ارزیابی کارایی پلیمر زیست سازگار در کاهش طوفان‌های گرد و غبار در شرایط آزمایشگاهی

مسعود بازگیر[۱]: *دانشیار گروه مهندسی خاک و آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام*
داود نامدار خجسته: *استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران*
منوچهر محمدحسینی: *دانش‌آموختهٔ گروه مهندسی خاک و آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام*
محمود رستمی‌نیا: *دانشیار گروه مهندسی خاک و آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام*
مجید عبدوس: *استاد گروه شیمی آلی، دانشکدهٔ شیمی، دانشگاه اصنعتی امیرکبیر، تهران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۱۸)
20.1001.1.22517812.1401.12.4.11.2

چکیده

فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های رایج مناطق خشک و نیمه خشک است و پیامدهای زیان‌بار گسترده‌ای را به همراه دارد. ایران نیز به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، مستعد فرسایش بادی است. بنابراین، مقابله با این پدیده‌ها به برنامه‌ریزی کوتاه مدت و دراز مدت نیازمند است. امروزه از پلیمرهای شیمیایی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و کنترل فرسایش آن استفاده می‌شود. در این تحقیق، عملکرد پلیمر زیست سازگار پلی‌وینیل استات برای تثبیت سطح خاک در یکی از مکان‌های مولد گرد و غبار بررسی شد. بعد از شناسایی یکی از مناطق مستعد و مولد گرد و غبار در منطقهٔ مهران در استان ایلام، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. بعد از تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، غلظت‌های مورد استفاده از این پلیمر شامل شاهد ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد بر روی این نمونه‌ها (سینی ۳۵×۳۵×۳ سانتی‌متری) اجرا شد. با در نظر گرفتن چهار سطح پلیمر در سه تکرار، تعداد سی نمونهٔ آزمایشی تهیه شد و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی، بعد از ۲۸ روز آزمون‌های مختلفی بر آن صورت گرفت؛ نظیر آزمون مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه، ضخامت لایه و پایداری خاکدانه. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پلیمر، میزان نفوذ پلیمر پلی‌وینیل استات به خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با افزایش میزان غلظت پلیمر، مقاومت به ضربه نیز نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین و کمترین پایداری خاکدانه نیز به طور معنی‌داری ($P<0.05$) به ترتیب در تیمار ۲/۵ درصد با ۸۵ درصد و شاهد با ۱۸ درصد دیده شد. در مجموع، با ایجاد شرایط فیزیکی و مکانیکی مناسب در خاک می‌توان از پلیمر پلی‌وینیل استات به عنوان یک خاک‌پوش استفاده کرد؛ هر چند استفادهٔ کاربردی از آن به ویژه در عرصه‌های طبیعی، به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد و با در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی امکان‌پذیر است.

واژگان کلیدی: ایلام، پایداری خاکدانه، تونل باد، خاک‌پوش، فرسایش بادی.

[۱] نویسندهٔ مسئول: **M.Bazgir@ilam.ac.ir**

۱ـ مقدمه

فرسایش بادی، رایج‌ترین پدیدهٔ اقلیمی در مناطق خشک جهان محسوب می‌شود. کانون‌های جهانی و منطقه‌ای گرد و غبار نیز به‌طور گسترده‌ای توزیع شده و شبه‌جزیرهٔ عربستان، صحرای آفریقا، دشت بین‌النهرین، فلات‌های لسی در چین و بیابان‌های استرالیا، مهم‌ترین منشأ گرد و غبار در جهان است. کشور ایران نیز هم در مقیاس محلی و هم در مقیاس منطقه‌ای و جهانی، در معرض پدیدهٔ گرد و غبار قرار دارد. مناطق غرب کشور به دلیل موقعیت جغرافیایی، اقلیمی و نزدیکی به بیابان‌های کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه، اردن، یمن و عربستان، بیشتر در معرض سامانه‌های گرد و غبار است (Karimi et al, 2017).

این پدیده در بخش غربی و جنوب غربی ایران، اثرات مخرب‌تری به همراه داشته و در کوتاه‌مدت بر محیط زیست، اقتصاد و سلامت ساکنان استان‌های درگیر با این پدیده به ویژه شهرها و استان‌های مرزی غرب و جنوب غربی کشور همانند ایلام و خوزستان اثرات نامطلوبی داشته‌است. در بعد منطقه‌ای، استان ایلام ۴۲۰ کیلومتر مرز مشترک با عراق دارد و همواره از سوی این کشور در معرض طوفان‌های بزرگ گرد و غبار بوده‌است. در بعد محلی، این استان با وسعت ۲۰۱۵۰ کیلومتر مربع، در غربی‌ترین نقطهٔ ایران واقع است. همچنین در این استان مناطق خشک و بیابانی مختلفی وجود دارد؛ نظیر مهران و دهلران که در جنوب استان قرارگ رفته‌اند و جزء کانون‌های دائمی و مهم تولید گرد و غبار به شمار می‌رود (Bazgir and Namdar Khojasteh, 2019)؛ به همین دلیل، طی سالیان اخیر آسیب‌های انسانی (بیماری‌های تنفس، چشمی، پوستی و روانی)، زیست محیطی (خشک شدن درختان بلوط و کاهش محصولات کشاورزی و دامی)، اقتصادی (صدمه به تأسیسات و قطعی برق و آب) و اجتماعی (مهاجرت نیروی انسانی از استان) فراوانی به این استان وارد شده‌است (Roushani Nia, et al, 2018 & Amarloei, et al, 2014 & Khadedi, 2014).

امروزه محققان برای کنترل فرسایش بادی و کاهش پدیدهٔ گرد و غبار، راهکارهای مختلفی پیشنهاد داده‌اند؛ برای مثال، می‌توان از ایجاد بادشکن‌های زنده و غیر زنده برای کاهش سرعت باد در نزدیکی سطح زمین (Refahee, 2011) یا استفاده از مواد طبیعی و شیمیایی برای پوشاندن سطح خاک و جلوگیری از برداشت آن توسط بادهای با شدت مختلف یاد کرد. این مواد که به طور کلی خاک‌پوش یا مالچ نامیده می‌شوند، اغلب در مکان‌های بسیار خشک ـ که تثبیت پوشش گیاهی در آن چه از طریق طبیعی و چه از طریق دخالت‌های انسانی ناممکن است ـ قابل توجه قرار می‌گیرند (Jahanthigh et al, 2021 & Keesstra et al, 2018). Musick (1999) معتقد است وجود پوشش گیاهی در سطح خاک یا احیای آن در مناطقی که پوشش گیاهی ضعیفی دارند، بهترین راهکار برای کنترل فرسایش بادی و بیابان‌زایی است که این امر به کاهش سرعت آستانهٔ باد و جلوگیری از تماس مستقیم آن با سطح خاک منجر می‌شود. بنابراین خشکسالی و در نتیجهٔ آن کاهش پوشش گیاهی، عامل اولیه و اصلی در شکل‌گیری طوفان‌های گرد و غبار است (Stockton and Gillette, 1990).

در دهه‌های اخیر، استفاده از پلیمرهای مصنوعی به منظور افزایش پایداری خاکدانه‌ها و تثبیت خاک قابل‌توجه بوده‌است. این پلیمرها، ذرات خاک را به یکدیگر متصل و خاکدانه‌های درشت‌تری ایجاد می‌کنند و بدین صورت، به افزایش پایداری خاکدانه‌ها منجر می‌شوند (Nyamangara et al, 2001). پژوهشگران حفاظت خاک در کشور نیز همواره به استفاده از خاک‌پوش‌های مختلف به‌ویژه پلیمرهای شیمیایی توجه داشته‌اند. در این زمینه می‌توان به پلیمر

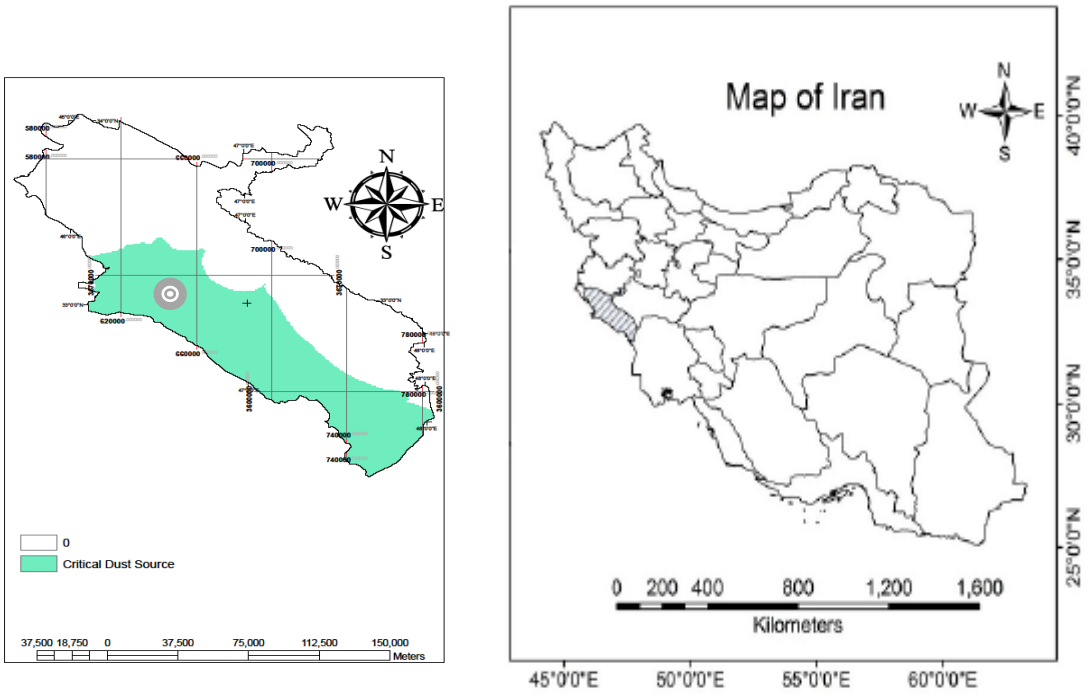
پلی‌وینیل استات اشاره کرد که از خاک‌پوش‌های رایج برای تثبیت خاک است (Han et al, 2007 & Kenneth and Nwankwo, 2001). این خاک‌پوش، نسبت به خاک واکنش شیمیایی نشان نمی‌دهد و گیاهان می‌توانند در آن قابلیت و توانایی رشد داشته باشند؛ به طوری که از این ویژگی می‌توان برای تثبیت شن‌های روان و کنترل فرسایش بادی استفاده کرد (Movahedan et al, 2011). در پژوهش Ayobi و همکاران (2019)، خاک‌پوش‌های پلی‌وینیل استات و رس بنتونیت، بر شاخص پایداری خاکدانه‌ها و مقاومت برشی تأثیر معنی‌دار مثبتی داشتند؛ در حالی که در خاک‌پوش بیوچار رفتار ضعیف‌تری دیده شد. در تحقیقی دیگر خاک‌پوش نانو رس و پلیمر، نسبت به زغال زیستی کمترین هدر روی خاک را داشت (Nooralivand and Farrokhian Firouzi, 2020). Mombeni و همکاران (2021) برای تثبیت ماسه‌های روان، از پسماندهایی مانند لیکور سیاه و ملاس به عنوان خاک‌پوش استفاده کردند. بر اساس نتایج حاصل شده، مالچ ملاس به دلیل داشتن مقاومت فروروی و برشی و نفوذپذیری مناسب، بهترین نوع مالچ برای تثبیت ماسه‌های روان است. Abasi و همکاران (2017) نیز در تحقیقی، قابلیت و توانایی نوعی پلیمر به نام پلی‌وینیل استات را بر تثبیت خاک و کنترل فرسایش بررسی کردند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که افزودن پلیمر به خاک به افزایش مقاومت فشاری نمونه‌ها منجر می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، بررسی عملکرد خاک‌پوش‌ها در کنترل طوفان‌های گرد و غبار و تأثیر فیزیکی و مکانیکی آنها بر تثبیت خاک، امری ضروری است. بدین منظور، این مطالعه با هدف بررسی آزمایشگاهی پلیمر پلی-وینیل استات بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک در کاهش فرسایش بادی در خاک‌های با منشأ تولید طوفان‌های گرد و غبار در منطقهٔ مهران از استان ایلام صورت گرفت.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

این پروژه در سال ۱۳۹۸، در نزدیکی شهرستان مهران (دشت محسن‌آباد) در استان ایلام انجام شد. از لحاظ جغرافیایی، مکان مورد مطالعه بین ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۵۸ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۲۲ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۰۲ دقیقه و ۱۹ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۳ دقیقه و ۰۹ ثانیه طول شرقی و با ارتفاع ۲۳۷ متر نسبت به سطح آزاد دریا واقع است. این ناحیه از شمال به شهرستان ایلام، جنوب به شهرستان دهلران، شرق به شهرستان ملکشاهی و از غرب به کشور عراق منتهی می‌شود، هیچ نوع فعالیت کشاورزی در آن وجود ندارد و به صورت بایر است (شکل ۱).

این ناحیه، آب و هوای گرم و خشک با میانگین بارش سالانهٔ ۲۵۱ میلی‌متر دارد که ۴۷ تا ۵۰ درصد آن به فصل زمستان بازمی‌گردد. همچنین متوسط دمای سالانه، ۲۴/۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۶/۲ و ۵۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. شکل ۱، موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه را در کشور و استان ایلام نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه دشت محسن‌آباد، شهرستان مهران در استان ایلام

۳ـ مواد و روش

تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

به منظور اجرای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در این منطقه، از خاک سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) به طور تصادفی نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه ایلام منتقل و پس از ۲۴ ساعت هوا خشک و کوبیدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. در ادامه، به منظور تعیین بافت خاک، درصد اجزای رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری، رطوبت اشباع به روش وزنی، اسیدیتهٔ خاک در عصاره ۱:۱ خاک-آب مقطر توسط pH متر، و هدایت الکتریکی در عصارهٔ گل اشباع توسط هدایت‌سنج تعیین شد. کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون و ماده آلی خاک نیز به روش اکسایش تر برآورد شد (Zarinkafsh, 1993). همچنین برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها، از دستگاه الک‌تر استفاده شد (Kumari, 2011).

پلیمر پلی وینیل استات (PVC)

خاک‌پوش مورد استفاده در این تحقیق برای جلوگیری از فرسایش خاک، پلیمر شیمیایی بر پایهٔ استات وینیل $(C_4H_6O_2)n$ است. استات وینیل را می‌توان از ترکیب استیلن و اسید استیک یا از طریق اکسیداسیون اتیلن به دست آورد. PVA یک پلیمر وینیل است و با پلیمریزاسیون مونومر وینیل استات تهیه می‌شود. در این تحقیق سطوح صفر (C_0)، ۱ (C_1)، ۱/۵ (C_2)، ۲ (C_3) و ۲/۵ (C_4) درصد از پلیمر مذکور استفاده شد. به منظور ارزیابی این خاک-پوش، تمام مراحل تست این پلیمر از آزمون شبیه‌ساز تونل باد تا پایداری خاکدانه، نفوذپذیری و مقاومت به ضربه، بعد از ۲۸ روز انجام و نتایج بررسی شد.

آزمون‌های تونل باد، مقاومت فشاری، نفوذپذیری و مقاومت به ضربه

برای اجرای آزمون‌های ذکر شده، در ابتدا سینی‌هایی به ابعاد ۳۵×۳۵×۳ سانتی‌متر ساخته و مقدار تقریبی سه کیلوگرم خاک الک شده در آن ریخته شد. سپس آزمون‌های مختلفی بر آنها صورت گرفت.

در این مطالعه برای بررسی میزان هدر روی خاک، از دستگاه تونل باد از نوع مدار باز دمندهٔ ساخت دانشگاه شاهد استفاده شد. دستگاه تونل باد از دو قسمت تشکیل شده‌است: الف) مولد باد و ب) قسمت آزمایش (شکل ۲). قسمت مولد باد، از یک جت فن با قدرت پانزده کیلو وات و ۲۸۰۰ rpm تشکیل شده‌است. سرعت باد تولید شده در قسمت مولد، بین ۰/۳ تا ۲۰ متر بر ثانیه در ارتفاع سی سانتی‌متری است. نمونه‌ها قبل از قرار گرفتن در قسمت مورد نظر دستگاه، ابتدا وزن و بعد از پانزده دقیقه آزمون در سرعت باد مشخص، دوباره وزن شد. کاهش وزن خاک در سینی‌ها، هدر رفت خاک را نشان می‌دهد.

شکل ۲: دستگاه شبیه‌ساز فرسایش باد (تونل باد)

در این مطالعه برای بررسی مقاومت فشاری، از پنترومتر جیبی مدل H-4134 استفاده شد. بدین ترتیب، پنترومتر با نوک ۱/۳ اینچی با انتهای مسطح، به تدریج در سطح خاک مالچ‌پاشی شده فشار داده شد. همچنین برای هر تیمار بیش از سه تکرار انجام، سپس میانگین گرفته شد. اندازه‌گیری مقاومت فشاری در نمونه‌های خاک، بعد از ۲۸ روز از زمان شروع آزمایش انجام شد.

اندازه‌گیری ضخامت سلهٔ تشکیل شده، اطلاعات مهمی را در مورد چسبندگی، میزان نفوذ خاک‌پوش و غیره ارائه می‌دهد. در حالت استاندارد، خاک‌پوش باید بیش از دو سانتی‌متر در خاک نفوذ عمقی داشته باشد. در این مطالعه، اندازهٔ میزان نفوذپذیری با استفاده از دستگاه کولیس با سه تکرار اندازه‌گیری شد؛ به این صورت که پس از پاشیدن پلیمر بر روی نمونه‌ها، ضخامت لایه‌های سطحی جدا شده (سله یا پوسته) با کولیس تعیین شد.

میزان مقاومت به ضربهٔ خاک‌پوش، با رها کردن میله‌ای آهنی به وزن دویست گرم از ارتفاع چهل سانتی‌متری به صورت عمودی بر روی سینی‌ها، در مکان‌های مختلف سینی (سه تکرار) اندازه‌گیری شد. میزان نفوذ میله به داخل خاک‌پوش نیز توسط خط‌کش تعیین شد. در این آزمون، نفوذ بیشتر میله به درون خاک بیانگر مقاومت کمتر لایه

سطحی خاک به ضربه است. در این مطالعه نیز اندازه‌گیری این شاخص مانند شاخص‌های دیگر برای تیمارهای مختلف، بعد از ۲۸ روز انجام شد.

برای آزمون پایداری خاکدانه، از دستگاه الک‌تر[1] استفاده شد. این دستگاه از هشت الک به اندازه‌ای ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۲، ۰/۰۵۳، ۰/۰۶۴، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۴۶ میلی‌متر تشکیل شده‌است. در این روش، پنج گرم از نمونه خاک تیمار شده با پلیمر در دستگاه قرار گرفت و به مدت پنج دقیقه الک شد. پس از پایان زمان مورد نظر، خاک‌دانه‌های باقی‌مانده روی هر الک در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد خشک و وزن شد.

همچنین تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و مقایسهٔ میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد صورت گرفت. تمام تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز در نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقهٔ مورد مطالعه، در جدول ۱ نشان داده شده‌است. طبق نتایج به دست آمده، بافت خاک از لومی تا لوم رسی تغییر می‌کند. ماده آلی خاک‌ها خیلی کم (۰/۸۲ درصد) است که ضعف پوشش گیاهی به دلیل خشک بودن اقلیم و بارندگی اندک منطقه را نشان می‌دهد. مقدار آهک به طور میانگین، شصت درصد است که مقادیر بالای آهک خاک را نشان می‌دهد. از لحاظ شوری با متوسط ۱/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر، خاک‌های منطقه نرمال و غیر شور است.

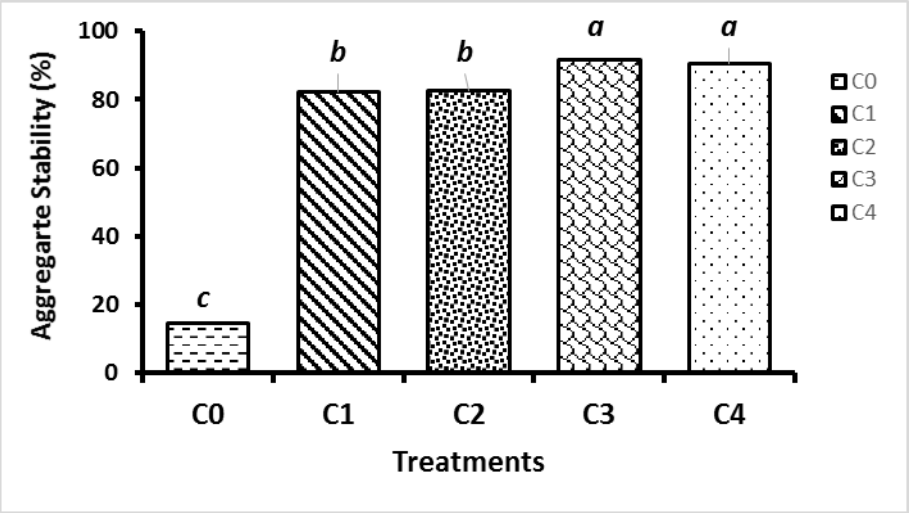
جدول ۱: آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقهٔ مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنهٔ تغییرات	ضریب تغییرات	انحراف معیار	خطای معیار
رطوبت اشباع (درصد)	۲۸/۵۰	۳۸/۰۰	۳۲/۶۵	۹/۵۰	۸/۴۹	۲/۷۷	۰/۸۴
رس (درصد)	۳/۴۰	۳۶/۴۰	۲۵/۷۵	۳۳/۰۰	۳۲/۰۷	۸/۲۶	۲/۴۹
سیلت (درصد)	۳۱/۶۰	۴۵/۲۰	۳۸/۴۹	۱۳/۶۰	۱۰/۹۶	۴/۲۲	۱/۲۷
شن (درصد)	۲۸/۴۰	۴۰/۰۰	۳۴/۲۴	۱۱/۶۰	۸/۳۹	۲/۸۷	۰/۸۷
ماده آلی (درصد)	۰/۱۷	۱/۶۵	۰/۸۲	۱/۴۸	۶۲/۲۹	۰/۵۱	۰/۱۵
آهک (درصد)	۵۸/۱۰	۶۵/۰۰	۶۰/۷۷	۲۶/۹۰	۱۱/۱۱	۷/۸۷	۲/۳۷
اسیدیته	۷/۱۰	۷/۳۰	۷/۱۹	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۰۵	۰/۰۲
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۴۰	۱/۹۰	۱/۷۱	۰/۵۰	۱۱/۰۸	۰/۱۹	۱۱/۰۸

[1] Wet Sieving

پایداری خاکدانه

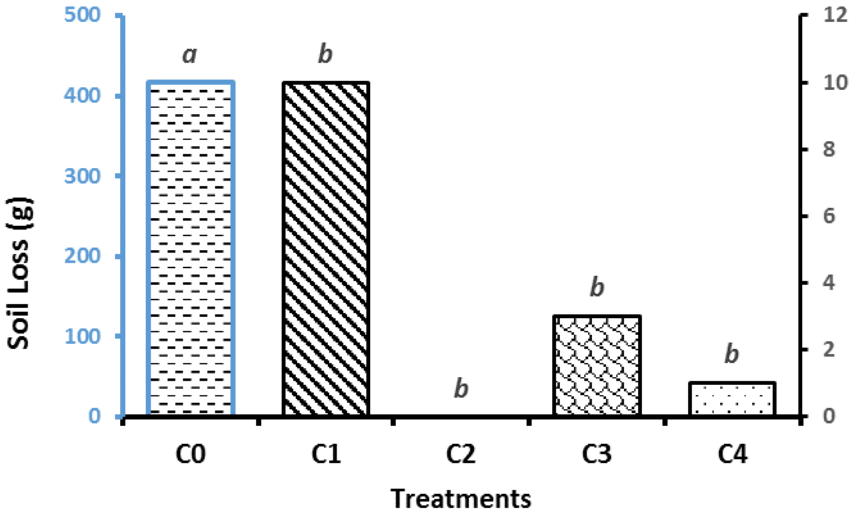
بر اساس شکل ۳، بیشترین و کمترین پایداری خاکدانه به طور معنی‌داری ($P<0.05$) به ترتیب مربوط به تیمار C4 با ۸۵ درصد و شاهد C_0 با ۱۸ درصد پایداری خاکدانه است. در بین تیمارهایی که در آنها از خاک‌پوش PVA استفاده شد، تیمارهای C_3 و C_4 نسبت به تیمارهای C_1 و C_2 پایداری بیشتری از خود نشان دادند.



شکل۳: پایداری خاکدانه‌ها برای تیمارهای مختلف خاک‌پوش پلیمری

آزمون تونل باد

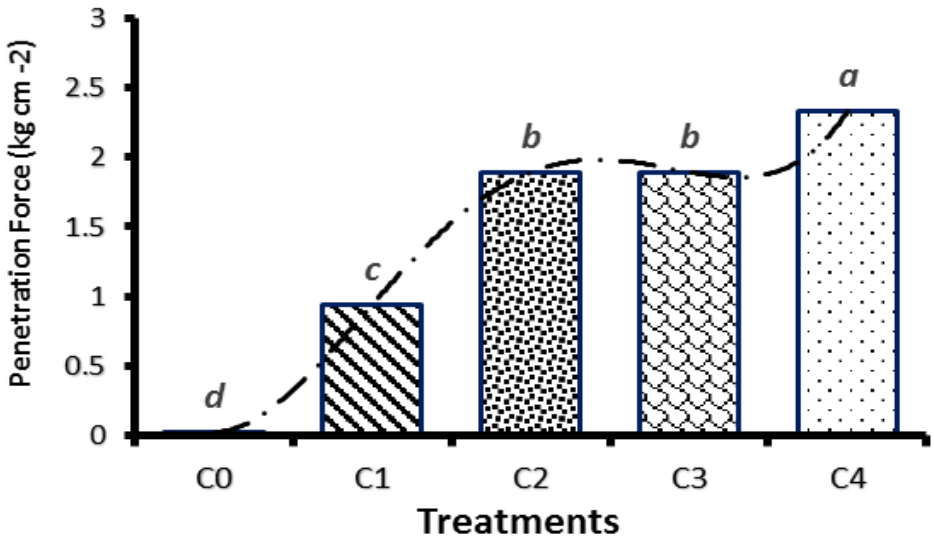
شکل ۴، اثر تیمارهای مختلف پلیمر پلی‌وینیل استات را در کنترل میزان فرسایش بادی (هدر روی خاک) به صورت آزمایشگاهی در تونل باد نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، تیمار شاهد (C0) یا بدون خاک‌پوش با سایر تیمارها (با خاک‌پوش) در سطوح مختلف، در سطح پنج درصد به طور معنی‌داری بیشترین هدر روی خاک را نشان داد. میزان هدر روی خاک در بین سایر تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت.



شکل ۴: میزان هدرروی خاک در تونل باد برای تیمارهای مختلف با خاک‌پوش پلی‌وینیل استات (تیمار C0 به دلیل مقادیر بیشتر در نمودار عمودی دوم (۰-۵۰۰) و سایر تیمارها در نمودار عمودی (۰-۱۲) نشان داده شد)

مقاومت فشاری

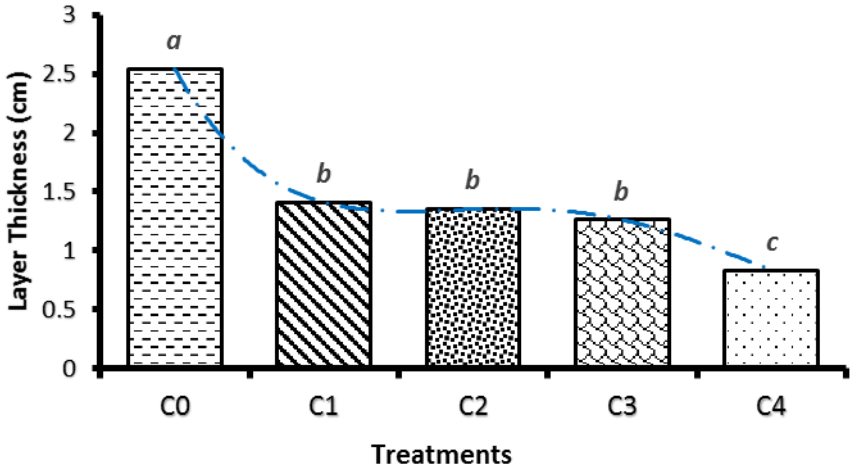
همان‌گونه که در نمودار ستونی شکل ۵ مشخص است، تیمار C_4 با مقدار ۲/۴ kg/cm^2 به‌طور معنی‌داری در سطح پنج درصد در برابر دستگاه پنترومتر، بیشترین مقاومت فشاری را نسبت به سایر تیمارها با غلظت‌های مختلف و تیمار شاهد از خود نشان داد. همچنین این تغییرات، از تیمار شاهد به سمت تیمار C_4 روند افزایشی داشت.



شکل۵: مقاومت فشاری برای تیمارهای مختلف با خاک‌پوش پلی‌وینیل استات

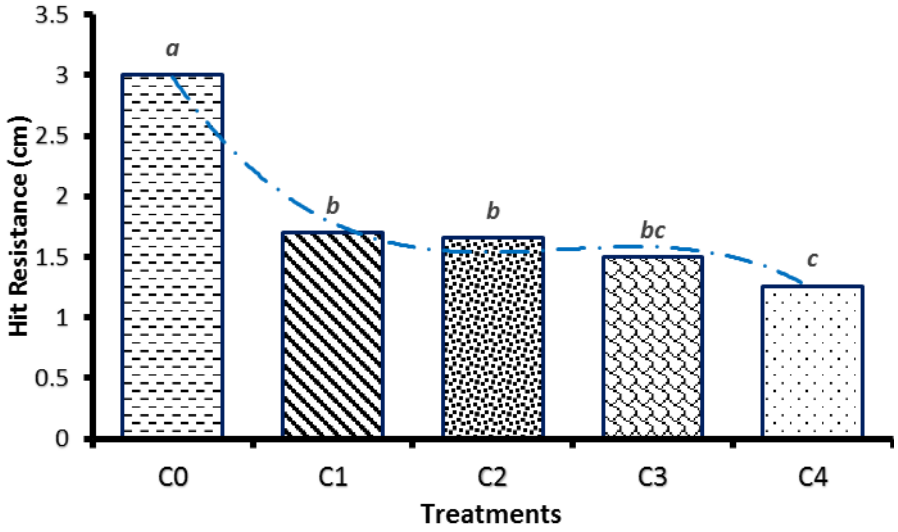
میزان نفوذ و مقاومت به ضربه

بیشترین و کمترین ضخامت لایه، به ترتیب در تیمار شاهد (C_0= 2.5 cm) و تیمار (C_4= 1cm) مشاهده شد و از لحاظ آماری، این تفاوت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود" اما بین سطوح ۱، ۱/۵ و ۲ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین با افزایش غلظت پلیمر، روند ضخامت لایه به صورت نمایی کاهش یافت (شکل ۶).



شکل ۶: ضخامت لایهٔ سطحی برای تیمارهای مختلف با خاک‌پوش پلی‌وینیل استات

بر اساس شکل ۷ با افزایش غلظت پلیمر پلی‌وینیل استات، میزان مقامت به ضربه کاهش یافت؛ به طوری که کمترین مقاومت به ضربه در تیمار شاهد (سه سانتی‌متر نفوذ میله در خاک) و بیشترین مقاومت به ضربه، به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) در تیمار C_4 با مقدار ۱/۳۵ سانتی‌متر نفوذ در خاک مشاهده شد. میزان مقاومت به ضربه بین تیمارهای ۱، ۱/۵ و ۲ درصد، اختلاف معنی‌داری با هم نداشت؛ اما اختلاف این سطوح با شاهد در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.



شکل۷: مقاومت به ضربه برای تیمارهای مختلف (خاک‌پوش پلیمری)

۵ ـ بحث و نتیجه‌گیری

یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک ــ که می‌تواند از خاک یک منطقه در برابر فرسایش و نیروهای فرساینده مانند باد و باران محافظت کند ــ پایداری خاکدانه‌ها است (Weil and Brady, 2017). بر اساس نتایج حاصل از آزمون پایداری خاکدانه با افزایش غلظت پلیمر پلی‌وینیل استات بر خاک سطحی، این ویژگی نسبت به تیمارهای با غلظت کمتر به خصوص نمونهٔ شاهد به طور معنی‌داری بهبود یافت. پلیمرها باعث اتصال ذرات اولیهٔ خاک به یکدیگر می‌شود و ذرات ثانویه یا خاکدانه‌های درشت‌تری را به وجود می‌آورد که در واقع، به افزایش پایداری خاکدانه‌ها منجر می‌شود. مکانیسم عمل بدین صورت است که پس از رقیق شدن مواد پلیمری در آب و پاشیدن آن بر روی خاک، در مجاورت با هوا شاخه‌های گستردهٔ پلیمری را تشکیل می‌دهد که در نتیجه می‌تواند با ایجاد پیوند بین ذرات خاک، به افزایش مقاومت ذرات در مقابل فرسایش منجر شود (Movahedan et al, 2011). نتایج این تحقیق با نتایج Ayobi و همکاران (2019) ــ آن جایی که تیمار پلی‌وینیل استات و رس بنتونیت به افزایش پایداری خاکدانه‌ها نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی به ویژه شاهد منجر می‌شود ــ همخوانی داشت.

یکی از آزمون‌های رایج در مطالعات فرسایش بادی، بررسی میزان هدرروی خاک با استفاده از شبیه‌ساز تونل باد است (Ekhtesasi et al, 2003) که در تحقیق حاضر، از این آزمون معتبر برای بررسی تأثیر خاک‌پوش پلیمری بر فرسایش خاک استفاده شد. مانند سایر پژوهش‌ها (Ayobi et al, 2019 & Bazgir and Namdar Khojasteh, 2019 & Mombeni et al, 2021) نتیجهٔ این آزمون نشان داد که کمترین هدرروی خاک، هنگام استفاده از مالچ پلیمری نسبت به تیمار شاهد است که دلیل آن را می‌توان به پوشاندن سطح خاک توسط خاک‌پوش پلی‌وینیل استات و ممانعت از

تماس مستقیم باد با سطح خاک نسبت داد. البته میزان هدر روی خاک در بین سایر تیمارها (به جز شاهد) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت که این امر نشان می‌دهد افزایش غلظت بر هدر روی خاک تأثیری ندارد و می‌توان با در نظر گرفتن غلظت متعادل مالچ پلیمری از فرسایش خاک جلوگیری کرد.

مقاومت فشاری خاک به‌طور مستقیم به عوامل سیمانی‌کننده بستگی دارد؛ هر چه عوامل اتصال ذرات در خاک بیشتر باشد، مقاومت فشاری در خاک بیشتر و سرعت آستانه فرسایش بادی افزایش می‌یابد. برای مثال، Zohrabi و همکاران (2019) گزارش دادند که هر چه میزان آهک در خاک بیشتر باشد، به دلیل چسبندگی بیشتر ذرات خاک توسط کلسیم، مقاومت فشاری افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد؛ به طوری که تیمار C_4 با بیشترین غلظت، بیشترین مقاومت فشاری را نشان می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از آزمایش‌های مقاومت فشاری توسط Abasi و همکاران (2017) نشان داد که افزودن پلیمر به خاک باعث افزایش مقاومت فشاری نمونه‌ها می‌شود؛ به طوری که این تأثیر بسته به بافت خاک، از پانزده درصد برای نمونه‌های رسی تا حدود چهارصد درصد برای نمونه‌های شنی متفاوت است.

یکی از شاخص‌های بسیار مهم در انتخاب نوع خاک‌پوش، میزان نفوذپذیری و ویسکوزیته آن است. این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت پلیمر (پلی‌وینیل استات) با وجود افزایش میزان مقاومت به ضربه، کاهش هدر رفت خاک و مقاومت فشاری، میزان نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد و خاک‌پوش فقط در لایهٔ سطحی جمع می‌شود که به مرور زمان از بین می‌رود. بیشترین نفوذ و ضخامت لایه، در تیمار شاهد و کمترین، در تیمار ۲/۵ درصد مشاهده شد. بیشترین مقاومت به ضربه نیز در تیمار ۲/۵ درصد و کمترین در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج این دو شاخص به خوبی نشان می‌دهد که با افزایش میزان نفوذ، شاخص مقاومت به ضربه کاهش می‌یابد و با وجود ضخامت لایهٔ کمتر در سطح ۲/۵ درصد، مقاومت فشاری این سطح در مقایسه با سطوح دیگر افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات دیگر بر روی این پلیمر نشان داد که افزودن ۲۵ گرم در مترمربع از این پلیمر، میزان فرسایش بادی را در نمونه‌های ماسه‌بادی به صفر و در خاک‌هایی با بافت سنگین و متوسط، حداقل نود درصد کاهش می‌دهد (Movahedian et al, 2011). نتایج تحقیقات Avecilla و همکاران (2016) بر روی پلی‌وینیل استات با غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ۱۰ درصد نشان داد که مقاومت به ضربه و مقاومت فشاری در تمام غلظت‌های پلیمر نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته و به طورکلی، استفاده از پلیمر در غلظت دو درصد، تلفات خاک را در پایین‌ترین سطح نگه داشته‌است. بنابراین برای استفاده از این پلیمر، باید میزان غلظت و ویسکوزیته قابل توجه قرار گیرد تا از مشکلات بعدی نظیر رواناب و سیلاب جلوگیری شود.

به طور کلی، نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که خاک‌پوش پلیمری بر پایهٔ پلی‌وینیل استات با غلظت ۲ تا ۲/۵ درصد، به افزایش پایداری خاکدانه‌ها و مقاومت فشاری در شرایط آزمایشگاهی منجر می‌شود. همچنین از لحاظ میزان فرسایش خاک، پلی‌وینیل استات با ایجاد یک لایهٔ سطحی بر روی سطح خاک مانع برخورد مستقیم باد می‌شود و از هدرروی خاک جلوگیری می‌کند؛ هرچند که در بین تیمارهای مختلف آن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشود. از سوی دیگر، این خاک‌پوش با اتصال ذرات خاک به یکدیگر و نفوذ به درون خاک، به افزایش مقاومت فشاری خاک منجر می‌شود و بدین وسیله می‌تواند تا حد زیادی در کنترل گرد و غبار مؤثر باشد. در مجموع، پلیمر پلی‌وینیل استات با ایجاد شرایط فیزیکی و مکانیکی مناسب می‌تواند به عنوان خاک‌پوش استفاده شود؛ هرچند استفادهٔ کاربردی از آن به

ویژه در عرصه‌های طبیعی و جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی این نوع خاک‌پوش، به آزمایش‌های بیشتری نیازمند است.

منابع

1. Abasi, N.; Movahedan, M.; & M. Keramati, 2017. Application of synthetic Polymer for Stabilization of Soils, *Watershed Management Research*, 29(1), 107-117. (In Persian)
2. Amarloei, A.; Jonidi Jafari, A.; Asilian Mahabadi, H.; & K. Asadollahi, 2014.The Evaluation of PM10, PM2.5 and PM1, Concentration during Dust Storm Events in Ilam city, from Mar 2013 through Feb 2014, *Journal of Ilam University of Medical Sciences*, 22(4), 240-259. (In Persian)
3. Avecilla, F.; Ramirez Haberkon, N. B.; Aimar, S. B.; & D. E. Buschiazzo, 2016. Wind erosion control with an artificial stabilizer in an ustic torripsamment, *Ciencia del Suelo*, 34(2), 349-354.
4. Ayobi, Sh.; Phaizi, Z.; Mosadeghi, M. R.; & A. A. Basalatpoor, 2019. The study of effect biochar, bentonite clay, and polyvinyl acetate mulches application on some physical and mechanical loess sediment, *Agricultural Engineering Journal*, 41(2), 83-97. (In Persian)
5. Ekhtesasi, M. R.; Akhavan Ghalibaf, M.; Azimzadeh, H. R.; & M. H. Emtehan, 2013. Effects of Salts on Potential Erodibility of Soil by Wind Tunnel Simulator Device, *Iranian Journal of Natural Resources*, 56(1), 17-28. (In Persian)
6. Jahanthigh, M.; Najafinejad, A.; Jahantigh, M.; & M. Hosseinalizadeh, 2021. The Long Term Effects of Sand Mulch and Nanoclay on Physicochemical Properties and some Erodibility Index in Arid Areas (Case Study: Nimroze of Sistan Area), *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*, 44(4), 16-34. (In Persian)
7. Khadedi, k., 2014. Economic Loss of Dust Storms in Iran West Provinces Case Study of Ilam, Khuzestan and Kermanshah, *Journal of Economic Modelling*, 3(23), 105-125. (In Persian)
8. Kumari, M.; Chacraborty, D.; Gathala, M. K.; Pathak, H.; Dwivedy, B. S.; Tomar, R. K.; Garg, R. N.; Singh, R.; & J. K. Ladha, 2011. Soil Aggregation and Associated Organic Carbon Fractions as Affected by Tillage in a Rice– Wheat Rotation in North India, *Soil Sci. Soc. Am. J*, 75, 560-567.
9. Mombeni, M.; Asgari, H. R.; Mohammadian Behbahani, A.; Zare, S.; & H. yousefi, 2021. Investigation of Mechanical Behavior of Inflatable Sand Using Malass and Black Liqueur, *Journal of Range & Watershed Management*, 72(4), 1061-1073. (In Persian)
10. Movahedan, M.; Abbasi, N.; & M. Keramati, 2010. Experimental investigation of polyvinyl acetate polymer application for wind erosion control of soils, *Journal of Water and Soil*, 25, 606-616. (In Persian)
11. Musick, H. B., 1999. Field monitoring of vegetation characteristics related to surface changes in the Yuma Desert, Arizona, and at the Jornada Experimental Range in the Chihuahuan Desert, New Mexico, *US Geological Survey Professional Paper*, 1598, 71-84.
12. Nooralivand, F., & A. Farrokhian Firouzi., 2020. Investigation of Modified Biochar, Nanoclay and Polyvinyl Acetate on Soil Stabilization and Wind Erosion Control of Sandy and Loamy Sand Soils. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 51(4), 923-935. (In Persian)
13. Refahee, H., 2011. Wind erosion and control. 6th edition, University of Tehran publication, 320 p. (In Persian)
14. Roushani Nia, F.; Naji, H. R.; Bazgir, M.; & M. Naderi, 2018. Effect of Simulated Dust Storm on some Bio-chemical features of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.), *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*, 18(29), 59-73. (In Persian)
15. Stockton, P., & Gillette D., (1990). Field measurement of the sheltering effect of vegetation on erodible land surfaces. *Land Degradation*. 2(2), 77-85.

16. Zarinkafsh, M., 1993. Applied soil science, University of Tehran Publication, 247p. (In Persian)
17. Zohrabi, S.; Khosarvi, H.; Mesbahzadeh, T.; Jafari, M.; & M. Dastorani, 2019. Investigating wind erosion threshold velocity and the effect of soil characteristics in dust production centers in Alborz province, *Arid Regions Geographic Studies*, 10 (38), 13-1. (In Persian)
18. Weil, R. R., & N. C. Brady., (2017). The nature and properties of soils. Pearson Education Limited, 1105p.

Evaluation of the Efficiency of Biocompatible Polymer in Reducing Dust Storms in Laboratory Conditions

Masoud Bazgir[1]: *Associate professor, Soil and Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam*
Davood Namdar Khojasteh**:** *Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran*
Manochehr Mohammad Hosseini**:** *Graduated student, Soil and Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam*
Mahmood Rostaminia**:** *Associate professor, Soil and Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam*
Majid Abdouss**:** *Professor, Organic Chemistry Department, Faculty of Chemistry, Amirkabir University of Technology, Tehran*

Article History (Received: 2022/04/06 Accepted: 2022/09/09)

20.1001.1.22517812.1401.12.4.11.2

Extended abstract

1- Introduction:

Dust storm is a great challenge worldwide, especially in Iran. West and southwest regions of Iran are more exposed to dust storms due to their geographical position and neighboring countries such as Iraq, Syria, Jordan, Yemen, and Saudi Arabia. Today, scientists have proposed different ways to control wind erosion and dust storm; for instance, construction of live and non-living windbreaks to decrease wind velocity near the ground or covering soil surface through natural or chemical materials to prevent soil particles removal by winds in different intensities. Chemical polymers are one of the most effective methods to reduce soil erosion and dust. In recent decades, using synthetic polymers such as polyvinyl acetate has been considered in order to increase aggregate stability and soil stabilization. These polymers bind the soil particles to make larger aggregates and consequently increase aggregate stability. Moreover, the investigation of different mulches efficiency is essential in dust storm control and sand dune fixation. Therefore, the aim of this project was evaluating the efficiency of biocompatible polymer to decrease dust storms in laboratory conditions.

2- Methodology

This project was conducted near Mehran city (Mohsen Abad plain) in Ilam province in 2019. In order to perform soil physical and chemical analyses, soil sampling was randomly carried out from soil surface (0-30 cm) in different places in the study area. These analyses consist of soil texture, soil saturation moisture, soil pH, EC, lime, soil organic matter, and aggregate stability. Moreover, to evaluate polyvinyl acetate, soil loss by wind tunnel, compressive strength, penetration and impact resistance are tested on samples. In this regard, soil samples collected in the study area were poured in trays with 35× 35× 3 cm dimensions. By considering four levels of polymer (C1=1, C2=1.5, C3=2, and C4=2.5 percent) with control (C0) in three replicates, 30 treatments were prepared. In order to evaluate polyvinyl acetate mulch, all tests consist of a wind tunnel simulator test, aggregate stability, permeability and impact resistance were performed after 28 days, and the results were studied. The data were analyzed by conducting one-way analysis of variance (ANOVA) and means comparisons were calculated by using Duncan test at significance levels of $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$.

3- Results

According to the results, the most and the least aggregate stability were observed significantly ($P<0.05$) in C4 treatment with 85 % and control with 18 %, respectively. The wind tunnel test showed that the highest soil loss belongs to control treatment (C0 =without mulch) with significant differences from other treatments. In

[1] **Corresponding Author**: **m.bazgir@ilam.ac.ir**

terms of compressive strength, C4 treatment with 2.4 kg/cm2 had the highest compressive strength against the penetrometer device compared to other treatments. In addition, the result showed that by increasing the polymer concentration, the penetration rate of polyvinyl acetate polymer significantly decreased into the soil. Furthermore, increasing the polymer concentration, increased impact resistance compared to the control. In addition, based on the results, hit resistance rose by increasing polyvinyl acetate concentration so that the least and the highest hit resistance were observed for control treatment (C0: 3 cm penetration in the soil surface) and C4 (1.35 cm penetration in the soil surface) treatment, respectively.

4- Discussion & Conclusions

One of the important soil physical properties is aggregate stability which can protect soil against erosion and erosive forces such as wind and rain. Based on the results of aggregate stability test, by increasing polyvinyl acetate concentration on soil surface, this factor improved significantly. Polymers bind primary soil particles together to form secondary particles or larger aggregates, which in turn increase aggregate stability. In soil conservation studies, wind tunnel simulation is used to monitor different mulch effects on wind erosion. In this study, the least soil loss is found when polymer is used, the reason can be explained by the fact that polyvinyl acetate cover soil surface and avoid wind contact with soil surface directly. Soil compressive strength depends on cementing agents directly and PVA in this study acted as a connection agent for soil particles. Based on the results, by increasing PVA amount, the compressive strength of the soil increased. Based on the given results of this research, polyvinyl acetate mulch from 2 to 2.5 concentration percent increases compressive strength and aggregate stability in laboratory conditions. Furthermore, this polymer attaches soil particles together and penetrates in the soil to increase compressive strength and influence dust storm control. In general, polyvinyl acetate polymer can be used as a suitable mulch by creating a good physical and mechanical conditions in the soil. Nevertheless, it should be considered that these results have been obtained in the laboratory conditions. So, for application of PVA in the natural ecosystem such as arid land conducting further is research required.

Key Words: Ilam, Aggregate stability, Wind tunnel, Mulch, Wind erosion.