



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کشاورزی حفاظتی: راهبردی برای پایداری در کشاورزی

زهره الویار^{۱*}، معصومه مصطفائی^۲، حسین عزیزی^۲، لیلا مرادی^۲

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آذربایجان غربی، ایران.

نویسنده مسئول* Zohre_alvyar@yahoo.com

چکیده:

جهان با چالش تأمین غذای جمعیت رو به رشد در شرایط تغییر اقلیمی و کاهش منابع روبروست. در این میان، کشاورزی حفاظتی به عنوان یک راهکار پایدار مطرح شده است. این رویکرد مجموعه‌ای از روش‌های کشاورزی است که با هدف بهبود تولید پایدار غذا و حفاظت از خاک، آب و منابع زیستی، نهاده‌های خارجی را به حداقل می‌رساند. اصول کلیدی کشاورزی حفاظتی شامل کمترین اختلال مکانیکی در خاک (خاک‌ورزی زیستی)، پوشش دائمی آلی خاک با بقایای محصول یا گیاهان پوششی، و تناوب زراعی برای تنوع‌بخشی و بهبود چرخه مواد مغذی است. در برخی موارد، کنترل تردد در مزرعه به‌عنوان یک اصل مهم در نظر گرفته می‌شود. مزایای کشاورزی حفاظتی شامل حفاظت از خاک در برابر فرسایش، بهبود ساختار و حاصلخیزی خاک، کاهش مصرف آب و انرژی، و صرفه‌جویی در هزینه و زمان است. این روش به ترسیب کربن در خاک کمک کرده و بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد. با این وجود، پذیرش کشاورزی حفاظتی با محدودیت‌ها و چالش‌هایی همراه است که از جمله آن‌ها می‌توان به مقاومت کشاورزان به‌خاطر عادت به روش‌های سنتی، مشکلات مدیریت علف‌های هرز و آفات در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی، و نبود بازار مناسب برای برخی محصولات در تناوب زراعی اشاره کرد. رفع این چالش‌ها نیازمند آموزش، توسعه فناوری‌های مناسب و حمایت‌های دولتی است تا کشاورزی حفاظتی بتواند به‌طور گسترده‌تری پذیرفته و اجرا شود.

کلیدواژه: پایداری، پوشش خاک، تناوب زراعی، خاک‌ورزی حداقل، کشاورزی حفاظتی

مقدمه

جهان با چالش‌های زیادی روبرو شده است و یکی از این چالش‌ها، تأمین غذای جمعیت رو به رشد و روزافزون در شرایط تغییرات اقلیمی است، به‌گونه‌ای که با کاهش استفاده از نهاده خارجی و به روش بهره‌وری پایدار و فشرده، کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کند. در سال‌های اخیر، کشاورزی حفاظتی به عنوان گزینه‌ای جایگزین و قابل قبول برای افزایش پایدار تولید غذا مورد توجه قرار گرفته است (Pretty and Bharucha; 2014). در سیستم‌های کشاورزی سنتی شاخص اصلی عدم پایداری، فرسایش خاک و کاهش ماده آلی خاک است که عمدتاً به دلایل زیر رخ می‌دهد:



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۱. تخریب ساختمان خاک به واسطه تردد زیاد وسایل نقلیه در زمین، فرسایش خاک توسط آب و باد که منجر به کاهش سرعت نفوذ آب در خاک و تشکیل یک لایه سخت و متراکم در سطح خاک و فشردگی خاک می‌شود؛
۲. بازگرداندن ناکافی مواد آلی به خاک؛
۳. کشت یکنواخت و مکرر یک محصول (کشت تک‌محصولی) (Kavita Bhadu et al., 2018).

تعریف کشاورزی حفاظتی

طبق نظر Karlen و همکاران (1994)، کشاورزی حفاظتی عنوانی رایج برای مجموعه‌ای از روش‌های کشاورزی است که هدف آن بهبود تولید پایدار مواد غذایی با حفظ و محافظت از منابع موجود و در دسترس خاک، آب و منابع زیستی می‌باشد، به گونه‌ای که نهاده‌های خارج از مزرعه به حداقل برسند. این اصطلاح معمولاً به روش‌هایی اشاره دارد که شامل کشت بدون خاک‌ورزی، کشت مستقیم یا خاک‌ورزی حداقل است، به طوری که حداقل ۳۰ درصد سطح خاک با بقایای محصول پوشیده شده باشد و در عین حال به حفظ زمان، مصرف سوخت، فعالیت کرم‌های خاکی، مدیریت آب و نگهداری مواد مغذی خاک توجه ویژه‌ای داشته باشد (Baker et al., 2002).

کشاورزی حفاظتی یک فعالیت معمول نیست (Dumanski et al., 2006). سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) آن را به‌عنوان یک مفهوم تولید محصول صرفه‌جو در منابع توصیف می‌کند که بر تقویت فرآیندهای زیستی و طبیعی که هم در سطح خاک و هم زیر سطح آن اتفاق می‌افتد، متکی است.

هدف کشاورزی حفاظتی کسب سود کافی، حفظ سطوح تولید پایدار و حفاظت از محیط زیست می‌باشد (FAO, 2014).

گروهی دیگر از دانشمندان (Jat et al., 2014; Kassam et al., 2013; Farooq and Siddique, 2014) بیان کردند که کشاورزی حفاظتی ترکیبی از روش‌های مدیریتی سیستم خاک-گیاه-مواد مغذی-آب-منظر است که در مصرف انرژی و نیتروژن معدنی صرفه‌جویی می‌کند و فعالیت بیولوژیکی خاک را افزایش می‌دهد. با این حال، کشاورزی حفاظتی باید همراه با مدیریت تلفیقی آفات، مدیریت مواد مغذی گیاهی، کنترل علف‌های هرز و مدیریت آب اجرا شود (FAO, 2011).

هدف این روش بازگرداندن سلامت خاک و جلوگیری از تخریب آن است که معمولاً در کشاورزی سنتی رخ می‌دهد، و در عین حال بهره‌برداری مؤثر و هماهنگ از منابع طبیعی همراه با مصرف محدود نهاده‌های خارج از مزرعه را تضمین می‌کند. بنابراین، کشاورزی حفاظتی یک کشاورزی کارآمد و مؤثر در مصرف منابع است (Bhan and Behera, 2014).

ضرورت کشاورزی حفاظتی

انجام مکرر عملیات خاک‌ورزی در روش کشاورزی سنتی و آماده‌سازی زمین منجر به کاهش ماده آلی خاک و کاهش تنوع زیستی و حاصلخیزی خاک می‌شود. علاوه بر این، سوزاندن بقایای گیاهی باعث آلودگی محیط زیست و از دست رفتن مواد مغذی ارزشمند گیاهان می‌گردد. حفظ بقایای گیاهی روی سطح خاک همراه با کشت بدون خاک‌ورزی، منجر به بهبود کیفیت خاک می‌شود (Das et al., 2013). از آنجا که سیستم‌های تولید مبتنی بر خاک‌ورزی شدید و سنتی، اثرات مخرب فراوانی بر منابع طبیعی نظیر خاک، آب، زمین، تنوع زیستی دارند (Dumansky et al., 2014). این موضوع منجر به تخریب منابع زمین و کاهش بازدهی کشاورزی شده است (Farooq and Siddique, 2014; Jat et al., 2014). همچنین موجب انتشار ۳۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای می‌شود (IPCC, 2014). بنابراین، نیاز به یک سیستم تولید وجود دارد که هم کشاورزی سودآور را تضمین

کند و هم به حفاظت از منابع طبیعی و بهره‌برداری از خدمات زیست‌محیطی کمک نماید. علاوه بر این، چنین سیستمی باید عوامل مؤثر در تغییرات اقلیمی را کاهش داده و تنوع زیستی خاک را برای ارتقای خدمات اکوسیستمی، افزایش بهره‌وری و بهبود محیط‌زیست تقویت کند (Kassam et al., 2015).

کشاورزی سنتی به دلیل ایجاد مشکلاتی مانند فرسایش خاک، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مصرف بالای آب (Wolff and Stein, 1998) تخریب منابع زمینی، کاهش حیات وحش و تنوع زیستی، بهره‌وری پایین انرژی و نقش در افزایش گرمایش جهانی (Boatmann et al., 1999) مورد انتقاد قرار گرفته است. این مسائل جامعه کشاورزی را به دنبال راه‌حلی جایگزین به نام کشاورزی حفاظتی سوق داده است. این روش با فراهم کردن پوشش دائمی خاک، افزایش طبیعی مواد آلی و تأکید بر حفاظت خاک، هوا، آب و تنوع زیستی، به بهبود شرایط محیطی کمک می‌کند (Derpsch et al., 2011).

اصول کشاورزی حفاظتی

روش‌های کشاورزی حفاظتی که در بسیاری از نقاط جهان اجرا می‌شوند، بر پایه اصول اکولوژیکی پایدار بنا شده‌اند (Lal, 2013). تعادل بین بهره‌وری استفاده از منابع و عملکرد محصول از اهمیت بسیار بالایی برای مدیریت منابع طبیعی و دستیابی به پایداری کشاورزی برخوردار است. کشاورزی حفاظتی اساساً بر اصول زیر تکیه دارد:

• کمترین اختلال مکانیکی در خاک

مفهوم «خاک‌ورزی زیستی» یک پدیده طبیعی است که توسط میکروارگانیسم‌های خاک از طریق فعالیت‌های زیستی تقویت می‌شود و موجب تولید توده‌های پایدار خاک و ایجاد منافذ با اندازه‌های مختلف می‌گردد که اجازه ورود و نفوذ هوا و آب به خاک را می‌دهد. این فرآیند با خاک‌ورزی مکانیکی قابل مقایسه است، اما خاک‌ورزی مکانیکی فرآیندهای ساختاری زیستی خاک را تخریب می‌کند. این امر تبادل گازها در منطقه ریشه را تسهیل می‌کند، اکسیداسیون ملایم ماده آلی را ممکن می‌سازد، حرکت، نگهداری و آزادسازی آب در منافذ خاک را حمایت می‌کند و از بازفعال شدن بذور علف‌های هرز و جوانه‌زنی آن‌ها جلوگیری می‌کند (Friedrich and Kassam, 2009).

• پوشش دائمی آلی خاک

حفظ پوشش دائمی آلی خاک (حداقل ۳۰ درصد) با استفاده از باقی‌مانده‌های محصول یا گیاهان پوششی، تشکیل لایه‌ای حفاظتی روی سطح خاک را تضمین می‌کند که علف‌های هرز را کنترل می‌کند؛ خاک را از تأثیرات الگوهای شدید آب و هوایی محافظت می‌کند؛ به حفظ رطوبت خاک کمک می‌کند و از فشردگی خاک جلوگیری می‌نماید. علاوه بر این، خاک را از تماس مستقیم با باران و آفتاب حفظ می‌کند، تأمین مداوم غذای موجودات خاک را تضمین می‌کند و شرایط میکروکلیمای خاک را برای رشد و توسعه موجودات خاک تغییر می‌دهد. این امر به نوبه خود فعالیت زیستی خاک، تجمع ذرات خاک و جذب کربن را بهبود می‌بخشد (Ghosh et al., 2010).

• تناوب زراعی

تناوب زراعی، «منبع غذایی» متنوعی را برای میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌کند و با الگوی ریشه‌زایی متنوع محصولات کشت شده در تناوب، بازیافت مواد مغذی از لایه‌های عمیق خاک به سطح را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، تنوع محصولات در تناوب، منجر به تنوع زیستی گیاهی و جانوری خاک می‌شود. در همین راستا، گنجاندن گیاهان خانواده نخود در توالی و تناوب کشت، با ایجاد اختلال در چرخه زندگی آفات، تأثیر منفی بر گونه‌های آفات دارد و همچنین باعث افزایش تثبیت زیستی نیتروژن می‌شود (Friedrich and Kassam, 2009).

• کنترل تردد در مزرعه

تردد کنترل شده که موجب کاهش فشردگی خاک می‌شود، می‌تواند یکی دیگر از اصولی باشد که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در درازمدت، روش‌های کشاورزی حفاظتی از نظر استفاده کارآمد و منطقی از منابع و پایداری تولید، نویدبخش هستند (Oyeogbe et al., 2018).

مزایای کشاورزی حفاظتی

کشاورزی حفاظتی دارای مزایای متعددی است که شامل موارد زیر می‌شود:

- حفاظت فیزیکی در برابر شرایط جوی (قطرات باران، باد، دوره‌های خشک یا مرطوب)،
- ساختار و انسجام بهتر خاک،
- کمک به کنترل فرسایش و انتقال مواد مغذی،
- صرفه‌جویی در هزینه، زمان و انرژی.

کشاورزی حفاظتی پتانسیل بسیار خوبی برای انواع مختلف خاک‌ها و سیستم‌های زراعی-اکولوژیکی دارد. این روش مستقل از اندازه مزرعه است، اما پذیرش آن برای کشاورزان دارای مزارع کوچک‌مقیاس بسیار ضروری است تا هزینه‌های تولید خود را کاهش داده، سود خود را افزایش دهند و منابع را حفظ کنند (Derpsch, 2008). اغلب کشاورزی حفاظتی به اشتباه با کشاورزی ارگانیک یکسان فرض می‌شود. تفاوت کمی بین این دو مفهوم وجود دارد. اگرچه هر دو بر بهبود سلامت خاک از طریق منابع طبیعی تأکید دارند، کشاورزی ارگانیک استفاده از نهاده‌های شیمیایی را ممنوع می‌کند، در حالی که کشاورزی حفاظتی اجازه استفاده از آنها را می‌دهد. کشاورزی حفاظتی به‌عنوان راه‌حلی برای افزایش بهره‌وری محصولات و تأمین امنیت غذایی ترویج می‌شود (Hobbs, 2007) و این قابلیت را دارد که نیاز به نیروی کار برای آماده‌سازی زمین را کاهش دهد، حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد و همچنین تنش آبی در محصولات را کاهش دهد (IIRR, 2005).

محدودیت‌های پذیرش کشاورزی حفاظتی

Kavita Bhadu و همکاران (2018) مشکلات مربوط به کشاورزی حفاظتی در هنگام پذیرش آن را شناسایی کردند و دریافتند که طرز فکر کشاورزان بزرگ‌ترین مانع است، زیرا آن‌ها به طور گسترده‌ای در زمینه کشاورزی سنتی و استفاده از نهاده‌های خارجی آموزش دیده‌اند. چند محدودیت دیگر عبارتند از:

- **محدودیت در پذیرش کم‌خاک‌ورزی**
 - در صورت عدم استفاده از کود، کم‌خاک‌ورزی ممکن است منجر به غیرقابل‌تحرک شدن مواد مغذی شود که این امر می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصول برای کشاورزان گردد (Giller et al, 2009).
 - تجزیه باقی‌مانده‌های محصول می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت موجودات خاک که نیتروژن را در بدن خود به دام می‌اندازند، منجر به غیرقابل‌استفاده شدن کوتاه‌مدت نیتروژن شود (Verhulst et al., 2010).
 - اگر چه خاک‌ورزی امکان ادغام باقی‌مانده‌های گیاهی را فراهم کرده و فرآیند تجزیه را تسریع می‌کند، اما مواد مغذی حاصل فقط برای فصل بعد در دسترس قرار می‌گیرند.
 - نیاز به کنترل علف‌های هرز یکی از دلایل اصلی انجام خاک‌ورزی است (Wall, 2007)، زیرا کم‌خاک‌ورزی به‌طور قابل‌توجهی تراکم علف‌های هرز را افزایش می‌دهد و نیاز به نیروی کار بیشتر برای کنترل علف‌های هرز را افزایش می‌دهد، اما در کشاورزی حفاظتی این محدودیت می‌تواند با استفاده از علف‌کش‌ها برطرف شود (Baudron et al., 2007)
 - کم‌خاک‌ورزی بدون استفاده از علف‌کش‌ها با چالش کنترل علف‌های هرز چندساله مواجه است (Vogel, 1995).
- **محدودیت در استفاده از مالچ**
 - نگهداری دام می‌تواند چالش‌هایی برای حفظ مالچ ایجاد کند. این چالش‌ها عمدتاً به دلیل فعالیت‌های طبیعی دام‌ها مانند چرای آن‌ها، لگدکوب کردن و حرکت در مرتع ایجاد می‌شوند (Baudron et al., 2007) و مالچ گاهی اوقات موجب افزایش آفات محصول، به ویژه موربانه‌ها می‌شود (Nyathi et al., 2011). علاوه بر این، حفظ مالچ ممکن است باعث تثبیت نیتروژن شود که در کوتاه‌مدت نیاز به افزایش کوددهی را به همراه دارد (IIRR, 2005).
- **محدودیت در تناوب زراعی**
 - هندسه و شکل زمین‌کشت (کاشت در گودال‌های دائمی) باعث می‌شود که کشاورزان تمایلی به کاشت لگوم‌ها (حبوبات) نداشته باشند (Baudron et al., 2007).
 - چالش‌های اصلی در تناوب زراعی شامل کمبود بازارهای قابل اعتماد برای بسیاری از محصولات لگوم (حبوبات) و کمبود بذره‌های بهبود یافته لگوم‌ها است (Baudron et al., 2007).

چالش‌های کشاورزی حفاظتی

چالش‌های اصلی در توسعه و گسترش سیستم‌های کشاورزی حفاظتی، عمدتاً ناشی از کمبود دانش و تخصص، فقدان تجهیزات و ماشین‌آلات مناسب، محدودیت منابع مالی، ضعف زیرساخت‌ها و نبود حمایت‌های مؤثر از سوی سیاست‌گذاران است (Friedrich and Kassam, 2009). همچنین، ناتوانی در تولید دانش مورد نیاز برای تحول کشاورزی به سوی کشاورزی حفاظتی، یکی دیگر از موانع اساسی به‌شمار می‌رود که در بسیاری از کشورها مشاهده می‌شود.

برای رفع این مشکلات، کشورها باید:

- الف) از تجربیات موفق و شواهد موجود در کشورهای مختلف بهره ببرند؛
- ب) شبکه‌ای از تحقیقات عملی در مزارع با بودجه عمومی ایجاد کنند تا کشاورزان بتوانند با دریافت حمایت مالی، روش‌های کشاورزی حفاظتی را آزمایش و آن را متناسب با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی خود تطبیق دهند؛
- ج) بخش ماشین‌آلات را مدیریت کنند تا فناوری‌های مکانیکی جدید و مناسبی برای کشاورزی حفاظتی توسعه یابد؛
- د) دولت‌ها باید تعهد جدی و مستمر برای تشویق و حمایت از کشاورزی حفاظتی داشته باشند و به‌ویژه از طریق تأمین منابع مالی و حمایت‌های لجستیکی، کشاورزان را در به‌کارگیری این روش‌ها یاری کنند (Friedrich and Kassam, 2009).

نتیجه‌گیری

کشاورزی حفاظتی به عنوان یک راه‌حل پایدار و نویدبخش برای چالش‌های فزاینده تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان در شرایط تغییرات اقلیمی مطرح شده است. این رویکرد، برخلاف کشاورزی سنتی که منجر به تخریب خاک، فرسایش و کاهش ماده آلی می‌شود، بر حفظ منابع طبیعی با کاهش حداقل اختلال مکانیکی خاک (خاک‌ورزی حداقل یا بدون خاک‌ورزی)، حفظ پوشش دائمی آلی خاک با بقایای محصول یا گیاهان پوششی، و تناوب زراعی تأکید دارد. مزایای کشاورزی حفاظتی شامل بهبود سلامت خاک، افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، کاهش فرسایش، صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، کاهش نیاز به نیروی کار و هزینه‌های ماشین‌آلات، و افزایش ترسیب کربن است. این روش نه تنها به حفظ محیط زیست کمک می‌کند، بلکه به افزایش بهره‌وری پایدار و سودآوری کشاورزان نیز منجر می‌شود. با این حال، پذیرش کشاورزی حفاظتی با چالش‌هایی از جمله ذهنیت سنتی کشاورزان، مسائل مربوط به مدیریت علف‌های هرز در کم‌خاک‌ورزی (که می‌تواند با استفاده از علف‌کش‌ها برطرف شود)، مدیریت بقایای گیاهی و اثرات آن بر آفات و تثبیت نیتروژن، و محدودیت‌های مربوط به تناوب زراعی (مانند نبود بازارهای قابل اعتماد برای برخی محصولات لگوم) مواجه است. برای غلبه بر این موانع و گسترش کشاورزی حفاظتی، نیاز به افزایش دانش و تخصص، توسعه تجهیزات و ماشین‌آلات مناسب، تأمین منابع مالی، تقویت زیرساخت‌ها، و حمایت‌های مؤثر دولتی و سیاست‌گذاران ضروری است. ایجاد شبکه‌های تحقیقاتی در مزارع با حمایت عمومی، مدیریت بخش ماشین‌آلات برای توسعه فناوری‌های جدید و پایبندی دولت‌ها به تشویق و پشتیبانی از کشاورزان، می‌تواند به تحقق پتانسیل کامل کشاورزی حفاظتی در تأمین امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست کمک شایانی کند. در نهایت، کشاورزی حفاظتی نه تنها یک روش تولید، بلکه یک مفهوم جامع برای مدیریت منابع است که می‌تواند راه را برای آینده‌ای پایدارتر در کشاورزی هموار کند.

فهرست منابع

- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F. S., Justice, S.E., Hobbs, P.R. (2007). No-tillage Seeding in Conservation Agriculture - 2nd (Edn.). CABI and FAO, Rome. 326p.
- Baudron, F., Mwanza, H.M., Triomphe, B., Bwalya, M. (2007). Conservation agriculture in Zambia: A case study of Southern Province. Nairobi: African Conservation Tillage Network, Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement, Food and Agricultural Organization of United Nations. <https://www.researchgate.net/publication/238789786>
- Bhan, S., & Behera, U. K. (2014). Conservation agriculture in India—Problems, prospects and policy issues. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4), 1-12.
- Boatman, N., Storate, C., Gooch, R., Carvalho, C.R., Borralho, R., De Snoo, G., Eden, P. (1999). Environmental impacts of arable crop production in European Union: practical options for improvement. A report prepared for Directorate- General XI of European Commission. Allerton Research and Educational Trust, U.K. 179p.

- Das, T.K., Bhattacharyya, R., Sudhishri, S., Sharma, A.R., Saharawat, Y.S., Bandyopadhyay, K.K., Sepat, S., Bana, R.S., Aggarwal, P., Sharma, R.K., Bhatia, A., Singh, G., Datta, S.P. (2014). Conservation agriculture in an irrigated cotton-wheat system of western Indo-Gangetic Plains: Crop and water productivity and economic profitability. *Field Crops Res.* 158: 24-33.
- Derpsch, R. (2008). Keynote: Frontiers in Conservation Tillage and Advances in Conservation Practice. In: [D.E. Stott, R.H. Mohtar, G.C. Steinhart, (Eds.)], *Sustaining Global Farm. Selected papers from 10th International Soil Conservation Organisation Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue University and USSA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.*
- Derpsch, R., Friedrich, T., Landers, J.N., Rainbow, R., Reicosky, D.C. and Sa., J.C. M., (2011). About Necessity of Adequately Defining No-tillage- A Discussion Paper. In *Proc. 5th World Congress on Conservation Agriculture, 26-29 September 2011, Brisbane, Australia.*
- Dumansky, J., Reicosky, D.C., Peiretti, R.A. (2014). Pioneers in soil conservation and Conservation Agriculture. Special issue, *International Soil and Water Conservation Research March.* 2(1): 1-4.
- FAO. (2014). What is Conservation Agriculture? FAO CA website (<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>).
- Farooq, M. and Siddique, K.H.M. (2014). (Eds.): *Conservation Agriculture.* Springer International, New York. ISBN 978-3-319-11619-8. DOI: 10.1007/978-3-319-11620-4. 3-20 pp.
- Friedrich, T., Kassam, A.H., 2009. Adoption of conservation agriculture technologies: constraints and opportunities. In: *Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture: Innovations for Improving Efficiency, Equity and Environment, 4-7 February. New Delhi, India*
- Ghosh, P.K., Das, A., Saha, R., Kharkrang, E., Tripathy, A.K. Munda, G.C. (2010). Conservation agriculture towards achieving food security in north east India. *Current Science.* 99(7): 915-921.
- Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M., & Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field crops research,* 114(1), 23-34.
- Hobbs, P.R. (2007). Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production. *Journal of Agricultural Science.* 145(2): 127-137.
- IIRR (2005). *International Institute of Rural Reconstruction and African Conservation Tillage Network. Conservation Agriculture: A Manual for Farmers and Extension Workers in Africa.*
- IPCC. (2014). *Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)].* IPCC, Geneva, Switzerland. 151 pp.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. (1994). Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research,* 31(2-3), 149-167.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. (1994). Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research,* 31(2-3), 149-167.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. Kienzle, J., (2015). Overview of Worldwide Spread of Conservation Agriculture, *Field Actions Science Reports [Online].* 8: 1867-8521.
- Kassam, A.H., Basch, G., Friedrich, T., Shaxson, F., Goddard, T., Amado, T., Crabtree, B., Hongwen, L., Mello, I., Pisante, M., Mkomwa, S., (2013). Sustainable Soil Management is More than What and How Crops are Grown. In: *Principles of Soil Management in Agro-ecosystems.* [R. Lal, R.A. Stewart. (Edn.)], *Advances in Soil Science.* CRC Press.
- Kavita Bhadu, Rakesh Choudhary, Tanuja Poonia, Payal Patidar, Choudhary, K.M., Kakraliya, S.K. (2018). A review paper on concept, benefits and constraints of conservation agriculture in India. *International Journal of Chemical Studies.* 6(4): 36-40.
- Lal, R. (2013). Climate-resilient agriculture and soil Organic Carbon. *Indian Journal of Agronomy.* 58(4): 440-450.
- Nyathi, P., Mazvimavi, K., Kunzekweguta, M., Murendo, C., Masvaya, E., Tirivavi, R. (2011). Assessing feasibility of mulching in mixed-crop livestock systems in Zimbabwe. Presented at: *Conservation agriculture regional symposium for southern Africa, 8-10 February 2011, Johannesburg, South Africa.*
- Oyeogbe, A.I., Das, T.K., Bandyopadhyay, K.K. (2018). Agronomic productivity, nitrogen fertilizer savings and soil organic carbon in conservation agriculture: Efficient nitrogen and weed management in maize-wheat system. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 64(12): 1635-45.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of botany,* 114(8), 1571-1596.

- Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P. (2010). Conservation Agriculture, Improving Soil Quality in Sustainable Production Systems. In: Food Security and Soil Quality. [R. Lal and B. Stewart (Edn.)]. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Vogel, H. (1995). Need for integrated weed management systems in smallholder conservation farming in Zimbabwe. *Der Tropenlandwirt*. 96: 35-56.
- Wall, P. (2007). Tailoring conservation agriculture to needs of small farmers in developing countries: An analysis of issues. *Journal of Crop Improvement*. 19: 137-155.
- Wolff, P., Stein, T.M. (1998). Water efficiency and conservation in agriculture- Opportunities and limitations. *Agriculture and Rural Development*. 5(2): 17-20.

Conservation Agriculture: A Strategy for Sustainability in Agriculture

Zohreh Alvyar^{1*}, Masoumeh Mostafaei², Hossein Azizi², Leila Moradi²

1*- Department of Soil and Water Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ardebil (Moghan), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardebil, Iran.

2- Department of Soil and Water Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of West Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, West Azerbaijan, Iran.

*Email: zohre_alvyar@yahoo.com

Abstract

The world faces the challenge of providing food for a growing population amid climate change and decreasing resources. In this context, conservation agriculture has emerged as a sustainable solution. This approach consists of a set of agricultural practices aimed at improving sustainable food production while conserving soil, water, and biological resources, and minimizing external inputs. Key principles of conservation agriculture include minimal mechanical disturbance of the soil (biological tillage), permanent organic soil cover with crop residues or cover crops, and crop rotation to diversify and improve nutrient cycling. In some cases, controlled traffic farming is also considered an important principle. The benefits of conservation agriculture include protecting soil from erosion, improving soil structure and fertility, reducing water and energy consumption, and saving costs and time. This method also aids in carbon sequestration in the soil and increases labor productivity. However, there are limitations and challenges in adopting conservation agriculture, such as farmers' resistance due to habits of traditional methods, difficulties in managing weeds and pests in reduced-tillage systems, and lack of markets for some crops in rotation. Addressing these challenges requires education, development of appropriate technologies, and government support so that conservation agriculture can be more widely accepted and implemented.

Keywords: Conservation agriculture, Crop rotation, Minimum tillage, Soil cover, Sustainability