بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

خاک‌ورزی پایدار

تهیه و تدوین:
حمیدرضا صادق نژاد

زمان انتشار:
پاییز ۱۳۹۲

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	خاک‌ورزی پایدار
نگارش:	حمیدرضا صادق نژاد
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
زمان انتشار:	۱۳۹۲
ویراستار:	محمد یونسی الموتی
صفحه‌آرایی:	سمیه وطن‌دوست

آدرس: کرج ، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

مخاطبان نشریه:

کلیه کارشناسان، مروجین کشاورزی و کشاورزان

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- روش‌های مختلف خاک‌ورزی
- مزایای استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی
- انواع روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی
- توصیه‌های کاربردی خاک‌ورزی حفاظتی

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
روش‌های مختلف خاک‌ورزی	٤
خاک‌ورزی مرسوم	٥
خاک‌ورزی حفاظتی	٦
مزایای استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی	۷
کم خاک‌ورزی	۹
خاک‌ورزی پوششی	۱۰
خاک‌ورزی پشته‌ای	۱۱
خاک‌ورزی نواری	۱۳
بی‌خاک‌ورزی	۱٥
خاک‌ورز – کاشت	۱۷
تناوب خاک‌ورزی	۱۸
نتیجه‌گیری	۱۸
توصیه‌های کاربردی	۱۹
منابع مورد استفاده	۱۹

مقدمه

سیستم‌های کشاورزی امروز بـه دنبـال اهـداف اقتصـادی، اکولـوژیکی و زیست محیطی هستند کـه در آن تولیـد محصـولات کشـاورزی بـا حفـظ و پایداری محیط زیست همراه مـی‌باشـد. درکشـاورزی پایـدار، افـزایش تولیـد منطقی با نیازهای روز است بدون اینکه خطری برای پتانسیل کشاورزی آینده داشته باشد، بنابراین روش‌های مناسبی برای نظارت بر مزرعه، خاک و توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار لازم است که یکـی از ایـن روش‌هـا، نظـارت بـر روش‌های خاک‌ورزی است. خاک‌ورزی، دستکاری خاک برای تولید محصـول با تشکیل بستر بذر است که بر فرآیند میکروارگانیسم‌های خاک، خواص خاک و رشد محصول تأثیر می‌گذارد و اهدافی از قبیل تغییر شـرایط خـاک (بهبـود ساختمان خاک با فرآیندهای کشاورزی مطلوب مثـل تمـاس بـذر بـا خـاک، ازدیـاد ریشـه، نفوذپـذیری آب، کنتـرل حـرارت خـاک و...)، کنتـرل بیماری‌ها و علف‌های هرز (قطع چرخه زندگی بیماری‌هـا و علـف‌هـای هـرز)، مدیریت بقایا (حداقل رساندن اثرات منفی بقایـا و افـزایش اثـرات مفیـد آن)، اختلاط (استقرار یا توزیع موادی مانند کودهای جامد و مـایع، بـذر و بقایـا از محلی با تناسب کمتر به مکانی مناسب‌تر و بهتر)، شـکل‌دهـی خـاک (تغییـر شکل سطح خاک) را دنبال می‌کند. با این حال خاک‌ورزی زمانی که به طـور نامناسب و یا بیش از حد انجام شود ممکن است اثرات منفی بر خاک و تولید محصول نیز داشته باشد. کاهش حاصل‌خیزی خاک، فشردگی خـاک در زیـر لایه خاک‌ورزی شده، افزایش قابلیـت فرسـایش آبـی و بـادی، تجزیـه شـدید

مـواد آلـی خـاک، افـزایش هزینـه و انـرژی عملیـات خـاک‌ورزی و افـزایش هزینه‌های کارگری از جمله معایب آن هستند.

روش‌های خاک‌ورزی برحسب شرایط موجود، اثـرات متفـاوتی را در پـی دارد به عبارت دیگر تأثیر خاک‌ورزی بستگی به نـوع و زمـان انجـام عملیـات خاک‌ورزی دارد. این نـوع خـاک‌ورزی بـر روی خـواص فیزیکـی و شـیمیایی خاک، میزان رشد گیاه و عملکرد محصول مؤثر اسـت. فرسـایش‌هـای آبـی و بادی و کاهش لایه سطحی حاصلخیز خـاک، نفوذپـذیری و افـزایش نشـت و آلودگی آب‌ها، تسطیح زمین به وسـیله عملیـات خـاک‌ورزی از شـاخص‌هـای مهمی هستند که در خواص فیزیکی خاک اثر می‌گذارنـد. کـاهش در شـدت خاک‌ورزی، به تدریج میزان خلل و فـرج بـزرگ خـاک را افـزایش و پایـداری خاک دانه‌ها را بیشتر کرده و مـانع تشـکیل سـله بعـد از بارنـدگی مـی‌شـود، رطوبـت خـاک حفـظ و گیـاه تـنش‌هـای کمتـری را تجربـه مـی‌کنـد (Rusu *et al*., ۲۰۰۹). شاخص‌های شیمیایی مؤثر در خـاک‌ورزی پایـدار، بـا کاهش رسوب مواد شیمیایی وانتشار گازهای مختلف انباشـته شـده درخـاک همـراه اسـت. کـاربرد سیسـتم‌هـای خـاک‌ورزی و کاشـت پایـدار، کـاهش معنی‌داری را درتلفات نیتروژن و فسفر اضافه شده بـه خـاک نشـان مـی‌دهـد بنابراین در کاهش نیترات وارد شده در آب سطحی و آلودگی آن مـؤثر اسـت. شخم عمیق نیز تبادل هوا را تشدید کرده و باعث تحریـک تجزیـه مـواد آلـی شده که سبب انتشار گازکربنیک از خاک به محیط می‌شود. کاهش عملیـات خاک‌ورزی ضمن کاهش تردد ماشین‌هـای کشـاورزی، باعـث کـاهش خـروج

گازکربنیک از داخل خاک می‌شود (Dahiya *et al.*, ۲۰۰۷). افزایش جمعیت موجودات زنده‌ای مانند کرم‌های خاکی در خاک به دلیل افزایش حفر کانال در خاک، افزایش سرعت تجزیه بقایای گیاهی، افزایش نفوذپذیری آب درخاک، جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه‌ها را نیز بهتر می‌کند (Sarauskis *et al.*, ۲۰۰۹). در مجموع پایداری در خاک با خاک‌ورزی پایدار و کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی، با موضوع خاک‌ورزی حفاظتی مطرح شده و به عنوان زیر مجموعه‌ای از کشاورزی حفاظتی توسعه پیدا کرده است.

خاک‌ورزی حفاظتی فرم دیگری از خاک‌ورزی است که در آن بقایای گیاهی به عنوان پوششی در سطح خاک باقی می‌ماند و به وسیله عملیات خاک‌ورزی، کمتر و یا اصلا با خاک مخلوط نمی‌شود. هدف اصلی خاک‌ورزی، افزایش عملکرد و حفظ یا اصلاح منابع تولید است اما در کشاورزی حفاظتی، پایداری، حفاظت و بهبود کشاورزی هدف است که باعث استفاده مؤثر از منابع طبیعی با تلفیق مدیریت منابع خاک، آب و بیولوژی می‌گردد (Hobbs *et al.*, ۲۰۰۶).

روش‌های خاک‌ورزی، نوعی خاص و یا ترکیبی از عملیات مکانیکی برای آماده‌سازی بستر بذر است که بسیار متنوع بوده و بر حسب مقدار پوشش بقایای گیاهی باقیمانده از کشت قبل و میزان به هم زدن خاک به چند دسته تقسیم بندی می‌شوند. روش‌های خاک‌ورزی معمولا بر میزان حرارت خاک، استحکام ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب، وزن مخصوص ظاهری، فعالیت کرم‌های خاکی، نفوذپذیری آب درخاک، کربن آلی، نیتروژن و تبادل

کلسیم، منیزیم، فسفر و روی تأثیر داشته و بر رشد و توزیع ریشه و حاصلخیزی خاک نیز مؤثرند (Barzegar *et al*., ۲۰۰۴).

بنابراین روش‌های خاک‌ورزی باید برحسب شرایط اقلیمی، امکانات و محدودیت‌های موجود انتخاب و استفاده شوند. در نتیجه اولین مرحله در اخذ تصمیم برای مدیریت تولید پایدار، انتخاب روش‌های خاک‌ورزی مناسب است و آگاهی و شناخت سیستم‌های خاک‌ورزی و کاشت به عنوان روش‌های نوین، مقدمه‌ای برای رسیدن به کشاورزی پایدار است.

روش‌های خاک‌ورزی

عملیات خاک‌ورزی معمولاً به دو بخش عملیات اولیه و ثانویه تقسیم بندی می‌شوند، با این حال تمایز آن دو از هم در همه حال ساده نیست. خاک‌ورزی اولیه عبارت است از کار ابتدایی و اصلی بر روی خاک که عموماً برای کاهش مقاومت خاک و مدیریت پوشش مواد گیاهی طرح‌ریزی شده است. بقایای محصول قبلی اغلب در هنگام برداشت جمع آوری شده و یا با خاک مخلوط می‌شوند. عملیات ثانویه خاک‌ورزی نیز به منظور مهیا ساختن بستر بذر و به دنبال عملیات اولیه اجرا می‌گردد. در اکثر روش‌های خاک‌ورزی، در عملیات خاک‌ورزی ثانویه، به‌هم‌خوردگی زیاد خاک باعث سست و پودر کردن آن و درنتیجه در هنگام کاشت، موجبات تماس بذر با خاک را فراهم می‌کند. با توسعه علف کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز، شناسایی ارقام متحمل و ساخت ادوات چند منظوره جدید، این امکان فراهم

شده است که محصولات بدون عملیات خاک‌ورزی یا با خاک‌ورزی کمتر کاشته شوند و در پایداری ساختمان خاک و افزایش مواد آلی بهبودی حاصل گردد. براین اساس، روش‌های خاک‌ورزی نوین همراه با روش‌های مرسوم توسعه پیدا کرده‌اند. بنابراین روش‌های خاک‌ورزی را می‌توان به دو دسته کلی، خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی تقسیم‌بندی نمود.

۱- خاک‌ورزی مرسوم[۱]

خاک‌ورزی مرسوم عبارت است از یک سری عملیات خاک‌ورزی متداول و سنتی که در یک منطقه جغرافیایی مشخص برای ایجاد بستر مناسب و کاشت بذر به کار رفته و معمولا با شخم و به‌هم زدن شدید خاک همراه است. در این نوع خاک‌ورزی، تمام سطح خاک به‌هم می‌خورد و کمتر از ۱۵ درصد بقایا برروی سطح باقی می‌ماند. برای اجرای آن اکثراً ازگاو آهن برگردان‌دار (شکل ۱) و دیسک (شکل ۲) و یا گاو آهن‌های بشقابی و دیسک‌های سنگین استفاده می‌شود. کنترل علف‌های هرز با استفاده از روش مکانیکی به وسیله کولتیواتورها و یا به روش شیمیایی و توسط علف‌کش‌ها صورت می‌گیرد. در این روش به دلیل به‌هم‌خوردگی زیاد خاک به وسیله ادوات مکانیکی، خطر فرسایش و انتشار گرد و غبار افزایش می‌یابد.

۱- Conventional or Intensive Tillage

شکل ۱- شخم با گاوآهن برگردان‌دار در خاک‌ورزی مرسوم.

شکل ۲- آماده سازی بستر بذر با دیسک در خاک‌ورزی مرسوم.

۲- خاک‌ورزی حفاظتی[۱]

روشی از انجام عملیات تهیه بستر بذر است که در آن سعی می‌شود حداقل ۳۰ درصد از بقایای حاصل از کشت قبلی بر روی زمین باقی گذاشته شود. بدین منظور ناگزیر میزان به‌هم زدن مکانیکی خاک کاهش می‌یابد و

۱- Conservation Tillage

دیگر خاک برگردان نمی‌شود. اصول و الگوی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر مبنای مدیریت بقایای گیاهی متمرکز شده است. مدیریت بقایای گیاهی به عنوان یک سیستم گردشی سالانه تعریف شده که با انتخاب محصول برای تولید بقایا شروع می‌شود و ممکن است بعضی از گیاهان، به عنوان محصولات پوششی با بقایای زیاد به دنبال گیاهانی که بقایای کمی دارند در برنامه‌ریزی کشت استفاده شوند. تناوب زراعی پیش نیاز اصلی انتخاب نوع محصول و کاهش دهنده برخی عوامل محدود کننده مانند کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در این سیستم است.

مزایای استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی

این روش دارای مزایایی نظیر کاهش فرسایش خاک، افزایش ماده آلی خاک، بهبود ساختمان خاک، کاهش مصرف سوخت، کاهش استهلاک تراکتور، کاهش آلودگی هوا، کاهش زمان عملیات خاک‌ورزی و تسریع در جوانه‌زنی می‌باشد. البته معایبی مانند افزایش سرمایه‌گذاری اولیه برای خرید ادوات جدید، افزایش علف‌های هرز چند ساله و محیط مناسب برای رشد و نمو عوامل بیماری‌زا و آفات نیز دارد که با مدیریت صحیح هزینه‌ها، منابع بیولوژی و رعایت تناوب زراعی می‌توان آن را کنترل و اثرات آن را کاهش داد.

خاک‌ورزی مرسوم معمولا با مصرف سوخت زیاد در تراکتورها همراه است که باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد ضمن اینکه گازهای گلخانه‌ای را

افزایش و گرم شدن هوا را تشدید می‌کند. خاک‌ورزی حفاظتی این هزینه‌ها و انتشار گازها را کاهش می‌دهد.

طولانی شدن و یا عدم انجام بموقع عملیات خاک‌ورزی می‌تواند سبب تاخیر در محصولات و در نتیجه کاهش در پتانسیل عملکرد محصول گردد. با کاهش و یا به حداق رساندن زمان انجام عملیات از طریق روش‌های خاک‌ورزی از جمله روش بی‌خاک‌ورزی، می‌توان بدون افزایش در هزینه، محصولات را به موقع کشت کرد.

خاک‌ورزی ممکن است عامل فشردگی خاک باشد مخصوصا هنگامیکه تعداد تردد تراکتور برای آماده سازی بستر بذر زیاد باشد. خاک‌ورزی حفاظتی، این تردد را کاهش می‌دهد. کاشت گیاهانی با ریشه عمیق و حرکت بعضی از موجودات زنده مانند کرم‌های خاکی در خاک با نفوذ در لایه‌های عمقی می‌تواند به کاهش فشردگی خاک کمک کند. در بعضی گزارش‌ها وزن مخصوص ظاهری بیشتری تحت شرایط حداقل خاک‌ورزی گزارش شده که می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود اما این افزایش می‌تواند به وسیله باقی گذاشتن بقایای گیاهی در خاک و به تدریج پوک‌کردن خاک اصلاح شود.

پوشش گیاهی در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی، انرژی قطرات باران را جذب و رطوبت را حفظ می‌کند و نفوذپذیری بیشتر آب و کاهش فرسایش و تبخیر را باعث می‌شود. حضور پوشش گیاهی و حداقل به هم خوردگی خاک، ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد. از نظر اقتصادی، خاک‌ورزی

مرسوم، هزینه‌های استهلاک، تعمیر و نگهداری بیشتری را برای تراکتور و ادوات خاک‌ورزی به ارمغان می‌آورد.

روش خاک‌ورزی حفاظتی دارای انواع مختلفی است که مهمترین آنها عبارتند از:

۱-۲- کم‌خاک‌ورزی[۱]:

به روشی که با شدت و فعالیت کمتری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم انجام شده و در آن لایه سطحی خاک، خاک‌ورزی می‌شود و بتواند ۳۰ درصد بقایا را بعد از کاشت بر روی سطح خاک باقی گذارد، کم خاک‌ورزی گویند (شکل ۳). دراین روش تعداد عملیات خاک‌ورزی کاهش یافته و ادوات خاک‌ورزی که نیروی کمتری به ازای واحد سطح خاک نیاز دارند، جایگزین ادواتی شده اند که نوعاً در روش خاک‌ورزی مرسوم به کار می‌روند.

شکل ۳- خاک‌ورزهای مرکب با شاخه‌های نیمه عمیق برای کم خاک‌ورزی.

۱- Minimum or Reduce tillage

۲-۲- خاک‌ورزی پوششی[۱]:

به روشی که همه الگوهای خاک‌ورزی حفاظتی، به جز بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی پشته‌ای را در بر می‌گیرد خاک‌ورزی پوششی گویند. در خاک‌ورزی پوششی، بقایای محصول بر روی لایه سطحی خاک قرار می‌گیرد و خاک‌ورزی در زیر لایه سطحی انجام و بقایا نسبتاً به هم نخورده باقی می‌ماند. سطح زمین با ادواتی نظیر گاوآهن‌های قلمی، پنجه غازی، کولتیواتورهای مزرعه شخم خورده و خاک‌ورزی با عرض کامل در تمام سطح خاک انجام می‌شود (شکل ۴). در این روش حداقل ۳۰ درصد بقایا بر روی سطح زمین باقی می‌ماند و کاشت، اغلب با شیاربازکن‌های بشقابی انجام می‌شود که می‌تواند از میان بقایای گیاهی عبور کند. ذخیره رطوبت از طریق کاهش اثرات آبشویی و تبخیر، افزایش یافته و با تسهیل نفوذ آب به داخل، تاحد زیادی از تشکیل سله در سطح خاک ممانعت می‌شود. در مناطق خشک سعی می‌شود حداکثر مقدار پوشش بر روی سطح خاک باقی گذاشته شود. از آنجائی که تجزیه بقایا نیاز به نیتروژن بیشتری دارد، توصیه می‌شود که مقدار کود ازته بیشتری را در هنگام کاشت و در زیر بقایای گیاهی قرار دهند.

۱- Mulch Tillage

شکل ٤- گاوآهن‌های قلمی یا چیزل در خاک‌ورزی پوششی.

۳-۲- خاک‌ورزی پشته‌ای[۱]

روشی است که در آن خاک از زمان برداشت محصول قبلی تا کاشت محصول ردیفی جدید دست‌نخورده باقی‌مانده و کشت روی پشته‌های تشکیل شده از محصول قبلی انجام می‌شود (شکل ۵). کارنده بخشی از بالای پشته را جابجا کرده و بقایا را از مسیر کاشت کنار می‌زند اما قبل از کاشت هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام نمی‌شود. در این خاک‌ورزی‌ها از کارنده‌ای استفاده می‌شود که در جلوی آن، منضمات تمیزکننده ردیف قرار دارد به طوری که بتواند نوار باریکی عاری از علف‌های هرز و بقایای گیاهی را در بالای پشته ایجاد کرده و بذر را درون ردیف کشت کند. کنترل علف‌های هرز، اغلب در

۱- Ridge Tillage or Ridge Planting

هنگام کاشت، در یک عرض باریک به وسیله علف‌کش بر روی پشته‌ها انجام می‌شود و با استفاده از کولتیواتورهای ردیفی، ضمن وجین علف‌های هرز، پشته‌ها دوباره فرم می‌گیرند. به دلیل کنترل بیشتر علف‌های هرز با کولتیواتور و دوباره فرم‌دادن پشته‌ها در این روش، استفاده از علف‌کش در مقایسه با روش بی‌خاک‌ورزی کمتر می‌شود. مزارع مسطح یا با شیب کم، مخصوصاً مزارعی که زهکشی ضعیفی دارند برای روش پشته‌ای مناسب‌اند زیرا که پشته‌ها مانند سیستم زهکشی عمل می‌کند بنابراین، این روش یک انتخاب خوب برای کاشت در خاک‌های خیلی مرطوب است که هم به وسیله بقایا، پشته‌ها را از خطر فرسایش حفظ می‌کند و هم آب‌های اضافی روی پشته را به طرف شیارهای طرفین هدایت می‌کند.

شکل ۵- کارنده‌هایی با منضمات خاک‌ورز برای کشت بر روی پشته.

۴-۲- خاک‌ورزی نواری[۱]

به روشی که در آن نوارهای بستر بذر در میان بقایای گیاهی محصول قبلی ایجاد می‌شود و بقایا دست نخورده باقی می‌ماند خاک‌ورزی نواری می‌گویند. در این روش، خاک‌ورزی در عرض کم و نوار باریک هم جهت با ردیف‌های کاشت که در آن معمولاً ۳۰ تا ۵۰ درصد بقایا بر روی سطح خاک حفظ می‌شود صورت می‌گیرد (شکل ۶). هدف این نوع خاک‌ورزی، ایجاد بستر بذر در یک ردیف یا نوار، مشابه عملیات خاک‌ورزی مرسوم و بجای گذاردن بقایای نسبتاً زیاد در بین ردیف‌ها برای جلوگیری از فرسایش همانند روش بی‌خاک‌ورزی است و برای برطرف کردن تجمع بقایا در جلوی کارنده در روش بی‌خاک‌ورزی به کار می‌رود. در این روش کشاورزان منضماتی را به ردیف‌کار اضافه می‌کنند که قبل از کاشت یک نوار پهنی از خاک به هم خورده و بدون بقایا در مسیر کارنده به وجود آید. یکی از منضمات معمول، استفاده از دو دیسک یا دوچرخ ستاره‌ای برای کنارزدن بقایا و یا استفاده از دو یا سه پیش‌بر برای سست کردن خاک درجلوی واحد کارنده می‌باشد. سست کردن خاک قسمت خاک‌ورزی شده می‌تواند برای رشد گیاهچه مطلوب‌تر باشد. در حالیکه انواع زیادی از خاک‌ورزهای نواری وجود دارد اما در آنها، خاک‌ورزی نواری، بدون واحد کارنده و عملیات کاشت در پاییز اجرا می‌شود و عناصر غذایی مورد نیاز خاک نیز در همان زمان درخاک قرار داده می‌شوند. با استفاده از یک زیرشکن یا کودکار یا چند پیش بر، کودها از میان شیاربازکن‌های کاردی شکل در پشت پیش‌برها به داخل خاک ریخته

۱- Strip or Zone Tillage

می‌شوند و معمولاً ادوات خاک‌ورز را به منضماتی متصل می‌کنند کـه در بهـار سال بعد بتواند در بین نوارهای خاک‌ورزی شده، کشت را انجام دهد.

الف

ب

شکل ٦ - (الف) خاک‌ورز نواری برای خاک‌ورزی در پاییز - (ب) کاشت در بهار بر روی نوارهای خاک‌ورزی شده.

۵-۲- بی‌خاک‌ورزی[۱]

بی‌خاک‌ورزی عبارت است ازکشت محصولات در بقایای محصول قبلی به وسیله کارنده‌هایی که بتواند با ایجاد شکاف در خاک، بذر را در عمق مناسب قرار دهد. بدین منظور از پیش‌برها و شیاربازکن‌هایی در جلوی کارنده استفاده می‌شود که قادر به بازکردن شیار باریکی برای استقرار بذر درون بقایای گیاهی باشد (شکل ۷-الف). دراین روش خاک و بقایای سطحی بدون تخریب باقی می‌مانند و تنها تخریب انجام شده مربوط به زمان قرارگیری بذر در خاک است (شکل ۷-ب). این تخریب ممکن است به یک شکاف کوچک محدود شود که در این حالت تقریباً تمام سطح خاک با پوشش بقایای گیاهی دست نخورده باقی می‌ماند. با حذف خاک‌ورزی، کربن آلی از دست رفته خاک به آهستگی و بتدریج به خاک باز می‌گردد و حفظ آب خاک و رطوبت، مانع تنش‌های رطوبتی وارد بر گیاه می‌شود. در این روش کاربرد علف کش‌های قبل از کاشت و بعد از جوانه‌زنی به کنترل موفق علف‌های هرز کمک فراوانی می‌کند. بی‌خاک‌ورزی در واقع برنامه‌ای از یک سیستم مدیریت مزرعه شامل کاشت، مدیریت بقایا، کنترل علف‌های هرز و آفات، تناوب زراعی و برداشت محصول است.

۱- No Tillage or Zero Tillage

الف

ب

شکل ۷- (الف) شیاربازکن‌های مخصوص در کارنده‌های بی‌خاک‌ورزی (ب) ذرت کشت شده و بقایای موجود در روش بی‌خاک‌ورزی.

۶-۲- خاک‌ورز- کاشت[۱]

روشی است که در آن ادوات مختلف از جمله گاو آهن، دیسک، ماله، بذر کار، غلتک و... در مجموعه‌ای متمرکز و در غالب یک ماشین به نام کمبینـات (ماشین مرکب) به کار گرفته می‌شود و دستگاه توانایی انجام کارهای مختلـف از جمله دانه‌بندی خاک، کاشت بذر، تسطیح و تثبیت خاک را با یک بار عبور در مزرعه دارد (شکل ۸). استفاده از چنین مجموعه‌ای باعث افزایش سـرعت کار، انجام به موقع عملیات کشاورزی، صرفه جویی در زمان، هزینـه، سـوخت و... می‌شود. همچنین با کاهش تردد تراکتور و ادوات، از فشردگی خاک و به وجود آمدن لایه سخت زیرین در خاک جلوگیری می‌شود.

شکل ۸ -کمبینات، ترکیبی از ادوات خاک‌ورز و کاشت.

۱- Till Plant

تناوب خاک‌ورزی[1]

در سیستم تولید محصول، مشابه با تناوب زراعی، استفاده از تناوب در روش‌های مختلف خاک‌ورزی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. برای مدیریت بقایا، سیستم خاک‌ورزی تناوبی همزمان با تناوب محصول به عنوان یک راه حل مطرح می‌شود. برای مثال یک سیستم بی‌خاک‌ورزی برای سویای بعد از گندم و یا یک چیزل به عنوان خاک‌ورزی پوششی بعد از برداشت ذرت، فرسایش خاک را کنترل کرده و خاک کمتر برگردان می‌شود و بقایای محصول بیشتر باقی می‌ماند. البته سیستم خاک‌ورزی تناوبی، بهبود ساختمان خاک را کندتر کرده و باید برای انتخاب روش‌ها و نوع ادوات مورد استفاده در آن، تحقیقات بیشتری انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

- ازخاک‌ورزی حفاظتی به منظور حفظ رطوبت خاک، افزایش مواد آلی و بهبود ساختمان خاک، کاهش فرسایش و فشردگی خاک، کاهش مصرف سوخت و هزینه‌های تولید استفاده می‌شود.
- روش‌های خاک‌ورزی برحسب شرایط اقلیمی، نوع محصول، امکانات و محدودیت‌های موجود انتخاب می‌شوند.
- تناوب خاک‌ورزی مشابه تناوب زراعی برای پایداری و حفظ خاک و بهبود عملکرد محصول ضروری بوده و بر حسب شرایط زراعی قابل تغییر است.
- روش‌های نوینی مانند خاک‌ورزی نواری و خاک‌ورزی پشته‌ای، قابلیت

۱- Tillage Rotation

جایگزینی با بی‌خاک‌ورزی را داشته و با اصلاح و یا ترکیب کارنده‌های موجود، امکان اجرای آنها در نقاط مختلف کشور میسر می‌شود.

توصیه‌های کاربردی

- درمناطق دیم با بقایای گیاهی کم، بهتر است از روش بی‌خاک‌ورزی و کارنده‌های کشت مستقیم استفاده گردد.
- برای محصولات ردیفی تابستانه، خاک‌ورزی نواری جایگزین مناسبی برای خاک‌ورزی مرسوم است.
- به کارگیری ادوات خاک‌ورز مرکب باعث کاهش هزینه‌ها و زمان عملیات آماده سازی بستر بذر می‌گردد.
- برای خارج کردن رطوبت اضافی خاک در مناطق مرطوب، می‌توان از روش خاک‌ورزی پشته‌ای با پشته‌های ثابت استفاده نمود.

منابع مورد استفاده

Barzegar, A. R., Mossavi, M. H., Asoodar, M. A. and S. J. Herbert. ۲۰۰۴. Root mass distribution of winter wheat as influenced by different tillage system in semi-arid region. Journal of Agronomy. ۳(۳):۲۲۳-۲۲۸.

Dahiya, R., Ingwersen, J. and Streck, T. ۲۰۰۷. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a

loess soil. Experimental findings and modeling. Soil and Tillage Research. ۹۶:۵۲-۶۳.

Hobbs, P., Gupta, R. and Meisner, C. ۲۰۰۶. Conservation agriculture and its applications in south Asia. http://www.betuco. be/CA.

Rusu, T., Gus, P., Bogdan, I., Moraru, P. I., Pop, A. I., Clapa, D., Marin, D.I., Oroian, I. and Pop. L . I. ۲۰۰۹. Implication of minimum tillage systems on sustainability of agricultural production and soil conservation. Journal of Food, Agriculture and Environment. ۷(۲):۳۳۵-۳۳۸.

Sarauskis, E., Romaneckas, K. and Buragiene, S. ۲۰۰۹. Impact of conventional and sustainable soil tillage and swing technologies on physical mechanical soil properties.
Environmental Research, Engineering and Management. ۳(۴۹):۳۶-۴۳.