقایای نیشکر به خاک

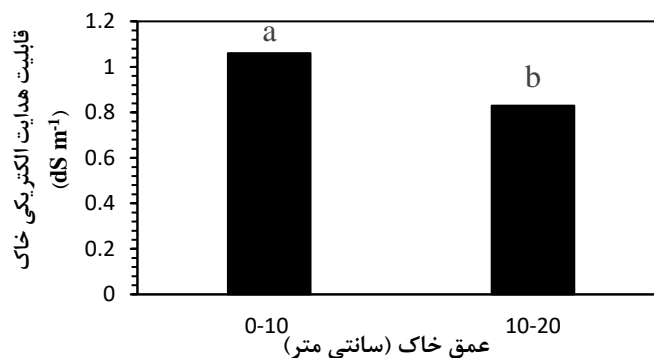


شکل ۱- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات واکنش خاک (pH)

داد که منجر به تجمع املاح در سطح خاک می‌گردد. از دیگر دلایل افزایش این خصوصیت تجمع املاح در خاک سطحی را می‌توان نام برد که در نتیجه استعمال کودهای شیمیایی و همین‌طور ناشی از تجزیه بقایای گیاهی موجود در خاک است که منجر به افزایش EC می‌گردد. البته این افزایش موقتی بوده و با گذشت زمان و جذب عناصر توسط گیاه و همین‌طور آبیاری و بارندگی کاهش می‌یابد.

قابلیت هدایت الکتریکی (EC)

شکل (۲)، تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی خاک در دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در سامانه خاک‌ورزی مرسوم بعد از اعمال تیمارهای مدیریتی را نشان می‌دهد. مقدار EC خاک در این سامانه در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری را داشته است. دلیل افزایش EC خاک در لایه سطحی را می‌توان به افزایش تبخیر و تعرق نسبت



شکل ۲- تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی خاک در اعماق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر

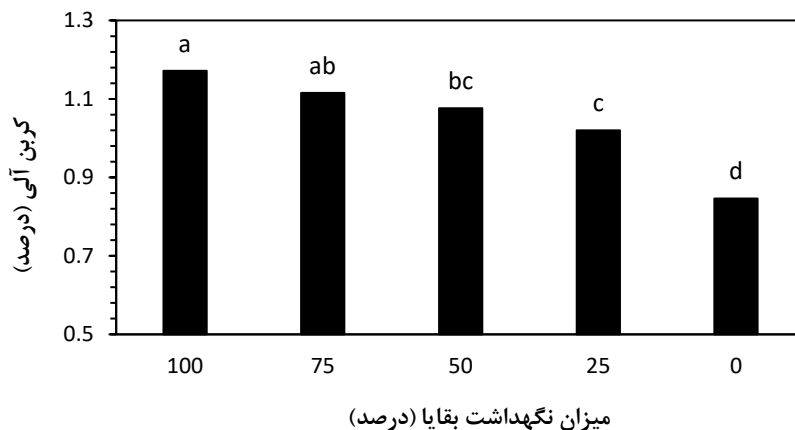
معنی‌دار میزان کربن آلی خاک نسبت به تیمار بدون بقایا گردید.

کربن آلی خاک

به‌طور کلی اعمال سطوح مختلف بقایای گیاهی باعث افزایش

آلی خاک با حذف بقایای گیاهی کاهش می‌یابد (Baker *et al.*, 2014). نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های Blanco-Canqui and Lal (2009) در تطابق است. این محققین گزارش کردند حذف بقایا به میزان ۷۵ درصد یا بیشتر در سه نوع خاک مختلف میزان کربن آلی خاک را بین ۲۰ و ۳۰ درصد در لایه سطحی (بالای ۱۰ سانتی‌متر) کاهش داد. همچنین طبق یافته‌های این محققین در یک خاک لومی سیلتی با شیب ۱۰ درصد در اوهایو، کربن آلی خاک تا بیش از ۲۷ درصد در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر کاهش یافت موقعی که میزان حذف بقایا بیش از ۷۵ درصد بود. Sindelar (2012) در تحقیقات خود نشان داد که بدون در نظر گرفتن سامانه خاک‌ورزی، کربن آلی خاک در لایه‌های سطحی ۰ تا پنج سانتی‌متری و پنج تا ۱۵ سانتی‌متری به ترتیب ۱۴ و ۴ درصد کاهش یافت موقعی که هیچگونه بقایای گیاهی به خاک برگردانده نشد اما تغییری در لایه‌های عمیق‌تر (۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) از یک خاک لومی رسی در ایالت مینه سوتا مشاهده نشد.

تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد بقایا از نظر تأثیرگذاری تفاوت معنی‌داری با همدیگر نشان ندادند. همچنین بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد بقایا نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و از طرفی سطح ۵۰ درصد بقایا نیز با سطح ۲۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. در بین تیمارهای اعمال شده بیشترین میزان کربن آلی مربوط به تیمار نگهداشت ۱۰۰ درصد بقایا بود که نسبت به تیمار بدون بقایا افزایش ۳۸/۴ درصدی را به دنبال داشت (شکل ۳). درصد افزایش میزان کربن آلی خاک در تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نسبت به تیمار بدون بقایا نیز به ترتیب ۳۱، ۲۷ و ۲۰ درصد بود. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که حتی نگهداشت مقادیر اندکی از بقایای محصول پس از برداشت می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان کربن آلی خاک داشته باشد. کربن آلی خاک به طور گسترده‌ای برای تعیین اثرات حذف بقایای گیاهی مورد مطالعه قرار گرفته است. این خصوصیت به طور زیادی متأثر از مقدار بقایای برگردانده شده به خاک می‌باشد (Kendall *et al.*, 2015). بسیاری از مطالعات گزارش کرده‌اند که ماده آلی و کربن

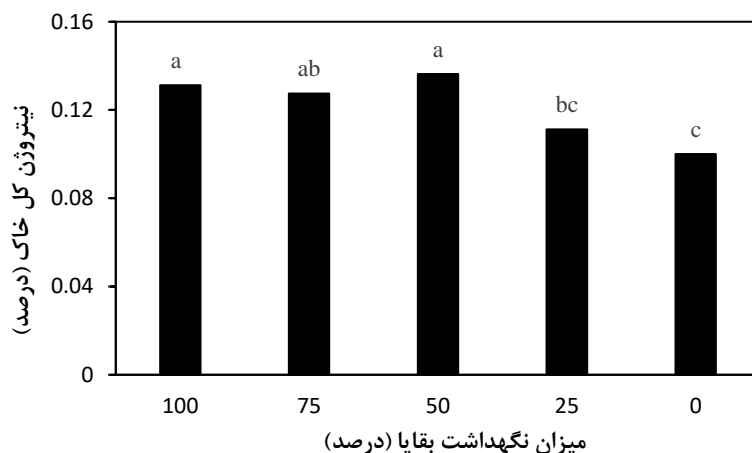


شکل ۳- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات کربن آلی خاک

نیترژن کل خاک

تیمار ۵۰ درصد بقایا بیشترین میزان افزایش نیترژن کل خاک (۳۶/۲۵ درصد) را نسبت به تیمار بدون بقایا نشان داد. تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد بقایا نیز به ترتیب منجر به افزایش ۳۱ و ۲۷ درصدی نسبت به تیمار بدون بقایا شد (شکل ۴). یکی از دلایل بیشتر بودن مقادیر نیترژن کل خاک در تیمارهای نگهداری بقایا نسبت به بدون بقایا را می‌توان به آزادسازی نیترژن موجود در بقایا در طی تجزیه بقایا نسبت داد. دلیل احتمالی بیشتر بودن میزان نیترژن موجود در تیمار ۵۰ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد را می‌توان به این صورت بیان کرد که چون در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان رشد گیاهان بیشتر بوده و از طرفی به دلیل بیشتر بودن میزان بقایا و افزایش فعالیت میکروبی جهت تجزیه بقایا و رقابت آن‌ها با گیاه برای جذب نیترژن، نیاز به نیترژن نسبت به تیمار ۵۰ درصد بقایا بیشتر شده و در نتیجه مقدار آن در تیمارهای مذکور کاهش یافته است. نتایج این تحقیق با یافته‌های Blanco-Canqui and Lal (2009) در تطابق است این محققین کاهش مقدار نیترژن کل خاک را در تیمارهای که در آن‌ها بقایا به طور کامل از خاک خارج شده بود را گزارش کردند. Blanco-Canqui and Lal (2006) در پژوهشی ۳ ساله نشان دادند برداشت بقایای گیاهی از یک خاک لوم سیلتی باعث کاهش مقدار نیترژن گردید. مقدار این کاهش در ۲۰ سانتی‌متری خاک برای نیترژن ۱/۱ تن در هکتار بود. پژوهشی در نواحی گرمسیری مکزیک نشان داد که حذف بقایای گیاهی ذرت به میزان ۳۳ و ۱۰۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۲۵ و ۵۵ درصدی نیترژن کل خاک شد (Salinas-Garcia *et al.*, 1997). همین‌طور (Govaerts *et al.*, 2007) مقادیر بیشتر نیترژن را در تیمار نگهداری

بقایا در مقایسه با تیمار برداشت بقایا در مکزیک مشاهده کردند.

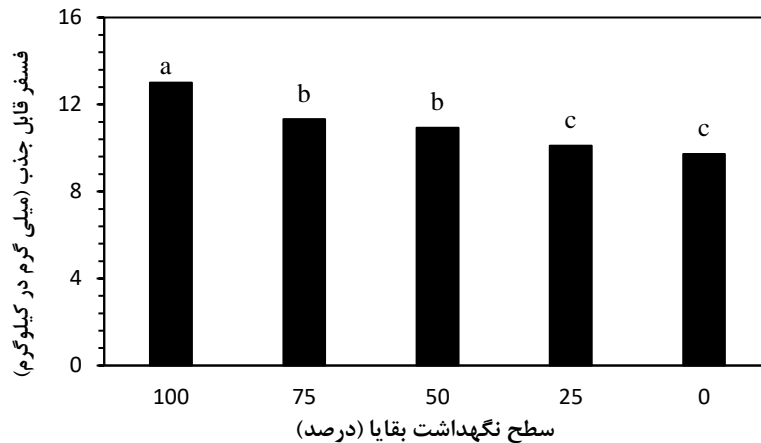


شکل ۴- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات نیترژن کل خاک

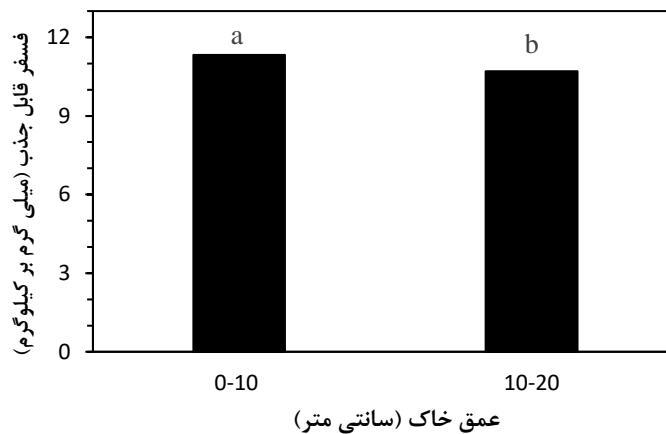
فسفر قابل جذب خاک

نتایج نشان داد که بیشترین میزان فسفر قابل جذب (۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به تیمار نگهداشت ۱۰۰ درصد بقایا بود که نسبت به تیمار بدون بقایا افزایش ۳۴ درصدی را نشان داد (شکل ۵). تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد بقایا نیز به ترتیب منجر به افزایش ۱۶/۵ و ۱۲/۵ درصدی فسفر قابل جذب نسبت به تیمار بدون بقایا گردید. همچنین مقدار این عنصر در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری نسبت به عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۶). یکی از دلایل افزایش میزان فسفر قابل جذب در تیمارهای نگهداشت بقایا ممکن است به علت کاهش تثبیت فسفر در اثر کاربرد این بقایا باشد به طوری که نتایج تحقیقات قبلی نیز تایید کننده نتایج پژوهش حاضر در این زمینه است. *et al. Turmel* (2015) نیز دلیل افزایش فسفر قابل جذب را به کاهش تثبیت فسفر در نتیجه کاربرد بقایای گیاهی نسبت دادند. این محققان بیان کردند که مولکول‌های هومیکی و اسیدهای آلیفاتیک با وزن مولکولی پایین که در نتیجه تجزیه بقایای گیاهی آزاد می‌شوند مکان‌های جذب سطحی اکسید آلومینیوم را مسدود نموده و باعث کاهش جذب سطحی فسفر و در نتیجه افزایش میزان فسفر قابل جذب می‌شوند البته این اثر بستگی به کیفیت بقایای گیاهی داشته و بیشتر به خاطر افزایش میزان تجزیه است (*Nziguheba et al.*, 1998). دلایل دیگری نیز در مورد علت افزایش فسفر قابل جذب در نتیجه کاربرد بقایای گیاهی وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به انحلال فسفر معدنی و در نتیجه افزایش فسفر قابل جذب

در نتیجه تجزیه بقایا اشاره کرد. *Gangwar et al.* (2006) نیز بیشترین میزان فسفر قابل دسترس (۳۸/۸ کیلوگرم بر هکتار) را تحت تیمار ترکیب کردن بقایا با خاک مشاهده کردند. نگهداری بقایای گیاهی پس از برداشت محصول به عنوان منبع مهم عناصر غذایی نه تنها به طور مستقیم منجر به آزادسازی مقدار زیادی فسفر از طریق تجزیه میکروبی می‌شود (*Noack et al.*, 2014)، بلکه همچنین منجر به تولید انواعی از اسیدهای آلی و باعث حل‌الیت ترکیبات سنگ فسفات در خاک و فراهمی بیشتر فسفر در خاک می‌گردد (*Kpombekou and Tabatabai*, 2003). در لایه‌های سطحی به دلیل نوسانات بیشتر دما و رطوبت بقایای گیاهی بیشتر تجزیه شده و از طرفی منجر به آزادسازی مقدار بیشتری از فسفر به درون خاک می‌شوند و از آنجایی که تحرک فسفر در خاک کم می‌باشد بنابراین در لایه‌های سطحی بیشتر تجمع می‌یابد. *Blanco-Canqui and Lal* (2009) کاهش‌های بیشتر (۴۰ درصد) فسفر خاک با حذف ۱۰۰ درصد بقایا در ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک لومی سیلتی را مشاهده کردند. پژوهشی در نواحی گرمسیری مکزیک نشان داد برداشت بقایای گیاهی ذرت به صورت قابل توجهی فسفر قابل دسترس خاک را کاهش داد به طوری که حذف ۱۰۰ درصدی بقایای گیاهی، مقدار فسفر قابل استخراج را ۲۰ درصد کاهش داد در حالی که مقدار فسفر در این آزمایش تحت تأثیر حذف ۳۳ و ۶۶ درصد بقایای گیاهی قرار نگرفت (*Salinas-Garcia et al.*, 1997).



شکل ۵- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات فسفر قابل جذب خاک



شکل ۶- تغییرات فسفر قابل جذب در اعماق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر

پتاسیم قابل جذب

همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، بیشترین میزان افزایش پتاسیم از تیمار ۱۰۰ درصد بقایا حاصل شد که نسبت به تیمار بدون بقایا افزایش ۴۷/۶ درصدی را به دنبال داشت. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد بقایا نیز نسبت به تیمار بدون بقایا باعث افزایش ۳۸/۷ و ۳۲ درصدی پتاسیم قابل جذب نسبت به تیمار شاهد گردید. دلیل افزایش قابل توجه پتاسیم را می‌توان به مقدار زیاد این عنصر در بقایای گیاهی نسبت داد (جدول ۲) که در حین تجزیه آزاد شده و منجر به افزایش میزان پتاسیم قابل جذب در خاک می‌گردد. از طرفی با توجه به اینکه در گیاهان پتاسیم یونی بخشی از ساختار آلی نیست لذا آزادسازی آن سریعتر صورت گرفته و منجر به تجمع پتاسیم در خاک می‌شود (Sawyer and Mallarino, 2007). نتایج تحقیقات نشان داده است که حذف بقایای گیاهی به میزان ۷۵ و ۱۰۰ درصد در خاک لومی سیلتی و لومی رسی منجر به کاهش پتاسیم قابل جذب در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری می‌گردد (Blanco-Canqui and Lal, 2009). Karlen et al. (1984) دریافتند که حذف ۶۶ و ۹۰ درصد بقایای

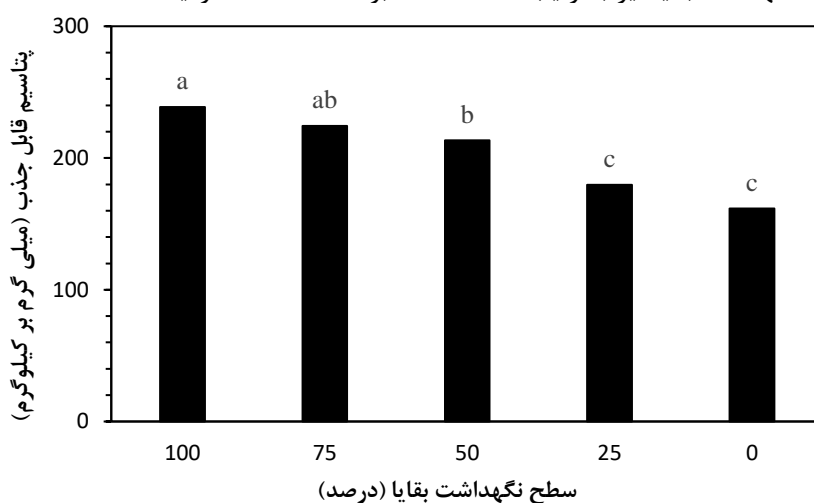
ذرت برای دو سال به طور قابل توجهی سطوح پتاسیم قابل جذب را در فواصل عمقی پنج تا ۲۰ سانتی‌متر از یک خاک لومی رسی در کارولینای جنوبی کاهش داد اما این مقادیر برداشت اثری بر پتاسیم در اعماق صفر تا پنج سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۹۰ سانتی‌متر نداشت. Souza et al. (2012) بیشترین میزان پتاسیم را در تیمار ترکیب کردن بقایا نسبت به تیمار شاهد مشاهده کردند که با یافته‌های این تحقیق در تطابق است.

عناصر کم‌مصرف

آهن و منگنز قابل جذب

با افزایش میزان نگهداشت بقایا مقدار آهن قابل جذب نیز افزایش پیدا کرد. تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد بقایا باعث افزایش معنی‌دار آهن قابل جذب خاک نسبت به تیمار بدون بقایا گردیدند. در حالی که بین تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد بقایا و تیمار بدون بقایا اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. بیشترین میزان افزایش (۲۷ درصد نسبت به تیمار بدون بقایا) این عنصر از تیمار ۱۰۰ درصد نگهداشت بقایا حاصل شد (شکل ۸). تیمار ۷۵ درصد بقایا نیز نسبت به تیمار بدون بقایا ۱۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین

۲۲ و ۱۶/۴ درصدی را نسبت به تیمار حذف بقایا نشان دادند. Prasad and Sinha (1995) در تحقیقات خود دریافتند که حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد منگنز از طریق نگهداشت بقایای گیاهی در خاک قابل بازیافت می‌باشد. Dhaliwal *et al.* (2012) تغییرات قابل توجه در بخش‌های مختلف آهن و منگنز موقعی که بقایای گندم همراه با کودهای شیمیایی استفاده شد را مشاهده کردند. همچنین یافته‌های Walia *et al.* (2010) نشان داد که استفاده از بقایای گیاهی باعث بهبود وضعیت عناصر کم مصرف در خاک می‌گردد. در مطالعات این محققین افزایش قابل توجه آهن قابل جذب نسبت به مقدار اولیه در اثر کاربرد بقایای محصول پس از برداشت مشاهده گردید.



شکل ۷- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات پتاسیم قابل جذب خاک

مقدار عنصر روی با افزایش میزان نگهداشت بقایا افزایش نشان داد. تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد بقایا از نظر تأثیرگذاری اختلاف معنی‌داری با هم نداشت در حالی که اختلاف آن‌ها با تیمار بدون بقایا معنی‌دار بود. علاوه بر این، بین تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیز اختلافات معنی‌دار نبود هر چند که میزان عنصر در تیمار ۱۰۰ نسبت به ۷۵ بیشتر بود (شکل ۸). تیمارهای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد بقایا نیز به ترتیب منجر به افزایش‌های ۶۲، ۴۷، ۴۲ و ۳۲ درصدی میزان روی قابل جذب نسبت به تیمار بدون بقایا گردید. همچنین میزان این عنصر در لایه سطحی ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری را به دنبال داشت (شکل ۹). از دلایل افزایش روی قابل جذب می‌توان به افزایش ماده آلی در نتیجه کاربرد بقایا اشاره کرد که می‌تواند تأثیر مثبتی بر آزادسازی و حلالیت روی داشته باشد. Dhaliwal *et al.* (2010) افزایش روی در اثر کاربرد بقایا را به افزایش ماده آلی خاک نسبت دادند. Fuente *et al.* (2011) گزارش کردند که افزودن ماده آلی تجزیه پذیر منجر به حلالیت

میزان آهن قابل جذب در اعماق اندازه‌گیری شده با هم متفاوت بود به این صورت که در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری نسبت به عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر مقدار بیشتری نشان داد و اختلاف بین این دو نیز معنی‌دار بود (شکل ۹).

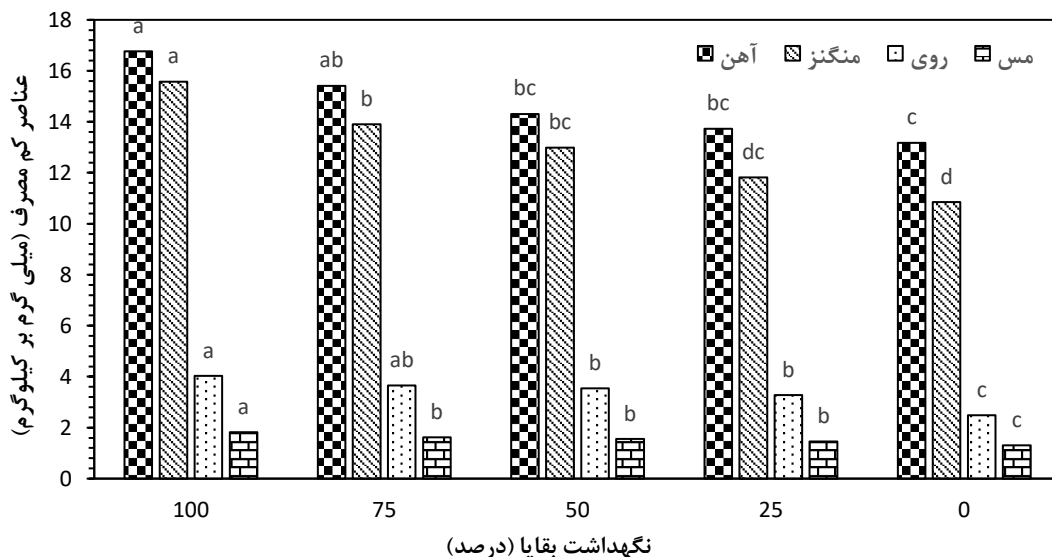
در مورد منگنز قابل جذب نیز تیمارهای نگهداشت ۵۰ درصد بقایا و مقادیر بیشتر از آن باعث افزایش معنی‌دار این عنصر نسبت به تیمار شاهد گردید در حالی که نگهداشت مقادیر ۲۵ درصد بقایا اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل ۱۰). بیشترین میزان این عنصر از تیمار نگهداشت ۱۰۰ درصد بقایا حاصل شد و اختلاف آن با تیمار حذف بقایا ۳/۳ درصد بود. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نگهداشت بقایا نیز به ترتیب اختلاف

مس و روی قابل جذب

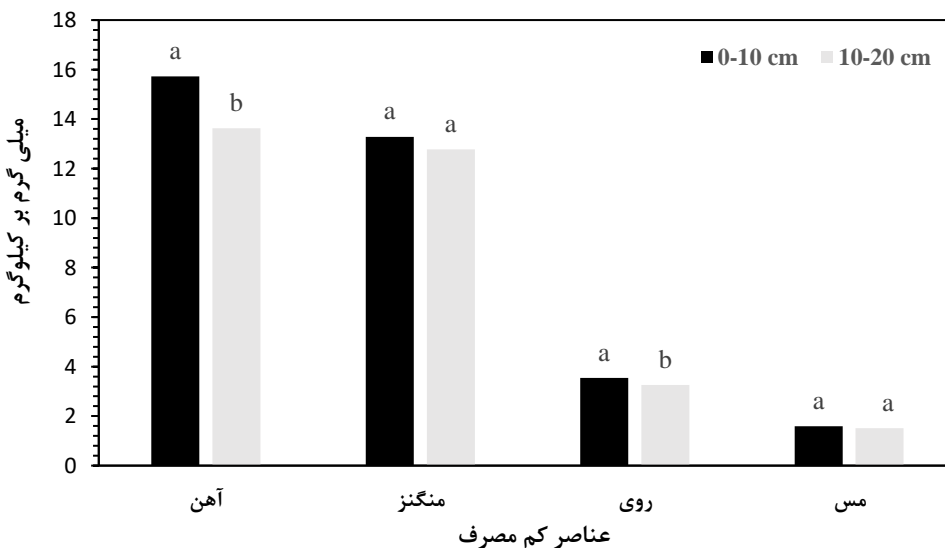
افزایش‌های ۲۳/۵، ۱۹ و ۱۲ درصدی مس قابل جذب نیز در تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصدی نگهداشت بقایا نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۸). Matijevic *et al.* (2014) افزایش قابل توجه مس کل در خاک در نتیجه کاربرد ماده آلی را مشاهده کردند که با نتایج این تحقیق در تطابق است. علاوه بر این، Walia *et al.* (2010) افزایش اندک در میزان مس (۱/۶۶ - ۱/۳۵ میلی گرم در کیلوگرم) در کرت‌های تیمار شده با بقایای آلی در مقایسه با کرت‌های شاهد را مشاهده کردند. یکی از دلایل افزایش مس خاک با افزایش ماده آلی ممکن است به خاطر جذب سطحی یون‌های مس با ماده آلی باشد که بر فراهمی زیستی مس تأثیرگذار است. همچنین خاصیت کلات کنندگی ترکیبات آلی که در طی تجزیه بقایا آزاد می‌شوند منجر به فراهمی عناصر غذایی کم مصرف از طریق جلوگیری از بعضی فرآیندها از قبیل تثبیت، اکسیداسیون، بارش و آبشویی می‌شود (Dhaliwal *et al.*, 2019).

بقایای گندم در خاک مشاهده کردند. در آزمایش دیگری Fuente *et al.* (2011) تحرک زیاد و فراهمی روی تحت اصلاح کننده کاه و کلش ذرت به عنوان مواد هومیکی ترکیبات محلولی را با روی تشکیل می‌دهد که جذب آن به مینرال‌های خاک را کاهش می‌دهد. Ojha *et al.* (2018) افزایش آهن، منگنز و روی در یک انکوباسیون با اصلاح کننده‌های آلی را گزارش کردند.

روی نامحلول شده و قابل دسترس بودن آن را افزایش می‌دهد. این ممکن است در نتیجه همکاری گروه‌های عاملی از قبیل فنولیک، کربوکسیل، آمینو با ترکیبات آلی متحرک باشد که قابلیت کلات کنندگی قوی را دارا بوده و منجر به افزایش غلظت کل روی و ضریب پخشیدگی آن می‌شود (Sigh *et al.*, 2005). Dhaliwal *et al.* (2010) در یک آزمایش مزرع‌ای با سامانه کاشت برنج-گندم افزایش روی قابل جذب را در نتیجه کاربرد



شکل ۸- تأثیر نگهداشت مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر تغییرات عناصر کم مصرف خاک



شکل ۹- تغییرات عناصر کم مصرف در اعماق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر خاک

کربن آلی خاک و همچنین عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب مربوط به تیمار نگهداشت ۱۰۰ درصد بقایا بود. البته در مورد برخی از خصوصیات مطالعه شده بین تیمارهای نگهداشت ۵۰ درصد بقایا و مقادیر بیشتر از آن و همچنین بین تیمار نگهداشت

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، تیمارهای نگهداشت بقایای گیاهی نسبت به تیمار حذف بقایا باعث بهبود کربن آلی و عناصر غذایی پرمصرف و همین‌طور کم‌مصرف شد و با افزایش میزان نگهداشت بقایای گیاهی تغییرات ایجاد شده محسوس‌تر بود. بیشترین میزان

زرعی امری ضروری است.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Adams, A. M., Gillespie, A. W., Dhillon, G. S., Kar, G., Minielly, C., Koala, S & Peak, D. (2020). Long-term effects of integrated soil fertility management practices on soil chemical properties in the Sahel. *Geoderma*, 366, 114207.
- Adler, P. R., Rau, B. M., & Roth, G. W. (2015). Sustainability of corn stover harvest strategies in Pennsylvania. *BioEnergy Research*, 8(3), 1310-1320.
- Baker, J. M., Fassbinder, J., & Lamb, J. A. (2014). The impact of corn stover removal on N₂O emission and soil respiration: an investigation with automated chambers. *BioEnergy Research*, 7(2), 503-508.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Corn stover removal for expanded uses reduces soil fertility and structural stability. *Soil Science Society of America Journal*, 73(2), 418-426.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, W. M., Izaurralde, R. C., & Owens, L. B. (2006). Corn stover impacts on near-surface soil properties of no-till corn in Ohio. *Soil Science Society of America Journal*, 70(1), 266-278.
- Butterly, C., Baldock, J., & Tang, C. (2010, August). Chemical mechanisms of soil pH change by agricultural residue. In *Dalam: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*. Brisbane (Vol. 4, No. 5, pp. 1-6).
- Dhaliwal, S. S., Manchanda, J. S., Walia, S. S., & Phutela, R. P. (2010). Nutrition management in maize (*Zea mays* L.)-potato (*Solanum tuberosum* L.)-onion (*Allium cepa* L.) cropping sequence through organic and inorganic sources. *Environment and Ecology*, 28(1), 136-143.
- Dhaliwal, S. S., Naresh, R. K., Mandal, A., Singh, R., & Dhaliwal, M. K. (2019). Dynamics and transformations of micronutrients in soil environment as influenced by organic matter build-up: A Review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100007.
- Dhaliwal, S. S., Sadana, U. S., Walia, S. S., & Sidhu, S. S. (2012). Long-term effects of manures and fertilizers on chemical fractions of Fe and Mn and their uptake under rice-wheat cropping system in North-West India. *International Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 98-107.
- Fuente, C., Clemente, R., Martínez-Alcalá, I., Tortosa, G., & Bernal, M. P. (2011). Impact of fresh and composted solid olive husk and their water-soluble fractions on soil heavy metal fractionation; microbial biomass and plant uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2-3), 1283-1289.
- Gangwar, K. S., Singh, K. K., Sharma, S. K., & Tomar, O. K. (2006). Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. *Soil and Tillage Research*, 88(1-2), 242-252.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Herrero, M. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- Govaerts, B., Sayre, K. D., Lichter, K., Dendooven, L., & Deckers, J. (2007). Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. *Plant and Soil*, 291(1-2), 39-54.
- Jones Jr, J. B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC press.
- Karlen, D. L., Beeler, L. W., Ong, R. G., & Dale, B. E. (2015). Balancing energy, conservation, and soil health requirements for plant biomass. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(5), 279-287.
- Karlen, D. L., Hunt, P. G., & Campbell, R. B. (1984). Crop residue removal effects on corn yield and fertility of a Norfolk sandy loam. *Soil Science Society of America Journal*, 48(4), 868-872.
- Kendall, J. R., Long, D. S., Collins, H. P., Pierce, F. J., Chatterjee, A., Smith, J. L., & Young, S. L. (2015). Soil carbon dynamics of transition to Pacific Northwest cellulosic ethanol feedstock production. *Soil Science Society of America Journal*, 79(1), 272-281.
- Kpombekou-A, K., & Tabatabai, M. A. (2003). Effect of low-molecular weight organic acids on phosphorus release and phytoavailability of phosphorus in phosphate rocks added to soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(2-3), 275-284.
- Lal, R. (2005). World crop residue production and implications of its use as a biofuel. *Environment International*, 31(4), 575-584.
- Lal, R. (2009). Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. *Soil and tillage research*, 102(2), 233-241.
- Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4), 212-222.

- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Mandal, K. G., Misra, A. K., Hati, K. M., Bandyopadhyay, K. K., Ghosh, P. K., & Mohanty, M. (2004). Rice residue-management options and effects on soil properties and crop productivity. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 224-231.
- Matijevic, L., Romic, D., & Romic, M. (2014). Soil organic matter and salinity affect copper bioavailability in root zone and uptake by Vicia faba L. plants. *Environmental geochemistry and health*, 36(5), 883-896.
- Mu, X., Zhao, Y., Liu, K., Ji, B., Guo, H., Xue, Z., & Li, C. (2016). Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat-maize cropping system on the North China Plain. *European journal of agronomy*, 78, 32-43.
- Noack, S. R., McBeath, T. M., McLaughlin, M. J., Smernik, R. J., & Armstrong, R. D. (2014). Management of crop residue affects the transfer of phosphorus to plant and soil pools: Results from a dual-labelling experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 71, 31-39.
- Nziguheba, G., Palm, C. A., Buresh, R. J., & Smithson, P. C. (1998). Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and soil*, 198(2), 159-168.
- Ojha, S., Sourabh, S., Dasgupta, S., Das, D. K., & Sarkar, A. (2018). Influence of different organic amendments on Fe, Mn, Cu and Zn availability in Indian soils. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(05), 2435-2445.
- Orr, M. J., Gray, M. B., Applegate, B., Volenec, J. J., Brouder, S. M., & Turco, R. F. (2015). Transition to second generation cellulosic biofuel production systems reveals limited negative impacts on the soil microbial community structure. *Applied Soil Ecology*, 95, 62-72.
- Page, A.L., Miller, R.H., and Jeeney, D.R. (1992). *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical properties*. Soil Science Society of America Publication, Madison, 1750 pp.
- Prasad, B., & Sinha, S. K. (1995). Nutrient recycling through crop residue management for sustainable rice and wheat production in calcareous soil. *Fertiliser News*, 40, 15-28.
- Salinas-Garcia, J. R., Hons, F. M., & Matocha, J. E. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 152-159.
- Sawyer, J. E., & Mallarino, A. P. (2007). Nutrient removal when harvesting corn stover. IC-498 (22) Iowa State University Extension.
- Sindelar, A. J. (2012). Stover, tillage, and Nitrogen management in continuous corn for grain, ethanol, and soil carbon.
- Souza, R. A., Telles, T. S., Machado, W., Hungria, M., Tavares Filho, J., & de Fátima Guimarães, M. (2012). Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agriculture, ecosystems & environment*, 155, 1-6.
- Torma, S., Vilček, J., Lošák, T., Kužel, S., & Martensson, A. (2018). Residual plant nutrients in crop residue—an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(4), 358-366.
- Turmel, M. S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N., & Govaerts, B. (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134, 6-16.
- United Nations. (2014). Concise Report on the World Population Situation 2014. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Washington D.C.
- Walia, M. K., Walia, S. S., & Dhaliwal, S. S. (2010). Long-term effect of integrated nutrient management of properties of Typic Ustochrept after 23 cycles of an irrigated rice (Oryza sativa L.)-wheat (Triticum aestivum L.) system. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(7), 724-743.
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), pp.29-38.
- Zhao, S., Li, K., Zhou, W., Qiu, S., Huang, S., & He, P. (2016). Changes in soil microbial community, enzyme activities and organic matter fractions under long-term straw return in north-central China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 82-88.