دانشگاه زنجان
دانشکده کشاورزی
گروه خاکشناسی
فیزیک و حفاظت خاک گرایش

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M. Sc.)

عنوان :

تغییرات زمانی فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک‌های مارنی تحت باران شبیه‌سازی شده

نگارش:

عطیه رستمی

استاد راهنما:

دکتر علی‌رضا واعظی

استاد مشاور:

دکتر محمدحسین محمدی

تابستان ۱۳۹۰

برگ سبزی تقدیم به والاترین ها

تقدیم به همسر مهربانم

او که چون مهر، مهربان

چون دریا، بیکران

و چون کوه صبور و استوار، همواره همراه و همیار

من است.

سپاسگزاری

حمد و سپاس ذات پاک و بی‌نیاز معبودی که به قلم، قداست و به انسان، کرامت بخشید و او را به زیور علم و دانش بیاراست.

تقدیر و تشکر از تمامی انسانهایی که مزرع اندیشه را سبز می‌خواهند و با سرانگشتان مشتاق خویش افقهای روشن را نشانه رفته‌اند. از استاد راهنمای بزرگوارم **جناب آقای دکتر علی‌رضا واعظی،** که گام به گام در تمامی مراحل با راهنمایی‌های بی‌شائبه خویش مرا در انجام این تحقیق یاری و مساعدت نمودند، بسیار سپاسگزارم.

از استاد مشاور محترم **جناب آقای دکتر محمدحسین محمدی** که در این دوران از راهنمایی و مشاورت ایشان استفاده نمودم کمال تشکر را دارم.

از اساتید داور محترم **جناب آقای دکتر محمدامیر دلاور** و **سرکار خانم دکتر پریسا علمداری** که داوری این پایان نامه را به عهده داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از همسر عزیزم که بدون حمایتها و تشویق‌هایش، تدوین این رساله امکان‌پذیر نبود و برگ برگ این دفتر ثمره زحمات بی‌دریغ اوست کمال تشکر را دارم. از پدر و مادر بزرگوار و خانواده محترم همسرم که در پناه حمایتهای آنها مسیر زندگیم هموار و موفقیتهایم دست یافتنی گشت، بی نهایت سپاسگزارم.

از دوستان عزیز و بزرگوارم خانمها: پولادی، کریمی، نجفی، رضایی، رضایی منش، پرسون، توحیدلو، حمیدی و جناب آقای پولادی و همچنین تمامی کسانی که در طول این تحقیق بنده را یاری و از راهنمایی‌های خود بهره‌مند ساختند سپاسگزارم.

عطیه رستمی

شهریور ۱۳۹۰

چکیده

فرسایش بارانی یکی از اشکال مهم فرسایش آبی است که در نتیجه برخورد قطرات باران بر سطح خاک حاصل می-شود. از مهمترین پیامدهای برخورد قطرات باران بر سطح خاک، فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان می‌باشند. تاکنون پژوهشی دقیق در مورد تغییرات زمانی فرآیندهای فرسایش بارانی انجام نگرفته است. با توجه به اهمیت این فرآیندها در خاک‌های مارنی حساس به فرسایش، این پژوهش به منظور بررسی تغییرات زمانی این فرآیندها تحت باران شبیه‌سازی شده در دو نوع خاک مارنی (بکر و کشاورزی) در سال ۱۳۸۹ در زنجان انجام گرفت. آزمایش در هشت تیمار تداوم بارندگی در سه تکرار، در قالب طرح کاملا تصادفی در دو نوع خاک انجام گرفت (۴۸=۳×۸×۲ واحد آزمایشی). برای این منظور از هر دو نوع خاک، خاکدانه‌های با قطر ۶ تا ۸ میلی‌متر از سازندهای مارنی غرب زنجان جمع‌آوری شد. خاکدانه‌های مربوط به هر خاک به طور جداگانه در ۲۴ جعبه (هشت تیمار در سه تکرار) به ابعاد ۳۰cm× ۴۰cm به عمق ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. حدود ۱۲ کیلوگرم خاکدانه در هر جعبه ریخته شد. تعداد سه تکرار از هر تیمار به طور جداگانه در یکی از هشت دوره زمانی (۷/۵، ۱۵، ۲۲/۵، ۳۰، ۳۷/۵، ۴۵، ۵۲/۵ و ۶۰ دقیقه) زیر دستگاه شبیه‌ساز باران قرار گرفتند. میزان تخریب خاکدانه‌ها با مقایسه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها قبل و بعد از بارندگی به دست آمد. میزان تراکم خاک از طریق اندازه‌گیری میزان جرم مخصوص ظاهری خاک تعیین شد. میزان پاشمان ذرات خاک از جمع‌آوری ذرات خاک پراکنش‌یافته در اطراف جعبه‌ها به دست آمد. نتایج نشان داد که میزان فرآیندهای فرسایش بارانی (تخریب، تراکم و پاشمان) در اوایل بارندگی به دلیل خشک بودن خاکدانه‌ها کم بود. با گذشت زمان با افزایش تاثیر ضربه قطرات و افزایش رطوبت خاک، میزان هر سه فرآیند در هر دو خاک بکر و کشاورزی افزایش یافت. بر این اساس رابطه معنی‌داری بین فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک بکر و تداوم بارندگی به ترتیب با R^2=۰/۹۳، R^2=۰/۷۹ و R^2=۰/۹۵ برقرار بود. همچنین رابطه معنی‌داری بین فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک کشاورزی و تداوم بارندگی به ترتیب با R^2=۰/۸۸، R^2=۰/۸۵ و R^2=۰/۹۷ مشاهده شد. فرآیندهای تراکم خاک و پاشمان ذرات، تحت تاثیر میزان تخریب خاکدانه‌ها قرار گرفتند. رابطه مثبت معنی‌داری بین میزان پاشمان ذرات و تخریب خاکدانه در خاک بکر (R^2=۰/۹۴, P<۰/۰۵) و خاک کشاورزی (R^2=۰/۸۹, P<۰/۰۱) وجود داشت. همچنین رابطه معنی‌داری بین میزان تراکم خاک و تخریب خاکدانه در خاک بکر (R^2=۰/۶۸, P<۰/۰۵) و خاک کشاورزی (R^2=۰/۹۴, P<۰/۰۰۱) مشاهده شد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش تداوم بارندگی میزان فرآیند تخریب خاکدانه به دلیل تاثیر بیشتر ضربه قطرات باران و بالارفتن رطوبت خاک افزایش یافت. این کار به نوبه خود منجر به افزایش میزان پاشمان ذرات و تراکم خاک شد. در انتهای زمان بارندگی به دلیل تخریب کامل خاکدانه‌های سطح، تغییرات میزان پاشمان ذرات و تراکم خاک ناچیز بود.

کلید واژه‌ها: تداوم بارندگی، خاک بکر، خاک کشاورزی، رطوبت خاک، ضربه قطرات، فرسایش بارانی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- فرسایش خاک	۳
۱-۳- فرسایش آبی	۶
۱-۳-۱- مراحل فرسایش آبی	۸
۱-۳-۲- انواع فرسایش آبی	۱۰
۱-۴- فرسایش بارانی	۱۰
۱-۴-۱- فرآیندهای اصلی فرسایش بارانی	۱۲
۱-۴-۱-۱- تخریب خاکدانه‌ها	۱۲
۱-۴-۱-۲- تراکم خاک	۱۴
۱-۴-۱-۳- پاشمان ذرات خاک	۱۷
۱-۴-۲- پیامدهای فرسایش بارانی	۲۱
۱-۴-۳- خاک‌های مارنی و فرآیندهای فرسایش بارانی	۲۳
۱-۴-۴- ابزارهای بررسی فرسایش بارانی	۲۴
فصل دوم- بررسی منابع	۲۵

۲-۱- تحقیقات انجام شده در مورد فرسایش خاک ۲۶

۲-۲- اثر فرسایش بارانی بر تخریب خاک ۲۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه

۲-۳- اثر فرسایش بارانی بر تراکم خاک ۳۶

۲-۴- اثر فرسایش بارانی بر پاشمان ذرات خاک ۳۷

۲-۵- اثر تغییر کاربری بر ویژگی‌های خاک ۴۵

۲-۶- خاک‌های مارنی و فرآیند فرسایش بارانی ۴۸

۲-۷- جمع‌بندی تحقیقات پیشین و بیان پرسش‌های تحقیق ۴۹

۲-۹- اهداف تحقیق ۵۰

فصل سوم- مواد و روش‌ها ۵۱

۳-۱- ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه ۵۲

۳-۲- نمونه‌برداری خاک ۵۴

۳-۳- تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۵۵

۳-۳-۱- تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک ۵۵

۳-۳-۲- تعیین ویژگی‌های شیمیایی خاک ۶۳

۳-۴- تعیین خصوصیات باران شبیه‌سازی شده ۶۷

۳-۴-۱- تعیین قطر قطرات باران ۶۸

۳-۴-۲- تعیین شدت و توزیع مکانی بارندگی ۶۸
۳-۵- بررسی فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان ۷۰
۳-۵-۱- اندازه‌گیری میزان تخریب خاکدانه‌ها ۷۰
۳-۵-۲- اندازه‌گیری میزان تراکم خاک ۷۲

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۵-۳- اندازه‌گیری میزان پاشمان ذرات خاک ۷۴
۳-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۷۵
فصل چهارم- نتایج و بحث ۷۶
۴-۱- ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی ۷۷
۴-۱-۱- ویژگی‌های خاک بکر ۷۷
۴-۱-۲- ویژگی‌های خاک کشاورزی ۷۹
۴-۲- توزیع مکانی بارندگی ۸۱
۴-۳- تخریب خاکدانه‌ها ۸۳
۴-۴- تراکم خاک ۸۹
۴-۵- پاشمان ذرات خاک ۹۳
۴-۶- تغییرات زمانی تخریب، تراکم و پاشمان ۹۹

۴-۷- رابطه بین فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان ۱۰۳

۴-۸- نتیجه‌گیری ۱۰۹

۴-۹- پیشنهادها ۱۱۳

منابع ۱۱۴

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۱-۱- میزان فرسایش آبی در مناطق مختلف دنیا ۸

جدول ۴-۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بکر ۷۷

جدول ۴-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشاورزی ۷۹

جدول ۴-۳- توزیع مکانی بارندگی در حالت چهار تیمار و سه تکرار ۸۱

جدول ۴-۴- توزیع مکانی بارندگی در حالت سه تیمار و چهار تکرار ۸۱

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای زمان بارندگی بر تخریب خاکدانه‌ها ۸۳

جدول ۴-۶- تجزیه واریانس اثر تیمارهای زمان بارندگی بر تراکم در دو نوع خاک ۸۹

جدول ۴-۷- تجزیه واریانس اثر تیمارهای زمان بارندگی بر پاشمان ذرات خاک ۹۳

جدول ۴-۸- میزان وقوع فرآیندهای فرسایش بارانی طی زمان بارندگی در خاک بکر ۱۰۰

جدول ۴-۹- میزان وقوع فرآیندهای فرسایش بارانی طی زمان بارندگی در خاک کشاورزی ۱۰۰

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱- نمایی از یک خاک تراکم یافته ۱۵

شکل ۱-۲- شکل قطره باران در هنگام سقوط و چگونگی تراکم خاک در اثر برخورد قطره باران ۱۵

شکل ۱-۳- نمایی از پاشمان ذرات خاک ۱۸

شکل ۱-۴- چگونگی پاشمان ذرات خاک در زمان‌های مختلف پس از برخورد قطره باران ۲۰

شکل ۱-۵- فرآیند جدا شدن ذرات، انتقال آن‌ها و تخریب ساختمان در اثر برخورد قطرات باران ۲۱

شکل ۱-۶- ترک‌های ایجاد شده در سطح خاک به دلیل تشکیل سله ۲۲

شکل ۲-۱- رابطه بین درصد خاکدانه‌های مقاوم در برابر ضربه قطرات باران و درصد رس ۳۰

شکل ۲-۲- رابطه بین درصد خاکدانه‌های پایدار و میزان کربن داده شده به خاک ۳۱

شکل ۲-۳- نمودار رگرسیونی یک متغیره بین پایداری خاکدانه و درصد کربن آلی ۳۲

شکل ۲-۴- رابطه بین میزان انرژی جنبشی باران و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۳۴
شکل ۲-۵- رابطه بین درصد رس و میزان هدر رفت خاک ۳۵
شکل ۲-۶- رابطه بین میزان رطوبت اولیه خاک و میزان هدررفت خاک در چهار نوع خاک مختلف ۳۵
شکل ۲-۷- رابطه بین انرژی جنبشی قطرات باران و فاصله ذرات پاشمان یافته ۳۸
شکل ۲-۸- تغییرات زمانی شدت پاشمان در شیب‌های مختلف ۴۱
شکل ۲-۹- رابطه بین میزان مواد پاشمان یافته و فاصله آنها از منبع پاشمان ۴۳
شکل ۲-۱۰- نمایی از مدل قیفی شکل دستگاه اندازه‌گیری پاشمان ۴۵
شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در غرب زنجان ۵۳
شکل ۳-۲- نمایی از خاک بکر (الف) و خاک کشاورزی (ب) مورد مطالعه در غرب زنجان ۵۴
شکل ۳-۳- جعبه‌های حاوی خاکدانه ۵۵
شکل ۳-۴- آماده‌سازی نمونه‌های خاکدانه در دستگاه بار ثابت و اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی ۵۸
شکل ۳-۵- نمایی از دستگاه صفحه فشاری و آماده‌سازی دستگاه برای اندازه‌گیری FC و PWP ۵۹

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۳-۶- نمایی از خاکدانه ها قبل و بعد از تخریب توسط قطرات باران ۶۰
شکل ۳-۷- دستگاه اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر ۶۲
شکل ۳-۸- نمایی از دستگاه شبیه‌ساز باران ۶۷
شکل ۳-۹- واسنجی دستگاه شبیه‌ساز باران برای حصول به شدت معین بارندگی ۶۸
شکل ۳-۱۰- چگونگی اندازه‌گیری شدت و توزیع مکانی بارندگی ۶۹

شکل ۳-۱۱- جعبه‌های خاک و حفاظ پیرامون آن و نحوه شستن حفاظ جعبه‌های پاشمان به منظور جمع‌آوری خاک پاشمان یافته ۷۰

شکل ۳-۱۲- مقایسه میزان تخریب خاکدانه‌ها در خاک بکر در دو تیمار صفر و ۶۰ دقیقه ۷۱

شکل ۳-۱۳- مقایسه میزان تخریب خاکدانه‌ها در خاک کشاورزی در دو تیمار صفر و ۶۰ دقیقه ۷۲

شکل ۳-۱۴- نحوه الک نمونه‌های خاک داخل جعبه‌ها پس از اعمال رخدادهای زمانی بارندگی ۷۲

شکل ۳-۱۵- مجموعه خاکدانه‌ها پس از بارندگی و ایجاد پوشش پارافین برای تعیین حجم خاکدانه ۷۳

شکل ۳-۱۶- تعیین حجم مجموعه خاکدانه‌های پارافینی شده به روش غوطه‌وری در استوانه مدرج ۷۴

شکل ۳-۱۷- نمایی از پاشمان ذرات خاک در حین بارندگی ۷۵

شکل ۴-۱- تغییرنمای شدت بارندگی در سطح صفحه بارش دستگاه شبیه‌ساز باران ۸۲

شکل ۴-۲- توزیع مکانی شدت بارندگی در سطح صفحه بارش دستگاه شبیه‌ساز باران ۸۲

شکل ۴-۳- تغییرات میزان تخریب خاکدانه‌ها در تیمارهای بارندگی در خاک بکر ۸۵

شکل ۴-۴- تغییرات میزان تخریب خاکدانه‌ها در تیمارهای بارندگی در خاک کشاورزی ۸۶

شکل ۴-۵- تغییرات تخریب خاکدانه طی مدت بارندگی در خاک بکر ۸۸

شکل ۴-۶- تغییرات تخریب خاکدانه طی مدت بارندگی در خاک کشاورزی ۸۸

شکل ۴-۷- اثر تیمارهای مختلف مدت بارندگی بر تراکم خاک بکر ۹۰

شکل ۴-۸- اثر تیمارهای مختلف مدت بارندگی بر تراکم خاک کشاورزی ۹۰

شکل ۴-۹- تغییرات میزان تراکم خاک طی مدت بارندگی در خاک بکر ۹۲

شکل ۴-۱۰- تغییرات میزان تراکم خاک طی مدت بارندگی در خاک کشاورزی ۹۲

شکل ۴-۱۱- رابطه بین پاشمان ذرات خاک و مدت بارندگی در خاک بکر ۹۵

شکل ۴-۱۲- رابطه بین پاشمان ذرات خاک و مدت بارندگی در خاک کشاورزی ۹۶

شکل ۴-۱۳- اثر تیمارهای مختلف مدت بارندگی بر پاشمان ذرات در خاک بکر ۹۸

شکل ۴-۱۴- اثر تیمارهای مختلف مدت بارندگی بر پاشمان ذرات در خاک کشاورزی ۹۹

شکل ۴-۱۵- بررسی همزمان فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک بکر ۱۰۱

شکل ۴-۱۶- بررسی همزمان فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک کشاورزی ۱۰۱

شکل ۴-۱۷- رابطه بین تخریب خاکدانه و پاشمان ذرات در خاک بکر ۱۰۵

شکل ۴-۱۸- رابطه بین تخریب خاکدانه و پاشمان ذرات در خاک کشاورزی ۱۰۵

شکل ۴-۱۹- رابطه بین تخریب خاکدانه و تراکم خاک بکر ۱۰۷

شکل ۴-۲۰- رابطه بین تخریب خاکدانه و تراکم خاک کشاورزی ۱۰۷

شکل ۴-۲۱- رابطه بین پاشمان و تراکم در خاک بکر ۱۰۸

شکل ۴-۲۲- رابطه بین پاشمان و تراکم در خاک کشاورزی ۱۰۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

خاک به عنوان بستر اصلی بیشتر رویش‌های گیاهی، یکی از با ارزش‌ترین ثروت‌های ملی هر کشور بوده و بیش از ۹۷ درصد نیازهای غذایی جهان را برآورده می‌کند به طوری که در نبود یا در صورت تخریب آن، کشاورزی نیز نابود می‌شود. بیش از ۵۰۰ میلیون نفر از مردم جهان در نواحی نیمه‌خشک زندگی می‌کنند و بیشتر آنها برای امرار معاش و گذراندن زندگی وابسته به کشاورزی هستند. جمعیت بسیاری از کشورها در چنین مناطقی طی سه دهه اخیر، دو برابر شده و همچنان نیز با سرعت رو به افزایش است که این افزایش جمعیت هماهنگ با افزایش تولیدات غذایی نمی‌باشد و با چنین ازدحام جمعیتی نیاز به یک ذخیره غذایی کافی و پایا، آشکار است (مورین[1] و همکاران، ۲۰۰۶).

فرسایش خاک یک پدیده طبیعی است که در اثر فعالیت‌های بشر تشدید می‌شود. عوامل موثر بر فرسایش به سه گروه کلی تقسیم می‌شوند: گروه اول عواملی هستند که انرژی لازم را برای بروز فرسایش فراهم می‌کنند. گروه دوم عواملی هستند که زمینه بروز یا عدم بروز آن را فراهم می‌کنند و گروه سوم عواملی هستند که موجب حفاظت خاک (به درجات مختلف) در برابر فرسایش می‌شوند (مورگان[2]، ۲۰۰۵). نتیجه فرسایش خاک، کاهش حاصلخیزی خاک و از بین رفتن مواد غذایی آن، کاهش پوشش جنگلی، کاهش تولیدات زراعی، افزایش سیلاب‌ها و مانند آن‌ها می‌باشد (استینر[3]، ۱۹۹۶). افزایش دخالت‌های نابهنجار انسان در طبیعت و اعمال مدیریت‌های نادرست که به علت نا آگاهی و یا برداشت بیش از اندازه محصول صورت گرفته است، سبب تخریب منابع مختلف طبیعی به ویژه بزرگ‌ترین منبع زیستی (خاک) شده است. به طوری که امروزه خاک به شدت توسط عوامل تخریب کننده مانند فرسایش و آلودگی تهدید می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۵). مسئله تخریب خاک نیز یکی از مشکلات رو به رشد در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است. طبق گزارشی از شی[4] و همکاران (۲۰۰۰)، ۸۳ درصد از تخریب زمین به دلیل فرسایش خاک بوده است که باعث کاهش حاصلخیزی محصولات کشاورزی و مهاجرت انسان‌ها می‌شود (دیاموند[5]، ۲۰۰۵).

[1] Morin
[2] Morgan
[3] Steiner
[4] Shi
[5] Diamond

یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش، فرسایش بارانی است که موجب تغییرات بسیاری در خصوصیات خاک می‌شود. قطرات باران به‌عنوان مهم‌ترین شکل نزولات آسمانی نقش مهمی در فرسایش خاک دارند (گیووانین[1] و همکاران، ۲۰۰۱). از جمله مهم‌ترین پیامدهای برخورد قطرات باران بر سطح خاک فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان می‌باشند. در اثر وقوع این فرآیندها، ویژگی‌های فیزیکی خاک دستخوش تغییر می-شود و شرایط برای نفوذ آب به خاک، تهویه خاک، گسترش ریشه در خاک و جوانه زنی بذرها نامناسب می-شود. وقوع این فرآیندها در خاک‌های حساس به فرسایش مانند خاک‌های مارنی، بسیار آشکار است. از این رو این تحقیق، به منظور بررسی تغییرات زمانی فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک‌های مارنی انجام گرفت.

۱-۲- فرسایش خاک[2]

فرسایش خاک عبارت از کنده شدن و جابه‌جا شدن تدریجی خاکدانه‌ها و مواد موجود در سطح زمین در اثر عوامل مختلف چون آب، باد، نیروی ثقل و غیره است (ژولین[3]، ۱۹۹۵) که طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک از محلی به محل دیگر حاصل می‌شود (آقارضی و همکاران، ۱۳۸۱ و فلانگان[4]، ۲۰۰۲). مورگان[5] (۱۹۸۶) بر اساس چگونگی وقوع فرآیندهای فرسایش پدیده فوق را این‌گونه تعریف می‌نماید: جدا شدن ذرات از بستر، انتقال از محل اصلی و در آخر ته‌نشست آنها در محل دیگر که تحت تاثیر انرژی آب، باد و یا حرکت یخچالی به وجود می‌آید (به نقل از علیزاده، ۱۳۶۸). فرسایش خاک یکی از مسائلی است که به دلیل اهمیت آن در رشد و پیشرفت جامعه بشری نباید نادیده گرفته شود (ژیائو[6] و همکاران، ۲۰۰۸). اهمیت اهمیت این مسئله از آنجا است که این پدیده یکی از مهمترین دلایل تخریب زمین[7] است (فو[8] و گولینخ، ۱۹۹۴ و ویلسون[9] و همکاران، ۲۰۰۸) و تولید محصولات کشاورزی طی قرن بیستم را تا ۱۷ درصد کاهش

[2] Giovannini
[3] Soil erosion
[4] Julien
[5] Flanagan
[6] Morgan
[1] Jiao

[3] Fu and Gulinck
[4] Wilson

داده است (آنژیما[1] و همکاران، ۲۰۰۳). شاید هیچ پدیده دیگری مخرب‌تر از فرسایش خاک را نتوان در دنیا نام برد. بر پایه برآوردهای انجام شده، بر اثر فرسایش خاک سالانه چندین میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان به کام نابودی کشیده می‌شوند. بر پایه همین برآورد، پیش‌بینی شد که تا سال ۲۰۱۰ میلادی یک سوم تا یک پنجم اراضی کشاورزی بر اثر فرسایش خاک غیر قابل استفاده شوند. در اثر فرسایش، خاک حاصلخیز سطحی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به تدریج از دسترس خارج می‌شوند و شرایط فیزیکی خاک به ویژه از نظر نفوذپذیری نامناسب می‌گردد (کازوکی نانکو[2] و همکاران، ۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر فرسایش خاک در ایران به دلیل استفاده نادرست از اراضی به طوری معنی‌دار افزایش یافته است. آمار نشان می‌دهد که تلفات خاک در اثر فرسایش در کشور چندین برابر بیش از میانگین آن در کشورهای آفریقایی و اروپایی است به طوری که میزان فرسایش خاک در ایران تقریبا دو بیلیون تن می‌باشد (وهابی و نیکامی[3]، ۲۰۰۸). از آن‌جا که کنترل فرسایش خاک برای حفظ حاصلخیزی طولانی مدت منابع طبیعی امری حیاتی می‌باشد (کازوکی نانکو و همکاران، ۲۰۰۸) از این رو شناخت عواملی که سبب بروز این پدیده مخرب می‌شوند بسیار ضروری است. وقوع این پدیده توسط عوامل مختلفی می‌تواند صورت گیرد که بر این اساس انواع متفاوتی از فرسایش وجود دارد که عبارتند از: ۱- فرسایش آبی، ۲- فرسایش بادی، ۳- فرسایش ساحلی و ۴- فرسایش یخچالی. با در نظر گرفتن کلیه عوامل فرسایش‌زا، آب و باد مهم‌ترین عوامل فرسایش می‌باشند (رفاهی، ۱۳۸۵).

فرسایش بادی[4] عبارت از کنده شدن، انتقال و رسوب مواد خاکی به وسیله باد است. این نوع فرسایش نوعی فرسایش طبیعی است که موجب تغییرات بلندمدت اما قابل توجهی بر سنگ‌ها، صخره‌ها و کوه‌ها می‌گردد. در واقع حاکمیت اقلیم خشک و نیمه‌خشک، فقدان پوشش گیاهی، کاهش مواد آلی با تخریب ساختمان خاک و بالاخره حضور فعال باد از عوامل اصلی پیدایش این شکل از فرسایش خاک می‌باشند. در

[5] Angima
[6] Kazuki Nanko
[3] Vahabi and Nikkami
[1] Wind erosion

مقیاس جهانی اهمیت و خطر فرسایش بادی کمتر از فرسایش آبی است ولی گاهی ابعاد و عظمت آن از فرسایش آبی بیشتر می‌شود. هر جا خاک فشرده، مرطوب و دارای خاکدانه‌های پایدار باشد، سطح خاک زبر یا از پوشش گیاهی پوشیده شده باشد و سرعت باد در نزدیکی سطح زمین تا اندازه‌ای کاهش یابد، به تبع آن خطر فرسایش بادی نیز کاهش می‌یابد (پانبیانکو و بوسچیازو[۱]، ۲۰۰۸). فرسایش بادی یکی از اصلی‌ترین شناسه‌های جریان ویران‌گر بیابان‌زایی[۲] محسوب می‌شود. شواهد موجود نشان می‌دهد که نه تنها فرسایش بادی در ایران سرزمین‌های قابل توجهی را متأثر کرده است، بلکه وخامت اوضاع در شرایطی به مراتب نگران‌کننده‌تر از متوسط جهانی قرار دارد. نزدیک به دو درصد (۱/۸۱ درصد) از مساحت خشکی‌های جهان به وسعت ۲/۲۳۵ میلیون هکتار از تبعات مستقیم فرسایش بادی در رنج و تنش هستند، در صورتی که در ایران نزدیک به ۲۰ میلیون هکتار (۱۹/۶۶ میلیون هکتار) یا ۱۲ درصد از خاک کشور متاثر از فرسایش بادی است. به عبارت دیگر، نسبت سطوح مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در ایران بیش از شش برابر متوسط جهانی است. این موضوع نشان دهنده وخامت شرایط ایران از نظر فرسایش بادی است (رفاهی، ۱۳۷۲).

۱-۳- فرسایش آبی[۳]

فرسایش آبی یکی از انواع فرسایش خاک می‌باشد که تعادل بین نیروی حرکتی آب در سطح خاک و مقاومت خاک را بیان می‌کند. این فرسایش یکی از شدیدترین انواع فرسایش است که به‌دلیل اثرات مخرب آن هم در منطقه تحت فرسایش و هم در مسیر حرکت آب، نسبت به گذشته توجه بیشتری به آن می‌شود (ژنگ[۴]، ۲۰۰۵ و وی[۵]و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات بسیاری که در رابطه با فرسایش آبی صورت گرفته است

[2] Panebianco and Buschiazzo
[2] Desertification
[1] Water erosion
[2] Zheng
[3] Wei

نشان می‌دهد که این فرسایش باعث تغییر در بسیاری از خصوصیات خاک از جمله کاهش ظرفیت نگهداشت، کاهش پایداری خاکدانه‌ها و تخریب خاک می‌شود (ژین[۱] و همکاران، ۲۰۰۸). فرسایش آبی به عوامل متعددی نظیر بافت خاک، نفوذپذیری، رطوبت اولیه خاک، شدت بارندگی، نوع کاربری اراضی، نوع و میزان پوشش گیاهی و شیب زمین بستگی دارد (وهابی و نیکامی، ۲۰۰۸). در کنار عامل بارندگی و نوع خاک، نوع کاربری زمین هم در میزان فرسایش آبی موثر است (فولی[۲] و همکاران، ۲۰۰۸). خصوصیات خاک اغلب تحت تاثیر نوع کاربری زمین و نوع پوشش گیاهی قرار می‌گیرد که در نهایت در فرسایش خاک و رواناب نقش مهمی را ایفا می‌کند (سو[۳]، ۲۰۰۵). جنگل‌زدایی، کشت روی سطوح شیب‌دار و سایر عملیات کشاورزی منجر به فرسایش شدید خاک در مقیاس وسیع می‌شود (چن[۴] و همکاران، ۲۰۰۷). تعدیل صحیح کاربری اراضی منجر به کاهش حساسیت خاک در برابر فرسایش آبی، طی تغییرات زمانی بارندگی می‌شود (یوژنیا[۵] و همکاران، ۲۰۰۷). خاک‌های بکر[۶] مثل جنگل‌ها و مراتع به علت دارا بودن مواد آلی زیاد، همواره دارای ساختمان مناسبی می‌باشند. در خاک‌های بکر، بقایای گیاهی در سطح خاک تجمع یافته و سرعت تجزیه آنها به سرعت کاهش می‌یابد، در نتیجه خاکدانه‌سازی در لایه سطحی خاک بهبود می‌یابد. خاکدانه‌سازی باعث افزایش میزان و اندازه حفرات خاک و کاهش جرم مخصوص توده خاک گردیده و به حفظ تعادل صحیح بین هوا و آب در منطقه ریشه گیاه کمک می‌کند (اوپارا[۷]، ۲۰۰۹). مقایسه مقدار کربن آلی و خصوصیات فیزیکی جفت نمونه‌های خاک برداشت شده از زمین‌های بکر و زمین‌های کشت شده مجاور آنها، کاهش محسوس مقدار کربن آلی و تخریب ساختمان خاک را در زمین‌های کشت شده نشان می‌دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۳).

---

[4] Jin
[2] Foley
[6] Xu
[7] Chen
[8] Eugenia
[6] Virgin soils
[1] Opara

خاک‌های بکر نسبت به خاک‌های کشت شده از کیفیت و پایداری بیشتری برخوردارند و شستشوی مواد غذایی و فرسایش‌پذیری آنها نیز به مراتب کمتر است. تبدیل مرتع به زمین کشاورزی باعث افزایش فرسایش آبی، تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک، کاهش نفوذ آب به خاک و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک نیز می‌شود (مارتینز و زینک[1] ، ۲۰۰۴).

از کل مساحت کشور (۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع)، ۱۱ درصد تحت کشاورزی، ۵۰ درصد به عنوان چراگاه-های دائمی، ۹ درصد به صورت جنگل و بیشه‌زار و ۳۰ درصد را اراضی دیگر دربرگرفته است. متوسط بارندگی در ایران ۲۴۰ میلی‌متر می‌باشد که کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان است. در حال حاضر نزدیک به ۱۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور در معرض فرسایش آبی قرار دارند. طبق گزارش سازمان خوار و بار جهانی حدود ۳۶ درصد از کل زمین‌ها و ۶۰ درصد از خاک‌های کشاورزی در ایران در معرض فرسایش می‌باشند. میانگین فرسایش در ایران در حدود ۴/۳ برابر متوسط فرسایش در جهان می‌باشد. از عمده‌ترین دلایل فرسایش شدید در ایران، از بین رفتن پوشش گیاهی می‌باشند. جدول ۱-۱ میزان فرسایش آبی در مناطق مختلف دنیا را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، میزان فرسایش آبی در ایران تقریبا بیشتر از نقاط دیگر جهان می‌باشد. بنابراین ضرورت پرداختن به مسئله فرسایش آبی در ایران لازم و ضروری است (جلالیان، ۱۳۶۸).

جدول ۱-۱- میزان فرسایش آبی در مناطق مختلف دنیا

منطقه مورد بررسی	آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی	آمریکا و اروپا	ایران
میزان فرسایش ($ton\ ha^{-1}\ y^{-1}$)	۴۰-۳۰	۱۷-۱۳	۳۲-۳۰

۱-۳-۱- مراحل فرسایش آبی

[2] Martinez and Zinck

بر اساس یک تقسیم‌بندی کلی فرسایش آبی به مراحل زیر تقسیم می‌گردد (فوستر[1]، ۱۹۸۲):

الف- جدایی ذرات خاک بر اثر پاشمان توسط قطرات باران[2]: قطرات باران پس از برخورد با یک خاک مسطح تمایل دارند به طور مساوی در تمام جهات پاشیده شوند. بنابراین خاک خارج شده از هر قسمتی با خاک دریافتی از پرتاب شدن ذرات از قسمت‌های دیگر جبران می‌شود. با وجود این‌که در اثر ضربه قطرات خاک به مقدار زیادی جابه‌جا می‌شود اما در هیچ نقطه‌ای از بین رفتن خاک وجود ندارد (فوستر، ۱۹۸۲).

ب- جدایی ذرات به وسیله جریان سطحی[3]: بیشترین عامل جدایی ذرات در شیب‌های کم، فرسایش پاشمانی می‌باشد ولی با افزایش شیب از چند درصد، جریان سطحی از حدی افزون‌تر شده و انرژی ثقلی جریان آب افزایش یافته و منجر به جدایی ذرات و فرسایش در اثر رواناب می‌شود (رز و ویلیامز[4]،۱۹۹۶).

ج- انتقال بر اثر پاشمان[5]: تا زمانی که ذرات جدا شده از بستر از جای خود منتقل نشده‌اند نمی‌توان گفت فرسایش رخ داده است. یکی از عوامل این انتقال پاشمان ذرات است، به طوری که هرگاه شیب محل مورد اصابت قطرات باران از حدی بیشتر باشد ذرات خاک به طرف پایین شیب پرتاب می‌شوند (فوستر، ۱۹۸۲).

د- انتقال به وسیله جریان سطحی[6]: جریان یافتن آب بر روی سطح خاک عامل اصلی انتقال ذرات است و بیشترین نقش را در ایجاد چهره‌های مختلف فرسایش در هر عرصه دارا می‌باشد (فوستر، ۱۹۸۲).

---

[1] Foster
[2] Splash detachment
[3] Detachment by over land flow
[4] Rose and Williams
[5] Splash transport
[1] Transport by over land flow