

برآورد میزان فرسایش خاک با استفاده از ریشه‌های از

خاک بیرون‌زده درختان زربین

(مطالعه موردی: حسن آباد چالوس)

- ❖ علیرضا پژوهنده؛ دانشجوی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، استان البرز، کرج، ایران
- ❖ ویلما بایرام‌زاده*؛ استادیار، گروه صنایع چوب، دانشگاه آزاد اسلامی، استان البرز، کرج، ایران
- ❖ وحیدرضا صفدری؛ استادیار، گروه صنایع چوب، دانشگاه آزاد اسلامی، استان البرز، کرج، ایران
- ❖ منوچهر خان زرین‌گفتش؛ استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، استان البرز، کرج، ایران

چکیده

هدف این تحقیق برآورد مقدار سالانه فرسایش خاک در سری ۱۰۲ حوزه دره حسن‌آباد چالوس با مطالعه خصوصیات ریختار ریشه‌های بیرون‌زده درختان زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) بود. به همین منظور، پنج درخت زربین انتخاب و ریشه‌های نیمه بیرون‌زده آن‌ها بریده شد. ضمناً اطلاعاتی مثل مختصات نقطه‌هایی که درخت در آن قرار داشت، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، و درصد پوشش گیاهی برای هر درخت، جداگانه یادداشت شد. از ریشه‌های بریده‌شده به کمک میکروتوم، مقاطع عرضی (۲۰ میکرومتر) تهیه و اولین سال رخمون آن‌ها تعیین شد و با استفاده از روش گارتنر، میانگین فرسایش سالانه محاسبه و ارتباط آن با شیب، جهت، و درصد پوشش گیاهی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه به‌طور متوسط سالانه ۰/۵ میلی‌متر در سال است. مقدار فرسایش سالانه، ارتباط چشمگیری با شیب و جهت دامنه و درصد پوشش گیاهی داشت؛ به‌طوری که بالاترین مقدار فرسایش از ریشه‌هایی به‌دست آمد که از جهت‌های جنوبی و غربی تهیه شده بودند و شیب‌های تند و درصد پوشش گیاهی اندک داشتند. همه این یافته‌ها به این نتیجه منجر می‌شود که تحلیل دندروژئومورفولوژیکی ریشه‌های درخت زربین دقت خوبی برای برآورد فرسایش در منطقه مورد مطالعه دارد؛ ولی از آنجا که ممکن است پاسخ گونه‌های گوناگون به انواع فرسایش متفاوت باشد، باید مطالعات بیشتری در این زمینه صورت بگیرد و نتایج این روش با مقدار واقعی فرسایش مقایسه شود.

واژگان کلیدی: آناتومی ریشه، دندروژئومورفولوژی، ریشه‌های بیرون‌زده، زربین، فرسایش خاک.

مقدمه

هر ساله، هزاران تن مواد جامد در سطح حوزه‌های آبریز دچار فرسایش می‌شود. فرسایش و انتقال مواد رسوبی از جهات گوناگونی مورد توجه قرار می‌گیرد که مهم‌ترین آن‌ها از بین رفتن اراضی حاصل‌خیز کشاورزی و تبدیل مزارع حاصل‌خیز به بیابان‌های لم‌یزرع، پرشدن مخازن سدها، بندها، پرشدن کانال‌های آبرسانی، پرشدن زودرس مرداب‌ها، و مدفون‌شدن آبادی‌ها و اراضی زراعی است.

از آنجا که محاسبه مقدار فرسایش خاک در هر منطقه کمک شایانی به برنامه‌ریزی برای کنترل و مبارزه با فرسایش می‌کند، برآورد مقدار فرسایش سالانه در نواحی‌ای که در معرض خطر قرار گرفته‌اند ضروری به‌نظر می‌رسد. از راه‌های برآورد فرسایش در دنیای امروز استفاده از دانش دندروژئومورفولوژی^۱ است [۱، ۲]. این دانش بر اساس تجزیه و تحلیل حلقه‌های رشد سالانه درختان و فرم رشد آن‌ها فرایندهای سطحی زمین را بررسی می‌کند [۳، ۴].

در دنیای امروز، از دندروژئومورفولوژی در تعیین سال شروع و تغییر مقدار در فرایندهایی مانند توفان، سیلاب، آتشفشان، فشردگی خاک، سونامی، بهمن، و حتی تغییرات سطح دریاچه‌ها استفاده می‌شود. برای تحلیل دندروژئومورفولوژیک پدیده‌های مذکور، از تغییرات موجود در حلقه‌های سالانه ساقه‌های آسیب‌دیده استفاده می‌شود [۵-۱۰]. در سال‌های اخیر، در حوزه این دانش تحقیقات محدودی برای برآورد مقدار فرسایش خندقی، ورقه‌ای، و فرسایش کنار رودخانه‌ای با مطالعه تغییرات موجود در حلقه‌های سالانه ریشه انجام شده است [۱۱-۱۴].

در این مطالعات، بر اساس الگوی رشد و کاهش اندازه سلول‌های هوادیده در حلقه‌های جدید (تا ۵۰ درصد) در مقایسه با اندازه همین سلول‌ها در

حلقه‌هایی که قبلاً تشکیل شده است می‌توان اولین سال قرارگیری ریشه در معرض هوا را تعیین کرد. از طرف دیگر، با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین ریشه و سطح فعلی خاک، مقدار خاک فرسایش یافته را طی دوره زمانی خاص مشخص می‌کردند [۲، ۶، ۸].

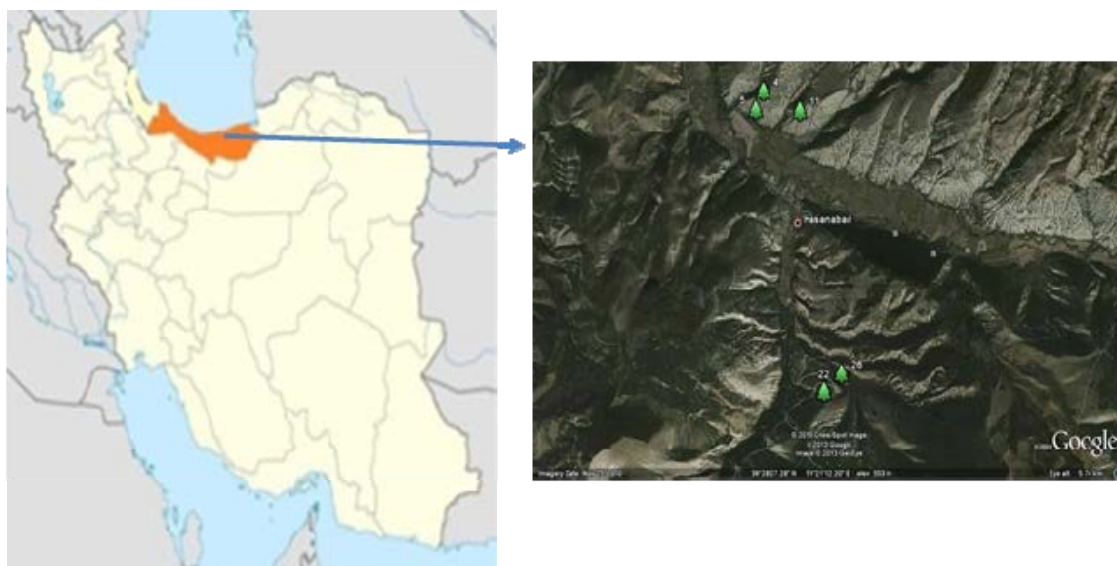
از محدود تحقیقاتی که در این زمینه در ایران انجام شده می‌توان به تحقیق بهرامی و همکاران اشاره کرد که از ظاهر مقطع عرضی ریشه بیرون‌زده درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در حوزه قره‌چای برای برآورد فرسایش استفاده شده است [۲]؛ ولی تاکنون مطالعه‌ای که از آناتومی ریشه‌های بیرون‌زده برای برآورد فرسایش استفاده کند انجام نشده است.

با توجه به محدودبودن این قبیل مطالعات در ایران و همچنین در حوزه مورد مطالعه، هدف این تحقیق برآورد مقدار سالانه فرسایش در سری ۱۰۲ حوزه دره حسن‌آباد چالوس با مطالعه خصوصیات ریختار ریشه‌های بیرون‌زده از خاک گونه زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) بود.

مواد و روش‌ها

مکان نمونه‌برداری

دره حسن‌آباد بین عرض جغرافیایی ۳۶° تا ۳۵'۳۶° و طول جغرافیایی ۵۱° تا ۲۰'۵۱° قرار دارد و دارای مساحتی برابر با ۷۴۰۰ هکتار است. محل دقیق نمونه‌برداری بعد از بازبینی محل و همین‌طور استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و نقشه پوشش گیاهی منطقه مشخص شد (شکل ۱). نمونه‌برداری به‌صورت کاملاً تصادفی و از درختانی که بیرون‌زدگی ریشه داشتند در قسمت جنوبی سری ۱۰۲ حوزه حسن‌آباد چالوس انجام گرفت.



شکل ۱. مکان برداشت نمونه‌ها در دره حسن‌آباد چالوس مازندران

جدول ۱. اطلاعات مربوط به محل برداشت نمونه‌های زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) در دره حسن‌آباد

چالوس					
شماره درخت	موقعیت درخت	جهت دامنه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شیب (درصد)	وضعیت پوشش گیاهی
۴	۳۶°۲۹'۱۳" (شمالی) ۵۱°۲۰'۴۹" (شرقی)	جنوب	۵۰۰	۴۹	تنک
۵	۳۶°۲۹'۰۸" (شمالی) ۵۱°۲۰'۵۸" (شرقی)	جنوب	۵۰۰	۴۲	تنک
۱۱	۳۶°۲۹'۰۸" (شمالی) ۵۱°۲۱'۰۲" (شرقی)	جنوب	۵۰۰	۴۹	تنک
۲۲	۳۶°۲۷'۵۴" (شمالی) ۵۱°۲۱'۱۱" (شرقی)	شمال	۷۵۰	۴۹	انبوه
۲۶	۳۶°۲۷'۵۵" (شمالی) ۵۱°۲۱'۱۵" (شرقی)	غرب	۶۰۰	۵۲	انبوه

این تحقیق، شاخص‌بودن این منطقه از نظر فرسایش بود و چون تا به حال هیچ تحقیقی برای برآورد مقدار فرسایش آن صورت نگرفته بود. علت انتخاب گونه زربین این بود که زربین گونه درختی غالب این منطقه است؛ به‌طوری که در حدود ۷۳۹۷ هکتار از منطقه پوشیده از زربین خالص و آمیخته است. زربین از گونه‌های بومی سوزنی‌برگ در ایران است و چون

برای نیل به هدف این پژوهش، درختان از نواحی‌ای که جهت‌های جغرافیایی گوناگون شیب و تراکم پوشش گیاهی داشتند، یا به عبارت دیگر از مناطقی که دارای شدت‌های متفاوت فرسایش بودند، انتخاب شدند. در این تحقیق از ده درخت نمونه‌برداری شد، ولی ریشه‌های پنج درخت قابلیت استفاده داشت. دلیل انتخاب دره حسن‌آباد چالوس در

در عکس‌های هوایی تاج درختان از بالا دیده می‌شود و در نتیجه، اندازه‌گیری‌ها دقیق‌تر خواهند بود [۱۵، ۱۶].

قسمتی از ریشه درختان که در فاصله ۰/۵ تا یک متری از ساقه قرار داشت، انتخاب و بریده شد. ارتفاع قسمت بیرون‌زده و قسمتی از ریشه که بیرون و درون خاک بودند و سطح خاک بر روی ریشه، مشخص و اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه انجام شد (شکل ۲). نمونه پوست‌کنی شده و ضخامت پوست سطح بالایی و سطح پایینی نیز با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

تهیه مقاطع میکروسکوپی

با استفاده از دستگاه میکروتوم، از ریشه‌ها، برش عرضی از ساقه‌ها با ضخامت ۲۰ میکرومتر تهیه شد. برای رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها به مدت دو تا سه دقیقه داخل سافرانین قرار داده شدند و سپس نمونه‌ها به ترتیب در اتانول ۵۰، ۷۵، ۹۰، ۹۶ و ۱۰۰ درصد غوطه خوردند (هرکدام به مدت ۱۵ دقیقه). سپس نمونه‌ها بر روی لام قرار داده شدند [۱۷].

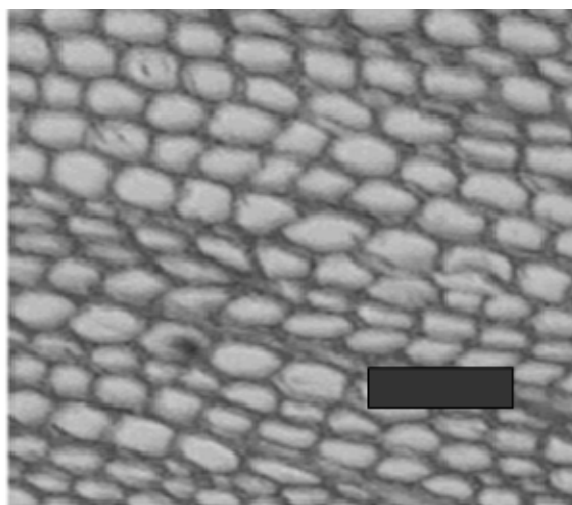
تشخیص دوایر سالانه راحت‌تر است، در بیشتر مطالعات دندروژئومورفولوژی در دنیا از گونه‌های سوزنی‌برگ استفاده می‌شود [۹].

پس از انتخاب گونه و مکان مورد مطالعه، پنج درخت زربین که بیرون‌زدگی ریشه داشتند (شکل ۱) ولی ریشه آن‌ها کاملاً بیرون از خاک قرار نگرفته بود و در مناطقی که دارای جهت‌های جغرافیایی گوناگون شیب و تراکم پوشش گیاهی گوناگون بودند در نظر گرفته شد و از هر درخت شش ریشه نیمه بیرون‌زده قطع شد. در مجموع، سی ریشه بیرون‌زده بررسی شد. سپس، اطلاعاتی مثل مختصات نقطه‌ای که درخت در آن قرار دارد، شیب، جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا، و درصد پوشش گیاهی آن به‌طور جداگانه یادداشت شد (جدول ۱).

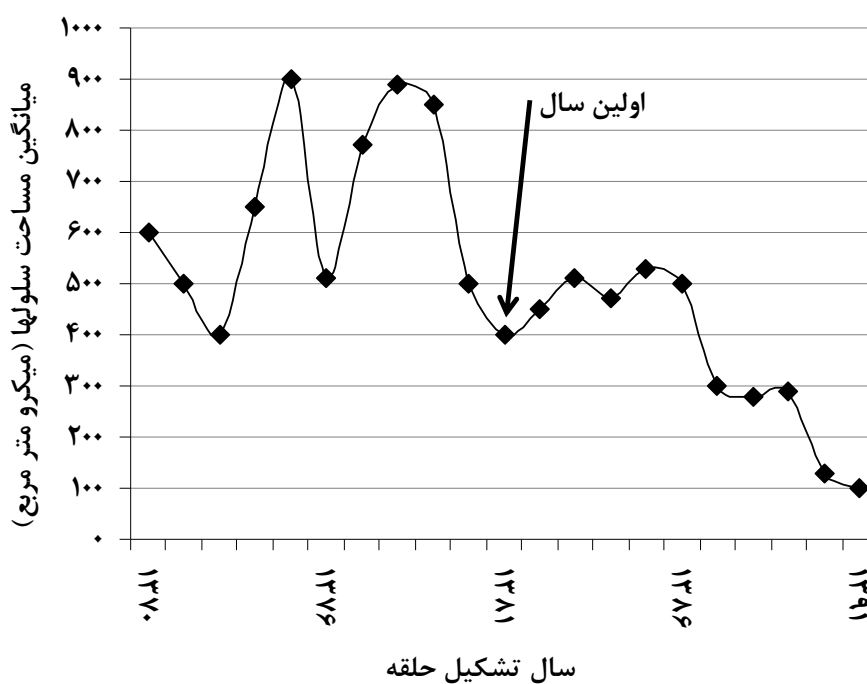
درصد تراکم تاج پوشش بر روی عکس‌های هوایی و با استفاده از یک شبکه نقطه‌چین ۴۵ نقطه‌ای تعیین شد. علت استفاده از عکس‌های هوایی این بود که اندازه‌گیری مقدار انبوهی تاج در عکس‌های هوایی دقت بیشتری در مقایسه با عملیات زمینی دارد، چون



شکل ۲. برش و علامت‌گذاری دیسک درختان زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*)



شکل ۳. نمونه‌ای از مقاطع میکروسکوپی تهیه شده (خط مقیاس معادل ۱۰۰ میکرومتر است)



شکل ۴. نمودار تغییرات مساحت سلول‌های گونه زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) نسبت به سال تشکیل آن‌ها

عکس‌برداری و آنالیز

از برش‌های عرضی، عکس تهیه شد و عکس‌ها برای آنالیز به کامپیوتر منتقل شدند. بر روی عکس‌های به‌دست‌آمده از برش‌های عرضی، با استفاده از نرم‌افزار Image J، مساحت سلول‌ها برای هر حلقه

سالانه به‌صورت جداگانه تعیین شد و برای ریشه‌های هر درخت نمودار تغییرات مساحت سلول‌ها نسبت به سال تشکیل آن‌ها رسم شد (شکل ۴). با توجه به افت ۵۰ درصدی (یا بیشتر) اندازه سلول‌ها و ادامه روند کاهشی اندازه سلول‌ها بعد از این کاهش،

E_r : ارتفاع خاک فرسایش یافته از زمان شروع بیرون زدگی ریشه،
 NR_{ex} : تعداد دوایر تشکیل شده پس از بیرون زدگی ریشه،
 $E_r a$: مقدار فرسایش سالانه،
 ε : خطا است.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقدار خاک فرسایش یافته به‌طور میانگین سالانه حدود ۶/۹ تن در هر هکتار (۰/۵ میلی‌متر) به‌دست آمده است. حداکثر این مقدار مربوط به نمونه شماره ۲۶ و برابر با ۱۰/۷۸ تن در هکتار در سال است و حداقل آن مربوط به نمونه شماره ۵ و برابر با ۲/۱۵ تن در هکتار در سال است.

مقدار نسبتاً بالای انحراف از معیار به این سبب است که نمونه‌ها عمداً از مناطقی نامشابه برای ارزیابی روش دندروژئومورفولوژیک برداشت شده‌اند؛ ولی برای مطالعات آینده توصیه می‌شود نقاط همگن (مناطق که شیب، جهت، ارتفاع، و... مشابهی دارند). تعریف و فرسایش برای هر سطح یکنواختی تعیین شود.

می‌توان اولین سال قرارگیری ریشه در معرض هوا را تعیین کرد. اولین سال رخنمون ریشه برای هر درخت نیز مشخص شد.

داده‌ها

بعد از تعیین اولین سال رخنمون ریشه، که به ما کمک می‌کند قطر ریشه در زمان بیرون زدگی را بازسازی کنیم، مقدار کلی فرسایش (E_r) (معادله ۱ یا ۲) و مقدار فرسایش سالانه به میلی‌متر ($E_r a$) (معادله ۳) به شرح زیر محاسبه شد [۷].

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

$$E_r = R_r + (B_1 + B_r) / 2 - R_1 + E_x \quad (2)$$

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

که در رابطه‌ها و شکل ۵:

E_x : ارتفاع قسمت بیرون‌زده ریشه،

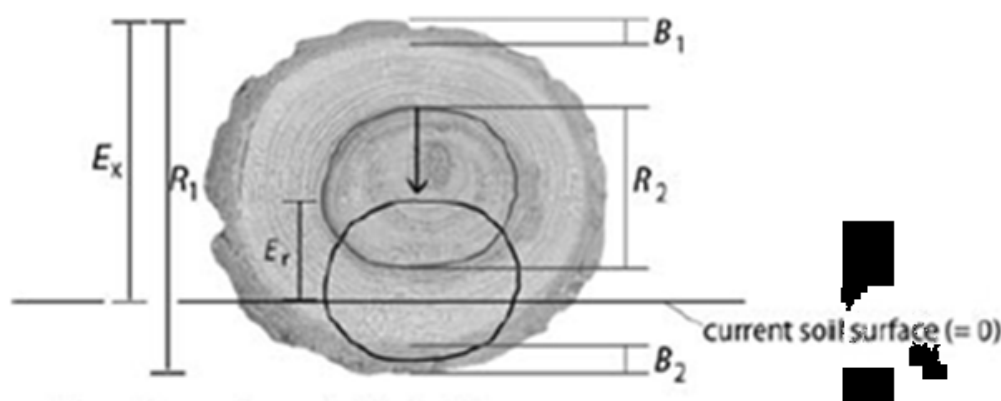
R_1 : ارتفاع کنونی ریشه در مقطع عرضی،

R_2 : ارتفاع ریشه در زمان بیرون زدگی (پس از

آنالیز آناتومی مقطع عرضی ریشه، این ارتفاع به‌دست می‌آید.)،

B_1/B_2 : نسبت ضخامت پوسته فوقانی به پوسته

تحتانی،



شکل ۵. بازسازی فرسایش به کمک ریشه‌های رخنمون یافته در تماس با خاک

جدول ۲. ارتفاع و مقدار خاک فرسایش‌یافته در ارتباط با نمونه‌های زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*) در دره حسن‌آباد چالوس

شماره درخت	E_x	R_1	R_2	B_1	B_2	$\frac{B_1 + B_2}{2}$	NR_{ex}	E_r	E_{ra}
	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	تعداد حلقه‌ها	میلی متر	تن در هکتار در سال
۴	۵/۸۵	۲۱/۴۹	۱۸/۰۰	۱/۷۸	۱/۷۴	۱/۷۶	۶	۴/۱۲	۰/۶۸
۵	۷/۴۱	۱۴/۰۲	۶/۵۵	۱/۸۹	۱/۶۲	۱/۷۵	۱۱	۱/۶۹	۰/۱۵
۱۱	۴/۹۱	۱۱/۶۴	۷/۰۹	۲/۷۴	۱/۸۳	۲/۲۸	۵	۲/۶۴	۰/۵۲
۲۲	۴/۳۲	۱۶/۹۱	۱۲/۳۰	۰/۸۵	۱/۸۴	۱/۳۴	۳	۱/۰۵	۰/۳۵
۲۶	۴/۳۰	۱۳/۷۰	۹/۵۵	۱/۰۶	۱/۷۲	۱/۳۹	۲	۱/۵۴	۰/۷۷
میانگین	-	-	-	-	-	-	-	۲/۲۱	۰/۴۹

برای ارزیابی اولیه این روش، ارتباط فرسایش با شیب، جهت‌های جغرافیایی، و تراکم پوشش گیاهی بدین شرح بررسی شد:

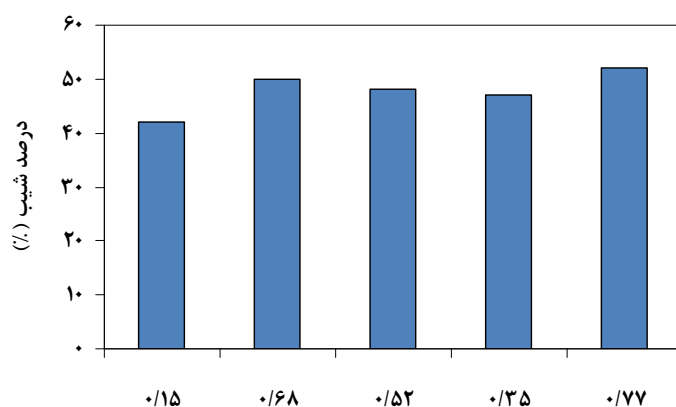
ارتباط مقدار فرسایش سالانه با شیب

ارتباط درصد شیب با مقدار فرسایش به‌دست‌آمده در شکل ۶ نشان داده شده است. در شکل ۶ مشاهده می‌شود که نمونه ۲۶ و ۴ با بیشترین مقدار فرسایش به‌دست‌آمده (۱۰/۷۸ تن در هکتار در سال)، در مقایسه با نمونه ۶ با کمترین مقدار فرسایش به‌دست‌آمده (۲/۱۵ تن در هکتار در سال)، در مناطقی با شیب بیشتر قرار دارند. در این تحقیق با اینکه بازه شیب گسترده نبود، ولی ارتباط فرسایش با شیب مشهود است.

مرور منابع نشان‌دهنده آن است که ارتباط فرسایش با درصد شیب، ارتباطی بسیار تنگاتنگ است. هرچه درصد شیب بیشتر باشد، به معنی سرعت گرفتن رواناب و نبود زمان کافی برای نفوذ بارش‌ها در خاک و در نتیجه فرسایش بیشتر خاک است [۱۸].

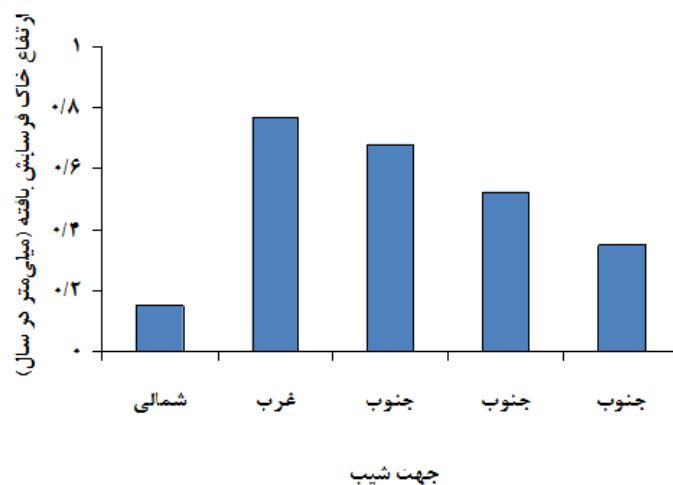
ارتباط فرسایش سالانه با جهت‌های جغرافیایی

ارتباط بین مقدار فرسایش سالانه خاک با جهت دامنه در شکل ۷ نشان داده شده است. شدت فرسایش سالانه در دامنه‌های جنوبی و غربی بیشتر از دامنه‌های شمالی است. این نتیجه به این دلیل است که 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. این پدیده روی عوامل گوناگونی چون خواص فیزیکی 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 تدریجی به لایه‌های زیرین خاک دارد؛ در حالی که در جهت‌های رو به جنوب، برف با سرعت بیشتری از حالت جامد خارج و جاری می‌شود. این موضوع بر پوشش گیاهی و همچنین درصد ماده آلی خاک هم تأثیرگذار است [۱۹].



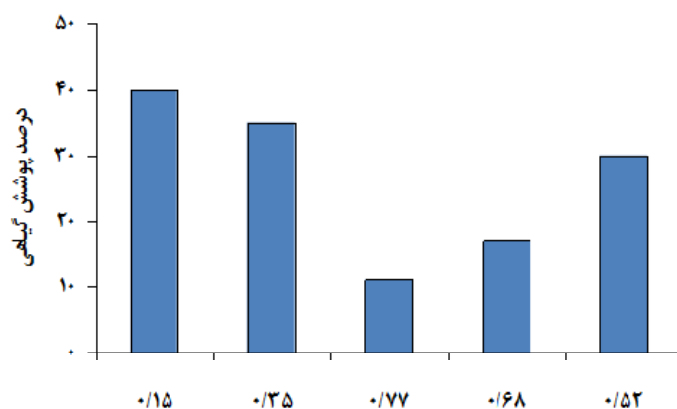
ارتفاع خاک فرسایش یافته (میلی‌متر در سال)

شکل ۶. نمودار تغییرات فرسایش خاک در ارتباط با درصد شیب



جهت شیب

شکل ۷. نمودار تغییرات فرسایش خاک (میلی‌متر در سال) در ارتباط با جهت‌های جغرافیایی



فرسایش خاک (میلی‌متر در سال)

شکل ۸. نمودار تغییرات فرسایش خاک (میلی‌متر در سال) در ارتباط با درصد پوشش گیاهی

باعث همبستگی بیشتر ذرات خاک و تشکیل ساختمان مناسب‌تر و مقاوم‌تر در برابر فرسایش می‌شود [۲۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به تطابق نتایج این تحقیق با منابع مورد مطالعه، گفتنی است می‌توان اطلاعاتی را که از تجزیه و تحلیل ریشه زربین به‌دست می‌آید در منطقه مورد مطالعه برای برآورد فرسایش به‌کار برد، ولی از آن‌جا که ممکن است پاسخ گونه‌های مختلف به انواع فرسایش متفاوت باشد، باید مطالعات بیشتری در این زمینه صورت بگیرد و نتایج این روش با مقدار واقعی فرسایش مقایسه شود.

روش مورد استفاده این مقاله برای بیان مقدار فرسایش سالانه مانند هر روش دیگری مزایا و معایبی دارد. از مزایای این روش می‌توان به کم‌هزینه‌بودن، دقت کافی، سادگی، و بی‌نیازی به اطلاعات گوناگون منطقه اشاره کرد. از معایب این روش آن است که از این روش فقط می‌توان برای حوزه‌های آبریزی استفاده کرد که پوشش گیاهی آن‌ها دارای ریشه‌های بیرون‌زده مناسب به اندازه کافی است و پراکندگی لازم را در سطح حوزه دارد.

ارتباط فرسایش سالانه با تراکم پوشش گیاهی

ارتباط فرسایش سالانه با تراکم پوشش گیاهی در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، درصد همبستگی بالایی بین درصد پوشش گیاهی و میزان فرسایش سالانه خاک وجود دارد. می‌توان به‌وضوح مشاهده کرد در قسمت‌هایی که تراکم پوشش گیاهی کمتری در حوزه داشته‌اند، فرسایش بیشتری به‌دست آمده است. پوشش گیاهی و تراکم و نوع آن نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر شدت فرسایش‌اند، زیرا در مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم‌تر از برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک جلوگیری و از انرژی قطرات کاسته می‌شود. ضمن اینکه ساقه گیاهان همچون سدی در مقابل رواناب قرار می‌گیرد و از سرعت گرفتن آن که فرسایش را هم به دنبال دارد جلوگیری می‌کند؛ همچنین، ریشه گیاهان که با ایجاد منافذ در پروفیل خاک باعث نفوذپذیری بیشتر خاک می‌شود و آب سطحی را به عمق خاک هدایت می‌کند [۲۰]. خاک مناطقی که پوشش گیاهی مناسب دارند نیز باعث پایداری بیشتر پروفیل خاک می‌شود، زیرا با ریزش شاخ و برگ درختان بر سطح خاک، ضمن اینکه خاک پوششی مناسب می‌یابد، مواد آلی حاصل از تجزیه این مواد وارد خاک می‌شود و همین مسئله

References

- [1]. Alestalo, J. (1971). Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennia*, 105: 1-140.
- [2]. Bahrami, S.H., Mahboobi, F., Sadidi, J., and Jafari Aghdam, M. (2011). Estimating the rate of sheet erosion by dendrogeomorphological analysis of tree roots in Gharechai (Ramian) Catchment. *Physical Geography Research*, 75: 1-17.
- [3]. Goudie, A.S. (2005). *Encyclopedia of Geomorphology*. London: Routledge Ltd
- [4]. Bodoque, J.M., Díez-Herrero, J.F., Rubiales, J.M, Godfrey, A., Pedraza, J., Carrasco, R.M., and Sanz, M.A. (2005). Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots. Two examples from Central Spain. *Carena*, 64: 81-102 .
- [5]. Bégin, Y. (2001). Tree-ring dating of extreme lake levels at the Subarctic–Boreal interface. *Quaternary Research*, 55: 133-139 .
- [6]. Gärtner, H., Schweingruber, F.H., and Dikau, R. (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, Winiger M, Bräuning A, Gärtner H, Helle G, Jansma E, Neuwirth B, and Treydte K, editors . *TRACE—Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Bonn / Jülich, Germany pp124.
- [8]. Gärtner, H. (2007). Tree Roots - Methodological Review and New Development in Dating and Quantifying Erosive Processes. *Geomorphology*, 86: 243-251 .
- [9]. Hebertson, E.G., and Jenkins, M.J. (2003). Historic climate factors associated with major avalanche years on the Wasatch Plateau, Utah. *Cold Regions Science and Technology* , 37: 315-332.
- [10]. Perret, S., Stoffel, M., and Kienholz, H. (2006). Spatial and temporal rockfall activity in a forest stand in the Swiss Prealps - a dendrogeomorphological case study. *Geomorphology*, 74: 219-231.
- [11]. Gers, E., Florin, N., Gärtner, H., Glade, T., Dikau, R., and Schweingruber, F.H. (2001). Application of shrubs for dendrogeomorphological analysis to reconstruct spatial and temporal landslide movement patterns a preliminary study. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 125: 163-175.
- [12]. 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.
- [13]. Meyer, G.A. (2001). Recent large-magnitude floods and their impact on valley-floor environments of northeastern Yellowstone. *Geomorphology*, 40: 271-290 .
- [14]. Stefanini, M.C. (2004). Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology. *Geomorphology*, 63: 191-202.
- [15]. Korpela, I. (2004) Individual tree measurements by means of digital aerial Photogrammetry, *Silva Fennica*, Monographs 3, 93 pp.
- [16]. Avery, E.T. (1977) *Interpretation of aerial photographs*, Burgess Publication, USA, 392 pp.
- [17]. Bayramzadeh, V., Funada, R., Kubo, T. (2008). Relationship between vessel element anatomy

- and physiological as well as morphological traits of leaves in *Fagus crenata* seedling originated from different provenances. *Trees*, 22: 217-224.
- [18]. Fu, S., Liu, B., Liu, H., and Xu, L. (2011). The effect of slope on interrill erosion at short slopes. *Catena*, 84: 29-34.
- [19]. Sadeghi, S.M.M., Basiri, R. and Firoozbakht, A. (2013). An assessment of *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis* stands in south of Zagros forest. First National Conference of Access Solution to the Sustainable Development in Agriculture, Natural Resources, and Environment. Tehran, Iran, pp 6.
- [20]. Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E. and Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: A review. *Progress in Physical Geography*, 29: 189-217.
- [21]. Jiao, J., Zou, H., Jia Y., and Wang, N. (2009). Research progress on the effects of soil erosion on vegetation. *Acta Ecologica Sinica*, 29: 85-91.