



وزارت جهاد کشاورزی
معاونت امور زراعت

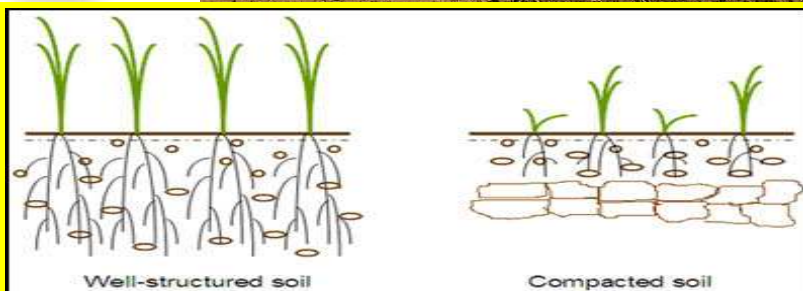


موسسه تحقیقات فنی و
مهندسی کشاورزی

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان ترویج، تحقیقات و آموزش کشاورزی - معاونت امور زراعت
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستورالعمل فنی ملاحظات زیرشکنی زمینهای کشاورزی (ضرورت یا اجتناب)

تهیه و تدوین
دکتر حمیدرضا گازر
دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



مخاطبان دستورالعمل:

کلیه کارشناسان ، مروجان، مهندسين ناظر و کشاورزان

اهداف آموزشی:

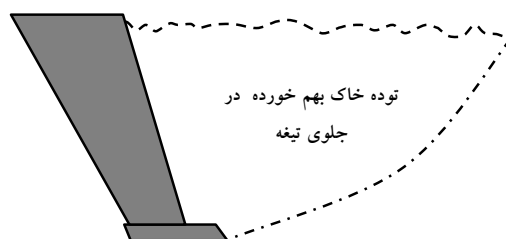
شما خوانندگان گرامی در این نشریه با ملاحظات لازم قبل از انجام عملیات زیر شکنی در زمینهای کشاورزی آشنا خواهید شد. این ملاحظات شامل موارد مهم در خاک ، نوع زیر شکن و تناسب آن با تراکتور مورد استفاده خواهد بود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	مقدمه
3	ملاحظات لازم قبل از به کارگیری زیرشکن
3	نوع و بافت خاک مزرعه
4	نوع محصول مورد کاشت و عمق توسعه ریشه گیاه
5	رابطه بین فشردگی خاک و میزان توسعه ریشه گیاه
6	مقدار رطوبت لایه فشرده خاک در زمان انجام زیرشکنی
6	نوع زیرشکن مورد استفاده، تعداد بازوها
7	عمق زیرشکنی و فاصله بین شاخه‌های زیرشکن
9	عمق بحرانی کارکرد و تمهیدات مربوطه
11	چک لیست جهت انجام زیرشکنی در یک زمین کشاورزی
13	منابع مورد استفاده
14	یادآوری مطالب

مقدمه

بدلیل برخی عوامل متعدد طبیعی و یا ماشینی در برخی از خاکهای کشاورزی لایه یا لایه های سختی در عمقهای متفاوت تشکیل می شود. این لایه ها در برخی موارد علاوه بر جلوگیری از نفوذ مناسب آب و هوا در خاک موجب کندی و انسداد نفوذ ریشه به عمقهای پائین تر شده و نتیجتاً قدرت استحصال آب و مواد غذایی در گیاه کم می شود که این مسئله باعث رشد کم و عدم محصول دهی مناسب گیاه خواهد شد. لذا در صورت اطمینان از وجود این لایه مضر بایستی آن را شکست. برای این منظور از وسایلی موسوم به زیر شکن (شکل 1) استفاده میشود. زیر شکنها از جمله وسایلی هستند که برای شکستن لایه های سخت ناشی از عوامل متعدد طبیعی و ماشینی در زمینهای کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. عمق متعارف استفاده از زیر شکنها بین 45 تا 75 سانتی متر و گاهاً بیشتر میباشد (شفیعی، 1371).



شکل 1- یک تیغه زیر شکن و توده خاک بهم خورده در جلو آن

در خاکهای کشاورزی عمده عواملی که موجب تشکیل لایه های سخت می شوند عوامل ماشینی و یا به عبارت دیگر تردد ماشینها در سطح مزرعه می باشد که بر حسب نوع بافت خاک و رطوبت آن، در اعماق مختلف ایجاد سخت لایه می کند. در اثر شخم مداوم چند ساله در خاک با رطوبت بیش از حد متعارف (حالت گاو رو)، در حدود عمق شخم لایه ای سخت¹ تشکیل می شود که در عمده زمینهای زراعی موجب بروز مشکلات ذکر شده می گردد. در تحقیقی تأثیر فشردگی خاک ناشی از تردد ماشینها و اعمال روش های مختلف خاک ورزی بر روی عملکرد ذرت، در صفی آباد دزفول بررسی و نتیجه گیری شد که کاربرد زیر شکن در عملیات خاک ورزی علاوه بر افزایش هزینه های آماده سازی زمین، عملکرد محصول را افزایش نمی دهد بنابراین در این منطقه کاربرد روش خاک ورزی مرسوم (شخم با گاواهن برگرداندار، دیسک و فاروئر) که نسبت به سایر تیمارها هزینه کمتری را به همراه دارد، جهت کشت ذرت توصیه می گردد (اشرفی زاده، 1379 الف). در تحقیق دیگری تأثیر کاربرد زیر شکن بر عملکرد گندم آبی و برخی شرایط فیزیکی خاک بررسی شد و نتیجه گیری شد که عملیات خاک ورزی عمیق به ویژه زیرشکنی تأثیر معنی داری بر عملکرد گندم آبی در سال به کار گیری نداشته و به دلیل هزینه سنگین این عملیات، نیاز به تراکتور پرقدرت و در دسترس

1. Plow Pan

نبودن زیرشکن به طور متداول، توصیه می شود برای کشت گندم به عملیات متداول اکتفا گردد(اشرفی زاده، 1379). بکارگیری روشهای مختلف خاک ورزی بر عملکرد گندم با شرایط با آبیاری و بدون آبیاری، نشان داد که زیر شکنی در شرایطی که منبع تامین آب آبیاری وجود دارد می تواند با افزایش ذخیره رطوبت لایه های عمقی و بهبود شرایط فیزیکی خاک موجب افزایش عملکرد گردد(صادق نژاد و اسلامی، 1383). در بررسی اثر زیرشکنی بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در سه دور آبیاری در ایستگاه تحقیقاتی تبرک همدان نتیجه گیری شد که زیرشکن زنی تاثیر معنی داری بر عملکرد سیب زمینی نداشته موجب کاهش مقاومت خاک بطور جزئی در لایه های پایین تر اعماق (20-25) سانتیمتر شد. براساس نتایج حاصله، در محصولات آبی همچون سیب زمینی که آب مورد نیاز در فواصل کم در اختیار گیاه قرار می گیرد، در شرایط مشابه با آزمایش حاضر، نیازی به خاک ورزی در عمق بیش از عمق لایه سطحی (20-25 سانتیمتر) نیست(حیدری و رضوانی، 1382). در ایستگاه تحقیقاتی داراب انجام عملیات زیرشکنی تاثیر معنی داری در کاهش مقاومت به نفوذ خاک داشت. همچنین بیشترین میزان عملکرد در اثر کاربرد زیرشکن قبل از شروع عملیات شخم بدست آمد و تیمار شخم با گاوا آهن برگردان دار، بدون داشتن اختلاف معنی داری در رتبه دوم قرار گرفت(روزبه، 1383). در بررسی تاثیر زیرشکنی خاک بر کارایی مصرف آب در محصول چغندر قند نتیجه گیری شد که زیر شکنی موجب افزایش عملکرد ریشه چغندر قند به میزان 21٪ و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد ریشه به میزان 22٪ و عملکرد قند ناخالص به میزان 25٪ گردید(صلح جو و دهقانیان، 1385). در تحقیق دیگری تاثیر کاربرد زیر شکنی و آبیاری بر عملکرد ذرت ارزیابی شد و نتیجه گیری شد که عملکرد دانه در سطوح مختلف زیر شکنی و رژیمهای مختلف آبیاری اختلاف معنی داری در سطح 5٪ داشت. همچنین زیر شکنی تاثیر مثبتی بر شاخص مخروطی نیز داشت(عادل زاده و همکاران، 1385).

وجود جوابهای متفاوت در تحقیقات انجام شده، کشاورز را در بکارگیری و یا عدم بکارگیری این وسیله دچار تردید می نماید. این درحالیست که با توجه به تحقیقات بسیار زیاد انجام شده در منابع علمی مشخص است که در صورت نیاز، انجام زیرشکنی و بکارگیری صحیح زیرشکن موجب افزایش عملکرد محصول خواهد شد. لذا کاربرد این وسیله نیاز به دقت نظر مناسب در نحوه استفاده دارد. با توجه به اینکه مشکل عمده عملیات خاک ورزی اولیه در ایران انجام خاک ورزی در عمق ثابت و ایجاد سخت لایه های شخم در محدوده 25 تا 30 سانتی متری است، کاربرد غیر اصولی زیر شکن فاقد هرگونه توجیه فنی و اقتصادی برای کشاورزان بوده و در بعضی مواقع موجب کسب نتیجه معکوس می گردد. پس انجام زیر شکنی به بررسی عوامل گوناگونی در خاک، محصول و ماشین بستگی دارد، که بایستی قبل از بکارگیری این وسیله در نظر گرفته شود.

ملاحظات لازم قبل از بکارگیری زیرشکن

نوع و بافت خاک مزرعه

یکی از موارد حائز اهمیت در بکارگیری زیر شکن نوع بافت خاک می باشد که باید مشخص شود. درثانی باید بررسی شود که بافت خاک در زیر سخت لایه چیست؟ آیا نوع بافت موجود قابلیت نگهداری رطوبت را برای محدوده توسعه عمق ریشه گیاه دارد؟ عبارت دیگر آیا وضعیت بافت خاک زیر سخت لایه امکان زدن زیر شکن را به زارع می دهد؟ بعنوان مثال اگر بافت خاک در زیر سخت لایه از نوع بافت سبک یا شنی بود آیا می توان باز هم اقدام به زیر شکنی نمود؟ اگر بافت زیر سخت لایه بافت اسیدی یا قلیایی (آهکی) بود آیا زیرشکنی مجاز می باشد؟ مسئله بسیار مهم دیگر داشتن آگاهی کافی از نوع بافت خاک و دانسیته موجود در محدوده توسعه عمق ریشه گیاه می باشد. وجود دانسیته مناسب خاک موجب استقرار مناسب بذر در بستر می شود. قبل از انجام زیر شکنی بایستی مطمئن شد که دانسیته موجود خاک در محدوده توسعه عمق ریشه بیشتر از حد معمول در منطقه بوده و برای رشد گیاه مضر می باشد. همچنین توجه شود که اگر بافت خاک زیر سخت لایه بافتی اسیدی یا قلیایی (آهکی) بود اقدام به زیر شکنی نگردد زیرا علاوه بر توسعه ریشه در بافت های اسیدی خاکهای زیر، موجب افزایش EC و املاح مختلف در خاکهای اطراف ریشه نیز شده که برای گیاه مضر خواهد بود (صلح جو، 1393).

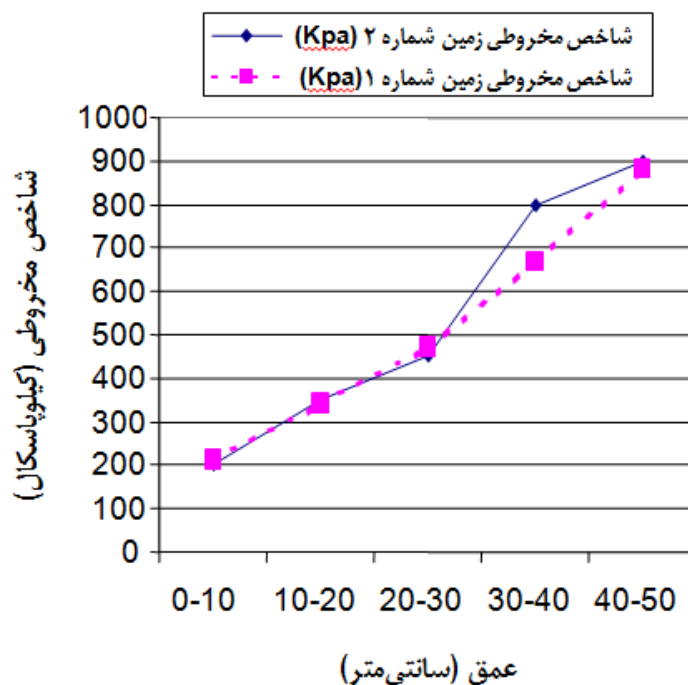
برای این منظور از روشهای متفاوتی نظیر اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری^۱ و تغییرات شاخص مخروطی^۲ استفاده می شود. نکته قابل توجه برای استفاده از این دو شاخص و یا شاخصهای مشابه دیگر این است که اولاً اندازه گیری ها بایستی در یک محدوده رطوبتی معینی در خاک اندازه گیری و مقایسه شود، یعنی بعنوان مثال برای بررسی وضعیت تراکم لایه های مختلف خاک در یک مزرعه، ابتدا درحالت معمولی در یک رطوبت مشخص (مثلاً 16 درصد بر پایه خشک) که برای عملکرد دستگاه فرو سنج مخروطی^۳ ضرری نداشته باشد، تغییرات شاخص مخروطی در لایه های مختلف اندازه گیری شود. سپس بایستی بررسی شود که در محدوده تغییرات شاخص مخروطی بدست آمده عملکرد محصول چگونه می باشد و بشرط مشابه بودن بافت خاک روند تغییرات این شاخص در زمینهای مجاور محل آزمون چگونه می باشد. دیگر اینکه در شرایط مشابه تراکم موجود عملکرد محصول چگونه بوده است. در صورت مشاهده روند تغییرات غیر معمول در تراکم خاک لایه های مختلف اقدام به زیر شکنی شود. به عنوان نمونه تغییرات شاخص مخروطی در محدوده عمقی 30 تا 40 سانتیمتری برای دو زمین شماره 1 و 2 نشان داده شده است (شکل 2). مجدداً تاکید می شود که اندازه گیری شاخص مخروطی برای شرایط مختلف تراکم خاک بایستی در یک محدوده بهینه

1. Bulk Density

2. Cone Index

3. Cone Penetrometer

رطوبتی انجام و با مناطق دیگر مقایسه شود. لازم بذکر است که در هر منطقه نتایج بدست آمده فقط برای همان منطقه دارای اعتبار بوده و قابل استناد می باشد زیرا بدلیل وجود مواد آلی مختلف، خاکهای مناطق مختلف علیرغم وجود بافت یکسان ممکن است دارای تفاوت با یکدیگر باشند.



شکل 2- مقایسه روند تغییرات شاخص مخروطی در اعماق مختلف دو قطعه زمین

پس در این مرحله بایستی به دو سؤال مهم زیر پاسخ داده شود که

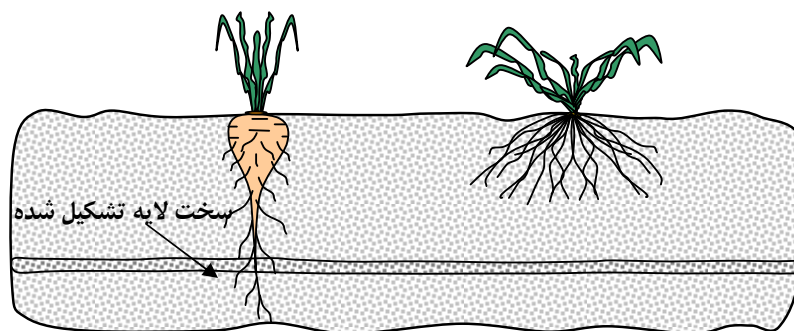
1) میزان تراکم (دانسیته) خاک مزرعه در حالت‌های معمول و فشرده چقدر است؟

2) بافت خاک زیر سخت لایه چیست و در صورت شکسته شدن سخت لایه آیا خاک هنوز قابلیت حفظ رطوبت در محدوده مورد نیاز گیاه را دارد؟

نوع محصول مورد کاشت و عمق توسعه ریشه گیاه

قبل از انجام زیر شکنی بایستی به نوع محصول مورد نظر توجه کافی نمود که آیا این محصول برای عملکرد بیشتر به زیر شکنی نیاز دارد یا خیر؟ به عبارت دیگر آیا در رابطه با تاثیر زیر شکنی بر روی عملکرد محصول مورد نظر تحقیقات موثقی انجام شده است یا خیر؟ در صورت عدم وجود نتایج قابل اعتماد، بایستی در شرایط کنترل شده تاثیر آن تحقیق گردد. مثلاً در مورد چغندر قند آیا نتایجی مبنی بر تأیید زیر شکنی بر افزایش عملکرد این محصول موجود می باشد؟ پس از مشخص شدن نوع تاثیر زیر شکنی بر

عملکرد محصول مورد نظر بایستی بررسی شود که عمق توسعه ریشه گیاه در شرایط معمول منطقه چه مقدار می باشد. در واقع عمق توسعه ریشه یکی از عوامل تاثیر گذار در انجام عملیات زیر شکنی است و بایستی توجه کرد که آیا عمق مذکور بیشتر از عمق تشکیل سخت لایه در زمین می باشد یا خیر؟ در صورتیکه عمق سخت لایه کمتر از عمق توسعه ریشه بود بایستی نسبت به انجام زیر شکنی اقدام نمود (شکل 3).

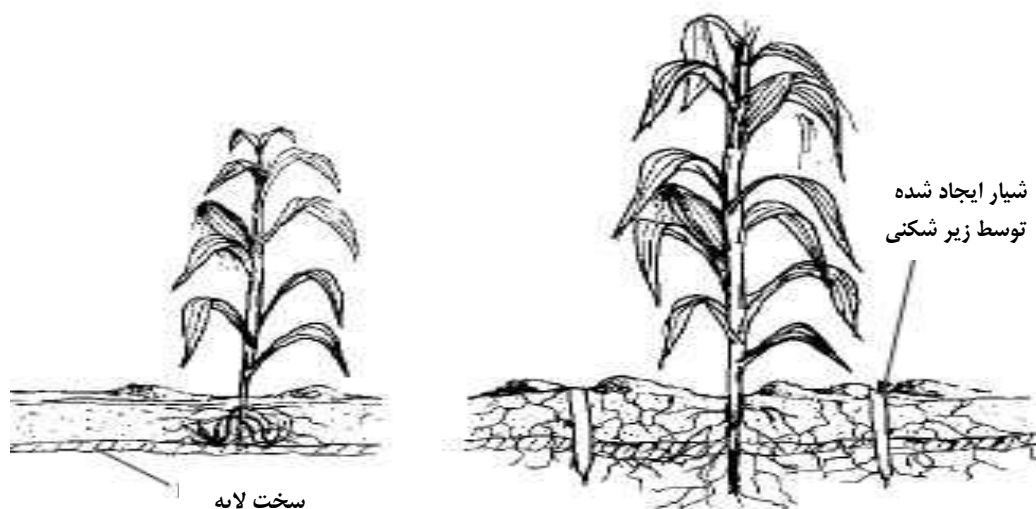


شکل 3- مقایسه عمق تشکیل سخت لایه و توسعه عمق ریشه دو گیاه ریشه افشان و ریشه غده ای

در واقع سؤال این بخش این خواهد بود که **نوع محصول مورد کشت چیست و عمق توسعه رشد ریشه آن چقدر است؟**

رابطه بین فشردگی خاک و میزان توسعه ریشه گیاه

حال باید بررسی شود که چه میزان فشردگی خاک روی توسعه عمق ریشه تاثیر منفی دارد و در واقع حد مجاز فشردگی خاک برای توسعه عمق ریشه در منطقه مورد نظر چقدر می باشد (شکل 3).



شکل 3- نحوه تاثیر لایه سخت بر روی عمق توسعه ریشه گیاه

برای این مورد بایستی به رابطه بین اندازه گیری های سالهای قبل و نوسانات مقدار محصول بدست آمده در آن سالها استناد کرد. اگر این امکان میسر نبود بایستی بررسی نمود که میزان فشردگی خاک در مزارع دارای عملکرد مناسب محصول چه مقدار می باشد. سؤال این بخش این است که : چه حد فشردگی خاک برای رشد معمول گیاه مضر می باشد؟

مقدار رطوبت لایه فشرده خاک در زمان انجام زیرشکنی

یکی از عوامل بسیار مهم در انجام زیر شکنی اطلاع دقیق از رطوبت موجود در عمق تشکیل سخت لایه می باشد. بایستی توجه نمود که رطوبت موجود در آن لایه بایستی در حدی باشد که لایه مذکور با حداقل انرژی مصرفی شکسته شود. رطوبت بالای خاک تنها موجب ایجاد شیار در زیر آن میشود و گاهاً انرژی مصرفی خاک ورزی را نیز افزایش می دهد. براساس تحقیقات انجام شده، در خاکهای دارای بافت مختلف مقادیر بهینه رطوبت خاک جهت زیر شکنی در حدود 11 تا 13 درصد قابل پیشنهاد می باشد (Raper and Sharma, 2002). به عبارت دیگر رطوبت موجود در لایه مذکور به صورتی باشد که کلوخه تشکیل شده از آن خاک ، با یک فشار مختصر دست از هم پاشیده شود. یعنی به عبارت ساده تر رطوبت آن کمتر از حالت گاو رو باشد. توجه شود رطوبت کم در خاک موجب فشار بسیار زیاد به تراکتور و زیرشکن می شود. رطوبت بالای خاک در هنگام زیر شکنی سبب می شود که لایه مذکور شکسته نشده و فقط شیار در عمق مذکور ایجاد شود. علاوه بر آن رطوبت زیاد باعث فشردگی بیشتر خاک در اطراف تیغه دستگاه شده و فشردگی مضاعف را در پی خواهد داشت (<http://www.agriculture.com>; www.maf.govt.nz). برای اندازه گیری رطوبت در لایه های مورد نظر از مته های نمونه گیری¹ استفاده می شود و پس از نمونه گیری با روش وزنی مقدار رطوبت خاک تعیین می گردد. در این قسمت میتوان این سؤال را مطرح کرد که: آیا رطوبت لایه سخت در حد مناسب برای شکستن قرار دارد؟

نوع زیرشکن مورد استفاده ، تعداد بازوها:

برای دستیابی به نتیجه مطلوب از زیر شکنی بایستی به نوع زیر شکن و ابعاد و فاصله بین تیغه های آن نیز توجه نمود. نتایج تحقیقات نشان داده است که مقاومت کششی زیر شکن با بازوی کمی خمیده 16 درصد از نوع بازو راست کمتر است ولی نسبت به نوع دارای بازوی کاملاً قوسی شکل تنها یک درصد بیشتر است (شفیعی، 1371). نمونه های بازوهای زیر شکن را در شکل 4 ملاحظه می گردد.

¹ . Auger



بازوی نیمه
خمیده



بازو راست



بازوی خمیده

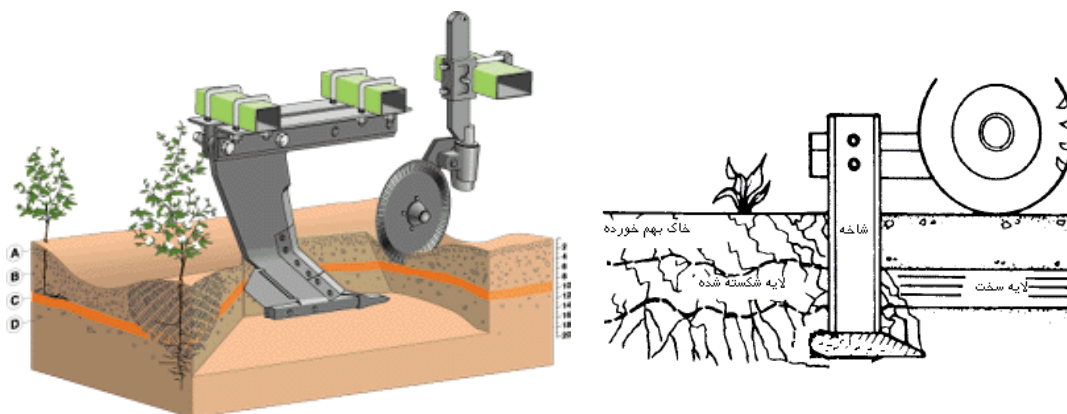
شکل 4- نمونه های متداول بازوهای زیر شکن

پس نتیجه گیری میشود که زیر شکنهای بازو خمیده دارای ارجحیت استفاده می باشند. نوع زیر شکن و تعداد شاخه های مورد استفاده در آن ارتباط مستقیم با توان عامل کشنده یعنی تراکتور دارد. پس الزاماً در انتخاب زیر شکن می بایست نوع تراکتور و توان آن مد نظر قرار گیرد.

سؤال این بخش: آیا نوع زیر شکن مناسب با تراکتور مورد استفاده تناسب دارد؟

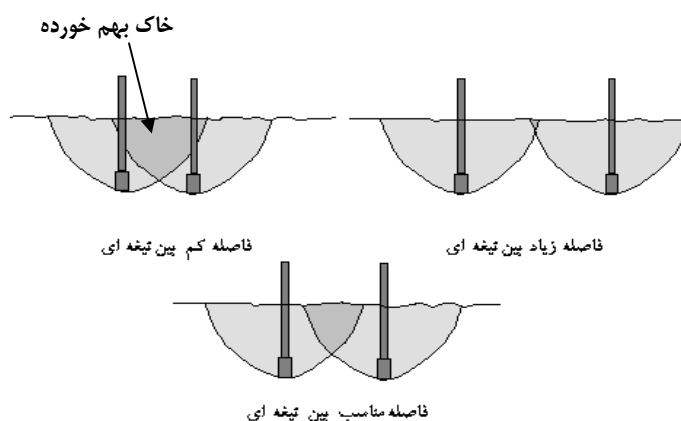
عمق زیر شکنی و فاصله بین شاخه های زیر شکن

یکی از موارد مهم در استفاده از زیر شکنها رعایت عمق مناسب زیر شکنی و فاصله بین شاخه ای آنها می باشد. این دو فاکتور بایستی به گونه ای باشند که زیر شکنی در عمق موثر انجام و سطح پروفیل هر شاخه دارای هم پوشانی مناسب با شاخه های کناری باشد (شکلهای 5 و 6).



شکل 5- مقایسه عمق کارکرد زیرشکن با سخت لایه تشکیل شده در خاک

بررسی های انجام شده در دانشگاه نبراسکا در امریکا نشان می دهد که عمق زیر شکنی بایستی $1/5$ برابر عمق تشکیل سخت لایه باشد. و بهترین فاصله بین تیغه های زیر شکن معادل عمق زیر شکنی میباشد
(<http://www.agriproductsinc.com>).

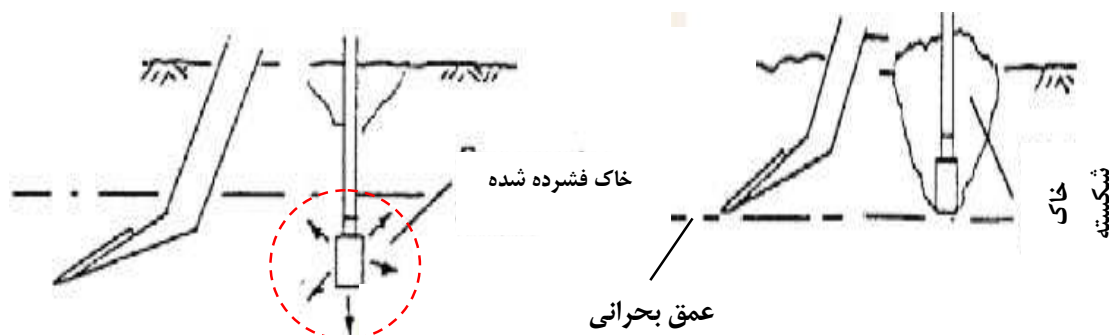


شکل 6- مقایسه پروفیل خاک بهم خورده دو تیغه زیر شکن در فواصل مختلف بین تیغه ای

سؤال این بخش: آیا زیر شکنی در عمق صحیح انجام و شاخه های زیر شکن فاصله مناسب با یکدیگر دارند؟

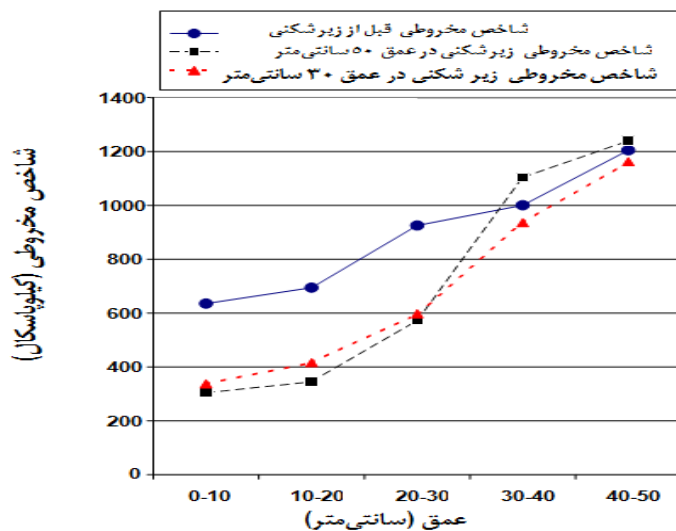
عمق بحرانی کارکرد و تمهیدات مربوطه

بدلیل شکل خاص هندسی زیر شکنها و نیز شرایط خاک این وسایل تا یک عمق معینی قادر به جابجا کردن خاک به طرف بالا و جلومی باشند و اگر تیغه پائین تر از آن کارکند، از آن پس حرکت خاک به جوانب بیشتر شده و در اطراف تیغه اصلی ایجاد فشردگی می کنند که بعضاً این فشردگی بیشتر از حالت اولیه می باشد. این عمق بنام عمق بحرانی^۱ نامیده می شود (شکل 7).



شکل 7- قرارگیری تیغه در عمق بحرانی

به منظور تشخیص کارکرد تیغه در عمق بحرانی آزمایشات مقدماتی لازم می باشد. بدین صورت که بعنوان نمونه می توان روند تغییرات شاخص مخروطی را قبل و پس از زیر شکنی در اعماق مختلف بررسی کرد. در صورت مشاهده تغییرات فاحش در یک عمق معین بین قبل و بعد از زیر شکنی (افزایش شدید بعد از زیر شکنی) مشخص می شود که تیغه خاک را به اطراف حرکت داده و در جوانب تیغه ایجاد فشردگی کرده است. بعنوان نمونه به شکل 8 توجه کنید.

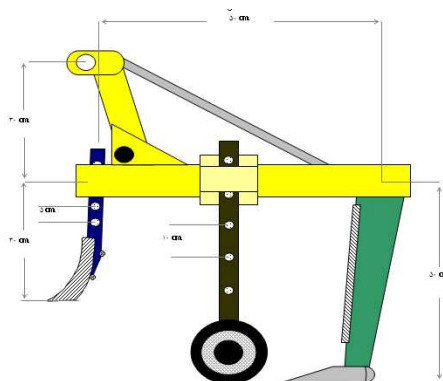


شکل 8- مقایسه روند تغییرات شاخص مخروطی در سه حالت قبل از زیر شکنی و زیر شکنی در اعماق 30 و 50 سانتیمتر

برای جلوگیری از کارکرد تیغه در این عمق تمهیدات مختلفی بکار برده می شود که می توان به استفاده از تیغه های بالدار بجای تیغه معمولی (شکل 9) و یا کاربرد تیغه های سطحی در جلو شاخه اصلی (شکل 10) اشاره کرد (گازر و لغوی، 1385). این دو عامل باعث می شوند که شاخه اصلی از عمق بحرانی خارج شده و سطح خاک به هم خورده نیز در مقایسه با شاخه تنها بطور چشمگیری افزایش یابد.



شکل 9- استفاده از تیغه های بالدار بجای تیغه های معمولی



شکل 10- کاربرد دو تیغه سطحی در جلو شاخه اصلی

در سالهای اخیر به منظور کاهش نیروی مقاومت کششی زیر شکنها و بهبود خواص فیزیکی خاک از ادوات جدیدی نظیر گاواهن های کج ساق به اشکال مختلف استفاده میشود نمونه های از گاواهنهای کج ساق یک تیغه در شکل 11 ملاحظه می گردد (اسحاق بیگی، 1382؛ روستا پور، 1377؛ فیروزی، 1375؛ مشهدی میغانی، 1375). همچنین در تحقیق دیگری نیز از نوع زیر شکن کج ساق در مزارع نیشکر استفاده شد (رئوف و شهاب زاده، 1385). در تمامی تحقیقهای انجام شده به تاثیر بهینه کاربرد زیر شکنها بر خواص فیزیکی خاک اشاره شده است و به منظور حذف و یا کاهش اثرات منفی کاربرد این وسیله در عمق بحرانی تمهیدات متفاوتی پیشنهاد شده است که بعضاً اثرات قابل ملاحظه ای نیز داشته است. همچنین ارتعاشی نمودن تیغه

اصلی زیر شکن نیز موید تاثیر بهینه بر روی مقاومت کششی و برخی خصوصیات فیزیکی خاک بود که توسط صادق نژاد و بهرامی انجام شد و نتیجه گیری شد که ارتعاش تیغه زیر شکن بصورت معنی داری از مقاومت کششی زیر شکن خواهد کاست این تاثیر در تحقیق صادق نژاد تا حدود 33٪ گزارش شد (صادق نژاد، 1376، بهرامی، 1377).



شکل 11- شاخه گاواهن کج ساق از نوع تک تیغه و دوتیغه

سؤال این قسمت این است که آیا زیر شکن در عمق بحرانی کار میکند؟ اگر جواب مثبت است چه تمهیداتی برای بهبود عمق کار زیر شکن میتواند مورد استفاده قرار گیرد؟

چک لیست جهت انجام زیر شکنی در یک زمین کشاورزی

می توان با مطالعه و بهره بردن از اطلاعات موجود در این مقاله یک چک لیست بصورت زیر برای بررسی شرایط موجود تهیه کرد و پس از بررسی و تکمیل آن در صورت واجد شرایط بودن اقدام به زیر شکنی زمین زراعی نمود. همانگونه که در جدول 1 مشخص می باشد، ابتدا بایستی بافت خاک زراعی بررسی شده، انجام شده آن علامت گذاری و نتیجه بدست آمده در ستون نتیجه بررسی نوشته شود. در مرحله دوم و سوم اطلاعات حاصل از بررسی و مطالعه بر روی زمینهای مجاور و داده های گذشته مقادیر و روند تغییرات فشردگی خاک در ردیف 2 نوشته می شود. با توجه به منابع علمی موجود و کارشناسان آگاه و تجربه زارعین در ردیفهای 3 و 4 نوع محصول و عمق توسعه ریشه آن و نیز رابطه میان عمق نفوذ ریشه و فشردگی خاک منطقه مورد بررسی سنجیده و شدت یا ضعف و نحوه تاثیر آن در ستون نتیجه بررسی درج می شود. در مرحله بعدی وجود یا عدم وجود سخت لایه بررسی و در صورت وجود، عمق آن در ستون نتیجه بررسی نوشته می شود. در مرحله 6 بافت زیرین سخت لایه نیز مطالعه و بررسی شده و نتیجه در ستون آخر نوشته می شود. شاید بافت زیرین به گونه ای بود که خاک زیر دست قابلیت حفظ رطوبت را نداشته باشد. در ردیف بعد رطوبت سخت لایه که عامل مهمی در زیر شکنی می باشد اندازه گیری شده و نتیجه در ستون مربوطه

نوشته می شود. سپس عمق زیر شکنی مناسب پیشنهاد و امکان انجام آن بررسی می شود. در مراحل 9 و 10 تناسب زیر شکن و تراکتور مورد استفاده بررسی شده و در مرحله آخر فاصله مناسب بین شاخه های زیر شکن انتخاب می شود. در مرحله 11 با توجه به ابعاد هندسی و شرایط خاک و عمق تعیین شده برای زیر شکنی باید مشخص شود که زیر شکن در عمق بحرانی قرار دارد یا خیر؟ اگر زیر شکن در عمق بحرانی قرار داشت تمهیدات پیشنهادی در ردیف 12 پیشنهاد شده و نوشته می شود.

جدول 1- چک لیست موارد بررسی جهت انجام زیر شکنی زمینهای کشاورزی

چک لیست کنترلی جهت انجام زیر شکنی		تاریخ بررسی:
نام مزرعه:		صفحه: از
ردیف	موارد قابل بررسی	انجام بررسی
1	بررسی بافت خاک زراعی	
2	بررسی فشردگی خاک مزرعه و منطقه در چند سال اخیر*	
3	بررسی نوع محصول مورد کشت چیست و عمق توسعه رشد ریشه آن	
4	بررسی ارتباط میان فشردگی خاک و متوسط عمق نفوذ ریشه	
5	بررسی وجود سخت لایه	
6	بررسی بافت خاک زیر سخت لایه	
7	بررسی رطوبت لایه های زیرین (لایه سخت) خاک برای زیر شکنی	
8	بررسی امکان انجام زیر شکنی در عمق صحیح	
9	بررسی تناسب نوع زیرشکن با تراکتور مورد استفاده	
10	بررسی رعایت فاصله مناسب شاخه های زیر شکن با یکدیگر	
11	بررسی کارکرد زیر شکن در عمق بحرانی	
12	بررسی تمهیدات لازم برای خارج کردن زیر شکن از عمق بحرانی	

نتیجه گیری کلی: انجام زیر شکنی برای این مزرعه قابل توصیه: ☐ می باشد ☐ نمی باشد

بررسی کننده: امضاء تاریخ

* به بررسی مزارع منطقه و تداوم انجام کنترل های مربوطه را برای چندسال نیاز دارد.

منابع:

1. اسحاق بیگی، ع. (1382). طراحی ساخت و ارزیابی زیر شکن کج ساق، مقایسه مدل های ریاضی و ارایه یک مدل جدید برای نیرو های برش خاک. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
2. اشرفی زاده، س.ر. (1379 الف) بررسی تأثیر فشردگی خاک و روش خاک ورزی بر عملکرد ذرت و خواص فیزیکی خاک. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
3. اشرفی زاده، س.ر. (1379) بررسی تأثیر زیر شکن بر بعضی از خصوصیات فیزیکی- مکانیکی خاک و عملکرد گندم. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
4. بهرامی، ه (1377) بررسی اثر ارتعاش زیر شکن بر مقاومت کششی و خواص فیزیکی خاک. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
5. حیدری، ا. و س. م. رضوانی (1382) اثر زیر شکنی بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در سه دور آبیاری. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
6. روزبه، م. (1383) بررسی اثرات زیر شکن و دور آبیاری به ازاء مقدار معینی از نیاز آبی گیاه بر عملکرد پنبه در داراب گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
7. روستاپور، ا. ر. (1378). ساخت یک دستگاه زیر شکن کج ساق به منظور خاکورزی عمیق و مقایسه عملکرد آن با زیر شکنهای معمولی و ساقه خمیده. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
8. رثوفت، م. ح. و م. م. شهاب زاده (1385) طراحی، ساخت و ارزیابی زیر شکن کج ساق ویژه زیر شکنی عمیق در مزارع نیشکر. CD مجموعه مقالات (ارائه شده بصورت سخنرانی) چهارمین کنگره ملی و مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز.
9. شفیی، س. ا. (1371). اصول ماشینهای کشاورزی (جلد اول). انتشارات دانشگاه تهران.
10. صادق نژاد، ح. ر (1376) بررسی و مقایسه اثرات دو نوع زیر شکن ارتعاشی و معمولی بر روی خواص فیزیکی خاک و تعیین توان کششی مصرفی. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
11. صادق نژاد، ح. ر و ک. اسلامی (1383) اثر روشهای مختلف خاک ورزی بر عملکرد گندم و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
12. صلح جو، ع. ا. و س. ا. دهقانیان (1385) تأثیر زیر شکنی خاک بر کارایی مصرف آب در محصول چغندر قند. CD مجموعه مقالات (ارائه شده بصورت سخنرانی) چهارمین کنگره ملی و مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز.
13. صلح جو، ع. ا. (1393) زیر شکن و استفاده بهینه از آن. نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج
14. عادل زاده، ر. ، ک. اخوان، م. ر. شیری (1385) بررسی اثرات زیر شکنی و آبیاری بر عملکرد ذرت . CD مجموعه مقالات (ارائه شده بصورت سخنرانی) چهارمین کنگره ملی و مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز.
15. فیروزی، س. (1375) بررسی مقاومت کششی گاو آهن عمیق *Dual bentleg plow* و تعیین اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
16. گازر، ح.ر. و م. لغوی (1385). تأثیر تیغه های سطحی بر مقاومت کششی زیر شکن و شرایط فیزیکی خاک. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، جلد 19، شماره 4. صفحات 105-111.
17. مشهدی میغانی، ح. (1375). تعیین فاصله بهینه بین تیغه های گاو آهن *Bentleg* جهت انجام بهتر شخم عمیق و دستیابی به کارایی مناسب. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
18. http://www.agriculture.com/default.sph/agNotebook.class?FNC=Correspondents_Anbn_list_html_817
19. <http://www.agriproductsinc.com/mulcher.htm>
20. <http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/land-management/soil-structure/soilcom9.htm>
21. Raper, R.L., and A.K. Sharma. 2002. Using soil moisture to determine when to subsoil, In E. van Santen, ed. Proc. 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. Ala. Agric. Auburn, AL. USA.

یادآوری مطالب مهم

- از نوع بافت لایه های مختلف خاک مزرعه تا عمق 1 متر اطلاع کافی داشته باشید.
- قبل از زیر شکنی به نوع بافت خاک و میزان رطوبت موجود در آن توجه لازم بشود.
- در موقع انتخاب زیر شکن به نوع دستگاه و تناسب آن با تراکتهای مورد استفاده توجه گردد.
- در هنگام زیر شکنی از عمق بحرانی کار کرد وسیله خود اطلاع کافی داشته باشید.
- قبل از زیر شکنی یک چک لیست کنترلی برای انجام زیر شکنی تهیه و به آن عمل کنید.

آدرس: کرج- بلوار شهید فهمیده - موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
صندوق پستی: 31585-845