بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه زنجان
دانشکده کشاورزی
گروه خاکشناسی
گرایش فیزیک و حفاظت خاک

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

عنوان :

رابطه بین مشخصه‌های باران، ویژگی‌های خاک و تولید رواناب و رسوب در حوزه آبخیز تهم‌چای

نگارش:

محمد عباسی

استاد راهنما:

دکتر علیرضا واعظی

استاد مشاور:

دکتر مهرداد سبحانی

بهار ۱۳۹۰

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا بر منتهای همت خود کامران شدم

سپاس و ستایش بیکران به درگاه پرودگار متعال که سرآغاز کلام به نام مبارک او مزین است و توفیق در هر کار به موهبت و رحمت او میسر. خداوندگارا خرد که به من توفیق ارزانی فرمود تا توانسته‌هایم را در این مقام به ثمر بنشانم و امید است که یاری گرم در تمام فرصت‌ها باشد

برخود لازم می دانم، از پدر و مادر مهربانم که راه نیک زیستن را به من آموختند قدردانی کنم. از خانواده عزیزم که وجودشان باعث دلگرمی من در پیمودن این راه بود نهایت سپاس را دارم.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای **دکتر واعظی** که بی شک بدون همایت و دلگرمی ایشان انجام این پایانامه غیر ممکن بود نهایت سپاس را دارم. همچنین از مشاور عزیزم جناب آقای **دکتر سبحانی** کمال سپاس را دارم. از اساتید بزرگوار، آقایان دکتر دلاور و دکتر محمدی به خاطر زحمات بی دریغشان جهت داوری این پایانامه تشکر فراوان دارم. از سایر اساتید گروه خاکشناسی از جمله جناب آقای دکتر گلچین که در طول چند سال افتخار شاگردی ایشان را داشتم سپاسگزارم. همچنین از دوست عزیزم جناب آقای مهندس فرح روز که در اجرای این پایانامه کمک شایانی کردن تشکر می کنم. از مسئولین آزمایشگاه های گروه خاکشناسی جناب آقای بیات و خانم مهندس حسینی تشکر می‌نمایم. از شرکت آب منطقه‌ای زنجان به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات بارندگی و کلیماتولوژی تشکر می‌نمایم. همچنین از دوستان و همکلاسی‌های خوبم آقای مهندس جعفری و خانم قرداغلی و خانم حسین شاهی و خانم میناخانی و سایر همکلاسی هایم تشکر فراوان دارم.

محمد عباسی

اردیبهشت ۱۳۹۰

چکیده

مشخصات باران و ویژگیهای خاک در کنار عواملی مانند شیب، پوشش گیاهی و وضعیت سطح زمین نقش مهم در تولید رواناب و عملکرد رسوب دارند. هدف از تحقیق مشخص نمودن مهمترین مشخصه اثرگذار باران و ویژگی خاک در تولید رواناب و ایجاد رسوب بود. این تحقیق در حوزه آبخیز تهم چای واقع در شمال غرب شهرستان زنجان در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. مساحت حوضه ۲۲۸۱۶ هکتار بود. میانگین بارندگی حدود ۳۷۸ میلی‌متر بوده و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک سرد بود. برای بررسی اثر مشخصه-های باران بر تولید رواناب و رسوب، داده‌های بارندگی و رواناب و رسوب در دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۶۶تا۱۳۸۰) مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی اثر ویژگی های خاک بر تولید رسوب، ۲۰ بند اصلاحی در مسیر آبراهه‌های درجه اول انتخاب شدند. از خاک بالا دست هر بند در سه نقطه با سه تکرار و از رسوب پشت هر بند نیز در سه نقطه در طول رسوب گذاری از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر نمونه برداری شد. نفوذپذیری خاک به روش بار افتان با استفاده از استوانه مضاعف در سه کاربری (زراعت آبی، زراعت دیم و مرتع) در سطح حوضه اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) مقدار رواناب بر اساس میزان بارندگی در رخدادهای مختلف بارندگی بر مبنای نسبت نگهداشت اولیه ($\lambda= Ia/S= 0.2S$)۰/۲ برآورد و با مقدار رواناب اندازه گیری شده مقایسه شد. نتایج نشان داد که بین مشخصه‌های باران (عمق، شدت و فرسایندگی) با دبی رواناب همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. میزان نفوذپذیری خاک در مرتع با سایر کاربری‌ها تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۱ داشت. میزان نفوذ در کاربری زراعت آبی، زراعت دیم و مرتع به ترتیب برابر ۱۲/۵، ۵/۱ ، ۱/۷ سانتیمتر بر ساعت بود. پایین بودن نفوذپذیری خاک در کاربری مرتع به دلیل تخریب ساختمان خاک و فشرده شدن لایه‌های سطحی در اثر چرای مفرط بود. میزان رواناب در کاربری زراعت آبی، زراعت دیم و مرتع به ترتیب برابر ۰/۰۷ ، ۸/۱۶ و۱۰/۶۷ میلیمتر برآورد شد. بر اساس نتایج مقدار رواناب برآوردی با مدل SCS-CN، ۲۶/۷ برابر بزرگتر از مقدار مشاهده‌ای بود. همبستگی بین این دو بسیار پایین ($R^2=$ ۰/۰۹) بود. در حقیقت نسبت نگهداشت اولیه برابر ۰/۲ دقت لازم در برآورد رواناب را نداشت. با تصحیح $Ia= 0.08S$ هبستگی بین رواناب برآوردی و مشاهده‌ای به ۴۱ درصد ($R^2=$۰/۴۱) افزایش پیدا کرد. با حذف نه رخداد بارندگی (دو رخداد بدلیل بالاترین میزان بارندگی پنج روز پیش و شش رخداد بدلیل شدت بارندگی پایین و یک رخداد بدلیل بیشترین عمق باران) همبستگی بین رواناب برآوردی و مشاهده‌ای به ۹۰ درصد افزایش پیدا کرد.بررسی رابطه بین ویژگی‌های خاک و رسوب نشان داد که بین ذرات رس خاک بالادست با ذرات همنوع در رسوب پشت بند همبستگی معنی‌داری ($R^2=$۰/۵۲) وجود داشت. این همبستگی در مورد شن و سیلت معنی‌دار نشد. مقدار رس در رسوب پشت بند نسبت به خاک بالا دست به اندازه ۸/۸ درصد کاهش یافت. این تفاوت در سطح یک درصد معنی دار بود. این نتیجه نشان داد که این بندها کارایی لازم در نگهداری ذرات رس بر خلاف ذرات شن و سیلت در منطقه مورد مطالعه را ندارند.

کلید واژه‌ها: بندهای اصلاحی، نفوذپذیری، کاربری زمین، شماره منحنی رواناب، خاک، رسوب

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- کلیات تحقیق	۷
۱-۲-۱- عوامل موثر بر فرسایش آبی	۷
۱-۲-۱-۱- بارندگی	۷
۱-۲-۱-۲- خصوصیات خاک	۱۲
۱-۲-۱-۲-۱- فرسایش‌پذیری خاک	۱۳
۱-۲-۱-۳- شیب زمین	۱۶
۱-۲-۱-۴- پوشش گیاهی	۱۷
۱-۲-۱-۵- نحوه بهره برداری از اراضی	۱۸
۱-۲-۲- رواناب	۱۹
۱-۲-۲-۱- رابطه بین رواناب و بارندگی	۲۰
۱-۲-۲-۲- رابطه بین رواناب و نوع خاک	۲۳
۱-۲-۳- رسوب	۲۵
فصل دوم- بررسی منابع	۲۹
۲-۱- اهمیت بررسی پژوهش‌ها	۳۰
۲-۲- پژوهش های انجام گرفته در ایران	۳۰
۲-۲-۱- تاثیر ویژگی‌های خاک بر تولید رواناب	۳۰
۲-۲-۲- تاثیر ویژگی‌های باران بر تولید رواناب و رسوب	۳۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۳- پژوهش‌های انجام گرفته در خارج از کشور	۴۱
۲-۳-۱- تاثیر ویژگی‌های خاک بر تولید رواناب	۴۱
۲-۳-۲- تاثیر مشخصه‌های باران بر تولید رواناب و رسوب	۴۸
۲-۴- جمع بندی کل تحقیقات در ایران و خارج از ایران	۵۲
۲-۵- فرضیه‌های تحقیق	۵۲
۲-۶- اهداف تحقیق	۵۳
فصل سوم- مواد و روش‌ها	۵۴
۳-۱- وضعیت عمومی منطقه	۵۵
۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی	۵۵
۳-۱-۲- اقلیم	۵۸
۳-۱-۳- هیدرولوژی	۵۸
۳-۱-۴- توپوگرافی	۶۰
۳-۱-۵- پوشش گیاهی و کاربری اراضی	۶۳
۳-۱-۶- زمین شناسی	۶۴
۳-۱-۷- خاکشناسی	۶۵
۳-۲- خصوصیات نقاط مورد مطالعه	۶۶
۳-۳- مطالعات میدانی	۶۷
۳-۳-۱- تعیین مشخصات بندهای اصلاحی، مساحت و شیب عمومی حوضه بالا دست هر بند	۶۷
۳-۳-۲- نمونه برداری خاک و رسوب	۶۸
۳-۳-۳- تعیین نفوذپذیری خاک	۶۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴- اندازه گیری های آزمایشگاهی	۷۱
۳-۴-۱- آزمایش‌های فیزیکی	۷۱
۳ ۴-۲- آزمایش‌های شیمیایی	۷۵
۳-۵- چگونگی تعیین رابطه بین رواناب و ویژگی‌های باران	۷۸
۳-۶- برآورد رواناب	۷۸
۳-۶-۱- تعیین شماره منحنی رواناب	۷۸
۳-۶-۲- ارزیابی و واسنجی مدل برآورد رواناب	۷۹
۳-۷- تعیین رابطه بین رسوب و خاک	۸۱
۳-۸- کارهای نرم افزاری	۸۱
فصل چهارم- نتایج و بحث	۸۲
۴-۱- ویژگی‌های باران	۸۳
۴-۲- ویژگی‌های رواناب	۸۶
۴-۳- رابطه بین رواناب با ویژگی‌های باران	۸۷
۴-۴- ارزیابی مدل شماره منحنی	۸۹
۴-۴-۱- وضعیت هیدرولوژیکی حوضه	۸۹
۴-۴-۲- شماره منحنی (SCS-CN)	۹۵
۴-۴-۳- واسنجی مدل شماره منحنی	۹۸
۴-۵- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک بالا دست بندهای اصلاحی	۱۰۲
۴-۵-۱- ویژگی‌های فیزیکی	۱۰۲
۴-۵-۲- ویژگی‌های شیمیایی	۱۰۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۶- همبستگی بین پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع با ویژگی‌های خاک	۱۰۴
۴-۷- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوب پشت بندهای اصلاحی	۱۱۱
۴-۷-۱- ویژگی‌های فیزیکی	۱۱۱
۴-۷-۱- ویژگی های شیمیایی	۱۱۱
۴-۸- تغییرات ویژگی‌های رسوب پشت بند نسبت به خاک بالا دست	۱۱۲
۴-۹- همبستگی بین ویژگی‌ها در رسوب پشت بند و خاک بالا دست آن	۱۱۹
۴-۱۰- رابطه بین وزن رسوب با ویژگی‌های خاک	۱۲۲
۴-۱۱- نتیجه‌گیری	۱۲۵
۴-۱۲- پیشنهادها	۱۲۷
منابع	۱۲۸

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- منحنی تجمعی باران	۸
شکل ۲-۱- تاثیر چهار کاربری و زمان بر انباشتگی رسوب طی دو ساعت بارندگی مصنوعی	۳۵
شکل ۲-۲- نمودار رگرسیونی خطی یک متغیره رابطه پایداری خاکدانه‌ها با درصد کربن	۴۳
شکل ۲-۳- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای با رواناب برآورد شده	۴۹
شکل ۲-۴- رابطه بین بارندگی و رواناب در حوزه آبخیز بینس	۵۰
شکل ۲-۵- رابطه بین رواناب مشاهده ای با رواناب برآورد شده با Ia=0.2 (الف) و با Ia= 0.05 (ب)	۵۱
شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مورد بررسی	۵۵
شکل ۳-۲- وضعیت توپوگرافی حوزه آبخیز تهم چای	۵۶
شکل ۳-۳- منحنی هیپسومتری حوزه آبخیز تهم چای	۵۷
شکل ۳-۴- نمایی از آبراهه‌ها در حوزه آبخیز تهم چای	۶۰
شکل ۳-۵- درصد شیب در حوزه آبخیز تهم چای	۶۱
شکل ۳-۶- جهت‌های مختلف شیب در حوزه آبخیز تهم چای	۶۲
شکل ۳-۷- نقشه جهت شیب در حوزه آبخیز تهم چای	۶۲
شکل ۳-۸- نقشه کاربری اراضی در حوزه آبخیز تهم چای	۶۳
شکل ۳-۹- نقشه زمین شناسی حوزه آبخیز تهم چای	۶۵
شکل ۳-۱۰ موقعیت بندهای مطالعاتی در حوزه آبخیز تهم چای	۶۶
شکل ۳-۱۱- بند سنگی سیمانی و رسوب پشت آن در حوزه آبخیز تهم چای	۶۷
شکل ۳-۱۲- شمایی از یک سد اصلاحی و حجم بوجود آمده در پشت آن	۶۸
شکل ۳-۱۳- نحوه نمونه برداری از رسوب پشت بند	۶۹
شکل ۳-۱۴- نقاط تحت اندازه گیری نفوذپذیری خاک در حوزه آبخیز تهم چای	۷۰
شکل ۳-۱۵- محل انجام آزمایش نفوذپذیری خاک	۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱۶- خاکدانه‌های مورد استفاده برای انجام آزمایش الک تر	۷۳
شکل ۳-۱۷- آزمایش پایداری خاکدانه به روش الک تر	۷۳
شکل ۳-۱۸- عصاره گیری پتاسیم خاک	۷۷
شکل ۴-۱- منحنی تجمعی باران برای رخداد ۶۶/۱۱/۲۷	۸۴
شکل۴-۲- منحنی شدت و مدت رگبار برای رخداد مورخ ۶۶/۱۱/۲۷	۸۴
شکل ۴-۳- منحنی تجمعی باران برای رخداد ۷۸/۰۳/۱۰	۸۵
شکل ۴-۴- منحنی شدت و مدت رگبار برای رخدا مورخ ۷۸/۰۳/۱۰	۸۵
شکل ۴-۵- رابطه بین دبی و ارتفاع بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای در ۳۹۲ رخداد طی دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰)	۸۸
شکل ۴-۶- رابطه بین دبی و شدت بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای در ۳۹۲ رخداد طی دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰)	۸۸
شکل ۴-۷- رابطه بین دبی و مدت بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای طی دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰)	۸۹
شکل ۴-۸- میانگین سرعت نفوذ آب به خاک در زراعت دیم در حوزه آبخیز تهم چای	۹۰
شکل ۴-۹- میانگین نفوذ تجمعی در زراعت دیم در حوزه آبخیز تهم چای	۹۰
شکل ۴-۱۰- میانگین سرعت نفوذ آب به خاک در زراعت آبی در حوزه آبخیز تهم چای	۹۱
شکل ۴-۱۱- میانگین نفوذ تجمعی در زراعت آبی در حوزه آبخیز تهم چای	۹۱
شکل ۴-۱۲- میانگین سرعت نفوذ آب به خاک در کاربری مرتع در حوزه آبخیز تهم چای	۹۲
شکل ۴-۱۳- میانگین نفوذ تجمعی در کاربری مرتع در حوزه آبخیز تهم چای	۹۲
شکل ۴-۱۴- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و رواناب برآورد شده با شمار منحنی (SCS-CN) در ۵۸ رخداد در حوزه آبخیز تهم چای	۹۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱۵- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای با رواناب برآورد شده با مدل SCS-CN اصلاح شده در برای حوضه آبخیز تهم چای	۱۰۰
شکل ۴-۱۶- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و رواناب برآورد شده با مدل SCS-CN واسنجی شده در ۴۹ رخداد در حوزه آبخیز تهم چای	۱۰۱
شکل ۴-۱۷- نمودار رگرسیونی یک متغیره رابطه پایداری خاکدانه‌ها تر با درصد مواد آلی	۱۰۶
شکل ۴-۱۸- نمودار رگرسیونی خطی یک متغیره آهک با پایداری خاکدانه‌ها	۱۰۷
شکل ۴-۱۹- درصد ماده آلی در خاک بالا دست و رسوب پشت بند	۱۱۶
شکل ۴-۲۰- رابطه بین وزن رسوب پشت بند و کلسیم خاک بالا دست	۱۲۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- وضعیت انواع فرسایش خاک در مناطق مختلف جهان ۴

جدول ۱-۲- انواع فرسایش خاک با توجه به عامل بوجود آورنده در مناطق مختلف جهان ۴

جدول ۱-۳- گروه بندی شدت فرسایش در ایران ۵

جدول ۱-۴- رده بندی باران بر حسب شدت آن ۹

جدول ۱-۵- تاثیر کاربری‌های مختلف از زمین بر میزان فرسایش ۱۸

جدول ۱-۶- عوامل تخریب کشت زارها ۱۹

جدول ۲-۱- مقادیر ضریب همبستگی بارندگی با رواناب در حوضه بازافت در چهار محال بختیاری ۳۸

جدول ۲-۲- متوسط سالانه خاک و عناصر غذایی (ازت، فسفر و پتاسیم) از بین رفته در سه کاربری ۴۷

جدول ۳-۱- داده‌های ارتفاع و مساحت در حوضه آبخیز تهم چای ۵۷

جدول ۳-۲- میانگین بارندگی در ماههای مختلف سال در حوزه آبخیز تهم چای ۵۸

جدول ۳-۳- میزان تبخیر و تبخیر و تعرق پتانسیل در حوزه آبخیز تهم چای ۵۹

جدول ۳-۴- درجه و طول آبراهه‌ها در حوزه آبخیز تهم چای ۶۰

جدول ۳-۵- مساحت مربوط به هر کلاس شیب در حوزه آبخیز تهم چای ۶۱

جدول ۳-۶- کاربری اراضی در حوزه آبخیز تهم چای ۶۳

جدول ۳-۷- تیپ اراضی در حوزه آبخیز تهم چای ۶۴

جدول ۴-۱- نتایج میانگین و مشخصات باران در ۳۹۲ رگبار از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ در حوزه آبخیز تهم چای ۸۶

جدول ۴-۲- نتایج مشخصات رواناب برای ۱۵۰ رخداد بارندگی از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ ۸۷

جدول ۴-۳- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و مشخصات باران در ۳۹۲ رخداد بارندگی (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰) ۸۹

جدول ۴-۴- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و مشخصات باران در ۵۸ رخداد بارندگی (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰) در حوزه آبخیز تهم چای ۸۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۵- نفوذپذیری اولیه و نهایی، درصد رطوبت اولیه و جرم مخصوص ظاهری در نقاط مورد بررسی در کاربریهای مختلف در حوزه آبخیز تهم چای ۹۳

جدول ۴-۶- تجزیه آماری نفوذپذیری خاک سه کاربری زراعت آبی، زراعت دیم و مرتع در حوزه آبخیز تهم چای ۹۴

جدول ۴-۷- شماره منحنی در کاربری های مختلف و میانگین وزنی آن در حوزه آبخیز تهم چای ۹۵

جدول ۴-۸- ارتفاع رواناب مشاهده‌ای و برآورد شده با روش شماره منحنی رواناب در رخدادهای مختلف بارندگی در حوزه آبخیز تهم چای (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰) ۹۶

جدول ۴-۹- مقدار رواناب مشاهده‌ای و برآورد شده بر اساس Ia= 0.08S در حوزه آبخیز تهم چای (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰) ۹۹

جدول ۴-۱۰- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بالا دست بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز تهم چای ۱۰۲

جدول ۴-۱۱- همبستگی بین پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع با ویژگی‌های خاک ۱۰۴

جدول ۴-۱۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوب پشت بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز تهم چای ۱۱۱

جدول ۴-۱۳- تغییرات ویژگی‌های رسوب پشت بند نسبت به خاک بالا دست آن ۱۱۲

جدول ۴-۱۴- مقایسه میانگین و ویژگی‌های رسوب پشت بند نسبت به خاک بالا دست بند ۱۱۳

جدول ۴-۱۵- همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بالا دست و رسوب پشت بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز تهم چای ۱۲۰

جدول ۴-۱۶- همبستگی بین غلظت عناصر غذایی در خاک بالا دست و رسوب پشت بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز تهم چای ۱۲۱

جدول ۴-۱۷- همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بالا دست با وزن رسوب پشت بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز تهم چای ۱۲۳

۱-۱- مقدمه

خاک یک جسم سه بعدی، متحول و طبیعی است که در سطح زمین قرار دارد، محیط نمو گیاهان است و خواصش در اثر نیروهای اقلیم و موجودات زنده بر روی سنگ مادر شکل گرفته و بر اثر پستی و بلندی طی زمان طولانی تغییر کرده است (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲). طبق نظر بنت[1](۱۹۷۴) در یک خاک معمولاً در شرایط دست نخورده حدود ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلیمتر خاک سطحی تشکیل شود. این مقدار خاک تشکیل شده به مراتب کمتر از خاک فرسایش یافته است (به نقل از رفاهی، ۱۳۸۲).

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور است. فرسایش آبی[2] پدیده‌ای است که طی آن ذرات خاک بر اثر انرژی جنبشی قطرات باران از هم جدا شده و به وسیله رواناب جابجا می‌شود (واعظی، ۱۳۸۶). فرسایش خاک[3] پدیده‌ای است که در طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک انجام می‌شود از بین عوامل اقلیمی، باران به عنوان مهمترین شکل نزولات آسمانی نقش مهمی در فرسایش خاک دارد فرسایش شامل: کنش، حمل و رسوبگذاری ذرات خاک به وسیله‌ی نیروهای فرساینده قطرات باران وجریان سطحی آب می‌باشد (گیوانتین[4] و همکاران،۲۰۰۱). تصادم قطرات باران با زمین مهمترین عامل جداکننده ذرات خاک است. در اثر برخورد قطرات باران با یک خاک لخت ذرات خاک از جا کنده و تا شعاع چند سانتیمتری در هوا پراکنده می‌شوند. برخورد مداوم قطرات شدید باران به سطح زمین موجب تضعیف خاکدانه‌ها می‌گردد (علیزاده ،۱۳۶۸). یکی از مهمترین عوامل موثر در فرسایش خاک، باران و رواناب سطحی[5] ناشی از باران است ولی باران بیش از آنکه موجب جریان سطحی باشد خود با ضربه‌های که به خاک وارد می‌کند عامل مهم در پراکندگی ذرات خاک و آماده شدن آن جهت فرسایش بوسیله جریان سطحی می‌شود. بنابراین در مرحله اول ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک متلاشی می‌شوند و در مرحله دوم رواناب سطحی حاصل از باران این ذرات متلاشی شده را با خود حمل می‌کند (استوری[6]،۲۰۰۲). فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد و از این راه خسارت زیاد و جبران ناپذیری به جا می‌گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، سدها، بنادر باعث کاهش ظرفیت آنها می‌شود. مسئله حفاظت خاک

[1] Bennett
[2] Water Erosion
[3] Soil Erosion
[4] Giovannini
[5] Surface runoff
[6] Storey

را نباید را کوچک و کم اهمیت شمرد. امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات هر کشور می‌باشد. برحسب قرائن موجود عملیات حفاظت خاک و آب از قرنها پیش در جوامع بشری، هر چند به صورت کاملاً ابتدایی متداول بوده است، گسترش آن در قرن حاضر بویژه در ۵۰-۴۰ سال اخیر رشد بسیاری یافته و در جهان دانش و فن امری معمول گشته است. فرسایش خاک یک مشکل جهانی است که به طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند. از این نظر جلوگیری از فرسایش خاک به منظور حفظ ثروت‌های ارزشمند طبیعی امری حیاتی به شمار می‌رود. فرسایش به فرایندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی جدا شده و به کمک عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شود. در صورتی که عامل جدا کننده ذرات از بستر آب باشد به آن فرسایش آبی[1] گفته می‌شود (رفاهی،۱۳۸۲).

عامل فرسایش‌پذیری خاک بیان کمی و کیفی حساسیت ذاتی ذرات یک خاک معین به جدا شدن و انتقال توسط عوامل فرسایش بوده و در واقع مبین تاثیر بسیاری از خصوصیات خاک و اثرات متقابل آن می‌باشد (اسلامی ،۱۳۸۶). اشکال و شدت فرسایش خاک تابعی از عوامل متعددی نظیر اقلیم، توپوگرافی، زمین شناسی، وضعیت بهره برداری از اراضی و در صد پوشش گیاهی و وضعیت روانآب‌های سطحی می‌باشد (رئیسیان، ۱۳۷۶).

بر اساس برآورد، میزان انتقال رسوبات رودخانه‌ای به اقیانوس‌ها از ۱۰ میلیارد تن در سال (مربوط به دوره قبل از کشاورزی متمرکز، چرا و سایر فعالیتهای زمینی) به حدود ۲۵ تا ۵۰ میلیارد تن در سال (بعد از کشاورزی متمرکز) افزایش یافته است. مطابق گزارش‌ها روند کاهش کیفیت اراضی کشاورزی در جهان که از فرسایش خاک و سایر عوامل ناشی می‌شود به کاهش غیرقابل جبران حاصلخیزی حدود ۶ میلیون هکتار از اراضی مستعد جهان در هر سال منجر می‌گردد. برآوردها نشان می‌هد که ۲۴ درصد اراضی در اثر فعالیت انسان تخریب یافته است سهم کاهش این تخریب اراضی در قاره‌های مختلف متفاوت بوده و از ۱۲ درصد در امریکایی شمالی تا ۱۸ درصد در آمریکای جنوبی، ۱۹درصد در اقیانوسیه، ۲۶ درصد در اروپا، ۲۷ درصد در آفریقا و ۳۱ درصد در آسیا متغیر است (رید[2]، ۱۹۹۳). لی[3]بسوناس (۱۹۹۶) وضعیت انواع فرسایش و عامل بوجود آورنده آن را در مناطق مختلف جهان مطابق جدول ۱-۱ و ۱-۲ ارائه می‌کند:

[1]Water Erosion
[2]Reid
[3]Lee Bissonnais

جدول ۱-۱- وضعیت انواع فرسایش خاک در مناطق مختلف جهان

مناطق	فرسایش آبی	فرسایش بادی	فرسایش شیمیایی	فرسایش فیزیکی	کل
	مساحت میلیون هکتار				
افریقا	۱۷۰	۹۸	۳۶	۱۷	۳۲۱
آسیا	۳۱۵	۹۰	۴۱	۶	۴۵۲
امریکا	۹۰	۳۷	۷	۵	۱۳۹
اروپا	۹۳	۳۹	۱۸	۸	۱۵۸
استرالیا	۳	-	-	۲	۶
کل	۷۴۸	۲۸	۱۴۷	۳۹	۱۲۱۴

جدول ۱-۲- انواع فرسایش خاک با توجه به عامل بوجود آورنده در مناطق مختلف جهان

علل اصلی فرسایش	فرسایش آبی	فرسایش بادی	فرسایش شیمیایی	فرسایش فیزیکی
	درصد			
قطع درختان جنگلی	۴۳	۸	۲۶	۲
چرای بی رویه	۲۹	۶۰	۶	۱۶
مدیریت غلط اراضی	۲۴	۱۶	۵۸	۸۰
دیگر علل	۴	۱۶	۱۲	۲

ایران با حدود ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت بر روی کمر بند خشک و بیابانی جهان قرار دارد. پدیده فرسایش و رسوب یکی از معضلاتی است که در حال حاضر بسیاری از کشورها از جمله ایران با آن مواجه می‌باشند. فرسایش خاک باعث فرسوده شدن تدریجی خاک شده که به مرور زمان از ضخامت آن کاسته می‌گردد و در نهایت به طور کامل از بین می‌رود. علاوه بر این فرسایش خاک موجب شستشوی عناصر غذایی خاک‌های سطحی شده و منجر به کاهش حاصلخیزی و قدرت تولیدی اراضی فرسایش یافته می‌گردد. میزان فرسایش خاک در ایران بر اساس گزارش فائو بین ۳ تا ۴ میلیارد تن در سال می‌باشد (شریفی ۱۳۷۹). میزان فرسایش خاک در ایران بیش از استانداردهای جهانی است، و سالانه در حدود ۶۰۰ هزار هکتار از زمین‌های زراعی در اثر فرسایش خاک و پسرفت اراضی از چرخه تولید خارج می‌شود. نتایج مختلف نشان از آن دارد که فرسایش خاک در ۷۰ میلیون هکتار از اراضی زراعی کشور بیش از ۱۰ تن در هکتار در سال می‌باشد که موجب کاهش چشمگیر حاصلخیزی در ۸۰۰۰۰۰ هکتار از بهترین اراضی زراعی می‌شود. تقسیم بندی شدت فرسایش خاک و مساحت هر

یک از گروه‌ها در کشور در جدول ۱-۳ ارائه شده است (مهدیان، ۱۳۸۴). فرسایش علاوه بر از بین بردن خاک موجب از بین رفتن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیز می‌شود. مواد غذایی مورد نیاز گیاه یا به صورت ترکیبات محلول و یا بصورت چسبیده به ذرات ریز از خاک خارج می‌شود. بنابراین در اثر آبدوی و فرسایش مقدار قابل توجهی از مواد غذایی از بین می‌رود. بر طبق گزارش دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری میزان خسارت سالانه فرسایش در کشور بواسطه از دست رفتن منابع غذایی آن بالغ بر ۷/۲ میلیارد دلار برآورد شده است (جلالیان و کریم زاده، ۱۳۷۵).

جدول ۱-۳- گروه بندی شدت فرسایش خاک در ایران

فرسایش خاک(تن/هکتار/سال)	درصد	مساحت(میلیون هکتار)	گروه
۱۰<	۵۳/۶۰	۸۸/۳۵	۱
۱۰-۵۰	۴۲/۴۷	۷۰۰۰۰	۲
۵۰-۲۰۰	۳/۵۱	۵/۷۹	۳
۲۰۰>	/۰۳	/۰۴	۴
۰	/۳۸	/۶۲	۵
مجموع	۱۰۰	۱۶۴/۸۰	

فرسایش یک فرآیند انتخابی است و تمایل به انتقال ریزترین و کوچکترین ذرات دارد که این ذرات غنی از عناصر غذایی هستند. هدر رفت عناصر غذایی به علت فرسایش با نسبت‌های غنی شدن قابل ارزیابی می‌باشد (گاچن[1] و همکاران، ۱۹۹۷). اتصال مواد غذایی در خاک به رسوب و انتقال آنها توسط فرآیند فرسایش می‌تواند علاوه بر کاهش حاصلخیزی اراضی، آلودگی رودخانه‌ها و اراضی پایین دست را نیز شامل شود (اویانگ[2] و بارتولیک[3]، ۱۹۹۷). فرآیند تولید رسوب، حمل و رسوبگذاری در رودخانه‌ها بخشی از سیکل هیدرولوژی به حساب می‌آید به طوریکه ممکن است قانون طبیعی حرکت رسوب، پراکنش مکانی و زمانی و روند آن تحت تاثیر اقلیم قرار گیرد. مقدار تولید رسوب، چگونگی زمان رسوبدهی، اندازه و ترکیب دانه‌های رسوبی، انتقال آن در بین شبکه آبراهه‌ها باعث تغییر عملکرد آبخیز می‌گردد (لونگ[4]، ۱۹۹۲). بیشتر رسوبات حمل

[1] Gachen
[2] Ouyang
[3] Bartholic
[4] Long

شده توسط رودخانه‌ها که در مخازن نهشته می‌شوند، ازحوضه آبخیز بالا دست آنها منشا می‌گیرند بنابراین تولید رسوب حوضه آبخیز می‌تواند به عنوان شاخص مستقیم در اندازه‌گیری فرسایش اراضی بالا دست باشد (رید[1]، ۱۹۹۳). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کاهش سالانه توانایی ذخیره سدهای جهان بدلیل ته نشین شدن رسوبات تقریباً ۰/۵تا یک درصد حجم مخزن می‌باشد که برای بسیاری از سدها این مقدار بالاتر از ۴ تا ۵ درصد بوده و در نتیجه سدها قسمت اصلی توانایی ذخیره آب خود را در طول ۲۵ تا ۳۰ سال از دست می‌دهند (ورستاتن[2] و همکاران، ۲۰۰۳). والینگ[3]و وئب[4] (۱۹۸۷) گزارش کردند که کل رسوبات انتقالی به دریاها ۱۳/۵ میلیارد تن در سال بدون احتساب رسوباتی که پشت سدهای بزرگ دنیا انباشته می‌شوند می‌باشند. بار رسوبات ته نشست شده در پشت سدها تقریبا به ۱۴ میلیارد تن در سال می‌رسد که از این مقدار ۵۳۰ میلیون تن در هکتار مربوط به آفریقا، ۶۴۳۳ میلیون تن در هکتار مربوط به آسیا، ۲۳۰ میلیون تن در هکتار مربوط به اقیانوسیه، ۱۷۸۸ میلیون تن در هکتار مربوط به آمریکا می‌باشد. با دخالت دادن مساحت قاره‌های مختلف و محاسبه اولیه رسوب معلق در مناطق مختلف، اقیانوسیه در مقام اول و آسیا در مقام دوم قرار دارد. از سال ۱۹۵۰، سدهای بزرگ کشور برای اهداف تامین برق، تامین آب کشاورزی و آب آشامیدنی ساخته شده است. که به موازات ساخت این سدها، متاسفانه فرسایش شدید خاک در بالا دست آنها به وقوع پیوسته و حجم مخزن آنها را کاهش داده است. بررسی آنالیز ایستگاههای هیدرومتری نشان می‌دهد که حدود ۲۵۰ میلیون متر مکعب رسوب در مخازن سدها ته‌نشین شده و در حدود ۴۰۰ میلیون متر مکعب به زیر دست آنها هدایت شده است (NCSES[5] , ۱۹۹۹).

برای تقلیل اثرات زیانبار رسوب پر شدن مخازن سطحی ذخیره آب، مشکلات تصفیه آبهای مشروب و غیره، شناخت عوامل موثر بر فرآیند رسوبزایی در یک حوزه آبخیز لازم می‌باشد. فرسایش و انتقال مواد رسوبی تحت شرایط خاصی انجام می‌گیرد، لذا بایستی عوامل موثر در این فرآیند شناخته شود (لو[6] و همکاران، ۲۰۰۱). به منظور اجرای برنامه‌های حفاظت و کنترل فرسایش خاک و کاهش رسوبدهی ضرورت دارد که حجم کل بار رسوبی و شدت فرسایش پذیری در یک حوزه آبخیز ارزیابی و برآورد گردد و عوامل موثر در فرسایش حوزه شناسایی گردند (علیزاده، ۱۳۶۸). برای اجرای برنامه‌های حفاظت

[1]Reid
[2]Verstraeten
[3]Walling
[4]Webb
[5]National committee on soil erosion and sedimentation
[6]Lu

خاک و کنترل رسوب کسب اطلاعاتی از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آنها در تولید رسوب و در نتیجه شناسایی مناطق بحرانی در داخل حوزه آبخیز است. از روشهای معمولی جمع آوری اطلاعات در زمینه منابع رسوب می‌توان به پین‌ها و پلاتهای فرسایشی، بررسی‌های چشمی منابع رسوب از طریق عکس‌ها و مشاهدات صحرائی، اندازه‌گیری بار رسوب در انتهای زیر حوزههای اصلی برای تعیین اهمیت نسبی آنها در تولید رسوب اشاره کرد (کولینس[1] و والینگ، ۲۰۰۲).

۱-۲- کلیات تحقیق

با توجه به اهمیت فرسایش آبی، کلیاتی درباره تاثیر خصوصیات باران بر روی ویژگی‌های خاک در تولید رواناب و رسوب، و تعیین موثرترین ویژگی‌های خاک در تولید رواناب و رسوب مطالعه و مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین شاخصهای موثر بر میزان تولید رسوب و عوامل موثر بر فرسایش خاک و ایجاد رواناب اراضی بررسی گردیده است.

۱-۲-۱- عوامل موثر بر فرسایش آبی

عوامل موثر بر فرسایش آبی عبارتند از: عامل بارندگی، عامل فرسایش‌پذیری خاک، عامل شیب زمین، عامل پوشش گیاهی و عامل مدیریت و نحوه بهره برداری زمین می‌باشد (رفاهی، ۱۳۸۲).

۱-۲-۱-۱- بارندگی[2]

بارندگی یا بارش، شامل کلیه نزولات جوی مانند باران، برف و تگرگ می‌باشد کهبر حسب اقالیم مختلف، قسمت عمده‌ای از آن را تشکیل می‌دهد. باران آشناترین نوع بارش است (جعفرپور،۱۳۷۱) بارندگی به عنوان پیچیده‌ترین عنصرچرخه آبی (فرنچ[3] و همکاران،۱۹۹۲) مهمترین و موثرترین منبع تامین آب در یک حوضه آبخیز می‌باشد که می‌تواند دارای تغییرات مکانی و زمانی در سطح حوضه باشد. مهمترین خصوصیات باران که در فرآیند فرسایش و حفاظت خاک اهمیت دارد عبارتند از: مقدار باران، شدت- مدت بارندگی، اندازه قطرات باران، توزیع اندازه قطرات باران، سرعت نهایی باران و توزیع زمانی و مکانی بارندگی است (رفاهی،۱۳۸۲).

---

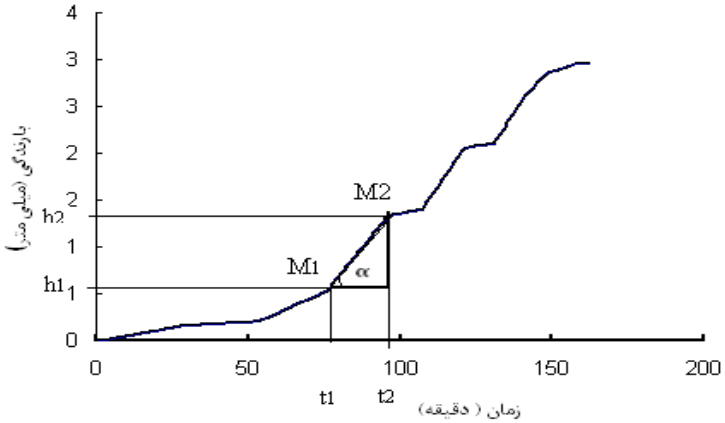
[1] Collins
[2] Rain
[3] French

الف- مقدار باران

اندازه‌گیری مقدار باران در تمام سطح زمین به علت اوضاع جغرافیایی مختلف از نقطه نظر کوهستانی بودن، یا مناطق کویری بودن انجام پذیر نیست. گرچه با احداث ایستگاههای هواشناسی خود کار[1]در مناطق مذکور تا حدی مشکلات فوق رفع شده است (فرجی، ۱۳۷۸). مقدار باران معمولاً بر حسب میلیمتر یا سانتیمتر بیان می‌شود و با علامت P نشان داده می‌شود. مقدار باران را می‌توان به وسیله باران‌سنجهای[2] ساده و یا باران سنجهای ثبات تعیین نمود (مهدوی،۱۳۸۲).

ب - شدت بارندگی[3]

شدت بارندگی از تقسیم ارتفاع بارش بر زمان به دست می‌آید. برای تعیین شدت بارندگی معمولاً از منحنی‌های تجمعی بارندگی استفاده می‌شود. منحنی‌های تجمعی بارندگی عبارتند از منحنی تغییرات بارش جمع شده نسبت به زمان بارش است شکل۱-۱ منحنی تجمعی باران را نشان می‌دهد. شواهد زیادی موجود است که همگی دلالت بر وجود ارتباط بین میزان فرسایش و شدت بارندگی دارند. شدت بارندگی عامل مهمی است که در فرسایش خاک دخالت موثر دارد. شدت بارندگی به دو صورت در تشدید فرسایش اثر می‌گذارد. نخست آنکه وقتی شدت زیاد است خاک قدرت جذب آب را ندارد و در نتیجه نزولات به صورت هرز آب حرکت می‌کند، دیگر آنکه هر چه شدت بیشتر باشد قطر قطره بیشتر و انرژی جنبشی آن بیشتر خواهد بود (رفاهی، ۱۳۸۲).



شکل ۱-۱- منحنی تجمعی باران

[1]Automatic Weather Station
[2]Rain Gauge
[3]Rainfall intensity