کشاورزی حفاظتی: مسیری به سوی کشاورزی پایدار

محمد اسماعیل اسدی[1*]

۱- پژوهشگر ارشد کشاورزی حفاظتی * پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله **iwc977127@yahoo.com**

چکیده

کشاورزی حفاظتی (Conservation Agriculture) یا به اختصار CA به عنوان یک رویکرد تحول‌آفرین در کشاورزی ظهور کرده است که در این رویکرد پایداری بلندمدت بر دستاوردهای کوتاه‌مدت اولویت دارد. این شیوه، به دنبال ترویج روش‌های کشاورزی است که از منابع طبیعی به ویژه آب و خاک محافظت کرده، سلامت خاک را افزایش داده و تاب‌آوری مزرعه را در برابر تغییرات اقلیمی تقویت می کند. این رویکرد با کشاورزی مرسوم که اغلب تکیه بر گاوآهن برگرداندار و برهم زدن مکانیکی خاک و شخم فشرده، تک‌کشتی و استفاده زیاد از مواد شیمیایی متکی است، متفاوت است زیرا همه اینها می‌توانند موجب فرسایش و تخریب خاک شده و مواد مغذی حیاتی را از بین ببرند. در عوض، CA روش‌های کشاورزی را که با طبیعت هماهنگ هستند، تشویق می‌کند و بر حفظ و افزایش ظرفیت طبیعی زمین برای حمایت از رشد گیاه تمرکز دارد. کشاورزی حفاظتی ریشه در سه اصل اساسی دارد: حداقل دستکاری مکانیکی خاک، پوشش دائمی خاک و تناوب زراعی متنوع. اجرای سه اصل به صورت پیوسته برای ایجاد یک سیستم کشاورزی پایدار، پربار و تاب‌آور ضروری است.

واژگان کلیدی: بقایای گیاهی، بی خاک ورزی، خاک، فرسایش، ماده آلی

اصول سه گانه کشاورزی حفاظتی

۱. حداقل دستکاری مکانیکی خاک

حداقل دستکاری مکانیکی خاک، که اغلب از طریق شیوه‌های کشت بی خاک ورزی یا بدون شخم حاصل می‌شود، بر حفظ ساختار خاک با به حداقل رساندن دستکاری مکانیکی خاک تمرکز دارد (Derpsch et al., 2024). روش‌های سنتی شخم زدن، که شامل شخم زدن و زیر و رو کردن خاک است، می‌تواند به تعادل ظریف بوم سازگان های خاک آسیب برساند. برگردان کردن خاک و شخم زدن آن ساختار خاک را تخریب می‌کند و منجر به فرسایش، تراکم و از بین رفتن مواد آلی می‌شود. همچنین زندگی میکروبی و موجودات مفید را که برای چرخه مواد مغذی و سلامت خاک ضروری هستند، مختل می‌کند. در مقابل، کشاورزی حفاظتی با کشت مستقیم محصولات در خاک دست نخورده، این اختلالات را به حداقل می‌رساند. با شیوه‌های بی خاک ورزی، بقایای محصول پس از برداشت در مزرعه باقی مانده و به طور طبیعی تجزیه می‌شوند و موجب افزایش ماده آلی خاک گردیده که خاک را حاصلخیز و غنی می‌کند. این روش ساختار خاک را حفظ می‌کند، نفوذ آب را بهبود می‌بخشد، فرسایش را کاهش می‌دهد و تنوع زیستی خاک را ارتقا می‌دهد و محیطی پررونق برای ریشه‌ها و موجودات خاک ایجاد می‌کند.

۲ .پوشش دائمی خاک

پوشش دائمی خاک شامل حفاظت از سطح خاک به صورت دائمی، معمولاً از طریق استفاده از محصولات پوششی، یا بقایای محصولات برداشت شده قبلی است. این عمل ضمن اینکه خاک را از اثرات مخرب فرسایش باد و آب محافظت می‌کند به ترسیب کربن، حفظ و ذخیره رطوبت چه بارندگی و چه آبیاری، تنظیم دمای خاک و فراهم کردن زیستگاه برای موجودات مفید خاک کمک می‌کند. محصولات پوششی مانند ماشک علوفه‌ای، شبدر، خلر، عدس، ماش، چاودار یا حبوبات اغلب در فصول غیر زراعی برای حفظ پوشش خاک و جلوگیری از رشد علف‌های هرز کاشته می‌شوند. این محصولات به دلیل توانایی‌شان در محافظت از خاک، افزودن مواد مغذی از طریق تثبیت (مانند نیتروژن) و حتی کنترل آفات و بیماری‌ها انتخاب می‌شوند. هنگامی که محصولات پوششی تجزیه می‌شوند، خاک را غنی می‌کنند و چرخه مداومی از ورود مواد آلی و در دسترس بودن مواد مغذی ایجاد می‌کنند. با حفظ لایه‌ای از مواد آلی روی خاک، CA قابلیت حفظ آب خاک را افزایش می‌دهد، از رواناب بیش از حد آب

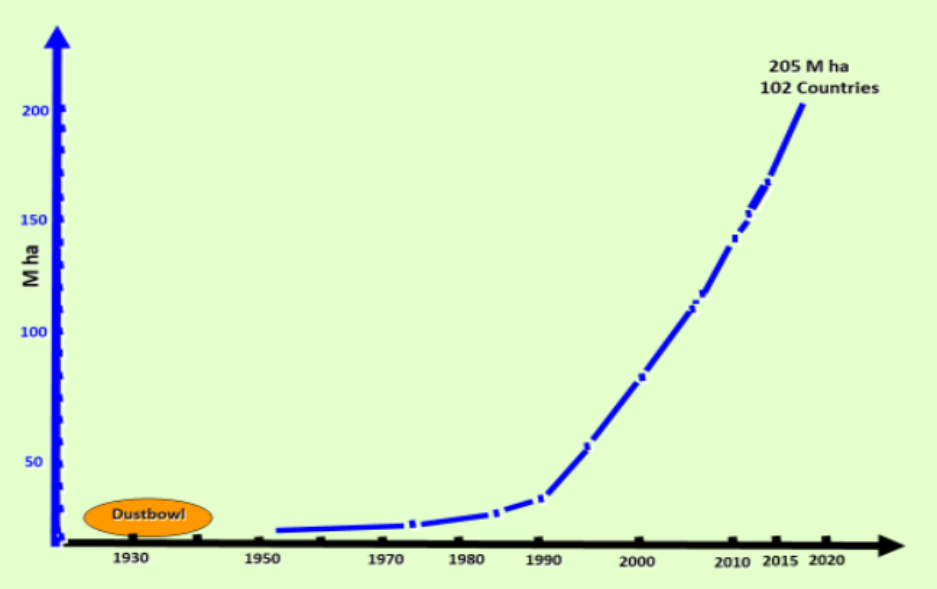
جلوگیری می‌کند و خطر آسیب خشکسالی را کاهش می‌دهد. این امر نه تنها از سلامت محصول پشتیبانی می‌کند، بلکه با ایجاد مقاومت در برابر الگوهای آب و هوایی شدید، اثرات تغییرات اقلیمی را نیز کاهش می‌دهد.

۳ .تناوب‌های متنوع زراعی

تناوب زراعی یکی از اجزای کلیدی کشاورزی حفاظتی است که شامل کشت متناوب گونه‌های مختلف زراعی در مزرعه در طول فصول رشد متوالی می‌شود. روش سنتی تک‌کشتی و کاشت مکرر یک محصول مواد مغذی خاک را تخلیه می‌کند و می‌تواند منجر به تجمع آفات و بیماری‌ها شود، زیرا موجودات زنده در هر فصل منبع غذایی مداومی پیدا می‌کنند. در مزارع کشت حفاظتی در سرتاسر جهان، کشاورزان انواع محصولات کشاورزی مانند دانه‌های روغنی، نباتات علوفه‌ای، حبوبات، غلات و سبزیجات را به صورت تناوبی می‌کارند. این تنوع با ایجاد تعادل در مواد مغذی و کاهش نیاز به نهاده‌های شیمیایی مانند کودها و آفت‌کش‌ها، به سلامت خاک کمک می‌کند. به عنوان مثال، حبوبات نیتروژن را در خاک تثبیت می‌کنند و این ماده مغذی ضروری را برای محصولات آینده دوباره پر می‌کنند. علاوه بر این، تنوع در انواع گیاهان کشت شده، چرخه آفات را مختل کرده و فشار بیماری را کاهش می‌دهد و یک بوم سازگان کشاورزی سالم و مقاوم را بیشتر ارتقا می‌دهد. تناوب زراعی همچنین ساختار خاک را بهبود می‌بخشد، زیرا سیستم‌های ریشه‌ای مختلف به روش‌های منحصر به فردی با خاک تعامل دارند و به شکستن فشردگی، افزایش هوادهی و پشتیبانی از نفوذ آب کمک می‌کنند. با گذشت زمان، تناوب زراعی بهره‌وری زمین را افزایش می‌دهد و آن را پایدارتر و سازگارتر با چالش‌های اقلیمی می‌کند.

گسترش در جهان

در سال ۱۹۹۷، کشت بی‌خاک‌ورزی به عنوان کشاورزی حفاظتی معرفی و شناخته شد، یعنی زمانی که سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) آن را چنین تعریف کرد: یک سامانه تولید مبتنی بر کاربرد سه اصل به هم پیوسته شامل: (۱) عملیات حداقل یا بدون دستکاری مکانیکی خاک به صورت پیوسته و دائم (هم کاشت و هم وجین علف‌های هرز) (۲) پوشش دائمی خاک با خاکپوش آلی (زیست توده گیاهی،کلش و نباتات پوششی)، و (۳) رعایت تنوع گیاهی با استفاده از اصول تناوب زراعی شامل محصولات یکساله و چند ساله از جمله نباتات علوفه ای و حبوبات. از آن به بعد به ویژه در آمریکای شمالی و جنوبی، واژه‌های کشاورزی بی‌خاک‌ورزی و کشاورزی حفاظتی به صورت مترادف به‌کار گرفته شد. پس از سال ۱۹۹۰، کشاورزی حفاظتی به سرعت افزایش یافت و در سال ۲۰۱۹ در بیش از ۱۰۰ کشور جهان به سطح ۲۰۵ میلیون هکتار بالغ گردید (شکل ۱). این اراضی تمامی اقالیم، کل بوم سازگان کشاورزی و انواع و اقسام مقیاس‌های کوچک و بزرگ و همچنین انواع قوه محرکه‌ها (موتوری و مکانیزه، دامی و دستی) را شامل گردید. در حال حاضر تقریبا از نظر جغرافیایی ۵۰ درصد در نیمکره شمالی و ۵۰ درصد در نیمکره جنوبی توزیع گردیده است. از سال ۰۹-۲۰۰۸ نرخ رشد سطوح کشاورزی حفاظتی ۱۰ میلیون هکتار در سال در تمامی قاره‌ها بوده است. این نشان‌دهنده تاب‌آوری، پایداری و جهانی بودن این سامانه‌ها بوده که توسط کشاورزان تجاری و اقتصادی از دهه ۱۹۶۰ تایید گردیده است.



شکل ۱- نمودار تاریخی پذیرش کشاورزی حفاظتی در سطح جهانی(Kassam et al., 2019)

پس از شش دهه پذیرش، کاربرد و تجربه توسط کشاورزان و تحقیقات در سراسر جهان، در حال حاضر شواهد علمی و مستندات تجربی بسیاری برای نشان دادن اثربخشی کشاورزی حفاظتی و نشان دادن عواقب منفی خاک‌ورزی سنتی وجود دارد که به حفاظت از محیط زیست کمک شایانی می کند (اسدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ اسدی و صادق نژاد، ۱۳۹۹؛ موشانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ موشانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ محضری و همکاران، ۱۴۰۲؛ Shahrinezhad et al., 2015). در ژوئن ۲۰۲۱، جامعه کشاورزی حفاظتی هشتمین کنگره جهانی خود را تحت پوشش فدراسیون کشاورزی حفاظتی اروپا (ECAF)، در کشور سویس برگزار کرد. این کنگره عظیم یک برنامه اقدام جهانی با هدف توسعه کشاورزی حفاظتی مبنی بر دستیابی به سطح ۷۰۰ میلیون هکتار یعنی ۵۰ درصد سطوح زراعی جهان تا سال ۲۰۵۰ را پیشنهاد و هدف گذاری نمود Kassam et al., (2021).

مزایای کشاورزی حفاظتی

کشاورزی حفاظتی طیف وسیعی از مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را به همراه دارد که برای ایجاد یک سیستم کشاورزی پایدار و مقاوم بسیار مهم هستند. با به کار گیری اصول سه گانه مانند حداقل دست‌خوردگی خاک، پوشش دائمی خاک و اصول تناوب زراعی، کشاورزان می‌توانند سلامت خاک را افزایش دهند، منابع پایه یعنی آب و خاک را حفظ کنند و بهره‌وری محصول را بهبود بخشند. در مطالب مشروحه ذیل مروری دقیق بر مزایای اصلی کشاورزی حفاظتی آمده است.

۱- **بهبود سلامت خاک:** پایه و بنیان کشاورزی پایدار خاک سالم می باشد. شیوه‌های کشاورزی حفاظتی برای حفظ و بهبود ساختار، حاصلخیزی و تنوع زیستی خاک طراحی شده اند. عملیات بی خاک ورزی تجزیه خاکدانه‌های خاک را کاهش می‌دهد و ساختاری پایدار را حفظ می‌کند که برای رشد ریشه گیاه و نفوذ آب ضروری است (شکل ۲). خاک‌های دست‌نخورده یک ساختار طبیعی و متخلخل ایجاد می‌کنند که از حرکت هوا و آب پشتیبانی می‌کنند و برای سلامت ریشه و میکروبی بسیار مهم است. کشاورزی حفاظتی از انواع غنی از موجودات خاک مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، کرم‌های خاکی و حشرات پشتیبانی می‌کند. این موجودات به تجزیه مواد آلی، چرخه مواد مغذی و تشکیل پیوندهای مفید با ریشه گیاهان کمک می‌کنند و در نتیجه، دسترسی به مواد مغذی و تاب‌آوری خاک را بهبود می‌بخشند.

شکل ۲- کارنده بی خاک ورز که بدون برگردان کردن و تخریب مکانیکی خاک قادر به کشت انواع محصولات زراعی در خاک و با حفظ بقایای گیاهی می باشد.

۲- **بهبود حفاظت و افزایش بهره‌وری آب:** آب یک منبع پایه و حیاتی اما غالبا در کشاورزی کمیاب است که کشاورزی حفاظتی با حفظ و ذخیره رطوبت خاک و کاهش هدررفت آب، به کشاورزان کمک می‌کند تا منابع آب را به طور مؤثرتری مدیریت کنند. پوشش دائمی خاک، به ویژه از طریق خاک پوش (مالچ) یا محصولات پوششی، خاک را از قرار گرفتن در معرض مستقیم نور خورشید محافظت می‌کند و تبخیر را کاهش می‌دهد (شکل ۳). مواد آلی همچنین توانایی خاک در نگهداری آب را افزایش می‌دهد و به گیاهان اجازه می‌دهد در دوره‌های خشک به رطوبت دسترسی داشته باشند. محصولات پوششی و بقایای محصولات به عنوان یک عایق محافظ عمل می‌کنند و رواناب و فرسایش آب را کاهش می‌دهند. این عایق و مانع به آب اجازه می‌دهد تا به جای شسته شدن خاک سطحی، به داخل زمین نفوذ کند، که برای حفظ ظرفیت تولیدی زمین بسیار مهم است.

شکل ۳- پوشش سطح خاک با بقایای گیاهی موجب کاهش تبخیر رطوبت از سطح خاک شده و همچنین به کاهش مصرف آب آبیاری کمک می کند (اسدی و همکاران، ۱۴۰۴).

۳- **افزایش بازده و بهره‌وری محصول:** در حالی که کشاورزی حفاظتی ممکن است به یک دوره زمانی اولیه نیاز داشته باشد، می‌تواند به مرور زمان بازده و بهره‌وری مزرعه را به طور قابل توجهی افزایش دهد. تناوب‌های زراعی متنوع، به ویژه آنهایی که شامل حبوبات هستند، با تأمین نیتروژن و سایر مواد مغذی به بهبود حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند. این به نوبه خود، نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد.

۴- **ترسیب کربن و کاهش تغییرات اقلیمی:** کشاورزی حفاظتی با ترسیب کربن در خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به اقدامات تعدیل اقلیمی کمک می‌کند. از طریق شیوه‌هایی مانند خاک‌ورزی حداقلی و استفاده از محصولات پوششی، به افزایش کربن آلی در خاک و در نتیجه افزایش ماده آلی خاک کمک می کند. با تجزیه مواد آلی، کربن ذخیره می‌شود و به طور مؤثر موجب کاهش گاز گلخانه ای دی اکسید کربن (CO_2) از جو می گردد و اثرات تغییرات اقلیمی را کاهش می‌دهد. کاهش خاک‌ورزی همچنین مصرف سوخت فسیلی را کاهش می‌دهد و انتشار گاز گلخانه ای دی اکسید کربن از ماشینهای کشاورزی را کاهش می‌دهد.

۵- **حفاظت از تنوع زیستی:** تنوع زیستی از ویژگی‌های بارز بوم سازگان های سالم است و این شیوه تنوع زیستی را هم در سطح زمین و هم در زیر زمین ضمن حفاظت، افزایش نیز می دهد. این شیوه با اجتناب از آفت‌کش‌های شیمیایی و ترویج تناوب‌های زراعی متنوع، زیستگاه‌هایی برای کرمهای خاکی، حشرات، پرندگان و گرده افشان‌های مفید ایجاد می کند. این امر به کنترل طبیعی آفات کمک کرده و از تعادل اکولوژیکی گسترده‌تری پشتیبانی می کند. میکروبیوم خاک یعنی جامعه پیچیده باکتری‌ها، قارچها و سایر میکروارگانیسم‌ها برای چرخه مواد مغذی و سلامت گیاهان ضروری است. کشاورزی حفاظتی با اجتناب از شیوه‌هایی که این ارگانیسم‌ها را مختل می‌کنند، تنوع زیستی خاک را حفظ می‌کند و یک بوم سازگان زیرزمینی پررونق و مقاوم ایجاد می‌کند.

۶- **کاهش فرسایش خاک:** فرسایش خاک یک مشکل مهم در کشاورزی مرسوم است، جایی که عملیات خاک ورزی شدید با گاوآهن برگرداندار و دیسک می‌تواند خاک سطحی ارزشمند را از بین ببرد. کشاورزی حفاظتی از طریق چندین مکانیسم از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند. بقایای گیاهی کشت قبلی و همچنین نباتات پوششی و خاک پوشها مانعی ایجاد می‌کنند که خاک را از تأثیر مستقیم قطرات باران و باد، دو علت اصلی فرسایش، محافظت می کنند. سیستم‌های ریشه‌ای متنوع و قوی که در کشاورزی حفاظتی تقویت می‌شوند، به پیوند ذرات خاک کمک می‌کنند و آن را در برابر فرسایش مقاوم‌تر می کنند.

۷- **مزایای اقتصادی برای کشاورزان:** کشاورزی حفاظتی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها و سوخت و بهبود سودآوری، به‌ویژه در درازمدت، شود.کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و تجهیزات خاک‌ورزی می‌تواند هزینه‌های اولیه را برای کشاورزان کاهش دهد. با مدیریت طبیعی مواد مغذی و آفات، کشاورزی حفاظتی می‌تواند هزینه‌های مربوط به نهاده‌های مصنوعی را کاهش دهد. با عملکرد بهتر، بهبود سلامت خاک و بهره‌وری پایدار محصول، شیوه‌های کشاورزی حفاظتی می‌توانند سودآوری مزرعه را در طول زمان افزایش دهند.

۸- **مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی:** با تشدید تغییرات اقلیمی، کشاورزی حفاظتی مسیری را برای مزارع فراهم می‌کند تا در برابر رویدادهای شدید آب و هوایی و الگوهای آب و هوایی متغیر، انعطاف‌پذیری ایجاد کنند. این شیوه صرفه جویی آب و ساختار خاک را بهبود می‌بخشد و آن را قادر می‌سازد تا در برابر خشکسالی و باران‌های شدید بهتر مقاومت کند. این انعطاف‌پذیری بسیار مهم است زیرا تغییرات اقلیمی منجر به رویدادهای شدید آب و هوایی مکرر می‌شود. پوشش دائمی خاک به تنظیم دمای خاک کمک می‌کند و از محصولات کشاورزی در برابر گرمای شدید محافظت می کند.

۹- **مزایای اجتماعی:** شیوه‌های کشاورزی حفاظتی مزایایی را ارائه می‌دهند که فراتر از فواید مزارع فردی است و بر جوامع روستایی و کل جامعه تأثیر مثبت می‌گذارد. این شیوه اغلب شامل یادگیری روشها و فناوری‌های جدید است که می‌تواند تبادل دانش بین کشاورزان را ارتقا داده و پیوندهای اجتماعی را تقویت کند. برنامه‌هایی که از کشاورزی حفاظتی حمایت می‌کنند، می‌توانند فرصت‌های آموزشی نیز فراهم کنند و کشاورزان را به مهارت‌های کشاورزی پایدار مجهز کنند (شکل ۴). کشاورزی حفاظتی با بهبود بهره‌وری و سودآوری کشاورزی، می‌تواند اقتصاد روستایی را تقویت کرده و فرصت‌های شغلی ایجاد کند و به توانمند سازی کشاورزان کمک شایانی نماید. خاک سالم‌تر و افزایش تنوع زیستی به ایجاد محیطی متعادل‌تر کمک می‌کند که از کیفیت زندگی بالاتر در جوامع کشاورزی پشتیبانی می‌کند. همچنین این شیوه بوم سازگان نگر به تثبیت تولید غذا و به امنیت غذایی کمک می‌کند. تنوع محصولات، یکی از جنبه‌های اساسی کشاورزی حفاظتی، همچنین تنوع غذایی را ارتقا می‌دهد و می‌تواند تغذیه را در جوامع کشاورزی بهبود بخشد.

شکل ۴- مشارکت جمعی کشاورزان محلی و منطقه ای در کلاس‌های آموزشی مزرعه ای در مزارع کشت حفاظتی در استان گلستان.

چالش‌ها و محدودیت‌های کشاورزی حفاظتی

در حالی که کشاورزی حفاظتی مزایای بی‌شماری را ارائه می‌دهد، پذیرش آن بدون چالش نیست. این محدودیت‌ها ناشی از عوامل اقتصادی، اجتماعی و فنی است که می‌تواند اجرای کشاورزی حفاظتی را برای کشاورزان، به ویژه در مناطقی که منابع و دانش محدود است، دشوار کند. در اینجا به بررسی دقیق چالش‌ها و محدودیت‌های کشاورزی حفاظتی می‌پردازیم:

۱- هزینه‌های اولیه بالا و منابع مورد نیاز یکی از موانع مهم پذیرش کشاورزی حفاظتی می‌باشد. سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای گذار از شیوه‌های مرسوم به شیوه‌های حفاظتی مهم است. پذیرش کشاورزی حفاظتی ممکن است به تجهیزات تخصصی مانند کارنده‌های بی‌خاک‌ورز و سیستم‌های آبیاری مکانیزه نیاز داشته باشد که می‌تواند پرهزینه باشد. بسیاری از کشاورزان خرده‌پا بدون حمایت مالی یا یارانه نمی‌توانند از عهده این تجهیزات برآیند. هزینه‌های ورودی برای محصولات پوششی وکاشت آنها برای پوشش دائمی خاک ضروری است، اما بذر، کاشت و نگهداری شامل هزینه‌های اضافی است.

۲- شکاف‌های دانشی و فقدان تخصص فنی اجرای کشاورزی پایدار مستلزم درک شیوه‌های کشاورزی پایدار، از جمله علوم خاک، تناوب زراعی و مدیریت آفات است. این دانش اغلب در بسیاری از جوامع کشاورزی، به ویژه در مناطق در حال توسعه، وجود ندارد. کشاورزانی که به شیوه‌های سنتی عادت دارند، ممکن است آموزش لازم برای اجرای موفقیت‌آمیز کشاورزی پایدار را نداشته باشند. بدون آموزش مناسب در مورد مزایا و روش‌های کشاورزی پایدار، کشاورزان ممکن است در درک مزایای بلندمدت آن مشکل داشته باشند و ممکن است تمایلی به تغییر شیوه‌های خود نداشته باشند. دسترسی محدود به خدمات ترویجی کشاورزی و پشتیبانی فنی یک مانع اصلی است. کشاورزان اغلب برای یادگیری تکنیک‌های کشاورزی پایدار به راهنمایی متخصصان آموزش دیده نیاز دارند، اما این خدمات ممکن است در مناطق روستایی کمیاب باشد.

۳- کاهش عملکرد کوتاه‌مدت در دوره زمانی انتقال از کشاورزی مرسوم به کشاورزی حفاظتی گاهی اوقات می‌تواند منجر به کاهش موقت عملکرد محصولات، به ویژه در چند سال اول گردد. بوم‌سازگان‌های خاک برای سازگاری با شیوه‌های جدید به زمان نیاز دارند. سال‌های اولیه ممکن است به دلیل زمان لازم برای سازگاری زیست‌شناسی و حاصلخیزی خاک، عملکرد زیادی نداشته باشند، که این امر برای کشاورزانی که به عملکرد ثابت برای درآمد متکی هستند، از نظر مالی چالش برانگیز است. بسیاری از کشاورزان در مورد ریسک کاهش عملکرد مردد هستند، به خصوص اگر به کشاورزی به عنوان منبع اصلی درآمد خود وابسته باشند. این امر متقاعد کردن کشاورزان در مورد مزایای بهره‌وری بلندمدت کشاورزی حفاظتی را چالش برانگیز می‌کند.

۴- افزایش فشار علف‌های هرز و طغیان آفات یکی از چالش‌های عمده حفظ بقایا می‌باشد. یکی از اصول کشاورزی حفاظتی، حداقل دستکاری مکانیکی خاک است که در صورت عدم مدیریت صحیح می‌تواند منجر به افزایش فشار علف‌های هرز و آفات شود. در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی، عدم وجود شخم به این معنی است که علف‌های هرز به صورت فیزیکی حذف نمی‌شوند. این امر می‌تواند منجر به شیوع بیشتر علف‌های هرز شود و کشاورزان را ملزم به اتخاذ راهبردهای مدیریت یکپارچه علف‌های هرز می‌کند. بدون برنامه‌ریزی مناسب، فشار علف‌های هرز می‌تواند بهره‌وری محصول را کاهش داده و کشاورزان را از انجام کشاورزی حفاظتی منصرف کند. کاهش اختلال در خاک و تنوع محصول می‌تواند از حشرات مفید پشتیبانی کند، اما همچنین

می‌تواند جمعیت برخی از آفات را افزایش دهد. اگر کشاورزان به کنترل شیمیایی آفات عادت داشته باشند، ممکن است در مدیریت طبیعی آفات با مشکل مواجه شوند و کشاورزی حفاظتی را به یک تنظیم چالش‌برانگیز تبدیل کند.

۵- کشاورزی حفاظتی ممکن است برای مدیریت و کنترل رشد علف‌های هرز، به ویژه در مراحل اولیه اجرا، به علف‌کش‌ها متکی باشد. استفاده بیش از حد از علف‌کش‌ها می‌تواند اثرات منفی زیست‌محیطی، از جمله آلودگی آب و تخریب خاک، داشته باشد که ممکن است برخی از مزایای زیست‌محیطی کشاورزی حفاظتی را خنثی کند. علف‌کش‌ها می‌توانند پرهزینه باشند و وابستگی به آنها برای کنترل علف‌های هرز می‌تواند منجر به هزینه‌های اضافی شود، به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پا که با بودجه محدود فعالیت می‌کنند. استفاده طولانی‌مدت از علف‌کش‌ها می‌تواند منجر به توسعه گونه‌های علف هرز مقاوم به علف‌کش شود که می‌تواند چالش مهمی برای حفظ شیوه‌های کشاورزی حفاظتی در درازمدت ایجاد کند.

۶- کشاورزی حفاظتی اغلب نیاز به سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی دارد، اما این موارد اغلب وجود ندارند. بسیاری از دولت‌ها حمایت مالی یا یارانه کافی برای تشویق شیوه‌های کشاورزی حفاظتی ارائه نمی‌دهند. این امر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، جایی که دسترسی به بودجه و منابع محدود است، مشکل‌ساز است. اجرای کشاورزی حفاظتی نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، مانند حمایت از تولیدکنندگان کارنده های بی خاک ورز و سیستم‌های مدیریت آب و دسترسی به تجهیزات دارد. در مناطقی که زیرساخت‌های کشاورزی توسعه نیافته است، پذیرش کشاورزی حفاظتی می‌تواند به‌ویژه دشوار باشد. در بسیاری از مناطق، سیاست‌های کشاورزی هنوز هم شیوه‌های مرسوم با یارانه برای کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها را به جای ترویج روش‌های پایدار ترجیح می‌دهند. بدون سیاست‌های روشن در حمایت از این شیوه، نرخ پذیرش همچنان پایین است.

۷- شیوه‌های کشاورزی حفاظتی ممکن است در همه شرایط آب و هوایی و خاک مناسب یا مؤثر نباشند. در مناطقی با آب و هوای بسیار سرد، مانند مناطق خشک یا نیمه‌خشک، شیوه‌های کشاورزی حفاظتی ممکن است در ایجاد محصولات پوششی و حفظ رطوبت خاک بدون پشتیبانی آبیاری با چالش‌هایی روبرو شوند. استراتژی‌های تناوب زراعی و پوشش خاک ممکن است نیاز به تطبیق قابل توجهی داشته باشند که این امر پیچیدگی را افزایش می‌دهد. ویژگی‌های خاک، مانند بافت و محتوای مواد مغذی، در تعیین موفقیت شیوه‌های کشاورزی حفاظتی نقش دارند. به عنوان مثال، در خاک‌های رسی سنگین، نفوذ آب ممکن است ضعیف باشد و شیوه‌های بدون شخم را چالش برانگیز کند. محصولات مختلف به شیوه‌های کشاورزی حفاظتی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند و برخی از انواع محصولات ممکن است تحت روش بی خاک ورزی یا کشت پوششی عملکرد خوبی نداشته باشند. انتخاب گونه‌های مناسب محصول نیاز به دانش محلی دارد که ممکن است در برخی مناطق به راحتی در دسترس نباشد. برداشت محصولات غده ای نظیر سیب زمینی و چغندرقند نیز با خاک ورزی خاک همراه است که کمی برای کشاورزی حفاظتی چالش زاست.

۸- موانع اجتماعی و فرهنگی عوامل اجتماعی و فرهنگی می‌توانند بر تمایل کشاورزان به پذیرش کشاورزی حفاظتی تأثیر بگذارند. شیوه‌های کشاورزی سنتی عمیقاً در بسیاری از جوامع کشاورزی ریشه دوانده است. متقاعد کردن کشاورزان برای پذیرش روش‌های جدید می‌تواند چالش برانگیز باشد، به خصوص اگر آنها مزایای فوری را مشاهده نکنند یا اگر روش‌های قدیمی با روش‌های قدیمی در تضاد باشند. در برخی مناطق، روش‌های کشاورزی پوششی برای اثربخشی کامل نیاز به مشارکت گسترده جامعه دارند. به عنوان مثال، تناوب زراعی و سیستم‌های کشت پوششی زمانی که در مقیاس بزرگتری اجرا شوند، مؤثرتر هستند. با این حال، هماهنگی در سطح جامعه می‌تواند دشوار باشد، به خصوص زمانی که کشاورزان اولویت‌ها یا روش‌های کشاورزی متفاوتی دارند. زنان کشاورز، که بخش قابل توجهی از نیروی کار کشاورزی را در بسیاری از مناطق تشکیل می‌دهند، ممکن است با چالش‌های بیشتری در دسترسی به منابع، آموزش و تأمین مالی برای روش‌های کشاورزی پوششی مواجه شوند. این امر می‌تواند اثربخشی طرح‌های کشاورزی پوششی را در صورت عدم رسیدگی از طریق سیاست‌های فراگیر، محدود کند.

۹- موانع بازار و دسترسی به تنوع محصولات اجرای موفقیت‌آمیز روش‌های کشاورزی پوششی به دسترسی به بذرهای متنوع و بازارهای انعطاف‌پذیر بستگی دارد که ممکن است در مناطق خاصی محدود باشند. تهیه بذر برای محصولات پوششی می‌تواند چالش برانگیز باشد، به خصوص در مناطقی که زنجیره‌های تأمین محصولات غیرسنتی توسعه نیافته اند. این محدودیت، اجرای تناوب زراعی یا حفظ پوشش دائمی خاک را برای کشاورزان دشوار می‌کند. کشاورزی ارگانیک تنوع زراعی را تشویق می‌کند، اما بازارهای محلی ممکن است تقاضایی برای برخی محصولات نداشته باشند و این امر تنوع‌بخشی را برای کشاورزان از نظر مالی

ناپایدار می‌کند. به عنوان مثال، اگر کشاورزی حبوبات را به عنوان یک محصول پوششی پرورش دهد، ممکن است بازاری برای آن وجود نداشته باشد و در نتیجه منجر به از دست دادن درآمد بالقوه شود. برای تناوب زراعی موثر و کشت پوششی، کشاورزان نیاز به دسترسی به انواع بذر دارند که ممکن است گران یا در دسترس نباشند.

نتیجه‌گیری

کشاورزی حفاظتی (CA) رویکردی تحول‌آفرین در کشاورزی است که پایداری، سلامت خاک و تعادل اکولوژیکی را در اولویت قرار می‌دهد. با به حداقل رساندن دستکاری مکانیکی خاک، حفظ پوشش خاک و ترویج تناوب زراعی، کشاورزی حفاظتی نه تنها بهره‌وری کشاورزی را افزایش می‌دهد، بلکه به حفظ محیط زیست نیز کمک می‌کند. با تشدید چالش‌های جهانی مانند تغییرات اقلیمی، تخریب خاک و ناامنی غذایی، اصول کشاورزی حفاظتی راه‌حل‌های مناسبی برای ایجاد سیستم‌های کشاورزی مقاوم ارائه می‌دهد. ادغام فناوری‌های پیشرفته، تحقیقات و آموزش کشاورزان در به حداکثر رساندن مزایای کشاورزی حفاظتی بسیار مهم خواهد بود. علاوه بر این، سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های بازار می‌توانند پذیرش گسترده‌تر کشاورزی حفاظتی را در بین کشاورزان تشویق کنند. در نهایت، اجرای موفقیت‌آمیز کشاورزی حفاظتی نیازمند همکاری بین همه ذینفعان، از جمله کشاورزان، محققان، سیاست‌گذاران و مصرف‌کنندگان است. انتظار می‌رود ادغام فناوری های پیشرفته در کشاورزی حفاظتی نقش مهمی در آینده آن ایفا کند. ابزارهای کشاورزی دقیق، مانند پهپادها، تصاویر ماهواره‌ای و حسگرهای خاک، می‌توانند به کشاورزان کمک کنند تا شرایط خاک، سطح رطوبت و سلامت محصول را به صورت بلادرنگ رصد کنند. این رویکرد مبتنی بر داده، امکان تصمیم‌گیری بهتر و استفاده کارآمدتر از منابع را فراهم می‌کند و مزایای کشاورزی حفاظتی را بهینه می‌سازد. حمایت و مشوق‌های سیاستی سیاست‌های دولت در ترویج کشاورزی حفاظتی بسیار مهم خواهند بود. مشوق‌هایی برای اتخاذ شیوه‌های پایدار، مانند یارانه برای محصولات پوششی یا تجهیزات بی خاک ورزی، می‌تواند کشاورزان را به تغییر از روش‌های مرسوم تشویق کند. سیاست‌هایی که از خدمات تحقیق و ترویج پشتیبانی می‌کنند، به انتشار دانش و بهترین شیوه‌ها در کشاورزی حفاظتی نیز کمک خواهند کرد. آموزش و انتقال دانش آموزش و پرورش کشاورزان برای اجرای موفقیت‌آمیز کشاورزی حفاظتی ضروری خواهد بود. برنامه‌هایی که مزایای کشاورزی حفاظتی را نشان می‌دهند و راهنمایی‌های عملی در مورد شیوه‌های آن ارائه می‌دهند، به غلبه بر مقاومت در برابر تغییر کمک می‌کنند. یادگیری تک به تک و ابتکارات مبتنی بر جامعه می‌توانند انتقال دانش را تسهیل کرده و همکاری بین کشاورزان را تقویت کنند

فهرست منابع

اسدی، محمد اسماعیل.، فغانی، منیره.، و رزاقی، محمد حسین. (۱۴۰۴). کشاورزی حفاظتی رویکرد بوم سازگان نگر در کشاورزی پایدار. انتشرات امرتات. ۱۴۸ص.

اسدی، محمد اسماعیل.، فیض بخش، محمد تقی.، و محمد حسین رزاقی. (۱۳۹۵.) بررسی مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجله علمی پژوهشی حفاظت آب و خاک. جلد ۳ شماره ۳. مرداد و شهریور ۹۵. صفحات ۱۵۱-۱۷۰.

اسدی، محمد اسماعیل و حمیدرضا صادق نژاد. (۱۳۹۹). بررسی بهره وری آب و عملکرد سویا در سامانه های مختلف خاک ورزی و بقایای گیاهی. مجله تحقیقات سامانه ها و مکانیزاسیون کشاورزی. جلد ۲۱ شماره ۷۴. ص ۹۶-۸۳.

موشانی، سعید.،کاظمی، حسین.، سلطانی، افشین و محمد اسماعیل اسدی. (۱۳۹۸). مقایسه پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های گیاهی سویا (Glycine max (L.) Merill) در دو کشت‌بوم مرسوم و حفاظتی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان). مجله پژوهش های تولید گیاهی، جلد ۲۶ شماره ۳، ص ۲۳۵-۲۵۳.

صادقی، سعیده.، کیانی، فرشاد.، اسدی، محمداسماعیل.،کامکار، بهنام و سهیلا ابراهیمی. (۱۳۹۸.) بررسی اثر سیستم‌های مختلف خاک ورزی بر فعالیت بیولوژیکی و آنزیمی خاک. مجله الکترونیک مدیریت خاک وتولید پایدار. دوره ۹، شماره ۲- صفحه ۱۵۱-۱۶۴.

موشانی، سعید.، کاظمی، حسین.، سلطانی، افشین.، اسدی، محمد اسماعیل.، و محسن حسین علیزاده. (۱۴۰۰). برآورد و مقایسه میزان فرسایش خاک در نظامهای کشاورزی حفاظتی و مرسوم(مطالعه موردی: مزارع سویای شهرستان گرگان). تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۹ شماره ۲. ص ۶۱-۷۲.

محضری، سمانه.، کیانی، فرشاد.، اسدی، محمد اسماعیل.، رضایی، اعظم.، و امیر کسام.(۱۴۰۲). برآورد منافع اقتصادی کشاورزی حفاظتی در مزارع گندم (مطالعه موردی: استان گلستان)- مجله دانش آب و خاک دوره ۳۳ شماره ۴، ص ۱۶۵-۱۵۰.

Asadi, M. E., and Kassam, A. (2021). Conservation Agriculture in Iran. In Advances in Conservation Agriculture, Volume 3, Adoption and Spread; Kassam, A. (Ed.). Burleigh Dodds: Cambridge, UK, Chapter 11; pp. 375-393.

Baveye, P.C., Rangel, D., Jacobson, A.R., Laba, M., Darnault, C., Otten, W., Radukovich,R., Camargo, F.A.O. (2011). From Dust Bowl to Dust Bowl: Soils are still very much a frontier of science. Soil Sci. Soc. Am. J. 75, 2037–2048.

Branca, G., McCarthy, N., Lipper, L., Jolejole, M. C. (2011). Climate-Smart Agriculture: A synthesis of empirical evidence of food security and mitigation benefits from improved cropland management. Mitigation of Climate Change in Agriculture series number 3, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Cook, R.J. (2006). Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. P. Natl. Acad. Sci. 103, 18389–18394.

Corsi, S., Friedrich, T., Kassam, A., Pisante, M., Sà, J. D. M. (2012). Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review, In: Corsi, S., Friedrich, T., Kassam, A., Pisante, M., Sà, J. D. M., (Eds.), Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review, Integrated Crop Management Vol.16.

Derpsch, R., Kassam, A., Reicosky, D., Friedrich, T., Calegari, A., Basch, G., Gonzalez-Sanchez, E., Rheinheimer dos Santos, D. (2024). Nature's laws of declining soil productivity and Conservation Agriculture, Soil Security, Volume 14, 100127, ISSN 2667-0062.

Gattinger, A., Jawtusch, J., Muller, A., Mader, P. (2011). No-till agriculture–a climate smart solution? Climate Change and Agriculture Report No. 2, MISEREOR e.V., Aachen, Germany.

Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M., Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. Field Crop. Res. 114, 23–34.

Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K., Dixon, J., Dendooven, L. (2009). Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. Cr. Rev. Plant Sci. 28, 97–122.

Kassam, A., Wiles, T. (2023). Conservation Agriculture and the environment, Agriculture for Development, 46, 2-4.

Kassam, A. (Ed.) (2020). Advances in Conservation Agriculture. Vol. 1, Systems and Science, Burleigh Dodds: Cambridge, UK, 575p.

Kassam, A., Derpsch, R., Friedrich, T. (2020). Development of Conservation Agriculture systems globally. In Advances in Conservation Agriculture, Volume 1-Systems and Science; Kassam, A., Ed.; Burleigh Dodds: Cambridge, UK, Chapter 2; pp. 31–86.

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2019). Global spread of conservation agriculture. Int. J. Environ. Stud., 76, 29–51.

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2021). Successful Experiences and Learnings from Conservation Agriculture Worldwide. Keynote Address, Sub-Theme 1. In Proceedings of the 8th World Congress on Conservation Agriculture, Bern, Switzerland, 21–23 June 2021.

Kay, P., Edwards, A.C., Foulger, M. (2009). A review of the efficacy of contemporary agricultural stewardship measures for ameliorating water pollution problems of key concern to the UK water industry. Agr. Syst. 99, 67–75.

Lal, R. (2011). Sequestering carbon in the soils of agro-ecosystems. Food Policy. 36, S33–S39.

Liu, Y., Gaoa, M., Wua, W., Tanveera, S.K., Wena, X., Liaoa, Y. (2013). The effects of conservation tillage practices on the soil water-holding capacity of a non-irrigated apple orchard in the Loess Plateau. China. Soil Till Res. 130,7–12.

Luo, Z., Wang, E., Sun, O.J. (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Agr. Ecosyst. Environ. 139, 224–231.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington, DC.

Moushani. S., Kazemi. H., Klug. H., Asadi. M. E., and Soltani. A. (2021). Ecosystem service mapping in soybean. Ecological Indicators, Vol. 121: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107061.

Ogle, S.M., Swan, A., Paustian, K. (2012). No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. Agr. Ecosyst. Environ. 149, 37–49.

Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Deckers, J., Sayre, K.D. (2010). Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems? In: Lal, R., Stewart, B.A. (Eds.), Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 137–208

Conservation Agriculture: A Path to Sustainable Agriculture

Mohammad Esmaeil Asadi
Senior Conservation Agriculture Scientist

Abstract

Conservation Agriculture (CA) has emerged as a transformative approach to agriculture that prioritizes long-term sustainability over short-term gains. It seeks to promote farming practices that conserve natural resources, especially water and soil, enhance soil health, and strengthen farm resilience to climate change. This approach differs from conventional agriculture, which often relies on rotary plowing and mechanical soil disturbance, compact tillage, monoculture, and heavy use of chemicals, all of which can cause soil erosion and degradation, and remove vital nutrients. Instead, CA encourages farming practices that are in harmony with nature and focuses on preserving and enhancing the natural capacity of the land to support plant growth. Conservation agriculture is rooted in three fundamental principles: minimal mechanical soil disturbance, permanent soil cover, and diverse crop rotation. Implementing all three principles consistently is essential to creating a sustainable, productive, and resilient agricultural system.

Keywords: Crop residues, no-till, soil, erosion, organic matter