



دانشگاه سям نور
په

مبانی خاک‌ورزی و کاشت

(رشته مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون)

اسماعیل صیدی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول. ماشین های خاک ورزی
۱	۱-۱ تاریخچه خاک ورزی
۳	۲-۱ عملیات مختلف در کشاورزی
۴	۳-۱ مفهوم خاک ورزی
۵	۴-۱ سیستم های خاک ورزی
۵	۱-۴-۱ خاک ورزی مرسوم
۶	۲-۴-۱ خاک ورزی حفاظتی
۷	۵-۱ ارزیابی عملیات خاک ورزی
۱۱	۶-۱ خاک ورزی اولیه
۱۳	۷-۱ خاک ورزی ثانویه
۱۹	۸-۱ خاک ورزی یا آماده کردن زمین به شکل مرسوم
۲۰	۹-۱ شخم با گاوآهن برگرداندار
۲۲	۱۰-۱ قسمت های مختلف خیش
۲۳	۱-۱۰-۱ تیغه یا سک
۲۴	۲-۱۰-۱ صفحه برگردان
۲۵	۳-۱۰-۱ کفش
۲۶	۴-۱۰-۱ پاشنه
۲۶	۵-۱۰-۱ تنه
۲۷	۶-۱۰-۱ ساقه
۲۷	۷-۱۰-۱ پیش بر
۲۹	۸-۱۰-۱ چرخ تثبیت
۲۹	۹-۱۰-۱ چرخ های حامل
۲۹	۱۰-۱۰-۱ لنگی
۳۰	۱۱-۱ روش ها و الگوهای شخم
۳۱	۱۲-۱ گاوآهن برگرداندار دوطرفه

۳۲	۱۳-۱ آماده‌سازی گاوآهن برگردان‌دار برای کا
۳۵	۱۴-۱ گاوآهن‌های بشقابی
۳۵	۱-۱۴ معرفی و موارد کاربرد
۳۵	۲-۱۴ انواع و اندازه‌های گاوآهن‌های بشقابی
۳۶	۳-۱۴ ساختار گاوآهن‌های بشقابی
۳۸	۴-۱۴ اصول کار گاوآهن‌های بشقابی
۳۹	۵-۱۴ گاوآهن‌های بشقابی یک طرفه
۴۰	۶-۱۴ گاوآهن‌های بشقابی دوطرفه
۴۳	۷-۱۴ گاوآهن‌های بشقابی عمودی
۴۴	۱۵-۱ گاوآهن‌های چیزل
۴۴	۱-۱۵ معرفی و موارد کاربرد
۴۵	۲-۱۵ ساختار گاوآهن‌های چیزل
۴۷	۳-۱۵ اصول کار گاوآهن‌های چیزل
۴۷	۴-۱۵ تنظیم گاوآهن‌های چیزل
۴۸	۱۶-۱ زیر شکن‌ها
۴۸	۱-۱۶ معرفی و موارد کاربرد
۴۹	۲-۱۶ انواع و اندازه‌های زیر شکن‌ها
۵۰	۳-۱۶ ساختار زیر شکن‌ها
۵۱	۱۷-۱ خاک‌ورزهای دوار
۵۱	۱-۱۷ معرفی
۵۲	۲-۱۷ خاک همزن‌ها یا روتوتیلرها
۵۲	۳-۱۷ ساختار خاک همزن‌ها
۵۳	۴-۱۷ قدرت مورد نیاز خاک همزن‌ها
۵۵	۱۸-۱ ادوات خاک‌ورزی ثانویه
۵۵	۱-۱۸ معرفی و موارد کاربرد هرس‌های بشقابی
۵۷	۲-۱۸ انواع و اندازه‌های هرس‌های بشقابی
۶۱	۳-۱۸ اصول کار هرس‌های بشقابی
۶۲	۴-۱۸ نیروهای مؤثر بر بشقاب‌ها
۶۳	۵-۱۸ تنظیم‌های هرس‌ها
۶۴	۶-۱۸ روش کار در مزرعه
۶۵	۱۹-۱ سایر ادوات خاک‌ورزی ثانویه
۶۵	۱-۱۹ هرس‌های دندان‌ه میخی (دندان‌ه‌ای)
۶۶	۲-۱۹ هرس دندان‌ه فتری
۶۶	۳-۱۹ کولتیواتور
۶۷	۴-۱۹ هرس‌های چرخان
۶۸	۵-۱۹ غلتک
۶۸	۶-۱۹ جوی‌کن
۷۱	فصل دوم. مکانیک ابزار و برش
۷۱	مقدمه
۷۱	۱-۲ آشنایی با برخی مفاهیم
۷۴	۲-۲ خصوصیات مکانیکی خاک

۷۴	۱-۲-۲ مقاومت برشی
۸۳	۲-۲-۲ اصطکاک در خاک
۸۵	۳-۲ مکانیک یک ابزار خاک‌ورزی ساده
۸۶	۱-۳-۲ نیروهای وارده بر بلوک خاک
۹۳	۴-۲ عملکرد ابزارهای خاک‌ورز
۹۳	۱-۴-۲ گاو آهن برگردان‌دار
۹۵	۲-۴-۲ ادوات بشقابی
۹۶	۳-۴-۲ تیلرهای دوار (خاک همزن‌ها)
۹۸	۵-۲ نیروهای وارده بر ادوات خاک‌ورزی
۹۸	۱-۵-۲ مرکز مقاومت خیش
۱۰۱	۲-۵-۲ نیروی وارده بر یک ابزار بشقابی
۱۰۴	۶-۲ الگوهای عمل ابزارهای خاک‌ورز
۱۰۹	فصل سوم. کاشت
۱۰۹	مقدمه
۱۱۰	۱-۳ روش‌ها و تجهیزات کاشت
۱۱۲	۱-۱-۳ بذر افشانی
۱۱۳	۲-۱-۳ خطی‌کاری
۱۱۹	۳-۱-۳ دقیق‌کاری (ردیف‌کاری)
۱۲۸	۴-۱-۳ کپه کارها
۱۲۹	۲-۳ مقداربندی بذر
۱۴۵	۳-۳ استقرار بذر و کود
۱۴۸	۴-۳ ارزیابی کارنده‌ها
۱۴۸	۱-۴-۳ بذر افشان‌ها
۱۵۰	۵-۳ کارنده‌های مخصوص
۱۵۱	۱-۵-۳ سیب‌زمینی‌کارها
۱۵۸	۲-۵-۳ نشاء‌کارها
۱۶۳	فصل چهارم. فشرده‌گی خاک
۱۶۳	مقدمه
۱۶۴	۱-۴ اجتناب از تراکم خاک
۱۶۶	۲-۴ جلوگیری از تراکم شدن خاک
۱۶۸	۳-۴ فشار ناحیه تماس چرخ و خاک
۱۷۳	۴-۴ تعداد دفعات عبور و سرعت پیشروی
۱۷۴	۵-۴ تأثیر رطوبت بر تراکم خاک
۱۷۹	خودآزمایی
۱۸۷	منابع

پیشگفتار

مدیریت واحدهای تولیدی در دنیای امروز به مراتب پیچیده‌تر از گذشته است. زیرا مدیر می‌بایست برنامه‌های بنگاه را به گونه‌ای طرح و اجرا کند که اهداف متعددی را به اندازه‌ای رضایت‌بخش محقق سازد. به عنوان مثال در یک واحد تولید محصولات کشاورزی علاوه بر مهم‌ترین هدف که همان حداکثر کردن سود بنگاه است، مسایل دیگری نظیر حفظ منابع تولید (آب، خاک، ...) و نیز پیروی از قوانین جاری کشور بر تصمیم‌گیری‌های مدیر تأثیرگذار است. عملیات خاک‌ورزی و کاشت از جمله مهم‌ترین فعالیت‌های انجام شده در یک مزرعه است که تمام جوانب فوق را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال استفاده نا به جا از گاوآهن برگردان‌دار در مناطق گرم و خشک و یا سطوح شیب‌دار و پر باران می‌تواند علاوه بر افزایش غیر ضروری هزینه‌های سوخت باعث از بین رفتن خاک در اثر فرسایش و نیز اتلاف رطوبت گران‌بهای لایه‌های خاک گردد. در این کتاب تلاش شده است تا با بیان مبانی و اصول حاکم بر رفتار خاک در مقابل هرگونه دستکاری در ساختمان آن، مسیر کلی آشنایی با این فعالیت‌ها برای دانشجویان رشته مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ترسیم گردد. بدیهی است که مطالب ذکر شده بسیار کلی بوده و تنها شرایط کلی را تبیین می‌کنند لذا دانشجویان باید توجه کنند که برای انجام هرگونه تحقیق یا بررسی دقیق لازم است منابع تکمیلی مرتبط مطالعه شود. نگارنده فرض می‌کند که خوانندگان با گذراندن دروس خاک‌شناسی عمومی و زراعت عمومی با کلیات مطالب آشنا بوده و یک شناخت کلی از بافت و ساختمان خاک، رطوبت خاک، انواع عملیات کشاورزی و نیز

خصوصیات بذر و انواع آن آشنا هستند. در فصل دوم مبانی مکانیک خاک به شکل مختصر بیان گردیده و البته اشاره‌ای هم به حرکت و شکست خاک در مقابل یک ابزار ساده خاک‌ورزی شده است. اگر چه به خاطر سپردن محاسبات مذکور ضروری نیست اما تاکید می‌شود چنانچه دانشجویان اصول کلی ذکر شده در این اثر و ارتباط میان متغیرهای حاکم بر یک پدیده (به‌ویژه درک مستقیم بودن یا معکوس بودن ارتباط میان کمیت‌ها) را آموخته و به کار بندند، تأثیر شگرفی بر بهینه‌سازی عملیات خاک‌ورزی، کاشت و نیز حفظ ساختمان خاک در سطح میهن‌مان خواهد داشت. به امید کاربرد بیش از پیش علوم در کشاورزی کشور.

فصل اول

ماشین‌های خاک‌ورزی

۱-۱ تاریخچه خاک‌ورزی

از زمانی که انسان آموخت چگونه حیوانات و گیاهان را اهلی کند، تمدن بشری با توسعه کشاورزی گره خورد. از آن به بعد انسان دیگر مجبور نبود برای زنده ماندن به قدرت و مهارت خود در شکار وابسته باشد. او آموخت که چگونه غذای خود را تولید کرده و برای زمان‌های قحطی و کمبود مواد غذایی، آن‌ها را ذخیره نماید. یکجانشینی جای کوچ را گرفت روستاها و شهرهایی به وجود آمدند که در آن‌ها یک نفر می‌توانست غذایی بیش از نیاز خود تولید کند و این مازاد تولید روز به روز فزونی می‌یافت. آنگاه که انسان اولیه متمدن گردید زمان بیشتری برای ابداع ابزار یافت تا کار خود را ساده‌تر کرده و از زندگی آسان‌تری برخوردار گردد. در این زمان چوب‌های کج شاخه‌دار و سنگ‌های تیز به عنوان اولین ادوات خراشیدن زمین به کار گرفته شدند که پیشرفت روز افزون آن‌ها به تکنولوژی‌های مدرن مورد استفاده امروزی منجر شده است. در تاریخ تحولات ادوات خاک‌ورزی نقاط عطف بسیاری وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۶۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح: در مصر باستان از کج بیل‌هایی شاخه‌دار استفاده

شد که توسط بردگان یا حیوانات کشیده می‌شدند که در نوک آن از یک سنگ تیز برای شکافتن زمین استفاده شده بود.

۹۰۰ سال قبل از میلاد مسیح: در Elisha از یک خیش دوازده شاخه‌ای استفاده

می‌شد که توسط گاوهای نر کشیده می‌شد.

۱۷۵۰ میلادی: یک گاواهن با صفحه برگردان فلزی در اروپا ساخته شد.

۱۷۹۷ میلادی: اولین Patent ایالات متحده به ثبت رسید که مربوط به یک گاواهن بود. در این طرح یک گاواهن چدنی یک تکه معرفی شده بود لیکن به علت زیاد بودن هزینه‌های جایگزینی آن مورد استقبال قرار نگرفت. البته همه گاواهن‌ها در ایالات متحده در این زمان از نظر کشاورزی مردود بودند چرا که گمان می‌شد آهن باعث مسمومیت خاک و رشد علف‌های هرز می‌شود.

۱۸۳۷ میلادی: جان دیر اولین گاواهن فولادی صیقلی را ساخت که خاک‌های چسبنده را به خوبی برگردان می‌کرد.

۱۸۶۰ میلادی: گاواهن‌های قلمی معرفی شدند.

۱۹۲۰ میلادی: گاواهن‌های برگردان‌دار تراکتورسوار تولید شدند.

۱۹۳۰ میلادی: روتوتیلرها توسط سوئیزی‌ها معرفی گردید.

۱۹۶۰ میلادی: وجین کن‌های انتخابی به بازار آمدند.

۱۹۸۰ میلادی: خاک‌ورزی حفاظتی و تجهیزات آن فراگیر شد.

۱۹۹۰ میلادی: استفاده از ماشین‌های ترکیبی رواج بیشتری یافت.

۲۰۰۰ میلادی: مفهوم کشاورزی دقیق و حداقل خاک‌ورزی عمومیت یافت.

تمامی تغییرات به‌وجود آمده در بخش کشاورزی باعث کارآمدتر شدن فرآیند تولید محصولات کشاورزی و ساده‌تر شدن کار کشاورزان شده است لیکن امروزه مفاهیم دیگری نظیر حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی و مسائل ارگونومیکی از شاخص‌های بسیار مهم در ایجاد نوآوری‌های بخش کشاورزی است. (مورتیمر و وید^۱ ۲۰۰۰)

از آنجا که هدف اولیه هر واحد کشاورزی تولید سودآور به شکلی پایدار و مداوم است بنابراین بسیاری از کشاورزان بدون توجه به جوانب مختلف عملیات خاک‌ورزی و میزان تطبیق آن با شرایط مزرعه خویش ترجیح می‌دهند از روش‌ها و ادواتی که پیشینیان آن‌ها استفاده می‌کرده‌اند بهره ببرند چرا که سودآوری آن‌ها در بلند مدت به اثبات رسیده است. این روش سنتی یک مقدار حداقل سود را با کمترین ریسک تضمین می‌کند اما در واقع هیچ روش خاک‌ورزی را نمی‌توان بر پایه رسوم یا

عادات توجیه کرد. بنابراین هر فعالیت خاک ورزی که سود حاصله از آن نظیر افزایش عملکرد محصول و بهبود شرایط خاک؛ کمتر از هزینه های انجام آن باشد می بایست حذف گردد و یا به شکل بهینه خود تغییر یابد. اکثر کشاورزان اعتقاد دارند که خاک ورزی باعث حاصلخیزی خاک می شود و تا آنجا که امکان دارد می بایست انجام شود درحالی که این باوری نادرست است و خاک می بایست تا جایی مورد عملیات قرار گیرد که عملکرد محصول را بهینه کرده و علف های هرز را کنترل نماید لذا انجام هر عملیات خاک ورزی پس از تحقق یافتن این اهداف زائد است.

۱-۲ عملیات مختلف در کشاورزی

در فرآیند تولید اقتصادی محصولات کشاورزی یک سلسله فعالیت ها می بایست به شکل منظم و با برنامه ریزی دقیق انجام پذیرد. زمان انجام شدن و کیفیت انجام فعالیت های مذکور تعیین کننده میزان بهره وری واحد تولیدی است. در کل عملیات کشاورزی را می توان به پنج مرحله اصلی تقسیم بندی کرد:

۱. عملیات خاک ورزی یا آماده کردن زمین

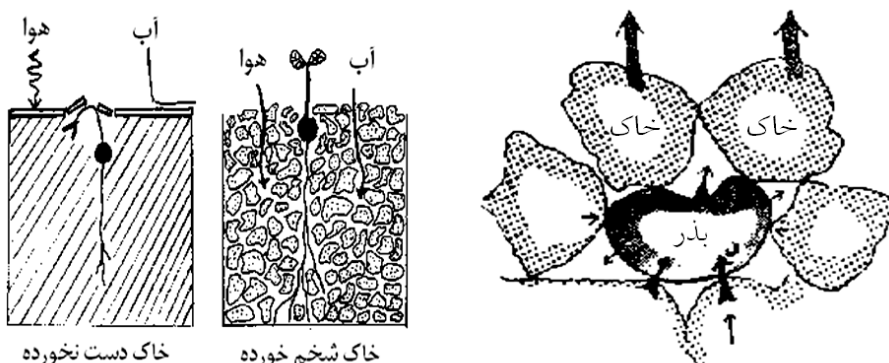
۲. عملیات کاشت

۳. عملیات داشت

۴. برداشت

۵. عملیات بعد از برداشت

برای تولید هر گیاه لازم است که محیط مناسبی وجود داشته باشد تا بذور کاشته شده بتوانند جوانه زده و رشد و نمو نمایند. عملیاتی که برای تهیه چنین محیطی در خاک صورت می گیرد «خاک ورزی» نامیده می شود. بذور برای جوانه زنی و بیرون آمدن جوانه یا گیاهک، به رطوبت احتیاج دارند و برای جذب رطوبت می بایست بذور با دانه های خاک تماس حاصل نماید، از این رو هرچه سطح تماس میان آنها بیشتر باشد رطوبت جذب شده نیز بیشتر می شود. بنابراین هر چقدر اندازه دانه های خاک به اندازه بذور کاشته شده شبیه تر باشد به همان میزان نقل و انتقال رطوبت میان آنها ساده تر اتفاق می افتد. در ضمن خرد شدن خاک در اثر خاک ورزی می تواند نفوذ هوا در خاک را نیز تسهیل کند. (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. تأثیر شخم بر خرد شدن خاک (سمت چپ) و اندازه ذرات خاک بر انتقال رطوبت (سمت راست).

۳-۱ مفهوم خاک‌ورزی

تعاریف مختلفی برای خاک‌ورزی وجود دارد
"عملی است که به ایجاد محیطی مناسب برای رشد گیاه در خاک کمک می‌کند"
(کلوت، ۱۹۸۲).

"خاک‌ورزی عبارت است از ایجاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی در خاک
برای بهینه‌سازی جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاه." (لال، ۱۹۸۳)
"خاک‌ورزی عبارت است از هرگونه سست کردن فیزیکی خاک، چه به وسیله دست
و چه به وسیله ماشین" (آن و همکاران، ۱۹۹۰)

"عملیات خاک‌ورزی مناسب آن‌هایی هستند که از خراب شدن ساختمان خاک
جلوگیری کرده و با در نظر گرفتن پایداری محیط عملکرد در واحد سطح را نیز حفظ
کنند." (لال ۱۹۸۹)

در جمع‌بندی تعاریف فوق می‌توان گفت که خاک‌ورزی عملیاتی است که در آن
خاک می‌تواند گرانوله، شکسته و یا فشرده گردد که در نهایت باعث تغییر خواص
فیزیکی خاک نظیر چگالی ظاهری، پراکندگی حفرات هوا و اندازه آن‌ها و تغییر شرایط
کلی محیط گیاه گردد که به نوبه خود رشد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در یک تعریف
جامع از خاک‌ورزی می‌توان این‌گونه نوشت که خاک‌ورزی عبارت است از:

"برهم زدن مکانیکی خاک به منظور تولید محصول کشاورزی"

با توجه به این تعریف انتظار می‌رود یک عملیات خاک‌ورزی صحیح نتایج زیر را در پی داشته باشد:

۱. فراهم‌سازی محیط مناسب برای جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه
۲. کنترل علف‌های هرز
۳. کاهش فرسایش خاک
۴. تنظیم رطوبت خاک؛ یعنی کاهش رطوبت در شرایط نبود زهکش مناسب و حفظ رطوبت خاک در شرایط خشکی.

۱-۴ سیستم‌های خاک‌ورزی

در حال حاضر روش‌های خاک‌ورزی متعددی وجود دارد که نامگذاری آن‌ها گاهی مبهم و نامعین است. لیکن به صورت کلی سیستم‌های خاک‌ورزی به دو دسته زیر قابل تقسیم هستند:

خاک‌ورزی مرسوم - *Conventional Tillage*

خاک‌ورزی حفاظتی - *Conservation Tillage*

در ایران قسمت اعظم فعالیت‌های خاک‌ورزی منطبق با سیستمی است که خاک‌ورزی مرسوم خوانده می‌شود. در حالیکه خاک‌ورزی حفاظتی در حال حاضر فراگیرترین رویکرد در تمام جهان است چرا که با حداقل کردن مصرف برخی نهاده‌ها نظیر سوخت و حفظ پایدار منابع تولید نظیر آب و خاک مؤثرترین سیستم خاک‌ورزی در دستیابی به کشاورزی پایدار است.

۱-۴-۱ خاک‌ورزی مرسوم

تعداد عملیات انجام شده در این سیستم متغیر است و در واقع تابع شرایط منطقه و نوع محصول می‌باشد. عموماً خاک‌ورزی مرسوم شامل تعدادی از فعالیت‌های زیر است:

۱. دیسک زدن و خرد کردن بقایای گیاه قبلی در مزرعه

۲. شخم زدن و خرد کردن خاک
۳. پشته‌سازی و شکل‌دهی خاک
۴. دیسک زدن یا کولتواتورزنی
۵. استفاده از هرس‌های دندان‌های
۶. استفاده از هرس‌های بشقابی یا دندان‌های پس از عملیات کاشت
۷. وجین و سله‌شکنی
۸. یک یا چند بار کولتواتورزنی در بین ردیف‌های گیاهان (با توجه به نوع گیاه و اقلیم دفعات آن متغیر است).

۱-۴-۲ خاک‌ورزی حفاظتی

در حدود سه هزار سال قبل از میلاد مسیح در چین و مصر برای تولید محصولات کشاورزی زمین خاک‌ورزی می‌شد. در ابتدا انسان با کج‌پیل‌ها زمین را می‌خراشید و بعدها این کار به کمک حیوانات انجام می‌شد، تا در قرن هیجدهم تحولی بزرگ در خاک‌ورزی به وقوع پیوست و گاواهن برگردان‌دار توسط اروپائیان ساخته شد، وسیله‌ای که با دفن موثر علف‌های هرز باعث رهایی آن‌ها از قحطی گردید اما استفاده از این دستاورد جدید در مستعمرات آن‌ها که اغلب نواحی گرم آسیا و آفریقا بودند، باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش تولید گردید لیکن به علت ناآگاهی کارشناسان و کشاورزان این نواحی گاواهن برگردان‌دار کماکان به عنوان جزء لاینفک عملیات کشاورزی باقی ماند (درپش و همکاران^۱ ۱۹۹۹). استفاده از گاواهن برگردان‌دار در این کشورها که ایران هم یکی از آن‌هاست مشکلاتی جدی نظیر فرسایش خاک را ایجاد کرده است. بر اساس گزارش دفتر حفاظت خاک و آب‌خیزداری در ایران سالانه خسارتی بالغ بر ۷/۲ میلیارد دلار به علت فرسایش خاک به بار می‌آید (صادقی، ۱۳۸۲). نرخ فرسایش خاک در ایران در حدود ۴۰-۲۵ تن در هکتار در سال است (روزی‌طلب، ۱۳۷۵). امروزه مفاهیم جدیدی در کشاورزی نوین مورد استفاده دارد که یکی از آن‌ها خاک‌ورزی حفاظتی است که خود جزئی از مفهوم کلی کشاورزی پایدار به شمار می‌رود از آنجا که مهم‌ترین اثر این روش خاک‌ورزی کنترل و کاهش

فرسایش خاک است لذا تعریف آن نیز بر اساس نوع فرسایش است. به گفته پروفیسور ساکستون^۱ استاد دانشگاه ایالتی واشنگتن و به نقل از (بیکر^۲ و همکاران، ۱۹۹۶). "تا به حال هیچ تکنیک دیگری توسط نوع بشر ابداع نشده است که بتواند به اندازه روش بی‌خاک‌ورزی در جلوگیری از فرسایش خاک و پایدار ساختن واقعی کشاورزی مؤثر باشد". طبق تعریف ارائه شده توسط مرکز اطلاعات خاک‌ورزی حفاظتی^۳ آمریکا، درجائی‌که عامل اصلی فرسایش باد باشد؛ هر سیستم خاک‌ورزی که حداقل ۱۱۲۰ کیلوگرم بقایای گیاهی را در هر هکتار از سطح مزرعه باقی بگذارد خاک‌ورزی حفاظتی تلقی می‌شود و در مناطقی که عامل اصلی فرسایش آب است سیستمی خاک‌ورزی حفاظتی به شمار می‌رود که حداقل ۳۰٪ سطح زمین را همواره پوشیده از بقایا نگه دارد. روش‌های متعددی وجود دارند که مطابق با این تعریف خاک‌ورزی حفاظتی تلقی می‌گردند نظیر:

- خاک‌ورزی کمینه^۴

- خاک‌ورزی کاهش یافته^۵

- خاک‌ورزی پشته‌ای^۶

- خاک‌ورزی پوششی^۷

- بی‌خاک‌ورزی^۸

همان‌طور که ذکر شد مؤثرترین و فراگیرترین روش در میان آن‌ها روش بی‌خاک‌ورزی است. بی‌خاک‌ورزی به سیستمی اطلاق می‌شود که در آن ما بین برداشت محصول قبلی و کاشت محصول جدید هیچ عملیات دیگری بر روی خاک انجام نشود.

۱-۵ ارزیابی عملیات خاک‌ورزی

جهت ارزیابی میزان اثربخشی و تناسب یک عملیات خاک‌ورزی معین با شرایط یک مزرعه شاخص‌های مختلف و متعددی تعریف شده است که بنابر دیدگاه مدیریت

1. Saxton

2. Baker

3. CTIC

4. Minimum Tillage

5. Reduced Tillage

6. Ridge Tillage

7. Mulch Tillage

8. No-Tillage or Zero Tillage

واحد تولیدی و اولویت‌های او در انجام فعالیت‌های تولیدی، یک یا چند هدف می‌بایست در یک خاک‌ورزی صحیح تحقق یابد. اهداف عملیات خاک‌ورزی عبارتند از:

مدیریت بقایای گیاهی

دفن بقایا و مخلوط کردن آن‌ها با خاک، کاهش مقدار آن‌ها جهت تسهیل کار سایر ادوات یا باقی‌گذاشتن آن‌ها در سطح خاک به منظور کاهش فرسایش و یا ترکیبی از این موارد.

هوادهی خاک

فراهم کردن میزان مناسب هوا در خاک که برای رشد گیاه ضروری است. بدون ایجاد فضاهای خالی بسیار بزرگ میان کلوخه‌ها یا ذرات خاک.

کنترل علف‌های هرز

از بین بردن علف‌های هرز در حال رشد، دفن بذر علف‌های هرز موجود در سطح خاک، تقلیل میزان جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز با کاهش مقدار بذرهایی که ممکن است در عملیات خاک‌ورزی به سطح خاک آورده شوند و تسهیل استفاده از مواد شیمیایی نظیر آفت‌کش‌ها.

مخلوط کردن کود با خاک

مخلوط کردن مناسب خاک و کود. هر چند مشاهده شده است که در بعضی روش‌ها نظیر خاک‌ورزی حفاظتی پخش سطحی کود می‌تواند به اندازه اختلاط آن با خاک مؤثر باشد. (مید و همکاران، ۱۹۹۲)

کنترل رطوبت

کاهش رطوبت بالا در زمان کاشت و فراهم‌سازی مقدار بهینه رطوبت در طول فصل رشد گیاه، افزایش نفوذ آب در خاک از طریق نرم کردن خاک سطحی، کاهش تبخیر در

طول فصل رشد گیاه، کاهش مقدار رطوبت خاک در نواحی با بارندگی‌های سنگین، کاهش فشردگی خاک و جلوگیری از تشکیل لایه‌های سخت که از حرکت آب در خاک جلوگیری می‌کنند.

کنترل حشرات

دفن بقایای گیاهی که می‌تواند به عنوان پناهگاهی جهت زمستان‌گذرانی برخی آفات باشد، تخریب لانه‌های آن‌ها و تحریک حشرات به مهاجرت.

تنظیم درجه حرارت مناسب برای جوانه‌زنی بذر

در بهار زمین عاری از بقایا و خشک زودتر از زمین پوشش‌دار گرم می‌شود خاک‌ورزی می‌تواند با تغییر ساختمان خاک مقدار بیشتری از خاکدانه‌ها را در مجاورت حرارت و هوای گرم قرار دهد.

بهبود ساختمان خاک

اختلاط مواد آلی با خاک و حفظ سطح مناسب مواد مغذی در خاک، بهبود رشد ارگانسیم‌های خاک با افزودن مقادیری نیتروژن به خاک. (اصولاً ارگانسیم‌های خاک به مقادیری از رطوبت و حرارت نیاز دارند که برای جوانه‌زنی نور و گیاهان بهینه است). کاهش چگالی خاک برای بهبود رشد ریشه و افزایش ظرفیت نگهداری آب و برقراری تماس مناسب میان بذر و خاک. ایجاد تماس قابل قبول بین بذر و خاک مرطوب به مدت ۵-۱۰ روز برای جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه ضروری است. (مثلاً ذرت برای جوانه‌زنی می‌بایست ۳۰٪ وزن خود آب جذب کند و سویا به ۵۰٪ وزن خود، رطوبت نیاز دارد). لیکن می‌بایست از انجام خاک‌ورزی بیش از حد نیاز و فشردگی غیرضروری خاک اجتناب شود. (کمپبل و همکاران، ۱۹۹۶).

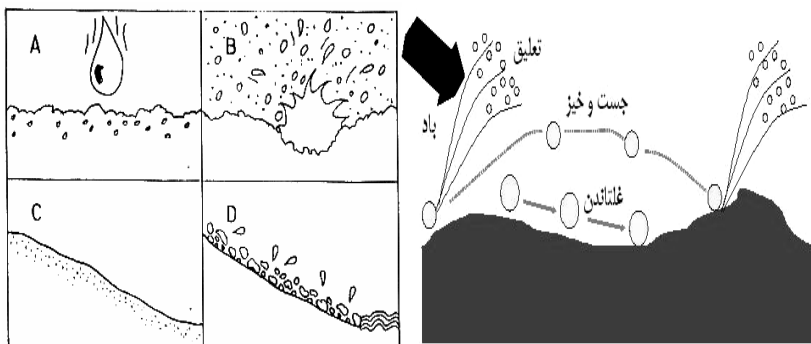
آماده‌سازی سطح خاک جهت انجام سایر عملیات

آماده‌سازی سطح خاک جهت برداشت مؤثر محصول، از بین بردن اثر لاستیک ماشین‌های برداشت و نیز نرم کردن سطح خاک. (نرم‌سازی بیش از حد خاک ممکن

است باعث ایجاد روان‌آب گردد. همچنین ذرات بسیار ریز خاک ممکن است باعث کاهش نفوذ آن در خاک گردد. و ایجاد و یا تخریب پشته‌ها به منظور استقرار گیاه بعدی.

کنترل فرسایش

ایجاد سطح خاک نرم که با اندکی بقایا پوشیده است می‌تواند باعث کاهش سرعت روان‌آب سطحی و کاهش فرسایش گردد. شخم و کاشت در جهت عمود بر شیب زمین و روش‌های کاشت بی‌خاک‌ورزی می‌تواند فرسایش خاک را به حداقل برساند. لازم به ذکر است که هرچه ذرات خاک ریزتر و دانه‌های خاک تردتر باشند مقدار فرسایش بادی و آبی بیشتر خواهد بود. اصولاً فرسایش خاک به دو صورت آبی و بادی اتفاق می‌افتد. در فرسایش آبی بر اثر نیروی ناشی از برخورد قطرات آب ذرات خاک سطحی متلاشی شده و به ذرات ریزتری تبدیل می‌شوند که مستعد شسته شدن توسط روان‌آب سطحی هستند البته عاری بودن سطح زمین از بقایا باعث سرعت گرفتن آب‌های جاری و شسته شدن ذرات بزرگ‌تر خاک نیز می‌گردد. در فرسایش بادی به علت نبودن موانعی نظیر بقایای گیاهی در سطح زمین سرعت باد افزایش می‌یابد که در اثر آن ذرات خاک توسط باد به نقاط دیگر برده می‌شوند. (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲. فرسایش آبی (سمت راست) و بادی (سمت چپ) در زمین‌های فاقد پوشش گیاهی

عملیات خاک‌ورزی برخی از ویژگی‌های خاک نظیر چگالی ظاهری، هوادهی و

ظرفیت نگهداری آب را موقتاً (برای یک فصل کشت یا کمتر) بهبود می‌دهد؛ لیکن مواد معدنی و مواد آلی موجود در خاک و شرایط اقلیمی نظیر بارندگی - انجماد و ذوب شدن دوباره یخ‌ها در خاک، می‌تواند تأثیرات پایدارتری در بهبود ساختمان خاک داشته باشند (سایر و همکاران، ۲۰۰۴).

عملیات خاک‌ورزی معمولاً به دو دسته تقسیم می‌شوند، اولیه و ثانویه:

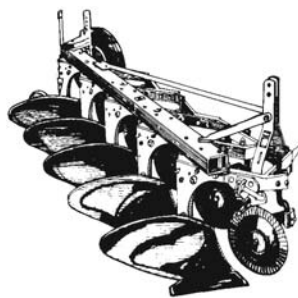
۱-۶ خاک‌ورزی اولیه

خاک‌ورزی اولیه خاک را می‌برد و خرد می‌کند و ممکن است با برگردان کردن خاک بقایای گیاهی را دفن کند، یا آن‌ها را با لایه خاک شخم خورده مخلوط نماید و یا اصولاً بقایا را دست نخورده باقی بگذارد. خاک‌ورزی اولیه عمیق‌تر است و با شدت بیشتری انجام می‌شود و معمولاً سطح خاک ناصافی به جا می‌گذارد. ادواتی که معمولاً برای خاک‌ورزی اولیه استفاده می‌شوند عبارتند از:

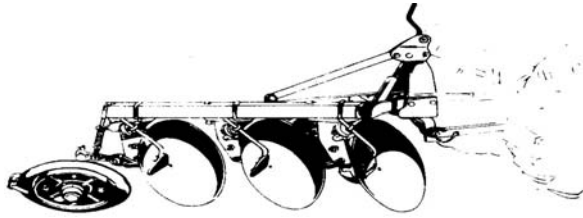
- گاو آهن‌های برگردان‌دار، قلمی و بشقابی
- نهرکن و پشته‌سازها
- زیرشکن‌ها
- دیسک‌های سنگین (offset , tandem)
- خاک‌ورزهای دوار، (روتو تیلر و سیکلوتیلر)
- تصاویر برخی از ادوات فوق بر مبنای استاندارد ASAE¹ S414. DEC2005 در شکل‌های ۱-۳ الی ۱-۷ نشان داده شده است.



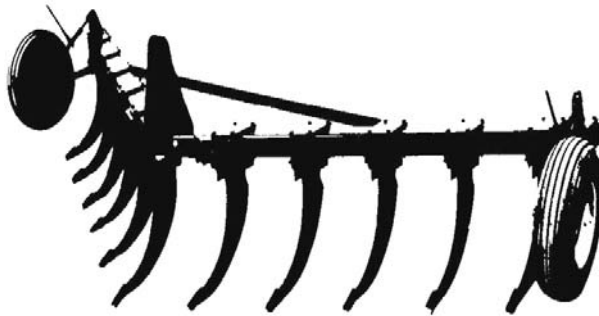
شکل ۱-۴. گاوآهن قلمی



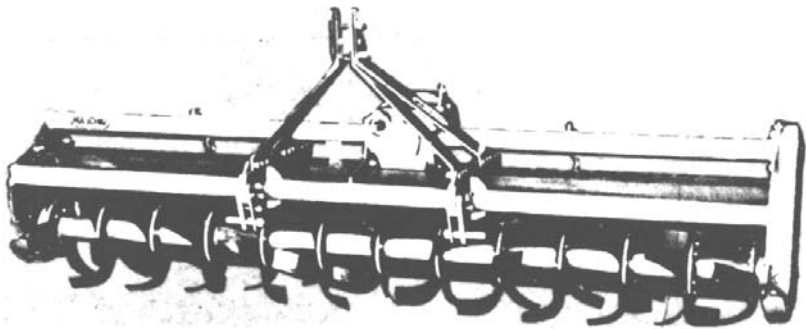
شکل ۱-۳. گاوآهن برگردان‌دار سوار



شکل ۱-۵. گاو آهن بشقابی



شکل ۱-۶. زیر شکن با قاب ۷ شکل



شکل ۱-۷. روتوتیلر

ابزارهای بشقابی یا همان دیسک‌ها علاوه بر خاک‌ورزی اولیه در خاک‌ورزی ثانویه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیسک‌هایی که در خاک‌ورزی ثانویه به کار گرفته می‌شوند "هرس" گفته می‌شود که یک واژه فرانسوی است. مبنای تقسیم‌بندی آن‌ها اندازه آن‌ها و شدت عمل آن‌هاست. دیسک‌ها دارای اندازه بزرگ‌تری هستند و جهت