نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۷-۳۰
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2020.17146.1830

اثرات تیمارهای ضد غبار بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مجاور جاده‌های جنگلی

*آیدین پارساخو[۱]، سیدعطاله حسینی[۲]، مجید لطفعلیان[۳]، جهانگیر محمدی[۱] و میثم سالاری‌جزی[۴]

[۱]استادیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران،
[۳]استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،
[۴]استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: گردوغبار پدیده‌ای است که در نتیجه تردد وسایل نقلیه از سطح خشک جاده‌های خاکی ایجاد می‌شود. ذرات گردوغبار می‌تواند اثرات مخربی روی رشد گیاهان، کیفیت آب و دوام جاده‌ها داشته باشد. هدف این مطالعه، بررسی کارایی برخی تیمارهای ضد غبار سازگار با محیط‌زیست شامل تیمارهای ملاس نیشکر، پلی‌اکریل‌آمید و بنتونیت در غلظت‌های مختلف به‌منظور کنترل گردوغبار جاده‌ها در بازه‌های زمانی ۳، ۹، ۲۷ و ۸۱ روزه بود.

مواد و روش‌ها: در هر یک از جنگل‌های لوه، کوهمیان و شصت‌کلا در استان گلستان، یک قطعه ۹۶۰ متری از جاده‌های جنگلی درجه یک در نظر گرفته‌شده و در آن تیمارهای مختلف ملاس نیشکر، پلی‌اکریل‌آمید و بنتونیت هر یک در مسافتی به طول ۳۲۰ متر و هر غلظت در هر تیمار در مسافتی به طول ۶۰ متر به اجرا درآمد. پیاده‌سازی تیمارها توسط سامانه پاشش محلول‌های ضدغبار متشکل از ۸ نازل با نرخ پاشش ۲/۵-۲ لیتر در مترمربع انجام شد. برای جمع‌آوری نمونه‌های گردوغبار، دستگاه مکنده غبار مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌برداری گردوغبار هم‌زمان با عبور وسیله نقلیه با سرعت یکنواخت ۴۰ کیلومتر در ساعت انجام شد. هم‌چنین تعدادی نمونه خاک از حاشیه جاده جهت اندازه‌گیری تغییرات میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و اسیدیته خاک در نتیجه آبشویی مواد ضد غبار جمع‌آوری گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک آزمایش فاکتوریل به اجرا درآمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقدار گردوغبار جاده‌های جنگلی با افزایش غلظت تیمارهای ضد غبار کاهش و با گذر زمان افزایش یافت. در جاده‌های جنگلی لوه مناسب‌ترین تیمارها برای کنترل گردوغبار، تیمار پلی‌اکریل‌آمید با غلظت ۶ درصد و تیمار ملاس نیشکر با غلظت ۲۰ درصد بود، ولی تیمار بنتونیت به‌دلیل درصد بالای ریزدانه در مصالح روسازی، کارایی نداشت. در جاده‌های جنگلی کوهمیان تیمارهای پلی‌اکریل‌آمید با غلظت ۴ درصد و ملاس با غلظت ۲۰ درصد و در جاده‌های جنگلی شصت‌کلا تیمار پلی‌اکریل‌آمید ۲ درصد مناسب‌ترین تیمارها بودند. بنتونیت سبب افزایش مقدار منیزیم و pH خاک حاشیه جاده شد. ملاس سبب افزایش مقدار پتاسیم خاک و هم‌چنین کاهش pH شد. در سایر موارد اثر معنی‌داری از سوی تیمارها بر غلظت عناصر خاک حاشیه جاده مشاهده نشد.

* مسئول مکاتبه: aidinparsakhoo@yahoo.com

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها، ملاس نیشکر در مناطقی که درصد ریزدانه مصالح رویه زیاد است، توانست مؤثرتر عمل کند؛ اما در جاده‌هایی که درصد ریزدانه پایین است، پلی‌اکریل‌آمید تیمار مؤثر و مقرون‌به‌صرفه‌تری نسبت به ملاس و بنتونیت می‌باشد. این افزودنی‌ها به‌دلیل کم بودن مقدار آن‌ها، تأثیری بر ترکیبات شیمیایی خاک حاشیه جاده‌ها نداشتند. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی ماندگاری غلظت‌های مختلف این تیمارها در جاده‌های اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک کشور و اثر تیمارها بر کیفیت آب‌های جاری مورد بررسی و توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بنتونیت، پلی‌اکریل‌آمید، عناصر خاک، گردوغبار جاده، ملاس نیشکر

مقدمه

شبکه جاده‌های جنگلی در طرح‌های جنگل‌داری، به‌عنوان تأسیسات زیربنایی در مدیریت، گردشگری، حفاظت و احیای جنگل‌ها نقش حیاتی دارد. این جاده‌ها معمولاً فاقد رویه آسفالته و بتنی بوده و بیش‌تر دارای رویه‌ای از مصالح رودخانه‌ای و یا کوهی می‌باشند (۱۲). یک جاده شن‌ریزی شده در حالت استاندارد متشکل از ۸۰-۴۰ درصد شن، ۶۰-۲۰ درصد ماسه و ۱۵-۸ درصد ریزدانه‌هایی چون سیلت و رس می‌باشد (۱۵). مشکل عمده این جاده‌ها به‌ویژه در فصل تابستان، تولید گردوغبار در اثر تردد وسایل نقلیه است که به‌صورت ابری از غبار در پشت وسایل نقلیه شکل می‌گیرد و باعث ایجاد ناراحتی و مزاحمت برای گردشگران (۱۷)، کاهش میدان دید خودروهای پشت‌سری و کاهش ایمنی تردد می‌شود. ذرات گردوغبار، ذراتی با قطر کم‌تر از ۱۵۰ میکرومتر می‌باشند (۲). فرونشستن غبار و ذرات معلق روی جلوبندی وسایل نقلیه سبب افزایش هزینه سوخت، زمان حرکت و استهلاک خودرو می‌گردد (۹). سایر اثرات منفی گردوغبار عبارت‌اند از آسیب به سلامت افراد، اختلال در روند طبیعی تبادلات گازی گیاهان و دریافت نور (به‌دلیل نفوذ غبار در روزنه‌های برگ گیاهان حاشیه جاده و بسته شدن آن‌ها)، کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش محصول (۱۰)، کاهش رشد گیاهان، آلودگی آب و زیستگاه‌های آبی، از دست رفتن ریزدانه‌ها و در نتیجه تخریب روسازی (۱۲) و افزایش هزینه مرمت و نگهداری جاده (۱۶). مقدار تولید گردوغبار به عوامل مختلفی مانند میزان ترافیک، وزن وسایل نقلیه، سرعت وسایل نقلیه (۱۴ و ۲۱)، میزان تراکم لایه روسازی جاده (۱۸)، درصد حضور ذرات ریز (کوچک‌تر از ۷۵ میکرومتر) در مصالح رویه، رطوبت و توپوگرافی وابسته است (۱۰). مشاهدات نشان داده است که فرآیند انتشار غبار در سرعت آستانه حدود ۳۵-۲۵ کیلومتر در ساعت به وقوع می‌پیوندد (۱۶، ۲۶ و ۲۸).

مواد ضد غبار موجب گردآمدن و کلوخه شدن ذرات ریز، چسبیدن ذرات سطحی به یکدیگر و افزایش تراکم سطح جاده می‌شود (۵). برخی ترکیبات ضد غبار مانند فرآورده‌های نفتی (نفت کوره یا مازوت)، لیگنوسولفونات، کلرید کلسیم و کلرید منیزیم قادرند تولید گردوغبار را تا ۹۰ درصد کاهش دهند (۲۶)؛ اما به‌دلیل آثار مخرب زیست‌محیطی برای مبارزه با غبار جاده‌های جنگلی مناسب نمی‌باشند (۲۰). پاشیدن مصالح با دانه‌بندی مناسب روی سطح جاده نیز می‌تواند در کاهش گردوغبار مؤثر واقع شود (۶). ملاس نیشکر شیره قهوه‌ای‌رنگ و غلیظی است که پس از استحصال مواد قندی موجود در ساقه نیشکر از آن به‌جا می‌ماند. این ماده به‌عنوان بایندر (چسباننده) ذرات ریز سطح روسازی جاده را به یکدیگر می‌چسباند و از این طریق جلوی گردوغبار را

می‌گیرد. ملاس فاقد هر گونه آثار منفی زیست‌محیطی است (۳ و ۱۵). استفاده از مالچ‌های بسپاری بر پایه اکریل‌آمید نیز به‌دلیل دوستدار محیط‌زیست بودن، ایمنی و قیمت ارزان آن‌ها در حال گسترش است (٤، ۸ و ۲۵). پلی‌اکریل‌آمیدها، بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلایندگی در آب‌های سطحی و زیرزمینی، بافت‌های گیاهی و خاک هستند (۲۲). بنتونیت‌ها دارای تورم‌پذیری مناسب، چسبندگی و قدرت جذب رطوبت بسیار بالا بوده و فاقد مواد شیمیایی و سازگار با محیط‌زیست هستند (۲۹). اومانی و همکاران (۲۰۱۸) طی پژوهشی در جاده‌های غیرآسفالته شهر ادمونتون کانادا اثر تیمارهای آب (به‌عنوان شاهد با میزان کلر ۱/۹٦ میلی‌گرم در لیتر، سختی ۱۸۱ میلی‌گرم در لیتر در قالب آهک و کربن آلی ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر)، محلول نمک (سدیم به‌میزان ۱٦ میلی‌گرم در لیتر، فلوراید ۰/۷ میلی‌گرم در لیتر با pH ۷/۷)، عامل عاری از کلراید با محدود pH ۹–۸، مواد پلیمری با محدود pH ۹–۸ و ملاس طبیعی (۱۱ گرم قند، ١٤ گرم کربوهیدرات و ۱ گرم پروتئین در ۳۵۰ گرم ملاس خالص) را در یک چارچوب زمانی ۷۲ ساعته بر کاهش گردوغبار جاده‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد که محلول نمک، محلول عاری از کلراید، محلول پلیمری و محلول ملاس عملکرد بهتری نسبت به آب داشته و همگی دارای بیش از ۹۹ درصد قابلیت کنترل غبار بودند (۲۷). مطالعات اندکی در خصوص تأثیر بنتونیت بر گردوغبار جاده‌ها انجام شده است. برگیسون و بروکا (۱۹۹٦) از مونت‌موریلونیت سدیم‌دار یا بنتونیت به غلظت ۰/۵ تا ۹ درصد برای مبارزه با گردوغبار جاده‌های تگزاس استفاده کردند. نتایج نشان داد که میزان غبار ٤۵ تا ۷۰ درصد کاهش یافت (۵). راوی و همکاران (۲۰۱۵) از غلظت‌های مختلف ملاس برای مقاوم‌سازی مصالح ریزدانه‌دار با شاخص خمیری پایین (CL) و بالا (CH) استفاده نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت ملاس و گذر زمان، مقاومت فشاری و ظرفیت بارگذاری مصالح افزایش یافت. ملاس سبب افزایش ضریب چسبندگی و مقاومت برشی مصالح گردید. البته اثرگذاری ملاس بر خاک با شاخص خمیری بالا به‌دلیل وجود رس زیاد و دشواری نفوذ در ساختمان آن کم‌تر بود (۳۰).

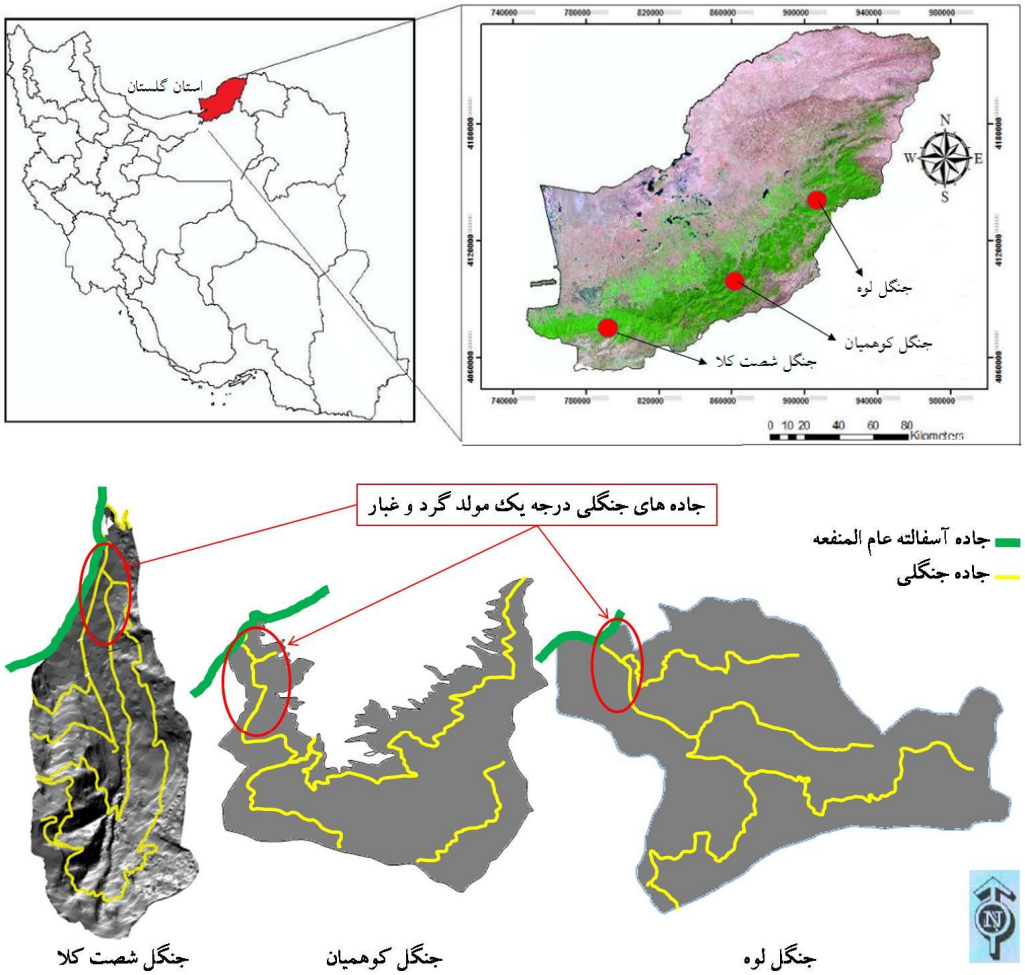
از جمله دلایل تولید گردوغبار در برخی جاده‌های جنگلی استان گلستان مشخصات اقلیم و سازندهای زمین‌شناسی منطقه است. به‌ویژه در نواحی شرقی استان، وجود رسوبات بادی به‌صورت ذرات سیلت و رس و ماسه در بستر خاکی باعث تولید گردوغبار انبوه و در نتیجه تخریب سریع رویه راه می‌گردد. علی‌رغم این‌که تیمارهای ضد غبار مدت زمان طولانی در نقاط مختلف جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در رابطه با ارزیابی کارایی آن‌ها پژوهشی در این منطقه صورت نگرفته است. هر چند که رابطه بین مقاومت/ پایداری جاده و کنترل گردوغبار کاملاً تصدیق شده است، اما پژوهشگران اندکی به‌طور ویژه درباره نرخ کاهش گردوغبار در اثر به‌کارگیری تیمارهای مختلف ضد غبار گزارش ارائه کرده‌اند. پژوهش‌های انجام‌شده نیز بیش‌تر روی جاده‌های با حجم ترافیک بالا و غیرجنگلی تمرکز داشته‌اند و در مورد کنترل غبار جاده‌های با حجم ترافیک پایین مانند جاده‌های جنگلی درجه یک و استفاده از تیمارهای مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست فعالیت چندانی صورت نپذیرفته است. بنابراین در این پژوهش اثر ۳ نوع تیمار ضد غبار با غلظت‌های مختلف شامل تیمارهای ملاس نیشکر، پلی‌اکریل‌آمید و بنتونیت پس از گذشت ۳، ۹، ۲۷ و ۸۱ روز از زمان اجرا روی کاهش گردوغبار جاده‌های جنگلی درجه

یک استان گلستان از طریق مقایسه با تیمار شاهد (مسیر بدون انجام تیمارهای ضد غبار) مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین بررسی اثر تیمارهای ضد غبار بر ویژگی‌های شیمیایی خاک حاشیه جاده‌های جنگلی نیز از ضرورت بالایی برخوردار است که در این طرح تحقیقاتی مورد توجه واقع شد.

مواد و روش‌ها

طرح نمونه‌برداری: این مطالعه در سه منطقه با پراکنش متناسب در جنگل‌های استان گلستان واقع در شمال ایران به اجرا درآمد. ابتدا قسمت‌هایی از جاده‌های جنگلی درجه یک سری‌های لوه، کوهمیان و شصت‌کلاته که به لحاظ تولید گردوغبار دارای مشکلات جدی هستند، به‌صورت تصادفی ساده انتخاب شد (شکل ۱). رویه جاده‌های لوه از مصالح معدنی شنی با دانه‌بندی خوب و حاوی سیلت (GW-GM)، رویه جاده‌های کوهمیان از مصالح رودخانه‌ای GW-GM و رویه جاده‌های شصت کلاته از مصالح رودخانه‌ای شنی با دانه‌بندی خوب (GW) تشکیل شده است. جاده‌های لوه، کوهمیان و شصت‌کلاته به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸٦، ۱۳۷۲ و ۱۳۵۰ ساخته شدند. ضخامت رویه پس از حفر گمانه در ابتدا، انتها و وسط هر قطعه با متر فلزی اندازه‌گیری شد. سپس برای هر تیمار در هر سایت، ۳ نمونه از مصالح رویه (از ابتدا، انتها و وسط هر قطعه) هر یک به وزن ۱۵ کیلوگرم تهیه و به آزمایشگاه مکانیک خاک منتقل شده و در آن‌جا بر اساس استاندارد ASTM-D422 آنالیز دانه‌بندی انجام شد. در هر سایت یک قطعه با طول ۹٦۰ متر از جاده‌های جنگلی درجه یک در نظر گرفته شده و در آن تیمارهای مختلف ملاس نیشکر، پلی‌اکریل‌آمید و بنتونیت هر یک در مسافتی به طول ۳۲۰ متر و هر غلظت در هر تیمار در مسافتی به طول ٦۰ متر به اجرا درآمد (۱۵). اطلاعات کلی مربوط به قطعات جاده مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

پیاده‌سازی تیمارها: تیمارها با غلظت‌های حجمی (نسبت حجم ماده ضد غبار به حجم آبی که در آن حل می‌شود) ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد برای ملاس نیشکر (۷ و ۱۵)، ۲، ٤ و ٦ درصد برای پلی‌اکریل‌آمید (۱۹، ۲۳ و ۳۱) و ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی (نسبت وزن بنتونیت به وزن مصالحی که به آن اضافه می‌شود) برای بنتونیت (۱۱) تهیه شده و با استفاده از سامانه پاشش محلول متشکل از ۸ نازل و مجهز به مخزن و موتورپمپ که به عقب یک وانت لندرور نصب می‌شود به‌میزان ۲/۵–۲ لیتر در مترمربع (۱، ۷، ۱۱ و ۳۲) روی سطح جاده پاشیده شد (شکل ۲– الف). هر غلظت در هر تیمار در قطعه‌ای از جاده به طول ٦۰ متر به‌طور تصادفی به اجرا درآمد. بر اساس مشاهدات میدانی، بین تیمارها حداقل فاصله ۲۰ متر جهت جلوگیری از سرایت گردوغبار از تیماری به تیمار دیگر لحاظ شد. بهترین زمان برای پاشش در فصل گرما در پایان روز می‌باشد تا گرم شدن هوا در روز بعد، محلول حداکثر نفوذ خود را داشته باشد. عمل پاشش محلول در ۷ خردادماه ۱۳۹۸ انجام شد. به‌مدت ۲٤ ساعت تردد وسایل نقلیه انجام نشد تا محلول در خاک جاده نفوذ کند. یک تیمار نیز بدون هر گونه ماده افزودنی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق موردمطالعه.

Figure 1. Geographical position of the study areas.

اندازه‌گیری گردوغبار جاده: به‌منظور ارزیابی عملکرد و ماندگاری تیمارها، نمونه‌برداری گردوغبار با دستگاه مکنده پس از گذشت ۳، ۹، ۲۷ و ۸۱ روز از زمان اجرا (از ۱۰ خردادماه تا ۲۶ مردادماه) انجام شد (۱۳). مکنده غبار نمونه‌بردار سیاری است که امکان اندازه‌گیری فوری مقدار انتشار گردوغبار از جاده‌های جنگلی را تا ارتفاع حداکثر یک متری از کف جاده فراهم می‌سازد (شکل ۲- ب). اندازه‌گیری غبار با این وسیله سریع، قابل تکرار و آسان می‌باشد. این وسیله یک‌رویه یکسان را برای جمع‌آوری و مقایسه داده‌های غبار قسمت‌های مختلف جاده ایجاد می‌کند. به‌عبارت دیگر به کمک این وسیله می‌توان داده‌های زیادی را جمع‌آوری نمود. مکنده مورداستفاده در طرح حاضر که با الگوبرداری از پژوهش ادو و همکاران (۱) توسط شرکت زیست تثبیت پارس پرگاس طراحی و ساخته شد، شامل اجزای زیر است: بوم فلزی یک متری که به سپر عقب وسیله نقلیه نصب می‌شود، موتور برق، پمپ مکنده پرحجم، لوله پلاستیکی انعطاف‌پذیر که پمپ مکنده را به جعبه فیلتر وصل می‌کند. جعبه فیلتر دارای ورودی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بود و توسط فیلتری با روزنه‌های ۴۵۰ میکرومتر پوشانده شده است. این نمره فیلتر (۴۵۰

میکرومتر) مانع از ورود ذرات غیرغبار به جعبه فیلتر می‌شود. برای برداشت نمونه ابتدا وزن اولیه فیلتر اندازه‌گیری می‌شود، سپس مکنده را روشن کرده و هم‌زمان وسیله نقلیه با سرعت یکنواخت ٤٠ کیلومتر در ساعت از روی قطعات تیمار شده حرکت نموده (١٦) و پس از پیمودن ٦٠ متر متوقف و مکنده خاموش می‌شود. در مرحله بعد فیلتر از مکنده خارج شده و وزن آن اندازه‌گیری می‌شود (وزن ثانویه). از تفاضل وزن ثانویه از وزن اولیه فیلتر وزن غبار مکیده شده در هر تردد به‌دست آمد. این عمل برای هر تیمار ٥ بار تکرار و درمجموع ٧٢٠ نمونه برداشت شد.

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مجاور جاده: به‌منظور بررسی اثر تیمارهای ضد غبار بر مقدار اسیدیته، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم خاک حاشیه جاده، نسبت به نمونه‌برداری قبل (٧ خرداد ٩٨) و بعد از دوره ٨١ روزه پژوهش (٢٦ مرداد ٩٨) اقدام گردید. در هر منطقه در حاشیه هر یک از جاده‌های تیمارشده، ٣ خط‌نمونه ٥ متری به‌طور تصادفی پیاده شد و سپس در هر خط‌نمونه، ٥ نمونه خاک با فاصله یک متر از یکدیگر از عمق ١٠-٠ سانتی‌متری برداشت گردید. مقدار اسیدیته خاک با pH متر، مقدار کلسیم از روش تیتراسیون با سود (هیدرو اکسید سدیم)، مقدار منیزیم به کمک اسپکتروفوتومتر جذب اتمی، مقدار پتاسیم توسط استات آمونیوم با اسیدیته ٩ و مقدار سدیم از روش فلیم‌فوتومتری به‌دست آمد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک آزمایش فاکتوریل ٤×٤×٣ به اجرا درآمد. بدین‌ترتیب که عامل (A) نوع ماده ضد غبار در ٣ سطح (ملاس نیشکر، پلی‌اکریل‌آمید و بنتونیت)، عامل (B) غلظت مواد ضد غبار در ٤ سطح و عامل ماندگاری (C) در ٤ سطح (٣، ٩، ٢٧ و ٨١ روز از زمان اجرا) با ٥ تکرار مورد بررسی قرار گرفت؛ بنابراین در کل ٧٢٠ نمونه گردوغبار توسط دستگاه مکنده برداشت شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و تساوی واریانس‌ها با آزمون لون (Levene's test) بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها به روش ANOVA و آزمون مقایسه میانگین‌ها با روش SNK در نرم‌افزار SAS انجام پذیرفت.

شکل ٢- (الف) سامانه پاشش محلول‌های ضد غبار و (ب) دستگاه مکنده غبار.

Figure 2. (a) Anti-dust agent spray system, (b) dust sucker instrument.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای ضد غبار بر مقدار انتشار گردوغبار

جاده‌های جنگلی: نتایج نشان داد که انتشار گردوغبار جاده با افزایش غلظت تیمارهای ضد غبار کاهش و با گذر زمان افزایش یافت که این مسأله در روز هشتاد و یکم کاملاً مشهود است. بولاندر (۱۹۹۹) گزارش کرد که دوام بنتونیت، پلی‌اکریل‌آمید و ملاس حداقل یک سال می‌باشد (۸). به‌نظر می‌رسد وقوع چهار مورد بارندگی در تاریخ‌های نهم و بیست و دوم تیرماه و شانزدهم و بیستم مردادماه سال ۹۸ سبب شستشوی بخشی از تیمارهای ضد غبار شده است و همین موضوع عامل افزایش گردوغبار در روز آخر پژوهش می‌باشد. در منطقه لوه، غلظت‌های مختلف بنتونیت نتوانست انتشار گردوغبار را در بازه ۸۱ روزه کنترل کند. دوام این تیمار در منطقه یادشده کم‌تر از ۸۱ روز بود (جدول ۲). بنتونیت در مناطقی که درصد ریزدانه مصالح روسازی کم باشد می‌تواند مؤثر عمل کند (٦)، حال‌آن‌که مصالح روسازی جاده‌های جنگلی لوه جزو مصالح شنی بد دانه‌بندی‌شده با درصد ریزدانه بالا بودند. در لوه مناسب‌ترین تیمارها برای کنترل گردوغبار جاده‌های جنگلی تیمار پلی‌اکریل‌آمید با غلظت ٦ درصد و تیمار ملاس نیشکر با غلظت ۲۰ درصد بود، زیرا هم مقدار گردوغبار در این تیمارها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود و هم تا روز هشتاد و یکم افزایش معنی‌داری در مقدار گردوغبار مشاهده نشد. در تیمار ۲۰ درصد ملاس، مقدار گردوغبار از ۱۲/۳ گرم در مترمکعب به ۵/۰ گرم در مترمکعب کاهش یافت.

در جنگل کوهمیان مناسب‌ترین تیمارها برای کاهش مقدار گردوغبار مربوط به تیمارهای پلی‌اکریل‌آمید با غلظت ٤ درصد و ملاس با غلظت ۲۰ درصد بود. در تیمار پلی‌اکریل‌آمید ٤ درصد و ملاس ۲۰ درصد مقدار غبار به‌ترتیب از ۱۰/٤ گرم بر مترمکعب به ٤ گرم بر مترمکعب و از ۱۰/٤ گرم بر مترمکعب به ۵ گرم بر مترمکعب در روز ۸۱ تقلیل یافت. در کوهمیان، استفاده از بنتونیت ۳ درصد در کوتاه‌مدت مؤثر بود اما با گذشت زمان این تیمار کارایی خود را از دست داد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های برگیسون و بروکا (۱۹۹٦) و اومانی و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد (۵ و ۲۷). این پژوهشگران دریافتند که اثر بازدارنده تیمارهای ضد غبار با گذشت زمان درنتیجه آبشویی، تبخیر و تردد کاهش می‌یابد.

در شصت‌کلا، تیمار پلی‌اکریل‌آمید ۲ درصد بهترین تیمار برای کاهش گردوغبار بود و مقادیر بیش‌تر اثر معنی‌داری بر مقدار انتشار گردوغبار نداشت. در شصت‌کلا، استفاده از ملاس و بنتونیت در کوتاه‌مدت مؤثر بود اما با گذشت زمان این تیمارها کارایی خود را از دست دادند (جدول ۲). این یافته با نتایج پژوهش گتوسا و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد (۱۵). گتوسا و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی قابلیت ملاس و آب در مقابله با گردوغبار حاصل از جاده‌های شن‌ریزی‌شده و مقایسه آن‌ها با تیمار شاهد در زیمبابوه پرداختند. هر تیمار در قطعه‌ای به طول ۵۰۰ متر و به‌میزان ٤ لیتر در مترمربع به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که متوسط نرخ فرونشست غبار جاده در یک دوره ٦ ماهه بین ۹۹۸/٤٦ تا ٦۱۸٤/۰۲ مگاگرم در مترمربع در ۳۰ روز برآورد شد که با به‌کارگیری ملاس و آب به‌ترتیب ۸۳–۷۷ درصد و ۳۹–۱۸ درصد کاهش در میزان تولید غبار حادث شد (۱۵).

جدول ۱- مشخصات کلی مسیرهای منتخب در سری‌های موردمطالعه.

Table 1. General information of selected routes in study districts.

منطقه موردمطالعه Study area	تیمار Trt	شیب Slope (%)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation at sea level (m)	رطوبت رویه Surface moisture (%)	ضخامت رویه (سانتی‌متر) Surface thickness (cm)	ریزدانه Fines (%)	سنگ‌بستر Bedrock	بارندگی Rainfall (mm)	تاج پوشش Canopy (%)	درجه حرارت Temperature (°C)	اقلیم Climate
لوه Loveh	ملاس	4	300-400	5	15	11	سنگ آهک با لس Lime stone & loose	524	60	12.20	مرطوب Moist
	PAM	5	300-400	4	16	14			65		
	بنتونیت	6	300-400	5	14	12			60		
کوهمیان Kouhmian	ملاس	5	320-420	6	15	9	سنگ‌آهک Lime stone	700	65	16.83	معتدل تا نیمه‌مرطوب Moderate to midmoist
	PAM	4	320-420	6	15	6			60		
	بنتونیت	5	320-420	5	16	7			60		
شصت‌کلاته Shastkalateh	ملاس	4	250-350	6	15	5	ماسه‌سنگ Sand stone	562	55	18.00	معتدل مرطوب Moderate moist
	PAM	5	250-350	5	16	4			65		
	بنتونیت	7	250-350	6	16	5			60		

جدول ۲- اثر متقابل غلظت تیمارهای ضد غبار و دوام تیمارها بر مقدار گردوغبار جاده‌های جنگلی بر حسب گرم در مترمکعب.

Table 2. Interaction effect of anti-dust agent concentration and longevity of treatments on dust of forest roads in g per m^{-3}.

تیمار Treatment	غلظت Dosage (%)		بازه زمانی در لوه (روز) Time in Loveh (day)				بازه زمانی در کوهمیان (روز) Time in Kouhmian (day)				بازه زمانی در شصت‌کلاته (روز) Time in Shastkalateh (day)			
			81	27	9	3	81	27	9	3	81	27	9	3
بنتونیت Bentonite	0	میانگین Mean	12.5^{Aa}	11.9^{Aa}	11.4^{Aa}	12.3^{Aa}	10.1^{Aa}	9.7^{Aa}	9.5^{Aa}	10.4^{Aa}	8.7^{Aa}	9.1^{Aa}	7.9^{Aa}	8.0^{Aa}
		انحراف معیار	0.79	0.79	0.76	0.74	0.82	0.86	0.79	0.76	0.21	0.50	0.43	0.38
	1	میانگین Mean	5.3^{Bb}	6.2^{Bb}	10.5^{Aa}	11.7^{Aa}	4.7^{Bb}	5.4^{Bb}	8.6^{Aa}	9.7^{Aa}	3.3^{Bb}	3.5^{Bb}	4.6^{Bb}	7.0^{Aa}
		انحراف معیار	0.41	0.14	0.91	0.42	0.47	0.32	0.30	0.35	0.37	0.45	0.42	0.29
	2	میانگین Mean	3.8^{Bb}	5.4^{Bb}	5.9^{Bb}	11.0^{Aa}	3.1^{Bb}	4.5^{Bb}	5.4^{Bb}	9.2^{Aa}	2.8^{Bb}	3.0^{Bb}	3.7^{Bb}	5.3^{Ba}
		انحراف معیار	0.57	0.32	0.64	0.96	0.07	0.41	0.40	0.44	0.23	0.28	0.56	0.35
	3	میانگین Mean	3.4^{Bb}	4.1^{Bb}	5.0^{Bb}	10.9^{Aa}	3.0^{Bb}	3.9^{Bb}	4.3^{Bb}	6.1^{Ba}	2.1^{Bb}	2.3^{Bb}	2.6^{Bb}	4.2^{Ba}
		انحراف معیار	0.16	0.22	0.38	0.80	0.35	0.16	0.32	0.37	0.14	0.22	0.29	0.14
پلی‌اکریل‌آمید Polyacrylamide	0	میانگین Mean	12.5^{Aa}	11.9^{Aa}	11.4^{Aa}	12.3^{Aa}	10.1^{Aa}	9.7^{Aa}	9.5^{Aa}	10.4^{Aa}	8.7^{Aa}	9.1^{Aa}	7.9^{Aa}	8.0^{Aa}
		انحراف معیار	0.79	0.79	0.76	0.74	0.82	0.86	0.79	0.76	0.21	0.50	0.43	0.38
	2	میانگین Mean	4.7^{Bb}	5.1^{Bb}	6.1^{Bb}	11.0^{Aa}	2.9^{Bb}	3.3^{Bb}	3.9^{Bb}	9.0^{Aa}	1.8^{Ba}	2.4^{Ba}	3.0^{Ba}	4.1^{Ba}
		انحراف معیار	0.54	0.22	0.16	0.72	0. 07	0.22	0.36	0.25	0.29	0.22	0.37	0.60
	4	میانگین Mean	3.5^{Bb}	4.2^{Bb}	5.5^{Bb}	7.1^{Ba}	2.4^{Ba}	3.2^{Ba}	3.4^{Ba}	4.0^{Ba}	1.5^{Ba}	2.4^{Ba}	2.6^{Ba}	3.5^{Ba}
		انحراف معیار	0.29	0.51	0.45	0.36	0.41	0.19	0.42	0.19	0.07	0.19	0.24	0.37
	6	میانگین Mean	3.0^{Ba}	3.5^{Ba}	4.1^{Ba}	5.6^{Ba}	2.2^{Ba}	2.8^{Ba}	3.3^{Ba}	3.5^{Ba}	1.5^{Ba}	2.0^{Ba}	2.3^{Ba}	2.9^{Ba}
		انحراف معیار	0.49	0.45	0.36	0.35	0.32	0.38	0.12	0.50	0.07	0.07	0.28	0.14
ملاس Molasses	0	میانگین Mean	12.5^{Aa}	11.9^{Aa}	11.4^{Aa}	12.3^{Aa}	10.1^{Aa}	9.7^{Aa}	9.5^{Aa}	10.4^{Aa}	8.7^{Aa}	9.1^{Aa}	7.9^{Aa}	8.0^{Aa}
		انحراف معیار	0.79	0.79	0.76	0.74	0.82	0.86	0.79	0.76	0.21	0.50	0.43	0.38
	5	میانگین Mean	6.0^{Bb}	6.3^{Bb}	8.0^{Bb}	11.1^{Aa}	5.0^{Bb}	5.1^{Bb}	5.8^{Bb}	9.1^{Aa}	3.1^{Bb}	4.4^{Bb}	5.2^{Bb}	7.2^{Aa}
		انحراف معیار	0.61	0.25	1.0	0.53	0.07	0.07	0.72	0.26	0.57	0.56	0.24	0.81
	10	میانگین Mean	3.9^{Cb}	5.0^{Bb}	5.1^{Cb}	7.0^{Ba}	3.1^{Cb}	3.4^{Bb}	4.1^{Bb}	6.4^{Ba}	1.5^{Bb}	2.0^{Cb}	3.6^{Bb}	5.4^{Ba}
		انحراف معیار	0.14	0.19	0.12	0.71	0.19	0.42	0.14	0.42	0.22	0.35	0.46	0.35
	20	میانگین Mean	3.1^{Ca}	4.0^{Ba}	4.1^{Ca}	5.0^{Ca}	3.0^{Ca}	3.1^{Ba}	3.6^{Ba}	5.0^{Ba}	1.1^{Bb}	1.6^{Cb}	2.1^{Bb}	3.9^{Ba}
		انحراف معیار	0.14	0.67	0.17	0.37	0.21	0.22	0.29	0.12	0.16	0.28	0.12	0.41

حروف کوچک مختلف در هر ردیف و حروف بزرگ مختلف در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد است.

Different letters shows significant differences at probability level of 95%.

تأثیر تیمارهای ضد غبار بر خواص شیمیایی خاک مجاور جاده: نتایج نشان داد که افزودن بنتونیت با غلظت‌های مختلف به رویه جاده‌های جنگلی لوه، کوهمیان و شصت‌کلا تأثیر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی خاک حاشیه این جاده‌ها نداشت، به‌جز در مورد منیزیم که در غلظت‌های بالا سبب افزایش معنی‌داری مقدار این عنصر در خاک حاشیه جاده‌ها گردید. منیزیم پس از اکسید سیلیسیم و اکسید آلومینیوم، بیش‌ترین سهم از ترکیب شیمیایی بنتونیت را به خود اختصاص می‌دهد و پدیده آبشویی سطح جاده در نتیجه چهار واقعه بارندگی در طول پژوهش سبب انباشته شدن این عنصر در خاک حاشیه جاده گردیده است. در هر سه منطقه با افزایش غلظت بنتونیت مقدار اسیدیته خاک حاشیه جاده‌ها در مقایسه با شاهد کاهش پیدا کرد. افزودن پلی‌اکریل‌آمید به رویه جاده‌های جنگلی مناطق موردمطالعه، هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر مشخصات شیمیایی خاک حاشیه جاده نداشت که دلیل این موضوع غلظت کم پلی‌اکریل‌آمید به‌کار رفته در این پژوهش است. در هر سه منطقه، مقدار اسیدیته خاک در نتیجه افزودن پلی‌اکریل‌آمید تغییر معنی‌داری پیدا نکرد. اصولاً پلی‌اکریل‌آمیدهای آنیونی دارای pH قلیایی هستند. از آن‌جایی‌که pH پلی‌اکریل‌آمید در حدود pH خاک است، عملاً مقدار کم این ماده هیچ تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته خاک نمی‌گذارد (۲۳). افزودن ملاس نیشکر به رویه جاده‌های جنگلی مناطق موردمطالعه تنها سبب افزایش مقدار پتاسیم خاک حاشیه جاده‌های لوه و کوهمیان و افزایش اسیدیته خاک در کوهمیان و شصت‌کلاته شد (جدول ۳). محمدی ترکاشوند و بریموندی (۲۰۰۹) دریافتند که افزودن ملاس به خاک سبب هیدرولیز Fe_3 و تشدید فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه کاهش pH می‌گردد. هم‌چنین ملاس بر پتاسیم خاک اثر معنی‌دار و قابل‌ملاحظه‌ای داشته و متناسب با مقدار مصرف سبب افزایش پتاسیم خاک می‌شود (۲٤).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش کارایی برخی تیمارهای ضد غبار جاده‌های جنگلی در سه منطقه در استان گلستان و در یک بازه زمانی ۸۱ روزه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس یافته‌ها، ملاس نیشکر در مناطقی که درصد ریزدانه مصالح رویه زیاد است، توانست مؤثرتر عمل کند؛ اما در جاده‌هایی که درصد ریزدانه پایین است، پلی‌اکریل‌آمید تیمار مؤثر و مقرون‌به‌صرفه‌تری نسبت به ملاس و بنتونیت می‌باشد. هم‌چنین ازآنجایی‌که ملاس محصول زیستی بوده و غلظت تیمارهای بنتونیت و پلی‌کریل‌آمید به‌کار رفته در پژوهش نیز کم می‌باشد، بنابراین آبشویی این مواد در طول زمان در مورد بنتونیت سبب افزایش مقدار منیزیم و pH خاک حاشیه جاده و در رابطه با ملاس سبب افزایش مقدار پتاسیم خاک و کاهش pH شد. در حاشیه مسیرهای تیمارشده با پلی‌اکریل‌آمید هیچ تغییری در غلظت عناصر خاک مشاهده نشد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی ماندگاری غلظت‌های مختلف این تیمارها در جاده‌های اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک کشور و اثر تیمارها بر کیفیت آب‌های جاری منطقه مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی که توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به شماره ۹۷۰۰۷۸٦۷ تأمین اعتبار شده است، انجام گرفته است که بدین‌وسیله نگارندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای ضد غبار با غلظت‌های مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی خاک حاشیه جاده‌های جنگلی (پتاسیم و منیزیم بر حسب پی‌پی‌ام و سدیم و کلسیم بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر).

Table 3. Effect of anti-dust agents with different dosages on chemical properties of soil at margin of forest roads (K and Mg in PPM and Na and Ca in meq l^{-1}).

تیمار Treatment	غلظت Dosage (%)		لوه Loveh					کوهمیان Kouhmian					شصت‌کلاته Shast kalateh				
			pH	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم K	سدیم Na	pH	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم K	سدیم Na	pH	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم K	سدیم Na
بنتونیت Bentonite	0	میانگین Mean	6.9^{b}	5800^{b}	5.4^{a}	369^{a}	90^{a}	7.4^{b}	6100^{c}	6.4^{a}	311^{a}	88^{a}	8.0^{b}	5990^{b}	9.4^{a}	311^{a}	78^{a}
		انحراف معیار	0.4	560	0.9	38	5	0.8	590	0.8	43	7	0.6	570	0.8	40	6
	1	میانگین Mean	7.0^{b}	5950^{b}	5.6^{a}	365^{a}	91^{a}	7.4^{b}	6200^{c}	6.4^{a}	314^{a}	89^{a}	8.1^{b}	6050^{b}	9.9^{a}	311^{a}	80^{a}
		انحراف معیار	0.6	400	0.4	38	10	0.6	601	0.7	35	8	0.8	560	0.9	28	8
	2	میانگین Mean	7.2^{b}	6000^{b}	5.8^{a}	369^{a}	93^{a}	7.6^{b}	6390^{b}	6.9^{a}	317^{a}	92^{a}	8.3^{b}	6280^{a}	10.1^{a}	318^{a}	85^{a}
		انحراف معیار	0.8	610	0.6	39	9	0.7	470	0.8	31	9	0.7	595	0.9	30	9
	3	میانگین Mean	7.8^{a}	6400^{a}	6.2^{a}	371^{a}	95^{a}	8.4^{a}	6500^{a}	7.2^{a}	321^{a}	93^{a}	8.8^{a}	6300^{a}	10.4^{a}	325^{a}	86^{a}
		انحراف معیار	0.8	580	0.6	38	9	0.8	550	0.7	32	8	0.9	600	1.0	36	9
پلی‌اکریل‌آمید Polyacrylamide	0	میانگین Mean	6.9^{a}	5800^{a}	5.4^{a}	369^{a}	90^{a}	7.4^{a}	6100^{a}	6.4^{a}	311^{a}	88^{a}	8.0^{a}	5990^{a}	9.4^{a}	311^{a}	78^{a}
		انحراف معیار	0.4	560	0.9	38	5	0.5	590	0.8	43	7	0.6	570	0.8	40	6
	2	میانگین Mean	6.8^{a}	5800^{a}	5.6^{a}	368^{a}	94^{a}	7.5^{a}	6050^{a}	6.6^{a}	314^{a}	90^{a}	8.1^{a}	6000^{a}	9.7^{a}	314^{a}	79^{a}
		انحراف معیار	0.6	560	0.6	36	11	0.6	560	0.7	22	8	0.4	590	8	32	8
	4	میانگین Mean	7.1^{a}	5950^{a}	5.9^{a}	369^{a}	96^{a}	7.7^{a}	6100^{a}	7.0^{a}	318^{a}	92^{a}	8.3^{a}	6000^{a}	9.9^{a}	319^{a}	82^{a}
		انحراف معیار	0.5	620	0.7	31	9	0.5	560	0.6	28	8	0.5	595	7	31	8
	6	میانگین Mean	7.3^{a}	5920^{a}	6.2^{a}	366^{a}	100^{a}	8.0^{a}	6100^{a}	7.3^{a}	321^{a}	93^{a}	8.4^{a}	6100^{a}	10.2^{a}	322^{a}	87^{a}
		انحراف معیار	0.6	590	0.6	32	12	0.7	600	0.6	21	9	0.6	600	9	25	7
ملاس Molasses	0	میانگین Mean	6.9^{a}	5800^{a}	5.4^{a}	369^{b}	90^{a}	7.4^{a}	6100^{a}	6.4^{a}	311^{b}	88^{a}	8.0^{a}	5990^{a}	9.4^{a}	311^{a}	78^{a}
		انحراف معیار	0.4	560	0.9	38	5	0.8	590	0.8	43	7	0.6	570	0.8	40	6
	5	میانگین Mean	6.8^{a}	5790^{a}	5.4^{a}	371^{b}	91^{a}	7.3^{a}	6200^{a}	6.0^{a}	316^{b}	87^{a}	8.0^{a}	6100^{a}	9.7^{a}	315^{a}	73^{a}
		انحراف معیار	0.3	500	0.8	42	7	0.5	610	0.6	37	9	0.7	590	0.5	27	11
	10	میانگین Mean	6.6^{a}	5900^{a}	5.6^{a}	376^{b}	93^{a}	7.0^{a}	6140^{a}	6.4^{a}	322^{b}	90^{a}	7.6^{a}	6150^{a}	9.9^{a}	328^{a}	75^{a}
		انحراف معیار	0.5	580	0.7	38	8	0.5	590	0.9	49	6	0.6	600	0.9	32	9
	20	میانگین Mean	6.0^{a}	5980^{a}	5.3^{a}	395^{a}	87^{a}	6.1^{b}	6150^{a}	6.2^{a}	349^{a}	90^{a}	6.8^{b}	6080^{a}	9.5^{a}	346^{a}	75^{a}
		انحراف معیار	0.2	590	0.6	42	9	0.4	600	0.6	37	7	0.5	610	0.8	43	10

حروف کوچک مختلف در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد است.

Different small letters in a column shows the significant difference at probability level of 95%.

منابع

1. Addo, J.Q., Sanders, T.G., and Chenard, M. 2004. Road dust suppression: effect of maintenance stability, safety and the environment phases 1-3. Mountain-plains consortium (MPC), University Transportation Centers Program (UTCP). 73p.
2. Addo, J.Q., and Sanders, T.G. 1995. Effectiveness and environmental impact of road dust suppressants. MPC Report No. 95-28A. Fargo, ND: Mountain-Plains Consortium. 132p.
3. Adams, J.W. 1988. Environmental effects of applying lignosulfonate to roads. [Internal report]. Rothschild, WI: Daishowa Chemicals Inc. 11p.
4. Butzke, M.R. 1974. Organic cationic and sodium chloride soil stabilization. Ames, IA: Iowa State University. M.S. thesis. 155p.
5. Bergeson, K.L., and Brocka, S.G. 1996. Bentonite treatment for fugitive dust control. In: 1996 semi-sesquicentennial transportation conference proceedings. Ames, IA: Iowa Department of Transportation; Iowa State University, Center for Transportation Research and Education. 3p.
6. Bennett, F.L. 1994. Gravel roadway maintenance in cold regions. Report No. INE/TRC-94.05. Fairbanks, AK: University of Alaska. Fairbanks, Institute of Northern Engineering, Transportation Research Center. 74p.
7. Brown, D.A., and Elton, D.J. 1994. Guidelines for dust control on unsurfaced roads in Alabama. Final report, IR-94-02, Highway Research Center, Harbert Engineering Center, Auburn University, 20p.
8. Bolander, P. 1999. Laboratory testing of nontraditional additives for stabilization of roads and trail surfaces. Transportation Research Record. 1652: 2. 24-31.
9. Carlsson, G. 1986. Vejstandard og Transportomkostninger (VETO). Sammanfattande slutrapport [Road condition and transport costs (VETO). Summarizing final report]. VTI rapport 307. ISSN 0347-6030.
10. Edvardsson, K. 2010. Evaluation of dust suppressants for gravel roads: methods development and efficiency studies. PhD Thesis, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 70p.
11. Edwards, P.J., Wood, F., and Quinlivan, R.L. 2016. Effectiveness of best management practices that have application to forest roads: A literature synthesis. United States Department of Agriculture, General Technical Report NRS-163, 180p.
12. Forman, R.T.T., and Alexander, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics. 29: 207-231.
13. Gebhart, D.L., Hale, T.A., and Michaels-Busch, K. 1996. Dust control material performance on unsurfaced roadways and tank trails. USAEC/USACERL Tech. Rep. Champaign, IL: U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories. 34p.
14. Gillies, J.A., Etyemezian, V., Kuhns, H., Nikolic, D., and Gillette, D.A. 2005. Effect of vehicle characteristics on unpaved road dust emissions. Atmospheric Environment. 39: 13. 2341-2347.
15. Gotosa, J., Nyamadzawo, G., Mtetwa, T., Kanda, A., and Dudu, V.P. 2015. Comparative road dust suppression capacity of molasses stillage and water on gravel road in Zimbabwe. Advances in Research. 3: 2. 198-208.
16. Jones, T.E. 1984. Dust emission from unpaved roads in Kenya. Laboratory report 1110, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
17. Jones, D. 1999. Holistic approach to research into dust and dust control on unsealed roads. Transportation Research Record. 1652: 2. 3-9.
18. Jones, D. 2000. Road dust just a nuisance or a significant road management issue? In: Proceedings, South African transport conference. Pretoria, South Africa; Washington, DC, Transportation Research Board. 12p.
19. Kristian Aase, J., Bjorneberg, D.L., and Sojka, R.E. 1998. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with Polyacrylamide - Laboratory Tests. Soil Science Society of America J. 62: 6. 77-85.

20. Kirchner, H., and Gall, J.A. 1991. Liquid calcium chloride for dust control and base stabilization of unpaved road systems. Transportation Research Record. 1291: 173-178.
21. Kuhns, H., Etyemezian, V., Landwehr, D., McDougall, C., Pitchford, M., and Green, M. 2001. Testing Re-entrained Aerosol Kinetic Emissions from Roads: a new approach to infer silt loadings on roadways. Atmospheric Environment. 35: 16. 2815-2825.
22. Manafi, M.R., Manafi, P., and Degheh, H. 2016. Synthesis of poly (acrylamide-co-acrylic acid) as soil stabilizers and investigating its rheological properties. J. of Applied Research in Chemistry, 10: 4. 19-30. (In Persian)
23. McLaughlin, R., Amoozegar A., Duckworth, O., and Heitman, J. 2014. Optimizing Soil-Polyacrylamide Interactions for Erosion Control at Construction Sites. Water Resources Research Institute of the University of North Carolina. Report No. 441. 47p.
24. Mohammadi Torkashvand, A., and Barimvandi, A.R. 2009. The effects of sugar cane molasses on calcareous soil chemical characteristics. Pajouhesh & Sazandegi. 81: 47-53. (In Persian)
25. Monlux, S. 2003. Stabilizing unpaved roads with calcium chloride. Transportation Research Record. 1819: 1. 52-56.
26. Monlux, S., and Mitchell, M. 2007. Chloride stabilization of unpaved road aggregate surfacing. Transportation Research Record: J. of the Transportation Research Board. 1989: 2. 50-58.
27. Omane, D., Liu, W.V., and Pourrahimian, Y. 2018. Comparison of chemical suppressants under different atmospheric temperatures for the control of fugitive dust emission on mine hauls roads. Atmospheric Pollution Research. 9: 561-568.
28. Powers, R.L. 2007. Low-volume state highways in Arizona. Innovative Approaches. Journal of the Transportation Research Board. 1989: 1. 272-280.
29. Pusch, R. 2015. Bentonite clay: Environmental properties and applications. CRC press, ISBN: 9781482243437. 360p.
30. Ravi, E., Sharma, A., Manikandan, A.T., Karthick, G., and Abdul Jameel, A. 2015. Study on effect of molasses on strength of soil, International J. of Advanced Research Trends in Engineering and Technology. 2: 2. 57-61.
31. Sadeghi, M.R., and Jalalian, A. 2015. Earthy road stabilization by Chlorides to control produced duct and particles by traffic. International Conference on Advances in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, 14 September 2015, Nikan Institute of Higher Education, Tehran. 8p. (In Persian)
32. Shabani, M., and Khademi, A.R. 2013. Dust control and soil stabilization of earthy road by SSR-400. 3nd National Conference on Wind Erosion and dust, 15 and 16 January 2013, Yazd University. 7p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 27 (1), 2020
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2020.17146.1830

Effects of anti-dust agents on soil chemicals at margin of forest roads

***A. Parsakhoo[1], S.A. Hosseini[2], M. Lotfalian[3], J. Mohammadi[1] and M. Salarijazi[4]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,
[2]Professor, Dept. of Forestry and Forest Economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,
[3]Professor, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,
[4]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Soil and Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: 09.16.2019; Accepted: 12.09.2019

Abstract

Background and Objectives: Dust is occurred when a vehicle passes on the dry surface of earthy roads. Dust particles can negatively affect plant growth, water quality and road life. In this study the effects of some environmental friendly anti-dust agents including different dosage of sugarcane molasses, polyacrylamide and bentonite were investigated on road dust control. Research was done in 3, 9, 27 and 81-day time frame.

Materials and Methods: In each of Loveh, Kouhmian and Shastkalateh forest in Golestan province, a main road with a length of 960 m was divided into 320-meter segments for implementation of sugar cane molasses, polyacrylamide and bentonite treatments. Each concentration of treatments was conducted on 60 m. Rear-mounted solution spray system equipped with 8 nozzles was used for implementation of treatments in rate of 2-2.5 liter per l m^2. Besides, dust sucker instrument was applied to collect dust particles. Data was collected when a vehicle passed with speed of 40 km h^{-1}. Moreover, soil samples were collected from the margin of forest roads to measure the changes in soil Na, K, Ca, Mg and pH due to leaching. Data were analyzed using factorial experiments.

Results: Results showed that dust of forest roads decrease with increasing in concentration of the anti-dust agent and increased over time. In Loveh forest roads, polyacrylamide with concentration of 6% and sugarcane molasses with concentration of 20% were the most appropriate treatments. Bentonite was unsuitable due to the high amount of fines in surfacing materials. In Kouhmian forest roads, polyacrylamide with concentration of 4% and sugarcane molasses with concentration of 20% and in Shastkalateh forest roads, polyacrylamide with concentration of 2% were the most appropriate treatments. Bentonite increased the Mg and pH and Molasses increased the K and decreased the pH of soil at margin of forest roads. In other cases, there wasn't a significant effect from the treatments on chemical properties of soil at margin of road.

Conclusion: Based on the findings, sugarcane molasses was most efficient in roads with high fine particles, but in roads with low fine particles polyacrylamide was most efficient. These additive materials have no significant effects on adjacent soil chemicals due to their low amount. It is recommended that in future studies, longevity of different concentrations of anti-dust agents and their effects on runoff quality in roads of arid and semi-arid climates to be investigated.

Keywords: Bentonite, Polyacrylamide, Road dust, Soil elements, Sugarcane molasses

*Corresponding author: aidinparsakhoo@yahoo.com