

کارآیی ریشه‌های از خاک بیرون زده گونه لور جهت برآورد میزان فرسایش خاک (مطالعه موردی: دره حسن آباد چالوس)

بابک شاه کرم^۱، ویلما بایرام‌زاده^{*۲}

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۷

چکیده:

دانش برآورد فرسایش، لازمه‌ی کنترل فرسایش خاک می باشد. هدف تحقیق حاضر، برآورد مقدار سالانه‌ی فرسایش در سری ۱۰۲ حوزه‌ی دره‌ی حسن آباد چالوس با مطالعه‌ی خصوصیات آناتومیکی ریشه‌های بیرون زده از خاک گونه‌ی لور بود. به همین منظور ۸ درخت لور انتخاب و ریشه‌های نیمه بیرون زده‌ی آنها بریده شد. ضمناً اطلاعاتی مثل مختصات نقطه‌ای که درخت در آن قرار داشت، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و درصد پوشش گیاهی برای هر درخت به طور جداگانه یادداشت شد. از ریشه‌های بریده شده به کمک میکروتوم مقاطع عرضی (۲۰ میکرومتر) تهیه و اولین سال رخنمون آنها تعیین شد و نهایتاً میانگین فرسایش سالانه محاسبه و ارتباط آن با شیب، جهت و درصد پوشش گیاهی بررسی شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه به طور متوسط سالانه ۰/۴ میلیمتر در سال می‌باشد. مقدار فرسایش سالانه با شیب، جهت شیب و درصد پوشش گیاهی ارتباط آماری معنی داری نشان داد. به طوری که فرسایش بدست آمده رابطه‌ی مستقیم با شدت شیب و رابطه‌ی معکوس با درصد تاج پوشش گیاهی نشان داد و بالاترین مقدار فرسایش از ریشه‌هایی بدست آمد که از جهت جنوبی تهیه شده بودند. تحلیل دندروژئومورفولوژیکی ریشه‌های درخت لور از دقت خوبی برای برآورد فرسایش در منطقه مورد مطالعه برخوردار است ولی از آنجاییکه پاسخ گونه‌های مختلف به انواع فرسایش می‌تواند متفاوت باشد، مطالعات بیشتری در زمینه باید صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: ریشه‌های بیرون زده، فرسایش خاک، زربین، آناتومی ریشه، دندروژئومورفولوژی

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه خاکشناسی، کرج، ایران

۲- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

* نویسنده مسئول: Email: v.bayramzadeh@kia.ac.ir

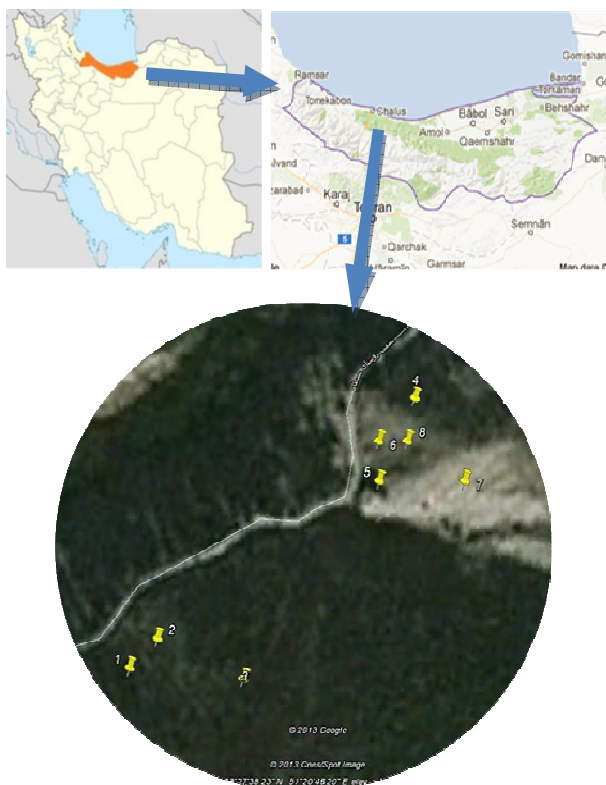
مقدمه

سالیانه ریشه انجام شده است (۲۰، ۱۵، ۱۴ و ۱۰). در این مطالعات، بر اساس الگوی رشد و کاهش اندازه‌ی سلولها در حلقه‌های جدید (تا ۵۰ درصد) در مقایسه با اندازه‌ی همین سلولها در حلقه‌هایی که قبل از وقوع بیرون‌زدگی ریشه تشکیل شده است می‌توان اولین سال قرارگیری ریشه در معرض هوا یا اولین سال رخنمون ریشه را تعیین کرد و از طرف دیگر با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین ریشه و سطح فعلی خاک مقدار خاک فرسایش یافته را طی دوره زمانی خاص مشخص می‌کردند (۹، ۶ و ۳).

قبلا برای مطالعات دندروژومورفولوژی بیشتر از تغییرات موجود در ریشه بیرون‌زده درختان سوزنی‌برگ بهره می‌گرفتند. ولی در تحقیقات اخیر، برای برآورد فرسایش از پهن‌برگان نیز بهره گرفته شده است (۲۱). به علت مبهم بودن حلقه‌ها در برخی از پهن‌برگان، شناسایی پهن‌برگان مناسب جهت استفاده در دانش دندروژومورفولوژی ضروری به نظر می‌رسد.

در یکی از معدود تحقیقاتی که در این زمینه در ایران انجام شده، از روش تحلیل دندروژومورفولوژیکی ریشه‌های بیرون‌زده درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ استفاده شده است (۳). با توجه به محدود بودن این قبیل مطالعات در ایران، هدف این تحقیق عبارتست از برآورد مقدار سالانه‌ی فرسایش در سری ۱۰۲ حوزه‌ی دره‌ی حسن‌آباد چالوس با مطالعه‌ی خصوصیات آناتومیک ریشه‌های بیرون‌زده از خاک گونه‌ی لور (*Carpinus orientalis*) می‌باشد. برای نیل به این هدف درختان از نواحی که دارای جهت‌های جغرافیایی مختلف شیب و تراکم پوشش

هر ساله هزاران تن مواد جامد از سطح حوضه‌های آبریز دچار فرسایش می‌شود. فرسایش و انتقال مواد رسوبی از جهات مختلفی مورد توجه قرار می‌گیرد که مهمترین آن از بین رفتن اراضی حاصلخیز کشاورزی و تبدیل مزارع حاصلخیز به بیابان‌های لم‌یزرع، پر شدن مخازن سدها، بندها، پر شدن کانال‌های آبرسانی، پر شدن زودرس مرداب‌ها و مدفون شدن آبادی‌ها و اراضی زراعی می‌باشد. چون محاسبه مقدار فرسایش در هر منطقه بدون شک در برنامه ریزی برای کنترل و مبارزه با فرسایش می‌تواند کمک شایانی بنماید، لذا برآورد مقدار فرسایش سالانه در نواحی که در معرض خطر قرار گرفته‌اند ضروری به نظر می‌رسد. یکی از راههای برآورد فرسایش در دنیای امروز استفاده از دانش دندروژومورفولوژی است (۲ و ۳). این دانش بر اساس تجزیه و تحلیل حلقه‌های رشد سالانه درختان و فرم رشد آنها به بررسی فرآیندهای سطحی زمین می‌پردازد (۵ و ۱۲). در دنیای امروز از دندروژومورفولوژی در تعیین سال شروع و تغییر مقدار در فرآیندهایی مانند طوفان، سیلاب، آتشفشان، فشرده‌گی خاک، سونامی و بهمن و حتی تغییرات سطح دریاچه‌ها استفاده می‌شود. برای تحلیل دندروژومورفولوژیک پدیده‌های مذکور تغییرات موجود در حلقه‌های سالیانه ساقه‌های آسیب دیده مورد استفاده قرار گرفته است (۴، ۱۳، ۱۷، ۶، ۷، ۸ و ۹). در سالهای اخیر تحقیقات محدودی، از این دانش برای برآورد مقدار فرسایش خندقی، ورقه‌ای و فرسایش کنار رودخانه‌ای با مطالعه تغییرات موجود در حلقه



شکل ۱- مکان برداشت نمونه‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها:

پس از انتخاب گونه و مکان مورد مطالعه، ۸ درخت که بیرون‌زدگی ریشه دارند (شکل شماره ۱). ولی ریشه‌ی آنها کاملاً بیرون از خاک قرار نگرفته‌اند و در مناطقی که دارای جهت‌های جغرافیایی مختلف شیب و تراکم پوشش گیاهی مختلف هستند در نظر گرفته شد و از هر درخت ۶ ریشه نیمه بیرون‌زده قطع شد. سپس اطلاعاتی مثل مختصات نقطه‌ای که درخت در آن قرار دارد، همچنین شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و درصد پوشش گیاهی آن به طور جداگانه یادداشت شد (جدول شماره ۱). درصد تاج‌پوشش گیاهی بر روی عکس‌های هوایی منطقه و با استفاده از یک شبکه نقطه چین ۴۵ نقطه‌ای تعیین شد.

گیاهی یا به عبارت دیگر از مناطقی که دارای شدت‌های مختلف فرسایش بودند انتخاب شدند.

دلیل انتخاب دره ی حسن آباد چالوس در این تحقیق شاخص بودن این منطقه از نظر فرسایش بود و اینکه تا به حال هیچ تحقیقی جهت برآورد مقدار فرسایش آن صورت نگرفته است. علت انتخاب گونه‌ی لور، لزوم کار بر روی پهن برگان بود.

مواد و روش‌ها

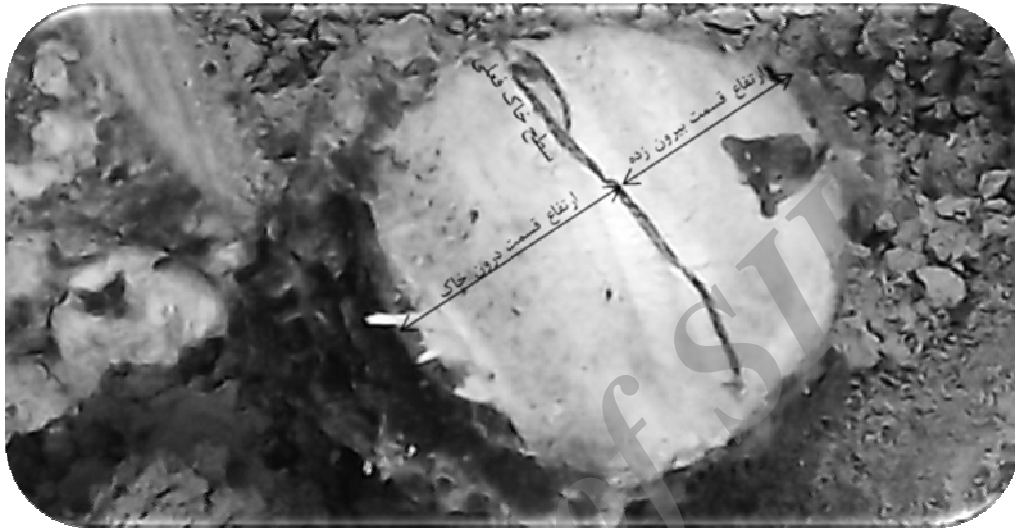
مکان نمونه‌برداری:

این تحقیق در حسن آباد چالوس صورت گرفت. دره‌ی حسن آباد بین عرض جغرافیایی $36^{\circ} 25'$ شمالی تا $36^{\circ} 32' 30''$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 21' 00''$ شرقی تا $51^{\circ} 27' 30''$ شرقی قرار دارد و دارای مساحتی برابر 7400 هکتار است.

محل دقیق نمونه برداری بعد از بازبینی دقیق محل و همین‌طور استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای Google earth و نقشه‌ی پوشش گیاهی مشخص شد (شکل ۱). نمونه‌برداری در قسمت جنوبی سری ۱۰۲ حوزه‌ی حسن آباد چالوس انجام گرفت.

گونه‌ی پهن‌برگ لور با نام علمی *Carpinus orientalis* برای این تحقیق انتخاب شد. دلیل این انتخاب، همان‌طور که قبلاً اشاره شد، لزوم کار بر روی پهن‌برگان و تعداد بیشتر این گونه از پهن‌برگان در منطقه بود.

قسمتی از ریشه‌ی آنها که در فاصله ی ۰/۵ تا ۱ متری از ساقه قرار دارد انتخاب و بریده شد. سطح خاکی که ریشه با آن در تماس است و ارتفاع قسمت بیرون زده و قسمت درون خاک (شکل ۲) روی ریشه مشخص و اندازه‌گیری‌های لازم در آزمایشگاه انجام شد. نمونه پوست‌کنی شده و ضخامت پوست سطح بالایی و سطح پایینی نیز با کولیس دیجیتال اندازه گیری شد.



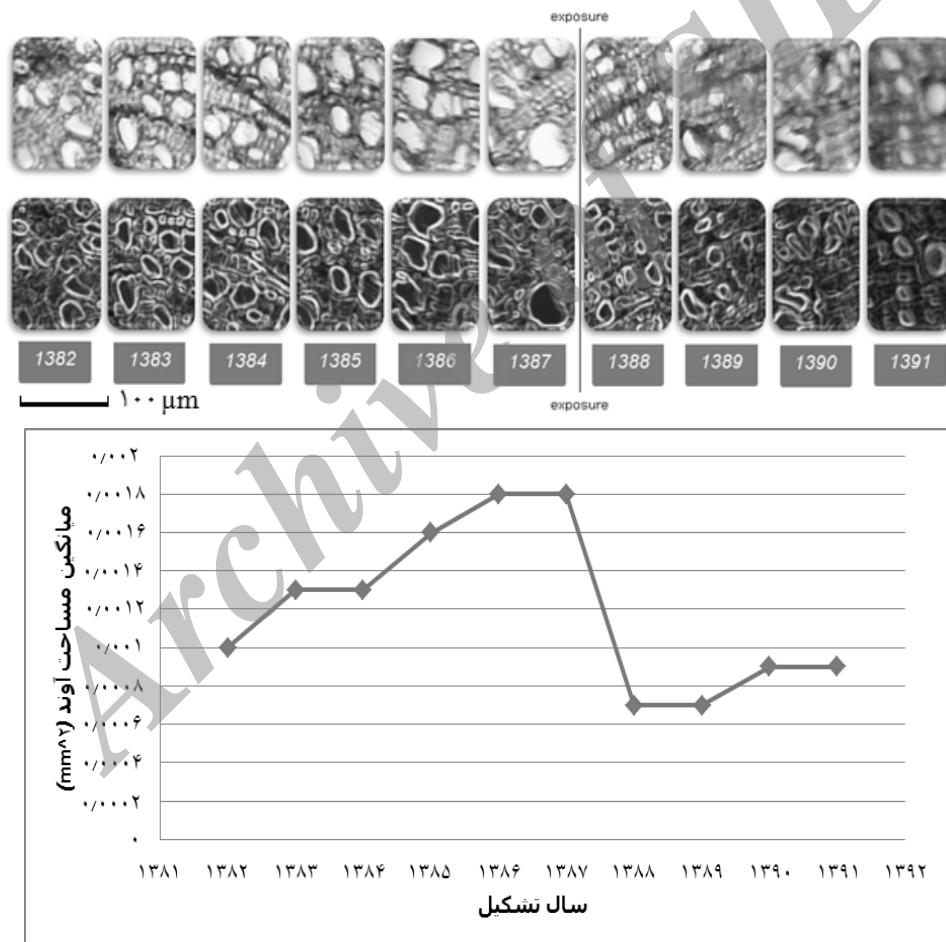
شکل ۲- برش و علامت گذاری دیسک

جدول ۱- اطلاعات مربوط به محل برداشت نمونه‌ها

شماره درخت	موقعیت درخت	جهت دامنه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شیب (در صد)	پوشش گیاهی
۱	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	شمال غرب	۸۰۰	۴۷	انبوه
۲	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	شمال غرب	۸۰۰	۴۶	انبوه
۳	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	شمال غرب	۸۵۰	۴۲	انبوه
۴	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	جنوب غرب	۸۲۰	۵۲	تنک
۵	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	غرب	۸۰۰	۴۹	انبوه
۶	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	غرب	۸۰۰	۵۰	انبوه
۷	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	جنوب	۸۲۰	۵۳	تنک
۸	۳۶°۲۷' N ۵۱°۲۰' E	غرب	۸۲۰	۵۰	انبوه

روی عکسهای بدست آمده از برش‌های عرضی، با استفاده از نرم‌افزار ImageJ مساحت سلولها برای هر حلقه‌ی سالانه به صورت جداگانه تعیین شد و برای ریشه‌های هر درخت، نموداری همانند نمودار شماره ۳ رسم شد. با توجه به افت ۵۰ درصدی اندازه‌ی سلولها (یا بیشتر) در سال بیرون افتادگی ریشه از خاک، اولین سال رخنمون ریشه برای هر درخت مشخص شد.

تهیه مقاطع میکروسکوپی، عکسبرداری و آنالیز: با استفاده از دستگاه میکروتوم از ریشه‌ها، برش عرضی با ضخامت ۲۰ میکرومتر تهیه شد. برای رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها را به مدت ۲ تا ۳ دقیقه داخل سافرانین قرار داده و پس از آن نمونه‌ها به ترتیب در اتانول ۵۰، ۷۵، ۹۰، ۹۶ و ۱۰۰ درصد غوطه‌ور شد (هر کدام به مدت ۱۵ دقیقه). سپس نمونه‌ها بر روی لام قرار داده شد. از برشهای عرضی تهیه شده، عکس تهیه و عکس‌ها جهت آنالیز به کامپیوتر منتقل شد. بر



شکل ۳- نمودار تغییرات مساحت سلولها نسبت به سال تشکیل آنها

فرسایش سالانه به میلیمتر، Era (معادله ۳) به محاسبات:

شرح زیر محاسبه شد (۹).

بعد از تعیین اولین سال رخنمون ریشه، مقدار کلی فرسایش، Er (معادله ۱ یا ۲) و مقدار

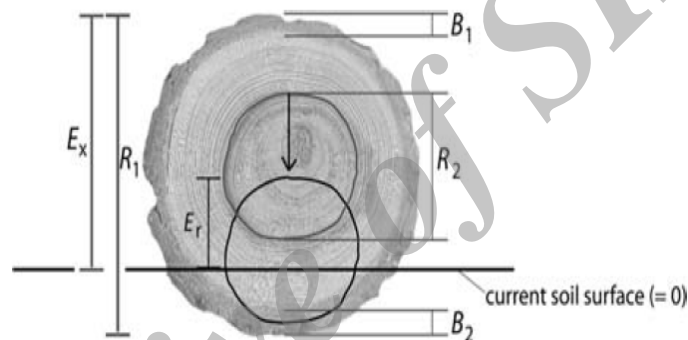
Ex: ارتفاع قسمت بیرون زده ی ریشه
 R1: ارتفاع کنونی ریشه در مقطع عرضی
 R2: ارتفاع ریشه در زمان بیرون زدگی (پس از آنالیز آناتومی مقطع عرضی ریشه بدست می آید.)
 B1/B2: ضخامت پوسته ی فوقانی / تحتانی
 Er: ارتفاع خاک فرسایش یافته از زمان شروع بیرون افتادگی ریشه
 NRex: تعداد دوایر تشکیل شده پس از بیرون زدگی ریشه
 Era: مقدار سالانه ی فرسایش
 ε: خطا

$$E_r - R_2 - (B_1 + B_2)/2 + R_1 - E_x = 0 \quad (1)$$

or,

$$E_r = R_2 + (B_1 + B_2)/2 - R_1 + E_x \quad (2)$$

$$E_r a = \frac{E_r + \varepsilon}{NR_{ex}} \quad (3)$$



- E_x : Exposed part (height) of the root
 R_1 : Size (height) of the whole root in cross section (including bark)
 R_2 : Size (height) of the root at the time of exposure (excluding bark)
 B_1/B_2 : Thickness of bark on the upper/lower side of the root
 E_r : Erosion rate

شکل ۴- بازسازی فرسایش به کمک ریشه های رخنمون یافته در تماس با خاک (۹)

مربوط به نمونه ی شماره ی ۷ و برابر با ۱۳/۵ تن در هکتار در سال است؛ حداقل آن مربوط به نمونه ی شماره ی ۳ و برابر با ۲/۱۶ تن در هکتار در سال است. اختلاف بین بیشترین و کمترین فرسایش بدست آمده ۱۱/۳۴ تن در هکتار در سال است.

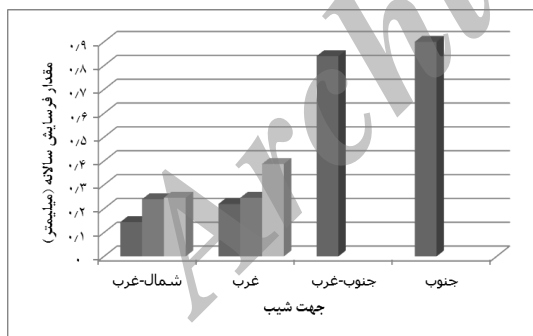
نتایج

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، در نهایت ارتفاع متوسط خاک فرسایش یافته، سالانه ۰/۴ میلیمتر و مقدار خاک فرسایش یافته به طور میانگین، سالانه حدود ۶ تن در هر هکتار بدست آمده است. حداکثر این مقدار

جدول ۲- ارتفاع و مقدار خاک فرسایش یافته

شماره نمونه	تعداد حلقه سالانه	Ex	R1	R2	B1	B2	MB1B ₂	NRex	Er	Era	فرسایش سالانه
		(میلیمتر)						(سال)	(میلیمتر)	(میلیمتر بر سال)	(تن در هکتار)
۱	۱۰	۳/۱۹	۸/۴۱	۴/۶۳	۱/۹۵	۱/۱۵	۱/۵۵	۴	۰/۹۶±۰/۱۶	۰/۲۴±۰/۰۴	۳/۶±۰/۵۶
۲	۱۳	۴/۰۲	۸/۹۶	۴/۷۸	۱/۷	۱/۰۸	۱/۳۹	۵	۱/۲۳±۰/۱۶	۰/۲۴±۰/۰۳	۳/۶۹±۰/۴۴
۳	۲۰	۴/۹۱	۱۱/۳۶	۴/۸۴	۲/۸	۱/۸۶	۲/۳۳	۵	۰/۷۲±۰/۱۶	۰/۱۴±۰/۰۳	۲/۱۶±۰/۴۴
۴	۱۱	۴/۹۴	۱۰/۵۲	۶/۳۶	۲/۱۴	۱/۳۲	۱/۷۳	۳	۲/۵۱±۰/۱۶	۰/۸۴±۰/۰۵	۱۲/۶±۰/۷
۵	۹	۹/۹۸	۲۲/۲۳	۹/۹۸	۳/۳۶	۲/۰۶	۲/۷۱	۲	۰/۴۴±۰/۱۶	۰/۲۲±۰/۰۸	۳/۳±۱/۱۲
۶	۲۴	۴/۱۷	۱۶/۴	۱۲/۷	۲/۲	۰/۸	۱/۵	۸	۱/۹۷±۰/۱۶	۰/۲۴±۰/۰۲	۳/۶۹±۲/۰۲
۷	۲۳	۴/۶۱	۱۴/۹۱	۱۱/۲۹	۱/۷	۱/۷۲	۱/۷۱	۳	۲/۷±۰/۱۶	۰/۹±۰/۰۵	۳/۵±۰/۰۵
۸	۱۸	۵/۴۵	۱۳/۵۱	۸/۶۱	۱/۳۵	۰/۶۶	۱/۰۰۵	۴	۱/۵۵±۰/۱۶	۰/۳۸±۰/۰۴	۵/۸۲±۰/۵۶
میانگین	۱۶	۵/۱۶	۱۳/۲۹	۷/۹	۲/۱۵	۱/۳۳	۱/۷۴	۴/۲۵	۱/۵۱±۰/۱۶	۰/۴	۶/۰۴±۴/۴۵

است، نکته‌ای که جالب به نظر می‌رسد شدت بیشتر فرسایش سالانه در دامنه‌ی رو به جنوب است. در تمام طول سال دامنه‌های رو به جنوب، بیشتر از دامنه‌های رو به شمال در معرض خورشید قرار می‌گیرند و دامنه‌های رو به شمال معمولاً در سایه قرار می‌گیرند.

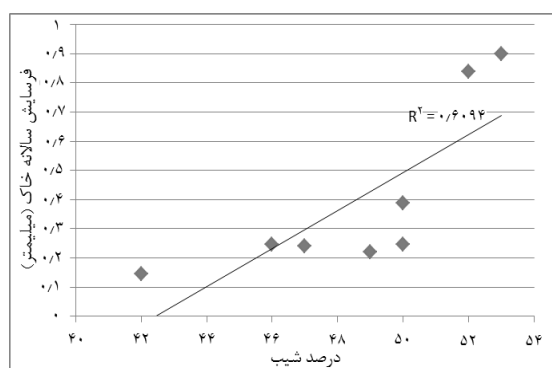


شکل ۶- نمودار تغییرات فرسایش خاک در برابر جهت

ارتباط فرسایش سالانه با تراکم پوشش گیاهی: می‌توان به وضوح مشاهده کرد که در قسمت‌هایی که تراکم پوشش گیاهی کمتری نسبت به قسمت‌های دیگر حوزه داشته‌اند، فرسایش بیشتری بدست آمده است. با توجه به

برای ارزیابی اولیه روش دندروژئومورفولوژیک، ارتباط فرسایش با عوامل مذکور به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت.

ارتباط مقدار فرسایش سالانه با شیب: ارتباط درصد شیب با مقدار فرسایش بدست آمده در شکل ۵ نشان داده شده است. ارتباط مستقیم بین درصد شیب و میزان فرسایش سالانه‌ی خاک، وجود دارد.



شکل ۵- نمودار فرسایش خاک و درصد شیب

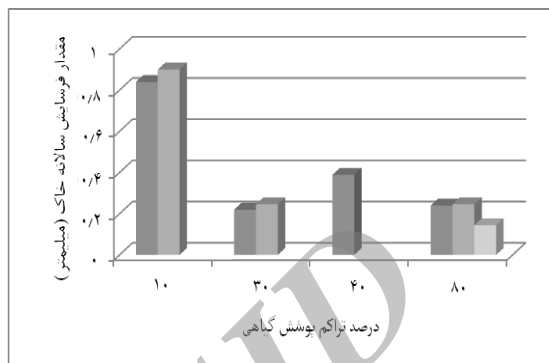
ارتباط فرسایش سالانه با جهت‌های جغرافیایی: ارتباط بین مقدار فرسایش سالانه‌ی خاک با جهت جغرافیایی در شکل ۶ نشان داده شده

تدریجی به لایه‌های زیرین خاک دارد. در حالی که در جهت‌های رو به جنوب با سرعت بیشتری از حالت جامد خارج شده و جاری می‌شود. این موضوع بر پوشش گیاهی و همچنین درصد ماده‌ی آلی خاک هم تأثیرگذار است (۱۶) و (۱۸).

فاکتور پوشش گیاهی و تراکم و نوع آن نیز از فاکتورهای مهم و تأثیرگذار بر شدت فرسایش می‌باشد. زیرا مناطقی با پوشش گیاهی متراکمتر از برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک جلوگیری کرده و از انرژی قطرات کاسته می‌شود. ضمن اینکه ساقه‌ی گیاهان همچون سدی در مقابل رواناب قرار گرفته و از سرعت گرفتن آن که فرسایش را هم به دنبال دارد جلوگیری می‌کند. همچنین ریشه‌ی گیاهان که با ایجاد منافذ در پروفیل خاک باعث نفوذ پذیری بیشتر خاک شده و آب سطحی را به عمق خاک هدایت می‌کند و باعث پایداری بیشتر پروفیل خاک نیز می‌شود. و مواد آلی حاصل از تجزیه‌ی آنها نیز باعث همبستگی بیشتر ذرات خاک و تشکیل ساختمان و مقاوم‌تر در برابر فرسایش می‌شود (۲۱ و ۱۱).

با توجه به انطباق نتایج بدست آمده در این تحقیق با منابع مورد مطالعه، می‌توان بیان داشت که اطلاعاتی که از آنالیز ریشه زربین بدست می‌آید، در منطقه مورد مطالعه می‌تواند برای برآورد فرسایش مورد استفاده قرار گیرد. ولی از آنجاییکه پاسخ گونه‌های مختلف به انواع فرسایش می‌تواند متفاوت باشد، مطالعات بیشتری در این زمینه باید صورت گیرد و نتایج این روش با مقدار فرسایش مقایسه گردد.

شکل ۷ می‌توان مشاهده کرد که بیشترین مقدار فرسایش خاک در کمترین تراکم پوشش گیاهی (۱۰ درصد) بدست آمده است، و برعکس.



شکل ۷- نمودار تغییرات فرسایش سالانه خاک در برابر تراکم پوشش گیاهی

بحث و نتیجه‌گیری

مرور منابع نشان دهنده‌ی آن است که ارتباط فرسایش با درصد شیب، ارتباطی بسیار تنگاتنگ است. هر چه درصد شیب بیشتر باشد به معنی سرعت گرفتن رواناب و عدم زمان کافی برای نفوذ بارشها در خاک و در نتیجه فرسایش بیشتر خاک است (۱). با وجود این که محل برداشت نمونه‌های ما از لحاظ شیب چندان متفاوت نبودند (۴۷-۰.۵۳٪) ولی نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین خاک از دست رفته سالانه و درصد شیب وجود دارد.

بین مقدار فرسایش سالانه‌ی خاک با جهت جغرافیایی ارتباط وجود دارد و این پدیده روی عوامل مختلفی از جمله مشخصات خاک و تکامل پروفیلی آن و تراکم و نوع پوشش گیاهی تأثیرگذار است.

ضمن اینکه برف روی جهت‌های رو به شمال دیرتر آب می‌شود و زمان بیشتری برای نفوذ

که پراکندگی لازم را در سطح حوزه داشته باشد در اختیار قرار دهد. مقدار نسبتاً بالای انحراف از معیار به دلیل برداشت نمونه‌ها از مناطقی نامشابه برای ارزیابی اولیه روش دندروژئومورفولوژیک است. ولی توصیه می‌شود که جهت مطالعات آینده، یگانهای زیست محیطی مشابه (مناطق که دارای شیب، جهت، ارتفاع و.... مشابهی هستند) تعریف و فرسایش برای هر واحد زیست محیطی تعیین گردد.

روش مورد استفاده‌ی این مقاله در جهت بیان مقدار فرسایش سالانه مانند هر روش دیگری مزایا و معایبی دارد. از مزایای این روش می‌توان به کم هزینه بودن، دقت کافی، سادگی و عدم نیاز به اطلاعات مختلف منطقه نام برد و از معایب آن می‌توان به این اشاره کرد که از این روش تنها برای حوضه‌های آبریزی می‌توان استفاده کرد که پوشش گیاهی آنها، ریشه‌های بیرون‌زده‌ی مناسب به اندازه‌ی کافی و به شکلی

References

- 1-Ahmadi, M., M. Nezami, A. Hashemi, R. sefidgari, 2012. The effect of land use on erosion rate. The First National Conference of Desert, Iran
- 2-Alestalo, J., 1971. Dendrochronological interpretation of geomorphic processes; Fennia. 105 :1-140
- 3-Bahrami, S.h., F. Mahboobi, J. Sadidi, M. Jafari Aghdam, 2011. Estimating the rate of sheet erosion by dendrogeomorphological analysis of tree roots in Gharechai (Ramian) Catchment .Physical geography research; 75: 1-17
- 4-Bégin, Y., 2001. Tree-ring dating of extreme lake levels at the Subarctic-Boreal interface. Quaternary Research; 55: 133-139.
- 5-Bodoque, J.M., J.F. Díez-Herrero, Martín-Duque, J.M. Rubiales, A.Godfrey, J. Pedraza, R.M. Carrasco, M.A. Sanz, 2005. Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots. two examples from Central Spain; Carena. 64: 81-102.
- 6-Gärtner, H., F.H. Schweingruber, R. Dikau, 2001. Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth pattern of exposed roots; Dendrochronologia. 19: 81-91
- 7-Gärtner, H., 2003. The applicability of roots in Dendrogeomorphology. In: Schleser, G., M. Winiger, Bräuning, A., Gärtner, H., Helle, G., E. Jansma, B.Neuwirth, K. Treydte, (Eds.), TRACE-Tree Rings in Archaeology. Climatology and Ecology. vol.1, pp. 120-124.
- 8-Gärtner, H., Stoffel, M., Lièvre, I., Monbaron, M. 2003. Tree ring analyses and detailed geomorphological mapping on a forested debris flow cone in Switzerland. In: Rickenmann, D., Chen, Ch.(Eds). Debris Flow. Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. Millpress, Rotterdam. 207-217 pp
- 9-Gärtner, H., 2007, Tree Roots - Methodological Review and New Development in Dating and Quantifying Erosive Processes; Geomorphology 86, 243-251.
- 10-Gers, E., N. Florin, H. Gärtner, T. Glade, Dikau, R., F.H. Schweingruber, 2001. Application of shrubs for dendrogeomorphological analysis to reconstruct spatial and temporal landslide movement patterns_ a preliminary study; Zeitschrift fur Geomorphologie upplementband. 125:163-175.

- 11-Gyssels, G., J. Poesen, E. Bochet, Y. Li, 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: A review; *Progress in Physical Geography*. 29: 189–217.
- 12-Goudie, A.S., 2005. *Encyclopedia of Geomorphology*. Volume 1. Routledge Ltd. 578 P.
- 13-Hebertson, E.G., M.J. Jenkins, 2003. Historic climate factors associated with major avalanche years on the Wasatch Plateau, Utah.; *Cold Regions Science and Technology*. 37: 315–332.
- 14-Malik, I., 2005. Rates of lateral channel migration along the Mala Panew River (Southern Poland) based on dating riparian trees and coarse woody debris; *Dendrochronologia*. 23: 29–38.
- 15-Meyer, G.A., 2001. Recent large-magnitude floods and their impact on valley-floor environments of northeastern Yellowstone, *Geomorphology*. 40: 271-290.
- 16-Mohamadzadeh, A., 2006. the effect of aspect and slope on soil erosion in Givi, Ardabil province. 3th Conference on Erosion and Sediment, Iran
- 17-Perret, S., M. Stoffel, H. Kienholz, 2006. Spatial and temporal rockfall activity in a foreststand in the Swiss Prealps a dendrogeomorphological case study; *Geomorphology*. 74: 219–231.
- 18-Shadfar, S., M. Abasi, M. Namaki, 2011. Investigation of the effect of land use and aspect on gully erosion using GIS: case study in Ghom province. 6th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management, Iran.
- 19-Sahling, I., K.H. Schmidt, H.Gärtner, 2003. Dendrogeomorphological analysis of the enlargement of cracks at the Wellenkalk-scarp in the southern Thuringia Basin. In: Schleser, G., M. Winiger, A. Bräuning, H. Gärtner, Helle, G. Jansma, E. Neuwirth, B. K. Treydte, (Eds.), *TRACE Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, 125–130 pp.
- 20-Stefanini, M.C., 2004. Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology; *Geomorphology*. 63 :191–202.
- 21-Vaezi, A., 2006. The effect of organic matter on erosion in agricultural soils. 9th Conference of Soil Sciences , Iran