

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

خاک ورزی پایدار

سرشناسه	: صادق نژاد، حمیدرضا، ۱۳۴۷ -
عنوان و نام پدیدآور	: خاکورزی پایدار/نویسنده حمیدرضا صادق نژاد.
مشخصات نشر	: کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۲۴ص.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۳۷۲-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۴.
موضوع	: خاکورزی
موضوع	: Tillage
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ خ ۲/ص ۴/۶۰۴ S6
رده بندی دیویی	: ۶۳۱/۵۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۹۹۰۱۷۳

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۳۷۲-۴
ISBN : 978-964-520-372-4



نشر آموزش کشاورزی

عنوان	: خاکورزی پایدار
نویسنده	: حمیدرضا صادق نژاد
ویراستار ترویجی	: فرانہ ذکایی
ویراستار ادبی	: میثم یوسفی
مدیر داخلی	: شیوا پارسا نیک
سر ویراستار	: وجیهه سادات فاطمی
تهیه شده در	: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی - دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
ناشر	: نشر آموزش کشاورزی
شمارگان	: ۲۵۰۰ جلد
نوبت چاپ	: اول/۱۳۹۶
قیمت	: رایگان
مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.	

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۲۷۳۰ به تاریخ ۹۶/۰۹/۲۶ است.

نشانی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱ و ۲، معاونت ترویج،

صندوق پستی: ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵، تلفکس: ۰۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

مخاطبان:

کشاورزان

کارشناسان و مروجان مسئول پهنه

اهداف:

در این نشریه با روش‌های مختلف خاک‌ورزی و انواع روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی آشنا می‌شوید.

فهرست

صفحه	عنوان
۷	مقدمه
۷	خاک‌ورزی
۱۰	روش‌های مختلف خاک‌ورزی
۱۰	۱- خاک‌ورزی مرسوم
۱۲	۲- خاک‌ورزی حفاظتی
۱۳	مزایا و معایب استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی
۱۴	کم‌خاک‌ورزی
۱۵	خاک‌ورزی پوششی
۱۶	خاک‌ورزی پشته‌ای
۱۸	خاک‌ورزی نواری
۲۰	بی‌خاک‌ورزی
۲۱	خاک‌ورزی کاشت
۲۲	تناوب خاک‌ورزی
۲۳	نتیجه‌گیری
۲۳	توصیه‌های کاربردی
۲۴	منابع مورد استفاده

مقدمه

امروزه علاوه بر تولید محصول، رسیدن به کشاورزی پایدار نیز بسیار اهمیت دارد. کشاورزی پایدار بر پایه حفاظت از خاک، آب و گیاه انجام می‌شود. در کشاورزی پایدار سعی می‌شود تولید محصولات کشاورزی در آینده به خطر نیفتد. اولین مرحله در تصمیم‌گیری برای مدیریت تولید پایدار، انتخاب روش‌های خاک‌ورزی مناسب است. روش‌های خاک‌ورزی، انواع متفاوتی دارند. همچنین روش‌های خاک‌ورزی باید برحسب شرایط اقلیمی، امکانات و محدودیت‌های موجود انتخاب و استفاده شوند. بنابراین آگاهی و شناخت روش‌های خاک‌ورزی جدید نه تنها باعث کاهش هزینه‌های کشاورزان می‌شود بلکه باعث حفاظت از خاک و رسیدن به کشاورزی پایدار نیز می‌شود. این نشریه سعی دارد به زبان ساده به معرفی روش‌های خاک‌ورزی پایدار بپردازد.

خاک‌ورزی

خاک‌ورزی، دستکاری خاک جهت تشکیل بستر مناسب برای بذر است. این عمل بر میکروارگانیسم‌های (ریز جانداران) خاک، خواص خاک و رشد محصول تأثیر می‌گذارد. خاک‌ورزی اهدافی از قبیل تغییر شرایط خاک مانند بهبود ساختمان خاک برای تماس بذر با خاک، افزایش گسترش ریشه، نفوذپذیری آب، کنترل حرارت خاک، کنترل بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند. از دیگر اهداف خاک‌ورزی مدیریت بقایای گیاهی (کم کردن اثرات منفی و افزایش اثرات مثبت بقایای گیاهی موجود در خاک)، توزیع یکنواخت کودهای مایع، جامد و بذور در خاک، شکل‌دهی خاک (تغییر شکل سطح خاک) را می‌توان نام برد. کاربرد سیستم‌های خاک‌ورزی و کاشت پایدار، باعث جلوگیری از هدر رفتن میزان نیتروژن و فسفر موجود در خاک شده و نیترات کم‌تری وارد آب‌های سطحی می‌شود.

روش‌های خاک‌ورزی معمولاً بر میزان حرارت خاک، استحکام ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب، وزن مخصوص ظاهری (نسبت وزن خاک به حجم آن است که اگر کاهش پیدا کند در واقع حجم خلل و فرج در خاک بیش‌تر شده و در نتیجه فشردگی خاک کم‌تر می‌شود)، فعالیت کرم‌های خاکی، نفوذپذیری آب در خاک، کربن آلی، نیتروژن و تبادل کلسیم، منیزیم، فسفر و روی تأثیر داشته و بر رشد، توزیع ریشه و حاصلخیزی خاک نیز مؤثرند. شخم عمیق نیز تبادل هوا را تشدید کرده و باعث تحریک تجزیه مواد آلی شده که سبب انتشار گاز کربنیک از خاک به محیط می‌شود. افزایش جمعیت موجودات زنده‌ای مانند کرم‌های خاکی در خاک به دلیل افزایش حفر کانال در خاک، افزایش سرعت تجزیه بقایای گیاهی، افزایش نفوذپذیری آب در خاک، جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه‌ها را نیز بهتر می‌کند. خاک‌ورزی، بسته به نوع و زمان انجام عملیات خاک‌ورزی و برحسب شرایط موجود، اثرات متفاوتی را در پی دارد. به عبارت دیگر تأثیر این نوع خاک‌ورزی بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، میزان رشد گیاه و عملکرد محصول مؤثر است.

با این حال خاک‌ورزی زمانی که به طور نامناسب و یا بیش از حد انجام شود ممکن است اثرات منفی بر خاک و تولید محصول داشته باشد. از جمله معایب آن کاهش حاصلخیزی خاک، فشردگی خاک در زیر لایه خاک‌ورزی، افزایش امکان فرسایش آبی و بادی، تجزیه شدید مواد آلی خاک، افزایش هزینه، انرژی عملیات خاک‌ورزی و افزایش هزینه‌های کارگری است.

کاهش شدت خاک‌ورزی، بتدریج میزان خلل و فرج بزرگ خاک را افزایش می‌دهد و پایداری خاک دانه‌ها را بیش‌تر می‌کند و مانع تشکیل سله بعد از بارندگی می‌شود. همچنین رطوبت خاک حفظ و گیاه تنش‌های کم‌تری را تجربه می‌کند (شکل ۱). کاهش عملیات خاک‌ورزی ضمن کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی، باعث کاهش خروج گاز کربنیک از داخل خاک نیز می‌شود. هدف اصلی خاک‌ورزی، افزایش عملکرد و حفظ یا اصلاح منابع تولید است. خاک‌ورزی حفاظتی فرم دیگری از خاک‌ورزی است که در آن بقایای گیاهی به عنوان پوششی در سطح خاک باقی می‌مانند و معمولاً به وسیله عملیات خاک‌ورزی، بسیار کم‌تر با خاک مخلوط می‌شوند و یا اصلاً با خاک مخلوط نمی‌شوند (شکل ۲).



شکل ۱- شرایط مناسب خاک با کاهش شدت خاک‌ورزی

کشاورزی حفاظتی مجموعه‌ای از خاک‌ورزی حفاظتی، خاک‌ورزی پایدار، پایداری در خاک و کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی است. در کشاورزی حفاظتی، هدف پایداری، حفاظت و بهبود کشاورزی است. این نوع کشاورزی باعث استفاده صحیح از منابع طبیعی مانند منابع آب و خاک می‌شود.



شکل ۲- بقایای گیاهی باقی مانده در سطح خاک مزرعه

روش‌های مختلف خاک‌ورزی

عملیات خاک‌ورزی معمولاً به دو بخش عملیات اولیه و ثانویه تقسیم بندی می‌شوند.

- خاک‌ورزی اولیه عبارت است از کار ابتدایی و اصلی بر روی خاک که عموماً برای کاهش مقاومت خاک و مدیریت پوشش مواد گیاهی انجام می‌شود. در این حالت بقایای محصول قبلی بیش‌تر در هنگام برداشت جمع‌آوری شده و یا با خاک مخلوط می‌شوند.
- خاک‌ورزی ثانویه عبارت است از آماده‌کردن بستر بذر که در ادامه عملیات اولیه انجام می‌شود. در این عملیات به هم خوردگی زیاد خاک باعث سست و پودر شدن آن می‌شود و در نتیجه در هنگام کاشت، موجبات تماس بذر با خاک را فراهم می‌کند.

با توسعه علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز، شناسایی ارقام متحمل به بیماری و ساخت ادوات چند منظوره جدید، این امکان فراهم شده است که محصولات بدون عملیات خاک‌ورزی و یا با خاک‌ورزی کم‌تر کاشته شوند تا پایداری ساختمان خاک و افزایش مواد آلی بهتر شود. روش‌های خاک‌ورزی را می‌توان به دو دسته کلی، خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی تقسیم‌بندی کرد.

۱- خاک‌ورزی مرسوم

خاک‌ورزی مرسوم عبارت است از یک سری عملیات خاک‌ورزی متداول و سنتی که در یک منطقه جغرافیایی مشخص برای ایجاد بستر مناسب برای بذر و کاشت آن به کار می‌رود و معمولاً با شخم و به هم زدن شدید خاک همراه است. در این نوع خاک‌ورزی، تمام سطح خاک به هم می‌خورد و کم‌تر از ۱۵ درصد بقایای گیاهی بر روی سطح باقی می‌مانند. برای اجرای آن اغلب از گاواهن برگردان‌دار (شکل ۳) و دیسک (شکل ۴) و یا گاواهن‌های بشقابی (شکل ۵) و دیسک‌های سنگین (شکل ۶) استفاده می‌شود.

روش‌های مرسوم معمولاً با مصرف سوخت زیاد در تراکتورها همراه است. همچنین خاک‌ورزی مرسوم، هزینه‌های استهلاک، تعمیر و نگهداری بیش‌تری را برای تراکتور و ادوات خاک‌ورزی به وجود می‌آورد. بنابراین باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود و از نظر اقتصادی، به صرفه نیست.

خاک‌ورزی مرسوم گازهای گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد و گرم شدن هوا را تشدید می‌کند. همچنین در این روش کنترل علف‌های هرز یا با استفاده از روش مکانیکی به وسیله کولتیواتورها انجام می‌شود که در این روش به دلیل به هم خوردگی زیاد خاک به

وسیله ادوات مکانیکی، خطر فرسایش و انتشار گرد و غبار افزایش می‌یابد و یا به روش شیمیایی و توسط علف‌کش‌ها صورت می‌گیرد که باعث آلودگی محیط زیست و افزایش هزینه‌ها می‌شود.



شکل ۳- شخم با گاو آهن بر گردان‌دار در خاک‌ورزی مرسوم



شکل ۴- آماده سازی بستر بذر با دیسک در خاک‌ورزی مرسوم



شکل ۵- گاو آهن بشقابی



شکل ۶- دیسک سنگین

۲- خاک‌ورزی حفاظتی

اصول روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر مبنای مدیریت بقایای گیاهی کشت قبلی متمرکز شده است. در این روش هم انجام عملیات تهیه بستر بذر انجام می‌شود اما سعی می‌شود

حداقل ۳۰ درصد از بقایای حاصل از کشت قبلی بر روی زمین باقی گذاشته شود. بدین منظور ناچار میزان به هم زدن مکانیکی خاک کاهش می‌یابد و دیگر خاک برگردان نمی‌شود. مدیریت بقایای گیاهی تنها به خاک‌ورزی حفاظتی خلاصه نمی‌شود بلکه یک سیستم گردشی سالانه است که با انتخاب محصول با توجه به میزان تولید بقایای آن شروع می‌شود. به عنوان مثال ممکن است بعضی از گیاهان دارای بقایای زیاد به عنوان محصولات پوششی به دنبال گیاهانی که بقایای کمی دارند در برنامه‌ریزی کشت استفاده شوند. همچنین برای کم کردن بعضی از عوامل محدودکننده مانند کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تناوب زراعی یک اقدام ضروری است.

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

مزایا و معایب استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی

این روش دارای مزایایی نظیر:

- کاهش فرسایش خاک
- افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک
- کاهش مصرف سوخت، استهلاک تراکتور و دیگر ادوات کشاورزی و گازهای گلخانه‌ای
- کاهش آلودگی هوا
- کاهش زمان عملیات خاک‌ورزی و تسریع در جوانه‌زنی است.

گاهی ممکن است در عملیات خاک‌ورزی، دفعات زیاد تردد تراکتور برای آماده سازی بستر بذر باعث فشردگی خاک شود. خاک‌ورزی حفاظتی، این تردد را کاهش می‌دهد و کاشت گیاهانی با ریشه عمیق، حرکت و نفوذ بعضی از موجودات زنده مانند کرم‌های خاکی (شکل ۷) در لایه‌های عمقی خاک می‌تواند به کاهش فشردگی خاک کمک کند.

انجام نگرفتن به موقع عملیات خاک‌ورزی و طولانی شدن آن می‌تواند باعث تأخیر در محصولات و کاهش عملکرد محصول شود که با کم کردن زمان انجام عملیات خاک‌ورزی مانند استفاده از روش بی خاک‌ورزی، می‌توان بدون افزایش در هزینه، محصولات را بموقع کشت کرد. کمبود خاک‌ورزی باعث افزایش وزن مخصوص خاک و کاهش عملکرد

آن می‌شود که این مشکل می‌تواند با باقی گذاشتن بقایای گیاهی در خاک و بتدریج پوک کردن خاک اصلاح شود.

از معایب این روش:

افزایش سرمایه‌گذاری اولیه برای خرید ادوات جدید،

افزایش علف‌های هرز چند ساله و ایجاد محیط مناسب برای رشد و نمو آفات و عوامل بیماری‌زاست که با مدیریت صحیح و رعایت تناوب زراعی می‌توان آن را کنترل و اثرات منفی آن را کاهش داد.



شکل ۷- کرم خاکی

روش خاک‌ورزی حفاظتی دارای انواع مختلفی است که مهم‌ترین آنها عبارتند از: کم خاک‌ورزی؛ خاک‌ورزی پوششی؛ خاک‌ورزی پشته‌ای؛ خاک‌ورزی نواری؛ بی‌خاک‌ورزی؛ خاک‌ورزی کاشت. در ادامه هر یک از این روش‌ها توضیح داده می‌شوند.

کم‌خاک‌ورزی

کم خاک‌ورزی با شدت و فعالیت کم‌تری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم انجام می‌شود. در این روش لایه سطحی خاک، خاک‌ورزی می‌شود و باید ۳۰ درصد بقایا بعد از کاشت بر روی سطح خاک باقی بماند (شکل ۸). در این روش تعداد عملیات خاک‌ورزی کاهش یافته و ادوات خاک‌ورزی که نیروی کم‌تری به ازای واحد سطح خاک نیاز دارند، جایگزین

ادواتی می‌شوند که معمولاً در روش خاک‌ورزی مرسوم به کار می‌روند. در مزارعی که محصولات تابستانه در آن کشت می‌شود، کاربرد روش کم‌خاک‌ورزی برای کنترل و کاهش علف‌های هرز مفید واقع می‌شود.



شکل ۸- خاک‌ورزهای مرکب با شاخه‌های نیمه عمیق برای کم‌خاک‌ورزی

خاک‌ورزی پوششی

به روشی که همه الگوهای خاک‌ورزی حفاظتی، به جز بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی پشته‌ای را در برمی‌گیرد خاک‌ورزی پوششی گویند. در خاک‌ورزی پوششی، بقایای محصول بر روی لایه سطحی خاک باقی می‌ماند. خاک‌ورزی در زیر لایه سطحی انجام می‌شود و بقایا نسبتاً به هم نخورده باقی می‌ماند. سطح زمین باادواتی نظیر گاوآهن‌های قلمی و پنجه‌غازی (شکل ۹) و کولتیواتورهای مزرعه شخم خورده و خاک‌ورزی باعرض کامل در تمام سطح خاک انجام می‌شود (شکل ۱۰). در این روش حداقل ۳۰ درصد بقایا بر روی سطح زمین باقی می‌ماند و کاشت، اغلب با شیاربازکن‌های بشقابی انجام می‌شود چون این شیاربازکن‌ها 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 زمین، تاحد زیادی از تشکیل سله در سطح خاک جلوگیری می‌شود. در مناطق خشک، برای کاشت محصولات دیم سعی می‌شود حداکثر مقدار پوشش بر روی سطح خاک باقی گذاشته شود. از آنجایی که تجزیه بقایای گیاهی نیاز به نیتروژن بیش‌تری دارد، توصیه می‌شود که مقدار کود ازته بیش‌تری را در هنگام کاشت و در زیربقایای گیاهی قرار دهند.



شکل ۹- گاو آهن پنجه‌غازی



شکل ۱۰- خاک‌ورزی پوششی به وسیله گاو آهن‌های قلمی یا چیزل

خاک‌ورزی پشته‌ای

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. کارنده بخشی از بالای پشته را جابه‌جا 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، قطعات تمیزکننده ردیف قرار دارد به طوری که بتواند نوار باریکی عاری از علف‌های هرز و بقایای گیاهی را در بالای پشته ایجاد کند و

بذر را درون ردیف کشت کند (شکل ۱۱). کنترل علف‌های هرز، اغلب در هنگام کاشت، در یک عرض باریک به وسیله علف‌کش برروی 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 مناسب هستند زیرا که پشته‌ها مانند سیستم زهکشی عمل می‌کند. بنابراین، این روش یک انتخاب خوب برای کاشت در خاک‌های خیلی مرطوب است چون هم به وسیله بقایای گیاهی، پشته‌ها را از خطر فرسایش حفظ می‌کند و هم آب‌های اضافی روی پشته را به طرف شیارهای دو طرف هدایت می‌کند در نتیجه محصولات زمستانه را می‌توان با این روش کشت کرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۱- کارنده‌هایی با ضمیمه‌های ردیف تمیز کن برای کشت برروی پشته



شکل ۱۲- کشت بر روی پشته‌های دائم

خاکورزی نواری

به روشی که در آن نوارهای بستر بذر در میان بقایای گیاهی محصول قبلی ایجاد می‌شود و بقایا دست نخورده باقی می‌مانند خاکورزی نواری می‌گویند. در این روش، خاکورزی در عرض کم و نوار باریک هم جهت با ردیف‌های کاشت انجام می‌شود. معمولاً ۳۰ تا ۵۰ درصد بقایا بر روی سطح خاک حفظ می‌شود (شکل ۱۳). هدف این نوع خاکورزی، ایجاد بستر بذر در یک ردیف یا نوار، مشابه عملیات خاکورزی مرسوم و به جای گذاردن بقایای نسبتاً زیاد در بین ردیف‌ها برای جلوگیری از فرسایش همانند روش بی‌خاکورزی است. این کار مشکل تجمع بقایا در جلوی کارنده در روش بی‌خاکورزی را برطرف می‌کند. در این روش کشاورزان قطعاتی را به ردیف کار 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 قطعات معمول، استفاده از دو دیسک یا دو چرخ ستاره‌ای برای کنارزدن بقایا و یا استفاده از دو یا سه پیش‌بر برای سست کردن خاک در جلوی واحد کارنده است. سست کردن خاک در مسیر کاشت می‌تواند برای رشد گیاهچه مطلوب‌تر باشد. این روش برای محصولات تابستانه بسیار مناسب است.

انواع زیادی از خاکورزهای نواری وجود دارد که در آنها عملیات خاکورزی و کاشت همزمان انجام می‌شود اما در بعضی از آنها، خاکورزی نواری، بدون عملیات کاشت و بدون واحد کارنده در پاییز اجرا می‌شود و عناصر غذایی مورد نیاز خاک نیز در همان زمان در خاک

قرار داده می‌شوند. با استفاده از یک زیرشکن یا کودکار یا چندپیش بر، کودها از میان شیاربازکن‌های کاردی شکل در پشت پیش‌برها به داخل خاک ریخته می‌شوند. معمولاً کشاورزان ادوات خاک‌ورز را به منضماتی متصل می‌کنند که در بهار سال بعد بتواند در بین نوارهای خاک‌ورزی شده، کشت را انجام دهد (شکل ۱۴). در مناطق بسیار سرد از این روش برای کاشت محصولات بهاره استفاده می‌کنند.



شکل ۱۳- خاک‌ورز نواری برای خاک‌ورزی در پاییز



شکل ۱۴- کاشت در بهار بر روی نوارهای خاک‌ورزی شده

بی‌خاک‌ورزی

بی‌خاک‌ورزی عبارت است از کشت 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 شیار بازکن‌هایی در جلوی کارنده استفاده می‌شود که قادر به باز کردن شیار باریکی برای استقرار بذر درون بقایای گیاهی باشد (شکل ۱۵). در این روش خاک و بقایای سطحی بدون تخریب باقی می‌مانند و تنها تخریب انجام شده مربوط به زمان قرارگیری بذر در خاک است. 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 (شکل ۱۶). 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 علف‌کش‌های 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. بی‌خاک‌ورزی قابلیت تطبیق برای همه نوع اقلیم، خاک و محصول را دارد.



شکل ۱۵- شیار بازکن‌های مخصوص در کارنده‌های بی‌خاک‌ورزی برای استقرار بذر درون بقایای گیاهی



شکل ۱۶- ذرت کشت شده و بقایای گیاهی موجود در روش بی‌خاک‌ورزی

خاک‌ورزی کاشت

خاک‌ورزی کاشت روشی است که در آن ادوات مختلف از جمله گاو آهن، دیسک، ماله، بذرکار، غلتک و... در مجموعه‌ای متمرکز و در غالب یک ماشین به نام کُمینات (ماشین مرکب) به کار گرفته می‌شود. این دستگاه توانایی انجام کارهای مختلف از جمله دانه‌بندی خاک، کاشت بذر، تسطیح و تثبیت کردن خاک را با یک بار عبور در مزرعه دارد (شکل ۱۷). استفاده از چنین مجموعه‌ای باعث افزایش سرعت کار، انجام به موقع عملیات کشاورزی، صرفه جویی در زمان، هزینه، سوخت و... می‌شود. همچنین با کاهش تردد تراکتور و ادوات، از فشردگی خاک و به وجود آمدن لایه سخت زیرین در خاک جلوگیری می‌شود. این روش برای کاشت گندم، جو و کلزا در سطح وسیع به خوبی امکان‌پذیر است. اما سرعت زیاد چرخش سیکلوتیلر (خاک‌همزن دایره‌ای شکل عمودی است که تیغه‌های آن به صورت عمود وارد خاک می‌شود و با سرعت زیاد در خاک می‌چرخند) بتدریج ساختمان خاک را از بین می‌برد.



شکل ۱۷- کمینات، ترکیبی از ادوات خاک‌ورز و کاشت

تناوب خاک‌ورزی

در تولید محصول، استفاده از تناوب در روش‌های مختلف خاک‌ورزی همانند تناوب زراعی ضروری است. برای مدیریت بقایا، خاک‌ورزی تناوبی همزمان با تناوب محصول به عنوان یک راه حل مطرح می‌شود. برای مثال استفاده از روش بی‌خاک‌ورزی برای سویای بعد از گندم، تنش‌های رطوبتی را کاهش می‌دهد و یا یک چیزل به عنوان خاک‌ورزی پوششی بعد از برداشت ذرت، فرسایش خاک را کنترل می‌کند و خاک کم‌تر برگردان می‌شود و بقایای محصول بیش‌تر باقی می‌ماند. برای شروع یک تناوب حفاظتی، استفاده از گیاهان علوفه‌ای یونجه و شبدر با کاشت به روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی برای تثبیت ازت، احیای خاک و تقویت ریزجانداران خاک توصیه می‌شود و باعث افزایش بازده (راندمان) غلات بعد از آن می‌شود. البته سیستم خاک‌ورزی تناوبی، بهبود ساختمان خاک را کندتر می‌کند و باید برای انتخاب روش‌ها و نوع ادوات مورد استفاده در آن، تحقیقات بیش‌تری انجام گیرد.



نتیجه‌گیری

- از خاک‌ورزی 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 در مزرعه انتخاب می‌شوند.
- تناوب خاک‌ورزی مانند تناوب زراعی برای پایداری و حفظ خاک و بهبود عملکرد محصول ضروری بوده و برحسب شرایط زراعی قابل تغییر است.
- روش‌های نوینی مانند خاک‌ورزی نواری و خاک‌ورزی پشت‌های، قابلیت جایگزینی با بی‌خاک‌ورزی را دارند و با اصلاح و یا ترکیب کارنده‌های موجود، امکان اجرای آنها در نقاط مختلف کشور میسر می‌شود.

توصیه‌های کاربردی

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

منابع مورد استفاده

Barzegar, A. R., Mossavi, M. H., Asoodar, M.A. and S. J. Herbert. 2004. Root mass distribution of winter wheat as influenced by different tillage system in semi-arid region. *Journal of Agronomy*. 3(3):223-228.

Dahiya, R., Ingwersen, J. and Streck, T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil. *Experimental findings and modeling. Soil and Tillage Research*. 96:52-63.

Hobbs, P., Gupta, R. and Meisner, C. 2006. 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. 2009. Implication of minimum tillage systems on sustainability of agricultural production and soil conservation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7(2):335-338.

Sarauskis, E., Romaneckas, K. and Buragiene, S. 2009. Impact of conventional and sustainable soil tillage and swing technologies on physical mechanical soil properties.

Environmental Research, Engineering and Management. 3(49):36-43.