دانشکده کشاورزی
گروه خاکشناسی
گرایش فیزیک و حفاظت خاک

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

عنوان:

# رابطه بین مقدار رطوبت اولیه خاک و فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک‌های مارنی تحت باران شبیه‌سازی شده

نگارش:

**شکوه کریمی**

استاد راهنما:

**دکتر علی‌رضا واعظی**

استاد مشاور:

**دکتر محمدحسین محمدی**

پاییز ۱۳۹۰

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| **فصل اول- مقدمه و کلیات** | ۱ |
| ۱-۱- مقدمه | ۲ |
| ۱-۲- کلیات | ٦ |
| ۱-۲-۱- خاک بکر و خاک کشاورزی | ٦ |
| ۱-۲-۲- خاک مارنی | ۷ |
| ۱-۲-۳- فرسایش خاک به وسیله آب (فرسایش آبی) | ۸ |
| ۱-۲-٤- عوامل مؤثر در فرسایش آبی | ۱۰ |
| ۱-۲-۵- فرسایش بارانی، پاشمانی یا پرتابی | ۱۳ |
| ۱-۲-٦- پیامدهای برخورد قطرات باران بر سطح خاک | ۱٤ |
| ۱-۲-٦-۱- تخریب و شکسته شدن خاکدانه‌ها | ۱۵ |
| ۱-۲-٦-۲- تراکم لایه‌ی سطحی خاک | ۱٦ |
| ۱-۲-٦-۳- جدا شدن و پاشمان ذرات خاک | ۱۷ |
| ۱-۲-٦-٤- تشکیل اندوده سطحی | ۱۸ |
| ۱-۲-٦-۵- به وجود آمدن سله | ۱۸ |
| ۱-۲-۷- تأثیر رطوبت پیشین خاک بر فرسایش بارانی | ۲۰ |
| ۱-۲-۷-۱- تأثیر رطوبت پیشین خاک بر تخریب خاکدانه‌ها | ۲۱ |
| ۱-۲-۷-۲- تأثیر رطوبت پیشین خاک بر تراکم خاک | ۲۱ |
| ۱-۲-۷-۳- تأثیر رطوبت پیشین خاک بر پاشمان ذرات خاک | ۲۲ |
| ۱-۲-۸- بکارگیری شبیه‌ساز باران جهت بررسی فرسایش بارانی | ۲۲ |
| **فصل دوم- بررسی منابع** | ۲٤ |
| ۲-۱- بررسی پژوهش‌های انجام گرفته در ایران | ۲۵ |
| ۲-۱-۱- ویژگی‌های خاک‌های مارنی | ۲۵ |
| ۲-۱-۲- اثر کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک و فرسایش‌پذیری آن | ۲۷ |
| ۲-۱-۳- اثر ویژگی‌های خاک بر پایداری خاکدانه | ۳۲ |
| ۲-۱-٤- اثر باران بر ویژگی‌های خاک | ۳۷ |
| ۲-۲- بررسی پژوهش‌های انجام گرفته در خارج از ایران | ٤۱ |
| ۲-۲-۱- اثر رطوبت اولیه بر پایداری خاکدانه | ٤۱ |

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۲-۲-۲- اثر رطوبت اولیه بر تراکم خاک، تشکیل سله و پاشمان | ٤٤ |
| ۲-۳- ضرورت، اهداف و پرسش‌های تحقیق | ٥٠ |
| **فصل سوم- مواد و روش‌ها** | ٥٢ |
| ۳-۱- منطقه مطالعاتی | ٥٣ |
| ۳-۲- نمونه‌برداری از خاک (بکر و کشاورزی) | ٥٦ |
| ۳-۳- انتخاب تیمارهای آزمایشی (سطوح رطوبتی پیشین خاک) | ٥٨ |
| ۳-٤- اعمال باران شبیه‌سازی شده | ٦٠ |
| ۳-٤-۱- تعیین شدت و توزیع مکانی بارندگی | ٦١ |
| ۳-٤-۲- تعیین قطر قطرات باران | ٦٢ |
| ۳-٥- بررسی میزان تخریب، تراکم و پاشمان در خاک بکر و کشاورزی | ٦٣ |
| ۳-٥-۱- بررسی میزان تخریب خاکدانه‌ها | ٦٣ |
| ۳-٥-۲- بررسی میزان تراکم خاک | ٦٤ |
| ۳-٥-۳- بررسی میزان پاشمان ذرات خاک | ٦٦ |
| ۳-٦- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک بکر و کشاورزی | ٦٧ |
| ۳-٦-۱- اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک در نمونه‌ی دست‌نخورده | ٦٧ |
| ۳-٦-۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک در نمونه‌ی دست‌خورده | ٧٤ |
| ۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها | ٨٥ |
| **فصل چهارم- نتایج و بحث** | ٨٦ |
| ٤-۱- ویژگی‌های خاک‌های مارنی مورد بررسی | ٨٧ |
| ٤-۱-۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بکر | ٨٧ |
| ٤-۱-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشاورزی | ٩٠ |
| ٤-۲- توزیع مکانی بارندگی | ٩٥ |
| ٤-۳- سطوح رطوبتی پیشین خاکدانه‌ها | ٩٧ |
| ٤-٤- تخریب خاکدانه‌ها | ٩٨ |
| ٤-٤-۱- اثر رطوبت پیشین بر میزان تخریب خاکدانه در خاک بکر و کشاورزی | ٩٨ |
| ٤-٤-۲- مقایسه میانگین بین تیمارهای رطوبت پیشین از نظر تاثیر بر میزان تخریب خاکدانه در خاک بکر و کشاورزی | ٩٩ |

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


٤-٤-٣- رابطه بین تخریب خاکدانه و رطوبت پیشین در خاک بکر و کشاورزی ١٠٢
٤-٥- تراکم خاک ١٠٧
٤-٥-١- اثر رطوبت پیشین بر میزان تراکم خاک در خاک بکر و کشاورزی ١٠٧
٤-٥-٢- مقایسه میانگین بین تیمارهای رطوبت پیشین از نظر تاثیر بر میزان تراکم در خاک بکر و کشاورزی ١٠٧
٤-٥-٣- رابطه بین تراکم خاک و رطوبت پیشین در خاک بکر و کشاورزی ١١٠
٤-٦- پاشمان ذرات خاک ١١٤
٤-٦-١- اثر رطوبت پیشین بر میزان پاشمان ذرات خاک در خاک بکر و کشاورزی ١١٤
٤-٦-٢- مقایسه میانگین بین تیمارهای رطوبت پیشین از نظر تاثیر بر میزان پاشمان ذرات در خاک بکر و کشاورزی ١١٥
٤-٦-٣- رابطه بین پاشمان ذرات خاک و رطوبت پیشین در خاک بکر و کشاورزی ١١٩
٤-٧- بررسی همزمان فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان تحت تاثیر رطوبت پیشین در خاک بکر و کشاورزی ١٢٢
٤-٨- نتیجه‌گیری ١٢٤
٤-٩- پیشنهادها ١٢٦
منابع ١٢٨

# فهرست جداول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| جدول ۲-۱- معادله همبستگی به دست آمده برای فرسایش پاشمانی | ۳۹ |
| جدول ٤-۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بکر | ۸۸ |
| جدول ٤-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشاورزی | ۹۲ |
| جدول ٤-۳- تجزیه واریانس توزیع مکانی بارندگی در حالت چهار تیمار و سه تکرار | ۹۵ |
| جدول ٤-٤- تجزیه واریانس توزیع مکانی بارندگی در حالت سه تیمار و چهار تکرار | ۹۵ |
| جدول ٤-۵- سطوح رطوبتی پیشین خاکدانه‌ها در اثر پیش تیمار باران | ۹۸ |
| جدول ٤-٦- تجزیه واریانس اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر تخریب خاکدانه‌ها در خاک بکر و کشاورزی | ۹۹ |
| جدول ٤-۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر میزان تخریب خاکدانه در خاک بکر و کشاورزی | ۱۰۰ |
| جدول ٤-۸- تجزیه واریانس اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر تراکم در خاک بکر و کشاورزی | ۱۰۷ |
| جدول ٤-۹- مقایسه میانگین اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر میزان تراکم در خاک بکر و کشاورزی | ۱۰۸ |
| جدول ٤-۱۰- تجزیه واریانس اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر پاشمان ذرات خاک در خاک بکر و کشاورزی | ۱۱۵ |
| جدول ٤-۱۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای رطوبت پیشین بر میزان پاشمان ذرات خاک در خاک بکر و کشاورزی | ۱۱٦ |

# فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۱-۱- خاک بکر همراه با پوشش گیاهی طبیعی ۷
شکل ۱-۲- خاک کشاورزی همراه با بقایای محصول کشاورزی ۷
شکل ۱-۳- نمونه‌ای از یک خاک مارنی در غرب زنجان ۸
شکل ۱-٤- فرسایش پاشمانی در خاک مارنی ١٤
شکل ۱-۵- سله سطحی در خاک مارنی ١٩
شکل ۲-۱- نمایی از جمع‌آوری رواناب و رسوب زیر دستگاه شبیه‌ساز باران ٢٩
شکل ۲-۲- تاثیر کاربری اراضی بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها ٣١
شکل ۲-۳- رابطه بین پایداری خاکدانه با درصد ماده آلی خاک و درصد رس خاک ٣۵
شکل ۲-٤- رابطه بین درصد خاکدانه‌های پایدار در آب با درصد ماده آلی خاک و درصد رس خاک٣۵
شکل ۲-۵- تغییرات تنش پیش تراکمی و شاخص تراکم با کربن آلی تیمارهای کودی در دو سطح رطوبتی ٣٦
شکل ۲-٦- اثر انرژی باران و مقدار رطوبت اولیه خاک بر جریان پاشمان در گروه‌های مختلف خاکدانه ٤٦
شکل ۲-۷- مقدار پاشمان در دو خاک مختلف تحت باران‌هایی با شدت مختلف ٤٧
شکل ۲-۸- هدایت هیدرولیکی اشباع در سطوح مختلف تراکم در دو خاک مختلف ٤٩
شکل ۲-۹- نمایی از مدل قیفی شکل دستگاه اندازه‌گیری پاشمان ۵٠
شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در غرب زنجان ۵٣
شکل ۳-۲- خاک بکر و خاک کشاورزی نمونه‌برداری شده در ۵٠ کیلومتری غرب زنجان ۵٤
شکل ۳-۳- خاک مارنی متأثر از فرسایش پاشمانی در منطقه ۵۵
شکل ۳-٤- ٤٨ واحد آزمایشی ۵٧
شکل ۳-۵- فیلتر شنی ایجاد شده در کف جعبه پلاستیکی ۵٧
شکل ۳-٦- دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده در آزمایش (واعظی، ١٣٨٩) ۵٩
شکل ۳-۷- اعمال سطوح رطوبتی به خاکدانه‌ها توسط باران‌ساز ٦٠
شکل ۳-۸- اعمال باران ١۵ دقیقه‌ای به جعبه‌ها ٦١
شکل ۳-۹- اندازه‌گیری شدت و توزیع مکانی بارندگی ٦٢
شکل ۳-١٠- تخریب خاکدانه‌ها در خاک مارنی تحت تأثیر باران ٦٣
شکل ۳-١١- تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه ٦۵

# فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۳-۱۲- حفاظ فلزی پیرامون جعبه‌های پاشمان ٦٦
شکل ۳-۱۳- جمع‌آوری ذرات خاک پاشمان یافته ٦٧
شکل ۳-١٤- نمونه‌برداری از خاک با استفاده از استوانه فلزی ٦٨
شکل ۳-۱۵- دستگاه صفحه فشاری برای اندازه‌گیری ظرفیت زراعی خاک ٧٠
شکل ۳-١٦- نمایی از خاکدانه‌ها قبل از تخریب توسط قطرات باران و بعد از تخریب توسط قطرات باران ٧١
شکل ۳-۱۷- اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش بار ثابت ٧٢
شکل ۳-۱۸- اندازه‌گیری پایداری خاکدانه در آب با استفاده از دستگاه الک تر ٧٣
شکل ۳-۱۹- اندازه‌گیری رطوبت نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه غشای فشاری ٧٦
شکل ۳-۲۰- دستگاه فلیم فوتومتر برای اندازه‌گیری غلظت سدیم ٨٠
شکل ۳-۲۱- دستگاه جذب اتمی برای اندازه‌گیری کلسیم، منزیم محلول و عناصر کم مصرف ٨٤
شکل ٤-۱- تغییرنمای شدت بارندگی در سطح صفحه بارش دستگاه شبیه‌ساز باران ٩٦
شکل ٤-۲- توزیع مکانی شدت بارندگی در سطح صفحه بارش دستگاه شبیه‌ساز باران ٩٧
شکل ٤-۳- تغییرات تخریب خاکدانه‌ها در تیمارهای مختلف رطوبتی در خاک کشاورزی ١٠١
شکل ٤-٤- رابطه بین تخریب خاکدانه‌ها و رطوبت پیشین در خاک بکر ١٠٣
شکل ٤-۵- رابطه بین تخریب خاکدانه‌ها و رطوبت پیشین در خاک کشاورزی ١٠٣
شکل ٤-٦- تغییرات تراکم در تیمارهای مختلف رطوبتی در خاک بکر ١٠٩
شکل ٤-۷- تغییرات تراکم در تیمارهای مختلف رطوبتی در خاک کشاورزی ١٠٩
شکل ٤-۸- رابطه بین تراکم خاک و رطوبت پیشین در خاک بکر ١١٢
شکل ٤-۹- رابطه بین تراکم خاک و رطوبت پیشین در خاک کشاورزی ١١٢
شکل ٤-۱۰- تغییرات پاشمان ذرات خاک در تیمارهای مختلف رطوبتی در خاک بکر ١١٨
شکل ٤-۱۱- تغییرات پاشمان ذرات خاک در تیمارهای مختلف رطوبتی در خاک کشاورزی ١١٨
شکل ٤-۱۲- رابطه بین پاشمان ذرات خاک و رطوبت پیشین در خاک بکر ١١٩
شکل ٤-۱۳- رابطه بین پاشمان ذرات خاک و رطوبت پیشین در خاک کشاورزی ١٢٠
شکل ٤-١٤- اثر سطوح رطوبت پیشین بر فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک بکر ١٢٣

# فهرست شکل‌ها

شکل ٤-١٥- اثر سطوح رطوبت پیشین بر فرآیندهای تخریب، تراکم و پاشمان در خاک کشاورزی ١٢٣

# چکیده

فرسایش پاشمانی یا بارانی از اشکال اصلی و مهم فرسایش آبی است. تخریب خاکدانه، تراکم خاک و پاشمان ذرات خاک از فرآیندهای مهم فرسایش پاشمانی هستند که تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله رطوبت پیشین خاک قرار می‌گیرند. مطالعه و بررسی عوامل موثر در فرسایش خاک در مارن‌ها با توجه به حساسیت خاک‌های مارنی به فرسایش و اهمیت باران در میزان فرسایش دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر رطوبت پیشین بر فرآیندهای فرسایش بارانی در خاک مارنی تحت باران شبیه‌سازی شده انجام گرفت. برای این منظور از خاکدانه‌های با قطر ٦ تا ٨ میلی‌متری از دو نوع خاک مارنی (بکر و کشاورزی) در غرب زنجان در سال ١٣٨٩ نمونه‌برداری شد. در هر دو نوع خاک، خاکدانه‌ها در ٢٤ جعبه پلاستیکی به ابعاد ٤٠ ×٣٠ سانتی‌متر برای بررسی اثر هشت تیمار (سطح) رطوبتی در سه تکرار تهیه شدند. برای اعمال سطوح رطوبتی، بارانی با شدت ٤٠ میلی‌متر بر ساعت و قطر قطره ٢/٥ میلی‌متر در هشت دوره‌ی زمانی مختلف ($T_1$=٠، $T_2$=٧، $T_3$=١٤، $T_4$=٢١، $T_5$=٢٨، $T_6$=٣٥، $T_7$=٤٢ و $T_8$=٤٩ دقیقه) به کمک شبیه‌ساز باران به جعبه‌های حاوی خاکدانه‌ها اعمال شد. به این ترتیب هشت سطح رطوبتی شامل ٦/٠٠، ٩/٣٠، ١٢/٦٠، ١٥/٨٩، ١٩/١٩، ٢٢/٤٩، ٢٥/٧٩، ٢٩/٠٨ درصد در هر خاک اعمال شد. سپس به منظور بررسی میزان تخریب، تراکم و پاشمان از بارانی به مدت ١٥ دقیقه و با شدت ٤٠ میلی‌متر بر ساعت در همه تیمارها استفاده شد. میزان تخریب خاکدانه‌ها با مقایسه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و میزان تراکم خاک از طریق اندازه‌گیری میزان جرم مخصوص ظاهری خاک قبل و بعد از بارندگی و میزان پاشمان از جمع‌آوری ذرات خاک پراکنش یافته در اطراف جعبه‌ها به دست آمد. بر اساس نتایج، خاک بکر و کشاورزی به ترتیب دارای ٦٠/١٢ درصد و ٥٠/٢٣ درصد رس بوده و مقدار آهک و گچ در آن به ترتیب ٪١٦/٣٨، ٪١١/٦١ و ٪١٦/٤١، ٪٢٣/٧٥ بود. میزان تخریب خاکدانه‌ها در خاک بکر، تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی قرار نگرفت، در حالی که در خاک کشاورزی سطوح مختلف رطوبتی اثری معنی‌دار بر میزان تخریب خاکدانه‌ها ($R^2$=٠/٦٣, p<٠/٠٥) داشت. رطوبت پیشین اثری معنی‌دار بر میزان تراکم خاک در هر دو نوع خاک بکر (p<٠/٠١) و کشاورزی (p<٠/٠٥) داشت. با این حال، رابطه قوی بین میزان تراکم و رطوبت پیشین در خاک بکر ($R^2$=٠/١٤٨) و کشاورزی ($R^2$=٠/٠١٤) وجود نداشت. میزان پاشمان ذرات در خاک بکر، تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی قرار گرفت (p<٠/٠٥). در خاک کشاورزی نیز این تاثیر معنی‌دار (p<٠/٠٥) بود. رابطه قوی بین میزان پاشمان ذرات و رطوبت پیشین در خاک بکر و کشاورزی وجود نداشت.

**کلیدواژه‌ها:** جرم مخصوص ظاهری، خاک بکر، خاک کشاورزی، رطوبت پیشین، میانگین وزنی قطر خاکدانه

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

# فصل اول- مقدمه و کلیات

## ۱-۱ مقدمه

خاک یکی از با ارزش‌ترین منابع طبیعی هر کشور است که به عنوان بستر حیات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (متین‌فر و همکاران، ۱۳۸٦). رشد روز افزون جمعیت در دهه‌های اخیر، کمبود مواد غذایی و مهم‌تر از همه فرسایش، توسعه، امنیت و خودکفایی بسیاری از کشورهای جهان بالاخص کشورهای جهان سوم را با تهدیدی جدی روبرو ساخته است (کریمی و همکاران، ۱۳۸٤).

فرسایش خاک[1] پدیده‌ای است که طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک حاصل می‌شود (گیووانینی[2] و همکاران، ۲۰۰۱). فرسایش خاک یکی از مسائلی است که به دلیل اهمیت آن در رشد و پیشرفت جامعه بشری نباید نادیده گرفته شود (ژیائو[3] و همکاران، ۲۰۰۸). اهمیت این مسئله از آنجا است که این پدیده یکی از مهمترین دلایل تخریب زمین[4] است (ویلسون[5] و همکاران، ۲۰۰۸) و تولید محصولات کشاورزی طی قرن بیستم را تا ۱۷ درصد کاهش داده است (آنژیما[6] 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

[1] Soil Erosion
[2] Giovannini
[3] Jiao
[4] Land degradation
[5] Wilson
[6] Angima

عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به تدریج از دسترس خارج می‌شوند و شرایط فیزیکی خاک به ویژه از نظر نفوذپذیری نامناسب می‌گردد (کازوکی نانکو[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

فرسایش آبی[2] یکی از انواع اصلی فرسایش خاک است که تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله عوامل اقلیمی، فرسایش‌پذیری خاک، شیب زمین، پوشش گیاهی و مدیریت بهره‌برداری از اراضی قرار می‌گیرد. فرسایش آبی به اشکال مختلفی وجود دارد و معمولاً در یک منطقه چندین نوع فرسایش به صورت توأم وجود دارد ولی نوعی از آن‌ها غالب بوده و حضور فعال‌تری را نشان می‌دهد. فرسایش پاشمانی یا بارانی[3] از اشکال مهم فرسایش آبی است که بستر را برای ایجاد سایر اشکال فرسایش فراهم می‌کند. از مهم‌ترین اثرات حاصل از برخورد قطرات باران بر سطح خاک می‌توان به تخریب و شکسته شدن خاکدانه‌ها، تراکم لایه سطحی خاک و پاشمان ذرات خاک اشاره کرد (دی‌پولی و پویزن[4]، ۱۹۸۵). در اثر فرسایش پاشمانی، یک لایه‌ی تخریب شده در سطح خاک تشکیل می‌شود (اندوده سطحی) و پس از خشک شدن باعث تشکیل سله در سطح خاک می‌گردد (فرانسیس و کراس[5]، ۱۹۸۳).

رطوبت پیشین خاک یکی از مشخصه‌های اصلی و مهم اثرگذار بر فرآیند فرسایش است (ترومن و برادفورد[6]، ۱۹۹۰). که از طرق گوناگون فرسایش خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. از آنجا که رطوبت پیشین خاک نقش مهمی در پایداری خاکدانه‌ها (لوچ و پوکنی[7]، ۱۹۹۵) و تراکم‌پذیری خاک (آرویدسون و کلر[8]، ۲۰۰٤) دارد لذا می‌توان گفت که تأثیر بسزایی روی میزان حساسیت خاک به

[1] Kazuki Nanko
[2] Water Erosion
[3] Rainfall/ Splash Erosion
[4] De Poly and Poesen
[5] Francis and Cruse
[6] Truman and Bradford
[7] Loch and Pocknee
[8] Arvidson and Keller

فرسایش دارد (میرزاشاهی و همکاران، ۱۳۸٦). رطوبت پیشین خاک علی‌رغم اهمیت فوق العاده‌ای که دارد در هیچ یک از معادلات برآورد فرسایش خاک ذکر نشده است. ویشمایر و اسمیت[1] (۱۹۷۸) با وجود آن‌که بیان کردند که رطوبت پیشین خاک تأثیر معنی‌داری بر فرسایش خاک دارد، اثر آن را در معادله‌ی جهانی فرسایش خاک[2] (USLE) مستقیماً اعمال نکردند. در سایر مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب نیز، از جمله مدل پروژه‌ی پیش‌بینی فرسایش آبی[3] (WEPP) تأثیر رطوبت پیشین خاک بر مقدار فرسایش نادیده گرفته شد.

خاک‌های مارنی[4] به دلیل دارا بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص، در اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک از پوشش گیاهی بسیار کمی برخوردار بوده و استقرار پوشش گیاهی در آن‌ها با محدودیت-های زیادی روبروست. این سازندها در مقایسه با سایر سازندهای زمین‌شناسی دارای حساسیت زیادی به فرسایش می‌باشند (باقریان‌کلات و همکاران، ۱۳۸٦). در سال‌های اخیر شبیه‌ساز باران[5]، به طور وسیعی در شناخت فرسایش خاک و فرآیندهای مربوط به آن به عنوان ابزاری در تحقیقات فرسایش خاک مورد استفاده قرار گرفته است. مهم‌ترین مزایای استفاده از شبیه‌سازهای باران: سرعت عمل، کارایی، قابلیت کنترل و انعطاف‌پذیری بیشتر نسبت به باران‌های طبیعی است (می‌یر[6]، ۱۹۹٤).

مطالعه و بررسی عوامل مؤثر در فرسایش خاک در مارن‌ها با توجه به حساسیت خاک‌های مارنی به فرسایش و اهمیت باران در میزان فرسایش دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد، لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر رطوبت پیشین بر میزان فرسایش پاشمانی در خاک مارنی تحت باران شبیه‌سازی شده انجام

[1] Wischmeier and Smith
[2] Universal Soil Loss Equation
[3] Water Erosion Prediction Project
[4] Marl
[5] Rainfall Simulator
[6] Meyer

گرفت. با آگاهی از این مسئله، می‌توان در جهت کاهش خسارات ناشی از این پدیده اقدام نمـود. نتـایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی کارهای حفاظت خاک در مناطق دارای خاک‌های حساس به فرسایش مانند خاک‌های مارنی مؤثر باشد.

## ۱-۲- کلیات

### ۱-۲-۱- خاک بکر[1] و خاک کشاورزی[2]

خاک از دیدگاه کشاورزی به توده طبیعی گفته می‌شود که محیط مناسبی را برای رشد و نمو گیاهان فراهم می‌کند (هنری دفوت[3]، ۱۹۹۰). خاک یکی از با ارزش‌ترین منابع طبیعی است که از مهم‌ترین منابع زمینی و زیر بنای تمدن بشری محسوب می‌شود و به عنوان بستر حیات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (متین‌فر و همکاران، ۱۳۸٦). زمین و خاک از مهم‌ترین منابع کشاورزی هستند که از منابع غیر قابل تجدید محسوب می‌شوند. طبق نظر بنت[4] در شرایط طبیعی به طور متوسط حدود ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلی‌متر خاک سطحی تشکیل شود که این مقدار به مراتب کمتر از مقدار خاک فرسایش یافته است (رفاهی، ۱۳۸۲).

خاک بکر عبارت است از خاکی که دارای پوشش طبیعی بوده و عملیات کشاورزی در آن انجام نشده است (شکل ۱-۱). خاک کشت شده عبارت است از خاکی که تحت عملیات کشاورزی بوده و خاک سطحی آن در دوره‌های معینی توسط ادوات کشاورزی زیر و رو می‌شود (شکل ۱-۲).

[1] Virgin soil
[2] Agricultural soil
[3] Henry D. Foth
[4] Bennett

شکل ۱-۱- خاک بکر همراه با پوشش گیاهی طبیعی

شکل ۱-۲- خاک کشاورزی همراه با بقایای محصول کشاورزی

### ۱-۲-۲- خاک مارنی

مارن[1] به خاک‌ها یا سنگ‌هایی که دارای ۳۵٪ تا ٦۵٪ کربنات و مقداری رس باشند اطلاق می‌شود (محمد[2]، ۲۰۰۰). شکل ۱-۳ نمونه‌ای از خاک مارنی را نشان می‌دهد. مارن‌ها به دلیل دارا بودن ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاص، در اغلب مناطق خشک و نیمه خشک از پوشش گیاهی بسیار فقیری برخوردار بوده و استقرار پوشش گیاهی در آن‌ها با محدودیت‌های متعددی روبروست. این سازندها در مقایسه با سایر سازندهای زمین‌شناسی حساسیت بالایی به فرسایش دارند (باقریان‌کلات و همکاران، ۱۳۸٦). در خاک‌های مارنی سرعت نفوذ آب به خاک کم، زمان شروع و ضریب آبدوی و نیز میزان فرسایش بالا می‌باشد (سردا[3]، ۲۰۰۲). فرسایش خاک در سازندهای مارنی به عوامل خارجی (نظیر توزیع بارندگی) و عوامل داخلی (نظیر خصوصیات خاک) بستگی دارد (برایان[4]، ۱۹۸۷). تحقیقات

[1] Marl
[2] Mohamed
[3] Cerda
[4] Brayan

ترمودینامیکی انجام شده توسط محققین نشان می‌دهد که در سازندهای مارنی با حضور آب و سولفات ممکن است کانی‌های ایترینگیت[1] (سولفات آلومنیوم کلسیم آبدار) و یا تومازیت[2] (سولفات آلومینوسیلیکات کلسیم آبدار) تشکیل گردد که این فرآیند سبب تغییر در میزان پایداری و فرسایش خاک‌های مارنی می‌شود (محمد، ۲۰۰۰). در سازندهای مارنی وجود ترکیباتی مانند مواد آلی و اکسیدهای آهن و آلومنیوم در افزایش پایداری خاکدانه‌ها نقش مهمی دارند. حضور کاتیون‌های سدیم به دلیل متلاشی کردن ذرات رس و کاهش پایداری خاکدانه‌ها، در افزایش شدت فرسایش در مارن‌ها نقش مؤثری دارند (گرینلند و پاینی[3]، ۱۹۷۵).

شکل ۱-۳- نمونه‌ای از یک خاک مارنی در غرب زنجان

### ۱-۲-۳- فرسایش خاک به وسیله آب (فرسایش آبی)

[1] Itringit
[2] Tomasit
[3] Greenland and Payne

فرسایش خاک پدیده‌ای است که طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک انجام می‌شود (گیووانینی و همکاران، ۲۰۰۱). فرسایش آبی یکی از انواع اصلی فرسایش خاک است. سالانه میلیون‌ها تن خاک طی فرسایش آبی از سطح حوزه‌های آبخیز جابه‌جا شده و تولید محصولات کشاورزی را با مشکل مواجه می‌سازد. مطالعات بسیاری که در رابطه با فرسایش آبی صورت گرفته است 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[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

فرسایش خاک به وسیله‌ی آب اساساً یک فرآیند سه مرحله‌ای شامل جدا کردن ذرات از توده‌ی خاک[2]، انتقال ذرات جدا شده[3] و رسوب‌گذاری ذرات انتقال یافته[4] می‌باشد. در سطوح نسبتاً مسطح خاک، نیروی برخورد قطرات باران بخش عمده‌ی جدا کردن ذرات خاک را به عهده داشته و در مناطق شیب‌دار که آب در آبراهه‌هایی متمرکز می‌گردد، عمل برشی جریان متلاطم آب سبب جدا نمودن ذرات خاک می‌شود (شاهویی، ۱۳۸۵).

به طور کلی فرسایش خاک را می‌توان به اشکال مختلف مانند: ۱- فرسایش بارانی یا پاشمانی، ۲- فرسایش ورقه‌ای[5]، ۳- فرسایش شیاری[6]، ٤- فرسایش خندقی[7]، ۵- فرسایش سیلابی[8]، - فرسایش بدلند[9]، ۷- فرسایش کنار رودخانه‌ای[10]، ۸- فرسایش تونلی[11]، ۹- فرسایش توده‌ای[1]، ۱۰- فرسایش

[1] Jin
[2] Detachment
[3] Transportation
[4] Deposition
[5] Sheet erosion
[6] Rill erosion
[7] Gully erosion
[8] Torrent erosion
[9] Badland erosion
[10] Stream bank erosion
[11] Tunnel erosion

پاسنگی یا ستونی[2]، ۱۱- فرسایش درونی یا عمودی[3]، ۱۲- فرسایش شبه کارستی[4]، ۱۳- فرسایش گلخرابی[5]، ۱٤- فرسایش مکانیکی یا فرسایش ناشی از عملیات خاکورزی[6] مشاهده نمود (رفاهی، ۱۳۸۲).

### ۱-۲-٤- عوامل مؤثر در فرسایش آبی

عوامل مؤثر در فرسایش آبی شامل عوامل اقلیمی (باران، تگرگ، برف، یخبندان، دما و باد)، فرسایش‌پذیری خاک، شیب زمین، پوشش گیاهی و مدیریت بهره‌برداری از اراضی می‌باشد. هر کدام از این عوامل، با تشدید یا تضعیف نقش سایر عوامل، به نحوی در فرآیند فرسایش اثر می‌گذارند.

#### الف- باران

خصوصیاتی از باران که در فرسایش و حفاظت خاک اهمیت دارند عبارتند از: مقدار باران، مدت بارندگی، شدت بارندگی، اندازه‌ی قطرات باران، توزیع اندازه‌ی قطرات باران، سرعت نهایی قطرات باران و توزیع بارندگی. شدت و مدت بارندگی از مهم‌ترین این خصوصیات هستند که در فرسایندگی باران[7] نقش مؤثری دارند. فرسایندگی باران در واقع توانایی بالقوه‌ی باران در ایجاد فرسایش بوده و تابعی از خصوصیات فیزیکی باران است (نیرینگ[8] و همکاران، ۲۰۰۵). با ثابت فرض کردن سایر خصوصیات

[1] Massive erosion
[2] Pedestal erosion
[3] Vertical erosion
[4] Pseudocarst erosion
[5] Puddle erosion
[6] Mechanical/ Tillage erosion
[7] Rainfall erosivity
[8] Nearing

موثر در فرسایش خاک، میزان تلفات خاک مستقیماً متناسب با میزان فرسایندگی باران خواهد بود. تصادم قطرات باران با زمین مهم‌ترین عامل جدا کننده‌ی ذرات خاک است. در شرایط طبیعی، فرسایش به ترکیبی از قدرت باران در ایجاد فرسایش و نیز توانایی خاک در تحمل باران بستگی دارد. به عبارتی فرسایش تابعی است از فرسایندگی باران و فرسایش‌پذیری خاک (قدیری، ۱۳۸۲). به طوری که بیزونایس[1] و همکاران (۲۰۰۱) اظهار می‌دارند که فرسایندگی باران مهم‌ترین نیروی محرک اکثر فرآیندهای هیدرولوژیکی و فرسایش به حساب می‌آید.

**ب- فرسایش‌پذیری خاک**

فرسایش‌پذیری خاک[2] بیانگر حساسیت ذاتی یک خاک به فرسایش می‌باشد. فرسایش‌پذیری خاک سهولت جدا شدن ذرات خاک را بر اثر ضربه‌ی قطرات باران و انتقال آن‌ها را توسط رواناب نشان می‌دهد (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). ظرفیت نفوذ و پایداری ساختمان خاک به عنوان دو خصوصیت بسیار مهم موثر بر فرسایش‌پذیری خاک می‌باشند (واعظی[3] و همکاران، ۲۰۰۸). نفوذپذیری بالا به معنی وجود آب کمتر برای رواناب بوده و سطح خاک کمتر ماندابی می‌گردد (که آن را بسیار به پاشمان حساس می‌سازد). خاکدانه‌های پایدار در مقابل ضربه قطرات باران مقاومت می‌کنند و بنابراین، خاک‌ها را حتی در صورت وقوع رواناب حفظ می‌کنند. خاک‌های رسی خاص در مناطق گرمسیری که دارای هیدروکسیدهای آهن و آلومنیوم بالایی می‌باشند به خاطر خاکدانه‌های بسیار مقاوم آن‌ها در مقابل بارش‌های سیل‌آسا مشهورند. رگبارش‌هایی با شدت‌های مشابه بر روی رس‌های قابل انبساط می‌تواند

[1] Bissonnais
[2] Soil erodibility
[3] Vaezi