



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

فرسایش خندقی و مکانیسم تشکیل آن



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
استان بوشهر
۱۳۹۸



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

فرسایش خندقی و مکانیسم تشکیل آن

سرشناسه	راهی، غلامرضا، ۱۳۵۲-
عنوان و نام پدیدآور	فرسایش خندقی و مکانیسم تشکیل آن / نویسندگان غلامرضا راهی، فاطمه توکلی راد؛ ویراستاران ترویجی سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ تهیه شده در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی.
مشخصات نشر	کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	۲۴ ص: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۶۳۲-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	خندقی ها
موضوع	Moats :
موضوع	خاک -- فرسایش
موضوع	Soil erosion :
شناسه افزوده	توکلی راد، فاطمه، ۱۳۶۲-
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	۵۶۲۳
رده بندی دیویی	۶۳۱/۴۵
شماره کتابشناسی ملی	۶۰۹۵۹۸۹

ISBN: 978-964-520-632-9

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۶۳۲-۹



عنوان: فرسایش خندقی و مکانیسم تشکیل آن
نویسندگان: غلامرضا راهی و فاطمه توکلی راد
مدیر داخلی: شیوا پارسانیک
ویراستاران ترویجی: سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
تهیه شده در: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: نرگس بهادر
نمونه خوان: حمیدرضا خاوری، مرجان کبیری
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۸
قیمت: رایگان
مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۶۸۱۳ به تاریخ ۹۸/۱۰/۲۱ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲

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



مخاطبان

◀ کشاورزان، کارشناسان، مروجان پهنه های تولیدی

اهداف آموزشی

◀ شما پس از مطالعه این نشریه با فرسایش خندقی و انواع آن، مکانیسم و مراحل تشکیل خندق و همچنین با شرایط و مکان های تشکیل خندق آشنا می شوید.

فهرست

صفحه

عنوان

.....	مقدمه	۷
.....	خندق چیست؟	۸
.....	مراحل تشکیل خندق	۸
.....	معرفی انواع خندق	۱۱
.....	خندق های خطی (محوری)	۱۱
.....	خندق های پنجه ای	۱۱
.....	خندق های جبهه ای	۱۲
.....	انواع خندق از نظر شکل سطح مقطع عرضی	۱۳
.....	۱) خندق های V شکل	۱۳
.....	۲) خندق های U شکل	۱۴
.....	تقسیم بندی خندق ها	۱۴
.....	فرسایش خندقی در کجاها دیده می شود؟	۱۵
.....	۱- معمولاً در شیب های پایین تر از ۲۰ درصد	۱۵
.....	۲- تبدیل مراتع فقیر به دیمزارهای کم بازده	۱۶
.....	۳- مناطق با سازندهای بالادست از گروه فارس و دارای املاح گچ و نمک فراوان	۱۷
.....	۴- مناطق با نفوذپذیری کم و حجم رواناب زیاد	۱۷
.....	۵- مناطق دارای خاک پرملاح و بافت حساس به فرسایش	۱۷
.....	۶- تخریب پوشش گیاهی یا چرای بیش از حد دام	۱۸
.....	۷- جاده سازی	۱۸
.....	۸- عدم مدیریت صحیح در استفاده از هرزاب ها	۱۹
.....	۹- مناطقی با بارندگی های شدید	۱۹
.....	۱۰- استفاده بیش از حد از زمین های کشاورزی	۱۹

فهرست

صفحه

عنوان



۲۰	برای جلوگیری از فرسایش خندقی چه کارهایی باید انجام داد؟
۲۰	۱- جلوگیری از ساخت وسازهای غیراصولی
۲۰	۲- جلوگیری از چرای مفرط
۲۱	۳- جلوگیری از غرقاب شدن دشت های سیلابی
۲۲	۴- رعایت اصول کشت و زرع
۲۲	۵- رعایت کاربری اراضی
۲۲	۶- جلوگیری از از بین رفتن پوشش خاک
۲۳	۷- مدیریت صحیح در حوضه

مقدمه

خندق آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب را در خود حمل می‌کند. خندق‌ها از پیچیده‌ترین اشکال فرسایش خطی هستند که بر اثر عوامل به وجودآورنده مختلف، طی چندین مرحله و در طول زمان، گسترش می‌یابند. بسیاری از متخصصان حفاظت خاک علامت فرسایش پیشرفته را فرسایش خندقی می‌دانند. فرسایش خندقی در میزان هدررفت خاک و تولید رسوب اهمیت دارد، بنابراین آشنایی با مکانیسم و مراحل تشکیل خندق و شناخت موقعیت‌ها و مکان‌های تشکیل خندق نقش مهمی در جلوگیری از تشکیل خندق، کنترل رشد طولی خندق‌ها و پیامدهای ناشی از آن دارد.

خندق چیست؟

آبراهه‌هایی را که عمق آن‌ها به ۰/۵ متر می‌رسد خندق می‌نامند و این میزان عمق به عنوان مبنایی برای تفکیک خندق‌ها از شیارهاست. خندق‌ها شیارهایی هستند که در اثر عملیات شخم در اراضی زراعی از بین نمی‌روند یا قابل تسطیح به وسیله ماشین‌آلات در پهنه‌های طبیعی نیستند (شکل ۱). خندق‌ها از مشخص‌ترین نوع فرسایش در تلفات خاک هستند، به طوری که ۵۰ تا ۸۰ درصد رسوبات حاصل از فرسایش آبی را شامل می‌شوند. بسیاری از دانشمندان معتقدند که فرسایش خندقی از مهم‌ترین مشکلات بر سر راه تهیه غذا، سلامت انسان‌ها و اکوسیستم است.



شکل ۱- خندق شیاری است که در اثر عملیات شخم از بین نمی‌رود

مراحل تشکیل خندق

به‌طور کلی مراحل تشکیل خندق به شرح ذیل است:

◀ اولین مرحله تشکیل خندق ایجاد یک فرورفتگی در سطح توپوگرافی دشت است. این فرورفتگی ممکن است طبیعی باشد یا در اثر از بین رفتن پوشش گیاهی

ایجاد شده باشد. آب در این گودال ها متمرکز می شود و در نتیجه پدیده انحلال و ایجاد راهروی زیر زمینی و گسترش آن، آبراهه به وجود می آید که به دنبال ریزش سقف آن خندق ایجاد می شود. قسمت عمده فرسایش در سر خندق که همان هدکت^۱ است، متمرکز می شود و دیوار نسبتاً عمودی در نتیجه ریزش آب و تخریب گسترش فرورفتگی اولیه به وجود می آید و به تدریج به طرف بالا گسترش پیدا می کند؛ بنابراین تشکیل و تکامل هدکت و خندق در چهار مرحله صورت می گیرد. این چهار مرحله عبارت اند از:

الف) وجود یک چاله که بتواند فرصت نفوذ را افزایش دهد (شکل ۲)؛

ب) پدیده انحلال آبراهه زیر زمینی ایجاد می کند (شکل ۳)؛

ج) توسعه و گسترش آبراهه زیر زمینی موجب ریزش سقف کانال می شود (شکل ۴)؛

د) در مرحله نهایی، خندق در سطح زمین پیدا می شود.



شکل ۲- وجود چاله در سطح زمین (اولین مرحله تشکیل خندق)

۱. در مناطق دارای شیب تند اغلب کف آبراهه ها کم عرض و عمیق تر می شود و کناره ها حالت عمودی به خود می گیرد؛ ولی در جاهای دیگر معمولاً عرض بستر زیادتر می شود و شیب های کناره ها ملایم تر است. در این حالت مناطقی که دارای شیب تند هستند یا قسمت های ابتدایی دامنه توسعه می یابند و بریدگی هایی را ایجاد می کنند که «هدکت» نام دارد.



شکل ۳- تشکیل آبراهه زیرزمینی در اثر پدیده انحلال



شکل ۴- ریزش سقف کانال زیرزمینی و پیدا شدن خندق در سطح زمین

معرفی انواع خندق

خندق های خطی (محوری)

خندق های خطی یا محوری به صورت مجزا تشکیل می شوند و هر کدام دارای یک دیواره عمودی هستند که از هدکت حاصل می شود. معمولاً در سازندهای ریز دانه کمی ماسه یا شن وجود دارد و در رسوبات گراولی ایجاد می شود. این خندق ها غالباً بر اثر فرسایش سطحی تشکیل می شوند (شکل ۵).



شکل ۵- خندق محوری

خندق های پنجه ای

خندق های پنجه ای در امتداد چندین دیواره بالاک اند یا هدکت هستند و در مسیرهای شاخه ای گسترش می یابند. این خندق ها در مناطق خشک و نیمه خشک و در سازندهای مارنی و در خاک های لومی رسی مشاهده می شود (شکل ۶).



شکل ۶- خندق پنجه ای

خندق های جبهه ای

خندق های جبهه ای معمولاً در مجاورت رودخانه ها و اغلب در محل تلاقی انشعابات رودخانه ای ایجاد می شوند. این خندق ها نتیجه زیرشویی خاک هستند و مخصوص خاک های شنی لومی با ساختمان منشوری است (شکل ۷).



شکل ۷- خندق جبهه ای

انواع خندق از نظر شکل سطح مقطع عرضی

معمولاً مقطع عرضی خندق ها را به دو شکل تقسیم بندی می کنند:

۱- خندق های V شکل؛

۲- خندق های U شکل.

(۱) خندق های V شکل

این نوع خندق ها در مناطقی که ضخامت سازند مارن یا رس زیاد باشد، ایجاد می شوند. یا اینکه در خاک هایی که عمق خاک املاح دار زیاد باشد ایجاد می شوند، به طوری که عوامل تخریب تا سازند بعدی که از نظر جنس و مقاومت به فرسایش متفاوت باشد عمل می کند و خندق در عمق توسعه می یابد. این خندق ها عرض کمی دارند و در نهایت پس از ریزش سقف به شکل V در سطح زمین نمایان می شوند (شکل ۸).



شکل ۸- خندق V شکل

۲) خندق‌های U شکل

این نوع خندق‌ها در مناطقی که ضخامت سازند مارن یا رس ضخامت چندانی ندارد و همچنین در دره‌های آبرفتی دیده می‌شود. در صورتی که در زیر سازند حساس بالایی یک سازند مقاوم نیز باشد، این نوع خندق‌ها تشکیل می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹- خندق U شکل

تقسیم‌بندی خندق‌ها

خندق‌ها بر اساس ویژگی‌های زیر شناسایی و طبقه‌بندی می‌شوند:

- ◀ شکل؛
- ◀ طول (جدول ۱)؛
- ◀ اندازه؛
- ◀ مقطع عرضی؛
- ◀ مراحل مختلف توسعه.

اندازه خندق‌ها را بر اساس عمق و مساحت حوضه آبخیز در جدول‌های (۲ و ۳) مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- تقسیم بندی خندق ها بر اساس طول خندق

طول (بر حسب متر)	اندازه
کم تر از ۱۲۰ متر	کوچک
بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ متر	متوسط
بیش تر از ۲۴۰ متر	بزرگ

جدول ۲- تقسیم بندی خندق ها بر اساس عمق

عمق (بر حسب متر)	اندازه
کم تر از ۰/۹ متر	کوچک
بین ۰/۹ تا ۴/۵ متر	متوسط
بیش تر از ۴/۵ متر	بزرگ

جدول ۳- تقسیم بندی خندق ها بر اساس مساحت حوضه آبخیز

مساحت (بر حسب هکتار)	اندازه
کم تر از ۲ هکتار	کوچک
بین ۲ تا ۱۰ هکتار	متوسط
بیش تر از ۱۰ هکتار	بزرگ

فرسایش خندقی در کجاها دیده می شود؟

در اینجا درباره مکان رخ دادن فرسایش خندقی بحث می کنیم. این مکان ها به شرح زیر است:

۱- معمولاً در شیب های پایین تر از ۲۰ درصد

معمولاً این نوع فرسایش در کنار زمین های کشاورزی، دیمزارهای کم بازده که از تبدیل مزارع فقیر حاصل شده اند، ایجاد می شود و معمولاً از مناطق دارای شیب زیر ۲۰ درصد شروع می شود و به سمت مناطق بالادست ادامه پیدا می کند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- تشکیل خندق در اطراف اراضی کشاورزی و گسترش به سمت بالادست

۲- تبدیل مراتع فقیر به دیمزارهای کم بازده

در مناطقی که کشاورزان برای به دست آوردن مالکیت زمین یا تغییر کاربری پوشش گیاهی طبیعی را از بین می برند و سطح خاک را شخم می زنند، به دلیل اینکه نفوذپذیری خاک به هم می خورد و عملاً حجم رواناب افزایش پیدا می کند و خاک استحکام خود را از دست داده است، رواناب اضافی خروجی از زمین کشاورزی باعث تشکیل و گسترش فرسایش خندقی در منطقه خواهد شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تشکیل خندق در اثر تبدیل مراتع فقیر به دیمزارهای کم بازده

۳- مناطق با سازندهای بالادست از گروه فارس و دارای املاح کچ و نمک فراوان

سازندهای گروه فارس معمولاً دارای املاح فراوان گچ و نمک بوده و معمولاً خاک‌هایی که از این سازندها در مناطق پایین دست تشکیل می‌شود نیز دارای املاح فراوانی هستند. از طرفی این سازندها معمولاً حساس به فرسایش اند و معمولاً پوشش گیاهی اندکی دارند که خود در ایجاد فرسایش خندقی مؤثرند.

۴- مناطق با نفوذپذیری کم و حجم رواناب زیاد

مناطقی مانند دشت گناوه که دارای نفوذپذیری کمی است و حجم زیادی رواناب را از حوضه بالادست دریافت می‌کند، باعث اشباع خاک سطحی و زیرسطحی و انحلال و ایجاد تونل‌های زیرزمینی می‌شود. بنابراین در مراحل پیشرفته تر باعث ایجاد فرسایش تونلی می‌شود که با ریزش سقف آن فرسایش خندقی ایجاد می‌شود.

۵- مناطق دارای خاک پرملاح و بافت حساس به فرسایش

خاک مناطقی که دچار فرسایش خندقی می‌شوند، معمولاً به دلیل املاح گل و نمک سست است و معمولاً بافت لومی سیلتی دارند. بین مقدار سیلت و نسبت فرسایش پذیری ارتباط نزدیکی وجود دارد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- تشکیل خندق در خاک‌های دارای املاح فراوان و در اثر حجم زیاد رواناب ورودی به دشت از بالادست

۶- تخریب پوشش گیاهی یا چرای بیش از حد دام

تخریب پوشش گیاهی باعث عدم نفوذ رواناب سطحی و کاهش استحکام خاک دانه ها در برابر فرسایش خاک می شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- تشکیل خندق در اثر تخریب پوشش گیاهی و چرای شدید دام

۷- جاده سازی

معمولاً عبور جاده ها با دست کاری خاک منطقه، نفوذ پذیری گیاهی را کاهش می دهد که این اتفاق سبب افزایش رواناب و شروع فرسایش خندقی می شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- تشکیل خندق در کنار جاده ها

۸- عدم مدیریت صحیح در استفاده از هرزاب ها

گاهی، نداشتن نگاه همه جانبه به حوضه آبخیز تغییرات مقطعی در آبراهه ها و طراحی نامناسب در خروجی های حوضه باعث تمرکز هرزاب ها و شروع فرسایش خندقی می شود.

۹- مناطقی با بارندگی های شدید

شرایط اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک مانند استان بوشهر باعث می شود معمولاً بارندگی کل سال طی یک یا دو بارندگی نازل شود و این موجب وقوع بارندگی هایی با شدت فراوان در مناطق مختلف می شود که یکی از عوامل تأثیرگذار در ایجاد این نوع فرسایش است.

۱۰- استفاده بیش از حد از زمین های کشاورزی

این عمل باعث ضعیف شدن خاک و کاهش حاصلخیزی و مهیا شدن شرایط برای ایجاد نخ آب ها در سطح مزرعه شده که در مراحل بعد باعث می شود حجم زیادی از آب به نواحی مرزی زمین منتقل و شرایط ایجاد خندق مهیا شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- تشکیل خندق در اثر استفاده بیش از حد از اراضی کشاورزی

برای جلوگیری از فرسایش خندقی چه کارهایی باید انجام داد؟

برای اینکه از فرسایش خندقی جلوگیری شود باید به شرح زیر عمل کرد:

۱- جلوگیری از ساخت وسازهای غیراصولی

عملیات جاده سازی موجب تمرکز هرزاب های بالا دست در آبراهه های زیر جاده ها و ایجاد خندق ها در پایین دست جاده می شود؛ زیرا در اثر جاده سازی بعضی از آبراهه های طبیعی از بین می رود و آب آن در امتداد جاده به آبراهه های بعدی متصل می شود که به وسیله لوله یا پل به طرف دیگر جاده ها عبور داده می شود. ولی چون این آبراهه ها فقط ظرفیت عبور دبی معینی را دارند و نمی توانند آب اضافی حاصل از آبراهه اولی را نیز در خود جای دهند، در نتیجه در پایین دست جاده خندق به وجود می آید. همچنین در طراحی سیستم مربوط به آبراهه برای احداث آبگذر، ظرفیت آبراهه ها در نظر گرفته نشده است و برای صرفه جویی در هزینه معمولاً برای هر چند آبراهه یک آبگذر در نظر گرفته شده است که این مسئله باعث می شود فرسایش خندقی در پایین دست تشدید شود.

۲- جلوگیری از چرای مفرط

استفاده از مراتع زیاد است. مخصوصاً در مناطق خشک که پوشش گیاهی فقیرتری دارند و همچنین در مناطقی که سازندهای بالادست آن ها از گروه فارس هستند و از لحاظ سنگ شناسی اغلب مارن همراه با املاح گچ و نمک است، سازندی سست و کم مقاومت در برابر فرسایش به وجود می آورد. مطالعات نشان می دهد که در مناطق دارای فرسایش خندقی، تعداد دام در مرتع بیش از ۵ برابر ظرفیت مراتع است و این عامل درصد تاج پوشش را کاهش می دهد و باعث تمرکز رواناب در پایین دست می شود که عامل مؤثری در ایجاد خندق است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- مهار رشد خندق بر اثر احیای پوشش گیاهی

۳- جلوگیری از غرقاب شدن دشت های سیلابی

دشت های سیلابی معمولاً سیل گیر هستند و توسط آب غرقاب می شود. این عمل باعث شست و شوی املاح خاک و ایجاد فرسایش تونلی زیرسطحی می شود که در مراحل بعد موجب ایجاد فرسایش خندقی می شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- استفاده از سازه های آبخیزداری به منظور مدیریت هرزآب و جلوگیری از غرقاب شدن دشت های سیلابی و تشکیل خندق

۴- رعایت اصول کشت و زرع

کشاورزی در زمین های مورد نظر باید از اصول علمی پیروی کند و معمولاً عملیات کاشت، داشت و برداشت کاملاً صحیح صورت بگیرد و از اعمال مضر مخصوصاً شخم در جهت شیب پرهیز شود. خاک های کشاورزی معمولاً دارای بافت لومی، لومی سیلی بوده و این نوع خاک ها حساس ترین نوع در زمینه ایجاد فرسایش خندقی هستند.

۵- رعایت کاربری اراضی

قبل از انجام عملیات در منطقه، باید حوضه آبخیز آن تحت مطالعات آزمایش سرزمین قرار گیرد و کاربری اراضی مشخص شود و بر اساس این کاربری ها، استفاده از آن ها صورت گیرد. از شخم اراضی مرتعی باید پرهیز شود. در مناطقی که کشاورزان خندق ها را مرز زمین های خود قرار می دهند و مراتع را به دیمزارهای کشاورزی تبدیل کرده اند، فرسایش خندقی شدید تر است. معمولاً ۸۰ درصد خندق ها در کنار زمین های کشاورزی و در مناطقی که به مراتع دیمزارهای کم بازده تبدیل شده اند، دیده می شوند.

۶- جلوگیری از از بین رفتن پوشش خاک

طبق بررسی ها بارندگی منطقه پراکندگی شدید زمانی و مکانی دارد و از نوسانات دوره ای مشخص و معینی پیروی نمی کند. همچنین بارندگی ها اغلب در زمانی نازل می شود که خاک لخت است و به علاوه این بارندگی ها معمولاً شدیدند و اگر خاک سطحی لخت باشد یا شخم خورده باشد، مستعد ایجاد فرسایش است. از طرف دیگر، میزان تبخیر بالا و کمبود بارندگی اوضاع شکننده ای را به وجود می آورد که تعادل موجود را در طبیعت بسیار حساس می کند. اگر پوشش طبیعی گیاهی از بین برود، این عوامل تشدید می شوند.

۷- مدیریت صحیح در حوضه

مدیریت صحیح حوضه بر مراتع بالادست حوضه به منظور بهتر شدن وضعیت پوشش گیاهی مانع از فرسایش خندقی می شود. همچنین اگر ساخت و سازهای انجام شده و احداث جاده ها بر اساس اصول صحیح باشد، می توان از ایجاد فرسایش خندقی جلوگیری کرد. به علاوه، در مناطقی که خندق ها ایجاد شده اند، مطالعات جامع صورت گرفته است و خندق ها دسته بندی شده اند و بر اساس اصول علمی و بعد از تعدیل شیب در کناره ها و سر با استفاده از اصول علمی و سدهای سبک فلزی و گیاهان سریع الرشد و حذف رواناب کنترل می شوند.

یادداشت

فرسایش فندقی که به سرطان زمین شهرت دارد،
از پیشرفته‌ترین نوع فرسایش آبی است که به هدر رفت منابع عظیمی
از آب و خاک و تفریب اراضی در نقاط تمت تأثیر منجر می‌شود.



نشان آموزش کشاورزی

ISBN: 978 964 520 632 9



978 964 520 632 9