پژوهش و فناوری محیط زیست،۱۴۰۱ ۷(۱۱)، ۱-۱۱

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بررسی رویش قطر و ارتفاع گونه‌های بید و توسکا در محل‌های تثبیت بیولوژیکی دیواره لغزشی جاده جنگلی، سری ۳ سوردار واتاشان، چمستان، مازندران

سید عطاالله حسینی*[۱]، خلیل محمدی‌فیروز[۲]

۱- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل،دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی دو گونه بومی توسکا (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) و بید (*Salix alba* L.) از نظر متغیرهای رویشی قطر یقه و ارتفاع تحت سه تیمار شامل کاشت نهال‌های دو گونه جنگلی توسکای قشلاقی و بید با مالچ‌های طبیعی کاه و کلش و خرده‌چوب و خاک بدون مالچ به عنوان تیمار شاهد (کنترل) استفاده شد. طرح آزمایشات بصورت کرت‌های خرد شده و در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی بود. منطقه مورد مطالعه قطعه ۵ سری ۳ طرح جنگلداری سوردار واتاشان، در حوزهٔ آبخیزداری ۴۹ جنگل‌های شمال کشور واقع در چمستان مازندران بود. نتایج نشان داد که روابط رگرسیونی بین قطر و ارتفاع در گونه توسکا وضعیت بهتری نسبت به گونه بید داشت. ضریب تعیین رابطه رگرسونی برای متغیر مستقل قطر یقه و متغیر وابسته ارتفاع در گونه توسکا ۰/۶۵ و در گونه بید ۰/۴۲ به‌دست آمد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس گونه‌های مذکور در قالب بلوک‌ها و تیمارها فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بودند. تیمار خرده چوب بهترین وضعیت را ایجاد کرد و پس از آن تیمار کاه و کلش و نهایتاً تیمار فضای خالی (بدون گونه) وضعیت نامناسب تری از سایر تیمارها داشته است. در مجموع گونه توسکا از گونه بید شرایط مطلوب‌تری را درخصوص تطبیق با شرایط زیست‌مهندسی اعمال‌شده مطالعه حاضر داشت.

کلید واژه‌ها: توسکا، بید، مالچ، تثبیت دیواره، روش زیست‌مهندسی

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: at.hosseini@ut.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute **Online ISSN: 3060-2676**

Investigation of Diameter and Height Growth of Willow and Alder in biologically stabilized areas of forest road landslide, Surdar-Watashan series 3 district, Chamestan, Mazandaran

Seyed Ata Ollah Hosseini[1*], Khalil Mohammadi Firooz[2]

1 - Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Department of natural resources, University of Tehran, Karaj

2- MSc Graduate, Department of Forestry and Forest Economics, Department of natural resources University of Tehran, Karaj

Abstract

The aim of this study was to evaluate the diameter and height growth of two native species of alder (Alnus glutinosa L. Gaertn.) and willow (Salix alba L.) planted in three treatments including natural mulches of straw, wood chips and bare soil without mulch (as control) treatments. The design of the experiments was in the form of split plots and in the form of completely random blocks located in Chamestan, Mazandaran. The results showed that the regression relationships between diameter and height in alder species were better than those of willow species completely randomly. The study area was in parcels 5 of series 3 district of Surdar -Watashan forestry plan in watershed 49 of forests in the north of the country. The regression coefficient for the independent variable of diameter and dependent variable of height was 0.65 in alder and 0.42 in willow. The results showed that the regression relationship between diameter and height in alder was better than willow species. According to the results of variance analysis, the blocks and treatments did not have a statistically significant difference. The wood chips treatment created the best situation, and after that, the straw treatment and finally the control treatment (bare soil) had a more unfavorable situation than the other treatments. Finally, alder had more favorable conditions for adaptation to the applied bioengineering conditions of the present study vs. willow.

Keywords: Alder, Willow, Mulch, Stabilization, Bioengineering method

* Corresponding author E-mail address: at.hosseini@ut.ac.ir

مقدمه

وجود جاده‌های جنگلی برای فعالیت‌های مختلف از جمله مدیریت منابع جنگلی، تفریح و تفرج، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مقابله با آتش‌سوزی ضروری است (Fedkiw, 1998)، ولی با احداث و استفاده از جاده‌های جنگلی به پوشش‌گیاهی مستقر در محدوده عملیات ساختمانی جاده آسیب فراوانی وارد شده و عرصه درمعرض فرسایش قرار می‌گیرد (Binkley, 1993). جاده‌سازی‌های غیراصولی با از بین بردن نظم طبیعت و فروپاشی چرخه حیات کوهستان و حجم زیاد خاکبرداری و خاکریزی، نابودی زیستگاه‌های جانوری و گیاهی، کاهش ارزش‌های زیباشناسی و آسیب‌دیدگی مناطق حساس را به دنبال دارد (مجنونیان و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از بزرگ‌ترین مشکلات ناشی از جاده‌سازی در جنگل ایجاد و افزایش اشکال مختلف فرسایش از قبیل فرسایش آبکندی و توده ای در اطراف جاده‌ها است. فرسایش خاک یکی از چالش‌های مهم در حفاظت بهینه از منابع آب و خاک است، افزایش میزان رسوب در آب رودخانه‌ها، بواسطه ایجاد گل آلودگی و تیرگی آب، خسارات جبران ناپذیری به اکوسیستم آب و زندگی موجودات آبزی وارد می‌سازد (Agassi, 1996). جلوگیری از فرسایش خاک هدف مهمی در مدیریت وحفاظت از منابع طبیعی به شمار می‌رود. اقدامات اساسی در جهت کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی جاده از مرحله طراحی آغاز می‌شود، از این‌رو در طراحی جاده‌های جنگلی نه تنها میزان هزینه‌ها بلکه مدیریت صحیح آب و خاک نیز باید منظور شود. از مرحله طراحی تا ساخت و بعد از ساخت در طول عمرجاده نیاز به راه‌کارهایی است تا آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از جاده‌های جنگلی در حداقل ممکن باقی بماند و مدیریت عرصه جنگلی از طریق آن‌ها به نحو مطلوب و با کمترین آسیب زیست‌محیطی اجرا شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱). شبکه جاده‌های جنگلی از اصلی‌ترین ارکان مدیریت جنگل است. در واقع جاده‌های جنگلی دروازه‌های ورود به جنگل هستند که بدون آنها، جنگلداری و مدیریت جنگل غیرقابل تصور است. از طرفی جاده‌سازی در جنگل به عنوان یکی از عوامل تخریب عرصه‌های منابع طبیعی به شمار می‌آید. دگرگونی سیمای دامنه‌های طبیعی و کاهش پوشش گیاهی ناشی از عملیات خاکبرداری و خاکریزی جاده در مناطق مرتفع و جنگل‌های کوهستانی، باعث اختلال در رفتار هیدرولیکی و مشخصات فیزیکی خاک، وقوع رواناب، هدررفت خاک و ایجاد برش‌ها و خاکریزی‌های مرتفع درحاشیه جاده‌های جنگلی، خواهد شد که پایداری و ثبات آن‌ها برای حفظ امنیت حمل و نقل و تداوم پرورش و مدیریت جنگل از اهمیت بالایی برخوردار است (Grace, 2002). زمانی که طراحی و احداث جاده‌ها به صورت علمی و اصولی صورت نپذیرد، به طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیرات منفی زیادی بر محیط‌زیست می‌گذارد. اهمیت این مسئله تا اندازه‌ای است که رعایت نکردن اصول زیست‌محیطی در بلندمدت حتی می‌تواند منجر به تخریب کامل یک حوزه آبخیز شود (Demir et al., 2007) علاوه بر ساخت نامناسب جاده‌ها، عدم حفاظت و نگهداری مناسب جاده‌ها نیز به نوبه خود منجر به تخریب خواهد بود، زیرا می‌تواند زمینه‌ساز مشکلات عمده از جمله فرسایش و تولید رسوب، انسداد رودخانه‌ها، کاهش کیفیت آب و غیره باشد. بررسی نتایج پژوهش‌های داخل و خارج کشور نشان می‌دهد که روش‌های مهار فرسایش و حفاظت خاک توسط روش‌های زیستی و غیرزیستی در شیب‌ها و شدت‌های بارندگی مختلف در هر دو مقیاس کرت و دامنه با استفاده از رگبارهای طبیعی و باران شبیه‌سازی شده، در اکثر موارد موجب کاهش میزان جرم رسوب، حجم رواناب، کمک به استقرار پوشش‌گیاهی و بهبود شرایط رشد گیاهان در مناطق آسیب‌دیده و دارای شرایط سخت شد. استفاده از اصلاح کننده‌های زیستی خاک (ژئوتکستایل‌ها و مالچ‌های طبیعی) به سبب عدم پیامدهای سوء زیست‌محیطی، قابلیت دسترس و نیز توجیه اقتصادی و مطمئناً عملکرد سریع برای مدیریت منابع آب و خاک توصیه شده است. (Albaladejo et al, 2000). لذا تثبیت و حفاظت دامنه‌ها با استفاده از مواد افزودنی و اصلاح کننده‌های زیستی، همانند مالچ‌های طبیعی در حفاظت از دامنه‌های خاک‌ریزی و خاک‌برداری جاده جنگلی شمال ایران، و همچنین معرفی و ارزیابی این روش‌ها به منظور دستیابی به بهترین روش، لازم و ضروری است. پژوهش‌های اندک صحرایی (مزرعه‌ای) با استفاده از رگبارهای طبیعی در زمینه نتایج کاربرد اصلاح کننده‌های زیستی خاک در محافظت دامنه‌های خاکبرداری و خاکریزی جاده جنگلی، به همراه عدم مقایسه و ارزیابی کارآیی آنها با دیگر روش‌های زیست‌مهندسی در گذشته، نشان‌دهنده اهمیت انجام مطالعه حاضر است.

احمدی مقدم (۱۳۹۲) به بررسی اثر مالچ بر میزان حفظ رطوبت خاک پرداخت، نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از مالچ موجب افزایش و حفظ رطوبت در خاک می‌شود به طوری که کاه و کلش گندم و سوپرجاذب سبب افزایش ۱/۱۷ و ۱/۱۵ برابری میزان رطوبت خاک شدند و میزان حفظ رطوبت خاک در این دو مالچ در دو حالت خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی در تمامی زمان‌ها نسبت به مالچ‌های دیگر بیشتر شد.

صادقی و همکاران (۱۳۹۳) درپژوهشی به بررسی تأثیر کاربرد کاه وکلش برنج با مقدار نیم کیلوگرم در هر مترمربع، بر مقدار رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران روی خاک لومی رسی شنی پرداختند. نتایج نشان داد که اثر تیمارها در دو شدت باران ۵۰ و۹۰میلی‌متر بر ساعت درکاهش حجم رواناب به ترتیب در حدود ۹۰ و ۹۶ درصد بود، و مقدار هدررفت خاک در هر دو شدت را کاملاً متوقف نمود. همهٔ اختلافات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ارزیابی شد.

غلامی و همکاران (۱۳۹۳) طی پژوهشی به بررسی اثر کاه وکلش برنج به عنوان یک تیمار حفاظتی در زمان شروع و ضریب رواناب در خاک‌های شنی- لومی مرتع‌های ییلاقی البرز در شمال ایران تحت شرایط آزمایشگاهی پرداخت. نتایج نشان داد که کاه وکلش می‌تواند تأثیر معنی‌داری با سطح اعتماد ۹۹ درصد در افزایش زمان شروع و کاهش ضریب رواناب داشته است. میزان افزایش زمان شروع رواناب در اثر تیمار حفاظتی کاه وکلش در شدت۹۰ میلی‌متر بر ساعت با مقدار۱۱۰/۱۰ درصد بیشترین مقدار بود. ضریب رواناب نیز پس از تیمار حفاظتی در شدت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت با مقدار۱۹/۳۶ درصد بیشترین کاهش را داشت. Yanosek و همکاران (۲۰۰۶) در یک تحقیق آزمایشگاهی در ایستگاه تحقیقاتی کوه‌های راکی در مسکو به بررسی عملکرد دو نوع مالچ خرده‌چوب با اندازه‌های متفاوت در کنترل فرسایش خاک با توجه به دو نوع بافت خاک، دو نوع شیب و سه نوع مقدار پوشش، پرداختند. نتایج نشان داد که اثرات مالچ خرده‌چوب در کاهش میزان رواناب و رسوب در مقایسه با خاک لخت دارای تفاوت معنی‌دار بوده ولی بین دو نوع مالچ خرده‌چوب، تفاوت معنی‌دار نبوده است. ضمنا در مقایسه با خاک لخت کاهش میزان رسوب به‌وسیله حداقل پوشش ۷۰ درصدی برای هر نوع خاک و شیب حاصل می‌شود. خرده‌چوب‌ها به اندازه کاه وکلش در خاک‌های ریزدانه و درشت دانه موثر هستند. در نتیجه مالچ خرده‌چوب حتی در مناطقی که ورود گونه‌های غیرجنگلی (بومی) نگران کننده است، ممکن است مواد مناسب‌تری برای کنترل فرسایش باشند. Adekalu و همکاران (۲۰۰۷) در جنوب غرب نیجریه، به بررسی اثر مالچ پاشی بر نفوذ رواناب سطحی و هدررفت خاک برای سه نوع خاک‌کشاورزی با مقادیر مختلفی از مالچ‌پاشی *Purpureum pennisetum* پرداختند و نتایج حاصل با شرایط استفاده از کاه برنج مقایسه شد. رواناب و هدر رفت خاک با مقادیر مالچ استفاده شده کاهش اما با زیاد شدن شیب افزایش یافت. DeOna و همکاران (۲۰۰۹) طی تحقیقی به ارزیابی اثرات کمپوست، لجن و مخلوط آن‌دو در کاهش میزان فرسایش و استقرار پوشش گیاهی درترانشه خاکریزی بزرگراه گادورشهر آلمریا جنوب اسپانیا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که کمپوست و یا لجن به تنهایی فرسایش خاک را به میزان ۳۵ درصد کاهش می‌دهد، در حالی که به کارگیری مخلوط کمپوست و لجن موجب کاهش فرسایش خاک به میزان ۶۳ تا بیش از ۹۰ درصد شد. Smets و همکاران (۲۰۱۱) در انگلستان اثرات ۴ نوع خاک‌پوش زیستی شامل خرما، خرمای برزیلی، بامبو و پوشال برنج با پوشش ۶۵-۴۱ درصد و ضخامت ۱۶-۷ میلی‌متر را در شدت بارش ۶۷ میلی‌متر برساعت شبیه‌سازی نمودند. سپس داده‌های کرت صحرایی را نیز در مورد اثرات همان خاک‌پوش بر فرسایش سطحی و شیاری در کشورهای انگلستان، مجارستان، لیتوانی، جنوب افریقا، برزیل و چین تحت بارش‌های طبیعی جمع‌آوری نمودند. براساس داده‌های کرت صحرایی مقادیر رواناب و هدررفت خاک به‌ترتیب ۴۶ و ۷۹ درصدکاهش داشتند. بین داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی، اختلاف معنی‌داری در عمق رواناب نسبی مشاهده نشد. Smets و همکاران (۲۰۱۱) داده‌ها از ۶۵ مطالعه آزمایشی و طی بررسی اثر پوشش سطحی توسط قطعات سنگی، مالچ آلی یا پوشش‌گیاهی بر رواناب یا هدررفت خاک، جمع‌آوری کردند. نتایج نشان داد که پوشش‌های سطحی از جمله قطعات سنگی، مالچ‌های آلی و پوشش‌گیاهی در کاهش رواناب و هدررفت خاک توسط فرسایش آبی موثرتر بودند. Bhattacharyya و همکاران (۲۰۱۱) در هیلتون انگلستان به بررسی اثر خاک‌پوش‌های زیستی در مهار فرسایش خاک تحت شرایط صحرایی روی خاک ماسه‌ای-لومی پرداختند. نتایج نشان داد، استفاده از نوارهای حفاظتی خرما روی خاک لخت با مساحت تحت پوشش تقریبا ۱۰ درصد، رواناب را تا ۷۱ درصد و فرسایش خاک را تا ۹۲ درصد کاهش داد. Li و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه نقش مالچ کاه وکلش بر مهار رواناب و فرسایش خاک در مقایسه با کرت‌های آزمایشی با و بدون پوشش گیاهی در ابعاد ۵ در ۱۵ متر و در خاک‌های تهیه شده از مناطق جنوبی چین نمودند. تحلیل نتایج حاصل از کاربرد لایسی‌متر برای تیمارهای مذکور دلالت بر تاثیر معنی دار مالچ کاه وکلش بر کاهش رواناب و رسوب داشته است. Foltz (۲۰۱۲) طی تحقیقی در مدت چهار سال به مقایسه سه نوع مالچ کنترل فرسایش (نی کشاورزی و دو نوع مالچ خرده‌چوب) در جاده‌های جنگلی رها شده کوه‌های راکی شمالی، ایالت متحده پرداخت. نتایج نشان داد که بلوک شاهد، بیشترین رسوب را تولید کرد، در حالی‌که رشته‌های چوبی کمترین رسوب را در اولین زمستان بحرانی پس از رها شدن جاده تولید کرد. مالچ خرده‌چوب جایگزین، به اندازه نی کشاورزی در کاهش تولید رسوب حاصل از طبقه‌های خاک بدون پوشش‌گیاهی (لخت) ناشی از جاده‌های جنگلی رها شده مؤثر بود. میزان اثر درصد پوشش مالچ روی خاک مهمتر از نوع مالچ است. Vega و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی کارایی استفاده از مالچ کاه و کلش-بذرپاشی (۲/۵ کیلوگرم در هکتار+۳ گرم در مترمربع)، بذرپاشی (۳ گرم در مترمربع) جهت کاهش فرسایش خاک پس از آتش‌سوزی و مقایسه آن با منطقه شاهد در اسپانیا پرداختند. در طی دوره مورد مطالعه (دوسال پس از آتش‌سوزی) فقط تیمار مخلوط مالچ کاه وکلش- بذرپاشی باعث کاهش معنی‌دار فرسایش خاک نسبت به خاک بدون تیمار شد. همچنین بیشترین مقدار فرسایش در سال اول پس از آتش‌سوزی مشاهده شد. استفاده ازکاه وکلش باعث بهبود استقرار پوشش‌گیاهی بومی شد و همچنین باعث بهبود استقرار بذرها نیز شد.

هدف از این تحقیق مقایسه دو گونه بومی توسکا و بید از نظر متغیرهای رویشی قطر یقه و ارتفاع در بلوک‌های تحت ارزیابی منطقه مورد مطالعه در سه نوع تیمار است.

مواد و روش‌ها

- **منطقه مورد مطالعه**

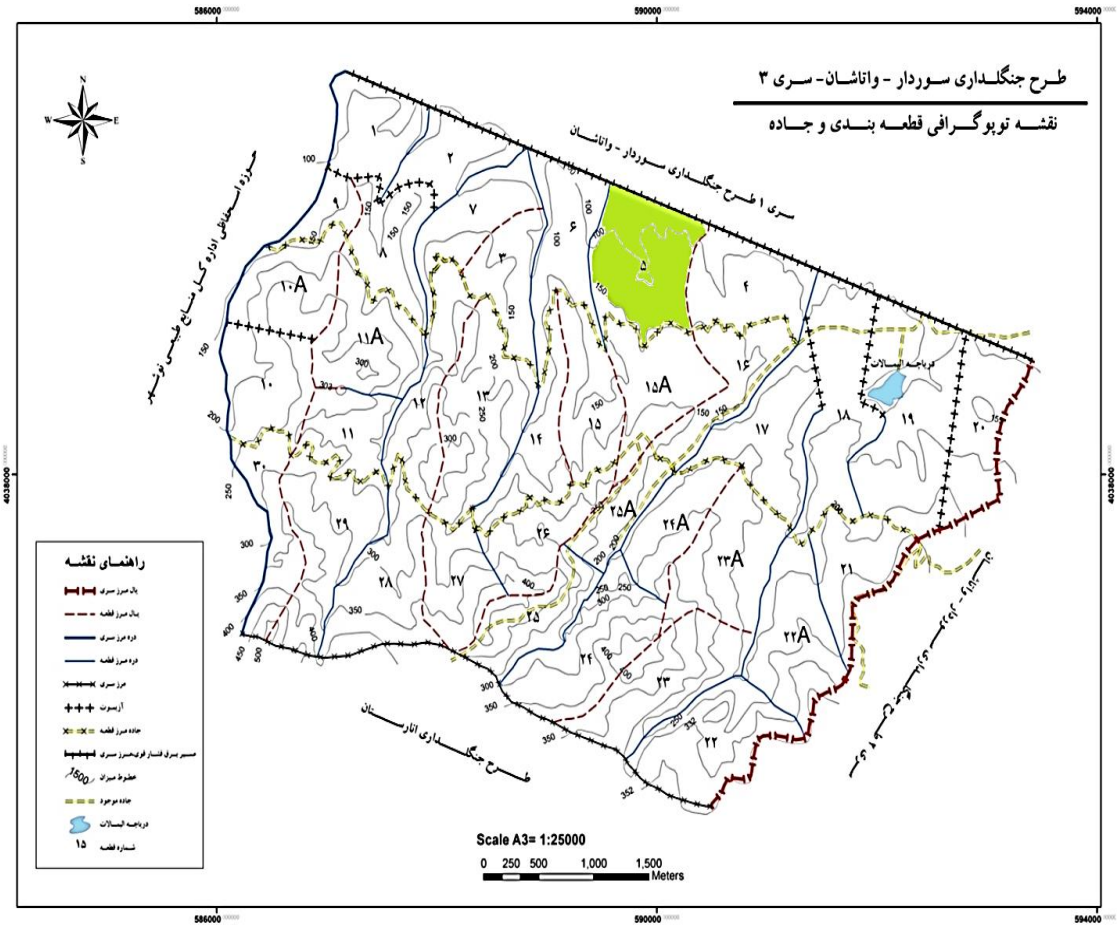
منطقهٔ مورد بررسی، قطعهٔ ۵ سری ۳ طرح جنگلداری سوردار واتاشان، در حوزهٔ آبخیزداری ۴۹ جنگلهای شمال کشور و ۱۵ کیلومتری جادهٔ نور به چمستان قرار دارد. مساحت کل این سری ۲۴۱۲ هکتار و مساحت کل قطعهٔ ۵ حدود ۸۳ هکتار است. شبکه جاده موجود به طول ۲۰ کیلومتر و از نوع جاده درجهٔ ۲و ۳ بوده که تماماً در بین سال‌های ۶۸- ۶۶ طراحی و ساخته شده‌اند. در شکل ۱ موقعیت منطقه نشان داده شده است.

- **روش پژوهش**

با مشاهده محل لغزشی در شیروانی خاکریزی جاده موجود در منطقه مورد مطالعه که علی‌رغم سپری شدن ۲۶ سال از زمان احداث، همچنان دارای لغزش و فرسایش سطحی ناشی از نفوذ آب و حجم زیاد رواناب است، حفاظت و تثبیت خاک این محل با استفاده از روش‌های زیست‌مهندسی به جای استفاده از روش‌های معمول پیش‌بینی شده در کتابچه طرح جنگلداری (احداث گابیون) انجام شد. بدین منظور، برای تثبیت دامنه لغزشی، حفاظت از خاک و اصلاح و بازسازی دامنهٔ شیب‌دار پس از آماده کردن بستر زمین، از سه تیمار شامل: الف) کاشت نهال‌های دو گونه جنگلی توسکای قشلاقی و بید با مالچ طبیعی کاه و کلش ب) کاشت نهال‌های دو گونه جنگلی توسکای قشلاقی و بید با مالچ طبیعی خرده‌چوب و ج) تیمار شاهد (کنترل) خاک بدون مالچ استفاده شد. طرح آزمایشات بصورت کرت‌های خرد شده و در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی است. مالچ کاه وکلش برنج و خرده‌چوب به‌دلیل وفور، قابلیت دسترسی آسان، هزینه اندک، قابلیت کاربرد در شرایط جنگل، حمل‌ونقل آسان، سابقه کاربرد گسترده در حفاظت از خاک و تثبیت‌بیولوژیکی و روش‌های زیست‌مهندسی قابلیت سازگاری خوب با شرایط منطقه، قابلیت جذب و تجزیه سریع (Foltz, 2012) اولین تیمار، مالچ کاه وکلش برنج است که از الیاف طویل بافته نشده و درهم ساقه برنج تهیه شده است، ضخامت آن حدود ۱۵ میلی‌متر (فشرده شده) و وزن آن ۷۰۰ گرم در هر مترمربع که ۱۰۰ درصد سطح خاک را می‌پوشاند. نوع دیگر مالچ خرده چوب (تراشه) حاصل از ضایعات کارخانه صنایع خرده‌چوب است. وزن خشک آن حدود ۲۸۰۰ گرم در هر مترمربع و ضخامت آن نیز حدود ۱۵ میلی‌متر که ۱۰۰ درصد سطح صاف و ۹۰ درصد سطح خاک را می‌پوشاند. با توجه به وقوع لغزش در سمت شیروانی خاکریزی جاده در منطقه مورد مطالعه و انجام عملیات تثبیت زیست مهندسی در سال ۱۳۹۲ با تقسیم آن به پلات‌های مختلف با استفاده از تیمارهای خرده چوب، کاه و کلش و بدون پوشش خاک در کف پلات‌ها به تعداد ۲۷ پلات (۲×۴ متر) و کاشت گونه‌های بید (*Salix alba*) و توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) بر اساس اصول علمی، تثبیت انجام شد. در پژوهش حاضر ارزیابی وضعیت، قطر و ارتفاع دو گونه توسکا و بید کاشته شده در هر یک از پلات‌ها مورد پایش و اندازه‌گیری قرار گرفت.

در مجموع تعداد ۱۰۸ پایه از گونه‌های توسکا و بید مورد بررسی قرار گرفت که در بلوک یک، ۱۵ پایه توسکا و ۷ پایه بید (مجموعا ۲۲ پایه)، در بلوک دو، ۲۴ پایه توسکا و ۱۴ پایه بید (مجموعا ۳۸ پایه) و در بلوک سه ۲۴ پایه توسکا و ۲۴ پایه بید (مجموعا ۴۸ پایه) کاشته شده بود.

برای تعیین نرمال بودن داده‌ها پس از ترسیم منحنی پراکنش از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و جهت مقایسه میانگین‌ها از روش آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون t با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای تعیین برخی از روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته از آزمون همبستگی و تحلیل رگرسیون استفاده شد.

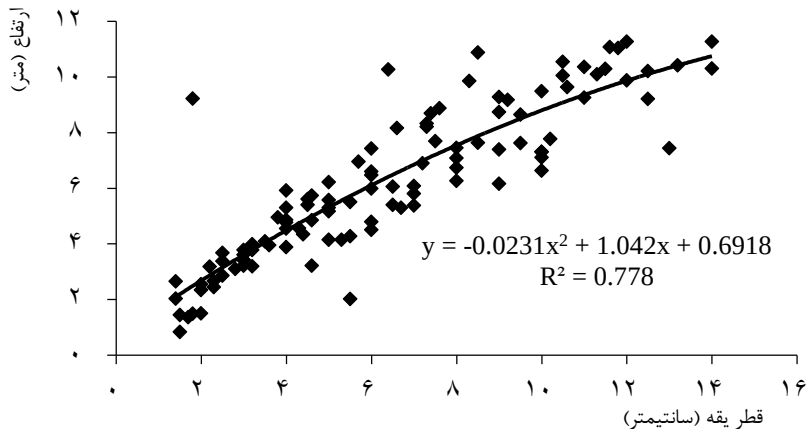


شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

نتایج

- **معادله رگرسیونی قطر یقه و ارتفاع کل درختان**

مطابق شکل ۲ که به‌ترتیب معادله و رابطه همبستگی قطر یقه (x) و ارتفاع (y) تعداد ۱۰۸ اصله درخت را نشان می‌دهد، مشخص است که با افزایش قطر یقه، ارتفاع درختان مورد مطالعه افزایش می‌یابد. براساس ضریب تعیین (R^2) این رابطه، ۷۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته ارتفاع به متغیر مستقل قطر یقه مربوط است.



شکل ۲- رابطه قطر یقه و ارتفاع کل درختان

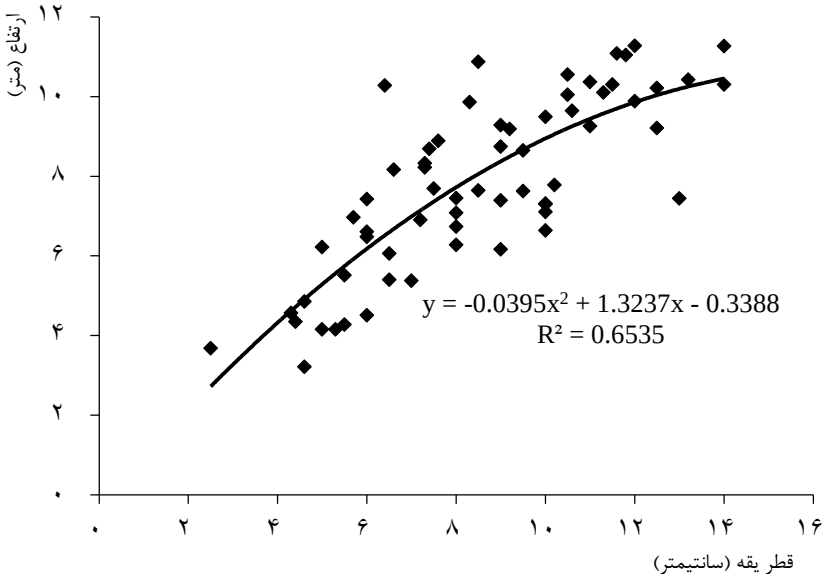
نتایج جدول تجزیه واریانس رابطه رگرسیونی قطر یقه و ارتفاع ۱۰۸ پایه درخت نشان می‌دهد که باتوجه‌به مقدار عددی معنی‌داری، ارتباط بین دو متغیر در سطح یک درصد ($P<۰/۰۱$) معنی دار است. ازاین‌رو فرض H_0 (تصادفی و غیرمعنی‌دار بودن ارتباط بین دو متغیر مستقل و وابسته) رد و فرض H_1 (معنی‌دار بودن رابطه بین متغیر مستقل و وابسته) پذیرفته می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس رابطه رگرسیونی قطر یقه و ارتفاع کل درختان

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رگرسیون	۶۲۳/۳۳۸	۱	۶۲۳/۳۳۸	۳۵۲/۹۶۴	۰/۰۰۰۱
خطا	۱۸۷/۱۹۷	۱۰۶	۱/۷۶۶		
کل	۶۱۷۱/۱۰۰	۱۰۷			

- **معادله رگرسیونی قطر یقه و ارتفاع توسکا**

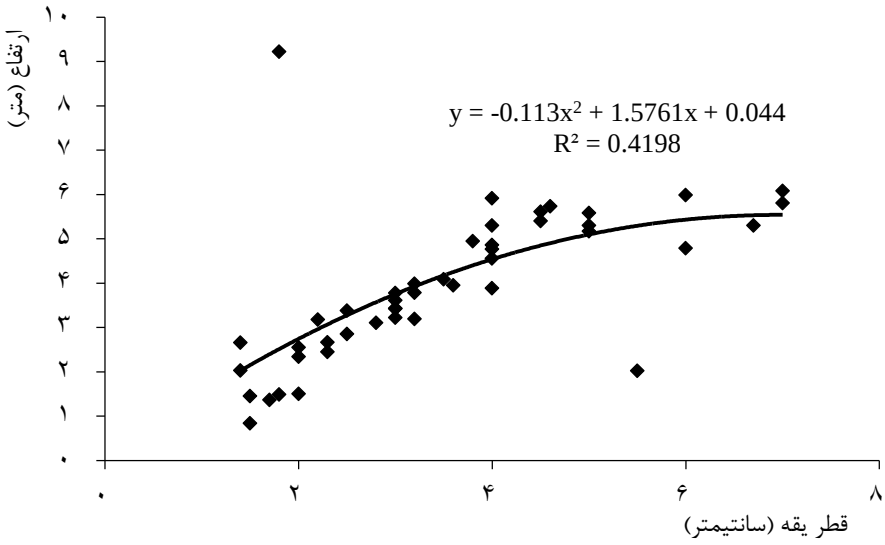
مطابق شکل ۳ که به‌ترتیب معادله و منحنی قطر یقه (x) و ارتفاع (y) تعداد ۶۳ اصله درخت توسکا را نشان می‌دهد، مشخص است که با افزایش قطر یقه، ارتفاع درختان مورد مطالعه افزایش می‌یابد. براساس ضریب تعیین R^2 این رابطه، ۶۵ درصد از تغییرات متغیر ارتفاع (متغیر وابسته) به قطر یقه (متغیر مستقل) مربوط است.



شکل ۳- رابطه قطر یقه و ارتفاع گونه توسکا

- **معادله رگرسیونی قطر یقه و ارتفاع درختان بید**

مطابق شکل ۴ که به‌ترتیب معادله و منحنی قطر یقه (x) و ارتفاع (y) تعداد ۴۵ اصله درختان بید را نشان می‌دهد، مشخص است که با افزایش قطر یقه، ارتفاع درختان مورد مطالعه افزایش می‌یابد. براساس ضریب تعیین (R^2) این رابطه، ۴۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته ارتفاع به متغیر مستقل قطر یقه مربوط است.



شکل ۴- رابطه قطر یقه و ارتفاع گونه بید

- **آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر قطر یقه درختان**

در جدول ۲ بر اساس آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر قطر یقه و براساس سطح معنی داری حاکی از آن است که در سه بلوک تفاوت قطر یقه گونه‌های درختی معنی‌دار نبوده و به عبارت دیگر قطر یقه گونه‌ها فاقد پراکنش قابل توجهی است.

جدول ۲- آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر قطر یقه درختان

شماره بلوک	تعداد	α=۰/۰۵
بلوک ۱	۲۲	۶/۳۶۰
بلوک ۲	۳۸	۶/۴۶۸
بلوک ۳	۴۸	۶/۵۰۸
سطح معنی داری		۰/۸۷۱

- **آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر ارتفاع درختان**

در جدول ۳ بر اساس آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر ارتفاع و بر اساس سطح معنی‌داری حاکی از آن است که در سه بلوک تفاوت قطر یقه گونه‌های درختی معنی‌دار نبوده و به عبارت دیگر ارتفاع گونه‌ها فاقد پراکنش قابل توجهی هستند.

جدول ۳- آزمون دانکن در رابطه با همگن بودن متغیر ارتفاع درختان

شماره بلوک	تعداد	α=۰/۰۵
بلوک ۱	۲۲	۶/۰۳۵
بلوک ۲	۳۸	۶/۱۷۱
بلوک ۳	۴۸	۶/۲۷۲
سطح معنی داری		۰/۷۴۹

- **نتایج مقایسه‌های چندگانه در بلوک‌ها**

نتایج مقایسه چند گانه براساس آزمون توکی در جدول ۴ نشان داده شده است. بلوک‌ها از نظر قطر یقه و ارتفاع با هم تفاوت معنی‌دار آماری قابل ملاحظه نداشته و از نظر پراکنش عددی قطر و ارتفاع به هم نزدیک می‌باشند.

جدول ۴- نتایج مقایسه‌های چند گانه در بلوک‌ها

متغیر وابسته	شماره بلوک	شماره بلوک	SE	R^2
قطر	بلوک ۱	بلوک ۲	۰/۹۱۴	۰/۹۹۲
		بلوک ۳	۰/۸۷۱	۰/۹۹۹
	بلوک ۲	بلوک ۱	۰/۹۱۳	۰/۹۹۲
		بلوک ۳	۰/۷۴۱	۰/۹۷۸
	بلوک ۳	بلوک ۱	۰/۸۷۸	۰/۹۹۹
		بلوک ۲	۰/۷۴۱	۰/۹۷۸
ارتفاع	بلوک ۱	بلوک ۲	۰/۷۴۴	۰/۹۸۲
		بلوک ۳	۰/۷۱۵	۰/۹۴۱
	بلوک ۲	بلوک ۱	۰/۷۴۴	۰/۹۸۲
		بلوک ۳	۰/۶۰۳	۰/۹۸۵
	بلوک ۳	بلوک ۱	۰/۷۱۵	۰/۹۴۱
		بلوک ۲	۰/۶۰۳	۰/۹۸۵

- **آزمون آنالیز واریانس قطر یقه و ارتفاع درختان در بلوک‌ها**

در جدول ۵ نتایج آزمون آنالیز واریانس قطر یقه و ارتفاع در بلوک‌ها نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای قطر یقه و ارتفاع مشاهده نشده است.

جدول ۵- نتایج آزمون آنالیز واریانس قطر یقه و ارتفاع درختان در بلوک‌ها

متغیرها		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
قطر یقه (سانتیمتر)	بین گروه‌ها	۰/۴۷۴	۲	۰/۲۳۷	۰/۰۲۰	۰/۹۸۰
	درون گروه‌ها	۱۲۲۱/۳۷۵	۱۰۵	۱۱/۶۳۲		
	کل	۱۲۲۱/۸۵۰	۱۰۷			
ارتفاع (متر)	بین گروه‌ها	۰/۸۶۲	۲	۰/۴۳۱	۰/۰۵۶	۰/۹۴۶
	درون گروه‌ها	۸۰۹/۶۷۴	۱۰۵	۷/۷۱۱		
	کل	۸۱۰/۵۳۵	۱۰۷			

بحث

ارزیابی عملکرد این مطالعه اثرات مالچ‌ها را برای حفاظت از دامنه شیب‌دار خاکریزی جاده جنگلی به اثبات رسانید. میزان قطریقه و ارتفاع نهال‌های توسکا در کلیه موارد بیشتر از بید بود (شکل ۲). نهال‌های کاشته شده در میزان لغزش و نشست خاک دارای عملکرد مثبتی بودند. نهال توسکا در دامنه‌های پرشیب و لغزشی در سال اول بعد کاشت دارای عملکرد رشد قطری و ارتفاعی بهتری نسبت به بید بود. نتایج کلی نیز نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای حفاظتی و کاشت نهال در کاهش حجم رواناب و جرم رسوب در مقایسه با تیمار شاهد (خاک لخت و بدون نهال) معنی‌دار و نقش موثرتری دارند (جدول ۴). در مقایسه کلی، تیمار خرده چوب و بید به دلیل ایجاد لایه محافظ و پوشش مناسب، بالاترین اثر را در کاهش حجم رواناب و جرم رسوب دارند. نتایج تحقیقات Smets و همکاران (۲۰۱۱) نیز گواه بر تاثیر مثبت پوشش‌های طبیعی در کنترل رواناب است. بنابراین به‌کارگیری کاه وکلش و خرده‌چوب همراه با کاشت نهال دارای عملکرد بهتر و موثرتری در حفاظت خاک و بازسازی دامنه خاکریزی جاده جنگلی دارد. به عبارت دیگر ترکیب کاه‌وکلش همراه با توسکا بهترین گزینه برای جلوگیری از جابه‌جایی عمودی و افقی خاک بود. نتایج پایش اثرات تیمارهای مطالعاتی نیز نشان داد که اگرچه عملکرد تیمارهای حفاظتی نسبت به سال اول تقلیل یافت ولی با استقرار، رشد و توسعه نهال‌های کاشته شده جبران شد. به عبارت دیگر اثرات متقابل

نهال‌کاری همراه با تیمار حفاظتی همانند سال اول، بهترین عملکرد را داشته است، در میان تیمارهای حفاظتی، خرده‌چوب و در میان تیمار نهال‌کاری توسکا نسبت به بقیه عملکرد بهتری داشتند (جدول ۴)، بالاترین عملکرد در کاهش جرم رسوب و تعدیل دما و رطوبت خاک مربوط به خرده‌چوب همراه با توسکا و در کاهش حجم رواناب و غلظت رسوب مربوط به کاه‌وکلش و توسکا بود. در نهایت عملکرد مالچ طبیعی کاه‌وکلش و خرده‌چوب بهتر از شاهد و در بین گونه‌های کاشته شده نیز توسکا عملکرد بهتری داشت. لذا استفاده همزمان از مالچ‌ها همراه با کاشت نهال در امر حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش، لغزش سطحی و نشست خاک، پیشنهاد می‌شود. به طوری که در فصل نتایج ملاحظه شد می‌توان الگوی نمودارهای رگرسیونی را برای منطقه مورد مطالعه چه در رابطه با قطر یقه و چه در رابطه با ارتفاع و نیز متغرهای مذکور را برای کل درختان نیز به عنوان یک الگوی اولیه پذیرفت و در سنین بالاتر نیز با قرار دادن متغیرهای مستقل در معادلات مربوطه متغیر وابسته مورد برسی را به‌دست آورد (شکل ۲، ۳ و ۴). اما با توجه به آزمون‌های مقایسه میانگین‌ها در بلوک‌های سه‌گانه در خصوص قطر یقه و ارتفاع به وضوح مشخص است که اختلاف معنی‌داری بین هیچ یک از متغیرها با توجه به لحاظ نمودن بلوک‌ها بدست نیامده است (جدول ۵). لذا تفاوت‌های اندکی مشهود است که آن نیز برای اولویت دهی درخصوص موارد مشابه قابل بررسی است. از جمله اینکه تیمار خرده چوب بهترین وضعیت را ایجاد کرد و پس از آن تیمار کاه و کلش و نهایتاً تیمار فضای خالی (بدون گونه) وضعیت نامناسب تری از سایر تیمارها داشته است. در مجموع گونه توسکا از گونه بید شرایط مطلوب‌تری را درخصوص تطبیق با شرایط زیست‌مهندسی اعمال‌شده مطالعه حاضر دارد. نتایج تحقیق مطابق نتایج احمدی مقدم (۱۳۹۲)، Adekalu و همکاران، ۲۰۰۷ و Li و همکاران (۲۰۱۱) بود.

منابع

احمدی مقدم، ز. ۱۳۹۲، اثر مالچ بر میزان حفظ رطوبت خاک، اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، ۵ ص.

صادقی، س.ح.ر.، شریفی مقدم، ا. و غلانی، ل.، ۱۳۹۳. اثر کاه و کلش برنج بر تولید رواناب سطحی و هدررفت خاک در کرت‌های کوچک. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، (۴)۳: ۸۳-۷۳.

غلامی، ل.، صادقی، س.ح.ر. و همایی، م. ۱۳۹۳، اثرکاه وکلش برنج بر زمان شروع و ضریب رواناب ناشی از باران، مجله پژوهش آب ایران، ۱۵(۸): ۴۰-۳۳.

مجنونیان، ب.، ۱۳۹۰. راهنمای طرح، اجرا و بهره برداری راه‌های جنگلی. نشریه شماره ۱۳۱ (تجدید نظر اول)، انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی، تهران، ایران، ۱۵۹ ص.

Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A., and Osunbitan, J.A., 2007. Grass Mulching Effect on Infiltration, Surface Runoff and Soil Loss of three Agricultural Soils in Nigeria. Bioresource Technology, 98: 912–917.

Agassi, M., 1996. Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. Marcel Dekker, New York. 414p.

Albaladejo Montoro, J., Alvarez Rogel, J., Querejeta, J., Díaz, E. and Castillo, V. 2000. Three hydro-seeding revegetation techniques for soil erosion control on anthropic steep slopes. Land Degrad, Dev, 11: 315–325.

Bhattacharyya, R., Fullen, M.A. and Booth, C.A., 2011. Using palm-mat geotextiles on an arable soil for water erosion control in the UK. Earth surface processes and landforms, 36(7):933-945.

Binkley, D. and Brown, T.C. 1993. Forest practices as nonpoint sources of pollution in North America, Water Res Bull, 29(5): 729–740.

De Ona J., F, Osorio. And P.A, Garcia. 2009. Assessing the effects of using compost–sludge mixtures to reduce erosion in road embankments. Journal of Hazardous Materials, 164: 1257–1265.

Demir, M. 2007. Impacts, management and functional planning criterion forest road network system in Turkey. Transportation research, part A, policy and practice. 41: 56-68 p.

Fedkiw, J., 1998. Managing multiple uses on national forests, 1905-1995: A 90-year learning experience and it isn't finished yet. Used forest service publication fs-628, 284 p.

Foltz, R.B. 2012. A comparison of three erosion control mulches on decommissioned forest road corridors in the northern Rocky Mountains, United States. J. Soil Water Conserv, 67(6): 536–544.

Grace, J.M., 2002. Control of sediment export from the forest road prism, ASAE Annu Meeting, 45: 1-6.

Li, X.H., Zhang, Z.Y., Yang, J., Zhang, G.H. and Wang, B. 2011. Effects of Bahia Grass Cover and Mulch on Runoff and Sediment Yield of Sloping Red Soil in Southern China. Pedosphere, 21(2): 238-243.

Smets, T., Poesen, J. and Bochet, E. 2011. Impact of Plot Length on the Effectiveness of Different Soil-Surface Covers in Reducing Runoff and Soil Loss by Water. 25 p.

Vega, J.A., Fernández, C. and Fonturbel, T., 2015: Comparing the effectiveness of seeding and mulching+ seeding in reducing soil erosion after a high severity fire in Galicia (NW Spain). Ecological Engineering, 74: 206-212.
Yanosek, K.A., Foltz, R.B., Dooley, J.H., 2006. Performance assessment of wood strand erosion control materials among varying slopes, soil textures, and cover amounts. Journal of Soil and Water Conservation, 61(2): 45–51.

*