

واژه‌های کلیدی: بیوپلیمر زیست‌تخریب‌پذیر، تثبیت گرد و غبار، تونل باد، کنترل بیابان‌زایی، مالچ‌پاشی

مقدمه

بیابان‌زایی یکی از اساسی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی حال حاضر است که به خصوص بر زندگی مردم در مناطق خشک و نیمه‌خشک اثرات منفی بسیاری دارد. فرسایش بادی در این مناطق سبب پراکندگی گرد و غبار در هوا می‌شود. بر اساس آنچه‌که در تحقیقات یوسفی و نژادکورکی [۲۴] آمده است، گرد و غبار ناشی از فرسایش می‌تواند باعث افزایش بیماری‌های قلبی، تنفسی و انواع سرطان‌ها شود و علاوه بر کاهش سطح کیفی زندگی، هزینه‌های جانبی بسیاری نیز به دنبال دارد.

این پدیده هم‌چنین بر ابعاد اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی زندگی انسان‌ها اثرگذار است. از جمله این اثرات که در پژوهش‌های السند [۲] و جلیوند و همکاران [۹] آمده است، می‌توان به آلودگی هوا و آب رودخانه‌ها، کاهش حاصل‌خیزی و قدرت خاک در نگه داشتن ریشه گیاهان اشاره کرد. به‌علاوه مطابق آنچه در پژوهش ابطحی [۱] آمده است، این پدیده سبب خسارات بسیاری به محصولات کشاورزی، ساختمان‌ها و تأسیسات می‌شود. استان اصفهان از جمله استان‌هایی است که به شدت در معرض آلودگی ناشی از فرسایش بادی و گرد و غبار قرار دارد. بر اساس پژوهش شاهنوشی و جلالیان [۲۰] بحرانی‌ترین کانون‌های فرسایش در استان، دشت سجزی و تالاب گاوخونی هستند که به دلیل خشک‌سالی‌های پیاپی در سال‌های اخیر، به شدت در معرض فرسایش قرار گرفته‌اند. دشت سجزی به لحاظ گستردگی، شدت فرآیند بیابان‌زایی و نزدیکی به مناطق شهری، مراکز مهم اقتصادی، تأسیسات نظامی، حمل و نقل و صنایع و کارگاه‌ها، شرایط بحرانی‌تری دارد. رقم خسارت‌های بسیاری که به این مراکز وارد می‌شود، با توجه به نرخ تورم در دی ماه سال ۱۳۹۹، حدوداً ۱۸۶۰۰ میلیارد ریال در سال برآورد شده است [۱۴ و ۱۹].

تاکنون روش‌های بسیاری برای کنترل فرسایش بادی خاک مورد استفاده گرفته‌اند که مالچ نفتی از پرکاربردترین آن‌هاست. مالچ نفتی ماده‌ای تیره‌رنگ است که استفاده از آن سبب افزایش ضریب حرارتی سطح خاک و گرم‌تر شدن آن می‌گردد. این موضوع شرایط را برای رشد و زندگی گیاهان نامساعد می‌سازد [۹ و ۱۷]. از آن‌جاکه مالچ نفتی نسبت به آب نفوذناپذیر است، مانع از نفوذ

بررسی آزمایشگاهی تأثیر بیوپلیمر زانتان در کاهش فرسایش بادی خاک با استفاده از تونل باد (مطالعه موردی: دشت سجزی)

کیانا ملک‌احمدی^۱، محمود هاشمی^۲، علی دهنوی^۳ و فرزاد حیدری^{۴*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷

DOR:20.1001.1.26454777.1400.9.35.3.0

چکیده

هدف این پژوهش بررسی امکان و روش استفاده از بیوپلیمر زانتان در کنترل یا کاهش فرسایش بادی خاک، به‌عنوان جایگزینی برای مالچ نفتی است. زانتان یک بیوپلیمر زیست‌تخریب‌پذیر، از جنس پلی‌ساکارید است که توسط باکتری‌ها تولید شده و به‌عنوان پایدارکننده استفاده می‌شود. توانایی غلظت‌های مختلف زانتان، در کاهش فرسایش، در سرعت‌های هفت تا ۱۵ متر بر ثانیه بررسی گردید. بدین‌منظور مخلوط همگن این بیوپلیمر در آب، بر نمونه‌های خاک برداشت شده از تپه‌های ماسه‌ای دشت سجزی اصفهان، پاشیده شد و مقاومت نمونه‌ها در مقابل فرسایش بادی، پس از خشک شدن، با تونل باد آزمایش شد. نتایج نشان داد که در اثر مالچ‌پاشی با بیوپلیمر زانتان پوسته‌ی مقاومی در سطح نمونه تشکیل می‌گردد، به‌طوری که مقدار دو گرم بر مترمربع از این بیوپلیمر فرسایش را تا ۹۸ درصد، نسبت به فرسایش نمونه شاهد (تیمار نشده) کاهش می‌دهد. استفاده از زانتان نیازی به دستگاه‌های پیشرفته نداشته و به‌صورت سرد هم قابل پاشیدن است. هزینه هر هکتار مالچ‌پاشی با مالچ نفتی نسبت به بیوپلیمر زانتان، در سال ۱۳۹۹، حدود ۱۳ برابر بیش‌تر برآورد شده است. این بیوپلیمر هم‌چنین مطابق استانداردهای محیط زیست برای استفاده در خاک، بی‌خطر است.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۳- استادیار، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۴- مربی پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران و نویسنده مسئول

Email: f.heidari@areeo.ac.ir

آب باران به خاک می‌گردد. بدین ترتیب آب باران در گودال‌ها و نقاط پست جمع شده، تبخیر می‌گردد و اثر مثبتی بر محیط اطراف ندارد. این موضوع هم‌چنین مانع از رسیدن آب به ریشه‌ی گیاهان می‌شود. علاوه بر این، استفاده از مالچ نفتی هزینه‌ی زیادی دارد، چرا که استفاده از آن نیازمند دستگاه‌های پیشرفته مانند دستگاه اسکی، بولدوزر و تانکرهای مخصوص (با شعله) است که این موضوع خطر آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد. اگرچه این ماده در کاهش فرسایش بادی خاک مؤثر است، اما با توجه به اثرات مخربی که بر محیط زیست دارد و هم‌چنین هزینه‌های مالچ‌پاشی با آن، امروزه بسیار کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا یافتن موادی جایگزین مالچ نفتی ضروری است [۹ و ۱۷].

بیوپلیمرها از جمله موادی هستند که می‌توانند جایگزین مناسبی برای مالچ نفتی باشند. این نوع از پلیمرها که از منابع طبیعی تولید می‌شوند، یا در اثر سنتز شیمیایی مواد بیولوژیکی ساخته و یا به‌طور کامل توسط جانوران ذره‌بینی^۱ بیوسنتز می‌شوند [۲۲].

بنا بر پژوهش‌های جنگ [۱۰] و کاوازانجیان و همکاران [۱۱] استفاده از بیوپلیمرها می‌تواند جایگزین مناسبی برای ژئوسنتتیک‌ها (مصنوعاتی که اغلب از پلیمرها تهیه شده و در فعالیت‌های عمرانی و بهسازی زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند)، آبیاری و پایدارکننده‌های شیمیایی باشند. زیرا روش‌های قبلی محدودیت‌هایی دارد. استفاده از ژئوسنتتیک‌ها گران و پرهزینه است، آبیاری باید مرتباً انجام شود که این کار به‌خصوص در مناطق خشک و بی‌آب و علف امکان‌پذیر نیست [۱۱] و نهایتاً پایدارکننده‌های شیمیایی ممکن است عوارض زیست‌محیطی بدی به دنبال داشته باشند [۱۰ و ۱۱].

بیوپلیمرها موادی سازگار با محیط زیست هستند. این مواد زیست‌تخریب‌پذیر بوده و سبب افزایش مقاومت خاک می‌گردد. هر یک از بیوپلیمرها مزایای خاص خود را دارند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به افزایش چسبندگی، زاویه اصطکاک و در نتیجه مقاومت برشی خاک و کاهش فرسایش بادی آن اشاره کرد [۱۰].

چسب زانتان (زانتان گام)^۲ با فرمول شیمیایی $(C_{35}H_{49}O_{29})_n$ از بیوپلیمرهایی است که در زمینه کنترل فرسایش خاک استفاده شده است. زانتان یک بیوپلیمر زیست‌تخریب‌پذیر، از جنس پلی‌ساکارید است که توسط باکتری‌ها تولید می‌شود و نقش منعقدکننده و پایدارکننده دارد [۱۵]. زانتان در صنایع غذایی و دارویی نیز کاربرد دارد. این ماده محلول در آب بوده و در حدود وسیعی از دما، اسیدیته و غلظت نمک قابل استفاده است. استفاده از این بیوپلیمر سبب کاهش برگشت‌پذیر ویسکوزیته برشی می‌شود که مخلوط کردن و استفاده از آن را برای هدف کنترل فرسایش ساده می‌کند [۹ و ۱۵]. کاوازانجیان و همکاران [۱۱] در ایالت آریزونا، آمریکا، تأثیر چسب‌های زانتان و کیتوسان در کاهش فرسایش بادی خاک‌های سیلتی و ماسه‌ای را بررسی کرده و نشان دادند که نمونه‌های تیمار

شده با زانتان در سرعت ۷ متر بر ثانیه، حدود ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ درصد فرسایش داشته است در حالی که نمونه‌ی تیمار شده با کیتوسان در این سرعت در حدود ۰/۳۵ درصد فرسایش نشان داد. که این موضوع برتری زانتان نسبت به کیتوسان را، در کنترل فرسایش بادی خاک، نشان می‌دهد. این در حالی است که نمونه‌های شاهد خشک در همین سرعت حدود ۳۲ تا ۶۵ درصد فرسایش داشتند. نمونه‌های تیمار شده با ۰/۲ گرم بر مترمربع از زانتان به مدت یک تا دو هفته در مقابل بادمای بیشینه ۳۸ درجه سلسیوس و نور خورشید در تابستان قرار گرفتند. آزمایش‌های تونل باد انجام گرفته بر این نمونه‌ها نشان داد که مقدار خاک از دست رفته پس از یک هفته در حدود ۰/۲۵ درصد و پس از دو هفته در حدود ۰/۱۷ درصد می‌باشد [۱۱].

تحقیقات آیلدین و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۶ بر عملکرد چهار بیوپلیمر گوار، زانتان، کاراگینان و نشاسته‌ی اصلاح شده (با غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد و سرعت ۴۱/۶۷ متر بر ثانیه) بر روی فرسایش بادی خاک نیز نشان داد که استفاده از این بیوپلیمرها، سبب کاهش فرسایش بادی می‌گردد. دینگ و همکاران [۶] در سال ۲۰۱۸ تأثیر بیوپلیمرهای زانتان و گوار بر فرسایش بادی خاک را بررسی نمودند. مقدار ماده مصرفی زانتان و گوار در چهار سطح ۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ درصد وزنی و سرعت باد در این آزمایش‌ها ۲۰ متر بر ثانیه بود. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نیز بیانگر کاهش مقدار خاک فرسایش یافته و افزایش زمان ماندگاری سله می‌باشد. افزایش غلظت بیوپلیمر سبب کاهش مقدار خاک فرسایش یافته می‌شود اما ظرفیت نگهداشت آب تنها در اثر استفاده از بیوپلیمر افزایش می‌یابد و تحت تأثیر مقدار آن‌ها نیست [۶].

لی و همکاران [۱۳] به بررسی تغییرات پارامترهای ژئوتکنیکی خاک ماسه‌ای در اثر استفاده از بیوپلیمر زانتان پرداختند. در این تحقیق بیوپلیمرها در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی مورد استفاده قرار گرفتند. ویژگی‌های نمونه‌های تیمار شده تحت آزمایش مقاومت برشی سه محوری بررسی شدند. نتایج نشان داد که مقاومت برشی نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بیش‌تر است که علت آن، افزایش چسبندگی و زاویه اصطکاک خاک می‌باشد [۱۳]. هر چه چسبندگی بین ذرات بیش‌تر باشد، فرسایش بادی خاک کم‌تر است [۱۸]. لذا نتایج این تحقیقات نیز حاکی از آن است که بیوپلیمر زانتان سبب کاهش فرسایش بادی خاک می‌شود.

به‌علاوه، پاشیدن محلول این بیوپلیمر بر سطح خاک، روش خاص و پیچیده‌ای نداشته و با یک سمپاش ساده به راحتی بر روی سطح پاشیده می‌شود. با توجه به آن‌چه که درباره‌ی اثرات چشم‌گیر بیوپلیمر زانتان در کاهش فرسایش گفته شد و هم‌چنین با در نظر گرفتن این‌که این ماده زیست‌تخریب‌پذیر بوده و آلودگی زیست‌محیطی ایجاد نمی‌کند [۵]، این بیوپلیمر به‌عنوان مالچ مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شد. و با توجه به این‌که در تحقیقات پیشین، سرعت باد در آزمایش‌ها ثابت بوده است، در این پژوهش عملکرد زانتان در سرعت‌های مختلف (با توجه به توان تونل باد) بررسی شده و هدف

1. Microorganism
2. Xanthan Gum

جدول ۱: فراوانی تجمعی بادهای در سرعت‌های مختلف بر حسب (متر بر ثانیه) برای سال ۱۳۹۷

سرعت باد	≤۶	≤۸	≤۱۰	≤۱۲	≤۱۴	≤۱۶	≤۱۸
فراوانی تجمعی (درصد)	۹۴	۹۷/۵	۹۸/۹	۹۹/۲	۹۹/۳	۹۹/۸	۹۹/۹

روش آنالیز ترکیب بیوپلیمر و خاک

اگرچه با توجه به قلیایی بودن خاک منطقه نیازی به بررسی مقدار فلزات سنگین موجود در خاک منطقه و بیوپلیمرهای مصرفی نیست (چرا که در pH های قلیایی فلزات سنگین هیدرولیز شده و رسوب می‌کنند) [۲۱]، اما برای استفاده از این بیوپلیمرها باید نتایج آنالیز خاک و بیوپلیمرها با استاندارد کیفی منابع خاک سازمان محیط زیست مقایسه گردد.

برای آنالیز درصد ترکیبات موجود در بیوپلیمر زانتان، آزمون XRF بر روی این بیوپلیمر انجام گرفت. هم‌چنین با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در استاندارد آلودگی منابع خاک [۱۶] در ارتباط با حدود مواد قابل افزودن به آن، این آزمون بر نمونه‌ای از خاک محل نیز انجام شد تا فلزات سنگین موجود در خاک و مقادیر آن‌ها مشخص شود.

بر اساس استاندارد سازمان محیط زیست، در صورتی امکان افزودن مواد ثانویه به خاک وجود دارد که مقدار آلاینده‌های خاک از جمله فلزات سنگین در خاک محل از مقادیر مجاز استاندارد کم‌تر باشد [۱۶]. نتایج آزمایش XRF فلزات سنگین موجود در خاک منطقه و بیوپلیمر زانتان در جدول ۲ آمده است. مطابق این جدول سرب، آرسنیک، جیوه و کادمیوم فلزات سنگین موجود در بیوپلیمر زانتان هستند.

جدول ۲: غلظت فلزات سنگین موجود در خاک منطقه و

بیوپلیمر زانتان

ماده	غلظت (ppm)
اکسید مس	۳۹۰
اکسید روی	۱۵۰
آرسنیک	< ۲
سرب	< ۲
کادمیوم	< ۱
جیوه	< ۱

بر اساس جداول موجود در صفحات ۲۸ تا ۳۲ استاندارد منابع خاک [۱۶] کم‌ترین مقدار مجاز (در کاربری‌های مختلف) برای آرسنیک، سرب، کادمیوم و جیوه موجود در موادی که به خاک تخلیه می‌شود، به‌ترتیب برابر ۳۷، ۳۰۰، ۳۴ و ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقادیر موجود در بیوپلیمر به مراتب از مقادیر استاندارد کم‌تر است. لذا بر طبق

از این آزمایش‌ها، یافتن کم‌ترین مقدار ماده مؤثر با بیش‌ترین تأثیر بوده است. لذا در پژوهش حاضر سرعت باد و مقدار ماده مصرفی هر دو متغیر در نظر گرفته شده و در تعداد سطح بیش‌تری بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

منطقه‌ی مطالعاتی، جهت برداشت نمونه خاک، در ایستگاه بیابان‌زدایی شرق اصفهان (دشت سجزی) در محدوده $52^{\circ}14'09''$ تا $51^{\circ}49'16''$ طول شرقی و $32^{\circ}43'52''$ تا $32^{\circ}28'21''$ عرض شمالی قرار دارد. مرتفع‌ترین نقطه‌ی این منطقه، با ارتفاع ۲۱۲۰ متر، در شمال شرقی آن و پست‌ترین نقطه در جنوب غربی منطقه، با ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد واقع است. دشت سجزی گستردگی بسیار زیادی داشته و به شدت در معرض فرسایش بادی و فرآیند بیابان‌زایی است و به این جهت یکی از بحرانی‌ترین قانون‌های استان است. حفاظت و کنترل فرسایش بادی در این دشت از اولویت‌های مطالعاتی و اجرایی استان است [۱۲ و ۱۹].

بیش‌تر سطح منطقه مورد بررسی توسط تپه‌ها و پهنه‌های ماسه بادی با ارتفاعی تا چهار متر پوشیده شده که این ارتفاع در نقاط مختلف متغیر است. بخش عمده‌ای از نهشته‌های بادی منطقه را نهشته‌های تبخیری شامل گچ، نمک و آهک تشکیل می‌دهد. به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه، آب موجود از طریق نیروی موینگی به سطح زمین منتقل می‌شود. آب‌های منتقل شده، به شدت شور بوده و تحت اثر باد و حرارت تبخیر شده و کانی‌های تبخیری مانند ریپس و کلسیت در محل تشکیل می‌شوند. به‌طورکلی خاک‌های دشت سجزی دارای درصد بالایی کانی‌های تبخیری و ذرات ریزدانه حساس به فرسایش بادی است. در بین کانی‌های تبخیری، گچ بیش‌ترین حساسیت به فرسایش بادی را دارد [۳]. جدول ۱ بر اساس داده‌های دریافت شده از اداره هواشناسی کل کشور، فراوانی تجمعی بادهای منطقه‌ی مورد مطالعه در سرعت‌های مختلف را نشان می‌دهد [۷]. بر اساس این اطلاعات، حدود ۶ درصد بادهای منطقه دارای سرعتی بالاتر از شش متر بر ثانیه است.

روش برداشت نمونه‌ی خاک

نمونه‌ها از لایه‌ی سطحی تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه برداشت شد. این تپه‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که خالی از هرگونه پوشش گیاهی و لذا بسیار فرسایش‌پذیر باشند. به این منظور، برداشت نمونه از لایه سطحی تپه‌ها (حداکثر تا عمق پنج سانتی‌متری) که بیش‌تر در معرض فرسایش بادی قرار گیرد، انجام شد [۲۳].

استاندارد امکان استفاده از این مواد در خاک منطقه‌ی سجری وجود دارد. اما با توجه به این‌که تمامی آزمایش‌های انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی بوده‌اند، برای بررسی‌های بیش‌تر لازم است که این مسأله در مقیاس پایلوت بررسی گردد.

آماده‌سازی مالچ و نمونه‌ها

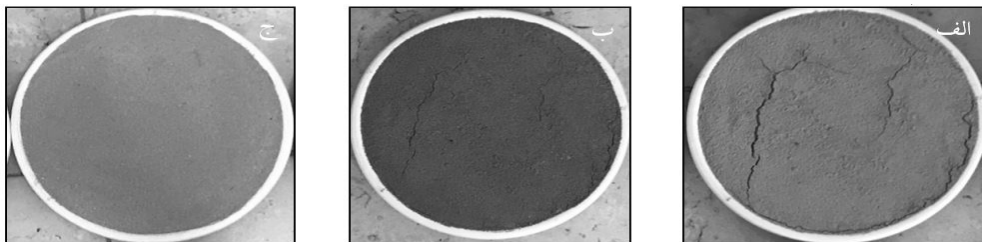
برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا بشقاب‌هایی به قطر ۲۳ سانتی‌متر به‌طور کامل با خاک پر شد و سپس سطح آن به گونه‌ای تسطیح گردید که علاوه بر نبودن پستی و بلندی و صاف بودن آن، سطح خاک به‌طور کامل تا لبه‌ی بشقاب بالا می‌آمد. اندازه بشقاب متناسب با ابعاد تونل و به گونه‌ای بود که مقطع عرضی تونل را پوشش دهد. برای آماده کردن مالچ با توجه به غلظت مدنظر، مقدار بیوپلیمر مورد نیاز (که به شکل پودر موجود است) توزین و به حجم مشخصی آب اضافه و به‌طور کامل مخلوط شد. به‌طور مثال برای پخش مقدار ۰/۲ گرم بر مترمربع ماده مؤثر (بیوپلیمر)، ابتدا مخلوطی همگن با غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر تهیه شد. با توجه به سطح بشقاب (۰/۴۱۵ مترمربع) و لزوم پخش ۰/۲ گرم بر مترمربع ماده مؤثر، فقط ۱۶ میلی‌لیتر از آن به‌عنوان مالچ به‌طور یکنواخت در سطح بشقاب پاشیده شد. سپس نمونه‌ها به‌طور کامل در هوا خشک شدند و پس از خشک شدن به مدت ۱۰ دقیقه (مشابه تحقیق کاوازانجیان و همکاران [۱۱]) درون تونل باد قرار گرفتند. نمونه‌های شاهد نیز به همین ترتیب ولی بدون بیوپلیمر آماده شد. تمامی نمونه‌ها قبل و بعد از قرار گرفتن در تونل باد توزین شدند (شامل وزن ظرف، وزن خاک موجود در آن به‌علاوه وزن بیوپلیمر در نمونه‌های تیمار شده). برای هر سرعت و غلظت مشخص سه نمونه مشابه آماده شد تا هر آزمایش در سه تکرار انجام گیرد. (شکل ۱، نمونه را در مراحل

روش برنامه‌ریزی آزمایش‌ها و معرفی تونل باد

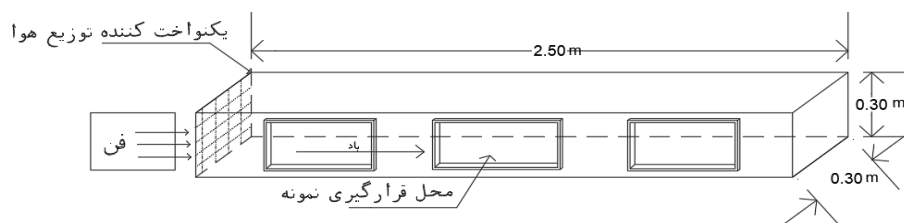
در این پژوهش سرعت باد (متر بر ثانیه)، مقدار ماده مؤثر (مقدار ماده مصرفی بر حسب گرم در مترمربع) و در نتیجه، غلظت مخلوط همگن (گرم بر لیتر) به‌عنوان پارامترهای متغیر و سطح خاک تحت فرسایش، حجم مخلوط همگن بیوپلیمر (حجم مالچ مورد استفاده) و زمان قرارگیری در تونل باد به‌عنوان پارامترهای ثابت در نظر گرفته شدند. کم‌ترین سرعت باد در آزمایش‌ها، سرعت آستانه فرسایش بود. کم‌ترین مقدار بیوپلیمر مصرفی (کم‌ترین غلظت) در این پژوهش، بر اساس کم‌ترین مقدار بیوپلیمر استفاده شده در تحقیقات پیشین، معادل ۰/۲ گرم بر مترمربع (مربوط به تحقیق کاوازانجیان و همکاران [۱۱]) انتخاب شد و تا ۲/۰ گرم بر مترمربع افزایش یافت. در شکل ۲ مشخصات تونل باد مورد استفاده در این پژوهش ارایه شده است. تونل باد به گونه‌ای طراحی شده است که سرعت در آن معادل سرعت در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین است. برای اندازه‌گیری سرعت آستانه فرسایش، پس از قرار دادن نمونه در تونل باد، سرعت به تدریج افزایش داده می‌شود تا جایی که اولین ذره خاک شروع به حرکت کند. سرعتی که حرکت ذرات در آن آغاز می‌شود، سرعت آستانه فرسایش است.

روش انجام آزمایش‌ها در تونل باد

نمونه‌ها مطابق روش گفته شده آماده شد، وزن آن‌ها پیش از قرار گرفتن در تونل باد ثبت شد و سپس بر اساس برنامه‌ریزی اولیه در تونل باد قرار گرفت. پس از ۱۰ دقیقه قرار گرفتن در تونل باد، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند. مقدار فرسایش نمونه‌ها با محاسبه‌ی



شکل ۱: الف) نمونه خاک تسطیح شده پیش از مالچ‌پاشی، ب) نمونه خاک پس از مالچ‌پاشی با زانتان، ج) نمونه خاک پس از خشک شدن



شکل ۲: شماتیک تونل باد

ذرات کوچک‌تر از این مقدار به روش هیدرومتری انجام گرفت.

تحلیل‌های آماری

تحلیل‌های آماری با استفاده از روش آنالیز واریانس دوطرفه برای تحلیل داده‌های تونل باد در محیط SPSS (نسخه‌ی ۲۲) انجام شد. نتایج حاصل از این تحلیل و جدول خروجی آن در قسمت نتایج آمده است.

نتایج

تأثیر بیوپلیمر زانتان بر فرسایش بادی

آزمایش‌های تونل باد انجام شده نشان می‌دهد که سرعت آستانه فرسایش خاک شاهد معادل ۷ متر بر ثانیه است. لذا آزمایش‌ها با همین سرعت آغاز شدند. جدول ۳ نسبت متوسط فرسایش نمونه‌های تیمار شده با زانتان به متوسط فرسایش نمونه‌های شاهد را با هدف مقایسه این مقادیر و نشان دادن تأثیر زانتان بر فرسایش نشان می‌دهد.

بر اساس جدول ۳، میانگین فرسایش برای نمونه‌ی تیمار شده با مقدار ۲ گرم بر مترمربع از زانتان در ۱۵ متر بر ثانیه (بالا‌ترین سرعت آزمایش شده) به ۰/۰۴۸ درصد فرسایش نمونه شاهد کاهش یافت که کم‌ترین مقدار فرسایش در این سرعت است. بنابراین مقدار ۲ گرم بر مترمربع به‌عنوان مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان انتخاب شد. این جدول هم‌چنین نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار فرسایش در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد در سرعت هفت متر بر ثانیه، برابر ۱/۰۳۶ درصد می‌باشد. این موضوع اثر قابل توجه بیوپلیمر زانتان را حتی در کم‌ترین مقدار استفاده شده (۰/۲ گرم در مترمربع) در کنترل فرسایش بادی خاک نشان می‌دهد.

اختلاف وزن هر نمونه، قبل و بعد از انجام آزمایش تونل باد بدست آمد. در صورت وجود فرسایش، غلظت بیوپلیمر افزایش داده می‌شد و در صورتی که مقدار فرسایش اندازه‌گیری شده در حد چند صدم گرم بود (با توجه به دقت ترازوی مورد استفاده ۰/۰۱ گرم)، سرعت باد افزایش داده می‌شد و مقدار فرسایش اندازه‌گیری و ثبت می‌گردید. بیش‌ترین سرعت باد در آزمایش‌ها برابر ۱۵ متر بر ثانیه و معادل حداکثر توان تونل باد بود. مقدار ماده مؤثر بیوپلیمر تا جایی افزایش یافت که فرسایش نمونه‌ها (با توجه به دقت دستگاه) به صفر نزدیک گردد. هم‌چنین آزمایش دانه‌بندی بر نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده با مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان انجام شد تا تأثیر این بیوپلیمر بر دانه‌بندی خاک مشخص گردد.

روش بررسی میزان فرسایش و دانه‌بندی

در این آزمایش‌ها به جای استفاده از روش شاخص مدرج، از روش تغییرات وزن استفاده شد، چراکه شاخص‌های مدرج قادر به نشان دادن مقدار بسیار کم فرسایش نمونه‌های تیمار شده نبود. به این ترتیب که وزن خشک نمونه‌های تیمار شده بلافاصله قبل و بعد از قرار گرفتن در تونل باد ثبت شده و اختلاف این دو وزن به‌عنوان مقدار خاک فرسایش یافته گزارش شد [۱۱]. دانه‌بندی نمونه‌های تیمار شده با مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان، با هدف تعیین اثر این مقدار از ماده بر دانه‌بندی خاک، بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها در تونل باد انجام شد (مقادیر فرسایش یافته در تونل باد بسیار کم بوده و تأثیر آن در دانه‌بندی بسیار ناچیز است). به این صورت که قسمت‌هایی از سله به‌صورت تصادفی برداشته شده و دانه‌بندی آن بررسی شد. دانه‌بندی برای ذرات بزرگ‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر به روش الک خشک، و برای

جدول ۳: متوسط فرسایش نمونه‌های تیمار شده نسبت به متوسط فرسایش نمونه‌های شاهد

مقدار ماده مصرفی در هر مترمربع (گرم)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	متوسط فرسایش نمونه‌های تیمار شده نسبت به متوسط فرسایش نمونه‌های شاهد (درصد)
۰/۲	۷	۱/۰۳۶
۰/۶	۷	۰/۷۴۰
۰/۸	۷	۰/۶۰۰
۱/۰	۷	۰/۳۲۹
۱/۰	۸	۰/۰۸۹
۱/۰	۹	۰/۰۹۵
۱/۲	۹	۰/۰۴۶
۱/۲	۱۰	۰/۰۷۳
۱/۴	۱۱	۰/۰۸۶
۱/۶	۱۲	۰/۰۸۷
۲/۰	۱۲	۰/۰۴۲
۲/۰	۱۵	۰/۰۴۸

در جدول ۴، نتایج آزمایش‌های تونل باد برای نمونه‌های تیمار شده با مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان، در سرعت‌های هشت تا ۱۲ متر بر ثانیه با سه تکرار، برای بررسی بیش‌تر اثر این غلظت آمده است. بر اساس داده‌های سایت هواشناسی کل کشور [۷] در منطقه مورد مطالعه، ۹۹/۸ درصد بادهای سرعتی کم‌تر از ۱۶ متر بر ثانیه دارند. بنابراین انتظار می‌رود که مالچ بیوپلیمری زانتان با مقدار ماده مؤثر دو گرم بر مترمربع قادر به کاهش فرسایش بادی خاک در ۹۹/۸ درصد موارد باشد.

جدول ۴: نتایج تکمیلی تونل باد برای نمونه‌های تیمار شده با ۲/۰ گرم بر مترمربع زانتان

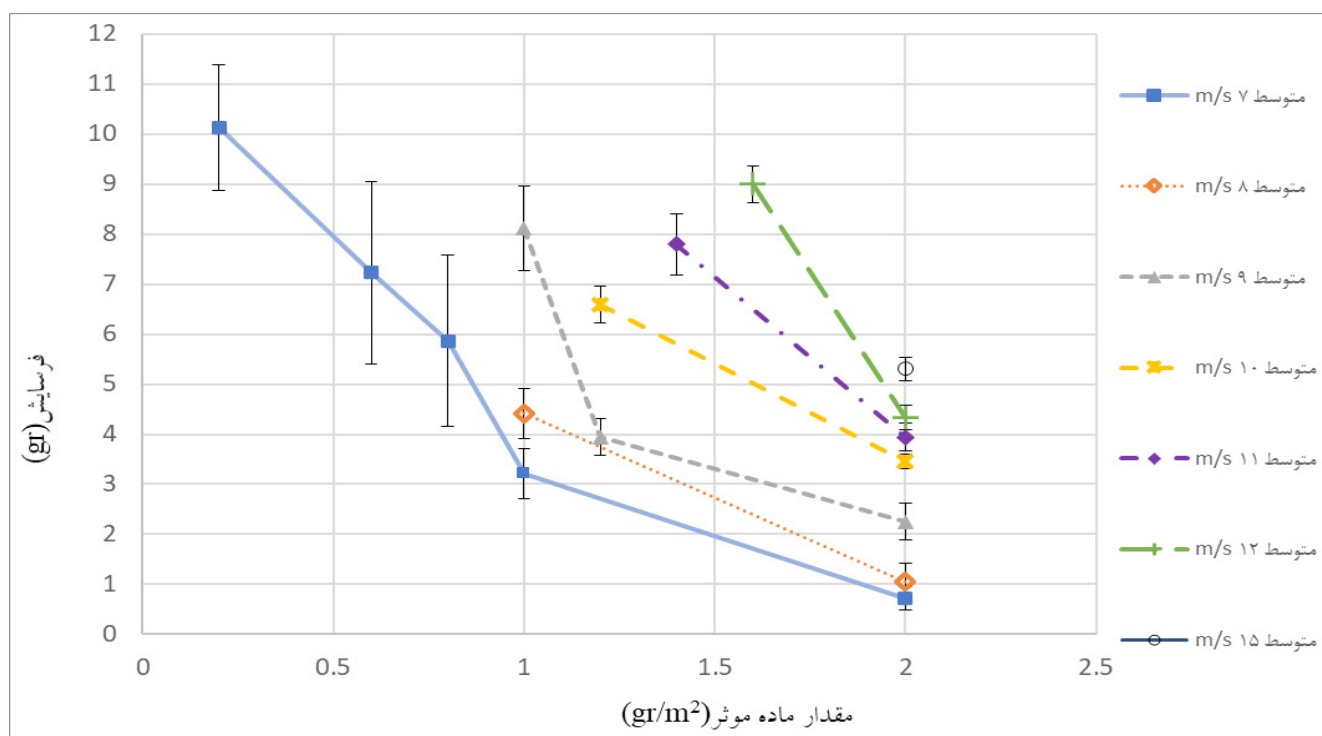
سرعت (متر بر ثانیه)	متوسط فرسایش نمونه‌های تیمار شده نسبت به متوسط فرسایش نمونه‌های شاهد (درصد)
۷	۰/۰۷۴
۸	۰/۰۲۱
۹	۰/۰۲۶
۱۰	۰/۰۳۸
۱۱	۰/۰۴۳

شکل ۳ نمودار تغییرات مقدار خاک فرسایش یافته نسبت به غلظت بیوپلیمر و سرعت باد را نشان می‌دهد. مقادیر میانگین و انحراف معیار سه تکرار از هر آزمایش در این شکل آمده است. همانطور که در شکل ۳ مشخص است، نمودار هر سرعت با افزایش

مقدار ماده مؤثر روندی نزولی می‌یابد یا به عبارت دیگر، افزایش مقدار بیوپلیمر سبب کاهش مقدار فرسایش خاک می‌گردد. همچنین مشاهده می‌شود که در یک مقدار ثابت از بیوپلیمر، نمودار مربوط به سرعت بیش‌تر، بالاتر از نمودار مربوط به سرعت کم‌تر، قرار گرفته است. به عبارتی افزایش سرعت باد سبب افزایش مقدار فرسایش بادی خاک شده است. این شکل هم‌چنین نشان می‌دهد که با افزایش غلظت ماده مؤثر، شیب کاهش فرسایش به ازای افزایش مقدار ماده مؤثر کم شده است.

همان‌گونه که در برخی نقاط شکل ۳ مشاهده می‌گردد، بین محدوده‌ی تغییرات مقدار فرسایش در یک سرعت با سرعت بعدی هم‌پوشانی وجود دارد. علت این انطباق، که در داده‌های تیمار دو گرم بر مترمربع زانتان مشاهده می‌شود، نزدیکی زیاد مقادیر فرسایش نمونه‌های مربوطه در سرعت‌های متوالی است. نزدیکی این داده‌ها نشان می‌دهد که افزایش سرعت (به‌خصوص در سرعت‌های بیش از ۱۰ متر بر ثانیه) تأثیر چندانی بر توانایی مالچ در کنترل فرسایش نداشته و پوسته‌ی حاصل از مالچ‌پاشی در این سطح از غلظت‌ها تخریب نمی‌شود. لذا دیگر نیازی به افزایش غلظت بیوپلیمر نخواهد بود.

از طرف دیگر مشاهده می‌گردد که انحراف معیار نتایج از میانگین آن‌ها در غلظت‌های پایین بیش‌تر است. این موضوع نشان می‌دهد که توانایی بیوپلیمر برای کنترل فرسایش در این مقادیر کم‌تر است و نمونه‌ها بیش‌تر دست‌خوش تغییرات شده‌اند. اما با افزایش غلظت (یا مقدار ماده مؤثر)، انحراف معیارها کاهش می‌یابد که حاکی از افزایش توان زانتان در کنترل فرسایش است. بنابراین نتایج در غلظت‌های بالاتر قابل اعتمادترند. به عبارت دیگر، تکرار نتایج بر تکرارپذیر

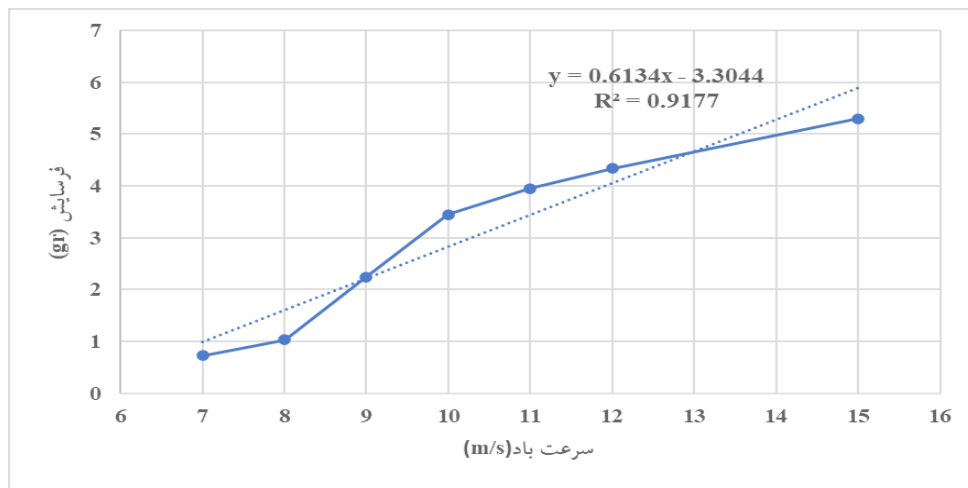


شکل ۳: نمودار میانگین و انحراف معیار مقدار فرسایش خاک در هر متر مربع برای مقادیر مختلف ماده مصرفی زانتان

بودن آن صحنه گذاشته است و نشان می‌دهد که در صورت انجام مجدد آزمایش در غلظت‌های بالاتر (به ویژه غلظت‌های نهایی)، همان حدود میانگین به دست خواهد آمد.

در این شکل تداخلی میان مقادیر فرسایش در سرعت‌های هشت و نه متر بر ثانیه برای مقدار ماده مؤثر ۱/۲ گرم بر مترمربع زانتان مشاهده می‌گردد. علت این موضوع می‌تواند خطاهای رایج آزمایشگاهی از جمله خطای دستگاه‌ها (ترازو، نوسان برق و تأثیر بر سرعت تولیدی تونل باد) یا خطای فرد آزمایش‌کننده باشد.

شکل ۴ نمودار فرسایش در هر مترمربع را بر حسب سرعت باد برای مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان نشان می‌دهد. با توجه به نتایج رگرسیون به دست آمده در این شکل، می‌توان مقدار فرسایش نمونه‌هایی که با غلظت‌های نهایی این بیوپلیمر تیمار شده‌اند را، در سرعت‌های مختلف، با دقت خوبی محاسبه کرد.



شکل ۴: نمودار فرسایش بر حسب سرعت باد برای مقادیر مؤثر نهایی زانتان



شکل ۵: الف) تصویر بالایی مربوط به نمونه قبل از فرسایش و شکل پایینی مربوط به نمونه بعد از فرسایش؛ ب) فرسایش نمونه‌ی شاهد

بیشتر ذرات نمونه‌ها شده و در نتیجه دانه‌بندی ریزتر می‌شود. بر اساس رابطه‌ی ۱ که به نام رابطه‌ی ولیکانوف شناخته می‌شود، سرعت آستانه فرسایش بادی برای ذرات با قطر معادل ۰/۱ میلی‌متر برابر چهار متر بر ثانیه به دست می‌آید [۱۸]. بر اساس نمودار دانه‌بندی خشک خاک شاهد، D_{50} خاک شاهد از ۰/۱ میلی‌متر بیش‌تر است. لذا انتظار می‌رود که برای خاک شاهد، سرعت آستانه فرسایش از چهار متر بر ثانیه بیش‌تر باشد. آزمایش‌های انجام شده نیز نشان داد که سرعت آستانه فرسایش نمونه شاهد برابر هفت متر بر ثانیه است.

$$Vk = 46.5\sqrt{(14d + 0.006)} \quad (1)$$

که در آن d قطر معادل دانه‌ها بر حسب متر و Vk سرعت آستانه فرسایش بر حسب متر بر ثانیه است.

شکل ۷ هم‌چنین نشان می‌دهد که بیوپلیمر زانتان تأثیر قابل توجهی بر دانه‌بندی خاک ندارد. این بیوپلیمر هم‌چنین تأثیری بر سرعت آستانه فرسایش خاک تیمار شده نداشته است که این موضوع با عدم تغییر قابل توجه در دانه‌بندی خاک هم‌خوانی دارد.

تحلیل‌های آماری

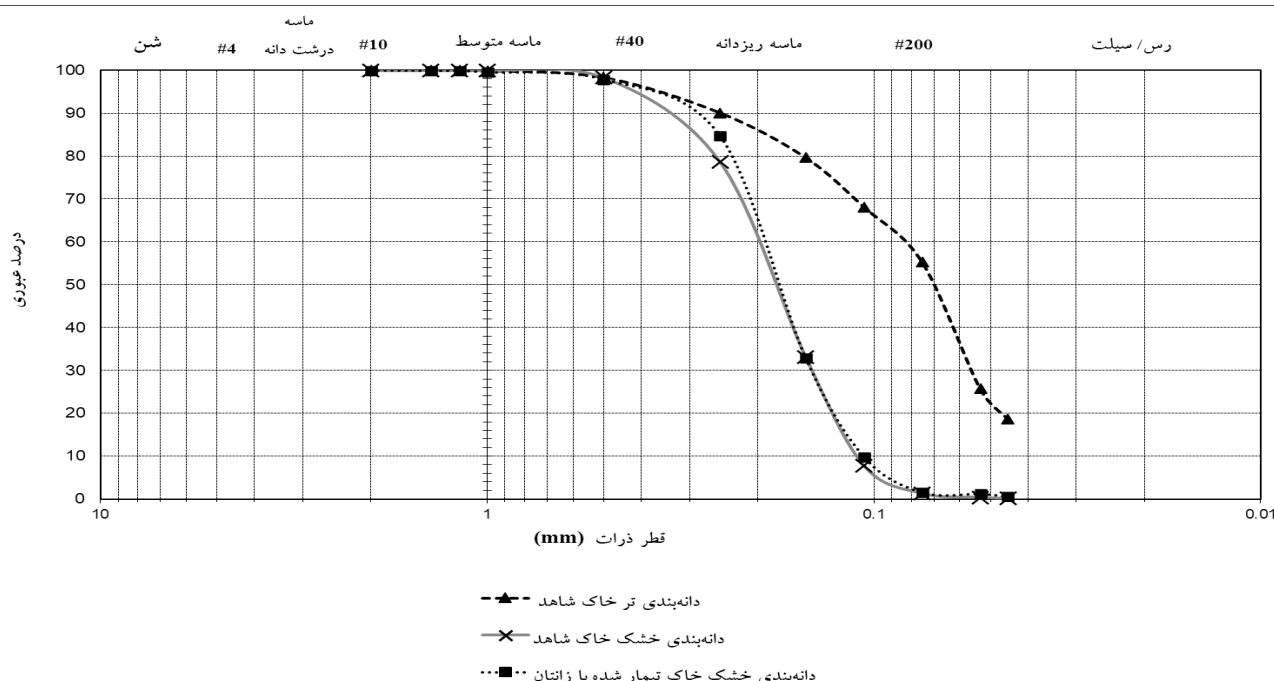
از نتایج جدول ۵ مشخص است که افزایش و کاهش فرسایش اثر دو عامل سرعت باد و مقدار ماده مؤثر زانتان در سطح اطمینان ۹۵ درصد کاملاً معنی‌دار است ($p=0.000$). لذا نتیجه می‌شود که با افزایش مقدار ماده مؤثر زانتان تا دو گرم بر مترمربع و تا سرعت باد ۱۵ متر بر ثانیه، مقدار فرسایش کاهش می‌یابد.



شکل ۶: سله‌ی تشکیل شده بر اثر پاشیدن مالچ زانتان با مقدار مؤثر ۲ گرم بر مترمربع

تأثیر بیوپلیمر زانتان بر دانه‌بندی خاک

در بررسی وضعیت دانه‌بندی نمونه‌های مورد آزمایش از دو روش تر و خشک استفاده شد. همانطور که در شکل ۷ مشخص است، منحنی دانه‌بندی به دست آمده از روش تر بالاتر از منحنی دانه‌بندی به دست آمده از روش خشک قرار گرفته است یا به عبارت دیگر به سمت ریزدانه شدن سوق یافته است. علت اصلی این اختلاف، وجود املاح یا شوری در خاک مورد مطالعه است. از آنجا که در روش دانه‌بندی تر در مرحله اول پل‌های نمکی بین ذرات خاک حل شده و در ادامه تأثیر کاتیون‌های یک ظرفیتی مانند سدیم سبب پراکنش



شکل ۷: نمودار دانه‌بندی خاک شاهد و خاک تیمار شده با ۲/۰ گرم بر مترمربع زانتان

جدول ۵- آزمون اثرهای بین موردی

متغیر وابسته: فرسایش

منبع	مجموع مربعات تیپ ۳	آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
مدل اصلاح شده	۱۰/۲۳۹	۱۱	۰/۰۲۲	۱۱/۷۴۱	۰/۰۰۰
عرض از مبدأ	۲/۰۳۳	۱	۲/۰۳۳	۱۰۹۹/۷۹۸	۰/۰۰۰
سرعت باد	۰/۰۸۶	۳	۰/۰۲۹	۱۵/۴۲۲	۰/۰۰۰
مقدار ماده مصرفی گوار	۰/۱۷۴	۶	۰/۰۲۹	۱۵/۶۶۴	۰/۰۰۰
مقدار ماده مصرفی گوار* سرعت باد	۰/۰۰۰	۰	.	.	.
خطا	۰/۰۳۳	۱۸	۰/۰۰۲		
مجموع	۲/۵۴۱	۳۰			
مجموع اصلاح شده	۰/۲۷۲	۲۹			

(۱) ضریب تعیین=۰/۸۷۸ و ضریب تعیین تعدیل شده=۰/۸۰۳

بحث و نتیجه گیری

مالچ پاشی با محلول بیوپلیمر زانتان در آب، تا حد بسیار زیادی سبب کاهش فرسایش بادی خاک می گردد. استفاده از این بیوپلیمر سبب ایجاد یک سله با متوسط ضخامت ۳ سانتی متر بر روی سطح خاک می شود که علت اصلی کاهش فرسایش خاک است. بر خلاف آنچه که در تحقیقات دینگ و همکاران آمده است، کاهش در ضخامت این سله در اثر افزایش مقدار بیوپلیمر مصرفی مشاهده نشد [۶].

آزمایش های مدل سازی با تونل باد نشان داد که افزایش مقدار ماده مؤثر بیوپلیمر زانتان، موجب کاهش مقدار فرسایش می شود. در تحقیقات مشابه مثلاً آیلدین و همکاران [۴] و دینگ و همکاران [۶] نیز مشاهده شد که هرچه مقدار ماده مؤثر بیوپلیمرها بیش تر باشد، تأثیر آن در کنترل فرسایش خاک بیش تر است. با این تفاوت که مقادیر زانتان مصرفی در این تحقیقات در حدود ۰/۲۵ تا ۱/۵ درصد وزنی بوده که به مراتب بیش تر از مقادیر زانتان مصرفی در پژوهش حاضر است.

نتایج آزمایش های تونل باد هم چنین نشان داد که مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان می تواند فرسایش خاک را تا بیش از ۹۸ درصد در سرعت ۱۵ متر بر ثانیه (بیشینه سرعت مورد آزمایش) کاهش دهد.

مالچ پاشی برای هر هکتار خاک با مالچ نفتی حدود ۲۴۰ میلیون ریال هزینه دارد [۸]، در حالی که هزینه ماده اولیه مالچ پاشی با بیوپلیمر زانتان برای هر هکتار ۱۳ میلیون ریال است (با فرض این که مقدار ماده مصرفی، ۲ گرم بر متر مربع باشد). هم چنین با هدف افزایش عمق نفوذ مالچ در خاک، می توان محلول بیوپلیمر را رقیق تر کرده و در عوض مقدار بیش تری از محلول را بر سطح خاک اسپری کرد. هم چنین با توجه به قیمت کم ماده مصرفی و برای بهبود نتیجه حاصل، می توان مقدار ماده مصرفی در عرصه طبیعی را تا دو برابر افزایش داد که در هر دو حالت (رقیق تر کردن مالچ و یا افزایش مقدار ماده مؤثر) حداکثر هزینه تا دو برابر افزایش می یابد که تقریباً یک دهم هزینه استفاده از مالچ نفتی می باشد. در نهایت لازم به ذکر است که در طرح هایی مانند طرح های کنترل فرسایش بادی منظور از سرمایه گذاری، بهبود کیفیت زندگی مردم و حفاظت از محیط زیست است. از این رو نمی توان این طرح ها را فقط از دید اقتصادی

ارزش گذاری کرد و ارزیابی اقتصادی در این پروژه ها صرفاً از طریق مقایسه مجموعه منافع و مضرات عمومی صورت می گیرد.

پاشیدن مالچ های بیوپلیمری زانتان نیازمند دستگاه های پیشرفته نبوده و با استفاده از یک سمپاش پشت تراکتوری به راحتی می توان بیوپلیمر مربوطه را بر سطح مورد نظر پاشید. اما پاشیدن مالچ نفتی نیازمند دستگاه اسکی، بولدوزر و تانک های مخصوص با شعله است، چراکه باید به صورت گرم پاشیده شود. در نتیجه نه تنها هزینه ی بیش تری نسبت به مالچ بیوپلیمری دارد بلکه به علت مصرف گرم مالچ نفتی خطر مرگ و میر جانداران، سوختگی و آتش سوزی افزایش می یابد. مالچ نفتی هم چنین موجب به وجود آمدن یک سطح تیره رنگ و در نتیجه افزایش ضریب حرارتی خاک می گردد. که از نظر ظاهری تأثیر نامطلوبی بر محیط دارد. در حالی که بیوپلیمر زانتان تقریباً بی رنگ بوده و لذا سبب تیره رنگ شدن سطح خاک نمی گردد. و در نهایت یکی از مزایای مهم این بیوپلیمر، تولید آن در داخل کشور و عدم نیاز به کشورهای خارجی، برای تهیه و تامین آن است که به نوعی در توسعه اقتصادی کشور هم مؤثر است.

پیشنهادات

آزمایش های انجام گرفته در این پژوهش در مقیاس آزمایشگاهی بوده است. لذا برای اطمینان از عملکرد این بیوپلیمر در کاهش فرسایش خاک و هم چنین بررسی تأثیر شرایط محیطی و عوامل طبیعی مانند نور خورشید و چرخه های گرم و سرد شدن بر ماندگاری این ماده در بلند مدت، لازم است تا مقدار ماده مؤثر نهایی زانتان به صورت پایلوت در منطقه مورد مطالعه مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد. پیشنهاد می شود که با توجه به کم بودن هزینه ی ماده اولیه زانتان و تفاوت هایی که عرصه ی طبیعی با مدل آزمایشگاهی دارد، مقدار ماده مصرفی زانتان در عرصه دو برابر مقدار بهینه به دست آمده برای مدل در این پژوهش در نظر گرفته شود.

هم چنین لازم است تا در طول آزمایش پایلوت بر این ماده، وضعیت پوشش گیاهی مرتباً مورد بررسی قرار گیرد و به این ترتیب تأثیر مالچ پاشی با زانتان بر پوشش گیاهی مشخص شود. به علاوه باید

(Case study: Sejzi plain). Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science 2(3): 25–37.

13. Lee, S., Im, J., Cho, G.C., Chang, I. 2019. Laboratory triaxial test behavior of xanthan gum biopolymer treated sands. Geomechanics and Engineering 17(5): 445–452.

14. Malekhamadi, K., Hashmei, M., Dehnavi, A. Heidari, F. 2020. Feasibility study of soil wind erosion control by biodegradable biopolymer. M.Sc. Thesis. Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, 106 pp. (In Persian)

15. Oxin Chemistry. 2017. [Online]. Available at: <http://www.oxinchemistry.ir>. [Accessed: 09-Jul-2018]. (In Persian)

16. Quality standards and guidelines of soil resources. Deputy Minister of Human Environment, Water and Soil Office.

17. Rahbar, E. Darvish, M. 2005. Petroleum Mulches: A Review. Iranian Journal of. Range and Desert Research 12(18): 63–81.

18. Refahi, H. 2013. Wind Erosion and Conservation (6th Ed). The Tehran University Press, Tehran, 320pp. (In Persian)

19. Saboohi, R. 2010. Executive plan of critical centers of wind erosion in Sejzi region, physio graphic report, General Department of Natural Resources, Desert Office, Isfahan. (In Persian)

20. Shahnoushi, M. Jalalian, A. 2012. Investigation of heavy metals (Cd-Pb) in 6 sediment sections of Gavkhoni wetland in 2012. Iranian National Conference on Environmental Research, Shahid Mofatteh University. (In Persian)

21. Shanbe Dastjerdi, F., Safari Sanjani, A. A. Khayyam Nekuei, S. M. 2005. A study on Frequency and activity of some rhizosphere microflora and bioaccumulation of heavy elements in rangeland plants of contaminated soils in the foothills of Irankooh, Isfahan. PhD Thesis. Faculty of Agriculture, Department of Soil Science. Bu-Ali Sina University. (In Persian)

22. Smith, A.M. Morris, G.A. 2016. Biopolymers as wound healing materials. wound Healing Biomaterials 2: 261–287.

23. Yan, Y., Wu, L., Xin, X., Wang, X. Yang, G. 2015. How rain-formed soil crust affects wind erosion in a semi-arid steppe in northern China. Geoderma, 249–250: 79–86.

24. Yousefi, S. E. Nejad kouraki, F. 2012. Impact of PM on People Health, Diseases and Control Strategies. Sustainable Development Quarterly 3: 43–50. (In Persian)

اثر مالچ‌بازی با زانتان در شیب‌های مختلف تپه در تپه‌های ماسه‌ای متفاوت، رو به باد و پشت به باد، بررسی گردید.

منابع

1. Abtahi, S. M. 2017. The effect of cellulose polymer mulch on sand stabilization, Polimery 62(10): 757–763.

2. Alsanad, A. 2011. Novel biopolymer treatment for wind induced soil erosion. Ph.D. Dissertation. Arizona state university, 233 pages.

3. Amirossadat, Z. 2013. Full Length Research Paper Genesis and Classification of Soils in Segzi Plain (Iran). International Journal of Scientific Research in Knowledge 1(1): 1–12.

4. Ayeldeen, M., Negm, A., Sawwaf, M. and Gadda, T. 2016. Laboratory study of using biopolymer to reduce wind erosion. International Journal of Geotechnical Engineering 12(3): 228–240.

5. Chang, I., Im, J., Cho, G.C. 2016. Geotechnical engineering behaviors of gellan gum biopolymer treated sand. Canadian Geotechnical Journal 53(10).

6. Ding, X., Xu, G., Zhou, W. Kuruppu, M. 2018. Effect of synthetic and natural polymers on reducing Bauxite residue dust pollution. Environmental Technology 40(0): 1–10.

7. I.R of Iran Meteorological Organization. [Online]. Available at: <http://www.irimo.ir/>. [Accessed: 08-Apr-2019]. (In Persian)

8. Isfahan General Department of Natural Resources and Watershed Management. 2020. Status Report of Estimating Cost of Mulching in Hosseinabad, Kashan. (In Persian)

9. Jalilvand, R., Nouri Hendi, L. Omidvar, A. 2011. A Study on Zeoplant Function in Reducing Soil Erosion and Flowing Sand Stabilization instead of Petroleum mulch. The Second Earth Science Conference. (In Persian)

10. Jang, J. 2020. A Review of the Application of Biopolymers on Geotechnical Engineering and the Strengthening Mechanisms between Typical Biopolymers and Soils. Advances in Materials and Engineering 2020: 16 p.

11. Kavazanjian, E., Iglesias, E. Karatas, I. 2009. Biopolymer soil stabilization for wind erosion control. Proceedings of 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: 881–884.

12. Khanamani, A., Jafari, R., Sangoony, H. Shahbazi, A. 2011. Evaluation of soil status using RS and GIS technology



Abstract

**Application of Xanthan Biopolymer in Decreasing Soil Wind Erosion
(Case Study: Segzi Plain)**K. Malekahmadi¹, M. Hashemi², A. Dehnavi³ and F. Heidari⁴

Received: 2021/05/09 Accepted: 2021/09/18

The purpose of this research is to study the feasibility and method of using xanthan biopolymer as an alternative for oil mulch in controlling or mitigating soil wind erosion. Xanthan is a biodegradable biopolymer made of Polysaccharides which is produced by bacteria and is used as stabilizer. The ability of different concentrations of xanthan in reducing the erosion, was examined by wind tunnel tests at speed of 7 to 15 m/s. To do so, xanthan gum suspension was sprayed on the surface of sand samples collected from sandy hills of Segzi plain in Isfahan and samples resistance to wind erosion were tested by wind tunnel after being dried. The test results indicated that a resistant crust is formed on sample surface due to spraying xanthan biopolymer, so that 2 gr/m² of this biopolymer can reduce erosion up to 98 percent compared to untreated sample. Application of xanthan doesn't need any advanced equipment and it can be sprayed cold. Cost of mulching with oil mulch in March 2020 to March 2021 was estimated to be 13 times more than mulching with xanthan gum. According to environmental standards, this biopolymer is also safe for using on soil resources.

Keywords: Biodegradable biopolymer, Desertification control, Dust stabilization, Mulching, Segzi plain, Wind tunnel

1. M.Sc. Graduate, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil engineering and Transportation, University of Isfahan.

2. Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil engineering and Transportation, University of Isfahan.

3. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil engineering and Transportation, University of Isfahan.

4. Corresponding Author and Scientific board, Research Division of Soil Conservation and Watershed Management, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan. Email: f.heidari@areeo.ac.ir