Research Article

Agricultural Engineering,45(2) (2022) 183-205

DOI: 10.22055/AGEN.2022.41147.1635

ISSN (E): 2588-526X

ISSN (P): 2588-5944

The effects of tillage systems and weed control methods on some physical and chemical properties of soil in corn-wheat crop rotation

A.Monsefi[1*], M. Norouzi Masir [2] and Y. Izadi[3]

1. Assistant Professor of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Khuzestan, Iran.
3. Assistant Professor of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran.

Received: 4 July 2022 Accepted: 20 September 2022

Abstract

Introduction: Despite the many benefits of tillage to crop establishment and production in the past, new herbicide and minimum-tillage management systems have drastically changed today's methods of crop production. Although tillage systems are used to increase soil porosity, they are a short-term solution that has negative consequences on surface soil structural stability, surface crop residue, and surface soil organic carbon, which are critical features that control water infiltration and subsequent water transmission and storage in soil. Physical and chemical properties of soil such as organic matter of soil is a key attribute of quality that affects water infiltration and soil aggregation. The use of conservation tillage along with the application of appropriate management methods such as conservation of residues, the use of proper rotation and weed control caused to stabilize the particles of soil, prevent the destruction of soil structure and increase soil organic matter. Therefore, changing the method of tillage systems from conventional to conservation, especially in crop rotation cycles, is inevitable. Our objectives were to summarize these findings and present additional information with particular emphasis on changes physical and chemical characteristics in different soil depths due to adoption of conservation tillage in corn-wheat crop rotation.

Materials and Methods: The present study was performed to investigate tillage systems (4 levels including ZT-ZT: zero tillage-zero tillage; ZT-CT: : Zero tillage-Conventional Tillage; CT-CT: conventional tillage-conventional tillage and CT- ZT: conventional Tillage-Zero Tillage) and 4 levels of weed management (including W_1: control; W_2: post-emergence Nicosulfuron herbicide + hand weeded in cultivation of corn and post-emergence Metribuzin herbicide + hand weeded in cultivation of wheat; W_3: Pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in cultivation of corn and post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in cultivation of wheat; W_4: Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide) on some physical and chemical properties of soil depths (D_1: 0 -15 and D_2: 15-30 cm) in corn-wheat rotation during the 2021-22 croping year in the farms of Shavur Agricultural Service Center of Shush city was implemented as a split-factorial in the form of a randomized complete block design with three replications and 96 samples.

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion: The results showed that interaction of the studied treatments significant effects of the all studied traits except for soil pH. The minimum of soil bulk density was observed in conventional tillage-zero tillage × Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide as weed management treatment × 0-10 cm soil depths treatment with an average of 1.390 g/cm^3, also, the highest hydraulic conductivity of the soil was obtained in conventional tillage-conventional tillage × pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in cultivation of corn and post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in cultivation of wheat × 0-15 cm soil depths treatment (with an average of 0.994 cm/h). The highest amount of organic matter (with an average 0.771 percent) and phosphorus and potassium elements was achieved in zero tillage-zero tillage × wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide × 0-15 cm soil depths treatment (with averages of 13.96 and 234.7 mg/kg, respectively). Interaction effects results (tillage system × sampling depth) indicated that highest amount of total nitrogen was achieved in the zero tillage-zero tillage (ZT-ZT) on soil surface layer (0-15 cm sampling depth) with an average 122.0 kg / ha with an increase of 40.1% compared to the other treatment such as zero tillage-conventional tillage (ZT-CT), conventional tillage-conventional tillage (CT-CT) and conventional tillage-zero tillage (CT-ZT) and soil substrate (15-30 cm sampling depth, with an average of 0.87 kg/ha). In addition, the preservation of residues in the form of mulch and the use of post-emergence Nicosulfuron and Metribuzin herbicides led to maintaining the balance of soil pH in the corn-wheat rotation.

Conclusion: Steady-state soil chemical and physical properties was greater under zero tillage than under conventional tillage as a result of soil structural improvements associated with surface residue accumulation and lack of soil disturbance. In addition, our data indicate that conservation tillage along with the application of crops residues in corn-wheat crop rotation is a viable management strategy to improve soil quality in the warm, semiarid region of Khuzestan province. This strategy could lead to high production, minimal negative environmental impacts, and a socially acceptable farming system. Therefore, the use of previous crop residues in tillage systems will have a positive effect on improving the physical and chemical properties of the soil.

Keywords: Bulk density, crop rotation, hydraulic conductivity, soil organic matter, tillage system.

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۵ شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

اثر سامانه‌های خاک‌ورزی و روش کنترل علف‌های هرز بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تناوب کشت ذرت-گندم

علی منصفی[1*]، مجتبی نوروزی مصیر[2] و یزدان ایزدی[3]

۱- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹

کلمات کلیدی:
تناوب زراعی،
چگالی ظاهری،
سامانه خاک‌ورزی، ماده‌آلی خاک ،
هدایت هیدرولیکی

* عهده دار مکاتبات

Email: a.monsefi@scu.ac.ir

چکیده

استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی همزمان با کاربرد روش‌های مدیریتی مناسب همچون حفظ بقایا، استفاده از تناوب صحیح و کنترل علف‌های هرز سبب پایداری خاکدانه‌ها، جلوگیری از تخریب ساختمان خاک و افزایش ماده‌آلی خاک می‌شود. بنابراین تغییر روش خاکورزی از سامانه‌های مرسوم به حفاظتی بویژه در چرخه‌های تناوب گیاهان، اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی سامانه‌های خاک-ورزی (چهار تیمار شخم شامل ZT-ZT: بدون شخم-بدون شخم؛ ZT-CT: بدون شخم-شخم متعارف؛ CT-CT: شخم متعارف-شخم متعارف و CT-ZT: شخم متعارف- بدون شخم) و چهار تیمار مدیریت علف‌های هرز (شامل W_1: کنترل؛ W_2: نیکوسولفورون پس‌رویشی+وجین‌دستی در کشت ذرت و متریبیوزین پس‌رویشی+وجین‌دستی در کشت گندم؛ W_3: آترازین پیش‌کاشت+نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی+بوموکسینیل+ام‌سی‌پ پس‌رویشی در کشت گندم؛ W_4: بقایای گندم به‌صورت مالچ+نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به‌صورت مالچ+متریبیوزین در کشت گندم) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق‌های خاک (D_1: ۰-۱۵ و D_2: ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) در تناوب ذرت-گندم طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در اراضی مرکز خدمات کشاورزی شاوور شهرستان شوش به-صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه‌تکرار و در مجموع ۹۶ نمونه اجرا شد. نتایج حاکی از تاثیر معنی-دار برهمکنش تیمارهای مورد بررسی بر تمام صفات مورد مطالعه به جز pH خاک بود. کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک در تیمار CT-ZT×W_4×D_1 با میانگین ۱/۳۹۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد، همچنین هدایت هیدرولیکی خاک در تیمار CT-CT×W_3×D_1 در بیشترین مقدار خود (با میانگین ۰/۹۹۴ سانتی‌متر در ساعت) بود. بالاترین

مقدار ماده‌آلی خاک (۰/۷۷۱ درصد) و عناصر فسفر و پتاسیم (به‌ترتیب ۱۳/۹۶ و ۲۳٤/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز از تیمار $ZT-ZT\times W_4\times D_1$ حاصل شد. بنابراین به‌منظور پایداری و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خصوصاً در لایه سطحی خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری) در تناوب کشت ذرت-گندم استفاده از سامانه‌های خاکورزی شخم متعارف-بدون شخم و بقایای گندم به صورت مالچ+نیکوسولفورون پس-رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ+متریبیوزین در کشت گندم تاثیر مثبت داشته است.

مقدمه

خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان بخش مهمی از سامانه کشاورزی پایدار محسوب شده که کاربرد آن‌ها منافعی در ارتباط با حفظ رطوبت و افزایش موادآلی خاک، جلوگیری از فرسایش، کاهش مصرف آب در مرحله تولید و همچنین کاهش تردد ماشین‌آلات کشاورزی که خود عاملی برای فرسایش خاک است، به همراه خواهد داشت (۳۵). گزارش‌ها حاکی از آن است که کاشت در روش بدون خاک‌ورزی باعث احیای دوباره ساختمان خاک خواهد شد (۵۰) و باقی‌ماندن بقایای گیاهی در این روش بر روی زمین خصوصاً در مناطق نیمه‌خشک، باعث افزایش راندمان بهره‌وری از آب آبیاری و تولید پایدار در عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (۲۰). در حالی که روش‌های مرسوم در کشاورزی از قبیل شخم متعارف و خارج نمودن بقایای گیاهی از مزرعه جهت اهدافی از قبیل تهیه علوفه و تولید انرژی و یا سوزاندن بقایا به منظور تسهیل در کاشت و جلوگیری از بروز آفات و امراض اثرات مخربی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته و افزون بر آن آلودگی محیط‌زیست را نیز به همراه خواهد داشت (۴). در این رابطه نیوگسچاواندتنیر و همکاران[1] (۳۹) با بررسی چهار تیمار خاک‌ورزی (شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، بدون شخم، خاکورزی حفاظتی عمیق و خاکورزی حفاظتی کم عمق) و دو تیمار تناوب (شامل چغندرقند-گندم-گلرنگ-گندم-چغندرقند-گندم-ذرت و ذرت-گندم-کلزا-گندم-سویا-گندم-کلزا) دریافتند که pH خاک و کربنات‌کلسیم تحت‌تاثیر خاک‌ورزی قرار نگرفت، حال آنکه با کاهش مقدار خاک‌ورزی نیتروژن کل، کربن‌آلی، فسفر و پتاسیم در لایه‌های بالایی خاک افزایش یافته بود (۳۹)، همچنین در مطالعه مذکور تناوب موجب تغییرات pH و پتاسیم در خاک شد، درحالی‌که سایر مؤلفه‌های مرتبط با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر قرار نگرفتند.

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی جهان از نظر سطح زیر کشت و ارزش غذائی بوده که براساس آمارهای سازمان خوار و بار جهانی (فائو[2])، تولید تقریبی آن ۷۷۲ میلیون تن برآورد و سهم ایران حدود ۱۴ میلیون تن گزارش شده است (۱۹). در این میان استان خوزستان با سطح زیرکشت حدود ۵۳۵ هزار هکتار (با ۳۸۴ و ۱۵۱ هزار هکتار به‌ترتیب در کشت آبی و دیم) در رده اول استان‌های کشور قرار دارد (۴۰). ذرت نیز با نام علمی *Zea maize* L. یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که به دلیل قدرت سازگاری بالا با شرایط محیطی مختلف، ماده‌خشک بالا و ارزش غذایی مطلوب، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات زراعی دارد. بیش از ۱۲۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت این گیاه اختصاص یافته و تولید محصول آن بعد از گندم و برنج، در مقام سوم قرار دارد (۱۷). در حال حاضر سطح زیر کشت ذرت در ایران بالغ بر ۲۰۴ هزار هکتار و تولید سالانه آن ۱ میلیون و ۴۰۰ هزار تن می‌باشد (۴۶). حال بدیهی است که هرگونه تلاش در جهت افزایش تولید ذرت وگندم در واحد سطح یا کاهش هزینه‌های تولید نقش مهمی را در اقتصاد کشاورزی این محصولات ایفا خواهد کرد (۱۳).

یکی از روش‌های مدیریتی مناسب بدین منظور استفاده از تناوب زراعی اصولی و علمی با تاکید بر ظرفیت تولید پایدار خاک‌ها در جهت حفظ و بهبود ماده‌آلی خاک می‌باشد (۳۶). بر این اساس محققان اظهار داشتند که تناوب زراعی از مدیریت‌های مهم خاک به‌شمار آمده و بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تاثیر می‌گذارد (۴۷). همچنین استفاده بهینه از خاک به عنوان مهم‌ترین تأمین‌کننده منابع غذائی می‌تواند بهره‌وری لازم از تولیدات زراعی را افزایش دهد (۳۲). دیگر محققان نیز اختلاف معنی‌داری را در روند تغییرات در مقدار کربن‌آلی خاک و باقی‌مانده

1- Neugschwandtner *et al.*

2- Food agriculture organization

عناصر غذایی در خاک بر اثر تناوب زراعی نشان داده‌اند (۵۲).

بنا به نظر پژوهشگران از مهم‌ترین مشکلات زراعی گندم در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی خصوصاً در تناوب کشت ذرت – گندم عدم کنترل یا مدیریت ناصحیح علف‌های هرز و افزایش علف‌های هرز چندساله بوده که عدم توانایی در کنترل آن‌ها خصوصاً در مناطقی که با کمبود شدید آب مواجه می‌باشند موجب هدررفت آب آبیاری، مواد غذایی قابل دسترس موجود در خاک برای گیاه و گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی و در نهایت کاهش کیفیت محصول می‌شود (۲۴). در میان روش‌های کنترل علف‌های هرز، کنترل شیمیایی یکی از ساده‌ترین و موفق‌ترین شیوه‌های کنترل در مزارع ذرت وگندم و از اصلی‌ترین روش‌ها در طی سی سال اخیر بوده و یکی از راهکارهایی که جهت بهینه‌سازی مصرف علفکش‌ها مورد توجه می‌باشد، اختلاط علفکش‌های مختلف است (۲۸). در یک اختلاط مناسب بهترین نتیجه آن است که کارایی علفکش‌ها در حالت اختلاط افزایش یابد، ضمن آن که صدمه‌ای به گیاه زراعی وارد نشود (۴۹). بنا بر گزارش‌های متعدد اختلاط علفکش‌ها سبب افزایش طیف کنترل علف‌های هرز، جلوگیری از توسعه مقاومت علف‌های هرز به علفکش‌ها، کاهش هزینه‌ها و یا مصرف علفکش از طریق استفاده از اثرات هم‌افزایی آن‌ها در اختلاط، کاهش تعداد دفعات سم‌پاشی و نهایتاً کاهش ورود مواد شیمیایی در محیط‌زیست می‌شود (۶ و ۲۰).

از طرف دیگر کشت دو محصول استراتژیک مانند ذرت و گندم که با توجه به شرایط آب و هوایی خوزستان جزء کشت‌های غالب می‌باشند اما به واسطه برداشت ذرت و زمان بر بودن آماده‌سازی زمین برای کشت گندم، معمولاً کشت آن با تأخیر همراه می‌باشد که این امر باعث کاهش عملکرد و برداشت دیرهنگام می‌شود (۹). لذا با توجه به تحقیقات اندک روی این مسائل و معضلات (کنترل علف های هرز به صورت تلفیقی) در استان خوزستان، این پژوهش با هدف بررسی روش‌های تناوبی مختلف شخم حفاظتی و استفاده از مدیریت تلفیقی با کنترل جمعیت و تنوع علف‌های هرز مزرعه جهت بررسی این تیمارها بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نهایتاً افزایش بهره-وری در تولید انجام شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در اراضی کشاورزی کشت ذرت و گندم در مرکز خدمات کشاورزی شاوور شهرستان شوش در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۲ متر از سطح دریا تحت نظارت مستقیم جهاد کشاورزی شهرستان شوش و مرکز مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در این پژوهش شامل سامانه‌های خاکورزی در چهار سطح (ZT-ZT: بدون شخم-بدون شخم؛ ZT-CT: بدون شخم-شخم متعارف؛ CT-CT: شخم متعارف-شخم متعارف و CT-ZT: شخم متعارف-بدون شخم) و چهار تیمار مدیریت علف‌های هرز (W_1: کنترل؛ W_2: نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین‌دستی در کشت ذرت و مترییوزین پس‌رویشی + وجین‌دستی در کشت گندم؛ W_3: آترازین پیش‌کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی +ب وموکسینیل + ام‌سی‌پ پس‌رویشی در کشت گندم؛ W_4: بقایای گندم به‌صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به‌صورت مالچ + مترییوزین در کشت گندم) و دو عمق نمونه‌برداری خاک (D_1: ۰-۱۵ و D_2: ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) بود. آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه مورد کشت در جدول ۱ (سازمان هواشناسی کشور[1])، نتایج آزمون خاک محل در جدول ۲ و تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در پژوهش در جدول ۳ آورده شده است.

1- WWW.irimo.ir

جدول(۱) میانگین ماهانه ویژگی‌های آب و هوایی در طول فصل رشد در طی آزمایش (۱۴۰۰-۱۴۰۱)

Table (1) Monthly average weather conditions during the experiments growing season (2021-22)

فصل کشت ذرت (Corn growing season)				فصل کشت گندم (Wheat growing season)						
ماه Month	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May
دمای حداکثر Maximum temperature (^{0}C)	51.0	45.1	44.9	33.6	26.7	22.6	25.6	29.0	38.6	44.4
دمای حداقل Minimum temperature (^{0}C)	25.8	25.6	16.9	6.6	5.7	2.2	0.2	1.6	8.6	13.8
میانگین دمای روزانه Mean daily temperature (^{0}C)	38.3	35.3	30.8	21.8	15.7	13.6	13.3	17.7	23.8	28.4
بارندگی Rainfall (mm)	0	0	1.0	26.2	25.0	7.0	0.4	0.4	0	0.2
میانگین ساعات آفتابی Sunny hours (hours day^{-1})	10.7	10.3	8.2	7.6	4.8	6.0	7.1	5.4	8.1	8.5
میانگین رطوبت نسبی Relative humidity (٪)	27.6	33.6	43.0	52.6	74.6	69.5	64.8	54.5	40.1	32.2
تبخیر Evaporation (mm day^{-1})	17.6	12.7	7.6	4.0	1.6	1.5	2.3	3.0	5.2	8.7

جدول(۲) برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش.

Table (2) Some of physical and chemical properties of soil before starting the experiment.

شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	چگالی ظاهری Bulk density (g/cm^3)	هدایت هیدرولیکی Hydraulic conductivity (cm/h)	ماده آلی Organic mater (٪)
48	36	16	لومی	7.52	3.2	1.624	0.732	0.78

ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity (Cmol(p)/kg)	سدیم محلول Soluble Na (mg/kg)	کربنات کلسیم CCE (٪)	نیتروژن کل Total N (٪)	فسفر قابل جذب Available P (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg/kg)	آهن قابل جذب Available Fe (mg/kg)	روی قابل جذب Available Zn (mg/kg)	مس قابل جذب Available Cu (mg/kg)
10.5	8.1	25	0.1	9.0	230	4	0.9	0.6

جدول(۳) مشخصات تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در تناوب کشت ذرت-گندم.

Table (3) Experimental treatments used in the Corn-Wheat rotation

.

The first factor in the main plot: Tillage System	کرت اصلی: سامانه خاک‌ورزی
CT-CT: Conventional Tillage - Conventional Tillage	شخم متعارف – شخم متعارف
CT-ZT: Conventional Tillage - Zero Tillage	شخم متعارف – بدون شخم
ZT-CT: Zero Tillage - Conventional Tillage	بدون شخم – شخم متعارف
ZT-ZT: Zero Tillage - Zero Tillage	بدون شخم – بدون شخم
The second factor in subplots: Weed Control method	کرت‌های فرعی: روش کنترل علف‌های هرز
W_1: Control	کنترل
W_2: Post-emergence Nicosulfuron herbicide + hand weeded in corn cultivation and Post-emergence Metribuzin herbicide + hand weeded in wheat cultivation	نیکوسولفورون پس‌رویشی + ویجین دستی در کشت ذرت و متریبیوزین پس-رویشی + وجین دستی در کشت گندم
W_3: Pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in corn cultivation and Post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in wheat cultivation	آترازین پیش‌کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس رویشی + بوموکسینیل + ام‌سی‌پی پس‌رویشی در کشت گندم
W_4: Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in corn cultivation and Corn residues as a mulch + post-emergence Metribuzin herbicide in wheat cultivation	بقایای گندم به‌صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به‌صورت مالچ + متریبیوزین پس‌رویشی در کشت گندم
The third factor in subplots: Sampling depth	کرت‌های فرعی در فرعی: عمق نمونه‌برداری
D_1: 0-15 cm	۰-۱۵ سانتی‌متری
D_2: 15-30 cm	۱۵-۳۰ سانتی‌متری

عملیات آماده‌سازی زمین به‌منظور کشت ذرت در اواسط تیر ماه و کشت گندم در اواسط آذر ماه انجام شد و تاریخ‌های کشت به‌ترتیب ۱۵ مرداد ماه برای ذرت و ۲۲ آذر ماه برای گندم طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بود. ارقام مورد مطالعه شامل ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴ که رقمی میان‌رس بوده و گندم مهرگان بود. همچنین لازم به ذکر است که کشت قبلی آن در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ گندم بوده که در اواسط اردیبهشت‌ماه همان سال برداشت شد و با توصیه‌های انجام شده از آتش زدن کاه و کلش و همچنین قسمت‌های بدون خاک‌ورزی این زمین جلوگیری و بقایای آن در کشت ذرت جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت. در تیمارهای بدون شخم در تناوب ذرت و گندم هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی صورت نگرفت و عملیات کاشت به‌صورت کشت مستقیم انجام گردید. همچنین در تیمارهای شخم متعارف عملیات خاک‌ورزی به‌صورت روال (انجام شخم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و به‌منظور خردکردن کلوخه‌ها عملیات دیسک‌زنی دوبار عمود برهم) انجام شد. به‌منظور صرفه‌جویی و کاهش مصرف آب، افزایش کارایی بهره‌وری آب و همچنین کاهش علف‌های هرز مزرعه از سامانه آبیاری بارانی استفاده شد که با توجه به کم بودن فاصله مزرعه به رودخانه کرخه، تأمین دورهای آبیاری در تاریخ‌های مناسب و تعیین شده به‌طور مناسب انجام شد. در هر تکرار چهار کرت اصلی به فاصله دو متر از هم و ۱۲ کرت فرعی به فاصله یک متر و در مجموع ۴۸ کرت ایجاد شد. همچنین طول هر کرت ۶ متر و عرض آن ۴ متر (۲۴ متر مربع) در نظر گرفته شد. فاصله خطوط کاشت در کشت ذرت ۶۰ سانتی‌متر و در کشت گندم ۲۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت در کشت ذرت ۸۰ هزار بوته در هکتار و در کشت گندم ۳۵۰ هزار بوته در هکتار محاسبه و در هر کرت اجرا شد. کودهای پایه بر اساس آزمون خاک و به مقدار ۲۵۰، ۱۰۰، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

نیتروژن از منبع اوره، فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در کشت ذرت و ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منابع کودی ذکر شده در کشت گندم همزمان با کاشت به خاک اضافه شد. کود سرک اوره نیز در دو قسط ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با مراحل ۴ و ۸ برگی در مزارع ذرت و مراحل پنجه‌زنی و شکم‌پر (بولتینگ) در مزارع گندم اعمال شد. لازم به ذکر است که مقدار بقایای استفاده شده با در نظر گرفتن مقدار ماده‌آلی خاک (جدول ۲) و با توجه به زمان‌بر بودن تجزیه بقایای غلات همچون گندم و جو در طول فصل رشد در طی تناوب به میزان ۵ تن در هکتار بود که بعد از محاسبه برای کرت-های آزمایشی بلافاصله بعد از کاشت به‌صورت مالچ اعمال شد. تیمار علفکش‌های مورد نظر در زمان‌های ذکر شده (علفکش‌های پیش‌کاشت قبل از کاشت و علفکش‌های پس‌رویشی در مرحله ۴ برگی در مزارع ذرت و ابتدای مرحله پنجه‌زنی در مزارع گندم) به‌صورت کامل توسط سمپاش بادی پشتی با فشار دائم به حجم ۱۲ لیتر انجام شد. نوع نازل سم‌پاش نیز مخروطی و با طرح پاشش مخروط توپر و مقدار پاشش ۰/۱ لیتر در متر مربع بود.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

به‌منظور اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک ابتدا سه نمونه به‌صورت تصادفی از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه نمونه‌گیری خاک دست نخورده[1] به روش پیپر[2] (۴۲) تهیه شد، سپس چگالی ظاهری خاک با روش میشرا و اهامد[3] (۳۴) اندازه‌گیری شد. هدایت هیدرولیکی خاک با استفاده از نمونه‌های خاک مربوط به چگالی ظاهری با استفاده از روش میشرا و اهامد (۳۴) و مطابق با رابطه ۱ محاسبه شد.

1- Core sampler
2- Piper
3- Mishra and Ahamed

رابطه (۱) $$K = [Q \times L] / [H \times A \times T]$$

که در این رابطه K هدایت هیدرولیکی خاک بر حسب (cm/hr)، Q مقدار آب جمع‌آوری شده از نمونه بر حسب سی‌سی (cc)، L طول جریان یا طول نمونه بر حسب سانتی‌متر (cm)، H شعاع استوانه بر حسب سانتی-متر (cm)، A سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی‌متر مربع (cm^2) و T فاصله زمانی بر حسب دقیقه می‌باشد.

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار ماده‌آلی خاک در ابتدا کربن‌آلی خاک با استفاده از روش احتراق (اکسایش) (روش والکی بلک) اندازه‌گیری شد (۵۱). سپس درصد ماده‌آلی خاک از حاصل‌ضرب درصد کربن‌آلی در عدد ۱/۷۲ به دست آمد (۱۶). همچنین دیگر ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH با استفاده از دستگاه pH متر، مقدار نیتروژن کل به روش کجلدال (۴۳)، فسفر قابل تبادل به روش اولسن و همکاران[4] (۴۱)، پتاسیم قابل تبادل با استفاده از عصاره‌گیر NH_4OAc استخراج و سپس پتاسیم در عصاره (pH= 7.0) با استفاده از فلم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (۲۷).

پس از اطمینان از نرمال بودن باقی‌مانده داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (۴۵) تجزیه واریانس داده‌ها به‌وسیله‌ی نرم‌افزار SAS (v9.4) و به‌صورت مدل آزمایشی اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. ضمناً با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی برش‌دهی اثرات متقابل در سطح عمق نمونه‌برداری با استفاده از نرم‌افزار SAS (v9.4) صورت گرفت و مقایسه میانگین سطوح خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز و رتبه‌بندی آن‌ها در سطح عمق نمونه‌برداری به‌طور مجزا انجام شد (۴۸).

4- Olsen *et al.*

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در مورد صفات مورد بررسی نشان داد که برهمکنش سه‌گانه سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز × عمق نمونه‌برداری بر صفات چگالی ظاهری، هدایت هیدرولیکی، ماده آلی، فسفر و پتاسیم قابل تبادل معنی‌دار بود (جدول ۴). در مورد درصد نیتروژن کل خاک نیز اثرات اصلی سامانه خاک‌ورزی، روش کنترل علف‌های هرز، عمق نمونه‌برداری و نیز برهمکنش دوگانه سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز و سامانه خاک‌ورزی × عمق نمونه‌برداری معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در بررسی اثر اصلی سامانه خاک‌ورزی، روش کنترل علف‌های هرز و عمق نمونه‌برداری خاک نشان داد که کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک در سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف–شخم متعارف (CT-CT) با میانگین ۱/۴۸۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب (شکل ۱ الف)، تیمار بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییوزین در کشت گندم (W_4) با میانگین ۱/۵۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب (شکل ۱ ب) و عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک (D_1) با میانگین ۱/۵۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب (شکل ۱ ج) حاصل شد. همچنین در بررسی برهمکنش سه‌گانه تیمارهای مورد بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که کمترین مقدار این ویژگی در عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک در تیمار توام سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – بدون شخم (CT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییوزین در کشت گندم (W_4) با میانگین ۱/۳۹۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. در عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک نیز کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک از سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – شخم متعارف (CT-CT) و آترازین پیش-کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام‌سی‌پ پس-رویشی در کشت گندم (W_3) با میانگین ۱/۴۰۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب حاصل شد (جدول ۵).

در این رابطه آللتو و کوکویت[1] (۲) نشان دادند که افزایش عمق خاک‌ورزی با کاهش چگالی ظاهری خاک همراه است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. چگنی و همکاران[2] (۱۲) نیز در بررسی تاثیر نوع شخم و مدیریت بقایای گیاهی بر برخی خواص فیزیکی خاک نشان دادند که نوع سامانه خاک‌ورزی بر چگالی ظاهری خاک اثر معنی‌داری داشته به‌طوری‌که چگالی ظاهری خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی و حفظ بقایا در سطح زمین بیشتر از سایر تیمارها بود.

در مطالعه‌ای دیگر بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک در سامانه‌های خاک‌ورزی تحت تناوب ذرت - گندم مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این مطالعه نشان داد چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۳-۸ و ۱۳-۱۸ سانتی‌متری در روش بدون خاک‌ورزی بیشتر بود (۱۵). لقمانی و همکاران[3] (۳۱) نیز در بررسی تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی و کنترل علف‌هرز زراعت گندم در منطقه دزفول اظهار داشتند که جمعیت علف‌های هرز در تمامی سامانه‌های خاک‌ورزی که علفکش استفاده می‌شود، کاهش می‌یابد. اما در سامانه بدون شخم و بدون استفاده از علفکش افزایش جامعه آماری علف‌های هرز معنی‌دار بوده که این امر با تاثیر منفی بر تخلخل خاک و جمعیت ریزجانداران آن به‌صورت غیرمستقیم بر چگالی ظاهری و مقاومت مکانیکی خاک، مقدار اکسیژن، رطوبت قابل دسترس و نیز مقدار عناصر غذایی خاک تاثیر منفی خواهد داشت.

1- Alletto and Coquet
2- Chegeni *et al.*
3- Loghmani *et al.*

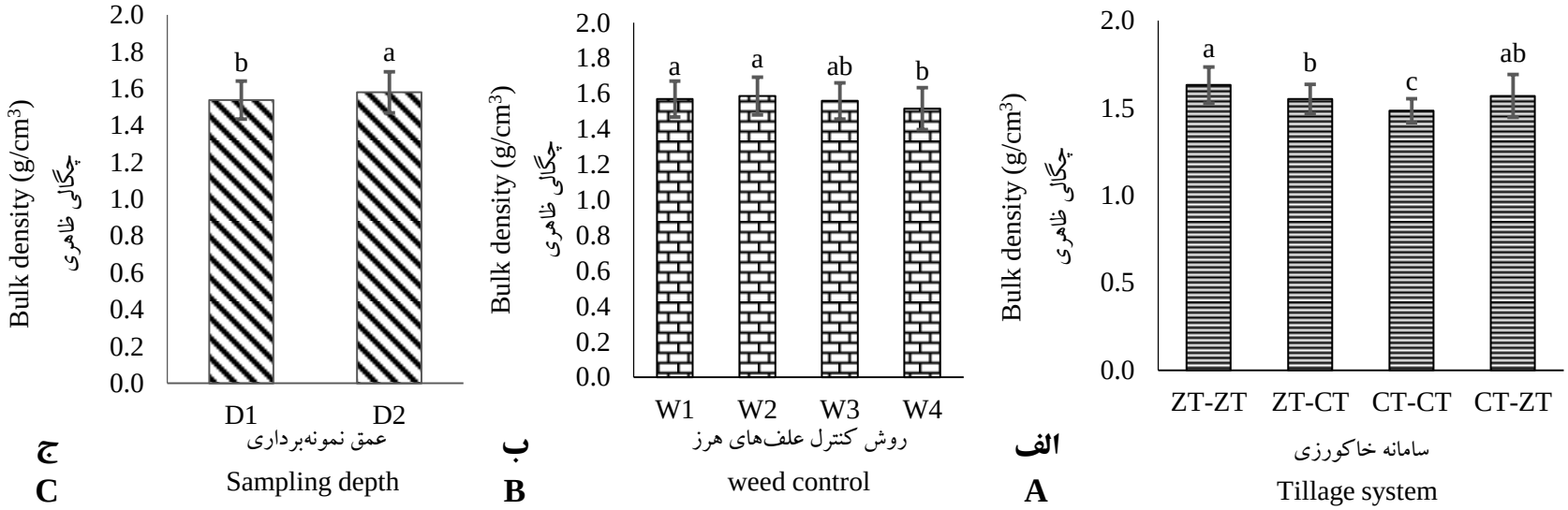
جدول(٤) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی، روش کنترل علف‌های هرز و عمق نمونه‌برداری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تناوب ذرت-گندم.

Table (4) Analysis of variance (mean squares) for the effect of tillage systems, weed control and sampling depth on some physical and chemical properties of soil in maize-wheat rotation.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean squares)						
		چگالی ظاهری Bulk density	هدایت هیدرولیکی Hydraulic conductivity (Ks)	ماده آلی Organic matter	نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر قابل تبادل Available phosphorus	پتاسیم قابل تبادل Available potassium	pH خاک
تکرار (Block)	2	0.0091	0.0026	0.0027	33.2	0.31	82.5	1.1122
سامانه خاک‌ورزی (Tillage system)	3	0.0881**	0.0760**	0.0445**	2850.7**	18.62**	954.8**	0.0041^{ns}
خطای اصلی Error (a)	6	0.0088	0.0030	0.0024	80.1	0.47	38.3	0.3868
روش کنترل علف‌های هرز (Weed control)	3	0.0220*	0.0305**	0.0451**	889.8**	2.61**	801.9**	0.0076^{ns}
عمق نمونه‌برداری (Sampling depth)	3	0.0430*	0.0669**	0.0072^{ns}	1689.2**	50.10**	11817.1**	0.0009^{ns}
سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز (Tillage system × Weed control)	9	0.0060^{ns}	0.0071*	0.0017^{ns}	232.7*	0.30^{ns}	96.5^{ns}	0.0024^{ns}
سامانه خاک‌ورزی × عمق نمونه‌برداری (Tillage system × Sampling depth)	3	0.0072^{ns}	0.0125*	0.3988**	753.1**	10.10**	706.0**	0.0061^{ns}
روش کنترل علف‌های هرز × عمق نمونه‌برداری (Weed control × Sampling depth)	3	0.0060^{ns}	0.0032^{ns}	0.0012^{ns}	19.2^{ns}	0.03^{ns}	43.8^{ns}	0.0028^{ns}
سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز× عمق نمونه‌برداری (Tillage system× Weed control× Sampling depth)	9	0.0196*	0.0077*	0.0090**	72.1^{ns}	0.46*	172.4*	0.0011^{ns}
خطا فرعی Error (b)	56	0.0074	0.0033	0.0027	91.4	0.20	80.6	0.2888
ضریب تغییرات **CV (%)**		5.5	7.1	11.3	9.9	4.3	4.4	7.2

ns، * و ** :به‌ترتیب غیرمعنی دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵٪

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل(۱) اثرات اصلی سامانه خاک‌ورزی (الف)، روش کنترل علف‌های هرز (ب) و عمق نمونه‌برداری (ج) بر تغییرات چگالی ظاهری خاک در تناوب ذرت-گندم. هر ستون نشان‌دهنده میانگین ۳ تکرار است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. میله‌های عمودی روی هر ستون (جایی که بزرگتر از نقاط باشد) انحراف استاندارد را در تکرارها نشان می‌دهند. ZT-ZT: بدون شخم-بدون شخم؛ ZT-CT: بدون شخم-شخم متعارف؛ CT-CT: شخم متعارف-شخم متعارف؛ CT-ZT: شخم متعارف-بدون شخم؛ W_1: کنترل؛ W_2: نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و متریبیوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم؛ W_3: آترازین پیش کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام سی پ پس‌رویشی در کشت گندم؛ W_4: بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم؛ D1: عمق ۰-۱۵ و D2: عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر.

Figure (1) Main effects of tillage system (A), weed control (B) and sampling depth (C) on bulk density of soil in maize-wheat rotation. Each column represents the mean of 3 replicates. Means within each column followed by the same letter are not significantly different, using Duncan multi-range test ($P \leq 0.05$). Vertical bars on each columns (where larger than the points) represent standard deviation within replicates ZT-ZT: Zero Tillage-Zero Tillage; ZT-CT: : Zero tillage-Conventional Tillage; CT-CT: Conventional Tillage-Conventional Tillage; CT-ZT: Conventional Tillage-Zero Tillage; W_1: Control; W_2: Post-emergence Nicosulfuron herbicide + hand weeded in cultivation of corn and post-emergence Metribuzin herbicide + hand weeded in cultivation of wheat; W_3: Pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in cultivation of corn and post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in cultivation of wheat; W_4: Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide; D1: 0-15 and D2: 15-30 Soil depth.

جدول(۵) برهمکنش سامانه‌های خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز × عمق نمونه‌برداری بر میانگین (± انحراف استاندارد) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تناوب ذرت-گندم (برش‌دهی اثرات متقابل در سطح عمق نمونه‌برداری).

Table (5) Tillage system × weed control × sampling depth interaction effects on mean (±SD) of some physical and chemical properties of soil in maize-wheat rotation (sliced by the each sampling depth level).

تیمارها (Treatments)			صفات (Traits)				
سامانه خاک‌ورزی Tillage system	روش کنترل علف‌های هرز Weed control	عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)	چگالی ظاهری Bulk density (g/cm^3)	هدایت هیدرولیکی Hydraulic conductivity (cm/h)	ماده آلی Organic matter (%)	فسفر قابل تبادل Available phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل تبادل Available potassium (mg/kg)
ZT-ZT	W_1	0-15	1.640±0.116a	0.725±0.083fg	0.720±0.087ab	12.85±0.97b	226.7±6.3abc
	W_2		1.540±0.126abc	0.795 ±0.073c-f	0.651±0.055bc	12.28±0.60bc	219.7 ±5.4b-f
	W_3		1.607±0.035ab	0.739±0.077efg	0.596±0.074cd	12.10±0.40bc	214.7 ±7.3c-g
	W_4		1.628±0.056a	0.700±0.057g	0.771±0.049a	13.96±0.51a	234.7±11.4a
ZT-CT	W_1		1.528±0.042abc	0.788 ±0.042c-f	0.270±0.029h	11.49±0.37c	188.3±10.7i
	W_2		1.533±0.090abc	0.830±0.022c	0.311±0.038gh	11.52±0.55c	210.1 ±6.5e-h
	W_3		1.462±0.063bc	0.755±0.046d-g	0.347±0.064gh	11.72±0.87c	212.7 ±10.7d-g
	W_4		1.531±0.048abc	0.814±0.041cd	0.385±0.063fg	11.98±0.10c	215.3 ±11.2c-g
CT-CT	W_1		1.503±0.022abc	0.832±0.052c	0.375±0.006fg	9.47±0.19fg	207.0±5.8fgh
	W_2		1.509±0.057abc	0.959±0.033ab	0.287±0.053h	9.15±0.39g	197.5±5.6hi
	W_3		1.506±0.029abc	0.994±0.007a	0.344±0.040gh	9.39±0.54fg	206.0±4.3gh
	W_4		1.428±0.103c	0.914±0.070b	0.382±0.020fg	9.57±0.69efg	216.1 ±8.2b-g
CT-ZT	W_1		1.594±0.029ab	0.808±0.039cde	0.528±0.053de	10.36±0.24de	225.1 ±11.3a-d
	W_2		1.599±0.058ab	0.839±0.026c	0.460±0.083ef	10.04±0.55def	221.2 ±2.2a-e
	W_3		1.597±0.087ab	0.919±0.023b	0.491±0.040e	10.16±0.19def	223.8 ±3.7a-d
	W_4		1.390±0.238c	0.816±0.029cd	0.577±0.024cd	10.64±0.23d	229.3±3.9ab
ZT-ZT	W_1	15-30	1.732±0.132a	0.697±0.017f	0.303±0.013f	9.95 ±0.38a-d	188.6±9.6bcd
	W_2		1.703±0.022a	0.770 ±0.099a-f	0.292±0.002f	9.78±0.54bcd	179.7±12.2d
	W_3		1.667±0.082ab	0.838±0.065abc	0.328±0.034ef	10.23±0.59ab	189.3±11.6bcd
	W_4		1.531±0.109cde	0.603±0.061g	0.366±0.075def	10.62±0.52a	209.0±9.2a
ZT-CT	W_1		1.557±0.045bcd	0.746±0.086def	0.619±0.059a	9.81±0.38bcd	190.3±8.0bcd
	W_2		1.665±0.107ab	0.846±0.004ab	0.510±0.008b	8.46±0.41f	183.6±6.5cd
	W_3		1.630 ±0.022a-d	0.779 ±0.053a-f	0.447±0.058bc	8.78±0.58ef	177.6±7.8d
	W_4		1.502±0.074de	0.705±0.089ef	0.640±0.079a	10.08±0.37abc	192.6 ±8.9a-d
CT-CT	W_1		1.503±0.049de	0.809 ±0.018a-d	0.435±0.035bcd	9.33±0.04de	193.6 ±9.1a-d
	W_2		1.510±0.107cde	0.760 ±0.043b-f	0.459±0.013bc	9.44±0.42cde	199.3±2.0abc
	W_3		1.400±0.069e	0.855±0.031a	0.476±0.073b	9.48±0.42cde	199.5±6.0abc
	W_4		1.508±0.020cde	0.810 ±0.045a-d	0.510±0.054b	9.60±0.34bcd	203.5±12.0ab
CT-ZT	W_1		1.506±0.097de	0.754 ±0.048c-f	0.491±0.011b	9.56±0.19bcd	200.4±7.6abc
	W_2		1.640±0.130abc	0.812 ±0.102a-d	0.440±0.030bcd	9.40±0.76cde	190.3±13.4bcd
	W_3		1.604 ±0.078a-d	0.805 ±0.086a-d	0.389±0.092cde	9.33±0.22de	192.6 ±11.2a-d
	W_4		1.614 ±0.032a-d	0.792 ±0.045a-e	0.513±0.034b	9.70±0.21bcd	203.2±12.6ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و در سطح هر عمق بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند.

Means within each column and the each sampling depth level followed by the same letter are not significantly different, using Duncan multi-range test ($P \leq 0.05$).

ZT-ZT: بدون شخم-بدون شخم؛ ZT-CT: بدون شخم-شخم متعارف؛ CT-CT: شخم متعارف-شخم متعارف؛ CT-ZT: شخم متعارف-بدون شخم؛ W_1: کنترل؛ W_2: نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و متریبوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم؛ W_3: آترازین پیش کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام سی پ پس رویشی در کشت گندم؛ W_4: بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبوزین در کشت گندم.

ZT-ZT: Zero Tillage-Zero Tillage; ZT-CT: : Zero tillage-Conventional Tillage; CT-CT: Conventional Tillage-Conventional Tillage; CT-ZT: Conventional Tillage-Zero Tillage; W_1: Control; W_2: Post-emergence Nicosulfuron herbicide + hand weeded in cultivation of corn and post-emergence Metribuzin herbicide + hand weeded in cultivation of wheat; W_3: Pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in cultivation of corn and post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in cultivation of wheat; W_4: Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide.

در ادامه نتایج حاکی از آن بود که بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی در هردو لایه سطحی و زیرین خاک تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – شخم متعارف (CT-CT) و آترازین پیش‌کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + امسی‌پ پس‌رویشی در کشت گندم (W_3) (به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۹۹۴ سانتی‌متر بر ساعت در عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر و ۰/۸۵۵ سانتی‌متر بر ساعت در عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین مقدار این ویژگی نیز در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم (W_4) با میانگین ۰/۷۰۰ سانتی‌متر بر ساعت و در لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه بدون شخم – بدون شخم و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم (W_4) با میانگین ۰/۶۰۳ سانتی‌متر بر ساعت حاصل شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که سبک بودن خاک سطحی نسبت به لایه‌های زیرین خاک و پیرو آن کاهش تخلخل خاک سطحی دلیل اصلی بیشتر بودن هدایت هیدرولیکی در عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متری نسبت به دیگر عمق نمونه‌برداری مورد مطالعه می‌باشد. شخم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به دلیل شکستن حفرات درشت و فشرده کردن حفرات ریز، نفوذ آب به خاک را کاهش داده و از این طریق بر هدایت هیدرولیکی خاک تاثیر می‌گذارد (۳۰). بنا به نظر محققان هدایت هیدرولیکی خاک در توجیه فرآیند حرکت آب و املاح در خاک موثر بوده و به‌طور طبیعی در آستانه اشباع شدن خاک از آب در بیشترین مقدار خود قرار دارد (۳۳).

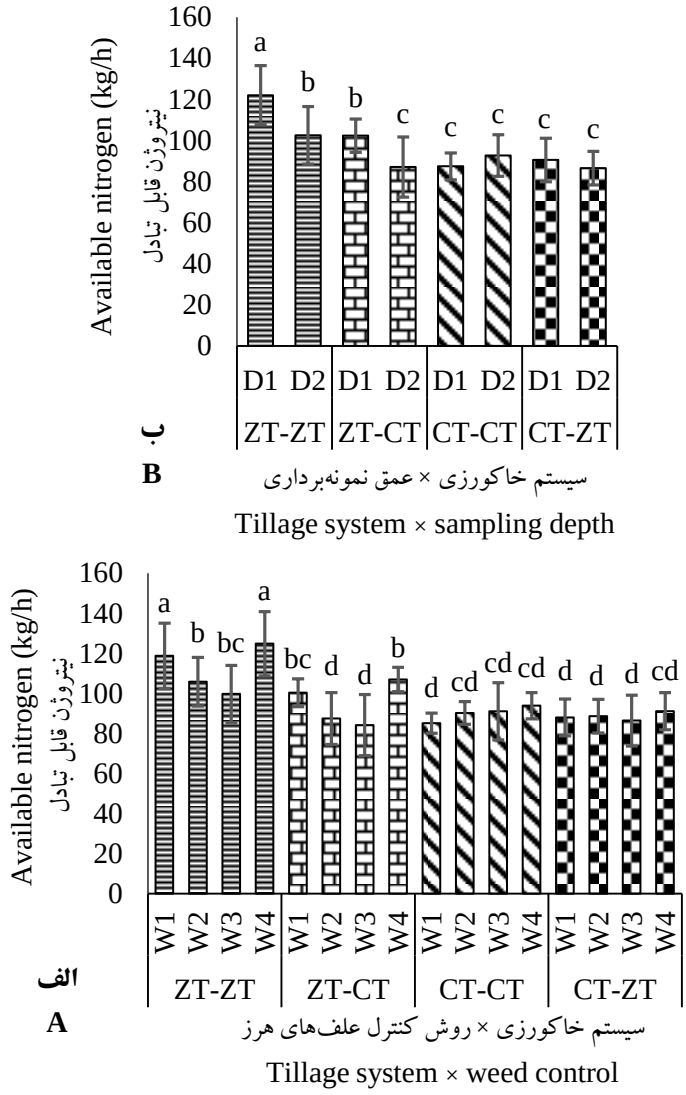
در این رابطه اثر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک توسط پژوهشگران دیگر نیز به اثبات رسیده است (۲ و ۲۶). همچنین نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که برگرداندن بقایای گیاهی به خاک سبب بهبود نفوذپذیری آب به خاک می‌شود (۲۹). در سامانه خاک‌ورزی بدون شخم پایداری خاکدانه‌ها و شدت نفوذ آب به خاک بیشتر از روش شخم متعارف است، همچنین حفرات درشت ناشی از فعالیت‌های موجودات زنده در سامانه بدون خاک-ورزی بیشتر از شرایط شخم سنتی بود (۳ و ۱۸). در ارتباط با تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و بقایای گیاهی نتایج متناقضی توسط پژوهشگران گزارش شده است (۵ و ۱۰). از طرفی رینولد و همکاران[1] (۳۸) گزارش کردند هدایت هیدرولیکی در خاک لومی رسی سیلتی در سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف بیشتر از سامانه خاک‌ورزی بدون شخم بوده در حالی‌که در یک خاک شنی با مقدار بقایای گیاهی کم نتایج کاملاً برعکس بود. همچنین بنا بر نتایج پژوهش حاضر میزان کربن‌آلی و ماده‌آلی خاک سطحی از خاک عمقی بیشتر بود که همین امر نیز به افزایش هدایت هیدرولیکی خاک سطحی منجر شده است. این نتیجه با نتایج نمز و همکاران[2] (۳۸) همخوانی دارد.

بر اساس نتایج مشخص شد که بیشترین مقدار ماده‌آلی (با میانگین ۰/۷۷۱ درصد) در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه خاک-ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم (W_4) با ۰/۰۵۱ درصد افزایش نسبت به همین سامانه خاک‌ورزی و تیمار شاهد مدیریت علف‌های هرز (W_1) به‌دست آمد. در لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) نیز بیشترین مقدار ماده‌آلی

1- Reynolds *et al.*
2- Nemes *et al.*

(با میانگین ۰/۶۴۰ درصد) در تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف (ZT-CT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم (W_4) مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با همین تیمار سامانه خاک‌ورزی و شاهد مدیریت علف‌های هرز (W_1) با میانگین ۰/۶۱۹ درصد نداشت. کمترین مقدار این ویژگی در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) تحت تیمار شخم متعارف – شخم متعارف (CT-CT) و نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و متریبیوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم (W_2) با میانگین‌های ۰/۲۸۷ درصد بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف (ZT-CT) و شاهد مدیریت علف‌های هرز (W_1) با میانگین ۰/۲۷۰ درصد به‌دست آمد. در لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) نیز کمترین مقدار این ویژگی تحت سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و تیمارهای شاهد مدیریت علف‌های هرز (W_1) و نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و متریبیوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم (W_2) با میانگین‌های ۰/۳۰۳ و ۰/۲۹۲ درصد حاصل شد (جدول ۵). در سامانه خاک‌ورزی متعارف به دلیل اکسایش موادآلی ناشی از زیر و رو شدن خاک در نتیجه عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار و نیز تردد بیش از حد ماشین‌آلات که موجب فشرده شدن خاک می‌شود، تخریب ساختمان خاک، کاهش منافذ خاک و در نهایت کاهش موادآلی خاک دور از انتظار نیست. باقی نگه‌داشتن بقایا در سطح خاک و کاهش خاک‌ورزی به افزایش مقدار موادآلی خاک منجر می‌شود (۱۲). در سامانه‌های خاک‌ورزی بدون شخم به دلیل بازگشت بقایای گیاهای به افق‌های سطحی خاک، افزایش مقدار موادآلی مشاهده می‌شود، در حالی که در سامانه‌های خاک‌ورزی شخم متعارف به‌هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و زودتر بقایای گیاهی شده که در نتیجه کاهش مقدار موادآلی را به همراه خواهد داشت (۶). در این رابطه محققان در پژوهش‌های خود در طی یازده سال در ایالت اوهایو کشور آمریکا دریافتند که حفظ بقایای گیاهی غلات به‌عنوان مالچ در سامانه بدون خاک‌ورزی با افزایش تخلخل کل خاک سبب افزایش مقدار آب قابل استفاده گیاه، ماده‌آلی و در نهایت بهبود ساختمان خاک می‌شود (۳۷). در حالی که متفاوت با نتایج تحقیق حاضر چگنی و همکاران (۱۲) گزارش دادند که در صورت باقی گذاشتن بقایا در سطح خاک، نوع سامانه خاک‌ورزی بر درصد موادآلی در خاک تاثیر معنی‌داری ندارد.

از نظر نیتروژن کل خاک نتایج برهمکنش سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز نشان داد که بیشترین مقدار این ویژگی در تیمار توام سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبیوزین در کشت گندم (W_4) با میانگین ۱۲۴/۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین مقدار این ویژگی نیز در تیمار سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – بدون شخم (ZT-CT) و آترازین پیش‌کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام‌سی‌پ پس‌رویشی در کشت گندم (W_3) با میانگین ۸۴/۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۲ الف).



شکل(۲) برهمکنش‌های سامانه خاک‌ورزی × روش کنترل علف‌های هرز (الف) و سامانه خاک‌ورزی × عمق نمونه‌برداری (ب) بر تغییرات نیتروژن خاک در تناوب ذرت-گندم. هر ستون نشان‌دهنده میانگین ۳ تکرار است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. میله‌های عمودی روی هر ستون (جایی که بزرگتر از نقاط باشد) انحراف استاندارد را در تکرارها نشان می‌دهند. ZT-ZT: بدون شخم-بدون شخم؛ ZT-CT: بدون شخم-شخم متعارف؛ CT-CT: شخم متعارف-شخم متعارف؛ CT-ZT: شخم متعارف-بدون شخم؛ W_1: کنترل؛ W_2: نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و متریبوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم؛ W_3: آترازین پیش کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام سی پ پس‌رویشی در کشت گندم؛ W_4: بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + متریبوزین در کشت گندم؛ D1: عمق ۰-۱۵ و D2: عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر.

Figure (۲) Tillage system × sampling depth (A) and tillage system × weed control (B) interaction effects on available nitrogen of soil in maize-wheat rotation. Each column represents the mean of 3 replicates. Means within each column followed by the same letter are not significantly different, using Duncan multi-range test ($P \leq 0.05$). Vertical bars on each columns (where larger than the points) represent standard deviation within replicates ZT-ZT: Zero Tillage-Zero Tillage; ZT-CT: : Zero tillage-Conventional Tillage; CT-CT: Conventional Tillage-Conventional Tillage; CT-ZT: Conventional Tillage-Zero Tillage; W_1: Control; W_2: Post-emergence Nicosulfuron herbicide + hand weeded in cultivation of corn and post-emergence Metribuzin herbicide + hand weeded in cultivation of wheat; W_3: Pre-emergence Atrazine + post-emergence Nicosulfuron herbicides in cultivation of corn and post-emergence Clodinafop + post-emergence Bromoxynil+MCPA herbicides in cultivation of wheat; W_4: Wheat residues as a mulch + post-emergence Nicosulfuron herbicide in cultivation of corn and corn residues as a mulch + Metribuzin herbicide; D1: 0-15 and D2: 15-30 Soil depth.

نتایج برهمکنش سامانه خاک‌ورزی × عمق نمونه-برداری نیز در مورد این ویژگی حاکی از آن بود که تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) با میانگین ۱۲۲/۰ کیلوگرم در هکتار و با ۴۰/۱ درصد افزایش نسبت به تیمار سامانه‌های خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف (ZT-CT) و لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر، با میانگین ۸۷/۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین مقدار نیتروژن قابل تبادل خاک را نشان داد (شکل ۲ ب). پایین بودن نیتروژن قابل تبادل خاک در سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف به احتمال زیاد به دلیل هدررفت آن توسط فرآیندهای نیترات‌زدایی، آبشویی و تصعید آمونیوم است. در بررسی حاضر با توجه به آنکه در تیمار خاک‌ورزی بدون شخم حفظ بقایا در سطح خاک به همراه کاربرد علفکش‌ها در تناوب ذرت و گندم سبب آزادسازی تدریجی نیتروژن خصوصاً در لایه سطحی خاک (عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر) شده که این امر می-تواند موجب افزایش بهره‌وری و کارایی این عنصر در خاک و بهبود عملکرد این گیاهان در تناوب شود. در این رابطه هوشمندی و همکاران[1] (۲۳) در بررسی اثر روش-های خاک‌ورزی و مقادیر مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن گیاه گندم در تناوب با ذرت اظهار داشتند که با توجه به محدودیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که در مناطق جنوبی کشور تحت عملیات خاک‌ورزی رایج منجر به تشدید کاهش ماده‌آلی خاک شده است، تلفیق مدیریت خاک‌ورزی همراه با حفظ بقایا در سطح خاک می‌تواند تاثیر به‌سزایی در تولید محصول، بهره‌وری پایدار و بهبود کارآیی این عنصر (نیتروژن) در خاک داشته باشد. در پژوهشی دیگر نیز که در رابطه با اثر نوع خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر مقدار نیتروژن و جمعیت میکروبی خاک در مزرعه‌ی گندم انجام شد، روند تغییرات نیتروژن خاک با تغییرات محتوای رطوبت خاک، که بر تجزیه‌ی میکروبی مؤثر است، منطبق بود، همچنین مقدار نیتروژن خاک با سامانه خاک‌ورزی همبستگی داشت که علت آن نیز تاثیر مقدار تخریب خاک بر سرعت معدنی شدن عناصر غذایی بیان شده است (۲۵). دیگر محققان نیز اظهار داشتند که خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند سبب بهبود میزان ماده‌آلی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی همچون نیتروژن در خاک شود (۲۱) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

در ادامه نتایج حاکی از آن بود که بیشترین مقدار فسفر قابل تبادل در هردو لایه سطحی و زیرین خاک تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییوزین در کشت گندم (W_4) (به-ترتیب با میانگین‌های ۱۳/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر و ۱۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین مقدار این ویژگی نیز در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – شخم متعارف (CT-CT) و نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و مترییوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم (W_2) با میانگین ۹/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف و نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و مترییوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم (W_2) با میانگین ۸/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد (جدول ۵). بلیونز[2] (۸) اظهار داشت در انتهای یک دوره ۱۰ ساله مقدار فسفر قابل تبادل خاک در اثر برگرداندن بقایای گیاهی ذرت نسبت به خروج آن افزایش یافت.

1- Hooshmandi *et al.*

2- Blevins

همچنین دیگر محققان (۱۱) نیز در بررسی تاثیر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر ویژگی‌های خاک و عملکرد آفتابگردان در تناوب کشت دوگانه این گیاهان گزارش کردند که مدیریت بقایای گیاهی گندم به‌طور معنی‌داری بر مقدار فسفر قابل تبادل خاک اثر گذاشت.

در رابطه با مقدار پتاسیم قابل تبادل خاک نیز نتایج نشان داد که بیشترین مقدار این عنصر در هردو لایه سطحی و زیرین خاک تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییبوزین در کشت گندم (W_4) (به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۳۴/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر و ۲۰۹/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین مقدار این ویژگی نیز در لایه سطحی خاک (عمق نمونه‌برداری ۱۵-۰ سانتی‌متر) تحت سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف (ZT-CT) و تیمار شاهد کنترل علف‌های هرز (W_1) با میانگین ۱۸۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در لایه زیرین خاک (عمق نمونه‌برداری ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) تحت تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – شخم متعارف و نیکوسولفورون پس‌رویشی + وجین دستی در کشت ذرت و مترییبوزین پس‌رویشی + وجین دستی در کشت گندم (W_2) با میانگین ۱۷۷/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با تیمار توام سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و شاهد کنترل علف‌های هرز (W_1) با میانگین ۱۷۹/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در این عمق نمونه‌برداری نداشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی افزایش فسفر و پتاسیم قابل تبادل خاک در تیمار سامانه خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم (ZT-ZT) و بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییبوزین در کشت گندم (W_4) برگشت عناصر موجود در بقایا به خاک می‌باشد. به‌طور طبیعی مدت زمان طولانی به‌منظور تجزیه بقایای گیاهی گندم و ذرت در طی تناوب این گیاهان و آزادسازی عناصر آن‌ها به‌واسطه انجام فعالیت‌های بیولوژیک ریزجانداران خاک لازم است. افزایش فسفر و پتاسیم قابل تبادل خاک خصوصاً در ابتدای دوره رشد موجب توسعه مناسب ریشه‌های گیاه شده و این امر منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی، آب و تولید گیاهان قوی و نهایتاً بهبود عملکرد می‌شود. در پژوهش حاضر دلایل متعددی همچون کاهش رقابت گیاهان در نتیجه کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی نیکوسولفورون در کشت ذرت و مترییبوزین در کشت گندم و در نتیجه کنترل مناسب علف‌های هرز در ابتدای رشد این گیاهان منجر به بهبود دسترسی ریشه آن‌ها به عناصر غذایی همچون فسفر و پتاسیم شده که در نتیجه آن گیاه با تولید ریشه‌های طویل‌تر با توجه به نقش عنصر فسفر در توسعه ریشه و نقش پتاسیم در استحکام آن، سریع‌تر رشد کرده و با توسعه سایه‌انداز از رشد دیگر گیاهان هرز در مراحل بعدی رشد ممانعت نمود. در این رابطه محققان اظهار داشتند هرچند که پتاسیم در توسعه اولیه گیاهان نقش چندانی ندارد اما مقدار پتاسیم در تیمار برگشت بقایا طی یک دوره ۱۰ ساله تناوب گندم دیم منجر به افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم خاک شد (۱۴). محققان دلیل این امر را افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک و افزایش ترشحات قارچ‌ها و باکتری‌ها عنوان نمودند (۱۱).

در رابطه با مقدار pH خاک نتایج حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار تیمارهای مورد مطالعه بر این ویژگی بود (جدول ۴). pH خاک تاثیر مهمی بر تغییر کیفیت، مدت زمان بهره‌برداری اقتصادی اراضی و قابلیت جذب عناصر توسط گیاه دارد. لذا حفظ pH خاک در محدوده‌ای که ریشه گیاه قابلیت جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر ضروری که در رشد و توسعه گیاه موثر هستند، از مهم‌ترین نکات در توسعه پایدار تناوب‌های زراعی، مدیریت بقایا و کنترل

علف‌های هرز می‌باشد. در این راستا محققان اظهار داشتند که برگرداندن بقایای گیاهی سبب حفظ تعادل pH خاک می‌شود و از نوسانات و تغییرات pH جلوگیری می‌کند که دلیلی اصلی این پدیده افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک است (۱). آن‌ها همچنین بیان نمودند که خروج بقایا از زمین به مرور زمان سبب کاهش pH خاک می‌گردد به‌ویژه هنگامی که از کودهای شیمیایی اسیدزا همچون اوره استفاده می‌شود که دلیل آن خروج تدریجی عناصر غذایی موجود در بقایا از مزرعه و عدم جایگزینی آن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اجرای سامانه خاک‌ورزی شخم متعارف – بدون شخم و مدیریت علف‌های هرز خصوصاً در تیمار بقایای گندم به صورت مالچ + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و بقایای ذرت به صورت مالچ + مترییوزین در کشت گندم و سامانه خاکورزی شخم متعارف–شخم متعارف تحت تیمار کنترل علف‌های هرز آترازین پیش کاشت + نیکوسولفورون پس‌رویشی در کشت ذرت و کلودینافوپ پس‌رویشی + بوموکسینیل + ام سی پ پس‌رویشی در کشت گندم در کوتاه‌مدت و طی یک فصل زراعی اثرات سودمندتری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی خاک به‌خصوص در لایه سطحی خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر) داشت که در بعضی موارد این افزایش حتی از تیمارهای خاک‌ورزی بدون شخم – بدون شخم و بدون شخم– شخم متعارف و دیگر تیمارهای مدیریت علف‌های هرز خصوصاً در لایه زیرین خاک (عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری) بیشتر بود. بنابراین می‌توان اظهار نظر و توصیه کرد که اجرای این سامانه‌های خاک‌ورزی قادر است به بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک همچون چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی منجر شده که این امر باعث افزایش بهره‌وری این عناصر در تناوب ذرت–گندم می‌شود. همچنین می‌توان چنین استنباط کرد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون استان خوزستان کاربرد بقایای گیاهی در تناوب به همراه روش‌های کنترل علف‌هرز تلفیقی موجب افزایش هرچه بیشتر عملکرد از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گردد.

References

1. Alberta, E. 1995. Stubble burning. Columbia basin agricultural research. Annual Report. Bogota, Colombia. 105- 109.

2. Alletto, L., and Coquet, Y. 2009. Temporal and spatial variability of soil bulk density and near-saturated hydraulic conductivity under two contrasted tillage management systems. Geoderma, 152(1-2): 85-94.

3. Alvarez, R., and Steinbach, H. S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research, 104(1): 1-15.

4. Asadi, A., Yahyaabadi, M., and Taki, O. 2011. The effect of conventional and conservation tillage on forage corn yield in a barley-corn rotation. Journal of Agricultural Engineering Research, 12(1): 83-96. (In Persian with English abstract).

5. Azooz, R. H., Arshad, M. A., and Franzluebbers, A. J. 1996. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Northwestern Canada. Soil Science Society of America Journal, 60(4): 1197-1201.

6. Bahari, L. 2010. Efficacy possibility of tank-mix application of two herbicides Nicosulfuron and Bromoxynil + MCPA – to improve the management of weeds of maize fields. Iranian Journal of Ecological Weed, 2(1): 57-69. (In Persian with English abstract).

7. Barzegar, A. R., Hashemi, A. M., Herbert, S. J., and Asoodar, M. A. 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content on aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols in southwest Iran. Soil and Tillage Research, 78(1): 45-52.

8. Blevins, R. L., Thomas, G. W., Smith, M. S., Frye, W. W., & Cornelius, P. L. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. Soil and Tillage Research, 3(2), 135-146.

9. Bougari, E., Asoodar, M. A., Marzban, A., and Kazemi, N. 2020. Investigating water use efficiency, energy productivity, economic and yield under different wheat-maize cropping system in the north of khuzestan province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(4): 295-310. (In Persian with English abstract).

10. Castellini, M., and Ventrella, D. 2012. Impact of conventional and minimum tillage on soil hydraulic conductivity in typical cropping system in Southern Italy. Soil and Tillage Research, 124: 47-56.

11. Chaichi, M. R., Farhoodi, R., Majnoun Hosseini, N., and Savaghebi, G, R. 2008. Effect of wheat residue management on soil properties and on sunflower yield in double cropping system. Iranian Journal of Field Crop Science. 39(1): 11-21. (In Persian with English abstract).

12. Chegeni, M., Ansari-Dust, S. H., and Eskandari, H. 2014. Effect of tillage methods and residuals management on some physical properties of soil to achieve sustainable agriculture. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(2): 31-40. (In Persian with English abstract).

13. Dong, W., Hu, C., Chen, S., and Zhang, Y. 2009. Tillage and residue management effects on soil carbon and CO_2 emission in a wheat–corn double-cropping system. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 83(1): 27-37.

14. Doran, J. W. 1996. Soil Health and sustainability. Advances in Agronomy, 56, 1-54.

15. Fabrizzi, K. P., Moron, A., and García, F. O. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. Soil Science Society of America Journal, 67(6): 1831-1841.

16. Fakheri, M., Ahmadi Nadoushan, M., and Chavoshie, E. 2020. Estimating soil organic matter in semirom area by using satellite images. Iranian Journal of Soil Research, 33(4): 511-524. (In Persian with English abstract).

17. Fallah Nosratabad, A. R., and Shariati, S. 2022. Investigating the combined application of different levels of triple superphosphate and native phosphate-solubilizing Pseudomonas bacteria on growth indices of maize. Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization (Scientific Journal of Agriculture), 44(4): 463-483. (In Persian with English abstract).

18. Fan, R., Zhang, X., Yang, X., Liang, A., Jia, S., and Chen, X. 2013. Effects of tillage management on infiltration and preferential flow in a black soil, Northeast China. Chinese Geographical Science, 23(3): 312-320.

19. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. The state of world plant production. Available from: http://www.fao.org/statistics/en. Accessed Jan 23, 2019.

20. Farhoudi, R., and Hamze, M. 2018. Effect of tank mixing herbicides on Mung Bean (*Vigna radiate*) grain yield and weed control at North Khuzestan climatic condition. Iranian Journal Pulses Research, 9(2): 151-165. (In Persian with English abstract).

21. Habtegebrial, K., Singh, B. R., and Haile, M. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) and soil properties. Soil and Tillage Research, 94(1): 55-63.

22. Hernanz, J. L., López, R., Navarrete, L., and Sanchez-Giron, V. 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. Soil and Tillage Research, 66(2): 129-141.

23. Hooshmandi, H., Mirzavand, J., and Zare, M. 2021. Effect of tillage practices and nitrogen rates on nitrogen use efficiency and nitrogen nutrition index of wheat in a calcareous soil (case study: Zarghan Region, Fars Province). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(1): 239-257. (In Persian with English abstract).

24. Hosseini-kia, S. H., Momeni Damane, J., Hadizadeh, M. H., Bazoobandi, M., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2019. Efficacy of some sulfonylurea herbicides for weed control of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Sarakhs province. Journal of Plant Ecophysiology, 10(35): 10-18. (In Persian with English abstract).

25. Hoyle, F. C., and Murphy, D. V. 2011. Influence of organic residues and soil incorporation on temporal measures of microbial biomass and plant available nitrogen. Plant and Soil, 347(1): 53-64.

26. Jabro, J. D., Stevens, W. B., Evans, R. G., and Iversen, W. M. 2009. Tillage effects on physical properties in two soils of the Northern Great Plains. Applied Engineering in Agriculture, 25: 377-382.

27. Jackson, M. L. 1967. "Soil chemical analysis" Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 498.

28. Kargar, M., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H., and Rastgoo, M. 2016. Feasibility sulfonylurea herbicide mixture with auxin-type for broadleaved weeds control in wheat (*Triticum aestivum*). Applied Field Crops Research, 29(3): 37-49. (In Persian with English abstract).

29. Lal, R. 2009. Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. Soil and Tillage Research, 102(2): 233-241.

30. Licht, M. A., and Al-Kaisi, M. 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. Soil and Tillage Research, 80(1-2): 233-249.

31. Loghmani, A., Asudar, M. A., Nooriani, H., and Abravesh, A. 2009. Investigation of the effect of tillage systems and weed control on wheat yield in Dezful region. Crop Physiology Journal, 1(4): 99-109. (In Persian with English abstract).

32. Mir, S. A. 2008. A rapid technique for determination of nitrate and nitric acid by acid reduction and diazotization at elevated temperature. Analytica Chimica Acta, 620(1-2): 183-189.

33. Mirzavand, J., Moosavi, S. A. A, Sameni, A. M., Afzalinia, S., Karimian, N. A. 2016. Effects of soil tillage systems and plant residue management on unsaturated hydraulic conductivity of soil in wheat-corn rotation. Journal of Water and Soil Conservation, 23(3): 131-150. (In Persian with English abstract).

34. Misra, R. D., and Ahmed, M. 1987. Manual on irrigation agronomy. Oxford and IBH Publication Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.

35. Monsefi, A., and Behera, U. K. 2014. Effect of tillage and weed-management options on productivity, energy-use efficiency and economics of soybean (*Glycine max*). Indian Journal of Agronomy, 59(3): 481-484.

36. Monsefi, A., Sharma, A. R., and Rang Zan, N. 2016. Tillage, crop establishment, and weed management for improving productivity, nutrient uptake, and soil physico-chemical properties in soybean-wheat cropping system. Journal of Agricultural Science and Technology, 18(2): 411-421.

37. Mulumba, L. N., and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. Soil and Tillage Research, 98(1): 106-111.

38. Nemes, A., Rawls, W. J., and Pachepsky, Y. A. 2005. Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, 69(4): 1330-1337.

39. Neugschwandtner, R. W., Liebhard, P., Kaul, H. P., and Wagentristl, H. 2014. Soil chemical properties as affected by tillage and crop rotation in a long-term field experiment. Plant, Soil and Environment, 60(2): 57-62.

40. Noraftab, R., Monsefi, A., Rahnama Ghahfarokhi, A., and Ayneband, A. 2021. Effect of conservation tillage and integrated weed management on yield, energy consumption and profitability of wheat in Khuzestan. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(2): 57-73. (In Persian with English abstract).

41. Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agric. Circ. 939, Washington, DC.

42. Piper, C.S. 1950. Soil and Plant Analysis. Inter Science Publisher, Inc. New York. pp. 368.

43. Prasad, R., Shivay, Y. S., Kumar, D., and Sharma, S. N. 2006. Learning by doing exercises in soil fertility (A practical manual for soil fertility). Division of Agronomy, IARI, New Delhi, 68 Pp.

44. Reynolds, W. D., Gregorich, E. G., and Curnoe, W. E. 1995. Characterisation of water transmission properties in tilled and untilled soils using tension infiltrometers. Soil and Tillage Research, 33(2): 117-131.

45. Santana, D. G. D., Carvalho, F. J., Toorop, P. 2018. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? Acta Botanica Brasilica, 32: 271-278.

46. Sayfzadeh, S., Norouzi, J., Eradatmand Asli, D., Zakerin, H. R., Hadidi Masouleh, I., and Yousefi, M. 2022. Effect of nitrogen fertilizer splitting on eco-physiological traits of two Maize cultivars under normal irrigation and stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32(1): 115-132. (In Persian with English abstract).

47. Sodaeizadeh, H., Advin, S., Hakimi, M. H., Hakimzadeh, M. A., and Hooshmandzadeh, F. 2019. The effect of crop rotation on some soil properties in dry lands (case study Roknabad Maybod). Journal of Environmental Science Studies, 4(4): 2056-2062. (In Persian with English abstract).

48. Soltani, A., 2007. Application of SAS in statistical analysis. Jehad-e-Daneshgahi Mashhad Press (2nd ed.) 182p. (In Persian with English abstract).

49. Telischi, F., Lorzade, S., and Pourazar, R. 2015. The possibility of tank-mixed application of herbicide Bromicide with new Sulfonylurea herbicides. 6th Iranian Weed Science Conference, Sep. 1-3, Birjand, Iran, 1080-1085 Pp. (In Persian with English abstract).

50. Vian, J. F., Peigné, J., Chaussod, R., and Roger-Estrade, J. 2009. Effects of four tillage systems on soil structure and soil microbial biomass in organic farming. Soil Use and Management, 25(1): 1-10.

51. Walkley, A., and 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): 29-38.

52. Zare Feizabadi, A., and Nouri Hoseini, M. 2013. Study on the variations of organic carbon and some nutrients in soil in wheat based rotations. Iranian Journal of Soil Research, 27(4): 629-643. (In Persian).

© 2022 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)