

السلام عليكم



وزارت جهاد کشاورزی
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 و عرصه های منابع طبیعی / نویسنده محمدعلی رستمی؛ ویراستار ترویجی فرانک صحرایی؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ سرویراستار و جیهه 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	: فیبا
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 م ۵/ ۶۲۸/۲۱ TD۶۵۷/۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۲۹۳۲۶۶



ISBN:978-964-520-445-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۴۴۵-۵

نشر آموزش کشاورزی

عنوان: معرفی روش ها و ماشین های کنترل رواناب در مزارع، باغات و عرصه های منابع طبیعی
نویسنده: محمدعلی رستمی
ویراستار ترویجی: فرانک صحرایی
مدیر داخلی: شیوا پارسا نیک
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
سرویراستار: و جیهه سادات فاطمی
تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های 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 اطلاع رسانی 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
اثرگذاری 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: آبیگرهای کوچک..... ۸۱
- روش هفتم کنترل رواناب: ناهموار ساختن سطح زمین..... ۸۶
- روش هشتم کنترل رواناب: استفاده از زیرشکن ها و ریپر ها..... 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، آب روان‌شده در یک محل جمع می‌شود و در نتیجه 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

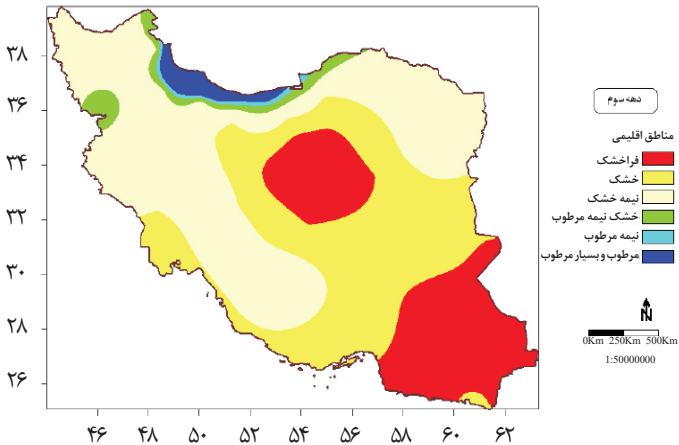
منابع طبیعی بررسی شده و ماشین‌های مخصوص هریک معرفی شده‌اند. این روش‌ها عبارت‌اند از آبیاری در شیارهای مسدودشده، خاک‌ورزی مخزنی، نقش‌بندی خاک، پیتینگ، احداث کنتور فارو، احداث آبگیرهای کوچک، ناهموار ساختن سطح زمین، استفاده از زیرشکن‌ها و ریپر‌ها و اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و افزودن 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 به ترتیب در محدوده $0/05$ تا $0/2$ ، $0/2$ تا $0/5$ و $0/5$ تا $0/65$ 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؛

زیرا از آن به معنی تخریب سرزمین یاد می‌شود، شرایطی که حدود ۷۳ درصد از مساحت ۳/۳ میلیارد هکتاری مراتع زمین را تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از

شاخص یونیپ برای دهه ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵

بر اساس تخمین کنوانسیون مهار بیابان‌زایی سازمان ملل متحد، بیش از نیمی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان (حدود ۳۰ میلیون کیلومتر مربع) با بیش از ۲۰ درصد از سطح کره زمین را بیابان‌زایی تهدید می‌کند. همچنین بر اساس برآورد، سالانه حدود ۱۸۰ هزار کیلومتر مربع از مراتع، ۲۰ هزار

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 به میزان 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 استحصال شده از اعماق زیاد (با هزینه زیاد) نیز در برخی مزارع و باغات حتی در برخی دستگاه‌های آبیاری تحت فشار 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 می کند که مهم ترین آن ها عبارت اند از:

- ۱- آب در جایی که باید نفوذ کند، نفوذ نمی کند و گیاهان در آن محل دچار کم آبی می شوند؛
- ۲- باعث فرسایش خاک می شود؛
- ۳- روان شدن آب در حجم زیاد باعث ایجاد سیل می شود؛
- ۴- در مزارع آب روان شده در یک محل جمع می شود و گیاهان و جوی و پشته ها را از بین می برد (شکل ۴).
به طور خلاصه رواناب باعث اتلاف آب می شود و این بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک فاجعه محسوب می شود.



شکل ۲- رواناب



شکل ۳- ایجاد رواناب بر اثر شیب زمین



شکل ۴- از بین رفتن محصول بر اثر غرقاب

چند روش برای کنترل رواناب در زمین‌های زراعی، باغات و عرصه‌های منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- آبیاری در شیارهای مسدودشده در مزارع با کشت‌های ردیفی و آبیاری با دستگاه‌های تحت فشار؛
- ۲- خاک‌ورزی مخزنی در مزارع با کشت‌های ردیفی و آبیاری با دستگاه‌های تحت فشار آبیاری شیار؛
- ۳- نقش‌بندی خاک در مزارع با کشت‌های ردیفی و غیرردیفی و همچنین آبیاری با دستگاه‌های تحت فشار و نواری در منابع طبیعی؛
- ۴- پیتینگ؛
- ۵- احداث کنتور فارو؛
- ۶- احداث آبیگرهای کوچک؛
- ۷- ناهموار ساختن سطح زمین؛
- ۸- استفاده از زیرشکن‌ها و ریپرها؛
- ۹- اصلاح ساختمان خاک با استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی و افزودن مواد آلی به خاک؛

روش اول کنترل رواناب: آبیاری در شیارهای مسدودشده

در مزارع هنگام بارش باران یا آبیاری، در صورتی که 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 سنتریوت در دهانه‌های آخر، رواناب به علت 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 سنتریوت

آبیاری در شیارهای مسدودشده برای کشت‌های ردیفی و آبیاری با دستگاه‌های تحت فشار 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 در واقع 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، به کار می‌رود. این روش همچنین به‌طور گسترده با فناوری‌های جدید مبارزه با علف‌های هرز سازگار می‌شود و درعین حال ماشین‌های مخصوص ایجاد شیارهای مسدود شده 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 سنتریوت به‌منظور کاهش رواناب و بهبود بخشیدن به بازده آبیاری استفاده می‌شود.



شکل ۷- آبیاری به روش شیارهای مسدود شده

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

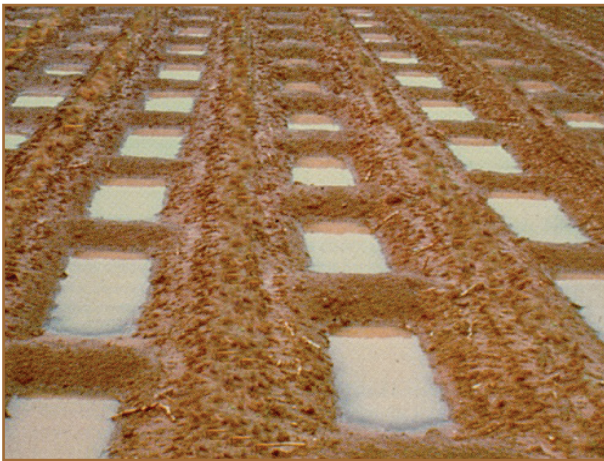
را بیش‌تر کرد. هنگامی که حجم زیادی از آب در کف شیارها روان می‌شود، لازم است سدهایی با عرض زیادتر و با ارتفاعی معادل ارتفاع پشته‌ها و حجم خاک بیش‌تر در کف شیارها ایجاد شوند تا بتوانند از حرکت آب جلوگیری کنند و خود سدها نیز به‌سرعت خراب نشوند (شکل ۱۰). اما هنگامی که حجم رواناب کم است، سدها با عرض کم‌تر، 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، صرف‌انرژی 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 به وسیله 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 شیپارهای مسدود برای محصولات پنبه، ذرت، سورگوم و آفتاب‌گردان نتایج خوبی داشته است. در شرایطی که محصولات متراکم، رواناب زیاد یا بارش محدود باشد، روش شیپار 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 شیپار مسدود را نامطلوب می‌کند.

تحقیقاتی روی چهار روش خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی و آبیاری به روش شیپارهای مسدودشده (دو بار دیسک + پنجه‌غازی + شیپاربندی)، 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 شیپارهای 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 هکتار افزایش دادند.

ماشین‌های مورد نیاز برای مسدود کردن شیاریها

ماشین‌هایی که برای مسدود کردن شیاریها به کار می‌روند، شیاریبند نام دارند. شیاریبندها انواع مختلفی دارند که بعضی از آنها عبارت‌اند از:

۱- شیاریبند پارویی (شکل ۱۴)؛

۲- شیاریبند بیلچه‌ای مکانیکی (شکل ۱۵)؛

۳- شیاریبند بیلچه‌ای هیدرولیکی.



شکل ۱۴- یک واحد از شیاریبند پارویی و اجزای آن



شکل ۱۵- شیاربند بیلچه‌ای مکانیکی در حال کار

شیاربند پارویی برای مسدود کردن 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 شیاریهای 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 مسدود کردن شیار

مسدود کردن 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 مسدود کردن شیارها در زمان عملیات خاک‌ورزی لازم است تا ماشین شیاربند به خاک‌ورز متصل شود و به دنبال آن حرکت کند (شکل ۱۸). در صورتی که عملیات مسدودسازی شیارها همراه با کاشت بذر انجام شود، این ماشین به خطی کار 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 مسدود کردن 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 متصل کردن

شیاربند به ماشین‌های خاک‌ورز یا کاشت و داشت باید تمهیدات لازم برای اتصال این ماشین‌ها به یکدیگر، در زمان طراحی اندیشیده شده و توان مورد نیاز آن‌ها برآورد شود.



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 تحت فشار، 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، شیاری مخزنی و خاک‌ورزی مخزن کوچک. مخزن‌های ایجادشده در شیاری، رواناب سطح خاک را ذخیره می‌کنند و سرعت حرکت آب در شیاریها را کاهش می‌دهند. این کار باعث افزایش نفوذ آب می‌شود و از جاری‌شدن آب در شیاری 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، به کار می‌رود. مخازن کوچک (حفره‌ها) معمولاً با فاصله کم (۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) احداث می‌شوند. مخازن ایجادشده می‌تواند به اشکال مختلف از جمله 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 هر قدر 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. هر قدر 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). در صورتی که عملیات همراه با کاشت بذر انجام می‌شود، این ماشین به خطی کار یا ردیف کار 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 بافاصله 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 شیاریبند^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 شیاری 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 در واقع حفره‌های کوچکی هستند که به وسیله بیلچه‌ها در کف شیاری 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 سوار شده 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 وارد شده تیغه به خاک را افزایش می‌دهد و به واحد خاک‌ورز در تبعیت از ناهمواری زمین کمک می‌کند. چاله‌های حفر شده مخازن کوچکی برای نگهداشت و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک هستند و از رواناب جلوگیری می‌کنند. نیروی موردنیاز برای حفر چاله‌ها به وسیله 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 به جای 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 با هم 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 به وسیله 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

اثرگذاری خاکورزی مخزنی بر کنترل رواناب و بهبود عملکرد محصول

در تحقیقات متعددی اثر مطلوب خاکورزی مخزنی روی کنترل رواناب و بهبود عملکرد محصول به علت افزایش بازدهی مصرف آب و یکنواختی پخش آب آبیاری و بارش باران در مزارع به اثبات رسیده است.

در پژوهشی نوعی ماشین خاکورز مخزنی که حفره‌هایی به عرض، طول و عمق ۳۵۶، ۲۴۱ و ۸۹ میلی‌متر در شیار ایجاد می‌کند، معرفی شد. مخازن ایجادشده به وسیله ماشین مانند خانه‌های شطرنج با فاصله حدود ۶۰ سانتی‌متر در ردیف‌هایی با فاصله حدود ۴۰ سانتی‌متر بودند. متوسط تعداد مخازن در هکتار ۴۴۵۰۰ عدد گزارش شده است.

در کانادا استفاده از روش خاکورزی مخزنی در خاکورزی پاییزه، به منظور کشت سیب‌زمینی در بهار، نتایج مناسبی در حفظ و افزایش نفوذ رطوبت ناشی از ذوب شدن برف به همراه داشته است.

در تحقیقی اثر استفاده از خاک‌پوش گیاهی و خاکورزی مخزنی بر عملکرد یک نوع سیب‌زمینی

بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مزرعه‌ای با شیب $4/2$ تا $8/5$ 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 10 درصد بود. خاک‌ورزی مخزنی در شرایط یادشده رواناب را تا 95 درصد کاهش داد. به‌علت اینکه مخازن ایجادشده در خاک به روش فشردن خاک ایجاد شده بودند، کارایی 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^۱ استفاده شد. نتایج نشان داد کرت‌هایی که با روش خاک‌ورزی مخزنی آبیاری شدند، نسبت به کرت‌های معمولی رواناب کم‌تری داشتند. این نتیجه در خاک

با چگالی (دانسیته) بیش‌تر مشخص‌تر بود.

نتایج تحقیقی نشان داده است که استفاده از خاک‌ورزی مخزنی در مزارعی که بین ۱۰ تا ۶۰ درصد تلفات آب داشته‌اند، باعث از بین رفتن رواناب شده و عملکرد گندم بهاره، سیب‌زمینی و ذرت را به ترتیب به میزان ۹/۵، ۲۲ و ۳۱ درصد افزایش داده است.

پژوهشی در مزرعه پیاز با چهار روش خاک‌ورزی انجام شد: ۱- کاشت روی پشته، ۲- کاشت روی پشته و خاک‌ورزی مخزنی در کف شیار، ۳- کاشت در زمین مسطح و ۴- کاشت در زمین مسطح به همراه خاک‌ورزی مخزنی در بین ردیف‌ها. نتایج نشان داد عملکرد تیمارهایی که شامل خاک‌ورزی مخزنی بوده‌اند، بهتر از تیمارهای بدون خاک‌ورزی مخزنی بوده است.

روش سوم کنترل رواناب: نقش‌بندی خاک

به منظور کنترل رواناب در مزارع با کشت‌های ردیفی و غیرردیفی و آبیاری با دستگاه‌های تحت فشار و نواری و در عرصه‌های منابع طبیعی می‌توان از عملیات نقش‌بندی خاک استفاده کرد.

نقش‌بندی خاک عبارت است از ایجاد چاله‌هایی با دیواره‌های هموار و حفره‌هایی به اشکال مختلف به‌خصوص V شکل به‌وسیله وارد کردن 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 شانۀ تخم‌مرغ (شکل ۳۹) تا پشته‌های بزرگ (شکل ۴۰)، برای کنترل رواناب‌های زیاد و دامنه‌های پرشیب ایجاد شوند.



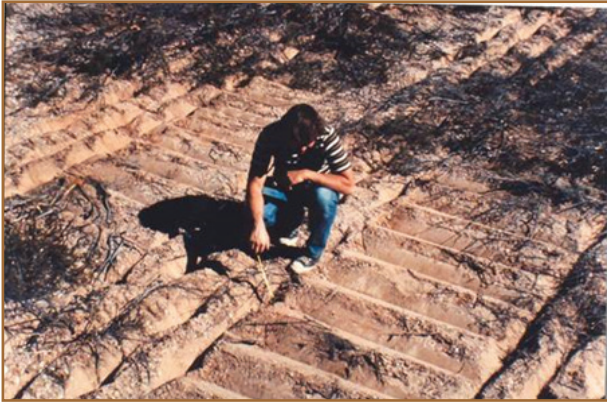
شکل ۳۷- نقش‌بندی خاک در دامنه‌های شیب‌دار



شکل ۳۸- نقش‌بندی خاک در دامنه‌های شیب‌دار



شکل ۳۹- نقش‌بندی دامنه‌ها با نقش‌های کوچک



شکل ۴۰- نقش‌بندی با پشته‌سازی

نقش‌بندی را می‌توان با حفر چاله‌های کوچک با استفاده از فشرده‌کردن خاک نرم سطحی انجام داد (شکل ۴۱) یا به‌جای فشرده‌سازی از حفر چاله‌های کوچک استفاده کرد. در روش حفر چاله نفوذ آب در خاک به‌علت وجود چاله‌ها افزایش می‌یابد و خاک کم‌تر متراکم می‌شود (شکل ۴۲). با آبیاری مزارع، آب در این حفره‌ها باقی می‌ماند و فرصت کافی برای نفوذ خواهد داشت. در عرصه‌های منابع طبیعی نیز پس از بارش باران به‌مرور در محل تجمع آب در حفره‌ها گیاهان مرتعی طبیعی یا کاشته‌شده سبز خواهند شد (شکل ۴۳)، بنابراین نقش‌بندی علاوه بر

کنترل رواناب، روشی برای حفاظت از خاک و آب نیز هست. با نقش‌بندی خاک، ضمن کنترل رواناب، سبزشدن گیاهان مرتعی باعث کاهش فرسایش بادی و آبی خاک می‌شود.



شکل ۴۱- نقش‌بندی با فشردن‌سازی



شکل ۴۲- نقش‌بندی با چاله‌سازی



شکل ۴۳- سبز شدن 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. در صورتی که 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. وقتی که 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 خاک کشیده شوند (شکل ۴۴ و ۴۵) یا خودرو باشند (شکل ۴۶). در خاک‌های سخت‌تر، پرکردن استوانه‌ها با بتن یا آب گل‌آلود می‌تواند قدرت نقش‌دهنده را افزایش دهد.



شکل ۴۴- نقش‌بند پشت تراکتوری

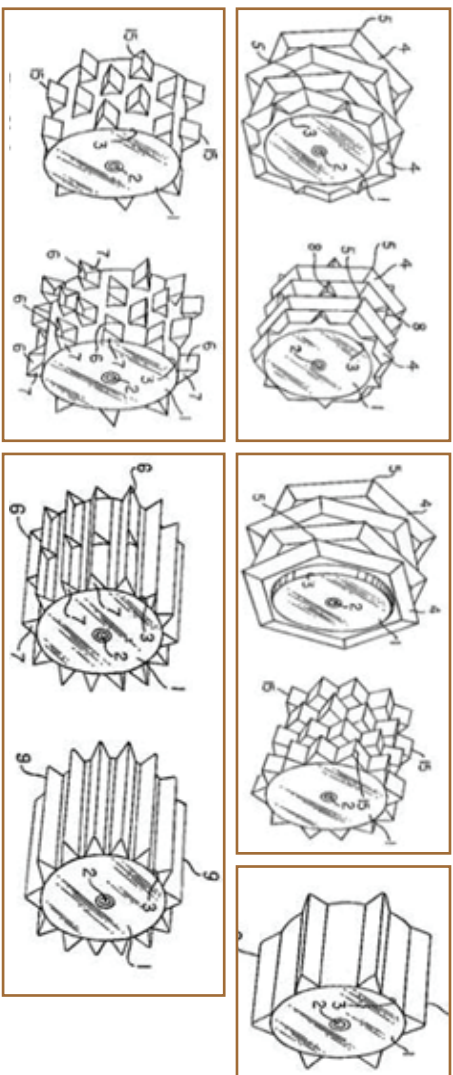


شکل ۴۵- نقش‌بند پشت تراکتوری ساخته شده توسط مؤسسه بین‌المللی ایکاردا



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 جمع شدن 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 بذور را نیز انجام می‌دهند (شکل ۴۹).



شکل ۴۷- طرح‌های مختلف سطح استوانه نقش‌بندها



شکل ۴۸- طرح‌های مختلف سطح استوانه نقش‌بندها



شکل ۴۹- نقش بند 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 به صورت 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 نهال کاری و بذر کاری در چاله‌ها صورت گیرد. از عملیات پیتینگ می‌توان به‌منظور کنترل رواناب در عرصه منابع طبیعی و با ملاحظات 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- جمع شدن آب باران در محل پیتینگ

روش‌ها و ماشین‌های انجام عملیات پیتینگ

پیتینگ در واقع هرگونه ناهموار کردن سطح خاک یا ایجاد چاله، خراش و حفره در سطح خاک است که باعث می‌شود از روان شدن آب جلوگیری کند و نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد. بنابراین روشی برای حفاظت از آب و خاک است. این کار باعث کاهش آب‌دوی 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 گاواهن برگردان‌دار به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۴ و ۵۵)؛
- ۲- پیتر بشقابی (استفاده از گاواهن بشقابی و نهرکن‌های بشقابی به‌عنوان پیتر) (شکل ۵۶، ۵۷ و ۵۸)؛
- ۳- پیتر ضربه‌ای (شکل ۵۹)؛
- ۴- پیتر میخی (شکل ۶۰).



شکل ۵۴- گاو آهن برگردان به‌عنوان پیتر



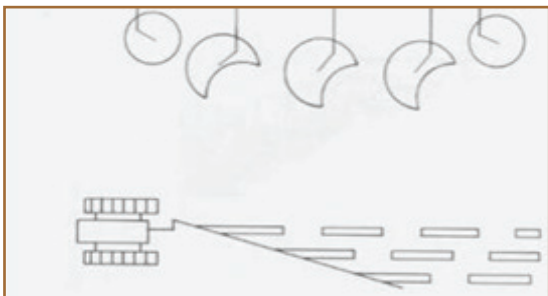
شکل ۵۵- ایجاد خراش طولی در سطح خاک به‌وسیله گاو آهن برگردان دار
(Treno plow یا Delfino plow)



شکل ۵۶- پیتر بشقابی قابل اتصال به انواع خودرو در حال کار
به انضمام کارنده بذر گیاه مرتعی



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



شکل ۵۸- ایجاد چاله به وسیله پیتر بشقابی



شکل ۵۹- پیتر ضربه‌ای



شکل ۶۰- پیتر میخ‌دار (غلتهک میخ‌دار)

روش پنجم کنترل رواناب: کنتور فارو

ایجاد جوی‌های کم‌عمق و پشته کم‌ارتفاع بر روی خطوط تراز در باغات (واقع در دامنه‌های شیب‌دار)، عرصه‌های منابع طبیعی، مراتع و حتی مزارع به‌منظور افزایش فرصت نفوذ آب در خاک به عملیات کنتور فارو معروف است. نفوذ آب در خاک ممکن است به هریک از دلایل زیر با مشکل مواجه شود و باعث ایجاد رواناب و در نتیجه فرسایش خاک و هدرروی آب شود (شکل 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 آب‌دوی 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 هدرروی آب و فرسایش خاک می‌شود.

روش کنتور فارو از دهه ۱۹۳۰ در سطح وسیع و با تنوع زیاد از نظر 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

فاصله کم‌تر از ۱/۵ متر، باعث تأثیر بیش‌تر آن‌ها در افزایش پوشش گیاهی نسبت به وقتی شد که نهرها دارای عمق و عرض بیش‌تر و با فواصل بیش‌تر از یکدیگر بودند. مطالعات دیگری همچنین نشان داد که ایجاد کنتور فارو مقدار نفوذ آب را از ۰/۲۵ به ۳/۱ سانتی‌متر در ساعت افزایش می‌دهد. گزارش‌ها نشان می‌دهد میانگین آب ذخیره‌شده در خاک در منطقه‌ای که کنتور فارو ایجاد شده است، حدود ۸ درصد بیش‌تر از مناطق مجاور بدون کنتور فارو بود. بر طبق گفته محققان فاروها تا حداقل ۲۰ سال پس از ایجاد، تولید علوفه را افزایش می‌دهند.

به‌طور کلی، از منابع پژوهشی متعدد می‌توان این‌گونه برداشت کرد که در فاروهای کوچک با فواصل کم، رطوبت اضافی ذخیره‌شده در پروفیل خاک، به‌طور یکنواخت‌تری در سطح مرتع پخش می‌شود. همچنین در مدت‌زمان کوتاهی پوشش گیاهی افزایش می‌یابد و نزولات آسمانی در محلی که بیش‌ترین و بهترین کارآیی را دارد، ذخیره می‌شود. حال آنکه در فاروهای بزرگ‌تر با فواصل بیش‌تر، افزایش درصد پوشش گیاهی به‌کندی صورت می‌گیرد و نیز مقدار آب ذخیره‌شده در داخل آن‌ها، بسیار

بیش‌تر از میزانی است که بتواند در همان نقطه به مصرف برسد. در نتیجه، 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 قابل اجرا هستند، در حالی که 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. از نظر 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. به‌طور کلی، ایجاد فارو با فاصله بیش‌تر از $1/5$ تا $1/8$ 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 بذرداری 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 بتایی استفاده می‌شود. در این روش، با هم‌سطح کردن 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

تا تراکتور عقبی با دنبال کردن آن بتواند روی خط تراز حرکت کند.

با افزایش سطح عملیات، چنین روش‌هایی پاسخ‌گو نیستند. دستگاه‌هایی برای خودترازروی تراکتورها وجود دارد. در کشور و در دانشگاه شیراز برای این کار دستگاهی ساخته شد. این دستگاه بر روی تراکتور سوار می‌شود و راننده می‌تواند خطوط تراز را دنبال کند یا حتی تراکتور بدون راننده می‌تواند خطوط تراز را طی کند.

تراکتور خودترازو

در دو دهه اخیر، مهندسان کشاورزی توجه زیادی به هدایت خودکار تراکتورها کرده‌اند. هدایت خودکار هنگامی عملی خواهد شد که اقتصادی باشد، راحتی بتوان از آن استفاده کرد و به‌طور کامل بر روی تراکتور نصب شود. سیستم هدایت خودکار فرمان، شامل واحدهای حس‌کننده، کنترل‌کننده و عمل‌کننده است. انواع مختلفی از سیستم فرمان همچون کابل راهنما، کنترل‌کننده لیزری، کنترل‌کننده رادیویی و... به‌منظور استفاده در هدایت خودکاری، توسعه یافته است. در پژوهشی یک سامانه هدایت خودکار تراکتورها بر روی شیب طراحی و ساخته

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، گاواهن دو خیش و گاواهن 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 خودترازو به‌منظور هدایت خودکار تراکتور بر روی خطوط تراز در حین کاشت ساخته شده است. سامانه خودترازو 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 به واحد پردازش ارسال می‌کند. از پتانسیومتر و مازول فشارسنج برای کنترل یکنواختی ارتفاع نقاط مسیر حرکت تراکتور استفاده می‌شود. پتانسیومتر نوعی مقاومت متغیر با سه پایه است که پایه وسط معمولاً پایه متغیر آن است. به این پایه متغیر یک دکمه چرخان (ولوم) متصل بوده که برای تقسیم ولتاژ تنظیم‌شدنی است و با حرکت این پایه متحرک، مقادیر مقاومتی متغیری ایجاد می‌شود. پتانسیومترها معمولاً برای کنترل دستگاه‌های الکتریکی مانند کنترل صدا در تجهیزات صوتی و همچنین برای کم یا زیاد کردن عواملی مانند نور، صوت، گرما، سرما و سرعت استفاده می‌شود. واحد پردازش با استفاده از داده‌های ارسال شده از واحد حس‌کننده، فرمان‌های لازم را به واحد عمل‌کننده صادر می‌کند. واحد عملگر شامل یک موتور الکتریکی به همراه یک جعبه‌دنده است که از طریق سیستم چرخ و زنجیر به فرمان تراکتور متصل است و آن را در مسیر خطوط تراز هدایت می‌کند. نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد که خطوط کشت ایجادشده در شیب‌های مختلف در سطح اطمینان بالایی منطبق بر خطوط تراز زمین است.

امروزه با فراگیر شدن سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، سامانه‌های مکان‌یابی (جی‌پی‌اس) و سامانه‌های

سنجش از دور با تصاویر ماهواره‌ای، امکان خودترازروی تراکتورها به وجود 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 به صورت خودکار یا با حضور راننده، تراکتور را در خط مستقیم یا منحنی یا در جهت خطوط تراز هدایت کرد (شکل ۶۵).



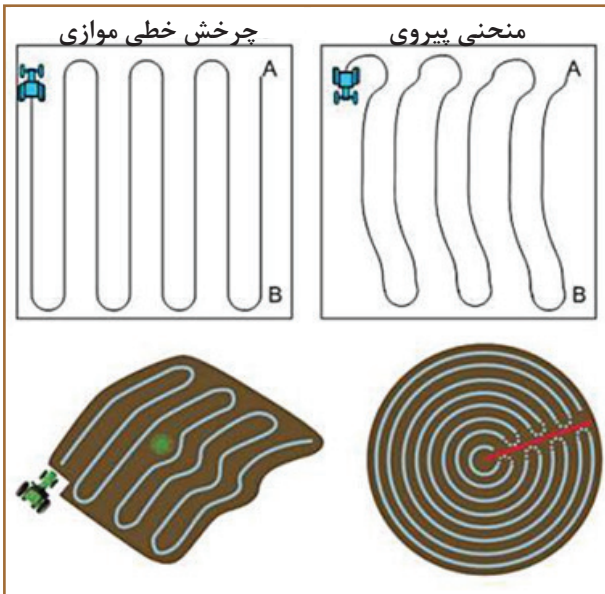
شکل ۶۲- انواع گیرنده‌های جی‌پی‌اس مخصوص تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی



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



شکل ۶۴- نمونه‌ای از یک نشانگر نوری



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

ماشین‌های موردنیاز برای اجرای کنتور فارو

کنتور فارو 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 اجرای کنتور فارو هستند، اجرا کرد.

با گاوآهن برگردان‌دار و بشقابی می‌توان خاک را به‌طرف پایین‌دست شیب انتقال داد. مزیت استفاده از گاوآهن نوع دوطرفه این است که در رفت‌و برگشت 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- گاو آهن برگردان دار دو طرفه



شکل ۶۸- گاو آهن 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 این آبیگرها جمع می‌شود و بتدریج در خاک نفوذ می‌کند (شکل ۷۳).

در کشور ما باغداران به‌صورت سنتی در باغات، بویژه در دامنه‌ها که شیب زمین زیاد است، در قسمت بالادست درختان چاله‌هایی حفر کرده و سپس آن را با سنگ‌ریزه یا قلوه‌سنگ پر می‌کنند. بدین صورت آب باران در هنگام جاری‌شدن در دامنه‌ها به داخل این چاله‌ها می‌رود و جذب خاک ناحیه ریشه درخت می‌شود. وجود سنگ‌ریزه یا قلوه‌سنگ در چاله‌ها باعث می‌شود که چاله‌ها به‌وسیله خاک آبرفتی پر نشود و همواره خصوصیت نفوذپذیری این چاله‌ها حفظ شود. حتی در باغاتی که زمین شیب چندانی ندارد، به‌منظور بهبود شرایط آبیاری از جمله حفظ آب اضافی و دادن فرصت نفوذ به آن و یکنواختی آبیاری و مدیریت آن، در ناحیه ویژه‌ای، نزدیک ریشه می‌توان این حفره‌ها را ایجاد کرد. در دامنه‌های شیب‌دار این کار بیش‌تر به‌صورت دستی انجام می‌شود؛ اما در عرصه‌های کم‌شیب با ماشین هم می‌توان انجام 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- جمع شدن آب در آبگیر

آب جمع‌آوری شده 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

به‌طور کلی یکی از روش‌های کنترل رواناب در باغات و مزارع و عرصه‌های منابع طبیعی، ناهمواری ساختن سطح خاک با ماشین‌های مختلف است. شخم‌زدن سطح خاک با انواع ماشین‌های خاک‌ورزی و ایجاد خراش در سطح خاک باعث کاهش آب‌دوی 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 رپرها

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. در صورتی که 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 به وجود 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، به وسیله گاواهن برگردان‌دار ایجاد می‌شود. این لایه سخت به علت کوبیده شدن خاک زیر کفش و پاشنه گاواهن به وجود می‌آید. لایه سخت نوع دوم، در مزارع و باغات بیش‌تر به علت عوامل مصنوعی و در عرصه‌های منابع طبیعی و بیابان‌ها بیش‌تر به علت عوامل طبیعی به وجود 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 به سمت 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 به وجود می‌آیند (شکل ۷۵). وجود لایه سخت مشکلات زیر را به وجود 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 در نتیجه ایجاد رواناب؛
- ۴- جلوگیری از زهکشی مناسب؛
- ۵- کاهش تهویه خاک و بروز مشکل برای تنفس ریشه گیاه به علت 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

در صورتی که گیاه زراعی، درختان و گیاهان مرتعی رشد مناسبی ندارند و مشکل به علت نوع خاک، کمبود عناصر، کیفیت و میزان آب و سایر عوامل شناخته شده نیست، احتمال وجود لایه سخت در عمق خاک وجود دارد.

۲- روش ایجاد پروفیل و نمونه برداری از خاک

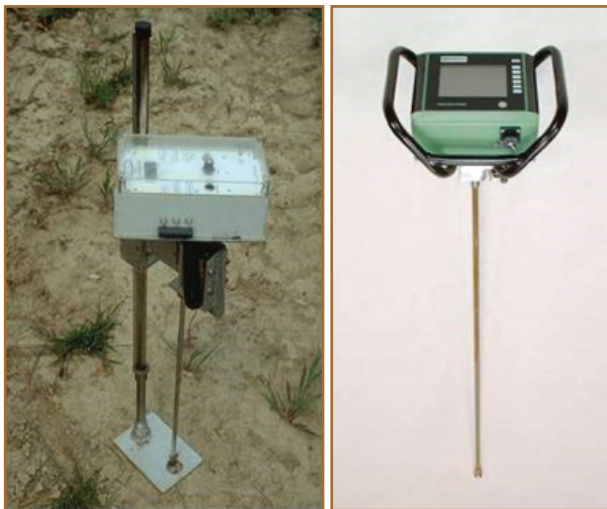
با ایجاد پروفیل در خاک و نمونه برداری از آن در عمق‌های مختلف، لایه‌های خاک از نظر تراکم بررسی می‌شوند. شاخص مناسب برای تشخیص لایه سخت در این روش، وزن مخصوص خاک است. از نظر ظاهری نیز برای بررسی فشردگی خاک می‌توان رشد ریشه را در حاشیه پروفیل بررسی کرد (شکل ۷۷).

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. در صورتی که 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 نه تنها 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- گاو آهن چیزل (قلمی)

استفاده از گاو آهن قلمی برای بهبود نفوذ در
طرح‌های پخش سیلاب

طرح‌های پخش سیلاب به منظور 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 به وسیله خاک‌ریز بسته شده‌اند، به

درون زمین نفوذ می کنند. این استخرها به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر ساخته شده و سیلاب پس از ورود به استخر اول از آن سرریز می شود و بعد از طی مسافتی وارد استخر دوم می شود. به این ترتیب هم سرعت آب کم می شود و هم ذرات خاک حمل شده به وسیله سیلاب ته نشین می شوند. برای نفوذپذیری بیشتر در کف استخرها شن ریزی می کنند. در نتیجه بعد از مدتی با ته نشین شدن ذرات خاک کف استخرها، لایه سخت و نفوذناپذیری ایجاد می شود. به منظور بهبود نفوذ آب در خاک در طرح های پخش سیلاب پیشنهاد می شود هر از چند سال یک بار با استفاده از گاو آهن قلمی لایه سخت خاک شکسته شود.

گاو آهن قلمی (چیزل)

این خاک ورز بدون برگرداندن خاک عملیات شخم را انجام می دهد و باقی مانده های گیاهی و خاشاک را بر روی سطح زمین حفظ می کند (شکل ۸۱). برگردان نشدن خاک و حفظ بقایای گیاهی روی سطح زمین موجب حفظ رطوبت می شود. این خاک ورز ساختمان خاک را زیاد به هم نمی زند و بنابراین ساختمان خاک آسیب نمی بیند. استفاده از این خاک ورز موجب حفظ ساختمان

خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، حفظ رطوبت خاک و کاهش فرسایش آن می‌شود.

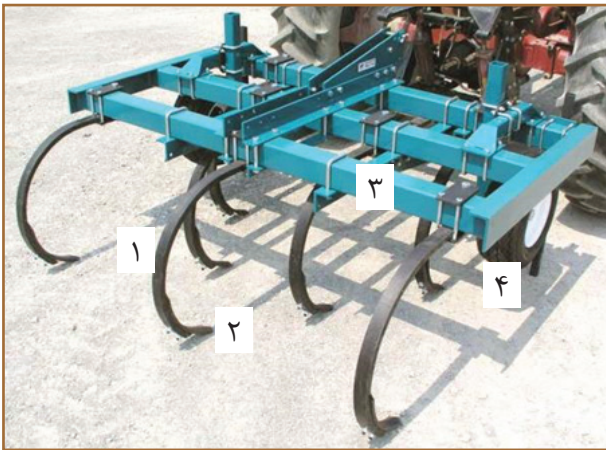


شکل ۸۱- حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک در هنگام شخم با گاوآهن چیزل

گاوآهن چیزل برعکس گاوآهن برگردان‌دار و بشقابی خاک را بر نمی‌گرداند؛ بلکه همانند گاوآهن ساده ایرانی، تنها با نفوذ درون خاک، آن را می‌شکافد و شیری در آن ایجاد می‌کند. استفاده از گاوآهن چیزل تنها در مواردی توصیه می‌شود که برگرداندن خاک به‌دلیلی توصیه نمی‌شود. این موارد عبارت‌اند از:

- به‌منظور کنترل فرسایش خاک، نباید بقایای گیاهی را زیر خاک کرد؛

- با محدود کردن تبخیر سطحی، بتوان شرایط لازم برای نفوذ بهتر آب درون خاک و ذخیره‌سازی مناسب رطوبت درون آن را ایجاد کرد. گاواهن چیزل از عامل خاک‌ورز (شاخه‌ها)، ساقه، شاسی (قاب یا میل افزار) و تیغه ساخته شده است. تیغه به نوک ساقه متصل می‌شود و عامل اصلی شکافتن زمین است که برحسب نوع فرم آن، کاربرد بخصوصی دارد (شکل ۸۲).



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

گاواهن چیزل برای نفوذ در خاک سخت، متلاشی کردن لایه‌های متراکم و شکستن کلوخه‌های

بزرگ طراحی و ساخته شده است. تیغه عامل نفوذ و ایجاد شیار درون خاک است. استفاده از ادوات خاک‌ورزی ثانویه به همراه گاوآهن چیزل آن را به نوعی ماشین مرکب برای خاک‌ورزی حفاظتی تبدیل کرده است (شکل ۸۳).



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

بهترین زمان استفاده از گاوآهن‌های چیزل، هنگامی است که خاک نسبتاً خشک باشد. انواع تیغه‌های گاوآهن چیزل وجود دارد. تیغه‌های نازک‌تر و بیلچه‌مانند (شکل ۸۴)، برای نفوذ در عمق

بیش تر و به هم زدن و خرد کردن خاک و تیغه های عریض تر مثل پنجه غازی ها (شکل ۸۵) برای تهیه بستر بذر و از بین بردن علف های هرز به کار می روند. گاواهن چیزل برای خاک ورزی پوشش دار (نوعی از خاک ورزی است که در آن بقایای گیاهی در سطح خاک حفظ می شود) کاربرد فراوانی دارد. مطالعات نشان می دهد که حدود ۲۵ درصد خاشاک در اثر شخم با گاواهن چیزل به زیر خاک برده می شود.



شکل ۸۴ - تیغه باریک



شکل ۸۵ - پنجه غازی

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 رپیرها استفاده می‌شود.

عملیات شکستن لایه سخت با زیرشکن

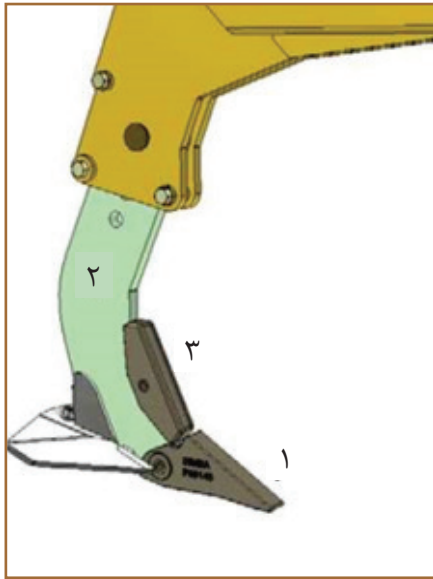
زیرشکن‌ها در ایران به گاوآهن‌های اسکنه‌ای نیز معروف‌اند. زیرشکن‌ها برای شکستن لایه‌های سخت داخل خاک که پایین‌تر از عمق کار ادوات معمول خاک‌ورزی تشکیل می‌شوند، به کار می‌روند تا آب بهتر بتواند به اعماق خاک نفوذ کند و عبور ریشه میسر شود. در موقع استفاده از زیرشکن، خاک باید خشک یا نسبتاً خشک باشد؛ در صورتی که خاک مرطوب باشد فقط شکاف باریکی ایجاد شده و احتمالاً به سرعت 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 به کار می‌رود. سنبه زهکشی که به انتهای زیرشکن متصل می‌شود،

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

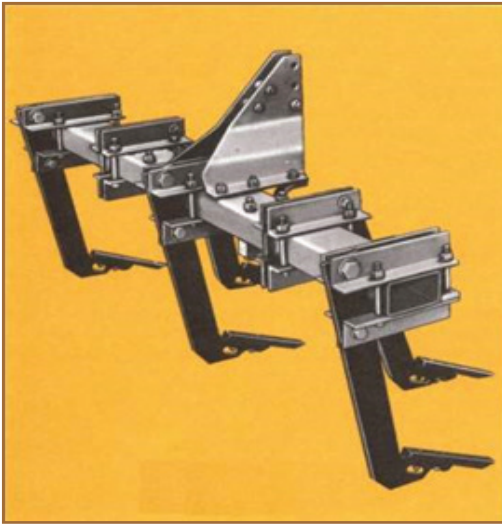
۱- L شکل

۲- C شکل

۳- L شکل مورب



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



شکل ۸۷- زیرشکن چندشاخه

امروزه زیرشکن‌ها غالباً به صورت 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 متلاشی کردن سخت لایه‌های فشرده‌شده و نفوذناپذیر خاک در مناطق بیابانی. این لایه‌ها از نفوذ آب و توسعه ریشه گیاهان جلوگیری می‌کنند. به‌طور کلی هدف از ریپر زدن، شکستن لایه نفوذناپذیر موجود در اعماق مختلف خاک‌های مناطق بیابانی است، به‌نحوی که امکان نفوذ آب و فعالیت ریشه‌های گیاهان فراهم شود.

در اغلب مراتع بیابانی، با وجود اینکه 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 شور شدن 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، به دلیل وجود جریان‌های شدید آب سطحی و نفوذ نکردن 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

خاک مرتع، لزوم اجرای آن را کاملاً تأیید کنند، به‌گونه‌ای که اجرای سایر عملیات ذخیره نزولات آسمانی در آن منطقه بی‌تأثیر باشند.

نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که شکستن لایه‌های سخت اگر در شرایط مناسب انجام گیرد، تأثیر فراوانی در افزایش تولید علوفه مرتع خواهد داشت.

شرایط عملیات شکستن لایه سخت با ریپر

ریپر زدن، بخصوص در اراضی شیب‌دار، باید مانند سایر روش‌های ذخیره نزولات آسمانی بر روی خطوط تراز انجام گیرد. زمین‌هایی با سخت‌لایه نفوذناپذیر و درعین حال با قابلیت تولید علوفه بالا، به‌منظور کاربرد ماشین‌آلات ریپرزن توجیه‌پذیر است. این اراضی ممکن است شامل اراضی پست (کفه‌ها)، اراضی پخش سیلاب دارای لایه‌های سفت و محدودکننده، رویشگاه‌های اصلاحی و... باشد.

عمق عملیات بستگی به ضخامت لایه نفوذناپذیر دارد و به‌طور کلی از ۲۵ تا ۹۰ سانتی‌متر متغیر است. فاصله مناسب بین ردیف‌ها نیز ۱۲۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر است. مناسب‌ترین زمان برای اجرای عملیات ریپر 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 به صورت کلوخ‌های عظیمی از زمین خارج می‌شود و خرابی‌های بزرگی را در سطح مرتع به وجود 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.

به‌طور کلی شکستن لایه سخت خاک، به توان و انرژی زیادی نیاز دارد که برای انجام آن ماشین‌آلات سنگین و پر قدرت لازم است. میزان نیروی مورد نیاز 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 پر قدرت حمل می‌شوند و هزینه کم‌تری دارند، هم‌اکنون در نقاط مختلف دنیا استفاده می‌شوند (شکل ۹۰). برای کاهش هزینه اجرایی، بهتر است قبل از شروع

عملیات با حفر پروفیل‌هایی عمیق و ضخامت سخت‌لایه در چند نقطه از زمین بررسی شود و متناسب با آن عمق نفوذ تیغه ریپر و بولدوزر با توان مناسب انتخاب شود.



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 در نتیجه 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 در نهایت سبب کاهش عملکرد محصول و ایجاد رواناب در مزارع می‌شود. در عرصه‌های منابع طبیعی تراکم و فشردگی خاک بیش‌تر بر اثر عوامل طبیعی از جمله نزولات جوئی 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 به‌طور کلی 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 به دلیل 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 کمی 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 بذری کافی نیست، کاربرد گاوآهن چینل برای تهیه بستر بذری به‌طور هم‌زمان با زیرشکن توصیه می‌شود. با این روش تردد ماشین‌آلات در مزرعه کاهش می‌یابد و در نتیجه 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 از نظر مواد آلی باعث می‌شود که خاک زراعی به شکل بلوک‌های سخت و

به هم چسبیده درآید. البته گاهی نیز باعث تخریب ساختمان خاک می شود.

عملیات خاک ورزی در اکثر مناطق ایران به وسیله گاواهن برگردان دار و با دفن باقی مانده بقایای گیاهی انجام می شود. با وجود همه مزایایی که گاواهن برگردان دار نسبت به بقیه گاواهن ها دارد، استفاده دائمی از آن بویژه در مناطق خشک مشکلاتی را نیز به همراه داشته است. مهم ترین مشکلات خاک ورزی مرسوم در اثر استفاده از گاواهن برگردان دار عبارت است از:

- ۱- کلوخه ای شدن خاک؛
- ۲- نیاز به وقت و انرژی زیاد؛
- ۳- هزینه زیاد؛
- ۴- تخریب ساختمان خاک؛
- ۵- به هم زدن 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.

بقیایای محصولات زراعی را معمولاً کشاورزان یا از مزرعه خارج می‌کنند یا برای چرای دام استفاده می‌شود یا سوزانده می‌شود. وجود بقیایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی، باعث بروز برخی مشکلات در هنگام شخم، کاشت و داشت محصول می‌شود. کشاورزان برای رفع مزاحمت بقیایای گیاهی، راحت‌ترین روش یعنی سوزاندن را انتخاب می‌کنند. بقیایای 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 کم کردن شدت عملیات خاک‌ورزی، کاهش عمق شخم یا سست و لق کردن 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 در نتیجه 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 مخلوط کردن 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. از این‌رو 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:

- نگره‌دارنده 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 بیش از حد و خروج بقایای گیاهی از مزرعه باعث کاهش منابع تأمین مواد آلی خاک می‌شود. تجزیه سریع بقایا و مواد آلی به علت خاک‌ورزی مرسوم از دیگر علل فقر خاک از نظر 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 در نتیجه 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 هر ساله 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 دی‌اکسید کربن 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 از هم‌گسیخته شده و باعث کاهش کربن آلی خاک در طول زمان می‌شود. در شیوه خاک‌ورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی به دلیل کاستن از به هم خوردن خاک و بقایا، فرصت جذب کربن اتمسفر درون خاک به وجود 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 به میزان

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 شیاریهای مسدودشده، به ماشین‌های شیاری‌بند نیاز است. شیاری‌بندها شامل انواع مختلفی از جمله شیاری‌بند پارویی (شکل ۱۴)، شیاری‌بند بیلچه‌ای مکانیکی (شکل ۱۵) و شیاری‌بند 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 به سرعت 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)، گاواهن‌های 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 خودترازو 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 چيزل و خاک‌ورز مرکب برای اجرای عملیات در دسترس است. درباره رپرها انواع رپرهایی که در عقب بولدوزرها سوار هستند، در کشور موجود است. روش تشخیص لایه سخت در عمق خاک، به صورت 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)، کمینات (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 سنجش از دور
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.
- تاکلی، 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.

- ترجمه. مؤلف اصلی گرنجر، آ. ۱۶۹ صفحه.
- دهقانی، س.، کارپرو فرد، س. ح. و رحمانیان کوشکی، ح. ۱۳۹۵. طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هدایت خودکار خودترازروی تراکتور در زمین‌های شیب‌دار. نشریه ماشین‌های کشاورزی. ۶ (۱)، صفحه ۱-۱۳.
- رستمی، م. ع. و افضل‌ی گروه، ه. ۱۳۹۳. کنترل رواناب در مزرعه با ماشین شیاربند و شیارهای مسدودشده. اولین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست. ۱۹ و ۲۰ شهریور ۱۳۹۳، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- رستمی، م. ع. ۱۳۹۳. کنترل رواناب در سیستم‌های آبیاری تحت فشار با خاک‌ورزی مخزنی. اولین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط‌زیست. ۱۹ و ۲۰ شهریور ۱۳۹۳، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- سیادت، ح. ۱۹۹۲. اصلاح اقتصادی دام و طیور (در مجموعه وضعیت جهان. ۱۳۸-۱۱۱: مسائل محیط زیست)، تهران: نشر آروین، ۱۳۷۲. ترجمه، مؤلف اصلی: درنینگ، آ. ت. و هالی، ب. ب. ۲۵۴ صفحه.
- طاووسی، ت، محمودی، پ. و سرگلزائی مقدم، ف. ۱۳۸۹. مقایسه گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در ایران طی دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵. فصلنامه

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
اقلیم خشک و نیمه خشک در ایران. کنفرانس بین‌المللی
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 کمی و کیفی محصول پنبه رقم
ساحل. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸ (۵)، صفحه ۷۹۲-۸۰۳.

