ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲٤ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی و برنامه ریزی آبیاری بر مقاومت مکانیکی خاک

آیدین ارشدی خمسه[۱] ، مرتضی الماسی[۲]، علی رشاد صدقی[۳]، رسول احمدی عدلی[۳]

۱ – فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران-
aidin_arshadi@yahoo.com
۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۳ – اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

چکیده:

به منظور بررسی تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر روی مقاومت مکانیکی خاک، آزمایشی به صورت کرتهای خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار در خاکی با بافت لومی شنی رسی انجام شد. تیمارهای خاک‌ورزی بصورت T_1: خاک‌ورزی‌مرسوم، T_2: کم‌خاک‌ورزی و T_3: بی‌خاک‌ورزی بوده و تیمارهای آبیاری بصورت: آبیاری پس از ۲۵ (I_1)، ۵۰ (I_2) و ۷۵ (I_3) درصد تخلیهٔ رطوبتی در عمق توسعهٔ ریشه بودند. مقاومت مکانیکی خاک بر اساس شاخص مخروطی (CI)[1] در مراحل مختلف برای هر یک از تیمارهای آزمایشی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مرحلهٔ پس از برداشت در عمق۱۰-۰ سانتیمتری بین تیمارهای خاک‌ورزی و همچنین بین تیمارهای آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد و در عمق ۲۰-۱۰ سانتیمتری، به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری تیمارهای خاک‌ورزی و تیمارهای آبیاری بطور مستقل در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند، ولی اثر متقابل آنها در هیچکدام از عمقهای اندازه‌گیری شده، معنی‌دار نبود.

کلمات کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، مقاومت مکانیکی خاک، شاخص مخروطی خاک، برنامه‌ریزی آبیاری

[1] - Cone Index

مقدمه:

خاک‌ورزی با تأثیر بر جرم مخصوص ظاهری خاک و نحوهٔ قرار گرفتن ذرات آن، بر میزان مقاومت مکانیکی خاک و در نتیجه بر روی میزان نفوذ ریشه و عملکرد، تأثیر می‌گذارد. مقاومت مکانیکی خاک را با استفاده از نفوذسنج[1] اندازه گرفته و با شاخص مخروطی (CI)[2] بیان می‌نمایند. خاک‌ورزی حفاظتی مفهوم گسترده‌ای داشته و دامنهٔ وسیعی از عملیات و روشها را در بر می‌گیرد. این نوع خاک‌ورزی از روشهای تکامل یافته‌ای بوده که کاهش تردد ماشین‌آلات در مزرعه و افزایش عملکرد گیاهان، بدون انجام خاک‌ورزی‌های اولیه و ثانویه را توصیه می‌کند. این سیستم در ابتدا با نام خاک‌ورزی حداقل[3] شناخته می‌شد، که کاهش تعداد دفعات عملیات خاک‌ورزی داخل مزرعه را ترویج می‌کرد، اما در اواخر سال ۱۹۷۷ میلادی به پیشنهاد انجمن حفاظت خاک ایالات متحدهٔ امریکا[4] این واژه به خاک‌ورزی حفاظتی تغییر نام داد. بعد از تغییر نام سیستم مذکور، تلاش بیشتر بر حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، پس از کشت بود تا کاهش تعداد دفعات تردد در مزرعه مد نظر باشد(کوروتو، ۲۰۰۶).

روش دیگر خاک‌ورزی حفاظتی، کم خاک‌ورزی می باشد. در این روش، پس از کشت، ۱۵ تا ۳۰ درصد سطح خاک با بقایای گیاهی پوشیده شده و یا آنکه معادل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بقایای غلات ریز دانه در هکتار، در سطح خاک وجود دارد. برای تهیه بستر بذر می توان از ادواتی همچون چیزل، دیسک و چنگه‌های دندانه فنری و غیره استفاده کرد. کنترل علفهای هرز با استفاده از علف کشها و یا خاک‌ورزی انجام می گیرد. کاهش خاک‌ورزی در این سیستم از طریق کاهش تعداد عملیات و شدت انجام آن و به منظور کاهش و انتقال بقایای گیاهی به کنار شیار کاشت و تسریع در گرم شدن خاک انجام می‌گیرد(C.T.I.C, 1996).

یکی از سیستمهایی که زیر مجموعهٔ خاک‌ورزی حفاظتی بوده، سیستم بی‌خاک‌ورزی[5] است. بنا به تعریف، خاک از زمان برداشت محصول قبلی تا کشت بعد، مگر برای افزودن عناصر غذایی، دست نخورده باقی می‌ماند. در این سیستم کارندهٔ ویژه‌ای مورد نیاز می باشد. زیرا علاوه بر ایجاد شیار در خاک، بقایای گیاهی نیز باید بریده شود. به همین منظور ابتدا با استفاده از علف بُر دیسکی دندانه‌دار[6] بقایای گیاهی برش خورده، سپس شیار بازکن دیسکی، شکافی برای بذر ایجاد کرده و نهایتاً توسط پوشاننده، بذر پوشانده می‌شود(کوروتو، ۲۰۰۶). خاک‌ورزی با تأثیر بر جرم مخصوص خاک و نحوهٔ قرار گرفتن ذرات در کنار یکدیگر، بر میزان مقاومت مکانیکی خاک و در نتیجه ممانعت از رشد ریشه ها و جلوگیری از خروج گیاهچه‌ها تأثیر می‌گذارد. لایه‌های مقاوم یا به شکل طبیعی در خاک

---

[1] - Pentrometer
[2] - Cone Index
[3] - Minimum tillage
[4] - The United States Soil Conservation Service
[5] - No Tillage
[6] - Notched disk Coulter

و در ناحیهٔ گسترش ریشه وجود دارند و یا آنکه در اثر استفاده از ماشین‌آلات سنگین در بخشهای سطحی خاک تشکیل می شوند(C.T.I.C, 1996). مقاومت مکانیکی خاک را با استفاده از فروسنج[1] الکترونیکی اندازه گرفته و با شاخص مخروطی (CI)[2] بیان می‌نمایند. این شاخص به وزن مخصوص خاک، بافت خاک و همچنین مقدار ذخیرهٔ رطوبتی آن وابسته است. کاسل (۱۹۸۲) خاطر نشان نمودند که قبل از اندازه‌گیری CI باید عمق خاک ورزی و ادوات استفاده شده برای انجام آن، نوع خاک، شرایط خاک قبل از خاک ورزی و ذخیرهٔ رطوبتی خاک در زمان اندازه‌گیری مدنظر باشد، تا داده ها بشکل منطقی بدست آید. گزارشهای موجود در ارتباط با اثر خاک‌ورزی بر افزایش بازدارندگی مکانیکی خاک بیانگر آنست که CI در سیستم های مبتنی بر شخم و یا خاکهایی که در آنها عملیات خاک‌ورزی انجام شده، کمتر از سیستم های بی‌خاک‌ورزی و یا خاکهایی است که در آنها عملیات خاک‌ورزی انجام نشده است(کاسل و همکاران، ۱۹۹۵).

کولی و همکارانش(۱۹۹۰) اثرات خاک‌ورزی حفاظتی را بر میزان مقاومت مکانیکی خاک بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که شاخص مخروطی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بشکل قابل توجهی کمتر از بی‌خاک‌ورزی در همان منطقه از خاک بود. محبوبی و همکارانش(۱۹۹۳) گزارش کردند که مقدار CI در تیمار شخم برگردان در یک خاک لومی سیلتی، در محل عبور و مرور ۳۷ درصد و در محل ردیفهای کشت ٦١ درصد کمتر از تیمار بی‌خاک‌ورزی بود. عملیات شکافتن خاک در خاکهای فاقد ساختمان پایدار، که سطح آنها در اثر آبیاری و یا بارندگی، نفوذ ناپذیر و مسدود می‌گردد، می‌تواند موجب گسترش سله در سطح خاک شود. تشکیل سله معمولاً همزمان با خشک شدن خاک آغاز و با افزایش درجهٔ خشکی بر میزان مقاومت آن افزوده می‌گردد. خاک‌ورزی و مدیریت حفظ بقایای گیاهی از طریق تعدیل شرایط فیزیکی سطح خاک، مانع از تشکیل سله می‌گردد. در ایالات متحدهٔ امریکا در خاکهای فرسوده و مستعد سله بستن دیده شده که انجام خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، در مقایسه با شخم برگردان، توانایی بیشتری در جهت کاهش مقاومت سله و همچنین جلوگیری از تشکیل شکافهای ناشی از سله در سطح خاک دارد(آنگر، ۱۹۸٤).

ریشهٔ گیاهانی که بطور مستقیم کشت شده‌اند، معمولاً سطحی تر از آنهایی است که پس از خاک‌ورزی کشت گردیده‌اند، چرا که وزن حجمی خاک و مقدار خاک سطحی در سیستم کشت مستقیم بیشتر است(رادکلایف و همکاران، ۱۹۹۸). رشد محدود ریشه در مراحل اولیه، که در سالهای آغازین استفاده از سیستم بی‌خاک‌ورزی شایع است، با رشد تکمیلی در انتهای فصل جبران می شود، ولی در سالهای بعد سیستم NT تأثیری بر رشد ریشه نخواهد گذاشت. عدم تأثیر NT بر رشد ریشه، علیرغم مقاومت بالای خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی، به افزایش تعداد

[1] - Pentrometer
[2] - Cone Index

کانالهای حاصل از فعالیت کرمهای خاکی و وجود ریشه‌های گیاه قبلی در خاک نسبت داده شده است(مریل و همکاران، ۱۹۹٦). تراکم خاک از دیگر عوامل محدود کنندهٔ رشد ریشهٔ گیاهان در مزرعه می‌باشد. تراکم خاک عمدتاً نتیجهٔ شرایط اقلیمی و زمان انجام عملیات خاک‌ورزی، مثل خاک‌ورزی در خاک مرطوب، و یا انجام عملیات خاک‌ورزی ثانویه مکرر و غیر ضروری، می‌باشد. حرکت چرخها در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی در شرایط نامساعد موجب فشرده‌شدن خاک شده و ممکن است میزان این فشردگی، برابر یا بیشتر از فشردگی آن در اثر انجام خاک‌ورزی مرسوم شود (آنکنی و همکاران، ۱۹۹۰). لایه‌های خشک شکننده و لایه‌های رسی طبیعی موجود در خاک و همچنین سخت شدن خاک بخاطر خشک شدن سریع لایه‌های سطحی و زیر سطحی آن، که در خاکهای با بافت درشت و فاقد مواد آلی دیده شده، قادر است رشد ریشه را محدود نماید (چادهری و همکاران، ۱۹۹۱). هدف اصلی از اجرای این آزمایش، بررسی میزان تاثیر روشهای خاک‌ورزی بر روی میزان فشردگی و مقاومت مکانیکی خاک و تاثیر آن بر روی رشد و توسعهٔ ریشه و نهایتاً عملکرد دانه بود.

مواد و روش ها:

این آزمایش بر اساس طرح کرتهای خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی، با ۹ تیمار در ۳ تکرار به منظور بررسی تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر برنامه‌ریزی آبیاری و عملکرد کلزا در سال ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی- رسی- شنی[1] بود. به منظور اجرای آزمایش قطعه زمینی به مساحت ۵۰۰ مترمربع از مزرعه‌ای که در سال گذشته به کشت گندم اختصاص یافته بود، انتخاب و بر اساس فاکتورهای اصلی و فرعی کرت‌بندی شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از:

الف- کرتهای اصلی شامل تیمارهای: T_1 : خاک ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار+ دیسک + ماله)، T_2 :کم خاک ورزی (گاوآهن چیزل)، T_3: بی‌خاک ورزی (کاشت مستقیم). **ب- کرت های فرعی شامل تیمارهای:** I_1 : آبیاری پس از ۲۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در ناحیهٔ توسعهٔ ریشهٔ گیاه، I_2 : آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی در ناحیهٔ توسعهٔ ریشهٔ گیاه، I_3 : آبیاری پس از ۷۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی در ناحیهٔ توسعهٔ ریشهٔ گیاه. بعد از کرت بندی و پیاده‌سازی نقشهٔ آزمایش، عملیات ذیل اجرا گردید:

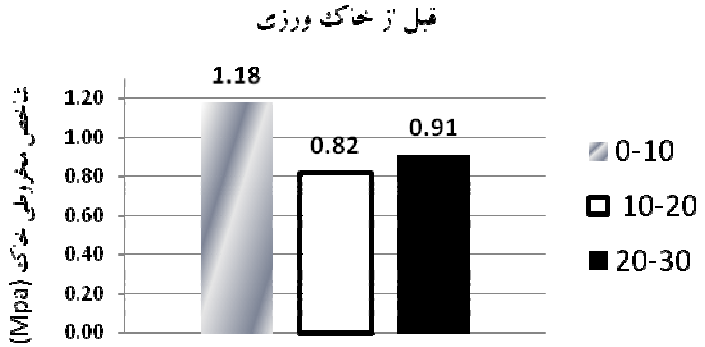
- بذر از رقم کلزای تیپ بهاره RGS 003 انتخاب و به میزان ۸ کیلوگرم در هکتار با استفاده از خطی‌کار تاکا در نیمهٔ اردیبهشت ماه کشت گردید. پس از کاشت، کرت‌بندی انجام و به منظور جلوگیری از نفوذ جانبی آب به سایر کرت‌ها، ۱/۵ متر فاصله بین کرت‌ها در نظر گرفته شد.

[1] -Sandy-Clay-Loam

- به منظور تعیین مقاومت خاک، شاخص مخروط خاک در سه مرحله (قبل از خاک‌ورزی، هنگام جوانه‌زنی و بعد از برداشت) تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک با استفاده از دستگاه پنترومتر[1] (فروسنج) الکترونیکی مدل Eijkelkamp با مخروط استاندارد به زاویه راس۶۰ درجه و قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلیمتر (سطح مخروط یک سانتیمترمربع) و سرعت نفوذ دستی ۲ سانتیمتر در ثانیه تعیین گردید (ASAE). دستگاه اندازه‌گیری بازای هر سانتیمتر فرو رفتن مخروط در داخل خاک، نیروی مقاومت خاک را اندازه گرفته و بر حسب مگا پاسکال (MPa) محاسبه و ثبت می‌نمود. با توجه به رابطهٔ مستقیم کمیت شاخص مخروط با رطوبت خاک، همزمان با اندازه‌گیری این کمیت، رطوبت خاک نیز تعیین می‌شد. این مقدار در هر سه مرحله تقریباً ۲۱ درصد برپایه وزن خشک خاک بود (نزدیک به ظرفیت مزرعه ای خاک).

نتایج و بحث:

قبل از انجام خاک‌ورزی، شاخص مخروطی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتیمتر با رطوبت ۲۱/٤ درصد اندازه‌گیری شد. با توجه به شکل (۱) میزان شاخص مخروطی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری برابر ۱/۱۸ مگاپاسکال شده که احتمالاً به دلیل تبخیر سطحی و کاهش رطوبت خاک سطحی مقدار شاخص مخروطی خاک در این لایه نسبت به لایه های پایین تر بیشتر بوده، همچنین لایهٔ میانی خاک (۲۰-۱۰ سانتیمتری) به دلیل وجود ریشه‌های گندم و بیوماس آنها و ایجاد خلل و فرج نسبی در این محدوده، دارای کمترین مقدار شاخص مخروطی خاک برابر با ۰/۸۲ مگاپاسکال بوده است. در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری خاک شاخص مخروطی برابر ۰/۹۱ مگاپاسکال بوده و احتمالاً با توجه به بافت خاک در این عمق و درصد بیشتر رس در این محدوده و نفوذ بیشتر آب و افزایش چسبندگی ذرات خاک، شاخص مخروطی خاک نسبت به لایهٔ میانی افزایش یافته است.

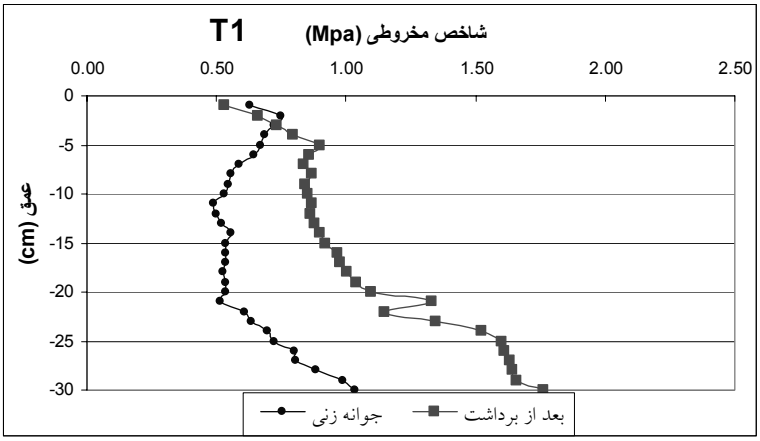


شکل (۱)- مقایسهٔ شاخص مخروطی خاک در مرحلهٔ قبل از خاک ورزی

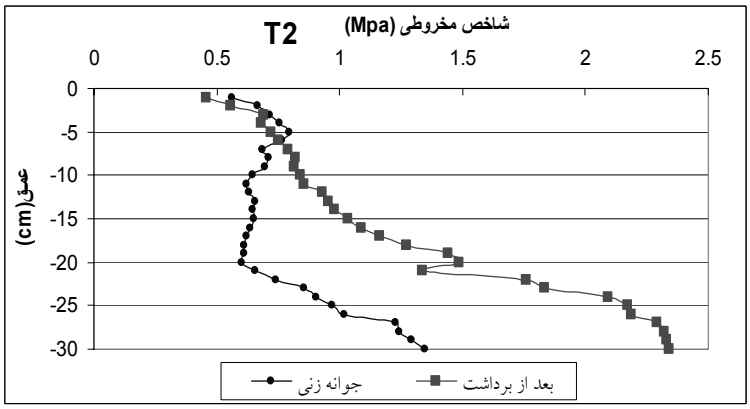
در مرحلهٔ جوانه زنی با توجه به اینکه تیمارها به طور یکسان آبیاری شده و بعد از مرحلهٔ روزت تیمارهای آبیاری اعمال گردید. مقدار شاخص مخروطی اندازه‌گیری شده در مرحلهٔ پس از برداشت، مورد تجزیهٔ آماری قرار

[1] -Penetrometer

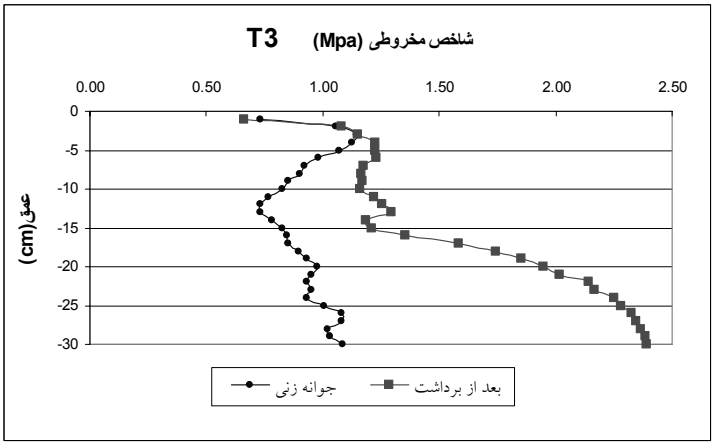
گرفت. نتایج اندازه‌گیری CI به تفکیک تیمارهای خاک‌ورزی در دو مرحلهٔ جوانه‌زنی و بعد از برداشت در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در اشکال ۲، ۳ و ٤ نشان داده شده است.



شکل (۲)- مقایسهٔ شاخص مخروطی خاک در تیمار خاک‌ورزی مرسوم



شکل (۳)- مقایسهٔ شاخص مخروطی خاک در تیمار کم‌خاک‌ورزی



شکل (٤)- مقایسهٔ شاخص مخروطی خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی

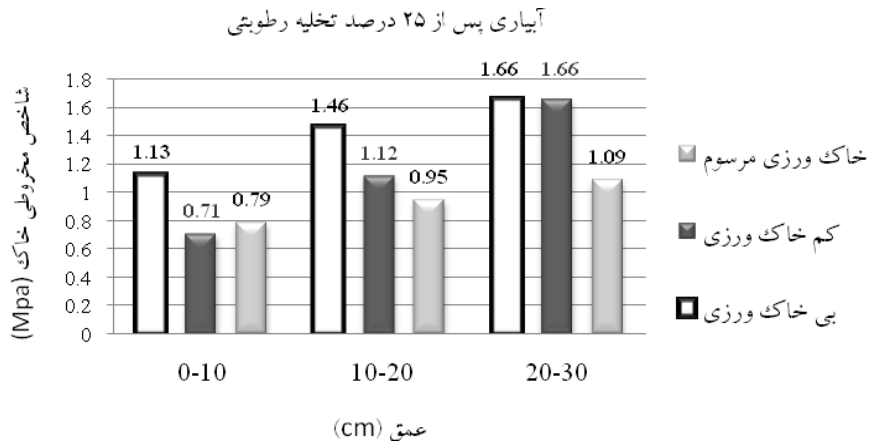
با توجه به اشکال ۲ و۳ و٤ یکی از دلایل اختلاف شاخص مخروطی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری تاثیر نوع ابزار خاک‌ورزی بوده است. بطوریکه در تیمار T_1 به دلیل استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری به دلیل برگردان کامل خاک و تغییر وضعیت اولیهٔ خاک، مقدار شاخص مخروطی به کمترین مقدار یعنی ۰/۵۵ مگاپاسکال رسیده است. ولی به دلیل نیروی عمودی گاوآهن بر کف شیار شخم، مقدار شاخص مخروطی در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری برابر ۰/۸۵ مگاپاسکال بوده، که بیشتر از لایه‌های فوقانی می‌باشد.

در تیمار T_2 و در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری، به دلیل استفاده از گاوآهن چیزل و عدم برگردان کامل خاک مقدار شاخص مخروطی تحت تاثیر قرار گرفته است. اما در عمقهای ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتیمتری به دلیل کاهش تاثیر ابزار خاک ورز و تغییر کمتر قطر کلوخه ها، شاخص مخروطی افزایش یافته و به ترتیب برابر ۰/٦۸ و ۰/۸۲ مگاپاسکال رسیده است (شکل۲). در تیمار T_3 در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری به دلیل عدم انجام عملیات خاک‌ورزی و اعمال یکساله این سیستم ذرات خاک در لایهٔ سطحی فشرده‌تر از سایر تیمارها بوده و مقدار شاخص مخروط خاک برابر با ۰/۹۱ مگاپاسکال و بیشتر از سایر تیمارها بوده است. اما در عمق ۲۰-۱۰ سانتیمتری به دلیل وجود بیوماس ریشه و زیست تخلخل‌های طبیعی این شاخص برابر با ۰/٦٦ مگاپاسکال بوده است. همچنین در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری با توجه به شکل(۲) شاخص مخروطی تیمار T_3 کمتراز سایر تیمارها بوده است. در مرحلهٔ پس از برداشت محصول، اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک در رطوبت ۲۰ درصد، انجام گرفت. با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس(جدول۱) در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری بین تیمارهای خاک‌ورزی و همچنین تیمارهای آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در عمق ۲۰-۱۰ سانتیمتری بین تیمارهای خاک‌ورزی در سطح احتمال ۵ درصد و تیمارهای آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار وجود داشت. در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری تیمارهای خاک‌ورزی و تیمارهای آبیاری هرکدام بطور مستقل در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند اما در هیچ کدام از عمقها اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود.

جدول(۱)- نتایج تجزیهٔ واریانس تیمارها در مرحلهٔ بعد از برداشت

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		عمق ۱۰-۰ (cm)	عمق ۲۰-۱۰ (cm)	عمق ۳۰-۲۰ (cm)
تکرار	۲	۰/۰۰۳ n.s	۰/۰۲۹ n.s	۰/۰۲ n.s
خاک ورزی	۲	۰/۷۳۱ **	۱/۳٤۲ *	۰/۱۳٦ *
اشتباه اصلی	٤	۰/۰۱٤	۰/۱۰۸	۰/۰۰۹
آبیاری	۲	۰/۲۲۸ **	۱/۲۸۵ **	۰/۲۵۱ *
اثر متقابل	٤	۰/۰۱٤ n.s	۰/۱۳٤ n.s	۰/۰۲٤ n.s
اشتباه فرعی	۱۲	۰/۰۲	۰/۰٦۸	۰/۰۵۷
C.V (%)		۱٤/۰٦	۷/۰۹	۱/٦۲

مقدار شاخص مخروطی در تیمار آبیاری T_1I_1 (خاک‌ورزی مرسوم + آبیاری پس از ۲۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی)، در عمق۱۰-۰ سانتیمتری برابر ۰/۷۹ مگاپاسکال بوده و به تدریج با افزایش عمق خاک، شاخص مخروطی نیز افزایش یافته است. احتمالاً به دلیل نفوذ آب و چسبندگی مجدد ذرات خاک به یکدیگر، قطر متوسط کلوخه‌ها کمتر و سطح تماس بیشتر شده و در انتهای فصل از نظر فشردگی، به تدریج ساختمان خاک به حالت اولیهٔ برگشته است (شکل۵).



شکل (۵)- مقایسهٔ شاخص مخروطی خاک در مرحلهٔ بعد از برداشت

در تیمار T_2I_1 (کم‌خاک‌ورزی + آبیاری پس از ۲۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی) شاخص مخروطی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتیمتر برابر ۰/۷۱ مگاپاسکال بوده و به تدریج در عمق‌های پایین‌تر مقدار شاخص مخروطی افزایش می‌یابد. البته می‌تواند تاثیرات اعمال یکسالهٔ سیستمهای کم‌خاک‌ورزی هم عامل تغییر این شاخص بوده باشد. احتمالاً در صورت انجام این آزمایش در سالهای متوالی، اثرات آن بهتر قابل مشاهده خواهد بود.

در تیمار T_3I_1 (بی‌خاک‌ورزی + آبیاری پس از ۲۵ درصد تخلیهٔ رطوبتی) مقدار شاخص مخروطی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتیمتری نسبت به وضعیت اولیهٔ خاک (قبل از عملیات خاک‌ورزی) کمتر دچار تغییر شده است، بطوریکه این مقدار در وضعیت اولیهٔ خاک معادل ۱/۱۸ مگاپاسکال و در مرحلهٔ پایانی ۱/۱۳ مگاپاسکال بود. این نتایج حاکی از تاثیر سیستمهای بی‌خاک‌ورزی بر کاهش چسبندگی ذرات خاک و جلوگیری از روند صعودی فشردگی خاک در طول فصل رشد بوده است. بطوریکه به نظر می رسد روند تغییرات خطی بوده و هیچگونه تنش تراکمی بر خلاف خاک‌ورزی مرسوم ایجاد نمی‌کند. البته این مساله می‌تواند دلایل دیگری چون کاهش تردد ماشین‌آلات و ادوات خاک‌ورزی، بقایای گیاهی، بیوماس ریشه و زیست تخلخل‌ها داشته باشد، که در صورت انجام متوالی این سیستمهای خاک‌ورزی ملموس‌تر خواهد بود. در کل می‌توان نتیجه گرفت که شاخص مخروطی خاک برای بررسی تاثیرات رطوبتی، نفوذ آب، مقدار چسبندگی ذرات خاک، وجود سخت لایه[1]، اثرات رشد و توسعهٔ ریشه، اثرات ادوات خاک‌ورزی، زیست تخلخل‌ها و غیره، پارامتر تعیین کننده و مهمی باشد. در این آزمایش نیز به دلیل افزایش مقدار فشردگی و شاخص مخروطی خاک در مراحل حساس کلزا در تیمار بی‌خاک‌ورزی، در رشد و توسعهٔ ریشه محدودیت ایجاد شده و در نتیجه باعث افت عملکرد دانه در این تیمار شده است (عملکرد دانه در تیمارهای T_1I_1 و T_2I_1 و T_3I_3 به ترتیب برابر با ۹۸۹، ۸۴۲ و ۸۱۰ کیلوگرم در هکتار بود). البته تاثیرات اجرای یکسالهٔ سیستمهای خاک‌ورزی حفاظتی دارای چنین مشکلاتی بوده و شاید با تجزیه تدریجی بیوماس خاک شامل ریشه و بقایای گیاهی، حاصلخیزی خاک افزایش یافته و محدودیت های رشد و توسعهٔ ریشه مرتفع شده و افت عملکرد کمتر گردد. همچنین برگشت تدریجی CI به حالت قبل از عملیات خاک‌ورزی که کاهش قطر کلوخه ها، افزایش سطح تماس ذرات خاک و تاثیر رطوبت در بهم چسبندگی دوباره ذرات خاک باعث افزایش این شاخص در مراحل روزت و ریشه دوانی کلزا شده که در نهایت باعث کاهش حجم ریشه و افت عملکرد می‌شود. این برگشت پذیری به بافت خاک ، سیستم خاک‌ورزی و میزان نفوذپذیری آب بستگی دارد.

[1] - Hard pan

منابع:

Ankeny, M.D., T.C. Kaspar, and R. Horton. 1990. Characterization of traffic and tillage effects on unconfined infiltration measurements. Soil Science Society of America Journal. V54: 837-840 pp.

ASAE standard S313.2. 1995. Soil cone Penetrometer. Agricultural Engineering Year Book. P 683.

Cassel, D.K. 1982. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. American Society of Agronomy. 55-67 pp.

Cassel, D.K., C.W. Raczkowski, and H.P. Denton. 1995. Tillage effects on Corn production and soil physical conditions. Soil Science Society of America Journal. V59. 1436-1443 pp.

Chaudhary, M.R., R. Khera, and C.J. Singh. 1991. Tillage and irrigation effects on root growth, soil water depletion and yield of wheat following rice. Journal of Agricultural Science(Cambridge). V116:9-16 pp.

Conservation Technology Information Center. 1996. National crop residue management survey. Survey results.

Corvetto, C. C. 2006. No Tillage: The relationship between no tillage, crop residues, plants and soil nutrition. ISBN: 956-310-176-6. Chile. 216pp.

Culley, J.I, W.E. Larson, and G.W. Randall. 1990. Physical properties of a typic Haplaquoll under conventional and no-tillage. Soil science Society of America Journal. 1587-1593 pp.

Mahboubi, A.A., R. Lal, and N.R. Fausey. 1993. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil Science Society of America Journal. V57. 506-512 pp.

Merrill, S.D., A.L. Black, and A. Bauer. 1996. Conservation tillage effects root growth of dryland spring wheat under drought. Soil Science Society of America Journal. V60: 575-583 pp.

Radcliffe, D.E, E.W, Tolner, W.L, Hargrowe, R.L, Clark and M.H. Golabi. 1998. Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of typic hapludult soil after ten years. Soil science society of American Journal. V52: 798-804 pp.

Unger, P.W. 1984. Tillage effects on surface soil physical conditions and sorghum emergence. Soil Science Society of America Journal. V48. 1423-1432 pp.

Effect of Conservation Tillage and Irrigation Scheduling on soil strength

Abstract

To study the effect of conservation tillage and irrigation scheduling on soil strength, a split-plot experiment based on randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was conducted in sandy-clay-loam soil. Tillage treatments were: T_1: Conventional tillage, T_2: Reduce tillage, T_3: No-tillage. Irrigation treatments were Irrigation after 25(I_1), 50(I_2) and 75(I_3) percent moisture depletion in plant root zone. Soil strength measurements based on Cone Index, were conducted at different stages; before and after tillage and after crop harvesting for each treatment. Results indicated that, after harvesting, there was significant between tillage and irrigation treatments in depth of 0-10 cm ($P<0.01$) and in depth of 10-20 cm ($P<0.05$, $P<0.01$ respectively). In depth of 20-30 cm, tillage and irrigation treatments had significant ($P<0.05$), but interaction effects of treatments in all measuring depths had no significant.

Keywords: Conservation tillage, Soil strength, Cone index, Irrigation scheduling.