

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



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

اثرات تراکم خاک

| | |
|---------------------|---|
| سرشناسه | : رمضانی، نوشین، ۱۳۶۴- |
| عنوان و نام پدیدآور | : اثرات تراکم خاک/نویسنده نوشین رمضانی؛ ویراستاران ترویجی سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتیح؛ تهیه شده در معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی. |
| مشخصات نشر | : تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۰. |
| مشخصات ظاهری | : ۲۰ ص. |
| شابک | : رایگان ۹-۸۱۴-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸: |
| وضعیت فهرست نویسی | : فیبا |
| موضوع | : خاک -- چگالی |
| موضوع | : Soils -- Density |
| موضوع | : خاک -- فشردگی |
| موضوع | : Soil compaction |
| شناسه افزوده | : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی |
| شناسه افزوده | : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی |
| رده بندی کنگره | : ۲۹۵۵/۳ |
| رده بندی دیویی | : ۶۳۱/۴۳ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۷۵۶۹۶۱۲ |
| وضعیت رکورد | : فیبا |

ISBN: 978-964-520-814-9

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۸۱۴-۹



نشر آموزش کشاورزی

عنوان: اثرات تراکم خاک

نویسنده: نوشین رمضانی

مدیر داخلی: شیوا پارسائیک

ویراستاران ترویجی: سعیده اجاقی و نصیبه پورفاتیح

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

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول/۱۳۹۹

قیمت: رایگان

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۵۹۲۶۷ به تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۴ است.

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

تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵

کدپستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

مخاطبان

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

اهداف آموزشی

- ◆ شما پس از مطالعه این نشریه با تراکم (فشردگی) خاک، اثرات آن و همچنین با روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی تراکم خاک آشنا می‌شوید.

| عنوان | فهرست | صفحه |
|--|-------|------|
| مقدمه..... | | ۹ |
| اثرات نامطلوب تراکم خاک..... | | ۱۰ |
| تراکم خاک..... | | ۱۰ |
| درجات تراکم..... | | ۱۴ |
| اثر تراکم بر رشد و تهویه گیاه..... | | ۱۵ |
| اثر تردد ماشین‌های کشاورزی بر تراکم خاک..... | | ۱۷ |
| روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی تراکم..... | | ۱۹ |

مقدمه

تراکم خاک به عنوان کاهش حجم خاک در اثر نیروهای وارده تعریف شده است؛ این پدیده به وسیله تردد ماشین‌ها و ادوات کشاورزی رخ می‌دهد و گاهی اوقات تا زیر عمق لایه شخم نیز ادامه می‌یابد و کاهش حاصلخیزی و کیفیت محیطی را هم در پی دارد. در حال حاضر به دلیل افزایش وزن و بزرگتر شدن ادوات کشاورزی آثار مخرب تراکم از قبل بیشتر شده است در نتیجه تولید کنندگان باید به این مسئله توجه بیشتری نسبت به گذشته داشته باشند.

اثرات نامطلوب تراکم خاک

باید به این موضوع توجه داشت که تراکم خاک سبب کاهش بازده تولید محصولات کشاورزی نیز می‌شود. به دلیل مشکلات خشکی و مقدار کم ماده آلی در خاک‌های کشور و از سوی دیگر تردد زیاد ادوات کشاورزی در مراحل مختلف کاشت محصولات (کشت محصول تا برداشت) باعث شده است تا تراکم خاک یکی از مشکلات مهم در کشاورزی ایران باشد. در این راستا تراکم خاک با ایجاد مشکلات مختلف تهویه‌ای و نفوذ آب در خاک باعث کاهش عملکرد و در برخی مواقع مرگ گیاهان می‌شود.

با توجه به موارد فوق آشنایی با تراکم می‌تواند راهگشای بسیاری از سؤالات در مورد توزیع تراکم در خاک، اثر آن بر حرکت آب در خاک و بهبود رشد گیاه باشد.

تراکم خاک

تراکم به معنی کاهش حجم خاک در اثر بارگذاری و اعمال فشار به سطح آن است. در اثر تراکم نه تنها حجم منافذ خاک کاهش می‌یابد، بلکه ممکن است منافذ به هم پیوسته خاک نیز مسدود شوند. همچنین در اثر تراکم خاک، نفوذ آب به خاک و قابلیت دسترسی گیاهان به آب و هوا تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و مجموع اثرات مذکور باعث کاهش کیفیت خاک می‌شوند. شکل (۱) متراکم شدن خاک را در اثر تردد ادوات کشاورزی نشان می‌دهد.

در اثر تراکم، به دلیل افزایش جریان افقی (ترجیحی) در خاک رطوبت در منطقه ریشه کاهش می‌یابد. تراکم خاک معمولاً سبب به وجود آمدن موارد ذیل می‌شود؛

- ✓ کاهش نفوذ آب
- ✓ کاهش خلل و فرج
- ✓ افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک

- ✓ کاهش ظرفیت نگهداری آب
- ✓ افزایش مقاومت مکانیکی در برابر رشد گیاه و به دنبال آن کاهش جذب عناصر و فعالیت‌های موجودات زنده ذره‌بینی
- ✓ افت حاصلخیزی خاک



شکل ۱- تراکم ایجاد شده توسط عبور و مرور ادوات کشاورزی

تراکم بیش از حد خاک بر اثر عبور و مرور حاصل از کار کردن ماشین‌آلات کشاورزی عامل مهمی در تخریب خاک محسوب می‌شود (شکل ۲). با مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش تعداد و وزن ماشین‌ها، تراکم خاک‌ها افزایش می‌یابد.

تراکم علاوه بر سطح خاک لایه‌های عمیق تر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که به این موضوع اشاره شود که اگرچه فرآیندهای اصلاح زیستی و غیرزیستی می‌توانند اثرات تراکم سطحی را کاهش دهند، اما تراکم خاک‌های زیرین می‌تواند ده‌ها سال و حتی قرن‌ها باقی بماند. بنابراین ارزیابی و پیش‌بینی تراکم خاک و تغییرات مربوط به خلل و فرج در جلوگیری از تخریب خاک بسیار مهم است.



شکل ۲- نمای نزدیک متراکم شدن سطح خاک در اثر تردد ادوات کشاورزی

امروزه به دلیل استفاده از اراضی کشاورزی به عنوان جاده‌های عبور ماشین‌های سنگین مورد نیاز در کارهای ساختمانی، تراکم خاک سطحی نیز افزایش یافته است با توجه به این موضوع می‌توان بیان نمود که احداث خطوط راه آهن و لوله‌کشی گاز و نفت از جمله عملیات ساختمانی هستند که باعث ایجاد تراکم در خاک‌ها شده‌اند. وزن ماشین‌هایی که برای این عملیات استفاده می‌شود معمولاً ۳۰۰۰۰ کیلوگرم هستند. در بعضی موارد از ماشین‌هایی با وزن ۶۰۰۰۰ کیلوگرم نیز

استفاده می‌شود. در خاک متراکم اندازه منافذ و پیوستگی منافذ تغییر می‌کند، جرم مخصوص ظاهری افزایش و منافذ درشت خاک (که اغلب اوقات در آن‌ها هوا وجود دارد) کاهش می‌یابند. هنگامی که منافذ درشت خاک تبدیل به منافذ ریز می‌شوند، منافذ ریز خاک می‌توانند آب را برای مدت طولانی در خود نگهداری کنند در نتیجه خاک مدت بیشتری رطوبت خود را حفظ می‌کند. با افزایش جرم مخصوص ظاهری، نفوذپذیری آب در خاک کاهش می‌یابد، زیرا بخش عمده آب به همراه املاح در پروفیل خاک از خلل و فرج درشت انتقال می‌یابد. تراکم خاک به طور قابل توجهی بر خصوصیات هیدرولیکی، نفوذپذیری، میزان نگهداری آب در خاک و جریان آب در خاک اثر می‌گذارد.

هدایت هیدرولیکی اشباع* به تراکم ایجادشده توسط عبور و مرور ادوات کشاورزی حساس است و عموماً به صورت تابعی از میزان آب خاک با تراکم کاهش پیدا می‌کند. اندازه، شکل، پیوستگی و خمیدگی منافذ در خاک‌های دارای ساختمان که همگی در ویژگی‌های انتقال و ابقاء آب شرکت دارند متأثر از تراکم هستند. لذا تخلخل کل نباید به تنهایی برای همبستگی یا عامل انتقال آب یا هدایت هیدرولیکی در نظر گرفته شود. از آنجا که جریان آب در خاک متأثر از تراکم خاک است، بنابراین انتقال ماده حل شده در آب نیز از تراکم خاک تأثیر می‌پذیرد. در واقع می‌توان از روی سرعت انتقال ماده حل شده به میزان تراکم خاک پی برد.

*** هدایت هیدرولیکی نوعی ویژگی در خاک، سنگ و گیاهان آوندی است که سهولت جریان آب را در فضاهای خالی و شکاف‌ها نشان می‌دهد. میزان آن به میزان نفوذپذیری ماده و درصد رطوبت آن بستگی دارد و همچنین هدایت هیدرولیکی حالت اشباع میزان توان جابجایی آب در حالتی که محیط اشباع است را نشان می‌دهد.**

درجات تراکم

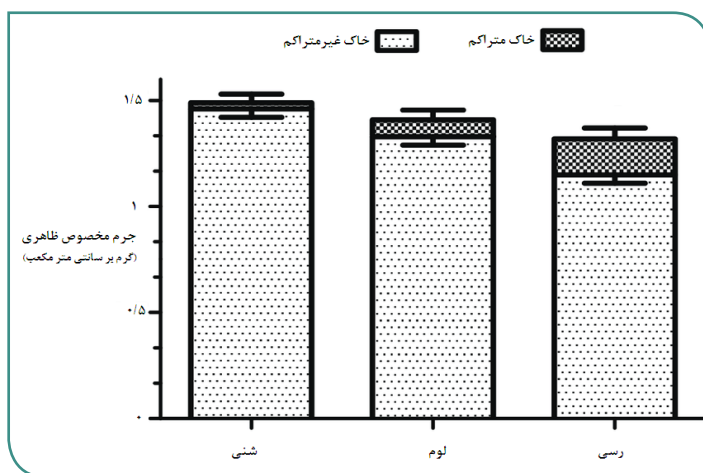
تراکم خاک را می‌توان به درجات مختلفی طبقه بندی کرد که در ادامه این مبحث این درجات توضیح داده شده‌اند:

- تراکم کم: شامل خاک‌های رسی لومی با جرم مخصوص ظاهری کمتر از $1/3$ گرم بر سانتی‌متر مکعب در افق شخم خورده و همین‌طور خاک‌های شنی لومی با جرم مخصوص ظاهری کمتر از $1/4$ گرم بر سانتی‌متر مکعب.

- تراکم متوسط: شامل خاک‌های لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری $1/3$ تا $1/5$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و خاک‌های شنی و شنی لومی با جرم مخصوص ظاهری بیش از $1/4$ گرم بر سانتی‌متر مکعب.

- تراکم زیاد: شامل خاک‌های ریز بافت با جرم مخصوص ظاهری بیش از $1/5$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و خاک‌های بافت درشت با جرم مخصوص ظاهری بیش از $1/6$ گرم بر سانتی‌متر مکعب.

به‌طور کلی هر چه جرم مخصوص ظاهری خاک بیشتر و بافت خاک ریزتر باشد، تراکم پذیری خاک بیشتر است. شکل ۳ تراکم‌پذیری خاک‌های با بافت مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۳- تراکم‌پذیری خاک‌های با بافت مختلف

اثر تراکم بر رشد و تهویه گیاه

تراکم خاک باعث افزایش مقاومت خاک در مقابل نفوذ ریشه گیاه می‌شود. در نتیجه رشد گیاه و میزان محصول نیز کاهش می‌یابد (شکل ۴). رشد گیاه در خاک‌های متراکم بسیار محدود است، زیرا ریشه‌ها توانایی گسترش در خاک را ندارند. بر این اساس، حداکثر مقاومت نفوذی که ریشه‌ها می‌توانند بر آن غلبه کنند ۲۰۶۸ کیلوپاسکال است. اگر ترک‌ها و شکاف‌هایی در خاک‌های متراکم وجود داشته باشد، احتمال توسعه ریشه در خاک بیشتر و کاهش رشد کمتر می‌شود. در عوض ریشه‌ها در ناحیه بالا یا کنار منطقه متراکم در خاک متمرکز می‌شوند.



شکل ۴- اثر تراکم خاک بر رشد گیاه

صرف نظر از اثر مقاومت نفوذ، شرایط غیر هوازای ایجاد شده در خاک متراکم جذب سه عامل آب، هوا و عناصر غذایی را نیز توسط ریشه محدود می‌کند. همچنین تراکم خاک تشکیل گره در گیاهان لگومینوز را کاهش داده و منجر به کمبود نیتروژن در این محصولات می‌شود. با ایجاد تراکم تعداد روزهایی که میزان تخلخل برای رشد ریشه مناسب است، کاهش می‌یابد که اثرات منفی بر رشد و نقش گیاه را در پی دارد.

محققان بسیاری برای تعیین شرایط محدود کننده رشد گیاهان در اثر تراکم سه مورد زیر را پیشنهاد دادند:

۱- خلل و فرج تهویه‌ای

۲- حد بحرانی برای تجمع خاکدانه‌ها

۳- حد بحرانی مقاومت خاک برای رشد ریشه

همچنین ده درصد خلل و فرج تهویه‌ای را به عنوان حد بحرانی انتخاب نمودند. در تخلخل کمتر از ده درصد، تبادلات گازی با اتمسفر به صفر می‌رسد. البته حد بحرانی یاد شده (همان ده درصد) تابع نوع گیاه و سطح فعالیت‌های میکروبی خاک نیز است. افزایش مقاومت خاک به وجود آمده در اثر تراکم، باعث کاهش نفوذ ریشه می‌شود. در نتیجه اندازه گیری مقاومت نفوذ سنجی خاک می‌تواند شاخص خوبی از تراکم پذیری خاک باشد. تراکم خاک منجر به تغییر توزیع اندازه منافذ و کاهش تخلخل کل خاک شده و رشد ریشه گیاهان را کاهش می‌دهد. علاوه بر کاهش رشد ریشه، تراکم می‌تواند باعث شرایط ماندابی شود. شرایط ماندابی باعث احیای عناصر محلول از قبیل آهن و منگنز شده و در نتیجه از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شوند. بعلاوه کاهش رشد ریشه باعث کاهش جذب عناصر غذایی کم تحرک از قبیل فسفر می‌شود و در نتیجه باعث کاهش مقدار محصول می‌شود. شکل ۵ اثر تراکم را بر رشد محصول نشان می‌دهد.



شکل ۵- اثر تراکم بر رشد محصول

اثر تردد ماشین‌های کشاورزی بر تراکم خاک

سه عامل وزن، سرعت و تعداد تردد ماشین‌آلات بر تراکم خاک اثر می‌گذارد. با افزایش سرعت ماشین‌آلات مقدار افزایش در جرم مخصوص ظاهری و همین‌طور عمق تراکم کاهش می‌یابد. معمولاً اینگونه پذیرفته شده است که بار دوم و بیشتر حرکت ماشین‌آلات در مقایسه با بار اول تراکم بیشتری ایجاد می‌کند. همچنین باید متذکر شد که بسته به مقاومت اولیه خاک و توزیع مقاومت خاک با عمق ایده فوق ممکن است که صحیح نباشد. خاک تازه شخم‌خورده یا سست، از قانون فوق پیروی می‌کند ولی در خاک با مقاومت بالا تفاوت بین تراکم خاک، پس از بار اول و بارهای بعدی تردد ماشین‌ها ناچیز است. اثر تراکم اولیه از تراکم ثانویه می‌تواند وخیم‌تر است. زیرا ساختمان خاک سطحی در اثر زیر و رو کردن (شخم زدن) ضعیف و از هم پاشیده می‌شود. شکل (۶) تردد ماشین‌آلات کشاورزی را به منظور شخم زمین نشان می‌دهد.



شکل ۶- شخم زدن زمین کشاورزی توسط ماشین‌آلات کشاورزی

سطح تماس تایر ماشین های کشاورزی نیز در تراکم پذیری خاکها مؤثر است. به همین دلیل برای به دست آوردن انرژی مکانیکی وارد شده توسط ماشین آلات، باید علاوه بر وزن و تعداد تردد ماشین آلات باید سطح تماس چرخ ها را نیز در نظر گرفت. در واقع هر چه نیروی وارده در سطح کمتری به خاک اعمال شود به همان میزان تراکم بیشتر خواهد بود. با افزایش سطح تماس چرخها، میزان تراکم کاهش پیدا می کند. زیرا تنش حاصل از وزن، بر سطح بیشتری از خاک توزیع می شود. به همین دلیل استفاده از چرخ های پهن تر و یا چرخ های جفت، بر کاربرد چرخ های با سطح تماس کم ترجیح داده می شود (شکل ۷). با افزایش باد لاستیک ماشینها، سطح تماس لاستیکها با خاک کاهش یافته و لذا تراکم افزایش می یابد.

به طور کلی، هر گونه تردد ماشینی، سبب ایجاد تراکم و تخریب ساختمان خاک می شود. احتمال خطر و زیان تراکم خاک سطحی در خاکهایی که میزان رطوبت آنها بالا و تحت فشار وسایل نقلیه سنگین هستند، بسیار بیشتر است. علاوه بر میزان رطوبت و بار حاصل از چرخ فاکتورهای دیگری چون مانند تعداد عبور ماشین آلات، ابعاد و میزان فشار لاستیکهای چرخ و قدرت خاک نیز در برآورد تراکم خاک مؤثر است.



شکل ۷- اثر سطح تماس چرخهای ماشین آلات کشاورزی بر میزان تراکم خاک

روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی تراکم

تراکم خاک را می‌توان با استفاده از پارامترهایی مانند جرم مخصوص ظاهری و تخلخل و... مورد سنجش قرار داد. این روش‌ها تراکم را به آسانی ارزیابی می‌کنند ولی کلاس منافذ متراکم شده و یا تغییرات ساختمانی ایجاد شده را نشان نمی‌دهند. بنابراین روش‌های مستقیم و غیرمستقیمی برای اندازه‌گیری حجم منافذ و تغییرات ایجاد شده در ساختمان خاک در اثر تراکم توسعه یافته‌اند.

به طور کلی روش‌های اندازه‌گیری تراکم خاک را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم کرد:

● اول: اندازه‌گیری تراکم خاک با استفاده از خصوصیات فیزیکی خاک از جمله پارامترهایی که برای اندازه‌گیری تراکم خاک به کار می‌روند، می‌توان به مواردی چون؛ جرم مخصوص ظاهری خاک، تخلخل، هدایت هیدرولیکی، پخشیدگی گازها و مقاومت نفوذ سنجی اشاره کرد.

● دوم: ارزیابی و اندازه‌گیری تراکم با استفاده از ماده ردیاب رنگی با توجه به اینکه تراکم خاک بر بسیاری از خواص فیزیکی خاک اثر گذاشته لذا می‌توان با بررسی این خصوصیات در مورد تراکم به مطالب مهمی پی برد. این روش‌ها و شاخص‌های اندازه‌گیری شده، اطلاعاتی در مورد وضعیت خاک ارائه داده و می‌توانند برای بیان اثر تردد وسایل سنگین بر عمق‌های مختلف خاک استفاده شوند. با این وجود در عمل بسیار مشکل است که اثر تراکم خاک بر حرکت آب و رشد گیاه تنها بر اساس اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور پیش بینی شود. استفاده از آزمایش‌های نفوذ ردیاب یکی از روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان اثرات تراکم خاک بر انتقال آب را به طور مشخص دید.

