وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

AERI

زیرشکن و استفاده بهینه از آن

نگارش
علی اکبر صلح جو

نشریه فنی، شماره ٤٦، سال ١٣٩٣

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

زیرشکن و استفاده بهینه از آن

تهیه و تدوین:

دکتر علی‌اکبر صلح‌جو

سال انتشار:

۱۳۹۳

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	زیرشکن و استفاده بهینه از آن
نگارش:	علی‌اکبر صلح‌جو
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
زمان انتشار:	۱۳۹۳
ویراستار:	محمد یونسی الموتی
صفحه‌آرایی:	سمیه وطن‌دوست

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

مخاطبان نشریه:

کارشناسان، مروجان و کشاورزان پیشرو

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- نحوه تشخیص فشردگی خاک
- ساختمان زیرشکن و تنظیمات آن
- نحوه اجرای عملیات زیرشکنی خاک
- اثرات مثبت و منفی کاربرد زیرشکن

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
نحوه تشخیص فشردگی خاک	۱
جرم مخصوص ظاهری خاک	۲
شاخص مخروط خاک	۳
حفر پروفیل در خاک	۵
روش‌های تجربی جهت تشخیص اولیه تراکم خاک	۵
زیرشکن	۸
ساختمان زیرشکن	۹
تنظیم فاصله بین تیغه‌های زیرشکن	۱۱
تنظیم عمق کار زیرشکن	۱۳
نحوه اجرای عملیات زیرشکنی خاک	۱٤
اثرات مثبت کاربرد زیرشکن	۱۵
تأثیر زیرشکنی خاک در بهبود شرایط فیزیکی خاک	۱۵
تأثیر زیرشکنی خاک بر رشد ریشه محصول	۱٦
تأثیر زیرشکنی خاک بر بیماری‌های قارچی	۱۷
تأثیر زیرشکنی خاک بر نیتروژن قابل جذب گیاه	۱۸
تأثیر زیرشکنی خاک بر عملکرد محصول	۱۸
تأثیر زیرشکنی خاک بر کارآیی مصرف آب	۱۸
تأثیر زیرشکنی خاک بر تنش‌های آبی وارده به محصول	۱۹
اثرات منفی کاربرد زیرشکن	۱۹
نیاز به تراکتورهای پر قدرت	۱۹
افزایش آب مصرفی در مرحله خاک آب	۱۹
خاک‌های خیلی اسیدی یا بازی	۲۰
نتیجه‌گیری	۲۰
منابع مورد استفاده	۲۱

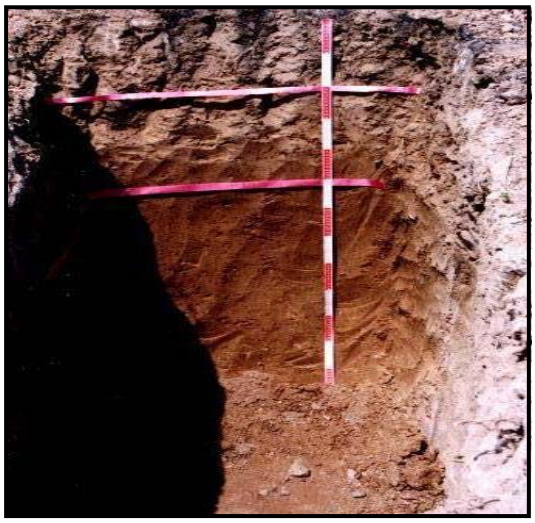
مقدمه

طی چند دهه اخیر، مسئله فشردگی خاک‌های زراعی به عنوان یک عامل منفی در عملکرد محصولات مختلف معرفی شده است و تلاش زیادی در این زمینه به عمل آمده تا راه‌های کاهش این اثرات منفی، ارزیابی و معرفی گردد. از طرف دیگر، توسعه مکانیزاسیون کشاورزی با افزایش تردد ماشین‌های کشاورزی بر خاک‌ها همراه است که منجر به تراکم خاک می‌گردد. البته عوامل زیادی در متراکم شدن خاک توسط ماشین‌های کشاورزی دخالت دارد که می‌توان به وضعیت رطوبتی خاک حین عملیات خاک‌ورزی، نوع خاک، وزن ماشین‌های کشاورزی، سطح تماس چرخ‌ها با خاک و تعداد عبور ماشین‌های کشاورزی اشاره نمود.

یکی از روش‌های مکانیکی پیشنهاد شده برای حل مسئله فشردگی و تراکم خاک استفاده از زیرشکن در این قبیل اراضی است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که عملیات زیرشکن در اعماق مختلف نیمرخ خاک سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک، افزایش نفوذپذیری آب در خاک و به تبع آن افزایش عملکرد محصولات می‌گردد.

نحوه تشخیص فشردگی خاک

جهت تعیین میزان فشردگی خاک در مزارع (شکل ۱)، راه‌های مختلفی وجود دارد که در بین آنها چهار روش تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک و شاخص مخروط خاک (جهت عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاک)، حفر پروفیل در خاک و روش‌های تجربی جهت تشخیص اولیه تراکم خاک بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱- نیمرخ خاک که در آن سخت لایه موجود در عمق ۵۰-۲۰ سانتی‌متری خاک به صورت ۲ نوار افقی، نشان داده شده است.

۱- جرم مخصوص ظاهری خاک

جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از سیلندرهای نمونه‌گیری[1] استفاده می‌گردد که در واقع سیلندرهای توخالی می‌باشند. جهت نفوذ سیلندرهای توخالی در خاک، از یک سیلندر توخالی مادر استفاده می‌شود که روی سیلندر توخالی مورد نظر قرار گرفته و از طریق ضربات چکش به داخل خاک نفوذ می‌کند. پس از بیرون آوردن سیلندر تو خالی از خاک، سطح بالا و پایین آن از طریق یک کارد صاف می‌گردد. به کمک سیلندرهای نمونه‌گیری، نمونه‌های دست نخورده از اعماق ۱۰- ۰، ۲۰-۱۰،۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ سانتی‌متری خاک تهیه نموده و سپس نمونه‌ها به مدت حداقل ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده

1- Core sampler

شده تا وزن نمونه ثابت شده و سپس توزین می‌گردد. با کمک رابطه زیر جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه می‌گردد.

$$BD = \frac{W_s}{V}$$

که در آن،

BD = جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)؛ W_s= جرم خاک خشک (گرم)؛ V = حجم کل خاک داخل سیلندر نمونه‌گیری (سانتی‌متر مکعب) است.

لازم به ذکر است که با افزایش فشردگی خاک، میزان جرم مخصوص ظاهری خاک نیز افزایش می‌یابد .

۲- شاخص مخروط خاک

یکی از راه‌های تشخیص فشردگی خاک، استفاده از دستگاه نفوذسنج مخروطی است (شکل ۲) که به علت ساده بودن و استفاده آسان و راحت از آن گسترش وسیعی در سطح جهان داشته است. دستگاه نفوذسنج مخروطی یک وسیله جهت اندازه‌گیری مقاومت خاک است. اگر نیروی وارده از طرف خاک را به سطح مقطع مخروط تقسیم کنیم، کمیت حاصل را شاخص مخروط خاک[1] و آن را با CI نشان می‌دهند و واحد آن نیز کیلو پاسکال (kPa) یا مگا پاسکال (MPa) است (۹).

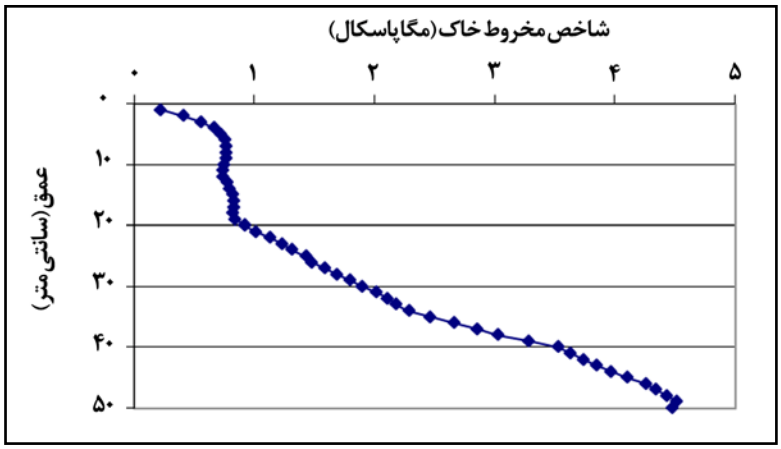
جهت تعیین میزان فشردگی خاک در عمق‌های مختلف، معمولاً از دستگاه نفوذسنج مخروطی تا عمق ۵۰ سانتی‌متری (بیشترین عمق کارکرد دستگاه) استفاده می‌شود. پس از محاسبه CI و رسم نمودار آن با توجه به عمق خاک، وضعیت فشردگی خاک در عمق‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. افزایش میزان شاخص مخروط خاک، نشان دهندهٔ افزایش تراکم خاک می‌باشد (شکل ۳).

1- Cone Index

جهت تفسیر اعداد مربوط به شاخص مخروط خاک و جرم مخصوص ظاهری خـاک نیاز به کارشناسان متخصص ماشین‌های کشاورزی در امر فشـردگی خـاک (تـراکم خاک) می‌باشد. لذا معمولاً این اندازه‌گیری‌ها توسط کارشناسـان متخصـص انجـام گرفته و نتایج آن نیز توسط آنها مورد تفسیر و ارزیابی قرار می‌گیرد.

شکل ۲- دستگاه نفوذ سنج مخروطی

جهت تشخیص تراکم خاک می‌توان از نشریه آموزشی ترویجی «تراکم خـاک» استفاده نمود (۱).



شکل ۳- نمودارشاخص مخروط با عمق در قبل از عملیات خاک‌ورزی

۳- حفر پروفیل درخاک

یکی دیگر از راه‌های تشخیص فشردگی خاک، حفرپروفیل در خاک است (شکل ۱). حفر پروفیل توسط کارگر و به ابعاد حدود یک متر عرض، دو متر طول و یک متر عمق انجام می گردد. سپس از طریق یک چکش به لایه‌های مختلف خاک در عمق‌های مختلف ضربه وارد کرده و بر اساس نیروی وارده به دست (حاصل از عکس‌العمل ضربه چکش به خاک) میزان فشردگی خاک در عمق‌های مختلف تعیین می‌گردد. جهت تشخیص فشردگی خاک در این روش نیاز به کارشناس با تجربه می‌باشد.

۴- روش‌های تجربی جهت تشخیص اولیه تراکم خاک

روش‌های قبلی تعیین تراکم خاک به صورت علمی بوده و دقت آن نیز زیاد می‌باشد ولی نیاز به دستگاه‌هایی همانند دستگاه نفوذسنج مخروطی جهت اندازه‌گیری آنها می‌باشد. در صورتی که در روش‌های تجربی زیر که با مشاهدات

داخل مزرعه انجام می‌شود، احتمال وجود تراکم خاک در مزرعه را می‌توان پیش‌بینی نمود و سپس با استفاده از روش‌های علمی تعیین جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک، وجود یا عدم وجود سخت لایه را تعیین نمود.

باقی ماندن آب بر روی سطح مزرعه

در صورتی که نفوذپذیری آب در خاک مناسب نباشد، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا آب در داخل خاک نفوذ کند. برای مثال اگر در دو مزرعه کنار هم یکی آب به راحتی در خاک نفوذ کند و دیگری با تأخیر نفوذ کند، احتمالاً مزرعه‌ای که آب با تأخیر در آن نفوذ می‌کند دارای مشکل تراکم خاک بوده و بهتر است از لحاظ تراکم خاک مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

زرد رنگ شدن محصول

در صورتی که رنگ گیاه در قسمت‌هائی و یا اکثریت مزرعه زردرنگ شده باشد (به طور غیرطبیعی)، احتمالاً مزرعه فوق دارای تراکم خاک می‌باشد. لذا بهتر است اینگونه مزارع نیز از لحاظ تراکم خاک و وجود سخت لایه در عمق خاک مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

شکل نامناسب غده‌های زیرزمینی

در صورتی که غده‌های زیرزمینی دارای شکلهای مرسوم خود نبوده و تغییر شکل نامناسب پیدا کرده و یا کوچک باقی مانده باشند (مثل سیب‌زمینی) و یا ریشه‌های اصلی آنها به صورت چند ریشه‌ای و ابعاد غده‌ها نیز کوچکتر از حالت مرسوم باشد (مثل چغندرقند)، بهتر است مزرعه فوق از لحاظ تراکم خاک مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

عدم نفوذ مناسب گاوآهن برگردان‌دار در داخل خاک

در صورتی که راننده تراکتور در زمان شخم‌زدن دقت نماید، متوجه می‌شود که

با وجود سالم بودن گاوآهن برگردان‌دار و تیغه‌های آن، گاوآهن بخوبی در خاک نفوذ نکرده و در یک عمق خاص، ثابت می‌ماند و اگر هم بیشتر از عمق شخم مرسوم نفوذ کند، یک‌دفعه قدرت مورد نیاز تراکتور افزایش می‌یابد. که این موضوع احتمالاً نشان‌دهندهٔ وجود یک سخت لایه به ویژه سخت لایه حاصل از کارکرد گاوآهن در یک عمق ثابت، در چند سال متوالی می‌باشد. در این مورد نیز بهتر است مزرعه از لحاظ تراکم خاک مورد بررسی قرار گیرد.

کاهش عمق نفوذ ریشه

در صورتی که ریشه گیاه به خوبی در خاک نفوذ نکرده و عمق نفوذ آن کمتر از عمق نفوذ مرسوم باشد، احتمالاً ریشه گیاه به یک لایه سخت برخورد کرده که از رشد طولی ریشه جلوگیری می‌نماید. بنابراین بهتر است این گونه مزارع از لحاظ تراکم خاک مورد بررسی قرار گیرد.

کاهش عملکرد محصول

همانطور که قبلاً نیز به آن اشاره شد، تراکم خاک باعث تأثیرات منفی می‌شود که این تأثیرات در نهایت روی رشد گیاه تأثیر گذاشته و باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (کاهش عملکرد در اثر تراکم خاک در محصول چغندرقند بین ۳۵ تا ۶۰ درصد و در ذرت دانه‌ای در حدود ۴۶ درصد عنوان شده است). لذا در صورتی که عملکرد محصول مزرعه‌ای مناسب نباشد، ممکن است یکی از عوامل ایجادکننده آن وجود تراکم خاک در مزرعه فوق باشد که باید از لحاظ علمی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

زیرشکن

زیرشکن[1] جزء ادوات خاک‌ورزی اولیه می‌باشد که جهت شکستن لایه‌های سخت و متراکم شده در عمق خاک و جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک استفاده می‌شود. امروزه زیرشکن‌ها غالباً از نوع سوار شونده بوده و با توجه به عمق کار و قدرت تراکتور، تعداد شاخه‌های آن بین یک تا ۱۳ عدد متغییر است. زیرشکن‌های مرسوم در ایران معمولاً بین یک تا ۵ شاخه و اکثراً از نوع ۳ شاخه می‌باشند (شکل ۴). لازم به ذکر است که با افزایش عمق کار و یا تعداد شاخه‌ها، قدرت مورد نیاز زیرشکن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

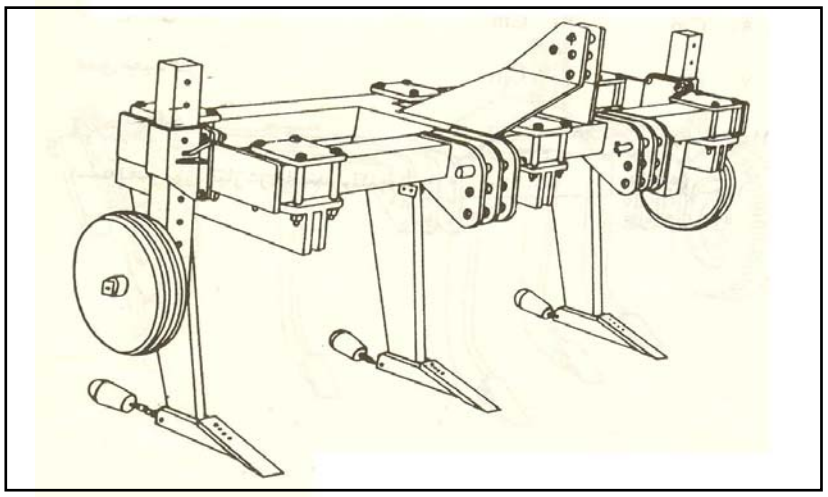
شکل ٤- زیرشکن ٥ شاخه با قاب V شکل و شاخه‌های C شکل

1- Subsoiler

۱- ساختمان زیرشکن

زیرشکن از دو قسمت شاخه‌ها و قاب تشکیل شده است. شاخه‌ها معمولاً در دو فرم C یا L شکل (شکل‌های ۴ و ۵) ساخته می‌شوند. هر شاخه از قطعاتی چون ساقه، کفش و تیغه (ناخن) تشکیل شده است. قاب‌های زیرشکن نیز معمولاً در دو فرم ساده (مستقیم) و یا V شکل ساخته می‌شوند.

بعضی از زیرشکن‌ها دارای سنبه زهکشی[1] می‌باشند که به انتهای کفش متصل می‌گردد. سنبه‌های زهکشی جهت ایجاد کانال‌های موقت زهکشی و معمولاً در شرایط خاک مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیغه‌های زیرشکن از دو نوع ساده یا باله‌دار هستند (شکل ۶).



شکل ۵- زیرشکن ۳ شاخه با قاب ساده (مستقیم) و شاخه‌های L شکل به همراه سنبه زهکشی

1- Mole

باتوجه به دلایل ذیل پیشنهاد می‌گردد کـه در صـورت وجـود لایـه سـخت، از زیرشکنی خاک با تیغه‌های باله‌دار استفاده گردد:

۱- سطح خردشدگی خاک بیشتر است.

۲- عمق موثر خرد شده، در قسمت زیرین خاک بیشتر است (شکل ۷).

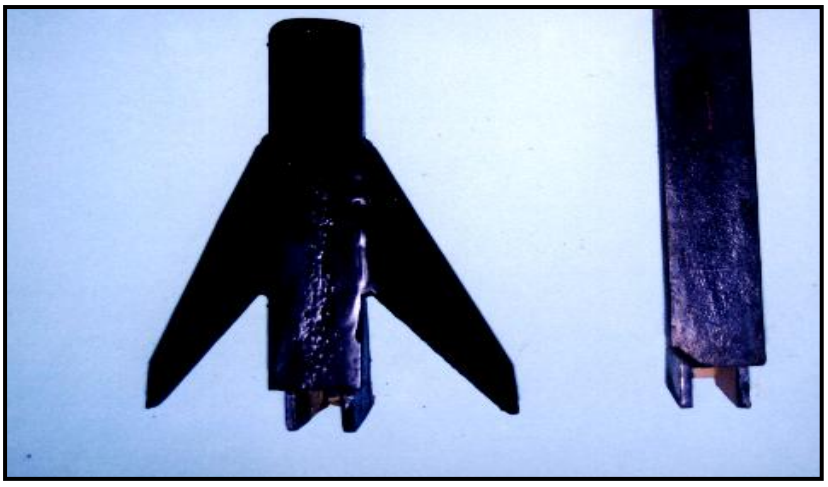
۳- بالا آمدن خاک و ایجاد ناهمواری در سطح خاک کمتر است.

۴- در یک عمق کار ثابت، عمق بحرانی به علت افزایش سطح تیغه افزایش می‌یابد.

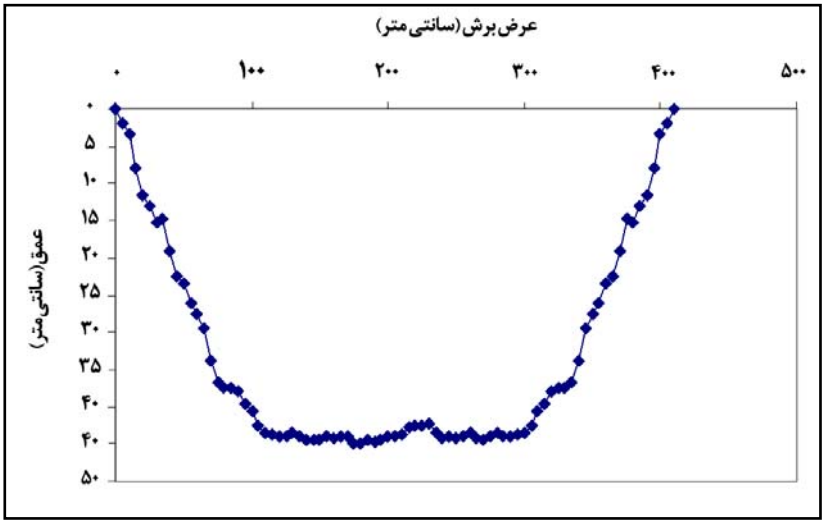
۵- در مدت زمان کمتری می‌توان یک هکتار زمـین را زیرشـکن زد «بـا توجـه بـه افزایش فاصله بین تیغه‌ها، عرض مؤثر کار دستگاه نیز افزایش می‌یابد».

۶- پایداری خاک بیشتر می‌گردد.

۷- مقاومت ویژه مصرفی در تیغه‌های باله‌دار کمتـر اسـت (نسـبت نیـروی کششـی مصرفی به سطح مقطع خاک بهم خورده کمتر است).



شکل ٦ – تیغه‌های ساده و باله‌دار زیرشکن



شکل ۷- نمودار سطح مقطع شیار حاصل از زیرشکنی خاک در عمق ٤٥-٤٠ سانتی‌متر با تیغه باله‌دار

۲- تنظیم فاصله بین تیغه‌های زیرشکن

الف- تیغه‌های ساده (بدون بال)

جهت تعیین فاصله بین تیغه‌های ساده در زیرشکن از فرمول $S= (۱/۰-۱/۵)\ d$[1] استفاده می‌شود (۱۱).

که در آن،

S= فاصله بین مراکز دو تیغه متوالی زیرشکن (سانتی‌متر)

d= عمق کار زیرشکن (سانتی‌متر)

۱- یک تا یک و نیم برابر عمق کار

مثال ۱- اگر جهت زیرشکنی خاک با تیغه ساده بخواهیم عملیات زیرشکنی خاک تا عمق ۳۵ سانتی‌متری را انجام دهیم. فاصله بین دو تیغه متوالی را چقدر باید در نظر گرفت ؟

$S=(۱-۱/۵)\ d \longrightarrow S=(۱/۲۵)\ ۳۵ \longrightarrow S=۴۳/۸\ cm$

مثال ۲- اگر بخواهیم در مزرعه‌ای عملیات زیرشکنی خاک را به تیغه‌های ساده و در عمق ۴۵ سانتی‌متری خاک انجام دهیم، فاصله بین تیغه‌های متوالی زیرشکن را چند سانتی‌متر باید در نظر گرفت؟

$S=(۱-۱/۵)\ d \longrightarrow S=(۱/۲۵)\ ۴۵ \longrightarrow S=۵۶/۳\ cm$

ب- تیغه‌های باله‌دار

جهت تغییین فاصله بین تیغه‌های باله‌دار در زیرشکن ازفرمول $S=(۱/۵-۲)\ d$ استفاده می‌شودکه در آن،

S= فاصله بین مراکز دو تیغه متوالی زیرشکن (سانتی‌متر)

d= عمق کار زیرشکن (سانتی‌متر)

مثال ۳- در صورتی که بخواهیم عملیات زیرشکنی خاک را با تیغه‌های باله‌دار و به عمق ۳۵ سانتی‌متر انجام دهیم، فاصله بین دو تیغه متوالی را چند سانتی‌متر باید در نظر گرفت؟

$S=(۱/۵-۲)\ d \longrightarrow S=(۱/۷۵)\ ۳۵ \longrightarrow S=۶۱/۳\ cm$

مثال ۴- اگر بخواهیم زیرشکنی خاک به عمق ۴۵ سانتی‌متر و با تیغه باله‌دار انجام دهیم، فاصله بین دو تیغه متوالی را چند سانتی‌متر باید در نظر گرفت؟

$S=(۱/۵-۲)\ d \longrightarrow S=(۱/۷۵)\ ۴۵ \longrightarrow S=۷۸/۸\ cm$

۳- تنظیم عمق کار زیرشکن

جهت تنظیم عمق کار زیرشکن از چرخ‌های تنظیم عمق (تثبیت عمق) استفاده می‌گردد. چرخ‌های تنظیم عمق معمولاً دو عدد می‌باشد که در اطراف شاسی زیرشکن قرار داده می‌شوند (شکل ۵). معمولاً چرخ‌ها به گونه‌ای طراحی شده است که بتوان با توجه به سوراخ‌های ایجاد شده روی آنها عمق مورد نظر را تنظیم کرد برای مثال جهت تنظیم عمق ۳۵ سانتی‌متر، باید فاصله بین سطح خاک تا زیرسطح چرخ تنظیم عمق ۳۵ سانتی‌متر باشد. تنظیم عمق باید برای دو چرخ یکسان و بر روی یک سطح صاف انجام گیرد.

در نقاط اتصال دستگاه زیرشکن به تراکتور، معمولاً سه سوراخ متوالی وجود دارد (شکل ۵). که هر یک جهت عمق و کار خاصی استفاده می‌شود. سوراخ‌هایی که به سطح زمین نزدیک‌تر هستند، معمولاً جهت حمل ونقل در بین مزارع استفاده می‌شود تا زیرشکن بتواند در بالاترین فاصله نسبت به سطح زمین قرار گرفته تا در موقع حمل و نقل، تیغه‌های زیرشکن در اثر برخورد با موانع آسیب نبینند. از طرف دیگر سوراخ‌هایی که از سطح زمین بیشترین فاصله را دارند، جهت عمق کار زیاد زیرشکن استفاده می‌شوند. برای مثال اگر بخواهیم از زیرشکن در عمق ۴۵ سانتی‌متر استفاده گردد باید نقاط اتصال به تراکتور را در بالاترین سوراخ‌ها قرار داد. همانطور که در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد، دستگاه زیرشکن فوق دارای ۳ سوراخ در هر یک از نقاط اتصال آن به تراکتور می‌باشد. سوراخ‌های اول از سطح زمین جهت راهپیمایی، سوراخ‌های دوم (وسط) جهت عمق کم زیرشکنی خاک (۳۵-۳۰ سانتی‌متر) و سوراخ‌های سوم که بیشترین فاصله را تا سطح زمین دارند برای عمق کار زیاد زیرشکن استفاده می‌شود.

نحوه اجرای عملیات زیرشکنی خاک

۱- عمق کار زیرشکن در مزارع با توجه به آزمون تراکم خاک تعیین می‌گردد و نباید بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر باشد مگر با نظر کارشناسان متخصص در امر تراکم خاک.

۲- جهت اجرای عملیات زیرشکنی خاک بهتر است از تیغه‌های باله‌دار استفاده گردد.

۳- حداقل فاصله بین چرخ‌های تراکتور و ردیف زیرشکن زده شده باید ۵۰ سانتی‌متر باشد.

۴- در مزارع از زیرشکن‌های تک شاخه استفاده نگردد.

۵- جهت زیرشکنی خاک در مزارع از زیرشکن‌های سه شاخه و یا با تعداد شاخه‌های بیشتر استفاده گردد.

۶- فاصله بین تیغه‌های زیرشکن با توجه به عمق کار تنظیم گردد.

۷- بهتر است عملیات زیرشکنی خاک در فصل تابستان و در مزارعی انجام گردد که قبل از کاشت محصول مورد نظر، یک فصل بارندگی از آن گذشته باشد.

۸- در سطوح شیب‌دار، اجرای عملیات زیرشکنی خاک در جهت عمود بر جهت شیب باشد.

۹- پس از اجرای خط اول زیرشکنی خاک، با حفر پروفیل در جهت عمود بر مسیر حرکت، نحوه توزیع شکستگی خاک کنترل گردد.

۱۰- درصورت کاشت محصول بلافاصله بعد از زیرشکنی خاک، رطوبت مناسب جهت اجرای عملیات زیرشکنی خاک در حدود ۱۳-۱۰ درصد است در این حالت در اثر زیرشکنی ضمن شکستگی خاک، کلوخه‌های بزرگی نیز ایجاد نمی‌گردد. در صورتی که کشت محصول پس از گذشت یک فصل زمستان از زمان زیرشکنی انجام

می‌گردد، انجام عملیات زیرشکنی در خاک خشک بهتر است.

۱۱- در مزارعی که دارای شوری و زهکش روباز هستند، زیرشکنی خاک همراه با شخم زمین با گاوآهن برگردان‌دار باعث کاهش شوری خاک تا فاصله ۱۵۰ متری از محور زهکش روباز می گردد، لذا کاربرد آن تا این محدوده توصیه می‌گردد (۴).

۱۲- در صورتی که خاک زیر سخت لایه، خیلی اسیدی یا بازی باشد ممکن است به ریشه گیاه آسیب برساند، لذا از کاربرد زیرشکن در این نوع خاک‌ها باید اجتناب گردد.

۱۳- در صورتی که بعد از عملیات زیرشکنی خاک نیاز به اجرای عملیات شخم باشد بهتر است عملیات شخم در جهت عمود بر مسیر زیرشکنی خاک انجام گردد.

۱۴- اثر زیرشکنی خاک در حدود ۵-۳ سال باقی می‌ماند، لذا در مدت فوق نیازی به اجرای مجدد زیرشکنی خاک نیست.

۱۵- درصورتی که خاک زیر سخت لایه، خاک سست یا سبک باشد، انجام عملیات زیرشکنی خاک ممکن است باعث افزایش مصرف آب گردد، لذا کاربرد زیرشکن در این نوع خاک‌ها توصیه نمی‌گردد.

۱۶- از بکارگیری زیرشکن در مناطقی که سطح آب زیرزمینی آن بالا است اجتناب گردد.

اثرات مثبت کاربرد زیرشکن

۱- تأثیر زیرشکنی خاک در بهبود شرایط فیزیکی خاک

الف- شاخص مخروط خاک (CI)

زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص مخروط خاک، به ویژه در عمق پایین‌تر از عمق شخم مرسوم می‌گردد. باتوجه به اینکه شاخص مخروط خاک بیان‌کننده

میزان مقاومت خاک است، بنابراین با اجرای عملیات زیرشکنی خاک مقاومت خاک و در نتیجه تراکم خاک کاهش پیدا می‌کند و در مجموع خلل و فرج خاک افـزایش می‌یابد.

ب- جرم مخصوص ظاهری خاک (BD)

زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خـاک بـه ویـژه در عمـق پایین‌تر از عمق شـخم مرسـوم مـی‌گـردد. زیرشـکنی خـاک باعـث کـاهش جـرم مخصوص ظاهری خاک و در نتیجه کاهش مقاومت خـاک و افـزایش تهویـه خـاک می‌گردد.

ج- نفوذپذیری آب در خاک

زیرشکنی خاک باعث افزایش خلل و فرج خاک و درنتیجه افزایش نفوذپـذیری آب در خاک می‌گردد. زیرشکنی خاک باعث کاهش آب‌گرفتگی در سـطح خـاک و در نتیجه کاهش فرسایش خاک و بیماری‌های قارچی می‌گردد.

د- رطوبت خاک

زیرشکنی خاک با کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک باعث افزایش خلل و فرج خاک و در نهایت باعث افزایش حفظ رطوبـت خـاک مـی‌شـود. این موضوع به ویژه در مزارع دیم دارای اهمیت بیشتری است و باعث استفاده بهینه از آب باران می‌گردد.

۲- تأثیر زیرشکنی خاک بر رشد ریشه محصول

الف- طول ریشه

زیرشکنی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکـی خـاک و کـاهش مقاومـت خـاک می‌گردد که در نهایت باعث بهبود شرایط، جهت رشد طولی ریشه می‌گردد. نتـایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش طول ریشه چغندرقنـد بـه میـزان

۱۵ درصد شده است (۲).

ب- قطر ریشه

قطر ریشه چغندرقند پس از زیرشکنی خاک بیشتر از گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی است. علت آن شکسته شدن سخت لایه موجود در زیر عمق شخم و نفوذ مناسب‌تر ریشه به عمق خاک و نهایتاً دسترسی بیشتر گیاه به آب و مواد غذایی مورد نیاز است. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش بزرگترین قطر ریشه چغندرقند به میزان ۲۰ درصد شده است (۲).

ج- چند ریشه‌ای شدن

وجود سخت لایه در زیر عمق شخم باعث افزایش درصد چند ریشه‌ای شدن می‌گردد. زیرشکنی خاک باعث شکسته شدن سخت لایه موجود در زیر عمق شخم و کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک می‌گردد که در نهایت باعث کاهش مقاومت به نفوذ ریشه شده و در نهایت باعث کاهش درصد چند ریشه‌ای می‌گردد. زیرشکنی خاک باعث کاهش ۳۳ درصدی چند ریشه‌ای شدن چغندرقند شده است (۲).

د- رشد غده‌های زیرزمینی

در اثر تراکم خاک و ایجاد سخت لایه در عمق خاک، نفوذ ریشه محدود شده و غده‌های زیرزمینی از لحاظ طولی و عرضی رشد مناسبی نخواهند داشت. با اجرای عملیات زیرشکنی خاک رشد طولی و عرضی ریشه مناسب‌تر شده و باعث کاهش شکل نامناسب غده‌های زیرزمینی و افزایش بازارپسندی آنها می‌گردد.

۳- تأثیر زیرشکنی خاک بر بیماری‌های قارچی

زیرشکنی خاک باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک می‌گردد، بنابراین سبب کاهش رطوبت سطحی خاک شده و شرایط رطوبتی مناسب جهت تکثیر و انتشار

بیماری‌های قارچی را کاهش می‌دهد. زیرشکنی خاک در مزارع دارای پوسیدگی ریشه چغندرقند باعث کاهش این بیماری و افزایش عملکرد چغندرقند شده است (۷).

۴- تأثیر زیرشکنی خاک بر نیتروژن قابل جذب گیاه

با زیرشکنی خاک تراکم خاک کاهش یافته و درصد خلل و فرج خاک افزایش می‌یابد، بنابراین تهویه خاک افزایش یافته و شرایط برای فعالیت باکتری‌های غیرهوازی کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش عمل دی‌نیتریفکاسیون و افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه است. معمولاً در مزارعی که از زیرشکن استفاده می‌شود زردی محصول ناشی از کمبود نیتروژن قابل جذب کمتر مشاهده می‌گردد.

۵- تأثیر زیرشکنی خاک بر عملکرد محصول

زیرشکنی خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش عملکرد چغندرقند به میزان ۲۱ درصد، عملکرد گندم دیم به میزان ۲۴ درصد، عملکرد ذرت ۷ درصد و عمکلرد گندم آبی به میزان ۴ درصد شده است (۲، ۳، ۶ و ۸). همانطور که مشاهده می‌شود محصولات مختلف نسبت به تراکم خاک دارای حساسیت‌های متفاوتی می‌باشند به طوری که محصولات ریشه‌ای همانند چغندرقند و محصولات دیم همانند گندم بیشترین حساسیت را داشته و در اثر کاربرد زیرشکن بیشترین افزایش عملکرد را داشته‌اند.

۶- تأثیر زیرشکنی خاک بر کارآیی مصرف آب

زیرشکنی خاک از یک طرف باعث افزایش عملکرد محصول و ازطرف دیگر با افزایش خلل و فرج خاک باعث افزایش حفظ و ذخیره رطوبتی خاک می‌گردد که در نهایت باعث افزایش کارآیی مصرف آب می‌گردد (۲، ۵ و ۱۰). زیرشکنی خاک باعث افزایش کارآیی مصرف آب براساس عملکرد ریشه چغندرقند به میزان ۲۲

درصد شده است (۲).

۷- تأثیر زیرشکنی خاک بر تنش‌های آبی وارده به محصول

با زیرشکنی خاک می‌توان دور آبیاری را افزایش و گیاه را در مقابل تنش‌های آبی مقاوم‌تر کرد. بنابراین زیرشکنی خاک می‌تواند باعث بیمه محصول در مقابل تنش آبی در رویدادهای موقتی حاصل از قطع سیستم آبیاری همانند خرابی پمپ آب گردد، به ویژه در جائیکه ضرر تنش آبی ممکن است تا چند روز ادامه یابد (۲).

اثرات منفی کاربرد زیرشکن

۱- نیاز به تراکتورهای پرقدرت

جهت اجرای عملیات زیرشکن نیاز به تراکتورهایی با قدرت زیاد می‌باشد. معمولاً جهت زیرشکنی خاک در عمق ۴۵-۴۰ سانتی‌متر با استفاده از یک زیرکشن سه شاخه به همراه تیغه‌های باله‌دار نیاز به یک تراکتور با قدرت بالای ۱۰۰ اسب بخار است. هزینه اجرای عملیات زیرشکن در سال اول اجرا در مزرعه زیاد است ولی با توجه به اینکه اثر زیرشکنی خاک در حدود ۵-۳ سال باقی می‌ماند و دراین مدت نیازی به اجرای مجدد زیرشکنی خاک نیست هزینه فوق قابل قبول است.

۲- افزایش آب مصرفی در مرحله خاک آب

در صورتی که بلافاصله بعداز زیرشکنی خاک، محصول مورد نظر کاشته شود، در این حالت به علت افزایش خلل و فرج خاک در اثر زیرشکنی خاک، مصرف آب در مرحله خاک آب تا حدود ۲ برابر افزایش می‌یابد. این آب در داخل خاک ذخیره شده و باعث افزایش رطوبت خاک و درنتیجه افزایش دور آبیاری می‌گردد که در

نهایت باعث کاهش دفعات آبیاری در مزرعه زیرشکن زده شده نسبت به مزرعه بدون زیرشکنی می‌گردد.

جهت کاهش آب مصرفی در مرحله خاک آب، پیشنهاد می‌گردد که زیرشکنی خاک در تابستان اجرا و پس از گذشت یک فصل زمستان، کاشت محصول انجام گیرد تا به وسیله آب بارندگی خلل و فرج خاک پر گردد. برای مثال اگر بخواهیم محصول چغندرقند را کشت کنیم بهتراست زیرشکنی خاک در تابستان انجام گردد و کاشت چغندرقند، بعداز گذشت فصل زمستان و دراسفند ماه یا فروردین ماه انجام گردد.

۳- خاک‌های خیلی اسیدی یا بازی

در صورتی که در زیر سخت لایه موجود درعمق خاک مزرعه، خاک خیلی اسیدی یا بازی وجود داشته باشد، بعد از شکسته شدن سخت لایه فوق توسط زیرشکن، ممکن است ریشه گیاه به خاک‌های خیلی اسیدی یا بازی رسیده و باعث صدمه دیدن گیاه گردد. بنابراین بهتر است دراین مواقع از بکارگیری زیرشکن اجتناب گردد.

نتیجه‌گیری

کلیه عملیات زراعی بر فشردگی خاک‌های سطحی و عمقی تأثیر گذاشته و باعث متراکم شدن خاک زراعی می‌گردند. جهت کاهش تراکم خاک در مزارع از زیرشکن استفاده می‌شود. زیرشکنی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک، حفظ رطوبت خاک، افزایش رشد طولی و عرضی ریشه و در نهایت باعث افزایش عملکرد محصول و کارآیی مصرف آب می‌گردد، بنابراین نیاز است تا در مزارعی که تراکم خاک دارند از زیرشکن استفاده گردد. جهت زیرشکنی خاک بهتراست از

زیرشکن‌های سه شاخه با تیغه‌های باله‌دار استفاده گردد و عمق زیرشکنی خاک نیز بیشتراز ۵۰ سانتی‌متر نباشد (مگر با نظر کارشناسان متخصص در امر تراکم خاک). بهتراست زیرشکنی خاک در تابستان انجام گردد و بعداز گذشت یک فصل زمستان کاشت محصول انجام گردد. با توجه به اینکه اثر زیرشکنی خاک در حدود ۵-۳ سال باقی می‌ماند و پس از گذشت زمان فوق مجدداً نیاز به زیرشکنی خاک است، پیشنهاد می‌گردد با مدیریت صحیح مکانیزاسیون، آب و خاک از متراکم شدن خاک‌های زراعی جلوگیری به عمل آید.

منابع مورد استفاده

۱- صلح جو، ع. ا. ۱۳۸۳. تراکم خاک. نشریه آموزشی ترویجی مدیریت ترویج و مشارکت مردمی سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، ۱۵ ص.

۲- صلح جو، ع. ۱. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر عملیات زیرشکن، تداوم اثر و دور آبیاری روی تولید چغندرقند. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۵۹ ص.

۳- صلح جو، ع. ۱. و نیازی، ج. ۱۳۸۰. تأثیر عملیات زیرشکن برخصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۷: ۷۸-۶۵.

۴- صلح جو، ع. ۱. و نیازی، ج. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کاربرد زیرشکن در فواصل مختلف از زهکش‌های روباز بر شوری زدائی خاک و عملکرد گندم آبی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی کارگروه پژوهش، آمار و فن آوری اطلاعات استان فارس، ۳۱ ص.

۵- صلح جـو، ع. ا. و سـی سـختی، ع. ۱۳۸۳. تـأثیر عملیـات زیرشـکن برافـزایش عملکرد چغندرقند درشهرستان اقلید استان فارس. گزارش نهـایی مرکـز تحقیقـات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ۲۵ ص.

۶- صلح جو، ع. ا.، دهقانیـان، س.ا.، سپاسـخواه، ع. و نیرومنـدجهرمی، م. ۱۳۸۴. تأثیر عملیات زیرشکن و دور آبیاری بر خواص فیزیکی خاک و عملکـرد چغندرقنـد. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۲۵: ۱۴۴-۱۳۱.

۷- فصـیحیانی، ع. ۱۳۸۳. بررسـی تـأثیر عملیـات زیرشـکن بـر پوسـیدگی ریشـه چغندرقند. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعـی استان فارس، ۳۳ ص.

۸- محمدی مزرعه، ح. و خلیلی، م. ۱۳۸۳. تـأثیر عملیـات زیرشـکنی خـاک و دور آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۲۱: ۴۸-۳۷.

9- ASAE. 1995. Soil cone penetrometer. ASAE standard S313. 2. Agricultural Engineering Year Book, P. 683.

10- Cassel, D. K. and Edwards, E. C. 1985. Effects of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Sci. Soc. Am. J. 49 (4): 996-1001.

11- Spoor, G. and Godwin, R. J. 1978. An experimental investigation into the deep 1oosening of soil by rigid tines. J. Agric. Eng. Res. 23: 243-258.