وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

معرفی روش‌ها و ماشین‌های کنترل رواناب در مزارع، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی

نویسنده:
محمدعلی رستمی

سرشناسه	:	رستمی، محمدعلی، ۱۳۵۱ -
عنوان و نام پدیدآور	:	معرفی روش ها و ماشین های کنترل رواناب در مزارع، باغات وعرصه های منابع طبیعی/ نویسنده محمدعلی رستمی؛ ویراستار ترویجی فرانک صحرایی؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ سرویراستار وجیهه سادات فاطمی؛ تهیه شده در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی.
مشخصات نشر	:	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۱۳۸ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۴۴۵-۵
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه:ص. ۱۳۲ - ۱۳۶.
موضوع	:	رواناب -- ایران
موضوع	:	Runoff -- Iran
موضوع	:	خاک -- بهسازی
موضوع	:	Soil remediation
موضوع	:	خاک ورزی -- ایران
موضوع	:	Tillage -- Iran
موضوع	:	کشاورزی -- ایران -- ماشین آلات
موضوع	:	Agricultural machinery -- Iran
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۷ ۴م ۵ر/TD۶۵۷
رده بندی دیویی	:	۶۲۸/۲۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۲۹۳۲۶۶

نشر آموزش کشاورزی

ISBN:978-964-520-445-5

شابک:۵-۴۴۵-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸

عنوان: معرفی روش‌ها و ماشین‌های کنترل رواناب در مزارع، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی

نویسنده: محمدعلی رستمی

ویراستار ترویجی: فرانک صحرایی

مدیر داخلی: شیوا پارسا نیک

ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی

سرویراستار: 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، ۱۳۹۷

قیمت: رایگان

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۵۴۱۱۱ به تاریخ ۹۷/۵/۱۴ است.

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

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

فهرست

مقدمه..... ۷

بیابان زایی و وضعیت توزیع بارش..... ۹

روش اول کنترل رواناب: آبیاری در شیارهای مسدود شده..... ۱۵

فاصله و ارتفاع سدهای مسدودکننده شیار..... ۱۹

ماشین های موردنیاز برای مسدود کردن شیارها..... ۲۵

زمان مسدود کردن شیار..... ۲۸

روش دوم کنترل رواناب: خاک ورزی و آبیاری مخزنی..... ۳۰

فاصله مخازن در خاک ورزی مخزنی..... ۳۱

شرایط تعیین کننده فاصله و عمق مخازن..... ۳۳

زمان اجرای خاک ورزی مخزنی..... ۳۴

ماشین های موردنیاز برای خاک ورزی مخزنی..... ۳۸

اثر گذاری خاک ورزی مخزنی بر کنترل رواناب و بهبود عملکرد محصول.... ۴۶

روش سوم کنترل رواناب: نقش بندی خاک..... ۴۸

ماشین های نقش بند..... ۵۵

روش چهارم کنترل رواناب: پیتینگ..... ۶۲

روش ها و ماشین های انجام عملیات پیتینگ..... ۶۴

روش پنجم کنترل رواناب: کنتور فارو..... ۶۸

روش اجرای عملیات کنتور فارو..... ۷۲

تراکتور خود تراز رو..... ۷۳

ماشین های موردنیاز برای اجرای کنتور فارو..... ۷۸

روش ششم کنترل رواناب: آبگیرهای کوچک.....۸۱

روش هفتم کنترل رواناب: ناهموار ساختن سطح زمین.....۸۶

روش هشتم کنترل رواناب: استفاده از زیرشکن ها و ریپرها.....۸۷

روش تشخیص لایه سخت در عمق خاک.....۹۱
روش ها و ماشین های شکستن لایه سخت.....۹۴
شکستن لایه سخت نوع دوم.....۱۰۱
عملیات شکستن لایه سخت با ریپر.....۱۰۴
شرایط عملیات شکستن لایه سخت با ریپر.....۱۰۶
اثرگذاری شکستن لایه سخت بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک.....۱۱۰

روش نهم کنترل رواناب: اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک ورزی حفاظتی و افزودن مواد آلی به خاک.....۱۱۳

خاک ورزی حفاظتی.....۱۱۶
ماده آلی خاک.....۱۲۱
وضعیت مواد آلی خاک در ایران.....۱۲۲
اثرگذاری خاک ورزی حفاظتی و افزایش مواد آلی خاک بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک.....۱۲۴

روش ها و ادواتی که برای کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک در ایران در دسترس هستند ۱۲۷

واژه نامه ۱۳۱

منابع.....۱۳۳

مقدمه

در ایران میانگین بارش سالانه در دو دهه اخیر کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر بوده است. علاوه بر این، توزیع زمانی بارش نیز یکنواخت نیست. این بارش ناچیز در عرصه‌های منابع طبیعی، زمین‌های زراعی و باغات بخوبی جذب خاک نمی‌شود. یکی از موارد اتلاف آب از طریق ایجاد رواناب در عرصه‌های منابع طبیعی، زمین‌های زراعی و باغات است. بعضی از مهم‌ترین دلایل ایجاد رواناب از این قرار است: وجود شیب و ناهمواری زمین، سنگینی بافت خاک و دشواری نفوذ آب، آبیاری غیریکنواخت و آبیاری با حجم آب زیاد. رواناب باعث می‌شود که آب در جایی که باید نفوذ کند، نفوذ نکند و گیاهان در آن محل دچار کم‌آبی شوند. رواناب همچنین باعث فرسایش خاک شده و روان‌شدن آب در حجم زیاد باعث ایجاد سیل می‌شود. در مزارع، آبِ روان‌شده در یک محل جمع می‌شود و درنتیجه گیاهان و جوی و پشته‌ها را از بین می‌برد. به‌طور خلاصه رواناب باعث اتلاف آب می‌شود و این موضوع، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک فاجعه است. در این دست‌نامه ۹ روش برای کنترل رواناب در مزارع، باغات و عرصه‌های

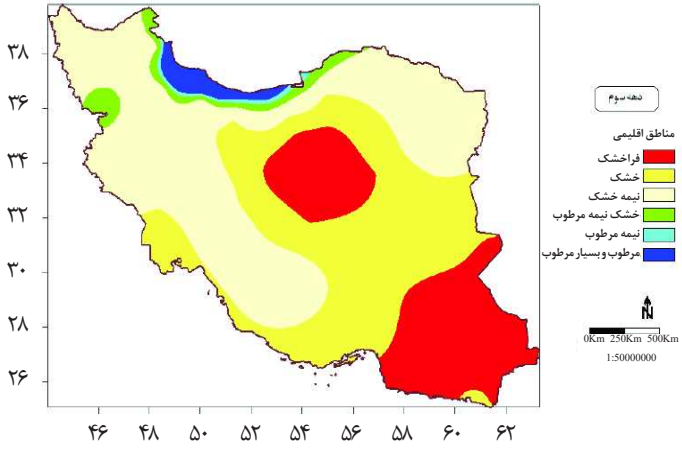
منابع طبیعی بررسی شده و ماشین‌های مخصوص هریک معرفی شده‌اند. این روش‌ها عبارت‌اند از آبیاری در شیارهای مسدودشده، خاک‌ورزی مخزنی، نقش‌بندی خاک، پیتینگ، احداث کنتور فارو، احداث آبگیرهای کوچک، ناهموار ساختن سطح زمین، استفاده از زیرشکن‌ها و ریپرها و اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و افزودن مواد آلی به خاک. همچنین به‌منظور آشنایی بیش‌تر با شرایط کنونی مزارع، خاک‌ورزی حفاظتی و وضعیت مواد آلی خاک در ایران و اثرگذاری خاک‌ورزی حفاظتی و افزایش مواد آلی خاک بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک بررسی می‌شود. همچنین به روش‌ها و ادواتی که برای کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک در ایران در دسترس هستند، توجه شده است.

بیابان‌زایی و وضعیت توزیع بارش

بر اساس تعریف کنوانسیون سازمان ملل متحد، بیابان‌زایی به معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب، به‌علت تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی است. همچنین بر اساس تعریف این کنوانسیون مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب مناطقی هستند که در آن‌ها نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق بالقوه به‌ترتیب در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۲، ۰/۲ تا ۰/۵ و ۰/۵ تا ۰/۶۵ قرار گیرد. نتایج پژوهش‌ها برای دوره‌ای ۳۰ ساله (۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵) نشان می‌دهد که بیش‌ترین گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران در سه زیر دوره ۱۰ ساله مورد مطالعه، در دهه سوم روی داده است. از لحاظ مکانی نیز شدیدترین تغییرات ابتدا در غرب و شمال غرب ایران و بعد در جنوب شرق ایران مشاهده شد (شکل ۱).

مجامع جهانی و دانشگاهی به بیابان‌زایی به‌عنوان یکی از این جلوه‌های تغییر اقلیم در چند دهه اخیر در کنار سایر مخاطرات طبیعی بسیار توجه کرده‌اند؛

زیـرا از آن بـه معنـی تخریـب سـرزمین یـاد می‌شـود، شـرایطی کـه حـدود ۷۳ درصـد از مسـاحت ۳/۳ میلیـارد هکتـاری مراتـع زمیـن را تحـت تأثیـر قـرار داده اسـت.



شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از شاخص یونیپ برای دهه ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵

بـر اسـاس تخمیـن کنوانسـیون مهـار بیابان‌زایـی سـازمان ملـل متحـد، بیـش از نیمـی از مناطـق خشـک و نیمه‌خشـک جهـان (حـدود ۳۰ میلیـون کیلومتـر مربـع) بـا بیـش از ۲۰ درصـد از سـطح کـره زمیـن را بیابان‌زایـی تهدیـد می‌کنـد. همچنیـن بـر اسـاس بـرآورد، سـالانه حـدود ۱۸۰ هـزار کیلومتـر مربـع از مراتـع، ۲۰ هـزار

کیلومتر مربع از دیمزارها و ۵ هزار کیلومتر مربع از مزارع آبی در معرض گسترش بیابان‌ها هستند.

در ایران میانگین بارش سالانه بین سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ به‌میزان ۲۵۳ میلی‌متر بوده است. علاوه بر این توزیع زمانی بارش نیز در ایران یکنواخت نیست. این بارش ناچیز هم در عرصه‌های منابع طبیعی، زمین‌های زراعی و باغات بخوبی جذب خاک نمی‌شود. حتی قسمتی از آب استحصال‌شده از اعماق زیاد (با هزینه زیاد) نیز در برخی مزارع و باغات حتی در برخی دستگاه‌های آبیاری تحت‌فشار تلف می‌شود. یکی از موارد اتلاف آب از طریق ایجاد رواناب در عرصه‌های منابع طبیعی، زمین‌های زراعی و باغات است (شکل ۲). در بسیاری از زمین‌های زراعی، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی رواناب وجود دارد.

برخی از مهم‌ترین دلایل ایجاد رواناب عبارت‌اند از:

۱- وجود شیب و ناهمواری زمین (شکل ۳)؛
۲- سنگینی بافت خاک و دشواری نفوذ آب؛
۳- آبیاری غیریکنواخت؛
۴- آبیاری با حجم آب زیاد.

رواناب مشکلات زیادی ایجاد می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱- آب در جایی که باید نفوذ کند، نفوذ نمی‌کند و گیاهان در آن محل دچار کم‌آبی می‌شوند؛

۲- باعث فرسایش خاک می‌شود؛

۳- روان‌شدن آب در حجم زیاد باعث ایجاد سیل می‌شود؛

۴- در مزارع آب روان‌شده در یک محل جمع می‌شود و گیاهان و جوی و پشته‌ها را از بین می‌برد (شکل ۴).

به‌طور خلاصه رواناب باعث اتلاف آب می‌شود و این بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک فاجعه محسوب می‌شود.

شکل ۲- رواناب

شکل ۳- ایجاد رواناب بر اثر شیب زمین

شکل ۴- ازبین‌رفتن محصول بر اثر غرقاب

چنـد روش بـرای کنتـرل روانـاب در زمین‌هـای زراعـی، باغـات و عرصه‌هـای منابـع طبیعـی پیشـنهاد می‌شـود کـه مهم‌تریـن آن‌هـا عبارت‌انـد از:

۱- آبیـاری در شـیارهای مسدودشـده در مـزارع بـا کشـت‌های ردیفـی و آبیـاری بـا دسـتگاه‌های تحت‌فشـار؛

۲- خـاک‌ورزی مخزنـی در مـزارع بـا کشـت‌های ردیفـی و آبیـاری بـا دسـتگاه‌های تحت‌فشـار آبیـاری شـیاری؛

۳- نقش‌بنـدی خـاک در مـزارع بـا کشـت‌های ردیفـی و غیرردیفـی و همچنیـن آبیـاری بـا دسـتگاه‌های تحت‌فشـار و نـواری در منابـع طبیعـی؛

۴- پیتینگ؛

۵- احداث کنتور فارو؛

۶- احداث آبگیرهای کوچک؛

۷- ناهموار ساختن سطح زمین؛

۸- استفاده از زیرشکن‌ها و ریپرها؛

۹- اصـلاح سـاختمان خـاک بـا اسـتفاده از خـاک‌ورزی حفاظتـی و افـزودن مـواد آلـی بـه خـاک؛

روش اول کنترل رواناب: آبیاری در شیارهای مسدودشده

در مزارع هنگام بارش باران یا آبیاری، درصورتی‌که زمین شیب نامناسب داشته باشد یا خاک دارای بافت سنگین و متراکم باشد یا به هر دلیلی میزان آب ورودی به مزرعه زیاد باشد، در سطح مزرعه رواناب ایجاد می‌شود. برای مثال در دستگاه‌های آبیاری سنترپیوت در دهانه‌های آخر، رواناب به‌علت شدت پاشش زیاد ایجاد می‌شود (شکل ۵). رواناب ایجادشده حتی بعضی از دستگاه‌ها را غیرفعال می‌کند. برای کنترل رواناب در این‌گونه مزارع در برخی کشورها از روش آبیاری در شیارهای مسدودشده استفاده می‌شود.

شکل ۵- نمونه آبیاری سنترپیوت

آبیاری در شیارهای مسدودشده برای کشت‌های ردیفی و آبیاری با دستگاه‌های تحت‌فشار استفاده می‌شود. روش آبیاری در شیارهای مسدود (شیارهای بسته) راه‌حل مناسبی است که برای کنترل رواناب و ذخیره سطحی آب پیشنهاد می‌شود. در این روش بندهای خاکی کوچکی به‌طور متناوب در شیارها ایجاد شده و برای ذخیره آب استفاده می‌شود (شکل ۶). این سدهای خاکی کوچک رواناب را در سطح خاک کنترل می‌کنند و به آب فرصت نفوذ می‌دهند. بدین صورت رواناب کاهش یافته و ذخیره آب و آب در دسترس گیاه در خاک افزایش می‌یابد.

شکل ۶- سدهای خاکی کوچک ایجادشده برای آبیاری به روش شیارهای مسدودشده

شیارهای مسدودشده نوعی حفاظت آب و خاک است که کشت‌های آبی را با مناطق خشک سازگار می‌کند و اغلب در زمین‌های با شیب کم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جایی که گیاهان تحت شرایط کم‌آبی رشد می‌کنند، استفاده می‌شود.

شیارهای مسدودشده تپه‌هایی از خاک هستند که به‌طور مکانیکی در شیار ایجاد می‌شوند و باعث تشکیل حوضچه‌های کوچکی در مقابل هر تپه نیز می‌شوند. زمانی که میزان آب آبیاری بیش از ظرفیت نفوذپذیری خاک باشد، تپه‌های یادشده آب را در این مخازن نگهداری می‌کنند تا آب به‌مرور به داخل خاک مکیده شود.

آبیاری به روش ذخیره‌سازی آب پشت سدهای کوچک یا در داخل مخازن کوچک اسامی مختلفی مانند آب‌بند شیار، خاک‌ورزی مخزنی، شیار مخزنی و خاک‌ورزی مخزن کوچک دارد. سدها یا مخزن‌های ایجادشده در شیار، رواناب سطح خاک را ذخیره می‌کنند. این کار باعث افزایش نفوذ آب می‌شود و از جاری‌شدن آب در شیار جلوگیری می‌کند. این قابلیت همچنین باعث افزایش آب در دسترس گیاه می‌شود. شیارهای مسدودشده درواقع نوعی حفاظت از آب و خاک است که با مناطق خشک و

نیمه‌خشک و زراعت آبی سازگار است. این فناوری اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جایی که محصول با کمبود آب مواجه است، به‌کار می‌رود. این روش همچنین به‌طور گسترده با فناوری‌های جدید مبارزه با علف‌های هرز سازگار می‌شود و درعین‌حال ماشین‌های مخصوص ایجاد شیارهای مسدودشده در حال پیشرفت هستند. روش آبیاری شیار مسدود در زراعت پنبه، ذرت و آفتاب‌گردان تأثیر مطلوبی داشته است (شکل ۷). این فناوری هم‌اکنون در دستگاه‌های آبیاری سنترپیوت به‌منظور کاهش رواناب و بهبود بخشیدن به بازده آبیاری استفاده می‌شود.

شکل ۷- آبیاری به روش شیارهای مسدودشده

فاصله و ارتفاع سدهای مسدودکننده شیار

فاصله بین سدهای ایجادشده در شیار، بسته به شرایط و نیاز از ۳۰ سانتی‌متر تا چند متر متفاوت است. ارتفاع سدها بسته به شرایط و نیاز از ۱۰ سانتی‌متر تا ارتفاع پشته متغیر است. شرایط تعیین‌کننده فاصله و ارتفاع سدها عبارت‌اند از:

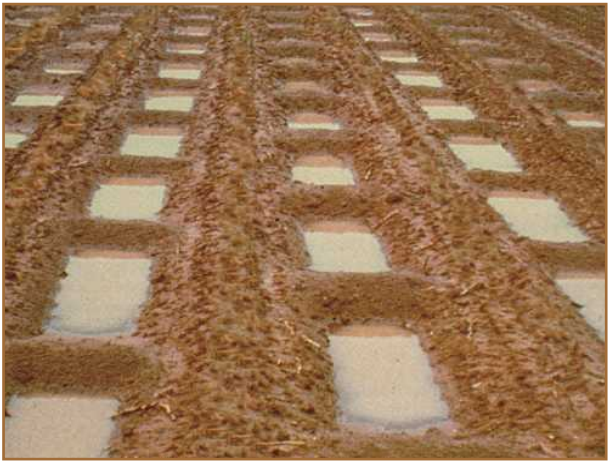
۱- شیب زمین؛
۲- حجم آب واردشده به مزرعه؛
۳- نوع خاک؛
۴- فشردگی و تراکم خاک.

هرقدر شیب زمین بیش‌تر باشد، سدها در فاصله کم‌تری از یکدیگر ایجاد می‌شود و ارتفاع آن‌ها بیش‌تر خواهد بود تا از روان‌شدن آب در کف شیار جلوگیری شود (شکل ۸). اما در زمین‌هایی که شیب کمی دارند، سدهایی با فاصله بیش‌تر و ارتفاع کم‌تر برای جلوگیری از روان‌شدن آب در کف شیار کفایت می‌کند (شکل ۹). هرقدر حجم آب داده‌شده به مزرعه بیش‌تر، نوع خاک سنگین‌تر (رسی) و تراکم خاک بیش‌تر باشد، احتمال ایجاد رواناب افزایش می‌یابد. بنابراین برای کنترل آن باید فواصل سدها را کم‌تر و ارتفاع آن‌ها

را بیش‌تر کرد. هنگامی‌که حجم زیادی از آب در کف شیارها روان می‌شود، لازم است سدهایی با عرض زیادتر و با ارتفاعی معادل ارتفاع پشته‌ها و حجم خاک بیش‌تر در کف شیارها ایجاد شوند تا بتوانند از حرکت آب جلوگیری کنند و خود سدها نیز به‌سرعت خراب نشوند (شکل ۱۰). اما هنگامی‌که حجم رواناب کم است، سدها با عرض کم‌تر، ارتفاع کم‌تر از پشته‌ها و حجم خاک کم‌تر ایجاد می‌شوند (شکل ۱۱ و ۱۲). بنابراین در هر مزرعه باید انسداد شیارها متناسب با شرایط همان مزرعه ایجاد شود تا عملیات با حداقل به‌هم‌خوردگی خاک، صرف انرژی و هزینه انجام شود.

شکل ۸- شیارهای مسدودشده با فواصل کم

شکل ۹- آبیاری به روش شیارهای مسدودشده با فواصل زیاد



شکل ۱۰- شیارهای مسدودشده با سدهای عریض

شکل ۱۱- شیارهای مسدودشده با سدهای عریض

شکل ۱۲- شیارهای مسدودشده با پشته‌های کم‌عرض

شیارهای مسدودشده برای آبیاری لپا نیز نتایج مناسبی داشته است؛ زیرا در این روش آبیاری، شست‌وشوی سدها به‌وسیله آب آبیاری کم‌تر انجام می‌شود و دوام سدها بیش‌تر است (شکل ۱۳). نتایج تحقیقاتی که برای ارزیابی اثر استفاده از روش شیارهای مسدودشده برای کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک در مزرعه ذرت دانه‌ای انجام شده، نشان داده است که علاوه بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک، عملکرد محصول نیز با اختلاف معنی‌داری نسبت به شیارهای باز و کشت نواری افزایش یافت. محصول ذرت در روش شیارهای مسدود ۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شیارهای باز و ۱۸۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به کشت نواری افزایش عملکرد داشته است.

شکل ۱۳- آبیاری لپا به روش شیارهای مسدودشده

خاک‌ورزی و آبیاری با روش شیارهای مسدود برای محصولات پنبه، ذرت، سورگوم و آفتاب‌گردان نتایج خوبی داشته است. در شرایطی که محصولات متراکم، رواناب زیاد یا بارش محدود باشد، روش شیار مسدود مطلوب است و نتایج خوبی دارد؛ ولی کنترل ضعیف علف‌های هرز و نگهداری بیش از اندازه آب در سطح خاک که تهویه را محدود می‌کند و خاک‌ورزی و کاشت به‌موقع را به‌خطر می‌اندازد، استفاده از روش شیار مسدود را نامطلوب می‌کند.

تحقیقاتی روی چهار روش خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی و آبیاری به روش شیارهای مسدودشده (دو بار دیسک + پنجه‌غازی + شیاربندی)، خاک‌ورزی مرسوم (دو بار دیسک + پنجه‌غازی)، بی‌خاک‌ورزی با برجای‌گذاشتن باقی‌مانده‌های محصول گندم و بی‌خاک‌ورزی با برداشتن بقایای محصول گندم و کشت سورگوم در آمریکا انجام شد. نتایج نشان داد که روش شیارهای مسدودشده و بی‌خاک‌ورزی با برجای‌گذاشتن بقایای گندم، رواناب را کاهش داده و ذخیره آب را افزایش دادند. این دو روش همچنین میزان عملکرد محصول سورگوم را ۶۵۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم

در هکتـــار افزایـــش دادنـــد.

ماشین‌های مورد نیاز برای مسدود کردن شیارها

ماشـــین‌هایی که بـــرای مســـدودکردن شـــیارها بـــه‌کار می‌روند، شـــیاربند نـــام دارنـــد. شـــیاربندها انـــواع مختلفـــی دارنـــد کـــه بعضـــی از آن‌هـــا عبارت‌انـــد از:

۱- شیاربند پارویی (شکل ۱۴)؛
۲- شیاربند بیلچه‌ای مکانیکی (شکل ۱۵)؛
۳- شیاربند بیلچه‌ای هیدرولیکی.

شکل ۱۴- یک واحد از شیاربند پارویی و اجزای آن

شکل ۱۵- شیاربند بیلچه‌ای مکانیکی در حال کار

شیاربند پارویی برای مسدودکردن شیار در کشت‌های ردیفی که خاک نرم به‌اندازه کافی در کف شیار وجود دارد، استفاده می‌شود. بنابراین برای عملکرد مطلوب این شیاربند لازم است پیش از حرکت ماشین، خاک کف شیار خاک‌ورزی شود یا اینکه مزرعه از قبل خاک‌ورزی شده باشد. با حرکت روبه‌جلوی ماشین، پاروها در کف شیار کشیده می‌شود و خاک کف شیار را جمع کرده و سپس خاک را با چرخش خود در کف شیار رها می‌کنند (شکل ۱۶). عرض و عمق پاروها

متناسب با عرض و عمق شیار بوده و آرایش آن‌ها به‌گونه‌ای است که بین سدهای ایجادشده فاصله وجود دارد و موازی هم نیستند.

نتایج تحقیق ۳ ساله‌ای نشان داد رواناب به‌میزان ۷ سانتی‌متر در زمین با شیب‌های مختلف را می‌توان به‌وسیله سیستم آبیاری با شیارهای مسدود کنترل کرد. در شرایط کنترل رواناب محصول پنبه به‌میزان ۸ تا ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار و محصول سورگوم ۶۷۳ تا ۱۱۲۳ کیلوگرم در هکتار افزایش نشان داد.

شکل ۱۶- شیاربند پارویی در حال کار

زمان مسدودکردن شیار

مسدودکردن شیارها را می‌توان در سه مرحله زیر انجام داد:

۱- در زمان عملیات خاک‌ورزی (شکل ۱۷)؛
۲- در زمان کاشت بذر؛
۳- در زمان عملیات داشت.

برای مسدودکردن شیارها در زمان عملیات خاک‌ورزی لازم است تا ماشین شیاربند به خاک‌ورز متصل شود و به دنبال آن حرکت کند (شکل ۱۸). درصورتی‌که عملیات مسدودسازی شیارها همراه با کشت بذر انجام شود، این ماشین به خطی‌کار یا ردیف‌کار متصل می‌شود. در مزارعی که قبل از کاشت بذر، عملیات خاک‌ورزی انجام می‌شود، مشکل رواناب در آبیاری اول و دوم وجود ندارد و هنوز نفوذپذیری آب در خاک مطلوب است؛ اما از آبیاری سوم یا چهارم به‌مرور نفوذپذیری کاهش می‌یابد و رواناب آغاز می‌شود و افزایش می‌یابد. در این مزارع می‌توان عملیات مسدودکردن شیارها را هم‌زمان با عملیات داشت مانند دفع علف هرز و سله‌شکنی انجام داد. در این صورت سدهای ایجادشده تا پایان فصل داشت دوام خواهند آورد. در هر صورت برای متصل‌کردن

شـیاربند بـه ماشـین‌های خاک‌ورز یا کاشـت و داشـت باید تمهیـدات لازم بـرای اتصـال ایـن ماشـین‌ها بـه یکدیگـر، در زمـان طراحـی اندیشـیده شـده و تـوان مورد نیـاز آن‌ها برآورد شـود.

شکل ۱۷- شیاربند پارویی متصل به چیزل

شکل ۱۸- شیاربند پارویی متصل به چیزل در حال کار

روش دوم کنترل رواناب: خاک‌ورزی و آبیاری مخزنی

یکی دیگر از روش‌های کنترل رواناب در مزارع انجام عملیات خاک‌ورزی مخزنی است. این روش خاک‌ورزی را می‌توان در مزارع با کشت‌های ردیفی یا غیرردیفی که در آن‌ها آبیاری مزرعه با دستگاه‌های تحت‌فشار، آبیاری شیاری یا روش‌های آبیاری غرقابی انجام می‌شود، اجرا کرد. بر اساس تحقیقات انجام‌شده خاک‌ورزی مخزنی راه‌حل مناسبی است که برای کنترل رواناب و ذخیره سطحی آب پیشنهاد می‌شود. این فناوری دارای اسامی مختلفی است، مانند خاک‌ورزی مخزنی، شیار مخزنی و خاک‌ورزی مخزن کوچک. مخزن‌های ایجادشده در شیار، رواناب سطح خاک را ذخیره می‌کنند و سرعت حرکت آب در شیارها را کاهش می‌دهند. این کار باعث افزایش نفوذ آب می‌شود و از جاری‌شدن آب در شیار یا کرت جلوگیری می‌کند. بدین صورت رواناب کاهش یافته و ذخیره آب و آب در دسترس گیاه در خاک افزایش می‌یابد. این قابلیت همچنین باعث افزایش آب در دسترس گیاه می‌شود (شکل ۱۹).

شکل ۱۹- آبیاری شیاری (سمت راست) و آبیاری مخزنی (سمت چپ)

فاصله مخازن در خاک‌ورزی مخزنی

این روش اغلب در زمین‌های با شیب ملایم، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جایی که محصول با کمبود آب مواجه است، به‌کار می‌رود. مخازن کوچک (حفره‌ها) معمولاً با فاصله کم (۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) احداث می‌شوند. مخازن ایجادشده می‌توانند به اشکال مختلف ازجمله مقطع دایره‌ای (شکل ۲۰) یا مستطیلی (شکل ۲۱) باشد.

شکل ۲۰- خاک‌ورزی مخزنی (مخازن با مقطع دایره‌ای)

شکل ۲۱- خاک‌ورزی مخزنی (مخازن با مقطع مستطیلی)

شرایط تعیین‌کننده فاصله و عمق مخازن

۱- شیب زمین؛

۲- حجم آب داده‌شده به مزرعه؛

۳- نوع خاک؛

۴- تراکم خاک.

روش خاک‌ورزی مخزنی اغلب در زمین‌های با شیب ملایم انجام می‌شود و هرقدر شیب زمین بیش‌تر باشد، مخازن در فاصله کم‌تری از یکدیگر ایجاد می‌شود و عمق آن‌ها بیش‌تر خواهد بود تا از روان‌شدن آب در مزرعه جلوگیری شود. اما در زمین‌هایی که شیب کمی دارند، مخازن با فاصله بیش‌تر و عمق کم‌تر برای جلوگیری از روان‌شدن آب در مزرعه کفایت می‌کند. هرقدر حجم آب داده‌شده به مزرعه بیش‌تر، نوع خاک سنگین‌تر (رسی) و تراکم خاک بیش‌تر باشد، احتمال ایجاد رواناب افزایش می‌یابد. بنابراین برای کنترل آن باید فواصل مخازن را کم‌تر و عمق آن‌ها را بیش‌تر کرد.

زمان اجرای خاک‌ورزی مخزنی

خاک‌ورزی مخزنی را می‌توان در سه مرحله زیر انجام داد:

۱- همزمان با عملیات خاک‌ورزی اصلی؛
۲- همزمان با کاشت بذر؛
۳- همزمان با عملیات داشت یا به‌صورت عملیات مستقل بعد از سبزشدن گیاه.

برای ایجاد مخازن همزمان با عملیات خاک‌ورزی لازم است تا ماشین خاک‌ورز مخزنی به خاک‌ورز اصلی متصل شود و به دنبال آن حرکت کند (شکل ۲۲ و ۲۳). درصورتی‌که عملیات همراه با کشت بذر انجام می‌شود، این ماشین به خطی‌کار یا ردیف‌کار متصل می‌شود. در مزارعی که قبل از کاشت بذر، عملیات خاک‌ورزی انجام می‌شود، مشکل رواناب در آبیاری اول و دوم وجود ندارد و هنوز نفوذپذیری آب در خاک مطلوب است؛ اما از آبیاری سوم یا چهارم به‌مرور نفوذپذیری کاهش می‌یابد و رواناب آغاز می‌شود و افزایش می‌یابد. در این مزارع می‌توان عملیات ایجاد مخزن‌ها را همزمان با عملیات داشت مانند دفع علف هرز و سله‌شکنی

انجام داد (شکل ۲۴). برای اتصال خاک‌ورز مخزنی به ماشین‌های مختلف باید پیش‌بینی لازم انجام شود.

شکل ۲۲- افزودن ماشین خاک‌ورز مخزنی به خاک‌ورز اصلی

شکل ۲۳- اجرای عملیات خاک‌ورزی مخزنی همزمان با خاک‌ورزی اصلی

شکل ۲۴- انجام عملیات خاک‌ورزی مخزنی بعد از سبزشدن گیاه

خاک‌ورزی مخزنی در مزارعی که فاصله ردیف‌ها از همدیگر کم یعنی ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر است (خطی کاری) یا فاصله ردیف‌ها زیاد یعنی ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر است (ردیف‌کاری) انجام می‌شود (شکل‌های ۲۵ و ۲۶).

شکل ۲۵- خاک‌ورزی مخزنی در مزارع با فاصله ردیف‌های کم (مزرعه پیاز)

شکل ۲۶- خاک‌ورزی مخزنی در مزارع بافاصله ردیف‌های زیاد

ماشین‌های موردنیاز برای خاک‌ورزی مخزنی

این ماشین‌ها که دارای اسامی مختلفی مانند شیاربند[۱] یا حفره‌ساز[۲] هستند، انواعی دارند که در زیر آمده است:

۱- ماشین خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی (شکل ۲۷)؛
۲- ماشین خاک‌ورز مخزنی بشقابی (شکل ۲۸)؛
۳- ماشین خاک‌ورز مخزنی فشاری (شکل ۲۹).

ماشین خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی از تعدادی چرخ عنکبوتی ساخته شده است که پیرامون این چرخ‌ها بیلچه‌های چرخان، مخازن کوچک در کف شیار یا کرت را ایجاد می‌کنند. این ماشین تعدادی چرخ عنکبوتی دارد که به یک محور متصل شده‌اند و باهم به چرخش در می‌آیند (شکل ۳۰) یا واحدهای جدا از هم هستند و کاملاً مستقل عمل می‌کنند (شکل ۳۱). با حرکت تراکتور بیلچه‌ها با ضرباتی که بر خاک وارد می‌کنند، مخازن کوچکی در خاک ایجاد می‌کنند. مخازن یادشده درواقع حفره‌های کوچکی هستند که به‌وسیله بیلچه‌ها در کف شیار حفر می‌شوند. این ماشین، خاک‌ورز مخزنی یا ماشین مخزن‌ساز نام دارد.

---
۱. Dammer Diker
۲. Pocket Pitter

شکل ۲۷- ماشین خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی

شکل ۲۸- ماشین خاک‌ورز مخزنی بشقابی

شکل ۲۹- ماشین خاک‌ورز مخزنی ضربه‌ای

شکل ۳۰- خاک‌ورز مخزنی با چرخ‌های عنکبوتی سوارشده روی یک محور

شکل ۳۱- خاک‌ورز مخزنی با چرخ‌های عنکبوتی مستقل از هم

سرعت چرخش چرخ عنکبوتی به سرعت پیشروی تراکتور بستگی دارد. یک فنر شناوری (شکل ۳۲) یا جک هیدرولیکی (شکل ۳۳) برای واحدهای خاک‌ورز تعبیه شده است که ضربه واردشده تیغه به خاک را افزایش می‌دهد و به واحد خاک‌ورز در تبعیت از ناهمواری زمین کمک می‌کند. چاله‌های حفرشده مخازن کوچکی برای نگهداشت و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک هستند و از رواناب جلوگیری می‌کنند. نیروی موردنیاز برای حفر چاله‌ها به‌وسیله چرخش چرخ عنکبوتی و بر اثر پیشروی تراکتور

و درگیری تیغه‌ها با خاک تأمین می‌شود. اندازه مخازن (قطر و عمق) به ابعاد تیغه، بار وارده بر تیغه، زاویه برخورد با خاک و سرعت پیشروی ماشین بستگی دارد. فاصله مخازن به طول بازو و تعداد تیغه‌ها وابسته است. ابعاد مخازن موردنیاز و تعداد آن‌ها در هر مترمربع از سطح خاک، به میزان رواناب، مقدار آبیاری، شیب زمین و بافت خاک مزرعه وابسته است.

شکل ۳۲- خاک‌ورز مخزنی مجهز به فنر شناوری

شکل ۳۳- ماشین خاک‌ورز مخزنی مجهز به جک هیدرولیکی

خاک‌ورزهای مخزنی بشقابی دارای بشقاب‌هایی هستند که قطعه‌ای از بشقاب‌های آن‌ها بریده شده است. بنابراین با حرکت روبه‌جلوی تراکتور، بشقاب‌ها به‌جای شخم پیوسته خاک، به‌طور متناوب چاله‌هایی در خاک ایجاد می‌کنند. از این ماشین با ابعاد بزرگ‌تر برای کنترل رواناب در عرصه‌های منابع طبیعی نیز استفاده می‌شود (شکل ۳۴).

شکل ۳۴- خاک‌ورز مخزنی بشقابی

خاک‌ورز مخزنی ضربه‌ای شبیه ماشین خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی است، با این تفاوت که در آن به‌جای بیلچه‌ها تعدادی گوه فلزی سنگین، با وارد آوردن ضربه به خاک مخازن کوچکی را در کف شیار یا کرت ایجاد می‌کنند. این ماشین تعدادی چرخ عنکبوتی دارد که به یک محور متصل شده‌اند و باهم به چرخش در می‌آیند (شکل ۳۵). با حرکت روبه‌جلوی تراکتور، گوه‌ها با خاک برخورد می‌کنند و چرخ عنکبوتی به چرخش در می‌آید. سرعت چرخش چرخ عنکبوتی به سرعت پیشروی تراکتور

بستگی دارد. چاله‌های حفرشده مخازن کوچکی برای نگهداشت و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک هستند و از رواناب جلوگیری می‌کنند. نیروی موردنیاز برای حفر چاله‌ها به‌وسیله چرخش چرخ عنکبوتی، بر اثر پیشروی تراکتور و درگیری تیغه‌ها با خاک تأمین می‌شود. اندازه مخازن (قطر و عمق) به ابعاد گوه، بار وارده بر گوه، وزن گوه (وزن کلی دستگاه) و سرعت پیشروی ماشین بستگی دارد. فاصله مخازن به طول بازوی چرخ عنکبوتی و تعداد گوه‌ها وابسته است. ابعاد مخازن موردنیاز و تعداد آن‌ها در هر مترمربع از سطح خاک، به میزان رواناب، مقدار آبیاری، شیب زمین و بافت خاک مزرعه وابسته است.

شکل ۳۵- گوه‌های ماشین خاک‌ورز مخزنی فشاری

اثرگـذاری خـاک‌ورزی مخزنـی بـر کنتـرل رواناب و بهبـود عملکـرد محصول

در تحقیقـات متعـددی اثـر مطلـوب خـاک‌ورزی مخزنـی روی کنتـرل رواناب و بهبـود عملکـرد محصـول به‌علـت افزایـش بازدهـی مصـرف آب و یکنواختـی پخـش آب آبیـاری و بـارش بـاران در مـزارع بـه اثبـات رسـیده اسـت.

در پژوهشـی نوعـی ماشـین خـاک‌ورز مخزنـی کـه حفره‌هایـی بـه عـرض، طـول و عمـق ۳۵۶، ۲۴۱ و ۸۹ میلی‌متـر در شـیار ایجـاد می‌کنـد، معرفـی شـد. مخـازن ایجادشـده به‌وسـیله ماشـین ماننـد خانه‌هـای شـطرنج بـا فاصلـه حـدود ۶۰ سـانتی‌متر در ردیف‌هایـی بـا فاصلـه حـدود ۴۰ سـانتی‌متر بودند. متوسـط تعـداد مخازن در هکتـار ۴۴۵۰۰ عـدد گـزارش شـده اسـت.

در کانـادا اسـتفاده از روش خـاک‌ورزی مخزنـی در خـاک‌ورزی پاییـزه، به‌منظـور کشـت سـیب‌زمینی در بهـار، نتایـج مناسـبی در حفـظ و افزایـش نفـوذ رطوبـت ناشـی از ذوب‌شـدن بـرف بـه همـراه داشـته اسـت.

در تحقیقـی اثـر اسـتفاده از خاک‌پـوش گیاهـی و خـاک‌ورزی مخزنـی بـر عملکـرد یـک نـوع سـیب‌زمینی

بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مزرعه‌ای با شیب ۴/۲ تا ۸/۵ درصد، عملکرد سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

پژوهشی به‌منظور بررسی اثر دو روش خاک‌ورزی مخزنی در کنترل رواناب در شرایط شیب و چگالی متفاوت خاک و شدت بارش انجام شد. این پژوهش نشان داد که خاک‌ورزی مخزنی در خاک با بافت لومی شنی روش بسیار مؤثری برای کنترل رواناب ناشی از بارش شدید، در زمان کوتاه، در شیب ۱۰ درصد بود. خاک‌ورزی مخزنی در شرایط یادشده رواناب را تا ۹۵ درصد کاهش داد. به‌علت اینکه مخازن ایجادشده در خاک به روش فشردن خاک ایجاد شده بودند، کارآیی آن در خاک‌های با چگالی بالا کم‌تر بود و پیشنهاد شد که قبل از استفاده از این روش، خاک‌ورزی مقدماتی انجام شود.

در تحقیقی اثر خاک‌ورزی مخزنی روی نفوذ آب در خاک با دو چگالی متفاوت بررسی شد. برای آبیاری کرت‌های آزمایشی از سیستم آبیاری لپا[1] استفاده شد. نتایج نشان داد کرت‌هایی که با روش خاک‌ورزی مخزنی آبیاری شدند، نسبت به کرت‌های معمولی رواناب کم‌تری داشتند. این نتیجه در خاک

۱. LEPA

بـا چگالـی (دانسـیته) بیش‌تـر مشـخص‌تر بـود.

نتایـج تحقیقـی نشـان داده اسـت کـه اسـتفاده از خـاک‌ورزی مخزنـی در مزارعـی کـه بیـن ۱۰ تـا ۶۰ درصد تلفـات آب داشـته‌اند، باعـث ازبین‌رفتـن روانـاب شـده و عملکـرد گنـدم بهـاره، سـیب‌زمینی و ذرت را به‌ترتیـب به‌میـزان ۹/۵، ۲۲ و ۳۱ درصـد افزایـش داده اسـت.

پژوهشـی در مزرعـه پیـاز بـا چهـار روش خـاک‌ورزی انجـام شـد: ۱- کاشـت روی پشـته، ۲- کاشـت روی پشـته و خـاک‌ورزی مخزنـی در کـف شـیار، ۳- کاشـت در زمیـن مسـطح و ۴- کاشـت در زمیـن مسـطح بـه همـراه خـاک‌ورزی مخزنـی در بیـن ردیف‌هـا. نتایـج نشـان داد عملکـرد تیمارهایـی کـه شـامل خـاک‌ورزی مخزنـی بوده‌انـد، بهتـر از تیمارهـای بـدون خـاک‌ورزی مخزنـی بـوده اسـت.

روش سوم کنترل رواناب: نقش‌بندی خاک

به‌منظـور کنتـرل روانـاب در مـزارع بـا کشـت‌های ردیفـی و غیرردیفـی و آبیـاری بـا دسـتگاه‌های تحت‌فشـار و نـواری و در عرصه‌هـای منابـع طبیعـی می‌تـوان از عملیـات نقش‌بنـدی خـاک اسـتفاده کـرد.

نقش‌بندی خاک عبارت است از ایجاد چاله‌هایی با دیواره‌های هموار و حفره‌هایی به اشکال مختلف به‌خصوص V شکل به‌وسیله واردکردن فشار به سطح خاک. نقش‌بندی یا نقش‌پذیری نوعی روش بی‌خاک‌ورزی برای کاشت است که خواص ساختمانی و تخلخل خاک سطحی را نیز حفظ می‌کند. وقتی میزان بارندگی به‌طور موقت بیش از میزان جذب آن به‌وسیله خاک است، باران اضافی در چاله‌های ایجادشده جمع می‌شود (شکل ۳۶).

شکل ۳۶- نقش‌بندی خاک

نقش‌بندی در مزارع و عرصه‌های منابع طبیعی با شیب ملایم تا دامنه‌های با شیب زیاد انجام می‌شود (شکل ۳۷ و ۳۸). نقش‌ها می‌توانند از حفره‌های کوچک مانند شانه تخم‌مرغ (شکل ۳۹) تا پشته‌های بزرگ (شکل ۴۰)، برای کنترل رواناب‌های زیاد و دامنه‌های پرشیب ایجاد شوند.

شکل ۳۷- نقش‌بندی خاک در دامنه‌های شیب‌دار

شکل ۳۸- نقش‌بندی خاک در دامنه‌های شیب‌دار

شکل ۳۹- نقش‌بندی دامنه‌ها با نقش‌های کوچک

شکل ۴۰- نقش‌بندی با پشته‌سازی

نقش‌بنـدی را می‌تـوان بـا حفـر چاله‌هـای کوچـک بـا اسـتفاده از فشـرده‌کردن خـاک نـرم سـطحی انجـام داد (شـکل ۴۱) یـا به‌جـای فشرده‌سـازی از حفـر چاله‌هـای کوچـک اسـتفاده کـرد. در روش حفـر چالـه نفـوذ آب در خـاک به‌علـت وجـود چاله‌هـا افزایـش می‌یابـد و خـاک کم‌تـر متراکـم می‌شـود (شـکل ۴۲). بـا آبیـاری مـزارع، آب در ایـن حفره‌هـا باقـی می‌مانـد و فرصـت کافـی بـرای نفـوذ خواهـد داشـت. در عرصه‌هـای منابـع طبیعـی نیـز پـس از بـارش بـاران به‌مـرور در محـل تجمـع آب در حفره‌هـا گیاهـان مرتعـی طبیعـی یـا کاشته‌شـده سـبز خواهنـد شـد (شـکل ۴۳)، بنابرایـن نقش‌بنـدی عـلاوه بـر

کنتـرل رواناب، روشـی بـرای حفاظـت از خـاک و آب نیـز هسـت. بـا نقش‌بنـدی خـاک، ضمـن کنتـرل رواناب، سبزشـدن گیاهـان مرتعـی باعـث کاهـش فرسـایش بـادی و آبـی خـاک می‌شـود.

شکل ۴۱- نقش‌بندی با فشرده‌سازی

شکل ۴۲- نقش‌بندی با چاله‌سازی

شکل ۴۳- سبزشدن گیاه در محل نقش‌ها

دوام نقش‌های ایجادشده در خاک‌هایی که بافتی متوسط دارند و کمی مرطوب هستند، بیش‌تر است. نقش‌بندی حتی در خاک‌های خشک هم امکان‌پذیر است. رطوبت بیش‌ازحد ممکن است باعث چسبیدن خاک به ماشین شود. نقش‌بندی رضایت‌بخش، معمولاً با بار کم‌تر از ۱۰۳۴ کیلو پاسکال (۱۵۰ پوند بر اینچ مربع) حاصل می‌شود. درصورتی‌که فشردگی زیاد بر اثر عبور و مرور دام یا انسان رخ داده باشد، نرم‌کردن ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر از خاک سطحی با چیزل‌زدن سطحی، قبل از نقش‌دادن خاک توصیه می‌شود. دوام نقش‌ها به‌طبع متفاوت است و به شرایط خاص

خاک و رطوبت آن، پوشش گیاهی زمین و عمق نفوذ نقش‌بند بستگی دارد. وقتی‌که عمل نقش‌دادن در خاک شنی یا رسی خشک انجام گیرد، نقش‌ها تا دو سال دوام خواهند آورد.

در مزارع و عرصه‌های منابع طبیعی می‌توان کشت گیاه را نیز قبل از عمل نقش‌بندی یا به همراه آن انجام داد. عمل نقش‌بندی بدون کشت گیاه در زمین‌های زراعی آیش نیز برای کنترل رواناب حاصل از بارش و افزایش نفوذ آب در خاک انجام می‌شود. عمل نقش‌بندی خاک در عرصه‌های منابع طبیعی با کشت گیاه یا بدون آن انجام می‌شود.

ماشین‌های نقش‌بند

ماشین‌های موردنیاز برای نقش‌بندی خاک متنوع است و در ابعاد و اشکال مختلف ساخته می‌شوند. این ماشین‌ها نقش‌بند نام دارند. نقش‌بندهای رایج از دو استوانه فولادی بزرگ تشکیل شده‌اند که در سطوح خارجی آن‌ها نبشی‌های سنگینی جوش داده شده است. این نقش‌بندها ممکن است به تراکتور متصل و

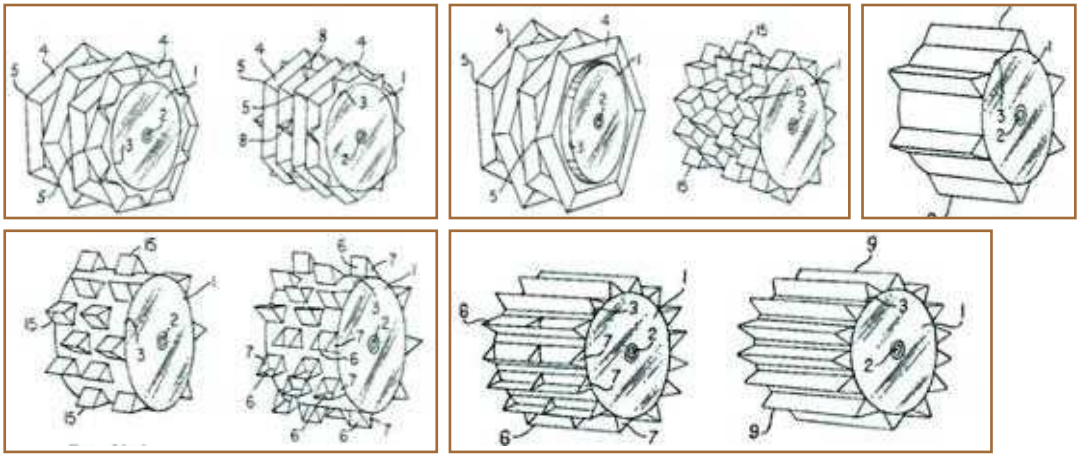
روی خـاک کشـیده شـوند (شـکل ۴۴ و ۴۵) یـا خـودرو باشـند (شـکل ۴۶). در خاک‌هـای سـخت‌تر، پرکـردن اسـتوانه‌ها بـا بتـن یـا آب گل‌آلـود می‌توانـد قـدرت نقش‌دهنـده را افزایـش دهـد.

شکل ۴۴- نقش‌بند پشت تراکتوری

شـکل ۴۵- نقش‌بند پشـت تراکتوری ساخته‌شده توسط مؤسسه بین‌المللی ایکاردا

شکل ۴۶- نقش‌بند خودرو

سطح استوانه نقش‌بندها بر اساس نیاز از شکل‌های مختلف ساخته می‌شوند (شکل ۴۷ و ۴۸). اما همه آن‌ها این ویژگی مشترک را دارند که گوه‌های فلزی به اشکال مختلف بر روی سطح استوانه قرار می‌گیرند و با چرخش استوانه نقش‌بند حفره‌هایی بر روی خاک سطحی مزرعه یا عرصه منابع طبیعی نقش می‌بندد. این حفره‌ها محل جمع‌شدن آب آبیاری یا باران خواهد بود. برخی از نقش‌بندهایی که در عرصه‌های منابع طبیعی استفاده می‌شوند، مجهز به کارنده بذور گیاهان مرتعی هستند و همزمان با عملیات نقش‌بندی کشت بذر را نیز انجام می‌دهند (شکل ۴۹).



شکل ۴۷- طرح‌های مختلف سطح استوانه نقش‌بندها

شکل ۴۸- طرح‌های مختلف سطح استوانه نقش‌بندها

شکل ۴۹- نقش‌بند همراه با بذر ریز

هم‌اکنون در کنار لوله بذر ریز در برخی ردیف‌کارها نقش‌بندهای کوچکی تعبیه می‌شود که کار نقش‌بندی خاک اطراف بذر کاشته‌شده را انجام می‌دهند و به مقدار کم مانع روان‌شدن آب آبیاری یا باران از ناحیه بذر می‌شود. همچنین نقش‌بندها به‌صورت مجزا نیز برای کنترل رواناب ناشی از آبیاری و بارش و همچنین برای بهبود شرایط درگیری بذر با خاک در مزارع بویژه کشت دانه‌های ریز و کنترل رواناب و افزایش فرصت نفوذ آب در خاک در هنگام آیش استفاده می‌شوند (شکل ۵۰). نقش‌بندها را می‌توان

در واحدهای کوچک ساخت و به‌منظور استفاده در پشت انواع ماشین‌های کشاورزی یا در قطعات کوچک به‌کار گرفت (شکل ۵۱).

شکل ۵۰- نقش‌بندی بلافاصله بعد از خاک‌ورزی به‌منظور کنترل رواناب در زمان آیش

شکل ۵۱- نقش‌بند کوچک قابل‌استفاده در مزارع کوچک و به همراه سایر ماشین‌های کشاورزی

روش چهارم کنترل رواناب: پیتینگ

عملیاتی که طی آن با ایجاد چاله در سطح زمین نزولات آسمانی و هرز آب در مناطق شیب‌دار یا دشت‌های سیلابی ذخیره می‌شود، پیتینگ نام دارد. این عملیات ممکن است همراه با نهال‌کاری و بذرکاری در چاله‌ها صورت گیرد.

از عملیات پیتینگ می‌توان به‌منظور کنترل رواناب در عرصه منابع طبیعی و با ملاحظاتی در هنگام آیش زمین‌های کشاورزی و در باغات استفاده کرد (شکل ۵۲). زمانی که آبیاری یا بارش باران بیش از ظرفیت جذب خاک انجام می‌شود، آب اضافی در چاله‌ها جمع می‌شود یا به‌علت ناهمواری سطح خاک قادر به روان‌شدن نیست و به‌مرور در خاک نفوذ می‌کند (شکل ۵۳).

شکل ۵۲- عملیات پیتینگ با ایجاد خراش طولی در سطح خاک

شکل ۵۳- جمع‌شدن آب باران در محل پیتینگ

روش‌ها و ماشین‌های انجام عملیات پیتینگ

پیتینگ درواقع هرگونه ناهموارکردن سطح خاک یا ایجاد چاله، خراش و حفره در سطح خاک است که باعث می‌شود از روان‌شدن آب جلوگیری کند و نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد. بنابراین روشی برای حفاظت از آب و خاک است. این کار باعث کاهش آب‌دَوی سطحی، یکنواختی پخش آب، کاهش فرسایش بادی و آبی، جلوگیری از ایجاد سیل و بهبود رشد گیاهان بویژه گیاهان مرتعی می‌شود. عملیات پیتینگ با ماشین‌هایی به نام پیتر انجام می‌شود که چهار نوع از رایج‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱- پیتر سوکی (استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۴ و ۵۵)؛

۲- پیتر بشقابی (استفاده از گاوآهن بشقابی و نهرکن‌های بشقابی به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۶، ۵۷ و ۵۸)؛

۳- پیتر ضربه‌ای (شکل ۵۹)؛

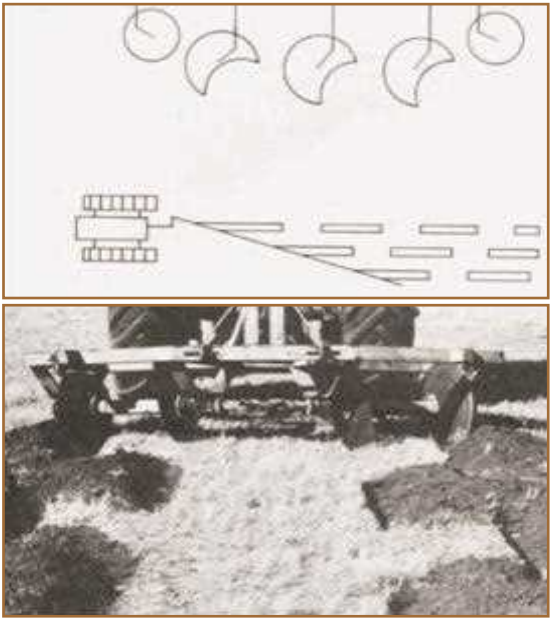
۴- پیتر میخی (شکل ۶۰).

شکل ۵۴- گاوآهن برگردان به‌عنوان پیتر

شکل ۵۵- ایجاد خراش طولی در سطح خاک به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار
(Treno plow یا Delfino plow)

شـــکل ۵۶- پیتر بشـــقابی قابل‌اتصال به انواع خودرو در حال کار به انضمـــام کارنده بذر گیاه مرتعی

شکل ۵۷- پیتر بشقابی پشت تراکتوری (از نوع نهرکن بشقابی)



شکل ۵۸- ایجاد چاله به‌وسیله پیتر بشقابی

شکل ۵۹- پیتر ضربه‌ای

شکل ۶۰- پیتر میخ‌دار (غلتک میخ‌دار)

روش پنجم کنترل رواناب: کنتور فارو

ایجـاد جوی‌هـای کم‌عمـق و پشـته کم‌ارتفـاع بـر روی خطـوط تـراز در باغـات (واقـع در دامنه‌هـای شـیب‌دار)، عرصه‌هـای منابـع طبیعـی، مراتـع و حتـی مـزارع به‌منظور افزایـش فرصـت نفـوذ آب در خاک بـه عملیات کنتـور فارو معـروف اسـت. نفـوذ آب در خاک ممکن اسـت بـه هریک از دلایـل زیـر بـا مشـکل مواجه شـود و باعـث ایجـاد رواناب و درنتیجـه فرسـایش خاک و هدرروی آب شـود (شـکل ۶۱).

۱- شیب زمین؛

۲- تراکم خاک یا سنگین بودن بافت خاک؛

۳- بارش شدید باران.

شکل ۶۱- کنتور فارو ایجادشده با گاوآهن برگردان‌دار

با ایجاد کنتور فارو از روان‌شدن آب و آب‌دَوی سطحی جلوگیری شده و فرصت بیش‌تری برای نفوذ آب در خاک فراهم می‌شود. این کار باعث افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه، جلوگیری از رواناب سطحی و هدررَوی آب و فرسایش خاک می‌شود.

روش کنتور فارو از دهه ۱۹۳۰ در سطح وسیع و با تنوع زیاد ازنظر اندازه و فاصله بین فاروها به اجرا درآمده است. محققان در مطالعاتی که در آمریکا انجام شده است، دریافتند که ایجاد کنتور فارو میزان جریان سطحی آب را بین ۸۴ تا ۹۴ درصد کاهش می‌دهد و موجب حفاظت اراضی پایین‌دست از تجمع رسوب و رواناب می‌شود. فاروهای کوچک با

فاصلـه کم‌تـر از ۱/۵ متـر، باعـث تأثیـر بیش‌تـر آن‌هـا در افزایـش پوشـش گیاهـی نسـبت بـه وقتـی شـد کـه نهرها دارای عمـق و عـرض بیش‌تـر و بـا فواصـل بیش‌تـر از یکدیگـر بودنـد. مطالعـات دیگـری همچنیـن نشـان داد کـه ایجـاد کنتـور فـارو مقـدار نفـوذ آب را از ۰/۲۵ بـه ۳/۱ سـانتی‌متر در سـاعت افزایـش می‌دهـد. گزارش‌هـا نشـان می‌دهـد میانگیـن آب ذخیره‌شـده در خـاک در منطقـه‌ای کـه کنتـور فـارو ایجـاد شـده اسـت، حـدود ۸ درصـد بیش‌تـر از مناطـق مجـاور بـدون کنتـور فـارو بـود. بـر طبـق گفتـه محققـان فاروهـا تـا حداقـل ۲۰ سـال پـس از ایجـاد، تولیـد علوفـه را افزایـش می‌دهنـد.

به‌طورکلـی، از منابـع پژوهشـی متعـدد می‌تـوان این‌گونـه برداشـت کـرد کـه در فاروهـای کوچـک بـا فواصـل کـم، رطوبـت اضافـی ذخیره‌شـده در پروفیـل خـاک، به‌طـور یکنواخت‌تـری در سـطح مرتـع پخـش می‌شـود. همچنیـن در مدت‌زمـان کوتاهـی پوشـش گیاهـی افزایـش می‌یابـد و نـزولات آسـمانی در محلـی کـه بیش‌تریـن و بهتریـن کارآیـی را دارد، ذخیـره می‌شـود. حال‌آنکـه در فاروهـای بزرگ‌تـر بـا فواصـل بیش‌تـر، افزایـش درصـد پوشـش گیاهـی به‌کنـدی صـورت می‌گیـرد و نیـز مقـدار آب ذخیره‌شـده در داخـل آن‌هـا، بسـیار

بیش‌تر از میزانی است که بتواند در همان نقطه به مصرف برسد. درنتیجه، چه از طریق تبخیر و چه از راه نفوذ در اعماق بیش‌تر خاک، هدر می‌رود. به‌علاوه، فاروهای کوچک‌تر با وسایل معمولی کشاورزی و حتی نیروی کارگر قابل‌اجرا هستند، درحالی‌که برای احداث فاروهای بزرگ‌تر، نیاز به ماشین‌های سنگین و مخصوص خواهد بود.

عملیات کنتور فارو به‌منظور اصلاح مرتع در شیب‌های ملایم (کم‌تر از ۱۰ درصد) موفق‌تر است؛ اما تا شیب حداکثر ۲۰ درصد نیز نتایج مطلوبی به‌بار می‌آورد. ازنظر میزان بارندگی نیز ایجاد کنتور فارو، همانند پیتینگ، در مناطقی با متوسط بارندگی سالیانه ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر توصیه شده است.

شیارها بایستی دقیقاً بر روی خطوط تراز ایجاد شوند تا آب جمع‌شده در داخل آن‌ها جریان افقی پیدا نکند و باعث تشدید فرسایش نشوند.

فاصله فاروها از یکدیگر بسته به شدت بارندگی، درصد پوشش گیاهی، نفوذپذیری خاک و شیب زمین با نظر کارشناس تعیین می‌شود. به‌طورکلی، ایجاد فارو با فاصله بیش‌تر از ۱/۵ تا ۱/۸ متر تأثیر چندانی

در اصلاح مراتع نخواهد داشت. بدین منظور، شیارهای کوچک به عرض حداقل ۱۸ و عمق ۲۳ سانتی‌متر ترجیح داده می‌شوند.

پس از هر رگبار شدید باید شیارها را بازرسی و هرگونه شکستگی را به‌سرعت تعمیر کرد. شیارهای آسیب‌دیده در اثر تردد دام را نیز باید قبل از تشدید فرسایش مرمت کرد. پس از ایجاد فارو، حداقل به‌مدت یک سال نباید اجازه چرای دام در مراتع داده شود. اگر توأم با ایجاد فارو بذرکاری یا نهال‌کاری هم صورت گرفته باشد، ممنوعیت چرای دام بایستی برای دو فصل رشد اعمال شود تا شیارها و لبه‌های آن‌ها کاملاً تثبیت شوند.

روش اجرای عملیات کنتور فارو

در روش سنتی برای اجرای عملیات کنتور فارو از وسایل ساده‌ای نظیر تراز و شیلنگ بنّایی استفاده می‌شود. در این روش، با هم‌سطح‌کردن مایع رنگی داخل شیلنگ، خط تراز تعیین می‌شود. در روش دیگر، ماشین‌آلات مخصوص حفر شیار، پشت سر خودرویی حرکت می‌کنند که تراز یا لوله‌ای به عقب آن وصل شده است و ماده‌ای را روی زمین می‌ریزد

تـا تراکتـور عقبـی بـا دنبال‌کـردن آن بتوانـد روی خـط تـراز حرکـت کنـد.

بـا افزایـش سـطح عملیـات، چنیـن روش‌هایـی پاسـخ‌گو نیسـتند. دسـتگاه‌هایی بـرای خودتـرازروی تراکتورهـا وجـود دارد. در کشـور و در دانشـگاه شـیراز بـرای ایـن کار دسـتگاهی سـاخته شـد. ایـن دسـتگاه بـر روی تراکتـور سـوار می‌شـود و راننـده می‌توانـد خطـوط تـراز را دنبـال کنـد یـا حتـی تراکتـور بـدون راننـده می‌توانـد خطـوط تـراز را طـی کنـد.

تراکتور خودترازرو

در دو دهـه اخیـر، مهندسـان کشـاورزی توجـه زیـادی بـه هدایـت خـودکار تراکتورهـا کرده‌انـد. هدایـت خـودکار هنگامـی عملـی خواهـد شـد کـه اقتصـادی باشـد، براحتی بتـوان از آن اسـتفاده کـرد و به‌طـور کامـل بـر روی تراکتور نصب شـود. سیسـتم هدایت خودکار فرمان، شامل واحدهای حس‌کننـده، کنترل‌کننـده و عمل‌کننده اسـت. انواع مختلفی از سیسـتم فرمان همچون کابل راهنمـا، کنترل‌کننده لیزری، کنترل‌کننـده رادیویـی و... به‌منظـور اسـتفاده در هدایـت خـودکاری، توسـعه یافتـه اسـت. در پژوهشـی یـک سـامانه هدایـت خودکار تراکتورها بر روی شـیب طراحی و سـاخته

و ارزیابی شده است. این سیستم شامل یک جفت مخزن جیوه است که به‌عنوان حس‌کننده شیب استفاده شده و در امتداد طولی تراکتور نصب شده است. سیگنال‌های خروجی از شمارنده‌های نوری مستقر بر روی مخازن که قسمتی از واحد حس‌کننده هستند، به واحد کنترل مرکزی ارسال می‌شود. سیگنال نهایی که از این قسمت خارج می‌شود، باعث فرستادن روغن از طریق یک شیر هیدرولیکی برقی به‌طرف موتور هیدرولیکی (واحد عمل‌کننده) می‌شود که این موتور، فرمان را در جهت مدنظر می‌چرخاند. این سیستم پس از نصب بر روی تراکتور با موفقیت با اتصال ادوات سوارشونده، چیزل سیدر، گاوآهن دو خیش و گاوآهن سه خیش در زمین‌هایی با شیب متوسط ۱۱ تا ۱۴ درصد آزمایش شده است.

هدایت خودکار تراکتور در زمینه‌های مختلف روبه‌پیشرفت است. برای مثال سامانه خودترازرو به‌منظور هدایت خودکار تراکتور بر روی خطوط تراز در حین کاشت ساخته شده است. سامانه خودترازرو شامل سه واحد حس‌کننده، پردازش‌کننده و عمل‌کننده است. حسگر زاویه‌سنج زوایای ایجادشده در راستای طولی و عرضی تراکتور نسبت به سطح افق را تعیین می‌کند و این داده‌ها

را بـه واحـد پـردازش ارسـال می‌کنـد. از پتانسـیومتر و ماژول فشارسـنج برای کنتـرل یکنواختی ارتفاع نقاط مسـیر حرکت تراکتور اسـتفاده می‌شـود. پتانسـیومتر نوعـی مقاومت متغیر با سـه پایه اسـت که پایه وسـط معمولاً پایه متغیر آن اسـت. بـه ایـن پایـه متغیر یک دکمـه چرخـان (ولوم) متصـل بوده کـه برای تقسـیم ولتـاژ تنظیم‌شـدنی اسـت و با حرکـت این پایـه متحـرک، مقادیـر مقاومتـی متغیـری ایجـاد می‌شـود. پتانسـیومترها معمـولاً بـرای کنتـرل دسـتگاه‌های الکتریکی ماننـد کنتـرل صـدا در تجهیـزات صوتـی و همچنیـن بـرای کـم یـا زیادکـردن عواملـی ماننـد نـور، صـوت، گرمـا، سـرما و سـرعت اسـتفاده می‌شـود. واحـد پـردازش بـا اسـتفاده از داده‌هـای ارسال‌شـده از واحـد حس‌کننـده، فرمان‌هـای لازم را بـه واحـد عمل‌کننـده صـادر می‌کنـد. واحد عملگر شـامل یـک موتـور الکتریکـی به همـراه یـک جعبه‌دنده اسـت که از طریـق سیسـتم چرخ و زنجیـر به فرمان تراکتور متصل اسـت و آن را در مسـیر خطـوط تـراز هدایت می‌کند. نتایـج ارزیابی دسـتگاه نشـان داد که خطوط کشت ایجادشـده در شیب‌های مختلـف در سـطح اطمینـان بالایـی منطبـق بر خطـوط تراز زمین اسـت.

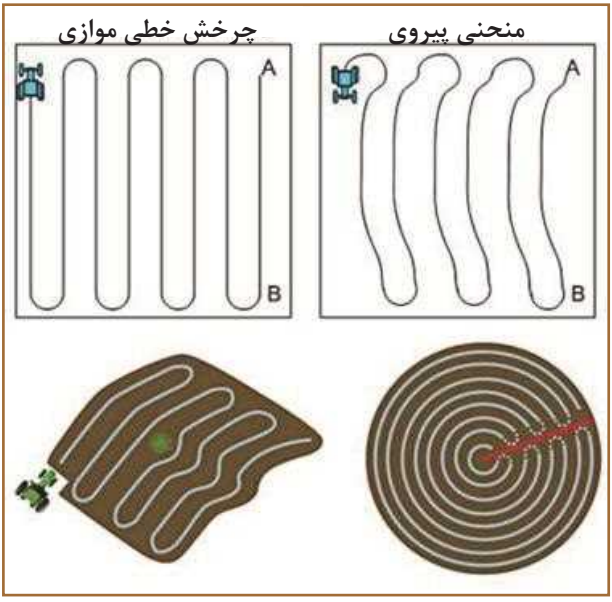
امـروزه بـا فراگیرشـدن سـامانه‌های اطلاعـات جغرافیایی، سـامانه‌های مکان‌یابـی (جی‌پـی‌اس) و سـامانه‌های

سنجش از دور با تصاویر ماهواره‌ای، امکان خودتراز روی تراکتورها به‌وجود آمده است. این تراکتورها یک گیرنده جی‌پی‌اس (شکل ۶۲)، انواع پایشگر (شکل ۶۳) و انواع نشانگرهای نوری (شکل ۶۴) دارند. سامانه جی‌پی‌اس ارتفاع محل حرکت تراکتور از سطح دریا را تعیین می‌کند و راننده به کمک پایشگرها و نشانگرها می‌تواند بر روی خطوط تراز حرکت کند. بدین صورت می‌توان به‌صورت خودکار یا با حضور راننده، تراکتور را در خط مستقیم یا منحنی یا در جهت خطوط تراز هدایت کرد (شکل ۶۵).

شکل ۶۲- انواع گیرنده‌های جی‌پی‌اس مخصوص تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی

شکل ۶۳- انواع پایشگرهای سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و جی‌پی‌اس مخصوص تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی

شکل ۶۴- نمونه‌ای از یک نشانگر نوری



شـکل ۶۵- توانایی سامانه‌های جدید در هدایت تراکتور روی خطوط مختلف

ماشین‌های موردنیاز برای اجرای کنتور فارو

کنتـور فـارو را می‌تـوان بـا اسـتفاده از ماشـین‌های رایج زراعـی از قبیل چیزل‌هـا، فاروئرها (شـکل ۶۶)، گاوآهن‌های برگردان‌دار (شـکل ۶۷) و بشـقابی (شـکل ۶۸) بویژه از نوع دوطرفـه یـا ماشـین‌هایی کـه ویـژه اجـرای کنتـور فـارو هسـتند، اجـرا کرد.

با گاوآهن برگردان‌دار و بشقابی می‌توان خاک را به‌طرف پایین‌دست شیب انتقال داد. مزیت استفاده از گاوآهن نوع دوطرفه این است که در رفت‌وبرگشت می‌توان خاک حاصل از جوی بازشده را در یک جهت ریخت. برحسب نیاز، گاهی در یک منطقه برای کنترل رواناب و حفاظت از آب و خاک همزمان از چند روش مختلف کنترل رواناب استفاده می‌شود (شکل ۶۹).

شکل ۶۶- فاروئر

شکل ۶۷- گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه

شکل ۶۸- گاوآهن بشقابی

شکل ۶۹- اجرای توأم کنتور فارو و پیتینگ در دامنه‌ها

روش ششم کنترل رواناب: آبگیرهای کوچک

آبگیرها یا حوضه‌های آبریز کوچک که برای کنترل رواناب و جمع‌آوری و حفاظت از آب باران و تغذیه مصنوعی خاک احداث می‌شوند، چاله‌ها (شکل ۷۰) یا خاکریزهای کوچکی (شکل ۷۱) هستند که در مراتع، عرصه‌های منابع طبیعی و در باغات بویژه در دامنه‌ها برای تغذیه مصنوعی گیاهان و در بالادست آن‌ها احداث می‌شوند (شکل ۷۲). آب بارانی که بیش‌تر از ظرفیت نفوذ خاک است یا به‌علت شیب زمین، قبل از نفوذ در خاک جاری می‌شود،

در ایـن آبگیرهـا جمـع می‌شـود و بتدریـج در خـاک نفـوذ می‌کنـد (شـکل ۷۳).

در کشـور مـا باغـداران به‌صـورت سـنتی در باغـات، بویـژه در دامنه‌هـا کـه شـیب زمیـن زیـاد اسـت، در قسـمت بالادسـت درختـان چاله‌هایـی حفـر کـرده و سـپس آن را بـا سـنگ‌ریزه یـا قلوه‌سـنگ پـر می‌کننـد. بدیـن صـورت آب بـاران در هنـگام جاری‌شـدن در دامنه‌هـا بـه داخـل ایـن چاله‌هـا مـی‌رود و جـذب خـاک ناحیـه ریشـه درخـت می‌شـود. وجـود سـنگ‌ریزه یـا قلوه‌سـنگ در چاله‌هـا باعـث می‌شـود کـه چاله‌هـا به‌وسـیله خـاک آبرفتـی پـر نشـود و همـواره خصوصیـت نفوذپذیـری ایـن چاله‌هـا حفـظ شـود. حتـی در باغاتـی کـه زمیـن شـیب چندانـی نـدارد، به‌منظـور بهبود شـرایط آبیـاری ازجملـه حفـظ آب اضافـی و دادن فرصـت نفـوذ به آن و یکنواختـی آبیـاری و مدیریـت آن، در ناحیـه ویژه‌ای، نزدیـک ریشـه می‌تـوان ایـن حفره‌هـا را ایجـاد کـرد. در دامنه‌هـای شـیب‌دار ایـن کار بیش‌تـر به‌صـورت دسـتی انجـام می‌شـود؛ امـا در عرصه‌هـای کم‌شـیب بـا ماشـین هـم می‌تـوان انجـام داد.

شکل ۷۰- چاله‌های فلسی حوزه آبخیز برنطین

شکل ۷۱- کنترل رواناب در باغات زیتون در کشور سوریه

شکل ۷۲- آبگیرهای کوچک در باغات

شکل ۷۳- جمع‌شدن آب در آبگیر

آب جمع‌آوری‌شده در این چاله‌ها در خاک نفوذ می‌کند و به مصرف گیاهان و درختان در عرصه‌های منابع طبیعی و باغات می‌رسد و باعث رویش گیاهان مرتعی در نقاط تجمع آب و اطراف آن می‌شود. بنابراین روشی برای حفاظت از آب و خاک است.

روش هفتم کنترل رواناب: ناهموار ساختن سطح زمین

به‌طورکلی یکی از روش‌های کنترل رواناب در باغات و مزارع و عرصه‌های منابع طبیعی، ناهموار ساختن سطح خاک با ماشین‌های مختلف است. شخم‌زدن سطح خاک با انواع ماشین‌های خاک‌ورزی و ایجاد خراش در سطح خاک باعث کاهش آب‌دَوی سطحی و افزایش نفوذ آب در خاک می‌شود. شکل ۷۴ ماشین ساده‌ای را برای ایجاد خراش در سطح خاک نشان می‌دهد.

شکل ۷۴- ایجاد خراش در سطح خاک به‌منظور افزایش نفوذ آب

روش هشتم کنترل رواناب: استفاده از زیرشکن‌ها و ریپرها

یکی دیگر از روش‌های افزایش نفوذ آب در خاک و کنترل رواناب در مزارع، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی و بهبود شرایط رشد گیاه، انجام عملیات شکستن لایه سخت خاک است. لایه سخت خاک که در اعماق بیش از ۴۰ سانتی‌متر تشکیل می‌شود، باعث کاهش نفوذ آب در خاک و کاهش رشد ریشه گیاه می‌شود. درصورتی‌که در اعماق خاک، لایه سخت تشکیل شده باشد، با شکستن لایه سخت می‌توان رشد ریشه گیاه و نفوذ آب در خاک را بهبود بخشید. بر اساس تحقیقات انجام‌شده شکستن لایه سخت راه‌حل مناسبی است که باعث می‌شود نفوذ آب در خاک افزایش یابد و از جاری‌شدن آب در سطح خاک جلوگیری می‌کند. بدین صورت رواناب کاهش یافته و ذخیره آب و آب در دسترس گیاه در خاک افزایش می‌یابد.

انواع لایه سخت خاک

دو نوع لایه سخت در خاک به‌وجود می‌آید که در امور زراعی، باغی و عرصه‌های منابع طبیعی شناسایی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این دو لایه سخت عبارت‌اند از:

۱- کفه شخم؛

۲- سخت لایه.

لایه سخت نوع اول یا Plow pan در اثر شخم همه‌ساله مزارع، در عمق ثابت، به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار ایجاد می‌شود. این لایه سخت به‌علت کوبیده‌شدن خاک زیر کفش و پاشنه گاوآهن به‌وجود می‌آید. لایه سخت نوع دوم، در مزارع و باغات بیش‌تر به‌علت عوامل مصنوعی و در عرصه‌های منابع طبیعی و بیابان‌ها بیش‌تر به‌علت عوامل طبیعی به‌وجود می‌آید.

عوامل مصنوعی ایجاد لایه سخت در خاک عبارت‌اند از:

۱- تردد تراکتورها و ماشین‌ها در مزرعه بخصوص در زمین مرطوب و همراه با لغزش چرخ‌های تراکتور؛

۲- حرکت دام در مزرعه بخصوص در زمین مرطوب؛
۳- بالارفتن مقدار کودهای شیمیایی در خاک.

عوامل طبیعی ایجاد لایه سخت در خاک عبارت‌اند از:

۱- ضربات ناشی از قطرات باران و برف طی سالیان زیاد؛
۲- حرکت ذرات ریز خاک به‌سمت پایین؛
۳- کمبود مواد آلی خاک؛
۴- سختی ناشی از بافت و ساختمان خاک.

لایه سخت نوع اول در عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و نوع دوم در عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متر به‌وجود می‌آیند (شکل ۷۵). وجود لایه سخت مشکلات زیر را به‌وجود می‌آورد:

۱- کاهش رشد ریشه گیاهان زراعی، درختان و گیاهان مرتعی (شکل ۷۶)؛
۲- کاهش عملکرد محصول؛
۳- کاهش جذب و نفوذ آب در خاک و درنتیجه ایجاد رواناب؛
۴- جلوگیری از زهکشی مناسب؛
۵- کاهش تهویه خاک و بروز مشکل برای تنفس ریشه گیاه به‌علت تجمع آب در محل ریشه.

شکل ۷۵- لایه سخت خاک

شکل ۷۶- وضعیت رشد ریشه گیاه در دو حالت وجود لایه سخت در خاک (سمت چپ) و بدون وجود لایه سخت (سمت راست)

روش تشخیص لایه سخت در عمق خاک

عملیات زیرشکنی یا شکستن لایه سخت باید پس از انجام مطالعات لازم روی خاک با ایجاد پروفیل در چند نقطه از منطقه مدنظر انجام شود. معمولاً سه روش برای تشخیص لایه سخت کاربرد بیش‌تری دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱- روش مشاهده‌ای

درصورتی‌که گیاه زراعی، درختان و گیاهان مرتعی رشد مناسبی ندارند و مشکل به‌علت نوع خاک، کمبود عناصر، کیفیت و میزان آب و سایر عوامل شناخته‌شده نیست، احتمال وجود لایه سخت در عمق خاک وجود دارد.

۲- روش ایجاد پروفیل و نمونه‌برداری از خاک

با ایجاد پروفیل در خاک و نمونه‌برداری از آن در عمق‌های مختلف، لایه‌های خاک ازنظر تراکم بررسی می‌شوند. شاخص مناسب برای تشخیص لایه سخت در این روش، وزن مخصوص خاک است. ازنظر ظاهری نیز برای بررسی فشردگی خاک می‌توان رشد ریشه را در حاشیه پروفیل بررسی کرد (شکل ۷۷).

۳-روش استفاده از شاخص مخروطی و دستگاه نفوذسنج

با استفاده از دستگاه نفوذسنج مخروطی، شاخص مخروطی خاک اندازه‌گیری شده و با شاخص‌های استاندارد مقایسه می‌شود. دستگاه نفوذسنج مخروطی به دو صورت دستی (شکل ۷۸) برای عمق کم و نیز تراکتوری (شکل ۷۹) برای عمق زیاد موجود است.

شکل ۷۷- پروفیل خاک

شکل ۷۸- نفوذسنج مخروطی دستی

شکل ۷۹- نفوذسنج مخروطی تراکتوری

پس از انجام مطالعات لازم و تشخیص وجود لایه سخت در عمق خاک، باید به شکستن لایه سخت خاک اقدام کرد. درصورتی‌که در قسمت‌های زیرین لایه سخت، خاک‌سنگ ریزه‌ای، شنی، هوموسی، پیت، آهکی، قلیایی، اسیدی و هر نوع خاک دیگر که امکان رشد گیاه در آن نباشد، وجود داشته باشد، شکستن لایه سخت خاک نه‌تنها مفید نیست، بلکه باعث زیان رسیدن به گیاه و منابع آب نیز خواهد شد.

روش‌ها و ماشین‌های شکستن لایه سخت

شکستن لایه سخت نوع اول (کفه شخم)

لایه سخت نوع اول که عمق آن کم‌تر از ۴۰ سانتی‌متر است، با استفاده از گاوآهن قلمی شکسته می‌شود (شکل ۸۰). این کار را بویژه در مزارع هر چند سال یک بار باید انجام داد.

شکل ۸۰- گاوآهن چیزل (قلمی)

استفاده از گاوآهن قلمی برای بهبود نفوذ در طرح‌های پخش سیلاب

طرح‌های پخش سیلاب به‌منظور تغذیه مصنوعی خاک و مهار رواناب و سیلاب‌ها، به روش‌های متعددی انجام می‌شوند. در بعضی از مناطق که بارندگی کوتاه‌مدت، یعنی چندساعته وجود دارد و خاک این مناطق از دانه‌های ریزتری تشکیل شده است، از روش سیل‌گستران با استخر تغذیه برای پخش سیلاب استفاده می‌شود. در این روش سیلاب‌ها با ورود به استخرهایی که به‌وسیله خاک‌ریز بسته شده‌اند، به

درون زمین نفوذ می‌کنند. این استخرها به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر ساخته شده و سیلاب پس از ورود به استخر اول از آن سرریز می‌شود و بعد از طی مسافتی وارد استخر دوم می‌شود. به‌این‌ترتیب هم سرعت آب کم می‌شود و هم ذرات خاک حمل‌شده به‌وسیله سیلاب ته‌نشین می‌شوند. برای نفوذپذیری بیش‌تر در کف استخرها شن‌ریزی می‌کنند. درنتیجه بعد از مدتی با ته‌نشین‌شدن ذرات خاک کف استخرها، لایه سخت و نفوذناپذیری ایجاد می‌شود. به‌منظور بهبود نفوذ آب در خاک در طرح‌های پخش سیلاب پیشنهاد می‌شود هر از چند سال یک بار با استفاده از گاوآهن قلمی لایه سخت خاک شکسته شود.

گاوآهن قلمی (چیزل)

این خاک‌ورز بدون برگرداندن خاک عملیات شخم را انجام می‌دهد و باقی‌مانده‌های گیاهی و خاشاک را بر روی سطح زمین حفظ می‌کند (شکل ۸۱). برگردان‌نشدن خاک و حفظ بقایای گیاهی روی سطح زمین موجب حفظ رطوبت می‌شود. این خاک‌ورز ساختمان خاک را زیاد به هم نمی‌زند و بنابراین ساختمان خاک آسیب نمی‌بیند. استفاده از این خاک‌ورز موجب حفظ ساختمان

خـاک، افزایـش نفـوذ آب در خـاک، حفـظ رطوبـت خاک و کاهـش فرسـایش آن می‌شـود.

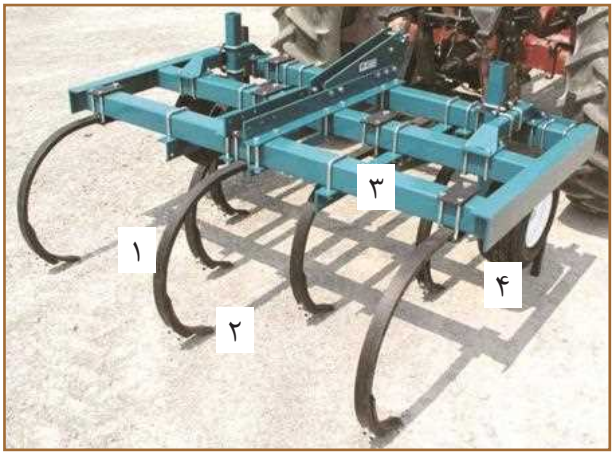
شکل ۸۱- حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک در هنگام شخم با گاوآهن چیزل

گاوآهـن چیـزل برعکـس گاوآهـن برگـردان‌دار و بشـقابی خـاک را بـر نمی‌گردانـد؛ بلکـه هماننـد گاوآهـن سـاده ایرانـی، تنهـا بـا نفوذ درون خـاک، آن را می‌شـکافد و شـیاری در آن ایجـاد می‌کنـد. اسـتفاده از گاوآهـن چیـزل تنهـا در مـواردی توصیـه می‌شـود کـه برگردانـدن خـاک به‌دلیلـی توصیـه نمی‌شـود. ایـن مـوارد عبارت‌انـد از:

- به‌منظـور کنتـرل فرسـایش خـاک، نبایـد بقایـای گیاهی را زیـر خـاک کـرد؛

- بـا محدودکـردن تبخیـر سـطحی، بتـوان شـرایط لازم بـرای نفـوذ بهتـر آب درون خـاک و ذخیره‌سـازی مناسـب رطوبـت درون آن را ایجـاد کـرد.

گاوآهـن چیـزل از عامـل خـاک‌ورز (شـاخه‌ها)، سـاقه، شاسـی (قـاب یـا میـل افـزار) و تیغـه سـاخته شـده اسـت. تیغـه بـه نـوک سـاقه متصـل می‌شـود و عامـل اصلـی شـکافتن زمیـن اسـت کـه برحسـب نـوع فـرم آن، کاربـرد بخصوصـی دارد (شـکل ۸۲).



شکل ۸۲- اجزای گاوآهن چیزل (۱- ساقه؛ ۲- تیغه؛ ۳- شاسی؛ ۴- چرخ)

گاوآهـن چیـزل بـرای نفـوذ در خـاک سـخت، متلاشـی‌کردن لایه‌هـای متراکـم و شکسـتن کلوخه‌هـای

بـزرگ طراحـی و سـاخته شـده اسـت. تیغـه عامـل نفـوذ و ایجـاد شـیار درون خـاک اسـت. اسـتفاده از ادوات خـاک‌ورزی ثانویـه بـه همـراه گاوآهـن چیـزل آن را بـه نوعـی ماشـین مرکـب بـرای خـاک‌ورزی حفاظتـی تبدیـل کـرده اسـت (شـکل ۸۳).

شکل ۸۳- گاوآهن قلمی (چیزل) همراه با بشقاب‌ها و غلتک خردکننده کلوخ (خاک‌ورز مرکب یا چیزل پکر)

بهتریـن زمـان اسـتفاده از گاوآهن‌هـای چیـزل، هنگامـی اسـت کـه خـاک نسـبتاً خشـک باشـد. انـواع تیغه‌هـای گاوآهـن چیـزل وجـود دارد. تیغه‌هـای نازک‌تـر و بیلچه‌ماننـد (شـکل ۸۴)، بـرای نفـوذ در عمـق

بیش‌تـر و به‌هـم‌زدن و خردکـردن خـاک و تیغه‌هـای عریض‌تـر مثـل پنجه‌غازی‌هـا (شـکل ۸۵) بـرای تهیـه بسـتر بـذر و ازبین‌بـردن علف‌هـای هـرز بـه‌کار می‌رونـد. گاوآهـن چیـزل بـرای خـاک‌ورزی پوشـش‌دار (نوعـی از خـاک‌ورزی اسـت کـه در آن بقایـای گیاهـی در سـطح خـاک حفـظ می‌شـود) کاربـرد فراوانـی دارد. مطالعـات نشـان می‌دهـد کـه حـدود ۲۵ درصـد خاشـاک در اثـر شـخم بـا گاوآهـن چیـزل بـه زیـر خـاک بـرده می‌شـود.

شکل ۸۴- تیغه باریک

شکل ۸۵- پنجه‌غازی

شکستن لایه سخت نوع دوم

برای شکستن لایه‌های سخت نوع دوم در مزارع، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی از زیرشکن‌ها و در عرصه‌های منابع طبیعی همچنین از ریپرها استفاده می‌شود.

عملیات شکستن لایه سخت با زیرشکن

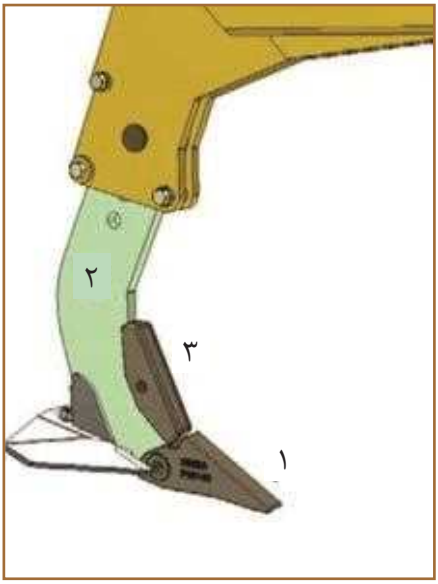
زیرشکن‌ها در ایران به گاوآهن‌های اسکنه‌ای نیز معروف‌اند. زیرشکن‌ها برای شکستن لایه‌های سخت داخل خاک که پایین‌تر از عمق کار ادوات معمول خاک‌ورزی تشکیل می‌شوند، به‌کار می‌روند تا آب بهتر بتواند به اعماق خاک نفوذ کند و عبور ریشه میسر شود. در موقع استفاده از زیرشکن، خاک باید خشک یا نسبتاً خشک باشد؛ درصورتی‌که خاک مرطوب باشد فقط شکاف باریکی ایجاد شده و احتمالاً به‌سرعت بسته می‌شود. زیرشکن یک‌ساقه‌ای (شکل ۸۶) می‌تواند در عمق ۹۰ سانتی‌متری با تراکتوری با قدرت ۶۰ تا ۸۵ اسب بخار کار کند. زیرشکن یک‌ساقه‌ای برای عمق بیش‌تر و زیرشکن چندشاخه‌ای (شکل ۸۷) برای عمق‌های کم‌تر به‌کار می‌رود. سنبه زهکشی که به انتهای زیرشکن متصل می‌شود،

باعث بهبود زهکشی خاک زیرین می‌شود. سه نوع ساقه زیرشکن متداول است که عبارت‌اند از:

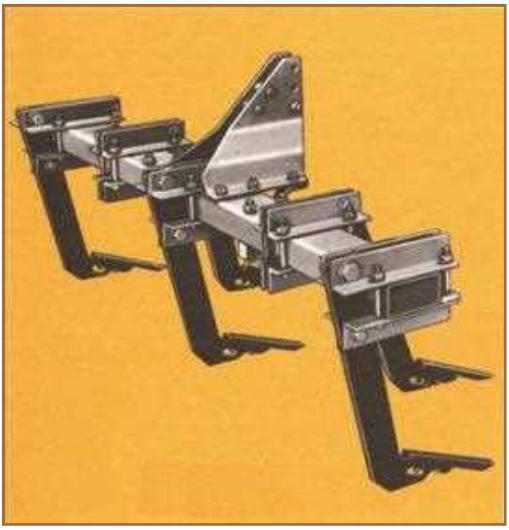
۱- شکل L

۲- شکل C

۳- شکل مورب L



شکل ۸۶- زیرشکن یک‌شاخه‌ای و اجزای آن
(۱- تیغه؛ ۲- ساقه؛ ۳- پیشانی)



شکل ۸۷- زیرشکن چندشاخه

امروزه زیرشکن‌ها غالباً به‌صورت سوار و با توجه به عمق نفوذ و اندازه تراکتور از یک تا چند شاخه ساخته می‌شوند. اجزای یک زیرشکن شامل شاخه (در سه نوع L شکل، C شکل و L مورب) و شاسی است. هر شاخه از اجزایی مانند ساقه، کفش و ناخن تشکیل می‌شود.

هنگام زیرشکنی باید به این نکات توجه شود:

۱- زیرشکنی در خاک خیلی خشک باعث ایجاد کلوخه‌های درشت می‌شود.

۲- زیرشکنی در خاک مرطوب باعث ایجاد تونل در خاک می‌شود و لایه سخت خاک شکسته نمی‌شود و شرایط بدتر نیز می‌شود.

۳- چرخ‌های تراکتور باید از زیرشکن فاصله داشته باشند تا بر اثر فشار چرخ لایه شکسته‌شده دوباره بسته نشود.

۴- پس از شکستن لایه سخت باید مدتی از تردد روی زمین خودداری شود.

عملیات شکستن لایه سخت با ریپر

برای شکستن لایه‌های سخت نوع دوم یا hard pan در عرصه‌های منابع طبیعی از ریپرها نیز استفاده می‌شود. ریپر زدن عبارت است از شکستن و متلاشی‌کردن سخت لایه‌های فشرده‌شده و نفوذناپذیر خاک در مناطق بیابانی. این لایه‌ها از نفوذ آب و توسعه ریشه گیاهان جلوگیری می‌کنند. به‌طورکلی هدف از ریپر زدن، شکستن لایه نفوذناپذیر موجود در اعماق مختلف خاک‌های مناطق بیابانی است، به‌نحوی‌که امکان نفوذ آب و فعالیت ریشه‌های گیاهان فراهم شود.

در اغلب مراتع بیابانی، باوجوداینکه ظاهراً خاک سطحی نفوذپذیری کافی دارد، وجود لایه‌های نفوذناپذیر مانند سخت‌لایه‌های رسی، گچی یا آهکی در زیر آن، که از ویژگی‌های بارز مناطق بیابانی است، از نفوذ و ذخیره‌شدن آب کافی در خاک جلوگیری می‌کند و باعث ایجاد رواناب‌های سطحی یا زیر قشری می‌شود. در برخی مواقع باقی‌ماندن آب در بالای لایه نفوذناپذیر و تبخیر آن، موجب شورشدن خاک نیز می‌شود. در برخی مراتع نیز خاک سنگین و نسبتاً عمیق سطحی از نفوذ آب جلوگیری می‌کند و باعث جاری‌شدن آب حاصل از بارندگی‌ها در سطح زمین و خارج‌شدن آن از دسترس گیاهان می‌شود. در چنین شرایطی، به‌دلیل وجود جریان‌های شدید آب سطحی و نفوذنکردن آن در عمق خاک، کاربرد روش‌های پیتینگ و ایجاد کنتور فارو مؤثر نیست و بایستی از روش شکستن لایه‌های سخت خاک استفاده شود.

شکستن لایه‌های سخت خاک با ماشین‌های سنگین، به توان تراکتوری بالا و صرف هزینه‌های زیاد نیاز دارد. لذا این روش اصلاحی را باید در مواقعی استفاده کرد که شرایط طبیعی و وضعیت لایه‌های

خـاک مرتـع، لـزوم اجـرای آن را کامـلاً تأییـد کننـد، به‌گونـه‌ای کـه اجـرای سـایر عملیـات ذخیـره نـزولات آسـمانی در آن منطقـه بی‌تأثیـر باشـند.

نتایـج مطالعـات متعـدد نشـان می‌دهـد کـه شکسـتن لایه‌هـای سـخت اگـر در شـرایط مناسـب انجـام گیـرد، تأثیـر فراوانـی در افزایـش تولیـد علوفـه مرتـع خواهـد داشـت.

شرایط عملیات شکستن لایه سخت با ریپر

ریپـر زدن، بخصـوص در اراضـی شـیب‌دار، بایـد ماننـد سـایر روش‌هـای ذخیـره نـزولات آسـمانی بـر روی خطوط تـراز انجـام گیـرد. زمین‌هایـی بـا سـخت‌لایه نفوذناپذیـر و درعین‌حـال بـا قابلیـت تولیـد علوفـه بـالا، به‌منظـور کاربـرد ماشـین‌آلات ریپـرزن توجیه‌پذیـر اسـت. ایـن اراضـی ممکـن اسـت شـامل اراضـی پسـت (کفه‌هـا)، اراضـی پخـش سـیلاب دارای لایه‌هـای سـفت و محدودکننـده، رویشـگاه‌های اصلاحـی و... باشـد.

عمـق عملیـات بسـتگی به ضخامـت لایـه نفوذناپذیـر دارد و به‌طورکلـی از ۲۵ تـا ۹۰ سـانتی‌متر متغیـر اسـت. فاصلـه مناسـب بیـن ردیف‌هـا نیـز ۱۲۰ تـا ۱۸۰ سـانتی‌متر اسـت. مناسـب‌ترین زمـان بـرای اجـرای عملیـات ریپـر زدن

هنگامی است که خاک کاملاً خشک باشد تا لایه نفوذناپذیر در اثر ریپر زدن خرد و متلاشی شود. در اثر ریپر زدن در شرایطی که خاک مرطوب باشد، سخت‌لایه به‌صورت کلوخ‌های عظیمی از زمین خارج می‌شود و خرابی‌های بزرگی را در سطح مرتع به‌وجود می‌آورد. در خاک‌های کم‌عمق که بر روی سنگ مادر قرار گرفته‌اند مانند انتی‌سول‌ها و نیز در اراضی با شیب تند نباید ریپر زد. خاک منطقه باید عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین باشد و وجود سخت‌لایه از شرایط عمده موفقیت این روش است. در اراضی با خاک تحتانی شور ریپر زدن مطلوب نیست، مگر اینکه قبل از ریپر زدن اصلاح‌کننده‌های خاک به آن اضافه شوند. در خاک‌هایی با خاکدانه‌های سفت و خشن و ساختمان ضعیف (مکعبی بزرگ، منشوری یا توده‌ای) و نیز خاک‌های دارای لایه‌های آهکی سخت و خردشده تا عمق ۹۰ سانتی‌متری از سطح خاک می‌توان ریپر زد.

به‌طورکلی شکستن لایه سخت خاک، به توان و انرژی زیادی نیاز دارد که برای انجام آن ماشین‌آلات سنگین و پرقدرت لازم است. میزان نیروی موردنیاز برای این کار به عمق و ضخامت لایه نفوذناپذیری

بستگی دارد که باید با ریپر شکسته شود. بدین ترتیب که هرقدر سخت‌لایه در عمق بیش‌تری قرار گرفته باشد یا ضخامت آن بیش‌تر باشد، عمق نفوذ تیغه ریپر باید بیش‌تر شود و همین امر موجب افزایش نیروی موردنیاز می‌شود (شکل ۸۸).

شکل ۸۸- شکستن لایه سخت خاک با ریپر

در ایران عمدتاً از ریپرهایی که در عقب بولدوزرها سوار می‌شوند برای شکستن لایه سخت در عرصه‌ها و بیابان‌ها استفاده می‌شود (شکل ۸۹)؛ اما باید توجه کرد که ریپرهای پشت تراکتوری که به‌وسیله تراکتورهای سنگین و پرقدرت حمل می‌شوند و هزینه کم‌تری دارند، هم‌اکنون در نقاط مختلف دنیا استفاده می‌شوند (شکل ۹۰). برای کاهش هزینه اجرایی، بهتر است قبل از شروع

عملیـات بـا حفـر پروفیل‌هایی عمـق و ضخامت سـخت‌لایه در چند نقطه از زمین بررسـی شـود و متناسـب با آن عمق نفـوذ تیغـه ریپـر و بولدوزر بـا توان مناسـب انتخاب شـود.

شکل ۸۹- ریپر سوار بر عقب بولدوزر

شکل ۹۰- ریپر تراکتوری

اثرگذاری شکستن لایه سخت بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک

تراکم یا فشردگی عملی است که در اثر نیرویی خارجی بر خاک اعمال می‌شود و درنتیجه آن، حجم خلل و فرج درشت خاک کاهش یافته و جرم مخصوص ظاهری آن افزایش می‌یابد. مکانیزه‌شدن کشاورزی و افزایش تعداد تردد در مزارع تحت کشت از عوامل مهم ایجاد تراکم در خاک مزارع است. تراکم از طریق کاهش نفوذپذیری خاک، کاهش درصد خاکدانه‌های پایدار و کاهش تخلخل خاک، سبب محدودیت‌هایی برای رشد ریشه، نفوذ آب و کاهش آب در خاک می‌شود که درنهایت سبب کاهش عملکرد محصول و ایجاد رواناب در مزارع می‌شود. در عرصه‌های منابع طبیعی تراکم و فشردگی خاک بیش‌تر بر اثر عوامل طبیعی ازجمله نزولات جوّی و حرکت خاکدانه‌ها در عمق خاک انجام می‌شود.

در پژوهشی بر روی اراضی خیلی سنگین و رسی در داکوتای جنوبی، ریپر با عمق ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر و فواصل حدود ۱۸۰ سانتی‌متر، با شکستن خاک سطحی کوبیده و فشرده‌شده و نفوذناپذیر، موجب افزایش ۱۷۳ درصدی در تعداد پایه‌های گونه‌ای علف

گندمی[۱] و نیز ۴۴۴ درصد افزایش در تولید علوفه گراس‌ها شد. در مطالعه‌ای دیگر، پس از ریپر زدن عمق نفوذ رطوبت از ۲ به ۹۰ سانتی‌متر افزایش پیدا کرد. در خاک‌هایی با بافت متوسط در مراتعی با پوشش گراس‌های مخلوط کاربرد ریپر تک، ریپر مضاعف و کنتور فارو با هم، تولید علوفه را در ۴ سال اول پس از شروع عملیات تقریباً تا ۲ برابر افزایش داد. در نواحی کوهستانی و جنوب غربی آمریکا، ریپر زدن تنها هنگامی مؤثر بود که عملیات باعث ایجاد شیارهای ماندگار می‌شد. در منطقه‌ای دیگر در خاک‌های با بافت ریز و متوسط، فاروهای ایجادشده به‌وسیله یک ریپر با تیغه‌های پهن، تا ۲۴ سال دوام داشته و تولید علوفه را تا ۱۶۰ درصد افزایش داد. ریپر زدن عمیق در مراتع و اراضی زراعی به‌طورکلی موانع فیزیکی را از بین می‌برد، خاک را نرم می‌کند و به ریشه گیاهان اجازه می‌دهد تا از تمام عمقی که عملیات زیرشکنی در آن انجام گرفته است، استفاده کنند. ریپر زدن همچنین به استقرار اصلاح‌کننده‌هایی نظیر گچ و آهک در خاک کمک می‌کند و زهکشی سدیم، شوری و آب مازاد را بهبود می‌بخشد. مقدار آب

۱.Agropyron smithii

در دسترس خاک نیز به دلایل زیر افزایش می‌یابد:

۱- ایجاد روزنه‌های بزرگ ذخیره‌کننده آب‌وهوا از به‌هم‌پیوستن و اتصال منافذ کوچک‌تر؛
۲- ایجاد منافذ بزرگ‌تر و زیادتر برای انتقال آب؛
۳- افزایش عمق مؤثر به‌دلیل نرم‌شدن خاک؛
۴- بهبود نفوذ آب ناشی از بارندگی یا آبیاری.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که شخم زیرسطحی نفوذ را ۱۰ درصد در سراسر فصل کشت افزایش داد؛ بنابراین فرسایش خاک ۲۷/۸ درصد کاهش یافت. شخم زیرسطحی فرسایش را کاهش می‌دهد و بیش‌تر روی افزایش نفوذ مؤثر است.

پژوهشگران طی تحقیقاتی روی اثر استفاده از زیرشکن با ساق C و L شکل بر میزان آب مصرفی و خصوصیات کمّی و کیفی محصول پنبه در مزارع با بافت خاک لوم رسی سیلتی دریافتند که استفاده از زیرشکن با ساق L و C شکل سبب کاهش معنی‌دار تراکم خاک شد که این کاهش تراکم، برای زیرشکن با ساق C شکل بیش‌تر بود.

پژوهشگران بعد از بررسی عملکرد زیرشکن و دستگاه‌های کم‌خاک‌ورزی بدین نتیجه رسیدند

که تلفیق سیستم کم‌خاک‌ورزی به همراه زیرشکن می‌تواند در افزایش بازده (راندمان) انرژی و تحقق اهداف کم‌خاک‌ورزی مؤثر باشد. از آنجایی که زیرشکن به‌تنهایی برای آماده‌سازی بستر بذر کافی نیست، کاربرد گاوآهن چیزل برای تهیه بستر بذر به‌طور همزمان با زیرشکن توصیه می‌شود. با این روش تردد ماشین‌آلات در مزرعه کاهش می‌یابد و درنتیجه فشردگی خاک و روند ایجاد لایه سخت به تأخیر می‌افتد.

روش نهم کنترل رواناب: اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و افزودن مواد آلی به خاک

یکی دیگر از روش‌های افزایش نفوذ آب در خاک و کنترل رواناب در مزارع و باغات و بهبود شرایط رشد گیاه، حفاظت و اصلاح خاک به‌وسیله روش‌های نوین کشاورزی حفاظتی و افزودن میزان مواد آلی خاک است. خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و فقیرشدن خاک ازنظر مواد آلی باعث می‌شود که خاک زراعی به شکل بلوک‌های سخت و

به‌هم‌چسبیده درآید. البته گاهی نیز باعث تخریب ساختمان خاک می‌شود.

عملیات خاک‌ورزی در اکثر مناطق ایران به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار و با دفن باقی‌مانده بقایای گیاهی انجام می‌شود. با وجود همه مزایایی که گاوآهن برگردان‌دار نسبت به بقیه گاوآهن‌ها دارد، استفاده دائمی از آن بویژه در مناطق خشک مشکلاتی را نیز به همراه داشته است. مهم‌ترین مشکلات خاک‌ورزی مرسوم در اثر استفاده از گاوآهن برگردان‌دار عبارت است از:

۱- کلوخه‌ای‌شدن خاک؛
۲- نیاز به وقت و انرژی زیاد؛
۳- هزینه زیاد؛
۴- تخریب ساختمان خاک؛
۵- به‌هم‌زدن تسطیح زمین؛
۶- مصرف زیاد آب؛
۷- فرسایش بادی و آبی؛
۸- کاهش مواد آلی خاک و آلودگی هوا ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی؛
۹- ایجاد لایه سخت در کفه شخم.

بقایای محصولات زراعی را معمولاً کشاورزان یا از مزرعه خارج می‌کنند یا برای چرای دام استفاده می‌شود یا سوزانده می‌شود. وجود بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی، باعث بروز برخی مشکلات در هنگام شخم، کاشت و داشت محصول می‌شود. کشاورزان برای رفع مزاحمت بقایای گیاهی، راحت‌ترین روش یعنی سوزاندن را انتخاب می‌کنند. بقایای گیاهی یکی از منابع تأمین مواد آلی خاک است. سوزاندن آن‌ها، باعث کاهش مواد آلی خاک مناطق خشک و رسیدن مقدار آن به کم‌تر از یک درصد در خاک‌های ایران شده است.

با توجه به شرایط اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک و وجود مشکلاتی نظیر محدودیت منابع آب، فقیر بودن خاک این مناطق از مواد آلی، آسیب‌پذیر بودن ساختمان آن‌ها و معایب دیگر خاک‌ورزی مرسوم، خاک‌ورزی حفاظتی به‌عنوان نوعی سیستم جایگزین پیشنهاد شده است.

خاک‌ورزی حفاظتی

هدف از خاک‌ورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی موجود در سطح خاک است. هرگونه تلاش در کم‌کردن شدت عملیات خاک‌ورزی، کاهش عمق شخم یا سست و لق‌کردن خاک بدون زیرورو (برگرداندن) کردن آن، خاک‌ورزی حفاظتی نامیده می‌شود. در این سیستم بقایای تمام یا قسمتی از محصول قبلی (پوشش حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث فواید زیر می‌شود:

۱- حفظ رطوبت خاک؛

۲- جلوگیری از شست‌وشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار؛

۳- بهبود خصوصیات فیزیکی خاک؛

۴- افزایش نفوذ آب در خاک و درنتیجه کاهش رواناب سطحی؛

۵- افزایش ماده آلی خاک؛

۶- کاهش تراکم سطحی و عمقی خاک؛

۷- کاهش فرسایش آبی؛

۸- جلوگیری از خردشدن و جابه‌جایی زیاد ذرات خاک؛

۹- کاهش فرسایش بادی.

کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی دو روش متداول در خاک‌ورزی حفاظتی است. در روش کم‌خاک‌ورزی عملیات برحسب نوع گیاه و میزان بقایای محصول قبلی تا عمق کافی (۸ تا ۱۵ سانتی‌متر) برای قراردادن کود و بذر و مخلوط‌کردن بقایا با لایه سطحی انجام می‌گیرد. در روش بی‌خاک‌ورزی هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی صورت نمی‌پذیرد و تنها ماشین کاشت، کود و بذر را با حداقل به‌هم‌خوردگی، در خاک قرار می‌دهد. در روش بی‌خاک‌ورزی بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می‌شوند.

برای انجام خاک‌ورزی حفاظتی از ادوات خاک‌ورزی و کشت نظیر دیسک (شکل ۹۱)، گاوآهن قلمی (شکل ۸۲)، کمبینات (شکل ۹۲ و ۹۳)، خاک‌ورز مرکب (شکل ۹۴) و ماشین‌های کشت مستقیم (شکل ۹۵ و ۹۶) استفاده می‌شود.

شکل ۹۱- دیسک

شکل ۹۲- کمبینات (ماشین خاک‌ورزی – کشت) در حال کار

شکل ۹۳- اجزای ماشین کمبینات (ماشین خاک‌ورزی – کشت)

شکل ۹۴- ماشین خاک‌ورز مرکب

شکل ۹۵- ماشین کشت مستقیم در حال کار

شکل ۹۶- اجزای ماشین کشت مستقیم

ماده آلی خاک

خاک از چهار قسمت شامل ماده معدنی، ماده آلی، آب و هوا تشکیل شده است. ماده آلی خاک شامل بقایای گیاهی و جانوری، سلول‌ها و بافت‌های جانداران خاک و مواد حاصل از ریشه و میکروب‌های خاک است. در بیش‌تر خاک‌ها ماده آلی خاک بین ۰/۱ درصد (در صحراها) تا بیش از ۵۰ درصد وزنی در خاک‌های آلی (هیستوسول‌ها) است. ترکیب شیمیایی ماده آلی تقریباً ۵۰ درصد کربن، ۵ درصد نیتروژن، ۰/۵ درصد فسفر، ۰/۵ درصد گوگرد، ۳۹ درصد اکسیژن و ۵ درصد هیدروژن است. مقدار این عناصر از خاکی به خاک دیگر می‌تواند در نوسان باشد. بنابراین بیش‌تر ماده آلی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، سلولز، همی‌سلولز و لیگنین تشکیل شده‌اند. سه ترکیب اولی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، سلولز) به‌سرعت تجزیه می‌شوند. ازاین‌رو در تأمین غذای جانداران خاک و نیز دانه‌بندی خاک اهمیت بیش‌تری دارند. اما دو ترکیب بعدی (همی‌سلولز و لیگنین) مقاوم‌تر هستند. خصوصیات زیر باعث می‌شود که ماده آلی به کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک کمک کند:

- نگه‌دارنده و ثبات‌دهنده ذرات خاک به یکدیگر است که از این طریق تأثیرات زیان‌بار فرسایش کاهش می‌یابد.
- مانع از تراکم (فشردگی) خاک است.
- کاهش‌دهنده چسبندگی خاک و سهولت کار روی آن است.
- کاهش‌دهنده سله و رواناب است و نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد و شرایط را برای نفوذ ریشه فراهم می‌کند.

وضعیت مواد آلی خاک در ایران

مقدار ماده آلی (کربن آلی) در خاک‌های کشور به‌جز شمال، بسیار ناچیز است (کم‌تر از یک درصد) و با مقدار بهینه آن (سه درصد) فاصله زیادی دارد. با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و برنگشتن بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آنها، سالیانه از مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌های ایران کاسته می‌شود و خاک به‌صورت کلوخه‌هایی نفوذناپذیر و برگشت‌ناپذیر در می‌آید. در چنین شرایطی با استفاده از شیوه مدیریتی مناسب، ضرورت افزایش تدریجی میزان ماده آلی خاک‌های کشور بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

سوزاندن بقایا، چرای بیش‌ازحد و خروج بقایای گیاهی از مزرعه باعث کاهش منابع تأمین مواد آلی خاک می‌شود. تجزیه سریع بقایا و مواد آلی به‌علت خاک‌ورزی مرسوم از دیگر علل فقر خاک ازنظر مواد آلی است. برای بهبود شرایط ساختمان خاک، افزایش نفوذ و ظرفیت نگهداشت آب در خاک و کاهش رواناب می‌توان با روش‌های زیر درصد ماده آلی در خاک را افزایش داد:

۱- افزایش تولید ماده گیاهی از طریق آبیاری مناسب؛
۲- کوددهی کافی و متعادل و درنتیجه افزایش تولید زیست توده (بیوماس) گیاهی؛
۳- استفاده از گیاهان پوششی؛
۴- تنوع در سیستم تناوبی (استفاده از سیستم تناوبی با بیوماس بالا)؛
۵- استفاده از تراکم مناسب گیاهی هنگام کشت؛
۶- معرفی گیاهانی که بیوماس بیش‌تری تولید می‌کنند؛
۷- ایجاد جنگل، کشت تلفیقی گیاهان چوبی چندساله (درختان، درختچه‌ها و نخل‌ها و...) با گیاهان یک‌ساله که این سیستم کشت موسوم به (جنگل – زراعی) است؛
۸- ایجاد محدودیت در چرای دام؛

۹- جلوگیری از آتش‌زدن بقایا، به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع تأمین‌کننده ماده آلی خاک؛
۱۰- کنترل آفات و جوندگان؛
۱۱- استفاده از منابع مختلف ماده آلی نظیر کود دامی؛
۱۲- استفاده از کمپوست، یعنی کودی که از بازیافت مواد ارگانیک (مواد زائدی که از گیاهان و حیوانات برجای می‌مانند) به‌دست می‌آید؛
۱۳- کاهش شدت تجزیه ماده آلی (از طریق حذف یا کاهش عملیات خاک‌ورزی مرسوم و استفاده از گیاهان پوششی).

اثرگذاری خاک‌ورزی حفاظتی و افزایش مواد آلی خاک بر کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک

محققان یکی از دلایل کاهش تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را پایین بودن میزان مواد آلی خاک می‌دانند. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت نادرست در استفاده از ماشین‌های کشاورزی، سوزاندن بقایای گیاهی، بارندگی‌های شدید، تناوب نامناسب زراعی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عوامل دیگر باعث شده است تا خاک اراضی این مناطق در معرض فرسایش شدید آبی و بادی قرار بگیرد.

همچنین موجب می‌شود هرساله حجم زیادی از خاک حاصلخیز سطحی در اثر باد یا بارندگی‌های شدید و آبیاری بی‌رویه از مزرعه خارج شود. کاربرد فناوری‌های مطلوب مانند خاک‌ورزی حفاظتی، به‌عنوان یکی از روش‌های کاربردی در کشاورزی پایدار، سبب کندکردن روند تخریب زمین‌ها و افزایش پایداری در کشاورزی می‌شود.

اهداف و مزایای خاک‌ورزی حفاظتی عبارت‌اند از کاهش فرسایش خاک، حفظ رطوبت، کاهش مصرف انرژی، کاهش فشردگی خاک، حفظ و بهبود ساختمان خاک، حفظ و بهبود منابع آب و خاک، کاهش هزینه‌های کارگری و ماشین، کاهش زمان اجرای عملیات کشاورزی و افزایش ماده آلی خاک.

وجود مواد آلی در خاک به‌دلیل تأثیر مثبت در نگهداری آب، حفظ ساختمان خاک، افزایش فعالیت بیولوژیکی و ظرفیت تبادل کاتیونی اهمیت زیادی دارد. مواد آلی خاک بزرگ‌ترین منبع ذخیره کربن در مناطق خشک زمین به‌حساب می‌آید و بر میزان دی‌اکسیدکربن موجود در اتمسفر، متان و گازهای گلخانه‌ای دیگر مؤثر است.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد خاک‌های کشاورزی یکی از مهم‌ترین منابع ذخیره کربن هستند. یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد کربن آلی در خاک کشاورزی، شیوه خاک‌ورزی است. در شیوه مرسوم خاک‌ورزی، خاک سطحی ازهم‌گسیخته شده و باعث کاهش کربن آلی خاک در طول زمان می‌شود. در شیوه خاک‌ورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی به‌دلیل کاستن از به‌هم‌خوردن خاک و بقایا، فرصت جذب کربن اتمسفر درون خاک به‌وجود می‌آید.

در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ میلادی اجرای بی‌خاک‌ورزی از ۶/۵ میلیون هکتار به ۲۰ میلیون هکتار افزایش یافته است. از جمله فواید بلندمدت روش بی‌خاک‌ورزی عبارت است از افزایش مواد آلی خاک، بهبود نفوذ و نگهداری آب توسط خاک و افزایش عملکرد محصول. همچنین تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی حاصل، چندین سال بعد از شروع اجرای آن آشکار می‌شود.

طی مطالعات بلندمدت در زمینه اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و محصولات مختلف بر تغییرات مواد آلی خاک مشخص شد که استفاده از خاک‌ورز برگردان‌دار، مواد آلی خاک را در هر سال به‌میزان

۲۵۸ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌دهد. افزودن ۶ تا ۱۰ تن کود آلی در سال مقدار مواد آلی را برای چند سال محدود جبران می‌کند؛ اما این روند بزودی متوقف و کاهش مواد آلی آغاز می‌شود.

روش‌ها و ادواتی که برای کنترل رواناب و افزایش نفوذ آب در خاک در ایران در دسترس هستند

در روش اول کنترل رواناب، یعنی آبیاری در شیارهای مسدودشده، به ماشین‌های شیاربند نیاز است. شیاربندها شامل انواع مختلفی از جمله شیاربند پارویی (شکل ۱۴)، شیاربند بیلچه‌ای مکانیکی (شکل ۱۵) و شیاربند بیلچه‌ای هیدرولیکی هستند. نوع پارویی آن در پژوهشی در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ساخته شده و معرفی شده است. سایر ماشین‌ها از فناوری بسیار ساده‌ای برخوردار هستند و به‌سرعت قابلیت ساخت و تجاری شدن را دارند.

در روش دوم کنترل رواناب، یعنی خاک‌ورزی و آبیاری مخزنی، ماشین‌های موردنیاز برای خاک‌ورزی مخزنی اسامی مختلفی مانند Dammer Diker یا Pocket Pitter دارند. معمول‌ترین آن‌ها شامل ماشین خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی (شکل ۲۷)، ماشین خاک‌ورز

مخزنی بشقابی (شکل ۲۸) و ماشین خاک‌ورز مخزنی فشاری (شکل ۲۹) است که در نقاط مختلف دنیا ساخته شده‌اند؛ اما در ایران نوع خاک‌ورز مخزنی عنکبوتی و بشقابی ساخته شده و معرفی شده است.

در روش سوم کنترل رواناب، یعنی نقش‌بندی خاک، ماشین‌های موردنیاز برای انجام این عملیات بسیار متنوع است و در ابعاد و اشکال مختلف ساخته می‌شوند. این ماشین‌ها در کشورهایی که بیابان دارند، مانند مصر، اردن، عربستان سعودی و آمریکا ساخته شده‌اند. در کشور ما نیز یک مدل آن را مؤسسه ایکاردا در یزد استفاده و معرفی کرده است (شکل ۴۵). در روش چهارم کنترل رواناب یعنی پیتینگ، این عملیات با ماشین‌هایی به نام پیتر انجام می‌شود که چهار نوع از رایج‌ترین آن‌ها شامل این‌هاست: پیتر سوکی (استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۴ و ۵۵)، پیتر بشقابی (استفاده از گاوآهن بشقابی و نهرکن‌های بشقابی به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۶، ۵۷ و ۵۸)، پیتر ضربه‌ای (شکل ۵۹) و پیتر میخی (شکل ۶۰). از میان پیترهای یادشده پیتر سوکی، بشقابی و میخی در ایران در دسترس است و نوع ضربه‌ای آن را می‌توان به‌سادگی طراحی کرد و ساخت.

در روش پنجم کنترل رواناب یعنی کنتور فارو، این

عملیات را می‌توان با استفاده از ماشین‌های رایج زراعی از قبیل چیزل‌ها، فاروئرها (شکل ۶۶)، گاوآهن‌های برگردان‌دار (شکل ۶۷) و بشقابی (شکل ۶۸) بویژه از نوع دوطرفه یا ماشین‌هایی که ویژه این کار ساخته شده‌اند، انجام داد. طراحی و ساخت تراکتور خودتراززو نیز در ایران انجام شده و امکان استفاده از ماشین‌های رایج برای اجرای عملیات کنتور فارو را بیش‌ازپیش ممکن ساخته است.

در روش ششم کنترل رواناب، یعنی آبگیرهای کوچک، این کار را می‌توان در دامنه‌های شیب‌دار به‌صورت دستی و در نقاط مسطح با استفاده از لودر، بیل مکانیکی و مته‌های پشت تراکتوری انجام داد که همه روش‌ها و ماشین‌های آن در کشور موجود است.

در روش هفتم کنترل رواناب، یعنی ناهموار ساختن سطح زمین، می‌توان از انواع هرس‌ها و ماشین‌های خاک‌ورزی بهره گرفت که همگی در کشور ما در دسترس هستند.

در روش هشتم کنترل رواناب یعنی استفاده از زیرشکن‌ها و ریپرها، انواع زیرشکن‌های تک‌شاخه و چندشاخه و تراکتورهایی که آن‌ها را حمل می‌کنند و

همچنین انواع گاوآهن چیزل و خاک‌ورز مرکب برای اجرای عملیات در دسترس است. درباره ریپرها انواع ریپرهایی که در عقب بولدوزرها سوار هستند، در کشور موجود است. روش تشخیص لایه سخت در عمق خاک، به‌صورت ایجاد پروفیل در خاک در کشور از دیرباز انجام می‌شده است؛ اما دستگاه نفوذسنج مخروطی و تراکتوری به تعداد کم در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی کشور در دسترس هستند.

در روش نهم کنترل رواناب یعنی اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و افزودن مواد آلی به خاک، برای انجام خاک‌ورزی حفاظتی از ادوات خاک‌ورزی و کشت نظیر دیسک (شکل ۹۱)، گاوآهن قلمی (شکل ۸۲)، کمبینات (شکل ۹۲ و ۹۳)، خاک‌ورز مرکب (شکل ۹۴) و ماشین‌های کشت مستقیم (شکل ۹۵ و ۹۶) استفاده می‌شود که همگی با تنوع بسیار زیاد در کشور ساخته می‌شود و در بازار در دسترس هستند.

واژه‌نامه

معادل انگلیسی واژه‌ها و اصطلاحات تخصصی این دستنامه در جدول زیر خلاصه شده است تا در صورت لزوم کارشناسان یا علاقه‌مندان به مطالعه بیش‌تر از آن استفاده کنند.

جدول ۱– واژه‌ها و اصطلاحات تخصصی مورد استفاده در دستنامه

Dike Irrigation	آبیاری در شیار مسدود
Reservoir Tillage = Basin Tillage	خاک‌ورزی مخزنی
Soil imprinting	نقش‌بندی خاک
Imprinter	نقش‌بند
Diker = Dammer Diker	شیاربند
Pitting	پیتینگ
Furrow Damming	آب‌بند شیار
Basin Listing	شیار مخزنی
Microbasin Tillage	خاک‌ورزی مخزن کوچک
Lepa (Low Energy Precision Application)	آبیاری لپا
Pocket pitter	پیتر ضربه‌ای
Disk pitter	پیتر بشقابی

ادامه جدول ۱ – واژه‌ها و اصطلاحات تخصصی مورد استفاده در دست‌نامه

Spiked roller	غلتک میخ‌دار
Chisel Plow	گاوآهن قلمی
Contour furrow	کنتور فارو
Geographical Information Systems	سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی
Global Positioning System (GPS)	سامانه‌های مکان‌یابی (جی پی اس)
Remote Sensing	سامانه‌های سنجش‌ازدور
Monitor	پایشگر
Lightbar	نشانگرهای نوری
Micro Catchments	حوضه‌های آبریز کوچک
Plow pan	کفه شخم
Hard Pan	سخت‌لایه
Soil Penetrometer	دستگاه نفوذسنج مخروطی

منابع

ارشدی، آ. و افشاری، ف. ۱۳۸۷. تأثیر ماشین مرکب زیرشکن - چیزل بر عملکرد محصولات کشاورزی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۶ تا ۷ شهریور ۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد.

باباخانلو، ب. و احمدی، ع. ۱۳۸۷. دستورالعمل اصلاح مراتع با استفاده از روش‌های ذخیره نزولات آسمانی. انتشارات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. نشریه شماره ۴۱۹.

بیاتی، م. ر. و جعفری فرد، ج. ۱۳۷۳. طراحی، ساخت و ارزیابی عملکرد دستگاه خود تراز روی تراکتور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه شیراز. ۱۳۷۳.

تاکی، ا. و اسدی، ا. ۱۳۸۸. خاک‌ورزی حفاظتی در مناطق خشک و لزوم آن در کشاورزی پایدار. نشریه ترویجی. انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی. شماره نشریه ۱۰۷/ ۵ مورخ ۸۷/۱۰/۲۱.

ثامنی، ع. ۱۹۸۲. کویرزایی، چگونه مردم کویر می‌سازند، چگونه می‌توانند آن را متوقف سازند و چرا این کار را نمی‌کنند؟. انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۴.

ترجمـه. مؤلـف اصلـی گرنجـر، آ. ۱۶۹ صفحـه.

دهقانـی، س.، کارپرورفرد، س. ح. و رحمانیان کوشـکی، ح. ۱۳۹۵. طراحـی، سـاخت و ارزیابـی سـامانه هدایـت خـودکار خودتـرازروی تراکتـور در زمین‌هـای شـیب‌دار. نشـریه ماشـین‌های کشـاورزی. ۶ (۱)، صفحـه ۱-۱۳.

رسـتمی، م. ع. و افضلـی گـروه، ه. ۱۳۹۳. کنتـرل رواناب در مزرعه با ماشـین شـیاربند و شـیارهای مسدودشده. اولین همایـش ملـی مدیریت پایـدار منابع خاک و محیط زیسـت. ۱۹ و ۲۰ شـهریور ۱۳۹۳، دانشـگاه شـهید باهنر کرمان.

رسـتمی، م. ع.۱۳۹۳. کنتـرل روانـاب در سیسـتم‌های آبیـاری تحـت فشـار با خـاک‌ورزی مخزنـی. اولیـن همایش ملـی مدیریـت پایـدار منابع خاک و محیط‌زیسـت. ۱۹ و ۲۰ شـهریور ۱۳۹۳، دانشـگاه شـهید باهنـر کرمان.

سـیادت، ح. ۱۹۹۲. اصـلاح اقتصـادی دام و طیـور (در مجموعـه وضعیـت جهـان. ۱۳۸-۱۱۱: مسـائل محیـط زیسـت)، تهـران: نشـر آرویـن، ۱۳۷۲. ترجمـه، مؤلف اصلی: درنینـگ، آ.ت. و هالـی، ب. ب. ۲۵۴ صفحـه.

طاوسـی، ت، محمـودی، پ. و سـرگلزائی مقـدم، ف. ۱۳۸۹. مقایسـه گسـترش مکانـی اقلیم‌هـای خشـک و نیمه‌خشـک در ایـران طـی دوره ۱۹۷۶ تـا ۲۰۰۵. فصلنامـه

علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۷ (۱)، صفحه ۹۴ - ۱۰۵.

عباسی، ف.، آسودار، م. ا.، خلیل عالمی، س. و سعادت فرد، م. ۱۳۸۷. اثر خاک‌ورزی حفاظتی بر خصوصیات فیزیکی خاک. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۶ و ۷ شهریور ماه سال ۱۳۸۷، مشهد.

عساکره، ح.، موحدی، س.، سبزی‌پرور، ع. ا.، مسعودیان، س. ا. و مریانجی، ز. ۱۳۹۳. اقلیم‌شناسی بارش ایران با استفاده از تحلیل هم‌سازها. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۹، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۱۵-۲۶.

محمودی، پ. ۱۳۹۳. بررسی روند گسترش مکانی اقالیم خشک و نیمه خشک درایران. کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری. ۶-۸ اسفند ۹۳، تبریز.

میرزاشاهی، ک. و بازرگان، ک. ۱۳۹۴. مدیریت ماده آلی خاک. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۵۳۵.

نوروزیه، ش.، رضایی، ج. و قربانی نصرآبادی، ق. ۱۳۸۹.

بررسی اثر نوع و روش کاربرد زیرشکن در دو سال متوالی بر آب مصرفی و افزایش کمّی و کیفی محصول پنبه رقم ساحل. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸ (۵)، صفحه ۷۹۲-۸۰۳.

یادداشت

یادداشت