نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۶۳۰-۶۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.4, Winter 2022, p. 619-630

مقاله پژوهشی

اثر شدت عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر روی برخی از ویژگی‌های خاک در تناوب زراعی ذرت-کلزا-ذرت

سید شهاب‌الدین معین‌الدینی[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و اعظم برزوئی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶

معین‌الدینی، س ش.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م.، ۱۴۰۰. اثر شدت عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر روی برخی از ویژگی‌های خاک در تناوب زراعی ذرت-کلزا-ذرت. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۴): ۶۳۰-۶۱۹.

چکیده

این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر روی اسیدیته خاک، وزن مخصوص ظاهری، کربن‌آلی خاک، نیتروژن کل، پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب در تناوب زراعی ذرت- کلزا-ذرت به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی بخش تحقیقات کشاورزی هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران در دو سال زراعی (۹۲-۱۳۹۱و ۹۳-۱۳۹۲) انجام پذیرفت. کرت‌های اصلی شامل شخم رایج (گاوآهن برگردان‌دار، گاوآهن روتاری و ماله) و شخم حداقل (دیسک) و کرت‌های فرعی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۵۰،۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عملیات خاک‌ورزی در کوتاه مدت (دو سال) تأثیر معنی‌داری بر روی افزایش و یا کاهش میزان کربن آلی خاک نداشت و همچنین اسیدیته خاک، وزن مخصوص ظاهری و میزان نیتروژن کل، پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب در خاک نیز در این آزمایش تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفتند. سطوح نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) بر روی وزن مخصوص ظاهری، میزان نیتروژن کل، پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب در خاک داشت. کمترین وزن مخصوص ظاهری برای تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین میزان نیتروژن کل مربوط به سطوح نیتروژن ۲۵۰ و ۱۵۰کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۱۰۳۶ و ۹۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. افزایش سطوح نیتروژن باعث کاهش پتاسیم قابل تبادل و همچنین کاهش فسفر قابل جذب در خاک شد به‌طوری‌که کمترین میزان پتاسیم قابل تبادل برای سطوح نیتروژن ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۱۲۷ و ۱۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان فسفر قابل جذب برای این دو تیمار به‌ترتیب ۱۳/۴۳ و ۱۴/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. افزایش سطوح نیتروژن به‌واسطه بهبود و افزایش رشد و نمو گیاهان زراعی، افزایش میزان جذب دو عنصر پتاسیم و فسفر به‌وسیله گیاه را به همراه دارد و متعاقباً میزان پتاسیم‌قابل تبادل و فسفر قابل جذب در خاک کاهش می‌یابد. افزایش رشد ریشه گیاهان زراعی نیز در نتیجه افزایش سطوح نیتروژن باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد برای مطالعه اثر عملیات خاک‌ورزی بر روی کربن‌آلی و وزن مخصوص ظاهری خاک به بازه زمانی بلندتری نیاز باشد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حداقل، کربن آلی خاک، نیتروژن خاک، وزن مخصوص ظاهری

مقدمه

تولید بهینه و پایدار محصولات زراعی نیازمند شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بهینه خاک است که تمامی این عوامل به نوعی از کارکردهای مواد آلی خاک به شمار می‌روند. میزان مواد آلی خاک،

۱- دانش آموخته دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۳- دانشیار، پژوهشکده کشاورزی هسته ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای.

(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
Doi:10.22067/jag.v1i1.45219

به‌ویژه کربن آلی خاک در سامانه‌های کشاورزی تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل شدت خاک‌ورزی و میزان نیتروژن خاک تغییر می‌کند (Malhi et al., 2006).

عملیات خاک‌ورزی در کشاورزی رایج، از جمله استفاده از گاوآهن‌های برگردان‌دار و ادواتی از قبیل گاوآهن روتاری که هرساله توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد، اگرچه در کوتاه‌مدت شرایط مناسبی را برای جذب عناصر غذایی، رشد سریع و افزایش عملکرد گیاهان زراعی فراهم می‌سازد، امّا در بلندمدت تخریب لایه‌های سطحی خاک را به همراه خواهد داشت (Six et al., 1999). به‌واسطه اجرای مداوم عملیات خاک‌ورزی رایج، در بلندمدت ساختمان خاک‌های زراعی دچار از هم گسیختگی شده، فشردگی و تراکم آن‌ها بالا رفته و فرسایش خاک شدت پیدا می‌کند و در عین حال، سرعت تجزیه و معدنی شدن مواد آلی خاک افزایش (Triplett & Dick, 2008) و متعاقباً میزان کربن آلی خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Allmaras et al., 2004). نابودی ساختمان خاک و تجزیه مواد آلی و کربن آلی، در نهایت، خاک‌های زراعی را رو به اضمحلال برده و موجبات عدم پایداری را در سامانه‌های کشاورزی فراهم می‌سازد (Frenandes et al., 2009). این در حالی است که کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و جایگزینی عملیات خاک‌ورزی رایج به‌واسطه شخم حداقل و عملیات خاک‌ورزی بدون شخم، افزایش مواد آلی و کربن آلی خاک را به همراه خواهد داشت و بدین واسطه شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در حد بهینه حفظ می‌شود (Clapp et al., 2000; Dick et al; 1998; West & Post, 2002).

افزایش میزان نیتروژن خاک به‌واسطه کودهای شیمیایی و یا سایر منابع از دیگر عواملی است که از طریق تغییر در سرعت تجزیه میکروبی، میزان مواد آلی خاک و به‌ویژه میزان کربن آلی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Fang et al., 2014). نیتروژن از جمله مهم‌ترین عناصری است که فعالیت‌های میکروبی خاک را محدود و متعاقباً حجم زیست‌توده میکروبی خاک را تغییر می‌دهد (Qualls & Haines, 1992). شواهد حاکی از آن است که افزایش تدریجی میزان نیتروژن خاک، سرعت واکنش‌های تجزیه میکروبی، جذب سایر عناصر غذایی، رشد گیاه و میزان انتشار CO_2 را افزایش می‌دهد (Knorr et al., 2005; Schlesinger, 2009; Fang et al., 2012). استفاده از کودهای نیتروژنه می‌تواند از طریق افزایش رشد گیاه و متعاقباً افزایش زیست‌توده گیاهی که به خاک برگردانده می‌شود، باعث افزایش کربن آلی خاک شود (Gregorich et al., 1996). مطالعات گسترده‌ای افزایش کربن‌آلی خاک را در کشت ذرت به‌واسطه افزایش سطوح کودهای نیتروژنه از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تا ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کردند (Varvel, 1994; Studdert & Echeverria, 2000; liebig et al., 2002; Jagadamma et al., 2008). با این وجود، نتایج متفاوتی نیز در ارتباط با تأثیر کودهای نیتروژنه بر کربن‌آلی خاک گزارش شده است. مولوانی و همکاران (Mulvaney et al., 2009) گزارش کردند که بالا بودن سطح نیتروژن خاک باعث افزایش فعالیت ریزجانداران خاک می‌شود که در نتیجه این امر، سرعت تجزیه کربن آلی خاک نیز افزایش می‌یابد.

بلوین و همکاران (Blevins et al., 1977) خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک را در آزمایشی پنج ساله در تک‌کشتی ذرت در شرایط خاک‌ورزی رایج و بدون خاک‌ورزی و سطوح مختلف نیترژن مورد بررسی قرار دادند. این محققین گزارش کردند که کربن‌آلی خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط خاک‌ورزی رایج داشت و با افزایش سطوح نیتروژن میزان کربن آلی خاک نیز افزایش پیدا کرد. در عین حال، pH خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی و همچنین با افزایش سطوح نیتروژن کاهش معنی‌داری داشت.

دیک (Dick, 1983) اثر سه تیمار بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حداقل و خاک‌ورزی رایج را در کشت ذرت بر روی کربن‌آلی خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار داد. در این آزمایش عملیات آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار (عمق نفوذ ۲۰-۳۰ سانتی‌متر)، رتیواتور، دیسک و ماله به‌عنوان خاک‌ورزی رایج در نظر گرفته شد و برای خاک‌ورزی حداقل، گاوآهن برگردان‌دار (عمق نفوذ ۲۰-۳۰ سانتی‌متر) به‌تنهایی مورد استفاده قرار گرفت. این محقق گزارش کرد که در شرایط بدون خاک‌ورزی میزان کربن‌آلی خاک و همچنین نیتروژن کل خاک در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، نسبت به دو خاک‌ورزی رایج و حداقل افزایش معنی‌دار داشت. همچنین میزان فسفر قابل جذب در خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی رایج و خاک‌ورزی حداقل بود.

مالهی و همکاران (Malhi et al., 2006) اثر شخم، بقایا و سطوح مختلف نیتروژن را در تناوب جو، نخود، کلزا و گندم بر روی

عملکرد گیاهان، میزان جذب عناصر غذایی و همچنین برخی از خصوصیات خاک مورد بررسی قرار دادند. این محققین گزارش کردند که کربن آلی خاک و نیتروژن کل خاک تحت تأثیر تیمار عملیات خاک‌ورزی و همچنین سطوح مختلف نیتروژن قرار نگرفت.

ویلامیل و همکاران (Villamil et al., 2015) تأثیر بقایا، عملیات خاک‌ورزی و سطوح مختلف نیترژون بر روی خصوصیات خاک در تک‌کشتی ذرت را مورد بررسی قرار دادند. این محققین گزارش کردند که در صورت برگرداندن بقایا به خاک، میزان کربن آلی خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی ۱۳ درصد بیشتر از شرایط خاک‌ورزی است. امّا در صورت حذف بقایا از مزرعه، میزان کربن آلی خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به شرایط خاک‌ورزی کاهش معنی‌دار نشان داد. با این وجود، در مطالعه این محققین تغییرات معنی‌داری در کربن آلی خاک به‌واسطه سطوح مختلف نیتروژن مشاهده نشد. همین محققین افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک را در شرایط بدون خاک‌ورزی گزارش کردند.

به‌طور کلی، افزایش هوادهی خاک به‌واسطه عملیات خاک‌ورزی و افزایش میزان نیتروژن خاک به‌واسطه استفاده از کودهای شیمیایی و یا سایر منابع می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر میزان اکسیداسیون میکروبی کربن آلی خاک داشته باشد (Baker et al., 2007).

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر عملیات خاک‌ورزی رایج و شخم حداقل و همچنین سطوح نیتروژن بر روی میزان کربن آلی، نیتروژن، پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب خاک و همچنین pH و وزن مخصوص ظاهری خاک در تناوب زراعی ذرت–کلزا–ذرت طی سه نیم‌فصل زراعی در منطقه هشتگرد از توابع استان البرز بود.

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی بخش تحقیقات کشاورزی هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران واقع در استان البرز با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی ۳۷۳ میلی‌متر در دو سال زراعی ۹۲–۱۳۹۱ و ۹۳–۱۳۹۲ انجام پذیرفت. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل شخم رایج (گاوآهن برگردان‌دار با عمق نفوذ ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، گاوآهن روتاری و ماله) و شخم حداقل (دیسک با عمق نفوذ ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر) و کرت‌های فرعی شامل چهار سطح نیتروژن خالص (صفر، ۵۰،۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بود. حداکثر میزان کود مصرفی بر اساس مطالعات گذشته در این رابطه صورت پذیرفت (Varvel, 1994; Studdert & Echeverria, 2000; Liebig et al., 2002; Jagadamma et al., 2008) و به‌دلیل پائین بودن درصد نیتروژن خاک مزرعه آزمایشی، سطوح تعیین شده به‌طور کامل اعمال شدند. در کاشت کلزا تیمار کود نیتروژن استفاده نشد و تنها در دو کشت ذرت، نیتروژن به خاک اضافه شد. نیتروژن به‌واسطه کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به‌صورت سرک در سه زمان (هنگام کاشت، هشت برگی و تاسل‌دهی) ذرت به خاک اضافه شد. پیش از انجام آزمایش، از خاک مزرعه به‌طور مرکب از عمق ۳۰–۰ سانتی‌متری خاک به‌وسیله اُگر با قطر سیلندر ۲/۴ سانتی‌متر نمونه‌برداری و پس از ترکیب برای انجام تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج حاصل از آزمایش اولیه خاک در جدول ۱ آورده شده است.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه اولیه خاک محل آزمایش
Table 1- Primary soil analysis of experimental site

بافت Texture	جرم مخصوص ظاهری BD ($g.cm^{-3}$)	اسیدیته گل اشباع pH (Unitless)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم قابل تبادل K ($m.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب P ($m.kg^{-1}$)
Clay loam رسی‌لومی	1.35	8.3	0.56	0.73	0.12	238	14.2

زمین محل آزمایش پیش از انجام آزمایش به‌مدت سه سال بدون کشت (آیش) باقی‌مانده بود و قبل از آن تحت کشت گوجه‌فرنگی قرار

داشت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه اولیه خاک، پیش از انجام آزمایش میزان ۵۱/۷۵ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب فسفر و پتاسیم در تمامی کرت‌ها پراکنده شد. کرت‌های آزمایش دارای اندازه ۶×۱۲ بودند و فاصله بین کرت‌ها دو متر در نظر گرفته شد.کرت‌های مربوط به تیمار شخم رایج (CT) در پائیز با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و در بهار مجدداً با گاوآهن برگردان‌دار، روتاری و ماله، شخم و سپس آماده کشت شدند. در تیمار شخم حداقل (MT) زمین زراعی پیش از کاشت تنها به‌وسیله دیسک شخم و آماده کشت شد. عملیات کاشت ذرت (*Zea mays*) رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ در خرداد ماه سال ۹۱ به‌عنوان گیاه اول در تناوب، کلزای بهاره (*Brassica napus* L.) رقم Hyola 401 در اوایل اسفند ماه سال ۹۱ به‌عنوان گیاه دوم در تناوب و ذرت (همان رقم سال اول) در تیرماه سال ۹۲ به‌عنوان گیاه سوم در تناوب، اجرا شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ذرت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر تعیین شد. تراکم نهایی کلزا نیز ۹۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Kamkar et al., 2011). کاشت بذور به‌صورت دستی انجام گرفت و پس از استقرار گیاهچه در هنگام چهار تا پنج برگی عملیات تنک کردن برای دست‌یابی به تراکم مورد نظر صورت پذیرفت. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی در دو مرحله در طول فصل زراعی هم‌زمان با تنک کردن و همچنین قبل از مرحله هشت برگی انجام گرفت. آبیاری به‌صورت جوی و پشته در دور هشت روز تا رسیدگی کامل محصولات انجام پذیرفت.

نمونه‌برداری خاک پس از برداشت ذرت (گیاه سوم در تناوب) در آذر ماه سال ۹۲ انجام گرفت. برای نمونه‌برداری خاک از هر کرت هفت نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌وسیله اُگر با قطر سیلندر ۲/۴ سانتی‌متر استخراج و پس از ترکیب، یک نمونه واحد به وزن ۵۰۰ گرم تهیه و به آزمایشگاه برای انجام تجزیه فیزیکی و شیمیایی منتقل شد. نمونه‌ها پس از خارج کردن بقایای گیاهی در دمای اتاق، هوا خشک و سپس از غربال دو میلی‌متری عبور داده شدند. برای تعیین وزن مخصوص ظاهری از روش کولی استفاده شد (Culley, 1993). اسیدیته خاک در گِل اشباع اندازه‌گیری (MC Lean, 1982) و میزان نیتروژن خاک به‌روش هضم با اسید سولفوریک و با استفاده از روش کجلدال تعیین شد (Bremner, 1970). پتاسیم قابل تبادل خاک با استفاده از روش مرطوب و فلیم فتومتر تعیین گردید (De Sousa, 1961) و فسفر قابل استفاده خاک، نیز به‌روش مرطوب و با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Olsen et al 1961). برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از تحقیق، از نرم‌افزار SAS 9.1 و رویه GLM استفاده شد (SAS Institute Inc., 1993). به‌منظور تعیین حداقل اختلاف معنی‌داری و مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۵ درصد استفاده شد. نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار SigmaPlot 10.0 رسم شدند.

نتایج و بحث

اسیدیته خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر روی اسیدیته خاک (pH) نداشت. امّا اسیدته خاک به‌طور معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن قرار گرفت. اثر متقابل خاک‌ورزی×سطوح نیتروژن نیز بر روی اسیدیته خاک معنی‌دار نبود (جدول ۲). اضافه کردن کود نیتروژن به خاک باعث کاهش اسیدیته خاک شد. اسیدیته خاک در سه سطح ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون کود نیتروژن داشتند. با این وجود تفاوت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بین این سه سطح مشاهده نشد (جدول ۲و ۳). ویلامیل و نافزیگر (Villamil & Nafziger, 2015) در بررسی اثر عملیات خاک‌ورزی، بقایا و سطوح مختلف نیتروژن در پنج سال تک‌کشتی ذرت گزارش کردند که عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر روی اسیدیته خاک نداشت، امّا کاهش اسیدیته خاک با افزایش کود نیتروژن معنی‌دار بود. بلوین و همکاران (Blevin et al., 1977) در بررسی اثر عملیات خاک‌ورزی و سطوح مختلف نیتروژن در پنج سال تک‌کشتی ذرت، کاهش معنی‌دار اسیدیته خاک را در عمق ۵-۰ سانتی‌متری در شرایط بدون خاک‌ورزی و همچنین افزایش سطوح نیتروژن گزارش کردند.

وزن مخصوص ظاهری: عملیات خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر وزن مخصوص ظاهری[1] (BD) خاک نشان نداد (جدول ۲). گزارش‌های متعددی حاکی از افزایش وزن مخصوص ظاهری در شرایط شخم حداقل و همچنین بدون شخم می‌باشد (Kladivko, 1994; Villamil & Nafziger, 2015). بالسدنت و همکاران (Balesdent et al., 2000) اذعان کردند که افزایش وزن مخصوص

1- Buld Density

ظاهری در کوتاه مدت به‌ویژه در شرایط بدون شخم به‌دلیل عدم گسیختگی مکانیکی خاک و متعاقباً انباشتگی آن در لایه‌های سطحی خاک می‌باشد. اگرچه شدت یافتن عملیات خاک‌ورزی، انباشتگی سطحی خاک را کاهش می‌دهد و حداقل در کوتاه مدت به‌واسطه افزایش خلل و فرج خاک باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (Cassel et al., 1995; Blanco-Canqui et al., 2006)، امّا دی‌هاین و همکاران (DHaene et al., 2008) در مقایسه مناطق مختلف کشاورزی با خاک‌های یکسان سیلت لومی در شرایط شخم کاهشی و همچنین شخم رایج، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک را در شرایط شخم کاهشی گزارش کردند و دلیل آن را گسیختگی ساختار خاک و عدم تشکیل خاک‌دانه مناسب در شرایط شخم رایج در بلندمدت گزارش نمودند. وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح نیتروژن ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به دو سطح صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نشان داد، امّا تفاوت آن با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش سطح نیتروژن می‌تواند به‌واسطه افزایش فعالیت ریزجانداران خاک و همچنین افزایش رشد ریشه و بهبود شرایط فضای اطراف ریشه، باعث کاهش فشردگی خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شود (Villamil & Nafziger, 2015).

کربن آلی خاک: مطالعات بسیاری حاکی از افزایش تجمع کربن آلی خاک (SOCc)[۲] و ذخیره کربن آلی خاک (SOCs)[۳] در تیمار بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل می‌باشد (Blevins et al., 1977; Rice et al., 1986; Wood & Edwards, 1992; Alijani et al., 2012) با این وجود، در این مطالعه اگرچه در شرایط خاک‌ورزی رایج، ذخیره کربن آلی خاک نسبت به خاک‌ورزی حداقل بیشتر است، امّا تفاوت آن‌ها معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) نبود. در عین حال سطوح مختلف نیتروژن نیز تأثیر معنی‌داری بر روی کربن آلی خاک نشان نداد (جدول ۲). این امر می‌تواند به‌دلیل کوتاه بودن (دو سال) بازه زمانی اجرای عملیات خاک‌ورزی رایج و حداقل در این مطالعه باشد. مالهی و همکاران (Malhi et al., 2006) نیز در بررسی اثر عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر روی ذخیره کربن‌آلی خاک طی بازه زمانی چهار سال در تناوب زراعی جو، نخود گندم و کلزا، به نتایج مشابهی دست یافتند و تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از تیمارهای آزمایشی مشاهده نکرند.

نیتروژن کل خاک: نیتروژن کل (TN)[۴] تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی رایج و حداقل تفاوت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نشان نداد (جدول ۲). با این وجود، با افزایش سطوح نیتروژن از صفر و ۵۰ به ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، میزان نیتروژن کل نیز در انتهای فصل افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان نیتروژن کل ۱۰۳۶ و ۹۶۸ (میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌ترتیب برای سطوح ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۹۱۴ و ۸۷۸ (میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌ترتیب برای سطوح ۵۰ و صفر به‌دست آمد (جدول ۳). مالهی و همکاران (Malhi et al., 2006) نیز در مطالعه خود در بررسی اثر عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر میزان نیترژن کل خاک، به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققین اثر عملیات خاک‌ورزی بر میزان نیتروژن کل خاک را غیرمعنی‌دار گزارش کردند. با این وجود، بلوین و همکاران (Blevins et al., 1977) در بررسی شدت عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن افزایش نیتروژن کل را در عمق ۵-۰ سانتی‌متری خاک در شرایط بدون خاک ورزی نسبت به خاک‌ورزی رایج گزارش کردند، در مقابل، نیتروژن کل در عمق ۱۵-۵ سانتی‌متری خاک در خاک‌ورزی رایج نسبت به شرایط بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌داری داشت که دلیل آن، اختلاط این عمق از خاک در خاک‌ورزی رایج با لایه سطحی خاک گزارش شد. همین محققین گزارش کردند که میزان افزایش نیتروژن کل خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی با افزایش سطوح نیتروژن، نسبت به خاک‌ورزی رایج افزایش بیشتری دارد و بالا بودن سطح نیتروژن کل در انتهای فصل را در شرایط بدون خاک‌ورزی از مزایای آن دانستند. با این وجود، در این مطالعه اثر متقابل خاک‌ورزی×سطوح نیتروژن بر روی میزان نیتروژن کل خاک معنی‌دار نشد (جدول ۲).

پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب: عملیات خاک‌ورزی اثر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر میزان فسفر قابل دسترس و همچنین پتاسیم قابل تبادل در خاک نداشت (جدول ۲). در این مطالعه اگرچه میزان پتاسیم قابل تبادل در شرایط خاک‌ورزی رایج (۱۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به خاک‌ورزی حداقل (۱۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر است، امّا این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳).

1- Soil Organci Carbon Concentration
2- Soil Organic Carbon Storage
3- Total Nitrogen

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات خاک تحت تأثیر شدت خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of soil properties affected by tillage intensity and N application

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نیتروژن کل Total N	ذخیره کربن آلی خاک Soil organic carbon stock	درصدکربن آلی Organic C	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	اسیدیته pH	فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل تبادل Exchangeable K
تکرار Replication (R)	2	24898 ^{ns}	50.84 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.001 ^{ns}	16.61 ^{ns}	6431 *
شخم Tillage (T)	1	828 ^{ns}	9.81 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.79 ^{ns}	304 ^{ns}
خطا Error (a)	2	12310	38.87	0.009	0.002	0.005	20.89	378
کود نیتروژن N Fertilizer (N)	3	28461 **	9.33 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.007 *	0.005 *	19.85 *	972 **
شخم × نیتروژن T×N	3	778 ^{ns}	3.9 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	4.96 ^{ns}	221 ^{ns}
خطا (b) Error (B)	12	4900	20.12	0.008	0.001	0.001	5.45	155
ضریب تغیرات CV (%)	-	7.37%	10.52%	10.73%	1.85%	4.7%	15.17%	8.9%

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح پنج درصد و یک درصد

^{ns}, * and **: represent not-significant, significant at 5% level and 1% level, respectively.

ویلامیل و نافزیگر (Villamil & Nafziger, 2015) در مطالعه‌ای پنج ساله اثر عملیات خاک‌ورزی، سطوح نیتروژن و بقایا را بر روی پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب خاک مورد مطالعه قرار دادند. این محققین گزارش کردند میزان پتاسیم قابل تبادل در شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی رایج بیشتر بود، امّا فسفر قابل جذب تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفت. اثر سطوح نیتروژن بر میزان این دو عنصر در خاک معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان پتاسیم قابل تبادل در سطح نیتروژن صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۱۵۴ و ۱۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد و کمترین میزان آن برای سطوح ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۱۲۷ و ۱۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. میزان پتاسیم قابل تبادل بین دو سطح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر عملیات خاک‌ورزی و سطوح نیتروژن بر روی اسیدیته خاک (pH)، وزن مخصوص ظاهری (BD)، تجمع کربن آلی خاک (SOCc)، ذخیره کربن آلی خاک (SOCs)، نیتروژن کل (TN)، پتاسیم قابل تبادل (K) و فسفر قابل جذب (P)

Table 3 –The effect of tillage system and N application rates on soil pH, bulk density (BD), soil organic carbon concentration (SOCc), Soil organic carbon stock (SOCs), Total nitrogen (TN), Exchangeable K and available P

	خاک‌ورزی Tillage system [a]		سطوح مختلف نیتروژن N rate of application (kg N.ha^{-1})			
	CT	MT	0	50	150	250
اسیدیته pH	8.68 ^{A*}	8.66 ^{A}	8.71 ^{a}	8.66 ^{b}	8.65 ^{b}	8.65 ^{b}
وزن مخصوص ظاهری BD (g.cm^{-3})	1.72 ^{A}	1.68 ^{A}	1.74 ^{a}	1.71 ^{a}	1.71 ^{ab}	1.66 ^{b}
تجمع کربن آلی خاک SOCc (%)	0.83 ^{A}	0.83 ^{A}	0.8 ^{a}	0.85 ^{a}	0.8 ^{a}	0.87 ^{a}
ذخیره کربن آلی خاک SOCs (Mg.ha^{-1})	43.25 ^{A}	41.97 ^{A}	41.89 ^{a}	43.77 ^{a}	41.23 ^{a}	43.55 ^{a}
نیتروژن کل TN (mg.kg^{-1})	943 ^{A}	955 ^{A}	878 ^{b}	914 ^{b}	968 ^{ab}	1036 ^{a}
پتاسیم قابل تبادل K (mg.kg^{-1})	142 ^{A}	135 ^{A}	154 ^{a}	144 ^{ab}	130 ^{bc}	127 ^{c}
فسفر قابل جذب P (mg.kg^{-1})	15.57 ^{A}	15.20 ^{A}	16.99 ^{a}	16.88 ^{a}	14.24 ^{ab}	13.43 ^{b}

[a] CT: بیانگر شخم رایج و MT: بیانگر شخم حداقل می‌باشد.

* اختلاف میانگین‌های مربوط به سیستم‌های مختلف شخم که با حروف بزرگ یکسان نشان داده شده‌اند در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد؛ اختلاف میانگین‌های مربوط به سطوح نیتروژن که با حروف کوچک یکسان نشان داده شده‌اند، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

[a] CT & MT: refers to conventional tillage and minimum tillage, respectively.

* Means in columns within each tillage system with the same uppercase letters are not significantly different at P≤0.05
Means in columns within each N rate with the same lowercase letters are not significantly different at P≤0.05.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عملیات خاک‌ورزی در کوتاه مدت (دو سال) تأثیر معنی‌داری بر روی افزایش و یا کاهش میزان کربن آلی خاک نداشت و همچنین اسیدیته خاک، وزن مخصوص ظاهری و میزان نیتروژن کل، پتاسیم قابل تبادل و فسفر قابل جذب در خاک نیز در این آزمایش تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی قرار نگرفتند. به نظر می‌رسد برای ارزیابی اثر عملیات خاک‌ورزی بر روی خاک، تحقیقات می‌بایست در بازه زمانی بلندتری ادامه پیدا کند. افزایش سطوح نیتروژن خاک در این مطالعه کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش میزان نیتروژن کل و کاهش پتاسیم قابل تبادل و همچنین کاهش فسفر قابل جذب را به همراه داشت (جدول ۳). اثر معنی‌دار سطوح نیتروژن بر وزن مخصوص ظاهری خاک در مطالعات اندکی گزارش شده است، با این وجود کاهش وزن مخصوص ظاهری در سطوح بالای نیتروژن می‌تواند به‌دلیل بهبود رشد اندام‌های

زیرزمینی گیاه و افزایش فعالیت ریزجانداران خاک باشد (Villamil et al., 2015). افزایش سطوح نیتروژن به‌واسطه بهبود و افزایش رشد و نمو گیاهان زراعی، افزایش میزان استفاده از دو عنصر پتاسیم و فسفر را به همراه دارد و از این رو، میزان پتاسیم قابل تبادل و همچنین میزان فسفر قابل جذب در خاک در صورت افزایش سطوح نیتروژن کاهش می‌یابد.

References

Al-Darby, A.M., and Lowery, B., 1986. Evaluation of corn growth and productivity with three conservation tillage systems. Agronomy Journal 78: 901–907.

Allmaras, R.R., Linden, D.R., and Clapp, C.E., 2004. Corn-residue transformation into root and soil carbon as related to nitrogen tillage and Stover management. Soil Science Society of America Journal 68: 1366–1375.

Baker, J.M., Ochsner, T.E, Venterea, R.T., and Griffis, T.J., 2007. Tillage and soil carbon sequestration-What do we really know? Agriculture, Ecosystem and Environment 118: 1–5.

Balesdent, J., Chenu, C., and Balabane, M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Till Research 53: 215–230.

Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, W.M., Izaurralde, R.C., and Owens, L.B., 2006. Corn stover impacts on near-surface soil properties of no-till corn in Ohio. Soil Science Society of American Journal 70: 266–278.

Blevins, R.L., Thomas, G.W., and Cornelius, P.L., 1977. Influence of No-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agronomy Journal 69: 383–386

Bremner, J.M., 1970. Nitrogen total, regular kjeldahl method, in: Mehods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd. Agronomy 9(1). A.S.A Inc., S.S.S.A Inc., Madison publisher, Wisconsin., USA, pp. 610–616

Calvino, P.A., Andrade, F.H., and Sadras, V.O. 2003. Maize yield as a Vected by water availability, soil depth, and crop management. Agronomy Journal 95: 275–281.

Cassel, D.K., Raczkowski, C.W., and Denton, H.P., 1995. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. Soil Science Society of America Journal 59: 1436–1443.

Clapp, C.E., Allmaras, R.R., Layese, M.F., Linden, D.R., and Dowdy, R.H., 2000. Soil organic carbon and 13-C abundance as related to tillage, crop residue and nitrogen fertilizer under continuous corn management in Minnesota. Soil and Tillage Research 55: 127–142.

Culley, J.L.B., 1993. Density and compressibility. In: Carter, M.R. (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Publishers, Boca Raton, USA.

D'Haene, K., Vermang, J., Cornelis, M.W., Leroy, B.L.M., Schiettecatte, W., De Neve, S., Gabriels, D., and Hofman, G., 2008. Reduced dillage effects on physical properties of silt loam soil growing root crops. Soil and Tillage Research 99: 279-290

De Sousa, A., 1961. 19 Micro-determination of potassium with EDTA. Chemistry and Materials Science 49: 644–646.

Dick, W.A., 1983. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Science Society of American Journal 47:102-107

Dick, W.A., Blevins, R.L., Frye, W.W., Peters, S.E., Christenson, D.R., Pierce, F.J., and Vitosh, M.L., 1998. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. Soil and Tillage Research 47: 235–244.

Doran, J.W., 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Science Society of America Journal 44: 765–771.

Fageria, N.K., and Baligar, V.C., 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advance in Agronomy 88: 97–185.

Fang, H., Cheng, S., Yu, G., Xu, M., Wang, Y., Li, L., Dang, X., Wang, L., and Li, Y., 2014. Experimental nitrogen deposition alters the quantity and quality of soil dissolved organic carbon in an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. Applied Soil Ecology 81: 1–11

Fang, H., Cheng, S., Yu, G., Zheng, J., Zhang, P., Xu, M., Li, Y., and Yang, X., 2012. Responses of CO_2 efflux from an alpine meadow soil on the Qinghai Tibetan Plateau to multi-form and low-level N addition. Plant and Soil 351: 177–190.

Ferna´ ndez, U.O., Virto, I., Bescansa, P., Imaz, M.J., Enrique, A., and Karlen, D.L., 2009. Notillage improvement of

soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. Soil and Tillage Research 106: 29–35.

Gregorich, E.G., Ellert, B.H., Drury, C.F., and Liang, B.C., 1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. Soil Science Society of America Journal 60: 472–476.

Jagadamma, S., Lal, R., Hoeft, R.G., Nafziger, E.D., and Adee, E.A., 2008. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their relationship to crop yield in the central Corn Belt, USA. Soil and Tillage. Research 98: 120–129.

Kamkar, B., Daneshmand, A.R., Ghooshchi, F., Shiranirad, A.H., and Safahani langeroudi, A.R., 2001. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management 98: 1005-1012.

Kladivko, E.J., 1994. Residue effects on soil physical properties. In: Unger, P.W., (Ed.), Managing Agricultural Residues. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 123–141.

Knorr, M., Frey, S., and Curtis, P., 2005. Nitrogen additions and litter decomposition: A meta-analysis. Ecology 86: 3252–3257.

Lafond, G.P., Boyetchko, S.M., Brandt, S.A., Clayton, G.W., and Entz, M.H., 1996. Influence of changing tillage practices on crop production. Canadian Journal of Plant Science 76: 641–649.

Liebig, M.A., Varvel, G.E., Doran, J.W., and Wienhold, B.J., 2002. Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the western Corn Belt. Soil Science Society of America Journal 66(2): 596–601.

Malhi, S.S., and Nyborg, M., 1990. Effect of tillage and straw on yield and N uptake of barley grown under different N fertility regimes. Soil and Tillage Research 17: 115–124.

Malhi, S.S., Lemke, R., Wang, Z.H., and Chhabra, B.S., 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. Soil and Tillage Research 90: 171–183.

MC Lean, E.D., 1982. Soil pH and lime requirement, In: Methods of soil Analysis, part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy 9(1): 631–636.

Mullins, G.L., Alley, S.E., and Reeves, D.W., 1998. Tropical maize response to nitrogen and starter fertilizer under strip and conventional tillage systems in southern Alabama. Soil and Tillage Research 45: 1–15.

Mulvaney, R.L., Khan, S.A., and Ellsworth, T.R., 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production. Journal of Environment Quality 38: 2295–2314.

Olsen, S.T., Cole, C.V., Watenabe, F.S., and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cri, 939. USA.

Penuelas, J., Gamon, J.A., Fredeen, A.L., Merino, J., and Field, C.B., 1994. Reflectance indexes associated with physiological-changes in nitrogen-limited and water limited sunflower leaves. Remote Sensing of Environment 48: 135–146.

Qualls, R.G., and Haines, B.L., 1992. Biodegradability of dissolved organic matter in forest through fall, soil solution, and stream water. Soil Science Society of American Journal 56: 578–586.

Rice, C.W., Smith, M.S., and Blevins, R.L., 1986. Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production. Soil Science Society of American Journal 50: 1206–1210.

Rui, Y.K., Peng, Y.F., Wang, Z.R., and Shen, J.B., 2009. Stem perimeter, height and biomass of maize (*Zea mays* L.) grown under different N fertilization regimes in Beijing, China. International Journal of Plant Production 3: 85–90.

Schlesinger, W.H., 2009. On the fate of anthropogenic nitrogen. Proceeding of the National Academy of Science 106: 203–208.

Six, J., Elliott, E.T., and Paustain, K., 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. Soil Science Society of American Journal 63: 1350–1358.

Studdert, G.A., and Echeverria, H.E., 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Science Society of American Journal 64: 1496–1503.

Tenant, D., 1975. A test of a modified line intersects method of estimating root length. Journal of Ecology 63: 995–1001.

Triplett, G.B., and Dick, W.A., 2008. No-tillage crop production: a revolution in agriculture. Agronomy Journal 100: 153–165.

Ugalde, D., Brungs, A., Kaebernick, M., McGregor, A., and Stattery, B., 2007. Implication of climate change for tillage practice in Australia. Soil and Tillage Research 97: 318–330.

Varvel, G.E., 1994. Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. Agronomy

Journal 86: 319–325.
Villamil, M.B., and Nafziger, D.E., 2015. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil carbon and nutrient stocks in Illinois. Geoderma 253-254: 61-66
Villamil, M.B., Little, J., and Nafziger, D.E., 2015. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil properties. Soil and Tillage Research 151: 61-66
West, T.O., and Post, W.M., 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. Soil Science Society of America Journal 66: 1930–1946.
Wood, C.W., and Edwards, J.H., 1992. Agro-ecosystem management effects on soil carbon and nitrogen. Agriculture, Ecosystem and Environment 39: 123–138.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.4, Winter 2022, p. 619-630

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۶۳۰-۶۱۹

The Effects of Tillage and N Application Rate on Soil Quality in Corn-Canola-Corn Rotation

S.S. Moinoddini[1], A. Koocheki[2*],M. Nassiri Mahallati[2] and A. Borzouei[3]

Submitted: 12-03-2015
Accepted: 6-05-2015

Moeinoddini, S.S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2022. The effects of tillage and N application rate on soil quality in corn-canola-corn rotation. Journal of Agroecology 13(4):619-630.

Introduction

Sustainable production in agriculture is closely related to the proper soil chemical, physical, and biological conditions which are considered as the main functions of soil organic matter. The amount of soil organic matter, especially soil organic carbon (SOC), in agricultural ecosystems depends on the tillage practices. Conventional tillage (CT) which generally uses moldboard plow, results in soil losses by intense erosion, a net loss of nutrients and organic carbon. Toward sustainable agriculture, decreasing plow intensity of CT through application of conservation tillage strategy in which tillage practices are omitted or limited to a considerable extent, has been reported as an essential alternative. The objective of this study was to evaluate the effect of tillage management practices and N application on soil chemical and physical properties as well as SOC in a corn-based rotation on a clay loam textured soil in semi-arid climate of Hashtgerd, Iran.

Materials and Methods

A field experiment as the split plot design with three replications carried out in the research farm of agricultural research department of Atomic Energy Organization of Iran in two successive growing seasons during 2011-13. The tillage systems were (CT) conventional tillage (moldboard, rotary, and leveler) and; (MT) minimum tillage (disk) assigned as the main plot; and N rates of application, as the subplots, were 0, 50, 150, 250 kg ha^{-1}. In CT treatment, moldboard plow to a depth of 25-30 cm was used as the primary tillage once in autumn and once in spring each year. As the secondary tillage, CT plots were rotavated to 10 cm depth in spring. MT treatment included two trips over the plots with disk harrow cutting to a soil depth of approximately 10 cm prior to sowing. Soil pH, bulk density (BD), total nitrogen (TN), soil organic carbon (SOC), exchangeable K and available P were then evaluated. Soil samples were collected in September 2013 after the end of three growing seasons from 0-30 cm depth at 5 locations per plot using a 3.5 cm diameter coring tube.

Results and Discussion

The results showed that short-term (2 years) effect of tillage systems on soil pH, BD, TN, SOC and exchangeable K as well as available P, was not significant ($p \leq 0.05$). However, N application rate significantly ($p \leq 0.05$) changed soil TN, BD, exchangeable k and available P. Soil TN increased significantly ($p \leq 0.05$) by increase in N application rate as the highest amount of TN was 1036 and 968 mg kg^{-1} in 250 and 150 kg ha^{-1}, respectively. As the soil samples were taken after crops harvest, soil TN is illustrative of the residual soil N and high amount of TN implies the excessive N application. Soil BD decreased significantly in 250 kg N ha^{-1}. Increasing the N application rate would decrease soil BD by increasing root growth. Exchangeable K and available P decreased significantly ($p \leq 0.05$) by increasing N application rate. The lowest amount of soil exchangeable K, and available P was detected for N rate of 250 and 150 kg ha^{-1}, 127 and 130 mg kg^{-1} for K, and 13.43 and 14.24 mg kg^{-1} for P, respectively. Increased N application promotes plant growth and improves nutrient uptakes such as K and P, consequently, the amount of soil exchangeable K and available P would

1- Ph.D of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
3-Associate Professor, Agricultural Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran.
(* Corresponding author: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v1i1.45219

decrease.

Conclusion

Toward sustainable agriculture, conservation tillage seems to be an effective strategy to maintain crop yields as well as soil chemical, physical, and biological properties in the long-term. However, based on the results, tillage systems (CT and MT) had no significant effects on SOC as well as other investigated soil properties in the studied site in the short-term. However, N application rate increased soil TN and decreased BD, exchangeable K and available P. It seems that longer-term investigations are needed to evaluate the probable effects of different tillage systems on soil properties particularly SOC

Keywords: Bulk Density, Soil Organic Carbon, Soil pH, TN, Tillage.