اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز در یک خاک آهکی

جهانبخش میرزاوند[1] و هادی اسدی رحمانی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران؛ **j.mirzavand@areeo.ac.ir**

دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ **hasadi@areeo.ac.ir**

دریافت: **98/9/6** و پذیرش: **99/2/15**

چکیده

حفظ بقایا و کاهش دفعات شخم در خاک، راهکاری مناسب در جهت حفظ و بهبود کیفیت خاک می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز یک خاک آهکی در تناوب گندم-ذرت در سال 96-1395 و 97-1396 اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خُرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در زرقان استان فارس انجام شد. تیمارها شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی رایج، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) به عنوان فاکتور اصلی و مدیریت بقایا در دو سطح (حفظ 30 درصد بقایا و حذف تمام بقایا) به عنوان فاکتور فرعی بود. نتایج نشان داد اثر روش‌های خاک‌ورزی و بقایا بر فشردگی، ماده آلی و فعالیت‌های آنزیمی خاک معنی‌دار بود. در شرایط حذف بقایا، همواره بیشترین فشردگی خاک در عمق سطحی (0-10 cm) در سامانه بی‌خاک‌ورزی و با افزایش عمق (10-20 cm) در سامانه خاک‌ورزی رایج حاصل شد. درمقابل، بیشترین ماده آلی خاک در هر دو محصول در سامانه کم‌خاکورزی و حفظ 30 درصد بقایا مشاهده شد. کمترین میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی در گندم ($917/00\ \mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و ذرت ($443/00\ \mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا فراهم شد. بیشترین میزان آنزیم فسفاتاز اسیدی در گندم ($442/65\ \mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و سپس در ذرت ($374/17\ \mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) با انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی و حفظ 30 درصد بقایا به دست آمد، اما، در سامانه بی‌خاک‌ورزی بیشترین فعالیت آنزیم اوره‌آز در کشت ذرت ($198/33\ \mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و سپس در کشت گندم ($181/67\ \mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) مشاهده شد. بنابراین، در یک خاک آهکی اتخاذ عملیات کم‌خاک‌ورزی و باقی گذاشتن 30 درصد بقایای گیاهی جهت کاهش فشردگی، افزایش ماده آلی و بهبود فعالیت‌های آنزیمی خاک در تناوب گندم-ذرت پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم اوره‌آز، فسفاتاز اسیدی، فسفاتاز قلیایی، کم‌خاک‌ورزی، ماده آلی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: فارس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، بخش تحقیقات آب و خاک

مقدمه

سوزاندن بقایای گیاهی و خاک‌ورزی بیش از اندازه در دراز مدت باعث شکسته شدن خاکدانه‌های خاک و ایجاد ساختمان فقیر، تخریب مواد آلی و افزایش فشردگی خاک می‌شود. فشردگی خاک به عنوان یک مشکل چند بعدی شامل تأثیر متقابل خاک، ماشین، گیاه و اقلیم در برابر تولید پایدار قد علم کرده است و باید به این مسئله نسبت به گذشته دقت بیشتری شود (رمضانی و همکاران، 1391). از این‌رو، انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی، راهکاری مناسب در جهت جلوگیری از حذف یا سوزاندن بقایا در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود و نقشی مهم در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد (میرزاوند، 1398). آنزیم‌های خاک به عنوان یکی از شاخص‌های بالقوه کیفیت خاک به دلیل ارتباط نزدیک با ویژگی‌های زیستی خاک، سهولت در ارزیابی و حساسیت زیاد به تغییرات مدیریتی در خاک می‌توانند به منظور ارزیابی پایداری سامانه‌های زراعی مورد استفاده قرار گیرند (سینگ و همکاران، 2018).

آنزیم‌های خاک از طریق واکنش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی نقش حیاتی در فرآیندهای خاک مانند تجزیه مواد آلی، چرخه عناصر غذایی و تبدیل انرژی بازی می‌کنند (شارما و همکاران، 2013). گروهی از آنزیم‌های خاک برای سنجش سطح فعالیت میکروبی درون سلول بکار می‌روند (مانند دی‌هیدروژناز، کاتالاز و ..) که نوعا منعکس کننده فعالیت میکروبی عمومی در خاک هستند. درحالی که دیگر آنزیم‌ها نشان دهنده فعالیت برون سلولی در خاک هستند (مانند فسفاتاز، اوره‌آز و ...). فعالیت آنزیم‌های برون سلولی اطلاعاتی در رابطه با فرآیندهای مهم بیوشیمیایی خاک که بر کیفیت خاک تأثیر دارند، به دست می‌دهد (عباسیان و همکاران، 1393). فسفاتازها انواعی از آنزیم‌های خاک هستند که از طریق هیدرولیز منواسترهای اسید فسفریک، توانایی معدنی کردن فسفر آلی خاک را داشته و از این طریق در چرخه بیوژئوشیمی فسفر خاک نقش مهمی دارند. بنابراین، فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز می‌تواند به عنوان شاخصی از قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان و ریزجانداران خاک قلمداد گردد (جواهری و همکاران، 1393). از میان فسفاتازها، فسفاتاز اسیدی در خاک‌های اسیدی غالب می‌باشند و فسفاتاز قلیایی در خاک‌های قلیایی و آهکی فراوانی بیشتری دارند. منبع این آنزیم‌ها ترشحات ریشه‌ای گیاهان و میکروب-های خاک می‌باشد. بنابراین میزان فعالیت‌شان در خاک وابسته به وجود پوشش گیاهی، خصوصیات خاک‌ها، مقدار و شدت فعالیت زیست توده میکروبی خاک و مقدار ماده آلی و معدنی در خاک است (افشاری و همکاران، 1396). آنزیم اوره‌آز نقش مهمی در معدنی کردن نیتروژن ترکیب‌های آلی و تأمین نیتروژن برای گیاهان و ریزجانداران از منابع طبیعی و کودها در خاک دارد. به عبارت دیگر آنزیم اوره‌آز با هیدرولیز اوره به دی اکسید کربن و آمونیاک و کاهش نیتروژن خاک از طریق تبخیر آمونیوم مشارکت دارد (سادات‌حسینی و همکاران، 1391). پژوهشگران نشان داده‌اند که فعالیت آنزیم اوره‌آز به جمعیت میکروبی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک وابسته است (کورستانج و همکاران، 2007).

مدیریت اراضی زراعی اثر مهمی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق افزایش فشردگی یا کاهش مواد آلی خاک دارد. فشردگی خاک استقرار و رشد ریشه گیاهچه‌ها، نفوذپذیری خاک، تهویه و دسترسی به عناصر غذایی خاک را به دلیل تغییر در ویژگی‌های فیزیکی خاک کاهش می‌دهد (چگنی و همکاران، 1393؛ میرزاوند و همکاران، 1395). براساس یافته‌های سایر محققان افزایش فشردگی خاک به دلیل خاک‌ورزی بی-رویه که منجر به کاهش تجمع مواد آلی در لایه شخم می‌شود، فعالیت‌های آنزیمی خاک را نیز به شدت کاهش می‌دهد؛ زیرا فعالیت آنزیمی با مقدار ماده آلی خاک رابطه مستقیمی دارد (عباسیان و همکاران، 1393؛ صادقی و همکاران، 1398). درحالی‌که، انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک، حفظ حاصلخیزی و کاهش فرسایش خاک می‌شود. هم‌چنین، حفظ بقایای گیاهی سبب افزایش ماده آلی و محتوای نیتروژن خاک می‌شود که می‌تواند افزایش فعالیت آنزیمی و زیستی در خاک و به تبع آن، افزایش حاصلخیزی خاک را به همراه داشته باشد (سیکیا و شارما، 2017).

از دو دهه گذشته در راستای مدیریت پایدار اراضی کشاورزی تحقیقات فراوانی پیرامون شناسه‌های ارزیابی و تأثیر مدیریت‌های گوناگون بر کیفیت خاک‌ها صورت گرفته است، اما در زمینه ارتباط میان شناسه‌های زیستی کیفیت خاک و فشردگی خاک تحت روش‌های خاک-ورزی حفاظتی و رایج، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تحقیقی صورت نگرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی پیامد فشردگی بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی، قلیایی و اوره‌آز یک خاک آهکی در تناوب گندم (*Triticum aestivum* L.)-ذرت (*Zea mays* L.) در منطقه زرقان، فارس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیم‌های یک خاک آهکی، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی (1395-96 و 97-1396) در تناوب گندم (رقم چمران)-ذرت (سینگل کراس 704) در مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان، استان فارس به صورت آزمایش کرت‌های یک‌بار خُرد شده در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. متوسط بارندگی سالانه درازمدت منطقه 293 میلی‌متر (طول جغرافیایی ″35′71°52 شرقی و عرض جغرافیایی ″42′76°29 شمالی و ارتفاع 1596 متر از سطح دریا) و مشخصات خاک Fine, Carbonatic, Thermic, Typic Calcixerpts ثبت شده است. قبل از شروع پژوهش از چندین نقطه مزرعه نمونه‌های خاک از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری برداشت و میزان ماده آلی (1/01 درصد)، فشردگی خاک (1/11 گرم بر سانتی‌متر مکعب)، هدایت الکتریکی (0/65 دسی‌زیمنس بر متر) و اسیدیته (7/9) در خاک تعیین شد.

تیمارها شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح خاک‌ورزی رایج (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تراز کردن به وسیله‌ی ترازکننده کششی)، کم‌خاک‌ورزی (یک بار استفاده از خاک‌ورز مرکب متشکل از پنجه غازی و روتاری) و بی‌خاک‌ورزی (بدون هیچ‌گونه عملیات شخم یا خاک‌ورزی) به عنوان فاکتور اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در دو سطح (حفظ بقایا و حذف تمام بقایای گیاهی از سطح خاک) به عنوان فاکتور فرعی بود. در تیمار حفظ بقایا، محصول به وسیله دستگاه کمباین برداشت شد، به‌طوری که حدود 30 درصد بقایای گیاهی ذرت و یا گندم به صورت ایستاده با ارتفاع حدود 30 سانتی‌متر باقی ماند.

در کرت‌های بدون بقایای گیاهی، گیاه از محل طوقه در سطح خاک کف‌بُر و از مزرعه خارج شد. در کشت گندم، هر کرت شامل 30 خط کاشت و فاصله خطوط کاشت 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در کشت ذرت، هر کرت شامل هشت خط کاشت و فاصله خطوط کاشت70 سانتی‌متر بود. فاصله‌ی بین کرت‌های فرعی دو متر و تکرارها هشت متر در نظر گرفته شد. واحدهای آزمایشی به صورت کرت‌هایی با ابعاد شش متر × 20 متر جمعاً به تعداد 18 کرت استقرار یافتند. میزان کود مصرفی براساس نیاز کودی مزرعه در سال‌های مختلف، متفاوت بود که تمامی کود فسفات (150 کیلوگرم در هکتار)، پتاس (100 کیلوگرم در هکتار) و یک سوم اوره (130 کیلوگرم در هکتار) در زمان کاشت و توسط کارنده به کرت‌ها داده شد و بقیه کود اوره در دو مرحله به صورت سرک و با دست در مزرعه پخش شد. سایر عملیات زراعی شامل آبیاری (روش غرقابی)، کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها به طور یکسان اعمال شد.

در انتهای فصل رشد و پس از برداشت محصول از چندین نقطه هر کرت با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای نمونه مرکب از عمق صفر تا 20 سانتی‌متری خاک برداشته شد و سپس نمونه‌ها خشک شدند. نمونه‌ها پس از غربال با الک دو میلی‌متری، به آزمایشگاه منتقل شدند و فعالیت آنزیم‌ها تعیین شد. فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز به روش طباطبایی و برمنر (1972)، فسفاتاز اسیدی و قلیایی به روش طباطبایی (1994) اندازه‌گیری شدند. بدین منظور، فعالیت اوره‌آز به صورت آمونیوم آزاد شده در واکنش هیدرولیزی با کاربرد اوره یک مولار در دمای 37 درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. آنزیم‌های فسفاتاز نیز با سوبسترای پارانیتروفنیل و در شرایط استاندارد با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ویژه برای هر آنزیم اندازه-گیری شدند. فعالیت آنزیم‌های اندازه‌گیری شده برحسب میکروگرم بر حسب گرم خاک در واحد زمان می‌باشد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد و جهت رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

در تناوب گندم-ذرت اثر سال بر فشردگی و ماده آلی خاک در عمق صفر تا 10 سانتی‌متری معنی‌دار بود و با افزایش عمق اثر سال معنی‌دار نبود. به طور مشابه، در هر دو محصول اثر سال بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز معنی‌دار نبود. نتایج جدول واریانس نشان داد برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر تمام ویژگی‌های مورد مطالعه در این پژوهش معنی‌دار بود (جدول1). نتایج نشان داد همواره با افزایش عمق خاک تراکم و فشردگی خاک افزایش یافت. در کشت گندم، بیشترین فشردگی خاک ($1/32\ g\ cm^{-3}$) در عمق سطحی خاک (10-0 cm) در شرایط حذف بقایای ذرت و سامانه بی‌خاک‌ورزی مشاهده شد و با افزایش عمق (20-10 cm) بیشترین فشردگی خاک ($1/58\ g\ cm^{-3}$) در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا حاصل شد (جدول2). در کشت ذرت، در هر دو عمق مورد مطالعه بیشترین فشردگی خاک در شرایط حذف بقایای گندم و در سامانه بی‌خاک‌ورزی و سپس در سامانه خاک‌ورزی رایج حاصل شد. در عمق سطحی خاک (10-0 cm)، بیشترین مقدار فشردگی خاک در کشت ذرت ($1/39\ g\ cm^{-3}$) در مقایسه با بیشترین

مقدار فشردگی خاک در کشت گندم ($1/39\ g\ cm^{-3}$) حدود پنج درصد بیشتر بود. در حالی‌که، میزان این افزایش در عمق 10 تا 20 سانتی‌متری خاک حدود یک درصد بود (جدول2). در هر دو محصول، انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی در شرایط حفظ 30 درصد بقایا حدود سه درصد فشردگی خاک (میانگین هر دو عمق خاک) را در مقایسه با حذف بقایا کاهش داد (جدول2). در هر دو عمق خاک بیشترین ماده آلی در تناوب گندم-ذرت در سامانه کم‌خاک‌ورزی و حفظ 30 درصد بقایا به دست آمد. در عمق سطحی خاک (cm 0-10)، بیشترین ماده آلی خاک در کشت گندم و ذرت به ترتیب 1/13 و 1/26 درصد تعیین شد (جدول2). نتایج نشان داد با افزایش عمق مقدار ماده آلی خاک همواره کاهش یافت. در کشت گندم، انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی در شرایط حفظ 30 درصد بقایا نسبت به حذف بقایا منجر به افزایش 11 درصدی ماده آلی خاک (میانگین هر دو عمق خاک) شد. در کشت ذرت، میزان افزایش ماده آلی خاک در شرایط مشابه (کم‌خاک‌ورزی و حفظ بقایا) 25 درصد بود. در هر دو محصول، کمترین ماده آلی خاک در عمق صفر تا 10 و 10 تا 20 سانتی‌متری خاک در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا مشاهده شد (جدول2).

جدول 1- تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و مدیریت بقایا و برهمکنش آن‌ها بر فشردگی و فعالیت‌های آنزیمی خاک در تناوب گندم-ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز قلیایی	اوره‌آز	فشردگی (10-0cm)	ماده آلی (10-0cm)	فشردگ (20-10cm)0	ماده آلی (20-10cm)
		گیاه زراعی: گندم						
سال (Y)	1	58/52^{ns}	22052/25^{ns}	11/11^{ns}	0/06*	0/04*	0/005^{ns}	0/004^{ns}
خطای اول	4	1322/68^{ns}	7054/97^{ns}	472/23^{ns}	0/003^{ns}	0/003^{ns}	0/004^{ns}	0/009^{ns}
خاک‌ورزی (T)	2	46297/65**	248116/86**	13202/78**	0/14**	0/02*	0/05**	0/01*
Y×T	2	2033/01^{ns}	17971/58^{ns}	2/79^{ns}	0/004^{ns}	0/03*	0/001^{ns}	0/006^{ns}
خطای دوم	8	1478/22^{ns}	4519/56^{ns}	194/43^{ns}	0/002^{ns}	0/002^{ns}	0/001^{ns}	0/002^{ns}
بقایا (R)	1	86622/30**	84003/36**	16900/01**	0/08*	0/20**	0/06**	0/14**
T×R	2	5019/08*	25463/13*	1458/33*	0/01*	0/02*	0/04*	0/03*
Y×R	1	1615/00^{ns}	7280/03^{ns}	1011/11^{ns}	0/0002^{ns}	0/04*	0/0003^{ns}	0/0002^{ns}
Y×T×R	2	1088/36^{ns}	4544/69^{ns}	102/78^{ns}	0/004^{ns}	0/01*	0/001^{ns}	0/005^{ns}
خطای باقی-مانده	12	1223/98	1162/52	194/45	0/002	0/002	0/002	0/007
ضریب تغییرات (CV%)		10/42	7/71	17/94	13/43	4/75	11/36	8/56
		گیاه زراعی: ذرت						
منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز قلیایی	اوره‌آز	فشردگی (10-0cm)	ماده آلی (10-0cm)	فشردگ (20-10cm)0	ماده آلی (20-10cm)
سال (Y)	1	3700/69^{ns}	1206/40^{ns}	2844/44^{ns}	0/05*	0/03*	0/03*	0/001ns
خطای اول	4	1427/67^{ns}	7568/51^{ns}	569/34^{ns}	0/004^{ns}	0/003^{ns}	0/002^{ns}	0/01ns
خاک‌ورزی (T)	2	44256/25**	174725/49**	45719/55**	0/09**	0/03*	0/09**	0/01ns
Y×T	2	6938/69^{ns}	3404/07^{ns}	619/41^{ns}	0/001^{ns}	0/02*	0/001^{ns}	0/002ns
خطای دوم	8	810/51^{ns}	3002/61^{ns}	356/94^{ns}	0/003^{ns}	0/003^{ns}	0/002^{ns}	0/002ns
بقایا (R)	1	73170/25**	116099/20**	12844/44*	0/08*	0/24**	0/05*	0/19**
T×R	2	13689/08*	47604/34*	4900/00*	0/06*	0/03*	0/02*	0/09*
Y×R	1	4511/36^{ns}	8490/74^{ns}	252/78^{ns}	0/002^{ns}	0/05*	0/0002^{ns}	0/005ns
Y×T×R	2	3840/86^{ns}	9244/27^{ns}	975/13^{ns}	0/006^{ns}	0/01*	0/0001^{ns}	0/001ns
خطای باقی-مانده	12	538/14	3897/47	190/00	0/003	0/001	0/001	0/006
ضریب تغییرات (CV%)		15/91	10/51	16/80	9/61	5/02	11/08	9/71

^{ns}، ** و * به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح 1 و 5 درصد می‌باشند (دانکن=5 درصد).

جدول2- مقایسه میانگین اثر برهمکنش خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر فشردگی و فعالیت‌های آنزیمی خاک در تناوب گندم-ذرت

تیمارها		گیاه زراعی: گندم					
		آنزیم‌های فسفاتاز		اوره‌آز	عمق خاک (10-0cm)		عمق خاک (20-10cm)
سامانه خاک‌ورزی	بقایای گیاهی	فسفاتاز اسیدی ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	فسفاتاز قلیایی ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	($\mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	فشردگی ($g\ cm^{-3}$)	ماده آلی (%)	فشردگی ($g\ cm^{-3}$)	ماده آلی (%)
خاک‌ورزی رایج	حذف بقایا	237/67**c**	917/00**e**	70/00**d**	1/22**b**	0/99**b**	1/58**a**	0/93**b**
	حفظ بقایا	290/33**b**	1010/50**d**	98/33**cd**	1/14**bc**	1/12**a**	1/46**b**	1/09**a**
کم‌خاک‌ورزی	حذف بقایا	310/67**b**	996/67**d**	113/33**c**	1/11**c**	1/06**ab**	1/39**cd**	0/95**ab**
	حفظ بقایا	442/65**a**	1114/33**c**	148/33**b**	1/06**c**	1/13**a**	1/36**c**	1/09**a**
بی‌خاک‌ورزی	حذف بقایا	310/83**b**	1206/33**b**	115/00**c**	1/32**a**	1/02**b**	1/53**a**	0/93**b**
	حفظ بقایا	420/50**a**	1285/00**a**	181/67**a**	1/22**b**	1/07**ab**	1/45**b**	0/98**ab**

تیمارها		گیاه زراعی: ذرت					
		آنزیم‌های فسفاتاز		اوره‌آز	عمق خاک (10-0cm)		عمق خاک (20-10cm)
سامانه خاک‌ورزی	بقایای گیاهی	فسفاتاز اسیدی ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	فسفاتاز قلیایی ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	($\mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$)	فشردگی ($g\ cm^{-3}$)	ماده آلی (%)	فشردگی ($g\ cm^{-3}$)	ماده آلی (%)
خاک‌ورزی رایج	حذف بقایا	135/00**d**	443/00**d**	41/67**d**	1/38**a**	0/91**c**	1/60**a**	0/88**c**
	حفظ بقایا	209/00**c**	503/33**c**	70/00**cd**	1/19**c**	1/21**ab**	1/50**b**	1/11**a**
کم‌خاک‌ورزی	حذف بقایا	209/83**c**	510/27**c**	68/33**cd**	1/16**c**	0/97**bc**	1/43**cd**	0/93**bc**
	حفظ بقایا	374/17**a**	667/00**b**	106/67**bc**	1/14**c**	1/26**a**	1/39**d**	1/11**a**
بی‌خاک‌ورزی	حذف بقایا	232/17**bc**	657/67**b**	151/67**b**	1/39**a**	1/19**b**	1/58**a**	1/05**ab**
	حفظ بقایا	264/33**b**	771/33**a**	198/33**a**	1/30**b**	1/25**a**	1/48**bc**	1/01**ab**

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (دانکن=5 درصد)

نتایج نشان داد فعالیت‌های آنزیمی خاک شامل فسفاتاز اسیدی، فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز در کشت گندم در مقایسه با کشت ذرت بیشتر بود. در کشت گندم، بیشترین میزان آنزیم فسفاتاز اسیدی با حفظ 30 درصد بقایای ذرت در روش کم‌خاک‌ورزی (442/65 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و سپس در روش بی‌خاک‌ورزی (420/50 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) حاصل شد (جدول2). به‌طور مشابه، در کشت ذرت نیز بیشترین آنزیم فسفاتاز اسیدی (374/17 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) با انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی و حفظ 30 درصد بقایای گندم به دست آمد. در هر دو محصول کاهش عملیات خاک‌ورزی منجر به افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی نسبت به سامانه خاک‌ورزی رایج شد. بیشترین میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی در کشت گندم (1285/00 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و در ذرت (771/33 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) در سامانه بی‌خاک‌ورزی و حفظ 30 درصد بقایا حاصل شد. نتایج نشان داد کمترین میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی در گندم (917/00 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و ذرت (443/00 $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا به دست آمد (جدول2). به‌طور مشابه، کاهش عملیات خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج منجر به افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک شد. نتایج نشان داد در سامانه خاک‌ورزی رایج و کم‌خاک‌ورزی فعالیت آنزیم اوره‌آز در کشت گندم در مقایسه با ذرت بیشترین بود. در حالی‌که، در سامانه بی‌خاک‌ورزی بیشترین فعالیت آنزیم اوره‌آز در کشت ذرت (198/33 $\mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) و سپس در کشت گندم (181/67 $\mu g\ NH_4\ g^{-1}\ soil\ h^{-1}$) مشاهده شد (جدول2). نتایج همبستگی نشان داد همواره فعالیت‌های آنزیمی خاک با فشردگی خاک یک ارتباط منفی و یک ارتباط مثبت و افزایشی با ماده آلی خاک داشت (جدول3). نتایج نشان داد افزایش فشردگی خاک منجر به کاهش فعالیت‌های آنزیمی خاک شد به گونه‌ای که بیشترین میزان این کاهش در آنزیم فسفاتاز اسیدی (در گندم $r^2=0/55^*$ و در ذرت $r^2=0/63^*$) مشاهده شد. در هر دو محصول، بیشترین میزان همبستگی میان ماده آلی خاک با آنزیم فسفاتاز اسیدی و سپس فسفاتاز قلیایی تعیین شد. نتایج همبستگی نشان دهنده یک ارتباط مثبت و معنی‌دار میان آنزیم فسفاتاز قلیایی با آنزیم فسفاتاز اسیدی بود و بیشترین میزان این همبستگی در کشت ذرت ($r^2=0/66^*$) و سپس در کشت گندم ($r^2=0/61^*$) مشاهده شد (جدول3). نتایج نشان داد میان فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز با آنزیم اوره‌آز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که بیشترین میزان این همبستگی میان فسفاتاز اسیدی با آنزیم اوره‌آز در گندم ($r^2=0/89^{**}$) و سپس در ذرت ($r^2=0/48^*$) بود (جدول3).

جدول 3- ضرایب همبستگی میان فعالیت‌های آنزیمی خاک با فشردگی و ماده آلی خاک

گیاه زراعی: گندم	فشردگی خاک	ماده آلی خاک	آنزیم فسفاتاز اسیدی	آنزیم فسفاتاز قلیایی	آنزیم اوره‌آز
فشردگی خاک	1/00				
ماده آلی خاک	-0/54*	1/00			
آنزیم فسفاتاز اسیدی	-0/55*	0/55*	1/00		
آنزیم فسفاتاز قلیایی	-0/41*	0/49*	0/61*	1/00	
آنزیم اوره‌آز	-0/35*	0/36*	0/89**	0/69*	1/00

گیاه زراعی: ذرت	فشردگی خاک	ماده آلی خاک	آنزیم فسفاتاز اسیدی	آنزیم فسفاتاز قلیایی	آنزیم اوره‌آز
فشردگی خاک	1/00				
ماده آلی خاک	-0/46*	1/00			
آنزیم فسفاتاز اسیدی	-0/63*	0/75**	1/00		
آنزیم فسفاتاز قلیایی	-0/49*	0/69*	0/66*	1/00	
آنزیم اوره‌آز	-0/41*	0/58*	0/48*	0/82**	1/00

** و * به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح 1 و 5 درصد می‌باشند (دانکن=5 درصد).

روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا دو عامل مهم مدیریتی هستند که می‌توانند ویژگی‌های محیط و موجودات خاک و تولید زراعی را تحت تأثیر قرار دهند. انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی که با مدیریت مناسب بقایای گیاهی همراه می‌گردد راهکاری مناسب در جهت جلوگیری از حذف یا سوزاندن بقایا در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود و نقشی مهم در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. سامانه خاک‌ورزی حفاظتی معمولا باعث افزایش تنوع زیستی و فعالیت‌های عوامل بیولوژیک در سطح و درون خاک می‌شود (فردریچ و همکاران، 2012). براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، یکی از دلایل افزایش فعالیت میکروبی خاک و بهبود فعالیت‌های آنزیمی خاک تحت خاک‌ورزی حفاظتی، کاهش فشردگی و افزایش ماده آلی خاک می‌باشد که آن هم احتمالاً در نتیجه کاهش بهم‌خوردگی و اکسیداسیون کمتر ماده آلی خاک بود (محمدی و همکاران، 1391؛ افشاری و همکاران، 1396). بنظر می‌رسد کاهش فعالیت-های آنزیمی خاک با افزایش تراکم و فشردگی خاک احتمالا به دلیل افزایش مقاومت مکانیکی و کاهش منافذ درشت و در نتیجه تهویه ضعیف خاک می‌باشد که فعالیت موجودات زنده‌ای که در چرخه فسفر و نیتروژن نقش دارند را محدود می‌کند و منجر به کاهش تولید آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز می‌گردد. از سوی دیگر، فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک‌هایی با فشردگی بالا که فرآیند معدنی شدن نیتروژن در آن‌ها به دلیل کاهش مقدار نیتروژن آلی خاک (به شکل آمونیوم) کاهش می‌یابد کمتر است (آلمد و ویلر، 2012؛ هتوری و همکاران، 2013؛ اخوان و شعبانپور، 1396).

کاهش فشردگی خاک توسط لی و همکاران (2002) به عنوان یکی از دلایل افزایش فعالیت میکروبی خاک گزارش شده است، زیرا کاهش فشردگی خاک باعث افزایش رشد ریشه و ترشحات آن می‌گردد و به تحریک فعالیت ریزجانداران خاک منجر می‌شود. به نقل از بچ و همکاران (2018)، با آسیب فیزیکی کمتر به جمعیت میکروبی خاک تحت خاک‌ورزی حفاظتی، جمعیت بیشتری از باکتری‌ها و قارچ‌ها و با تنوع گونه‌ای بیشتر در آن‌ها یافت می‌شود. هم‌چنین، کبیری و همکاران (2016) اظهار کردند که بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز خاک در روش کم خاک-ورزی حاصل شد که احتمالاً نتیجه‌ای از تغییر در اندازه جمعیت و فعالیت میکروبی خاک بود که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی داشت.

شرایط مساعد و مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک برای حفظ فعالیت موجودات زنده و در نتیجه افزایش تولید ضروری و حائز اهمیت است. خواص زیستی خاک جزء ویژگی‌های پویا بوده و با تغییرات زمان، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی به سرعت تغییر می‌کند (پژمان و همکاران، 1396). حفظ بقایا و افزایش مواد آلی خاک یک عامل مهم در فعالیت و تکثیر فون خاک به شمار می‌آید. به‌طوری که فعالیت میکروبی و فرآیندهای بیوشیمیایی خاک اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل پایین بودن سطح ماده آلی خاک که منبع غذا و انرژی برای آن‌ها است، با محدودیت روبه‌روست. به عبارت دیگر مواد آلی با بهبود ویژگی‌های فیزیکی (افزایش تهویه، ظرفیت نگهداری آب در خاک) و شیمیایی (آزادسازی عناصر غذایی، جذب و ذخیره‌سازی عناصر) خاک بر جمعیت و فعالیت موجودات خاک‌زی نقش مهمی ایفا می‌نماید (لی و همکاران، 2018؛ بونیمان و همکاران، 2018). بنابراین، باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک همراه با کاهش عملیات شخم به‌ویژه در شرایط فصل رشد گرم و خشک، به دلیل کاهش تبخیر سطحی آب، افزایش رطوبت خاک، بهبود شرایط دمایی خاک و افزایش رشد ریشه در مقایسه با حذف یا سوزاندن بقایا موجب بهبود فرآیندهای زیستی طبیعی زیر و روی خاک می‌شود (کبیری و همکاران، 2015؛ زوبر و ویلامیل، 2016).

زهنگ و همکاران (2018) نشان دادند که استفاده از بقایای گیاهی در خاک باعث افزایش ثبات و استقرار جامعه میکروبی و بهبود فعالیت‌های آنزیمی خاک مانند آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز می‌گردد. از سوی دیگر، مواد آلی نقش مهمی در حفظ آنزیم‌ها از ایموبلیزه شدن توسط کانی‌های رسی یا ترکیبات هموسی ایفا می‌کنند (هو و کائو، 2007). نتایج این پژوهش نشان داد فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی نسبت به سایر آنزیم‌های اندازه‌گیری شده مانند فسفاتاز اسیدی و اوره‌آز غالب بود که احتمالاً دلیل آن اسیدیته خاک‌های آهکی است که منجر به افزایش میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی می‌گردد که با نتایج حاصل از پژوهش کبیری و همکاران (2016) هم‌خوانی دارد. هم‌چنین، تناوب زراعی نیز بر فعالیت‌های آنزیمی خاک اثرگذار است که منجر به تغییر اندازه و فعالیت جمعیت میکروبی خاک می‌گردد که دلیل آن احتمالاً تفاوت در نوع و مقدار بقایای گیاهی، عمق نفوذ ریشه گیاه، چرخش بقایای گیاهی و رژیم‌های رطوبتی خاک و روش‌های آبیاری که سبب تغییر غلظت عنصرهای غذایی

در محلول خاک می‌شود، می‌باشد (سینگ و همکاران، 2018؛ سادات‌حسینی و همکاران، 1394).

نتیجه‌گیری

در استان فارس به دلیل محدودیت در استفاده بهینه از زمین‌های زراعی، کیفیت و حاصلخیزی خاک تحت عملیات خاک‌ورزی رایج و حذف بقایای گیاهی تغییر می‌یابد، لذا انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در تناوب گندم-ذرت در جهت توسعه کشاورزی و تولید پایدار محصولات امری ضروری است. علاوه‌براین، در راستای مدیریت پایدار خاک در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، می‌توان از بقایای گیاهی محصول قبلی در کشت بعدی استفاده نمود. لذا، درک بهتر از شاخص‌های کیفیت خاک تحت تاثیر مدیریت تلفیقی روش‌های خاک‌ورزی و بقایا جزئی مهم در اجرای صحیح برنامه‌های مدیریت پایدار خاک محسوب می‌گردد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی به ترتیب باعث افزایش 50 درصدی و 1/3 برابری فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز در تناوب گندم-ذرت در مقایسه با تیمار شاهد (خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا) شد. بنابراین، در یک خاک آهکی اتخاذ عملیات کم‌خاک‌ورزی و باقی گذاشتن 30 درصد بقایای گیاهی جهت کاهش فشردگی، افزایش ماده آلی و بهبود فعالیت‌های آنزیمی خاک در تناوب گندم-ذرت پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه جناب دکتر رضا مرادی طالب بیگی در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و تهیه این مقاله تقدیر و تشکر می‌گردد.

فهرست منابع:

1. اخوان، س. و م. شعبانپور. 1396. پیامد فشردگی دو نوع خاک مختلف بر غلظت آمونیوم و نیترات قابل استخراج و جذب نیتروژن توسط گندم. نشریه دانش آب و خاک، جلد 27، شماره 1. ص. 199-212.
2. افشاری، م.، م. رمضانپور، ع.ح. ضیاییان، م.ه. موسوی‌فضل و ح.ر. ذبیحی. 1396. بررسی اثر کاربرد کود شیمیایی و مواد آلی بر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در برخی از خاک‌های کشور. نشریه زیست شناسی خاک، جلد 5، شماره 2. ص. 175-184.
3. پژمان، ح.، ل. جوکار و م. زارع مویدی. 1396. مقایسه فراوانی و تنوع گونه‌ای بندپایان گیاه‌خوار موجود در زراعت گندم در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول در منطقه زرقان فارس. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد 85، شماره 2. ص. 139-154.
4. جواهری، ت.، الف. لکزیان، ر. خراسانی و پ. طاهری. 1393. بررسی فعالیت‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی جدایه‌های مختلف قارچ‌های خاکزی در حضور ترکیبات آلی فسفره (اسید فیتیک و گلیسرو فسفات سدیم). نشریه زیست شناسی خاک، جلد 2، شماره 1. ص. 1-11.
5. چگنی، م.، ش. انصاری‌دوست و ح.ا. اسکندری. 1393. اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد 24، شماره 2. ص. 31-40.
6. رمضانی، غ.ع.، ع.ر. برزگر، غ.ح. حق‌نیا و ی. منصوری. 1391. بررسی اثر تراکم بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی یک خاک لوم. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 26. ص. 214-225.
7. سادات‌حسینی، م.، غ.ح. حق‌نیا، الف. لکزیان و ح. امامی. 1391. تأثیر کوتاه مدت مدیریت پسماند گیاه و بر فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در خاک. نشریه آب و خاک، جلد 26، شماره3. ص. 545-553.
8. صادقی، س.، ف. کیانی، م.الف. اسدی، ب. کامکار و س. ابراهیمی. 1398. بررسی اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر فعالیت بیولوژیکی و آنزیمی خاک. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد 9، شماره 2. ص. 151-164.

9. عباسیان، آ.، الف. گلچین و م. شکل ابادی. 1393. بررسی برخی از فعالیت‌های آنزیمی دو خاک هسیتوسول و ارتباط آن-ها با خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی خاک. نشریه زیست شناسی خاک، جلد 2، شماره 2. ص. 111-124.
10. محمدی، خ.، غ. حیدری، م. جواهری و م. آقاعلیخانی. 1391. تاثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر توده زنده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک در زراعت آفتابگردان. نشریه آب و خاک، جلد 26، شماره 1. ص. 104-113.
11. میرزاوند، ج.، س.ع.الف. موسوی، ع.م. ثامنی، ص. افضلی‌نیا و ن. کریمیان. 1395. اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک در تناوب گندم-ذرت. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد 23، شماره 3. ص. 131-150.
12. میرزاوند، ج. 1398. تغییرات ماده آلی خاک و عملکرد محصول در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول در تناوب گندم-ذرت در منطقه زرقان فارس. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد 29، شماره 2. ص. 121-133.
13. Alameda, D. and Villar, R. 2012. Linking root traits to plant physiology and growth in *Fraxinus angustifolia* Vahl. seedlings under soil compaction conditions. Environmental and Experimental Botany 79:49-57.
14. Bach, E.M., Williams, R.J., Hargreaves, S.K., Yang, F. and Hofmockel, K.S. 2018. Greatest soil microbial diversity found in micro-habitats. Soil Biology and Biochemistry 118:217-226.
15. Bunemann, E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer, R.E., Deyn, de G., Goede, de R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Madera, P., Pulleman, M., Sukkel, W., Groenigen, van J.W. and Brussaard, L. 2018. Soil quality-A critical review. Soil Biology and Biochemistry 120:105-125.
16. Corstanje, R., Schulin, R. and Lark, R.M. 2007. Scale-dependent relationships between soil organic carbon and urease activity. European Journal of Soil Science 58:1087-1095.
17. Friedrich, T., Derpsch, R. and Kassam, A. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. The Journal of Field Actions, Field Actions Science Reports 6:1-7.
18. Hattori, D., Kenzo, T., Okamura, k., Irino, C., Joseph, J.K.D., Ikuo-Ninomiya, E. and Katsutoshi, S. 2013. Effects of soil compaction on the growth and mortality of planted dipterocarp seedlings in a logged-over tropical rainforest in Sarawak, Malaysia. Forest Ecology and Management 310:770-776.
19. Hu, C. and Cao, Z. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World Journal of Agricultural Sciences 1:63-70.
20. Kabiri, V., Raiesi, F. and Ghazavi, M.A. 2015. Six years of different tillage systems affected aggregate associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. Soil and Tillage Research 154:114-125.
21. Kabiri, V., Raiesi, F. and Ghazavi, M.A. 2016. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. Agriculture, Ecosystems and Environment 232:73-84.
22. Li, C.H., Ma, B.L. and Zhang, T.Q. 2002. Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. Canadian Journal of Soil Science 82:147-154.
23. Li, Y., Changc, S.X., Tiand, L. and Zhang, Q. 2018. Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. Soil Biology and Biochemistry 121:50-58.
24. Saikia, R. and Sharma, S. 2017. Soil enzyme activity as affected by tillage and residue management practices under diverse cropping systems. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(10):1211-1218.

25. Sharma, P., Singh, G. and Singh, R.P. 2013. Conservation tillage and optimal water supply enhance microbial enzyme (glucosidase, urease and phosphatase) activities in fields under wheat cultivation during various nitrogen management practices. Archives of Agronomy and Soil Science 59(7):911-928.
26. Singh, G., Bhattacharyya, R., Das, T.K., Sharma, A.R., Ghosh, A. and Das Shrila-Jhab, P. 2018. Crop rotation and residue management effects on soil enzyme activities, glomalin and aggregate stability under zero tillage in the Indo-Gangetic Plains. Soil and Tillage Research 184:291-300.
27. Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. 1972. Assay of urease activity in soil. Soil Biology and Biochemistry 4:479-487.
28. Tabatabai, M.A. 1994. Soil enzymes. P. 227-246. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison.
29. Zheng, W., Zhao, Z., Gong, Q., Zhai, B. and Li, Z. 2018. Responses of fungal–bacterial community and network to organic inputs vary among different spatial habitats in soil. Soil Biology and Biochemistry 125:54-63.
30. Zuber, S.M. and Villamil, M.B. 2016. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry 97:176-187.

Effect of Different Tillage Practices on Phosphatase and Urease Activities in a Calcareous Soil

J. Mirzavand[1] and H. Asadi Rahmani

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran; E-mail: j.mirzavand@areeo.ac.ir

Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; E-mail: hasadi@areeo.ac.ir

Received: November, 2019 & Accepted: May, 2020

Abstract

Residue retention with less soil disturbance is a promising approach to maintain the soil quality. The study was conducted to determine the effects of tillage at three levels (conventional tillage (CT), reduced tillage (RT), and No-Till (NT)) as main plots and crop residue at two levels (residue removal and retention) as sub-plot on phosphatase and urease enzyme activities of calcareous soil in wheat-corn cropping system based on a split-plot design with three replications at the Zarghan in Fars province, Iran from 2015-16 to 2016-17. Results showed that applying tillage and residue significantly affected on soil bulk density (BD), organic matter (OM), and enzyme activities. In soil surface (soil depth: 0-10 cm), the highest BD was observed by NT practice when residue removed, whereas BD maximized as soil depth (10-20 cm) increased especially under CT. In contrast, OM was maximized under RT and residue retention (30% of residue) in wheat-corn rotation. The lowest alkaline phosphatase enzyme (917.00 and 443.00 µg PNP g^{-1} soil h^{-1} in wheat and corn, respectively) was obtained by CT and residue removal. Applying RT with 30% of residue was maximized acid phosphatase activity in wheat by 442.65 µg PNP g^{-1} soil h^{-1} and followed in corn by 374.17 µg PNP g^{-1} soil h^{-1}. However, the highest urease enzyme activity (198.33 and 181.67 µg NH_4 g^{-1} soil h^{-1} in corn and wheat, respectively) observed by NT when 30% of residue was retained. In general, adopting RT practice accompanied by retaining crop residue (30% of residue on the soil surface) to reduce BD, increase OM and improve enzyme activities of calcareous soil in the wheat-corn cropping system is recommended.

Keywords: Acid phosphatase, alkaline phosphatase, organic matter, reduced tillage, urease enzyme

[1]. Corresponding author: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Water and Soil Science Department.