



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

راهکارهای عملی برای کاهش پیامدهای زیان بار فشردگی خاک



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

استان مرکزی

۱۴۰۰

نشریه ترویجی

۲۸۵



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

..... راهکارهای عملی برای

کاهش پیامدهای زیان بار فشرده گی خاک

سرشناسه	: هدایتی پور، ابوالفضل، ۱۳۵۱-
عنوان و نام پدیدآور	: راهکارهای عملی جهت کاهش پیامدهای زیان بار فشردگی خاک / نویسنده ابوالفضل هدایتی پور؛ ویراستاران ترویجی سعیده اجاقی و نصیبه پورفاتح؛ تهیه شده در معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی.
مشخصات نشر	: تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۴ص: مصور (رنگی).
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۸۹۲-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
موضوع	: خاک -- فشردگی
موضوع	: Soil compaction
موضوع	: خاک -- فشردگی -- کنترل کیفی
موضوع	: Soil compaction-- Quality control
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	: TAV۱۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۵۱۳۶۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۴۹۸۰۲۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا	

ISBN: 978-964-520-892-7

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۸۹۲-۷



عنوان: راهکارهای عملی برای کاهش پیامدهای زیان بار فشردگی خاک

نویسنده: ابوالفضل هدایتی پور

مدیر داخلی: ویدا همتی

ویراستاران ترویجی: سعیده اجاقی و نصیبه پورفاتح

ویراستار ادبی: آذر بهبهانی

تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: محدود

قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۶۰۳۱۱ به تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۰۶ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

مخاطبان

- کشاورزان پیشرو،
- کارشناسان،
- مروجان پهنه‌های تولیدی.

اهداف آموزشی

- شما پس از مطالعه این نشریه با روش‌های عملی و مزرعه‌ای تشخیص فشردگی خاک، اثرات مخرب آن و همچنین روش‌های عملیاتی جهت کاهش فشردگی خاک آشنا می‌شوید.

فهرست

صفحه	عنوان
۷	مقدمه
۷	پیامدهای افزایش فشردگی خاک
۸	تعریف فشردگی خاک
۹	انواع فشردگی در خاک‌های کشاورزی
۹	فشردگی ایجاد شده به خاطر تشکیل سلّه
۹	فشردگی در لایه‌های بالایی خاک (عمق ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر)
۹	فشردگی به خاطر ایجاد لایه شخم
۹	فشردگی عمقی
۱۰	فشردگی طبیعی خاک
۱۱	پیامدهای منفی فشردگی خاک
۱۲	روش‌های کنترل و از میان بردن فشردگی خاک
۱۹	روش‌های تشخیص فشردگی خاک

مقدمه

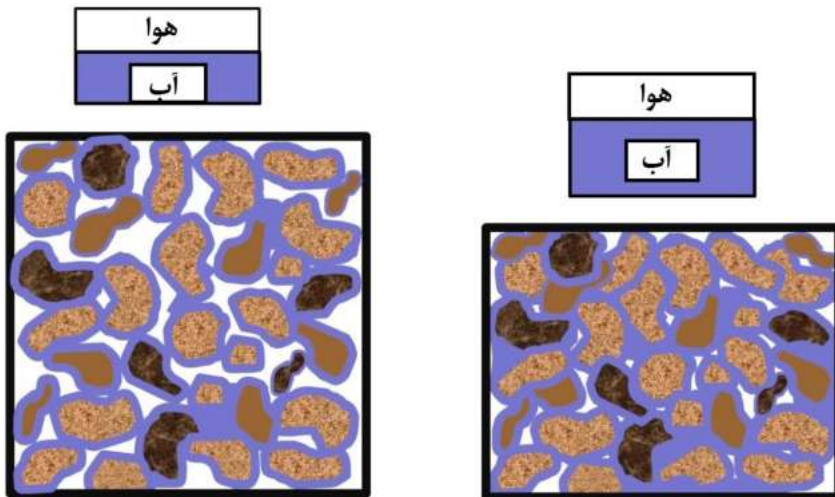
با افزایش جمعیت جهان و نیاز روزافزون به مواد غذایی، بهبود کشاورزی پایدار نیازی بایسته است. حفاظت از منابع خاک و داشتن خاک سالم، از مهم‌ترین ویژگی‌های کشاورزی پایدار به شمار می‌رود. یکی از جستارهای مهم پیرامون حفظ سلامتی خاک، جلوگیری از فشردگی خاک است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند عامل اصلی فشردگی خاک، بکارگیری ادوات سنگین است. عوامل دیگری نیز همچون استفاده بیش از اندازه از کودهای شیمیایی در چندین سال گذشته و همچنین فشردگی طبیعی خاک به دلیل انباشت رسوبات در عمق خاک (در درازمدت) و شیوه مدیریت عملیات خاک‌ورزی بر روی فشردگی تأثیرگذار هستند.

پیامدهای افزایش فشردگی خاک

پیش از هرچیز، افزایش فشردگی خاک به طور چشمگیری میزان خلل و فرج خاک (به‌ویژه خلل و فرج بزرگ خاک) را کاهش می‌دهد، که در پی آن، نفوذپذیری خاک و تبادل گازی در آن کاهش می‌یابد. همچنین، به‌خاطر محدود شدن ریشه‌دوانی در خاک، رشد گیاه با محدودیت روبرو می‌شود. دوم، فشردگی خاک، سبب کاهش جذب نیتروژن در ریشه گیاه می‌شود. سوم، کارایی مصرف آب پایین می‌آید. و چهارم، به دنبال کاهش سرعت نفوذ آب در خاک، ماندگاری آب در سطح زمین افزایش یافته و به هنگام بارندگی شدید احتمال وقوع سیلاب را بالا می‌برد. همچنین، ماندگاری آب در سطح کشتزار سبب افزایش تبخیر می‌شود که پیامد آن نیز کاهش کارایی مصرف آب خواهد بود.

تعریف فشردگی خاک

منظور از فشردگی خاک، کاهش فضای میان خاک‌دانه‌ها است (شکل ۱). آشکار است با کم شدن این فضا، نفوذ ریشه و جذب مواد غذایی به آسانی امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱- فشردگی خاک سبب کم شدن حجم میان خاک‌دانه‌ها می‌شود.
خاک فشرده (سمت راست)، حالت طبیعی خاک (سمت چپ)

وجود تخلخل کافی در خاک، سبب تبادل بهتر اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، میان خاک و محیط پیرامون می‌شود. چنانچه تهویه کافی نباشد، تراکم این گاز در خاک، افزایش یافته و جوانه‌زنی بذور دچار مشکل خواهد شد. سرعت پخش گاز در هوا ده هزار برابر سرعت آن در آب است. شکل ۱ نشان می‌دهد که حجم منافذ هوا در خاک فشرده، کم شده و تهویه محیط خاک به آسانی انجام نمی‌پذیرد.

انواع فشردگی در خاک‌های کشاورزی

در ادامه این نوشتار انواع فشردگی‌های موجود (شکل ۲) در خاک‌های کشاورزی و روش‌های برطرف نمودن آنها توضیح داده می‌شود.

فشردگی ایجاد شده به خاطر تشکیل سلّه

فشردگی ایجاد شده را می‌توان با انجام عملیات سلّه‌شکنی برطرف نمود.

فشردگی در لایه‌های بالایی خاک (عمق ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر)

این نوع فشردگی با رفت و آمد ادوات سنگین و یا انجام عملیات زراعی در خاک مرطوب پدید می‌آید. فشردگی این بخش از خاک با انجام عملیات شخم برطرف می‌شود.

فشردگی به خاطر ایجاد لایه شخم

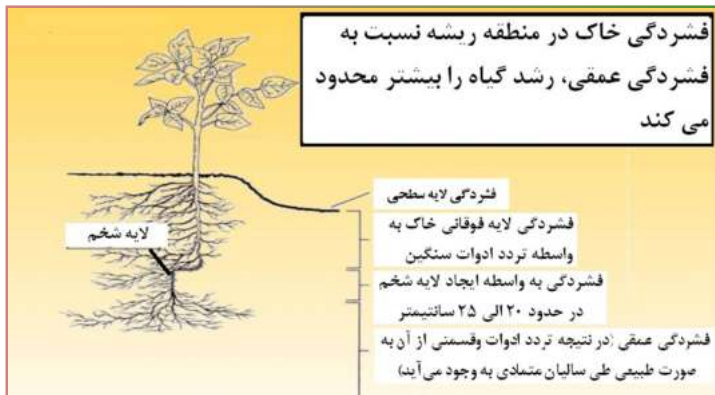
ضخامت این لایه ۱۰-۳ سانتی‌متر است و به سادگی دیده نمی‌شود. علت به وجود آمدن این لایه، انجام شخم‌های پی‌درپی با گاوآهن برگردان‌دار، در یک عمق کمابیش ثابت است. به زبان بهتر، اگر عمق شخم در سال‌های گوناگون ۲۵ سانتی‌متر باشد، تیغه گاوآهن لایه‌ای سخت پدید می‌آورد. این نوع فشردگی اثرات نامطلوبی بر روی رشد ریشه و کارکرد محصول دارد (شکل ۳).

فشردگی عمقی

فشردگی عمقی در لایه‌ای پایین‌تر از لایه شخم به وجود می‌آید. رفت و آمد ادوات سنگین و تراکتورها سبب پدید آمدن این نوع فشردگی می‌شود. از میان بردن این فشردگی، سبب دگرگونی در ساختمان خاک شده، هزینه‌بر بوده و به سادگی انجام‌پذیر نیست. برای این کار باید از زیرشکن (Subsoiler) تک‌شاخه و یا چندشاخه بهره گرفت.

فشردگی طبیعی خاک

در خاک‌های مختلف، فشردگی طبیعی با قطره‌های گوناگون پدیدار می‌شود و مدت زمان تشکیل آن شاید به صدها سال برسد. با تبخیر رطوبت خاک، مواد حل‌شونده همچون آهن، سیلیسیم، و کلسیم به فضای میان خاک‌دانه‌ها نفوذ کرده و در بخش عمقی خاک ته‌نشین می‌شوند. عمق این لایه از چندین سانتی‌متر تا ده‌ها سانتی‌متر متغیر است. رفت و آمد ادوات سنگین نیز این نوع فشردگی را بیش‌تر می‌کند.



شکل ۲- انواع فشردگی خاک



شکل ۳- شکل لایه شخم به دلیل بکارگیری گاواهن برگردان‌دار

پیامدهای منفی فشردگی خاک

در این بخش به پیامدهای منفی فشردگی خاک پرداخته می‌شود.

● **کاهش عملکرد محصول:** همان‌گونه که گفته شد، رشد ریشه در خاک فشرده با محدودیت همراه است. گیاه برای ریشه‌دوانی در خاک‌های فشرده وادار می‌شود انرژی زیادی مصرف کند. شکل ریشه‌ها در خاک‌های فشرده، بیش‌تر نامنظم است. محدودیت رشد ریشه نیز جذب آب و مواد غذایی را با دشواری روبرو می‌کند. با کاهش میزان جذب عناصر غذایی و همچنین تهویه ناکافی ریشه، کارکرد دانه کاهش می‌یابد.

● **افزایش مصرف سوخت و فرسودگی ادوات خاک‌ورزی:** برش خاک و شکستن کلوخه‌ها در خاک فشرده، نیازمند نیروی بسیاری است، از این‌رو شدت عملیات خاک‌ورزی افزایش یافته و به دنبال آن، مصرف سوخت و میزان فرسودگی ادوات خاک‌ورزی بالا می‌رود.

● **کاهش کارآیی مصرف آب:** از آنجاکه در خاک فشرده سرعت نفوذ آب کم است، زمان ماندگاری آب در کشتزار افزایش می‌یابد. مقداری از این آب، تبخیر شده و یکنواختی پخش آب در منطقه ریشه کم خواهد شد. این موضوع در آبیاری کرتی بیش‌تر دیده می‌شود. همچنین هنگام بارندگی، وجود این لایه سبب جمع شدن آب در سطح کشتزار شده و آب جمع‌شده به دلیل تبخیر، از دسترس گیاه خارج می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- ماندگاری آب در سطح کشتزار به دلیل وجود لایه شخم

- **افزایش درصد وقوع سیلاب:** در مواقعی که بارندگی زیاد است با توجه به سرعت نفوذ کم آب در خاک، احتمال وقوع سیلاب بیش‌تر است.
- **کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه:** میزان جذب عناصر غذایی در خاک فشرده کاهش می‌یابد. برای نمونه در گندم و جو، این میزان کاهش در سنجش با خاک غیرفشرده به ۳۰-۴۰ درصد می‌رسد.
- **کاهش فعالیت موجودات زنده و سودمند خاک:** فشردگی خاک سبب کم شدن فعالیت موجودات زنده و سودمند خاک نیز می‌شود.

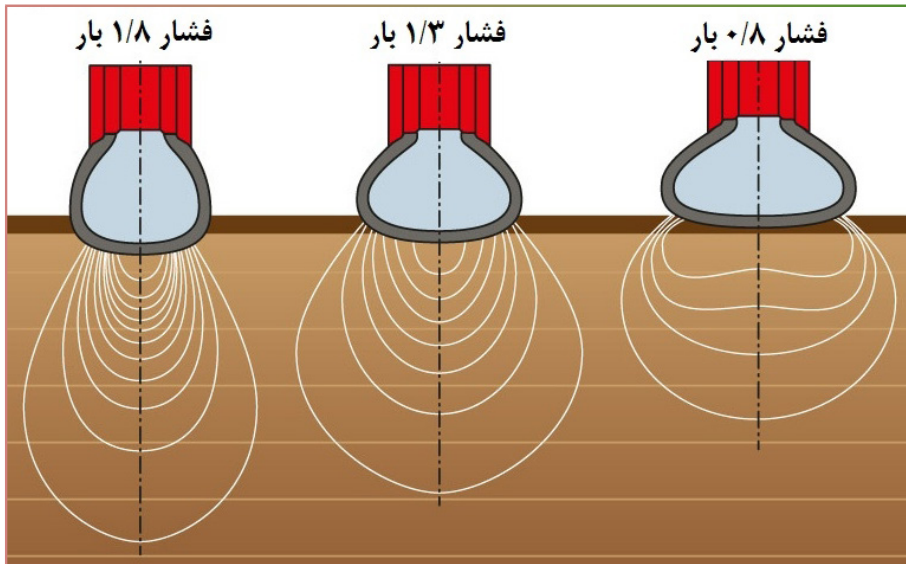
روش‌های کنترل و از میان بردن فشردگی خاک

تغییر دادن عمق شخم در هر بار عملیات خاک‌ورزی: یکی از روش‌های مدیریتی برای جلوگیری از تشکیل لایه سخت شخم، تغییر عمق شخم در هر سال است. برای نمونه در یک سال ۱۵ سانتی‌متر، سال بعد بیست و در سال بعدی ۲۵ سانتی‌متر است. با اجرای این روش، تشکیل لایه شخم محدودتر می‌شود.

انجام ندادن شخم در خاک مرطوب: یکی از موارد مهم در مدیریت عملیات خاک‌ورزی، رطوبت خاک است. اگر رطوبت خاک بسیار کم باشد نه تنها نیروی کششی و مصرف سوخت افزایش می‌یابد، تیغه‌های ادوات نیز به سرعت فرسوده می‌شوند. اگر رطوبت بسیار بالا باشد نیروی کششی مورد نیاز افزایش می‌یابد. افزون بر این، ساختمان خاک به شدت تخریب شده و فشردگی خاک افزایش می‌یابد. بهترین حالت زمانی است که خاک گاورو باشد. در این حالت اگر خاک با دست کمی فشرده شود، با ضربه سر انگشت، شکسته می‌شود.

کم کردن باد تایر: یکی از روش‌های عملی برای کاهش فشردگی عمقی و سطحی خاک، کم کردن فشار باد تایرها است. با این کار سطح تماس چرخ با خاک بیش‌تر شده و فشردگی کاهش می‌یابد. هر چه فشار چرخ تراکتور

کم‌تر باشد، عمق فشردگی خاک کم‌تر است (شکل ۵). با توجه به این شکل، با کاهش فشار تایر، عمق فشردگی خاک را می‌توان نزدیک به چهل درصد کاهش داد.



شکل ۵- هرچه فشار چرخ کم‌تر باشد، گسترش فشردگی در عمق خاک کم‌تر است.

اجرای کشاورزی حفاظتی: دلایل فراوانی برای گسترش و ترویج روش‌های کشاورزی حفاظتی وجود دارد. دلایلی همچون کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه تولید، افزایش ماده آلی خاک، به موقع انجام شدن عملیات زراعی و همچنین افزایش حاصل‌خیزی خاک. سه اصل مهم در کشاورزی حفاظتی عبارتند از:

- به حداقل رساندن جابجایی خاک
- وجود بقایای گیاهی در حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک
- رعایت تناوب زراعی

آماده‌سازی زمین در کشاورزی حفاظتی با ادوات و روش‌های گوناگون انجام می‌شود. در این روش‌ها، خاک برگردانده نمی‌شود. در روش مرسوم با بکارگیری گاوآهن برگردان‌دار، خاک برگردانده می‌شود و بقایای گیاهی مدفون می‌شود. اجرای کشاورزی حفاظتی به دو روش از فشردگی خاک جلوگیری می‌کند:

- ۱) کاهش تعداد رفت و آمد ادوات در کشتزار و به دنبال آن کاهش فشردگی خاک
 - ۲) پیشگیری از ایجاد لایه شخم با عدم استفاده از گاوآهن برگردان‌دار
- کار ادوات مورد استفاده در کشاورزی حفاظتی، تنها نرم کردن خاک و شکستن کلوخه‌هاست. از این‌رو نه تنها رطوبت لایه‌های زیرین خاک از دست نمی‌رود که درصد ماده آلی خاک نیز افزایش می‌یابد. تأکید می‌شود درصدی از بقایای گیاهی در سطح کشتزار باید به اندازه کافی وجود داشته باشد (شکل ۶). بکارگیری گاوآهن مرکب و چیزل‌پکر در کشاورزی حفاظتی مرسوم است (شکل ۷). سرعت پیشروی تراکتور در ادوات کم‌خاک‌ورز باید بالای شش کیلومتر در ساعت باشد. سرعت پیشروی بالا، سبب خرد شدن بهتر کلوخه‌ها می‌شود. بنابراین تراکتورهای با توان متوسط برای این کار مناسب نیستند. اگر کشاورز قصدی برای انجام کم‌خاک‌ورزی نداشته باشد توصیه می‌شود هر از چند سال، از گاوآهن چیزل استفاده نماید چراکه بکارگیری آن سبب شکسته‌شدن لایه شخم می‌شود.



شکل ۶- وجود بقایای گیاهی در دست کم سی درصد از سطح خاک، برای اجرای کشاورزی حفاظتی ضروری است (از راست به چپ: مقدار بقایای گیاهی مناسب ۳۰ تا ۴۵ درصد، بقایای گیاهی نزدیک به سی درصد و بقایای گیاهی کم)



شکل ۷- ادوات کم‌خاک‌ورزی: گاواهن چیزل‌پکر (سمت راست) و گاواهن مرکب (سمت چپ)

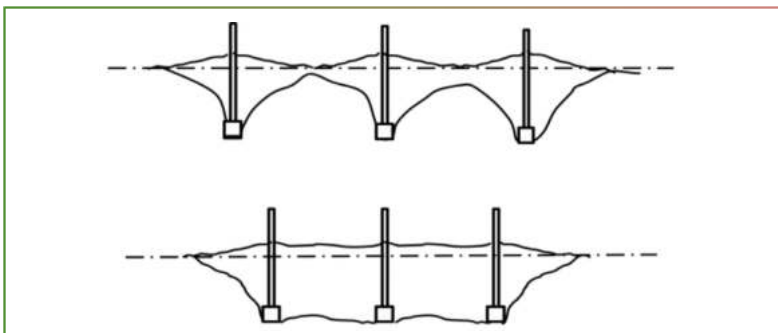
روش یخ‌زدگی خاک در زمستان (یخ‌آب): زمانی که آب منجمد می‌شود حجم آن افزایش می‌یابد. از این ویژگی می‌توان در شکستن لایه‌های فشرده خاک استفاده نمود. در زمستان پیش از وقوع یخبندان باید زمین را آبیاری نمود. یخبندان سبب شکست لایه‌های فشرده شده بالایی خاک می‌شود. مدت زمان یخبندان نیز تأثیر مهمی در شکستن لایه‌های خاک دارد. عمق یخبندان خاک بستگی به نوع خاک دارد ولی میانگین آن ۳۰-۴۰ سانتی‌متر است. با انجام این کار می‌توان فشردگی سطحی و همچنین فشردگی حاصل از پدید آمدن لایه شخم را از میان برد. این روش در خاک‌های ماسه‌ای تأثیری ندارد. ولی در خاک‌هایی با مقادیر گوناگون رس، لایه‌های فشرده به راحتی شکسته می‌شوند هرچند، فشردگی عمقی خاک با این روش از میان نمی‌رود.

استفاده از زیرشکن: بکارگیری زیرشکن در کشتزارها با محدودیت‌های زیادی همراه است. بزرگ‌ترین مشکل در اجرای عملیات زیرشکنی، نبود تراکتورهای سنگین و فوق‌سنگین در سطح کشتزارهاست. شاخه‌های زیرشکن می‌توانند خمیده و یا مستقیم باشد. نوع خمیده آن به نیروی کششی کم‌تری نیاز دارد ولی با محدودیت عمق کار روبرو است (شکل ۸).



شکل ۸- ساقه می‌تواند مستقیم (سمت راست) و یا خمیده باشد (سمت چپ)

مقدار حجم جابجا شده خاک در عملیات زیرشکنی، بستگی فراوانی به عمق زیرشکن، عرض تیغه و فاصله میان شاخه‌ها دارد. چنانچه فاصله میان تیغه‌ها زیاد و عمق زیرشکنی کم باشد، بخشی از خاک، دست نخورده می‌ماند. اثر فاصله شاخه‌های زیرشکن بر روی یکنواختی شکسته شدن لایه فشرده شده در شکل ۹ نمایش داده شده است. فاصله میان شاخه‌ها تابعی از عمق زیرشکنی است. به طور معمول فاصله میان ساقه‌های زیرشکن (نوع باریک) $1/5$ برابر عمق کار است. بیش‌تر زیرشکن‌های موجود در ایران از نوع نوک باریک هستند. فاصله پیشنهادی میان ساقه‌های زیرشکن در دو نوع ساقه باریک و پهن در جدول ۱ آمده است. برای نمونه اگر عمق زیرشکنی پنجاه سانتی‌متر باشد، فاصله میان ساقه‌ها ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر است.

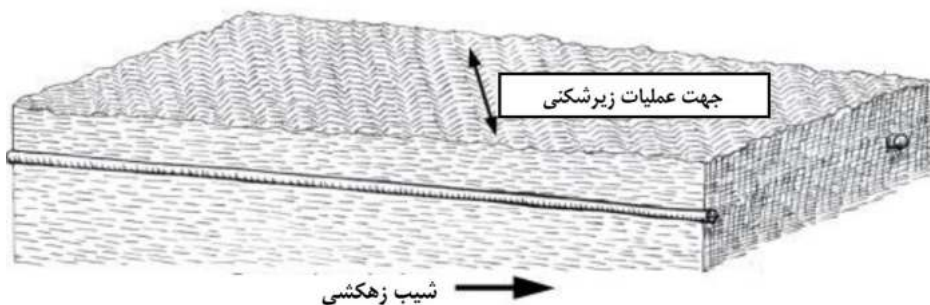


شکل ۹- فاصله زیاد شاخه‌ها (شکل بالا) سبب غیریکنواختی فرایند شکستن خاک فشرده می‌شود

جدول ۱- فاصله میان شاخه‌ها بر حسب عمق کار

فاصله پیشنهادی برای شاخه‌ها (تابعی از عمق زیرشکنی)	شکل نوک تیغه
۱ تا ۱/۵ برابر عمق کار	نوک باریک (عرض ۷/۵ سانتی‌متر)
۱/۵ تا ۲ برابر عمق کار	نوک تیغه عریض (عرض کار ۳۰ سانتی‌متر)

اگر عملیات زیرشکنی با شیب زمین هم‌سو باشد، آب وارد کانال‌های ایجاد شده توسط زیرشکن می‌شود. برای جذب بهینه رطوبت توسط خاک، بهتر است عملیات زیرشکنی همانند شکل ۱۰ به صورت مورب (در سنجش با جهت شیب زمین) انجام شود.



شکل ۱۰- جهت حرکت زیرشکن می‌بایست به صورت مورب باشد

چند توصیه مهم درباره عملیات زیرشکنی

- ۱- عملیات زیرشکنی باید پیش از بارندگی‌های پاییزه و در زمین خشک انجام شود.
- ۲- چنانچه در زیر لایه سخت، شن و یا خاک‌های اسیدی و قلیایی باشد، نباید از زیرشکن استفاده شود.
- ۳- پیش از عملیات زیرشکنی نباید عملیات خاک‌ورزی انجام شود.

کشت ردیفی و یا کشت روی پشته: بزرگ‌ترین امتیاز کشت ردیفی، امکان مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز و دیگر عملیات داشت به صورت مکانیزه است. انجام آبیاری نواری (تیپ) در روش کشت ردیفی در سنجش با کشت مسطح با سادگی بیش‌تری انجام می‌شود (شکل ۱۱). در این روش، مسیر حرکت چرخ تراکتور برای انجام عملیات کوددهی، سم‌پاشی و مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز، درون شیارها بوده و تنها خاک کف شیارها فشرده می‌شوند.



شکل ۱۱- کشت ردیفی در سنجش با روش مسطح، فشردگی خاک را کاهش می‌دهد.

کف شیار در سنجش با سطح خاک از استحکام بیش‌تری برخوردار است و کم‌تر فشرده می‌شود. با نصب فاروئر بر روی بذکار، می‌توان کشت روی پشته را انجام داد. فاصله میان پشته‌ها چیزی میان ۶۰ تا ۷۵ سانتی‌متر است. در دنیای امروز، کنترل ترافیک جستار داغی است. در این روش مسیر عبور چرخ‌های تراکتور و کمباین به طور کامل مشخص است. با این همه، اجرای

این روش‌ها نیازمند تغییر فاصله چرخ‌های تراکتور و کمباین است و در ایران زیرساخت‌های لازم برای اجرای آن وجود ندارد.

عدم کشت محصولات به صورت نمه‌کاری (هیرم‌کاری): در برخی مناطق کشور، کشت محصولات به صورت نمه‌کاری (هیرم‌کاری) است. برای نمونه در شهرستان خمین، کشت لوبیا به این روش انجام می‌شود. در روش هیرم‌کاری، ۳-۵ روز پیش از کشت، زمینی که شخم و دیسک زده شده، آبیاری می‌شود. به محض گاورو شدن زمین، عملیات کشت انجام می‌شود. در فاصله زمانی میان آبیاری و عملیات کاشت، علف‌های هرز آغاز به جوانه زنی می‌کنند که با رفت و آمد ماشین کاشت و به هم خوردن خاک، علف‌های هرز جوانه زده، نابود می‌شوند. رویش علف‌های هرز با این روش تا اندازه بسیاری کنترل می‌شود. ولی به خاطر رطوبت بالای خاک، میزان فشردگی خاک در سنجش با روش خشکه‌کاری به شدت افزایش می‌یابد. افزایش فشردگی خاک، جدا از این که کارکرد محصول را کاهش می‌دهد، سبب افزایش تعداد عملیات در مرحله آماده‌سازی زمین می‌شود. به زبان دیگر، برای خردکردن کلوخه‌های بزرگ، شدت عملیات آماده‌سازی زمین در سال بعد باید افزایش یابد.

روش‌های تشخیص فشردگی خاک

شکل ریشه گیاه و یا علف هرز: با دیدن ریشه گیاه و یا علف هرز، می‌توان به وجود لایه شخم و یا فشردگی خاک پی برد. ریشه گیاه در حالتی که خاک فشرده است به صورت نامنظم رشد می‌کند (شکل ۱۲، ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۲- تشخیص فشرده گی خاک بر اساس شکل بوته علف هرز



شکل ۱۳- فرم ریشه آفتابگردان نشان دهنده فشرده گی خاک در عمق فعالیت ریشه است.



شکل ۱۴- فرم ریشه آفتابگردان نشان‌دهنده وجود لایه شخم در خاک است.

به صورت مشاهده‌ای: در خاکی که کمی مرطوب است با بیل، از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر یک نمونه خاک برداشته می‌شود. همان‌گونه که شکل ۱۵ نشان می‌دهد، خاک فشرده نشده از کلوخه‌های کوچک و بزرگ منظم تشکیل شده است. ولی خاک فشرده دارای لایه‌های منقطع شکسته شده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۵- خاک معمولی به صورت دانه بندی است.



شکل ۱۶- خاک فشرده دارای قطعات متراکم و سفت است و بخش‌های فشرده آشکارا دیده می‌شوند.

استفاده از میله: با بهره‌گیری از میله‌ای با نوک مخروطی شکل می‌توان به وجود لایه فشرده در خاک پی برد. همان‌گونه که در شکل ۱۷ نشان داده شده، یک میله نوک مخروطی برای این کار مناسب است. بهتر است با استفاده از نشان‌گر و یا ماژیک، هر پنج سانتی‌متر نشانه‌گذاری شود. توصیه می‌شود طول میله شصت سانتی‌متری باشد. رطوبت خاک نیز باید در حالت گاورو باشد تا میله به راحتی در خاک فرو رود. جایی که نفوذ میله با مشکل و مانع روبرو شود میله از خاک بیرون آورده شده و عمق فشردگی خاک مشخص می‌شود. این آزمایش برای اطمینان باید در چندین نقطه انجام شود. چراکه ممکن است وجود سنگ در نقطه‌ای از زمین، مانع از نفوذ میله به داخل خاک شده یا بر عکس، حفره‌ای در خاک وجود داشته باشد ولی با همه این‌ها، در آن نقطه لایه فشرده‌ای وجود داشته باشد. بنابراین بهتر است ۱۰ تا ۲۰ نقطه به فاصله ده متر مورد آزمایش قرار گیرد. اگر فشردگی در بیش‌تر نقاط دیده شود، یا خاک کشتزار فشرده است و یا لایه شخم وجود دارد. گفتنی است دستگاه‌های اندازه‌گیری

فشردگی نیز وجود دارد که بیش‌تر برای کارهای پژوهشی بکار می‌روند. اگر سطح کشتزار بزرگ باشد بهتر است آن را چند بخش نمود و سپس در هر بخش چند نقطه را ارزیابی کرد.



شکل ۱۷- استفاده از میله‌های مدرج در خاک کمابیش مرطوب



استفاده از پرف‌های عریض در تراکتورهای سنگین،
باعث کاهش فشردگی خاک می‌شود.

