



تأثیر خاکپوش‌های زانتان و ملاس چغندر قند بر کنترل گردوغبار در جاده‌های جنگلی منطقه حفاظت‌شده ارغوان شهر ایلام

روح‌الله شه میر^۱، سید عطاالله حسینی^{۲*}، آیدین پارساخو^۲ و احسان عبدی^۴

^۱ دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
^۲ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
^۳ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
^۴ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۱)

چکیده

در این پژوهش برای بررسی عملکرد و تأثیر زمان و غلظت پاشش صمغ زانتان و ملاس چغندر قند در کنترل گردوغبار جاده‌های جنگلی و همچنین مقدار نشست غبار روی برگ درختان حاشیه جاده، تیمارهایی از ملاس چغندر قند و صمغ زانتان با غلظت‌های ۲، ۵ و ۱۰ درصد در جاده‌های جنگلی ارغوان شهر ایلام توسط دستگاه طراحی شده با پمپ سمپاش روی قطعات ۶۰ متری جاده جنگلی پاشیده شد. ۳، ۹ و ۲۷ روز بعد از اعمال تیمارها، مقدار گردوغبار هنگام عبور وسیله نقلیه با سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت با کمک دستگاه HAZ-DUST EPAM-5000 اندازه‌گیری شد. براساس نتایج همه تیمارها توانستند به‌طور معنی‌داری مقدار گردوغبار جاده‌های جنگلی را کاهش دهند. انتشار گردوغبار در قطعات تیمار شده با ملاس چغندر قند (۱/۱۹ میلی‌گرم در مترمکعب) به‌طور معنی‌داری کمتر از قطعات تیمار شده با صمغ زانتان (۱/۶۲ میلی‌گرم در مترمکعب) بود. بین غلظت تیمارها در کاهش گردوغبار جاده‌های جنگلی تفاوت معنی‌داری دیده نشد. همچنین در بررسی ماندگاری اثر تیمارها مشاهده شد که بیشترین اثر تیمارها با سطح معنی‌داری ۵ درصد در هفته اول روی داد و کمترین گردوغبار (۰/۶۳ میلی‌گرم در متر مکعب) در این مدت ثبت شد. از غلظت ۲ درصد با توجه به حصول کارایی اجرایی و اقتصادی می‌توان برای کنترل گردوغبار جاده‌های جنگلی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: زانتان، عبور وسایل نقلیه، غبارسنج الکترونیکی، غلظت تیمار، ملاس چغندر قند، ناحیه رویشی زاگرس.

مقدمه

(Bazgir et al., 2019). مشکل عمده در ناحیه رویشی زاگرس، تولید گردوغبار در اثر تردد وسایل نقلیه روی جاده است که به‌صورت ابری از غبار در پشت وسایل نقلیه در حال حرکت شکل می‌گیرد و سبب ناراحتی و مزاحمت برای گردشگران، کاهش میدان دید خودروهای پشت سر و در نتیجه کاهش ایمنی تردد می‌شود (Sadeghi et al., 2015). غبار تولید شده از

بوم‌سازگان جنگل متشکل از عوامل مختلفی است که با تأثیرات متقابل، به‌صورت مجموعه‌ای پیچیده اما واحد به‌طور یکپارچه فعالیت می‌کند. جاده‌های جنگلی موجب دسترسی به اعماق جنگل و همچنین روستاهای داخل جنگل می‌شوند و بخش جدایی‌ناپذیری از جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس به‌شمار می‌روند

جاده‌های غیرآسفالته در جوامع روستایی آثار زیانباری بر زندگی و سلامت مردم داشته است (Calvarano et al., 2017). از این گذشته نتایج تحقیقات داخلی و خارجی نشان داده است که غبار از عوامل مهم افت فیزیولوژیک درخت محسوب می‌شود که آثار بسیار مخرب آن در درختان بلوط (*Quercus brantii* var. *persica*) (Jaub & Spach) Zohary) کشور آشکار است (Pourhashemi et al., 2020). در داخل عرصه‌های جنگلی کشور (به‌ویژه در جنگل‌های غرب) به‌واسطه نداشتن توجیه اقتصادی آسفالت، جاده‌های شنی با مصالح نامناسب و کم‌کیفیت احداث شده است که در ماه‌های خشک سال غبار زیادی تولید و در عرصه جنگل پراکنده می‌کنند (Ghorbani et al., 2020). این غبارها در عرصه حاشیه جاده‌های جنگلی پراکنده می‌شود و با غلظت‌های زیاد روی برگ‌های درختان رسوب می‌کند و سبب ضعف فیزیولوژیک درختان می‌شود (Brown & Elton, 1994; Asensio et al., 2021). در نتیجه این موضوع، درختان حاشیه جاده دچار ضعف فیزیولوژیک و خسارات متابولیسمی می‌شوند، به‌ویژه اینکه تراکم توده در جنگل‌های زاگرس بسیار اندک است و این غبارها تا فاصله زیادی از جاده به داخل توده نفوذ می‌کنند (Mosavi et al., 2016).

تحقیقات زیادی درباره ارزیابی عملکرد مواد تثبیت‌کننده گردوغبار جاده‌ها انجام گرفته است. Shabani et al. (2013) از محلول SSR400، (et al., 2013) از محلول SSR400، (Gotosa et al., 2015) از ملاس (شیره قند)، (Addo et al., 2004) از لیگنین، (Sanders et al., 2015) از منیزیم کلراید^۱، (Amato et al., 2016) از استات کلسیم منیزیم^۲، (Omane et al., 2018) از محلول نمک و ملاس طبیعی و (Parsakhu et al., 2019) از ملاس نیشکر^۳، بنتونیت^۴ و پلی‌اکریل‌آمید^۵ برای مقابله با گردوغبار جاده‌ها استفاده کردند. (Sasani et al., 2020) به بررسی عملکرد مواد ضد غبار DS-300 و کلرید کلسیم در کنترل گردوغبار جاده‌های سری تخت از توابع شهرستان مینودشت در ناحیه رویشی هیرکانی پرداختند. هر یک از تیمارها با غلظت‌های وزنی ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد به اندازه ۲ لیتر در مترمربع در قطعاتی توسط دستگاه افشانه ساخته شده محلول‌پاشی شد. نتایج نشان داد که غلظت گردوغبار جاده‌های تیمار شده با گذر زمان افزایش یافت. همچنین در هر یک از دوره‌های زمانی با افزایش غلظت تیمارها، غلظت گردوغبار کاهش پیدا کرد. پس از گذشت ۲۷ روز، تنها تیمارهای کلرید کلسیم^۶ ۳۰ درصد، DS-300 ۲۰ درصد و DS-300 ۳۰ درصد توانستند غلظت انتشار گردوغبار جاده را در محدوده مجاز ۵۰-۰ میکروگرم در مترمکعب حفظ کنند. (Mosavi et al., 2013) در بررسی قابلیت تثبیت جاده‌های جنگلی با استفاده از مواد پلیمری در جنگل‌های خیرود نشان دادند که این ماده پلیمری سبب کاهش حدود روانی و خمیری و افزایش حداکثر دانسیته خشک خاک می‌شود. (Guo et al., 2018) از دو ماده محیط‌زیستی شامل صمغ زانتان و

به بررسی عملکرد آب دریا و ملاس چغندر قند در کاهش گردوغبار جاده‌های جنگلی در جنگل کوهمیان (آزادشهر) در ناحیه رویشی هیرکانی پرداختند و نتایج نشان داد که مقدار غلظت تیمارهای آب دریا به حدی کم بود که نتوانست عملکرد مؤثری از خود نشان دهد و سبب کاهش غلظت غبار تا محدوده مجاز ۵۰ میکروگرم در مترمکعب شود. براساس شاخص کیفیت هوا و گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت، محدوده مناسب غلظت PM₁₀ ذرات معلق هوای آزاد ۵۰-۰ میکروگرم در مترمکعب است و خروج غلظت این ذرات از این محدوده مجاز، افزایش گسترده وسیعی از بیماری‌ها و آثار مخرب محیط زیست را در پی دارد (Gholampour et al., 2021; Crawford et al., 2015).

6. Calcium chloride

1. Magnesium chloride
2. Calcium magnesium acetate
3. Sugarcane molasses
4. Bentonite
5. Polyacrylamide

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه پژوهش، جنگل‌های حفاظت‌شده ارغوان در شهر ایلام با فاصله پنج کیلومتری از شهر در شمال شرقی آن است که در جنوب شرقی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ واقع است (شکل ۱). مساحت کل عرصه حدود ۱۵۰۰ هکتار است که از سال ۱۳۸۱ خورشیدی، ۱۶۰ هکتار آن ذخیره‌گاه ارغوان محسوب می‌شود. این عرصه در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی واقع شده است. دامنه ارتفاعی منطقه از ۱۵۵۰ تا ۱۹۰۰ متر از سطح دریا و دارای جهت‌های جغرافیایی شمالی، جنوبی و غربی است (شکل ۲). این منطقه یکی از تنگه‌های متراکم جنگلی، صخره‌ای و کوهستانی است و به دلیل وجود جنگل انبوه بلوط در دو طرف جاده و تیغه‌های سنگی و زیبای کوهستان، از مکان‌های تفریحی و جاذبه‌های گردشگری شهر ایلام در همه فصول سال به‌ویژه بهار و تابستان به‌شمار می‌رود. اقلیم منطقه از نوع مدیترانه‌ای است و دمای متوسط سالانه هوا ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارش سالانه ۲۹۲/۲ میلی‌متر و بیشینه و کمینه بارش سالانه به ترتیب ۴۲۶ و ۱۵۲ میلی‌متر است و در بیشتر نقاط، فصل خشک به چهار ماه در سال می‌رسد و دمای متوسط هوا بین ۱۲ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (Report of park construction study, 2009). سنگ مادر اغلب آهکی کرتاسه و خاک این مناطق بیشتر شامل تیپ‌های راندزین، قهوه‌ای جنگلی و لیتوسل است. خاک جنگلی در اثر فرسایش در بیشتر مناطق به‌طور کلی از بین رفته و سنگ مادری نمایان گشته است. جنگل‌های این ناحیه تحت عنوان جنگل‌های نیمه‌خشک معرفی شده‌اند. پوشش گیاهی کلیماکس در منطقه خشک‌زی و بردبار در برابر آب‌وهوای سرد است (Sagheb-Talebi et al., 2014)

لیگنوسولفونات^۱ برای مبارزه با گردوغبار جاده‌های شن‌ریزی شده در استرالیا استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت این افزودنی‌ها، نرخ نفوذپذیری مصالح کاهش و ظرفیت نگهداری آب افزایش یافت. همچنین غلظت بهینه صمغ زانتان و لیگنوسولفونات به ترتیب ۲ گرم در لیتر و ۸۰ گرم در لیتر به دست آمد. (Manoochehri et al. (2016) در مقایسه نشست گردوغبار بر روی سطح گونه زبان‌گنجشک *Fraxinus angustifolia* var. *persica* (Boiss) چنار (*Platanus*×*acerifolia* var. *suttneri*) (Jaenicke) C.K.Schneid و اقاچیا (*Robinia pseud*) در استان کرمانشاه نشان دادند که زبری سطح برگ‌ها تأثیر زیادی بر مقدار نشست گردوغبار و ذرات آلاینده روی انواع درخت دارد و برگ‌های کوچک‌تر و زبرتر گردوغبار بیشتری در واحد سطح نسبت به برگ‌های بزرگ‌تر دارای سطح صاف جذب می‌کنند. (Mosavi et al. (2015) در بررسی تأثیر مواد پلیمری در تثبیت جاده‌های جنگلی و کاهش تخریب محیط زیست نشان دادند که تثبیت‌کننده یونی^۲ موجب افزایش دانسیته خشک خاک، ثابت ماندن رطوبت بهینه خاک و افزایش ظرفیت باربری خاک می‌شود. در تحقیق حاضر، از تیمارهای ضدغبار زیستی شامل صمغ زانتان و ملاس چغندر قند برای کنترل غبار جاده‌های جنگلی استفاده و اثر آنها بر نشست غبار روی برگ درختان اطراف و شیمی خاک بررسی شد. در جمع‌بندی می‌توان بیان کرد که بررسی‌های بیشتری درباره اثر مواد تثبیت‌کننده زیستی و به‌دست آوردن غلظت بهینه آنها وجود دارد. بنابراین هدف پژوهش حاضر مقایسه عملکرد ملاس چغندر و صمغ زانتان در کاهش گردوغبار جاده‌های جنگلی در ناحیه رویشی زاگرس و همچنین بررسی تأثیر زمان و غلظت پاشش بر کاهش گردوغبار جاده‌ها بود.

1. Lignosulfonate
2. Road packer plus

آب و هوا و اقلیم

استان ایلام را از لحاظ آب و هوایی می‌توان به دو قسمت تقسیم نمود که قسمت شمال و شمال شرق استان که دارای کوهستان‌های مرتفع و موازی با یکدیگر می‌باشد دارای آب و هوای کوهستانی با زمستان سرد و تابستان نسبتاً گرم که منطقه مورد مطالعه (منطقه جنگلی ارغوان) در این محدوده قرار داشته و دارای آب و هوای معتدل کوهستانی می‌باشد. جهت جغرافیایی کوه‌های زاگرس با جهت شمال غربی - جنوب شرقی تأثیر مشهودی بر جریانات مرطوب غربی دارند.

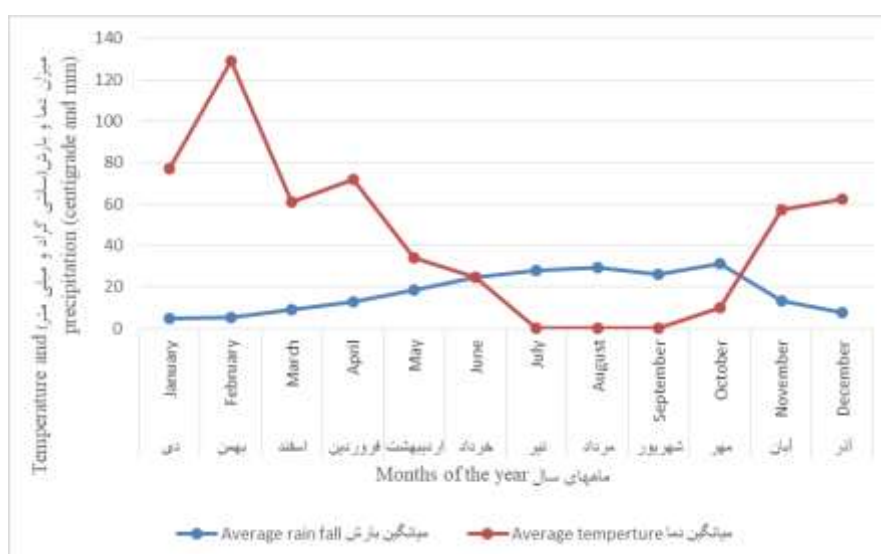
خشک‌ترین ماه‌های سال نیز تیر و مرداد و شهریور می‌باشند که هر کدام با متوسط بارندگی ماهیانه ۰/۲ تا ۰/۱ میلی‌متر را شامل می‌گردد. اصولاً در فصل تابستان بارشی صورت نمی‌گیرد. بررسی توزیع فصلی بارندگی ایستگاه ایلام بیانگر این موضوع می‌باشد که فصل زمستان پر باران‌ترین با میزان ۳۱۳/۶ میلی‌متر که ۵۰٪ بارندگی را تشکیل می‌دهد بعد از آن فصل پائیز با ۱۸۳/۱ میلی‌متر و ۲۹ درصد از بارش سالیانه را بخود اختصاص داده و پر باران‌ترین ماه نیز اسفند ماه می‌باشد (شکل ۱). بررسی بارندگی نشان می‌دهد که توزیع بارندگی در فصول مختلف سال یکسال نمی‌باشد.

رژیم بارندگی در ایلام پائیزی زمستانی بوده که از خصوصیات رژیم بارندگی مدیترانه‌ای می‌باشد، بدین شکل که یک فصل پرباران که منطبق بر ماه‌های سرد سال و یک فصل خشک و کم‌باران مبتنی بر ماه‌های گرم سال بخصوص تابستان در آن مشهود می‌باشد.

باتوجه به اینکه اقلیم مدیترانه‌ای خود دارای تقسیمات فرعی می‌باشد و یکی از آن‌ها مدیترانه‌ای نیمه‌خشک می‌باشد، بنابراین اقلیم منطقه، مدیترانه‌ای نیمه‌خشک با آب و هوای معتدل می‌باشد (Report of park construction study, 2009)

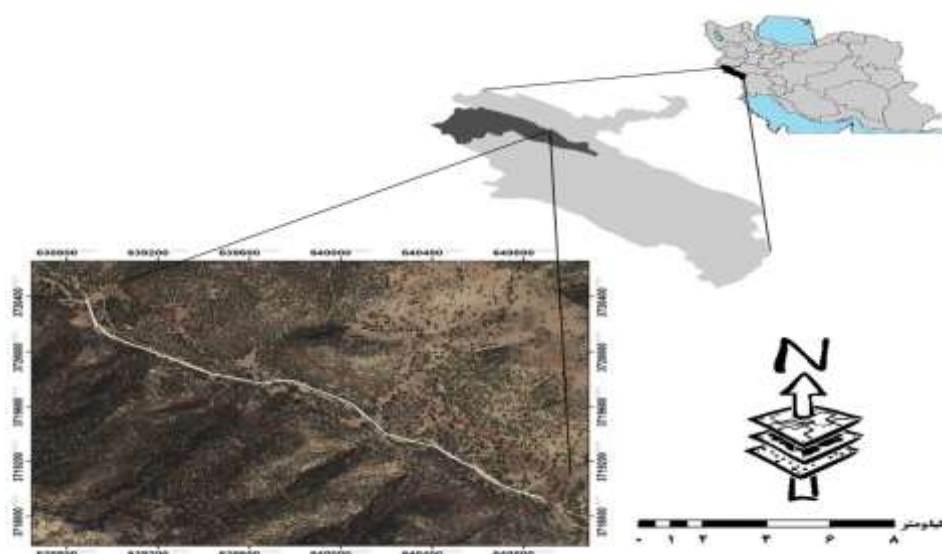
شیوه اجرای پژوهش

جاده مورد بررسی به طول ۹ کیلومتر بود که قسمت‌هایی از جاده‌های جنگلی این منطقه که براساس گزارش ناظرین طرح‌ها به لحاظ وجود مشکلات جدی در تولید گردوغبار مورد بازدید قرار گرفته و موقعیت مکانی این جاده‌ها با GPS ثبت شدند (شکل ۲). این جاده‌ها به‌عنوان نمونه‌ای از جاده‌های موجود در جنگل‌های غرب کشور انتخاب شده‌اند که منعکس‌کننده شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و عبور و مرور خودروها در این بخش از کشور است.



شکل ۱- نمودار آمبروترمیک منطقه در طی دوره آماری

Figure 1. Ambrothermic region during the statistical period



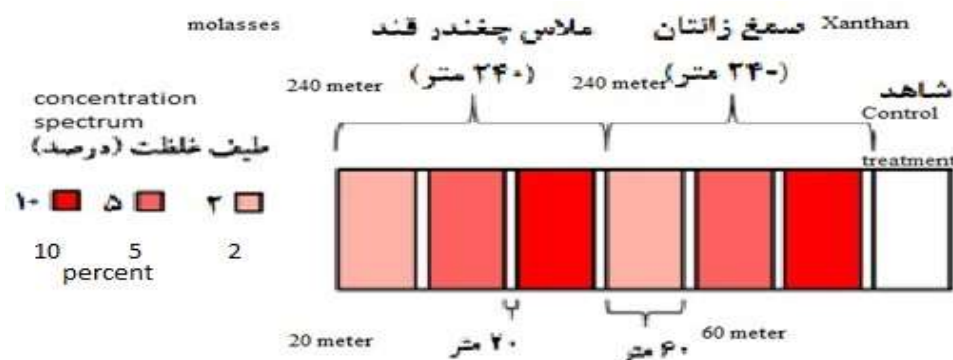
شکل ۲- موقعیت منطقه پژوهش

Figure 2. The location of the research area

اندازه‌گیری شد و سپس سه نمونه از مصالح رویه (از ابتدا، انتها و وسط هر قطعه) هر یک به وزن ۱۵ کیلوگرم تهیه و به آزمایشگاه مکانیک خاک منتقل شد و در آنجا براساس استاندارد ASTM-D422 دانه‌بندی انجام گرفت (جدول ۱). تیمارهای مختلف صمغ زانتان و ملاس چغندر قند، هر یک در مسافتی به طول ۲۴۰ متر و با عرض تقریبی ۵ متر با غلظت‌های مختلف به اجرا درآمد (Gotosa et al., 2015).

طرح نمونه‌برداری

در این پژوهش با شش تکرار، در هر تکرار ۵۴۰ متر از طول این جاده‌ها که میزان تردد مشابهی دارند به صورت طرح کاملاً تصادفی ساده انتخاب شده و به منظور اعمال تیمارها یک قطعه شاهد و دو قطعه ۲۴۰ متری برای دو تیمار زانتان و ملاس تفکیک شد (شکل ۳). در این پژوهش در مجموع ۳۲۴۰ متر از طول این جاده بررسی شد. در هر قسمت ضخامت رویه پس از حفر گمانه در ابتدا، انتها و وسط آن با متر فلزی



شکل ۳- طرح نمونه‌برداری از جاده تحت بررسی

Figure 3. Sampling plan of the road under investigation

جدول ۱- مشخصات لایه روی قطعات جاده تیمار شده

Table 1. Characteristics of the layer on the treated road sections

عرض هر تیمار (متر)	درصد ریزدانه (درصد)	ضخامت رویه (سانتی‌متر)	قطعه‌های مربوط به هر تیمار
Width of each treatment (meters)	Fine grain percentage (percent)	Top thickness (cm)	Fragments of each treatment
4.5	12	10	شاهد Control treatment
4.8	12	13	ملاس (۲ درصد) Molasses (2 percent)
4.4	10	11	ملاس (۵ درصد) Molasses (5 percent)
4.4	10	12	ملاس (۱۰ درصد) Molasses (10 percent)
4.3	13	8	زانتان (۲ درصد) Xanthan(2 percent)
4.6	11	12	زانتان (۵ درصد) Xanthan(5 percent)
4.4	11	6	زانتان (۱۰ درصد) Xanthan(10 percent)

در قطعه‌ای از جاده به طول ۶۰ متر به اجرا در آمد (شکل ۲). بین تیمارها حداقل فاصله ۲۰ متر برای جلوگیری از سرایت گردوغبار از تیماری به تیمار دیگر لحاظ شد (Naeimi et al., 2017). پس از اعمال تیمارها، به مدت ۲۴ ساعت تردد وسایل نقلیه محدود شد تا محلول‌ها بدون مزاحمت، فرصت کافی برای اثرگذاری بر ریزدانه‌های لایه سطحی جاده را داشته باشند.

اندازه‌گیری گردوغبار جاده

به منظور ارزیابی ماندگاری و عملکرد تیمارها در طول زمان، اندازه‌گیری غلظت گردوغبار پس از گذشت ۳، ۹ و ۲۷ روز از زمان پاشش به کمک دستگاه غبارسنج الکترونیکی مدل HAZ-DUST EPAM-5000 انجام گرفت (شکل ۴). برای جلوگیری از اثرگذاری تیمارها بر یکدیگر، ثبت غلظت گردوغبار برای محدوده مرکزی هر قطعه انجام پذیرفت. HAZ-DUST EPAM-5000 یک سنجنده گردوغبار ایستگاهی است که غلظت غبار با قطر آئرو دینامیکی کمتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر (PM_{10}) را هر ثانیه نشان می‌دهد. ایستگاه‌ها در کنار هر یک از قطعات تیمار شده و در ارتفاع ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نصب شدند. ثبت غلظت گردوغبار هنگام عبور یک وسیله نقلیه پراید ۱۱۱ با آج لاستیک حدود ۸۰ درصد که با سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت در حرکت بود انجام پذیرفت و این عمل برای هر تیمار پنج بار تکرار شد (Parsakhu et al., 2019).

تهیه و اعمال تیمارها

این پژوهش در خردادماه ۱۴۰۰ در منطقه جنگلی ارغوان انجام گرفت. برای تهیه تیمارها در آزمایشگاه، ابتدا مواد اولیه پژوهش از شرکت‌های داخلی تهیه شد. ملاس چغندر قند از طریق شرکت‌های تولیدکننده داخلی به صورت مایع تهیه شد (قیمت حدود ۴۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم). سپس با توجه به مرور منابع (Omane, 2018) تیمارهای ۲، ۵ و ۱۰ درصد غلظتی تهیه شد. صمغ زانتان نیز به صورت ماده‌ای جامد محلول در آب و وارداتی (با قیمت تقریبی ۶۰۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم) است که نسبت به ملاس چغندر قند قیمت بیشتری دارد، اما به صورت جامد و با غلظت‌های ۲ و ۱۰ درصد تهیه شد. این ماده با ترکیب شیمیایی C35H49O29 در صنعت و همچنین مواد غذایی به عنوان ماده افزودنی قوام‌دهنده و پایدارکننده استفاده می‌شود (Gustafsson, 2005). برای تعیین بهینه پاشش محلول در هر متر مربع از جاده، ابتدا اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه انجام گرفت. تیمارها با غلظت‌های حجمی یاد شده تهیه شد و با استفاده از سامانه پاشش محلول مجهز به مخزن ۱۰۰ لیتری و موتور پمپ یک اینچ که به عقب یک خودرو نصب شد (Brown & Elton, 1994; Addo et al., 2004) روی جاده پاشیده شد. اعمال تیمارها و ارزیابی عملکرد آنها با توجه به منحنی آمبروترمیک منطقه در ماه‌های خشک سال که بین تیر تا شهریور ماه است انجام پذیرفت. هر غلظت در هر تیمار



شکل ۴- دستگاه‌ها و ایستگاه‌ها و نحوه اجرا در جاده ارغوان

Figure 4. Devices and stations and how they are implemented on Arghvan Road

معنی‌داری در هر دو سطح جواب داد؛ بدین ترتیب که عامل (A) نوع ماده ضدغبار در دو سطح (ملاس چغندرقد و صمغ زانتان)، عامل (B) غلظت مواد ضدغبار در چهار سطح و عامل ماندگاری (C) در سه سطح (۹، ۳ و ۲۷ روز از زمان اجرا) با شش تکرار بررسی شدند. بنابراین در کل، ۱۲۶ نمونه گردوغبار توسط دستگاه غبارسنج الکترونیکی ثبت شد. تجزیه واریانس داده‌ها به روش ANOVA و آزمون مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) در سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع تیمار، غلظت تیمار و همچنین زمان (ماندگاری) بر مقدار گردوغبار جاده‌های جنگلی تأثیر معنی‌دار دارد. همچنین اثر متقابل نوع و غلظت تیمار و زمان و همچنین نوع تیمار و زمان نیز در سطح احتمال ۹۹ درصد بر مقدار انتشار گردوغبار جاده‌ها تأثیر معنی‌دار داشت. اثر متقابل نوع، غلظت تیمار و زمان بر مقدار گردوغبار معنی‌دار نبود (جدول ۲).

اندازه‌گیری مقدار نشست گردوغبار روی برگ درختان بلوط حاشیه جاده

در این مرحله براساس فراوانی گونه بلوط در حاشیه جاده، سه پایه به منظور بررسی مقدار نشست گردوغبار روی برگ آنها انتخاب شد. سپس ۲۰ برگ از هر پایه از ارتفاعات متفاوت تاج و در جهت رو به جاده (manoochehri et al., 2016) جمع‌آوری شد. نمونه‌های برگ در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. برگ‌ها به‌طور کامل در آب مقطر شست‌وشو داده شدند و محلول‌های ۵۰ سی‌سی گردوغبار و آب مقطر از آن تهیه شد. محلول‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه برای رسوب دادن غبار سانتریفیوژ شد. آب روی غبار با پی‌پت برداشته شد و سپس نمونه‌های غبار در آن به مدت دو ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. وزن ذرات غبار با ترازوی دیجیتالی و دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

روش تحلیل

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک آزمایش فاکتوریل ۳×۴×۲ انجام گرفت. داده‌ها ناهمگن بودند، ولی آزمون

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نوع تیمار و زمان بر مقدار گردوغبار

Table 2. Variance analysis of the independent and reciprocal effect of treatment type and time on the amount of dust

سطح معنی داری	مقدار F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
The significance level	F value	average of squares	sum of squares	Degrees of freedom	Source of changes
۰/۰۰۰**	105.43	11.09	22.9	2	زمان
۰/۰۰۰**	302.28	31.81	95.42	3	غلظت
۰/۰۰۰**	31.28	3.29	3.29	1	تیمار
۰/۰۰۰**	21.20	2.23	4.46	2	زمان × تیمار
۰/۰۰۰**	8.82	0.93	2.78	3	غلظت × تیمار
۰/۰۰۰**	5.03	0.53	3.18	6	زمان × غلظت × تیمار
0.898 ^{ns}	0.36	0.04	0.23	6	زمان × تیمار × غلظت × تیمار
		0.11	5.05	48	خطا
			278.55	72	کل

و* به ترتیب نشان دهنده معنی داری اثر تیمارها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

**and * respectively indicate the significance of the treatment effect at the confidence level of 95 and 99 percent.

داشت. (Guo et al., 2018) در بررسی اثر ماده محیط زیستی شامل صمغ زانتان و لیگنوسولفونات برای کاهش گردوغبار جاده‌های شن‌ریزی شده نشان دادند که با افزایش غلظت این افزودنی‌ها، نرخ نفوذپذیری مصالح کاهش و ظرفیت نگهداری آب افزایش می‌یابد. همچنین غلظت بهینه صمغ زانتان و لیگنوسولفونات به ترتیب ۲ گرم در لیتر و ۸۰ گرم در لیتر به دست آمد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین در بررسی اثر تیمارها مشاهده شد که بیشترین اثر تیمارها با سطح معنی داری ۵ درصد در هفته اول حادث شد و کمترین گردوغبار (۰/۶۳ میلی گرم در مترمکعب) در این مدت ثبت شد (شکل ۶).

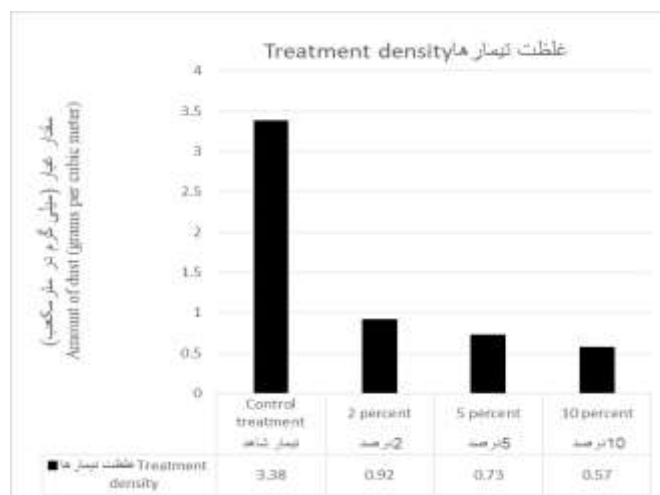
در تحقیق حاضر مقدار انتشار گردوغبار با گذر زمان افزایش یافت. این یافته با نتایج تحقیقات (Omane et al., 2018) مطابقت دارد. آنها نیز دریافتند که با گذر زمان، کارایی تیمارهای ضدغبار در کاهش غلظت انتشار گردوغبار جاده‌ها کاهش یافت. به نظر می‌رسد وقوع بارندگی، تابش شدید آفتاب و تبخیر سطحی به مرور زمان سبب از بین رفتن تیمارهای ضدغبار شده است و همین موضوع عامل افزایش گردوغبار در روز آخر تحقیق است (Jordán et al., 2010; Kolkaa & Smidt, 2004). در مجموع مقدار انتشار گردوغبار در قطعات تیمار شده با ملاس چغندر قند (۱/۱۹ میلی گرم در مترمکعب) به‌طور

در این پژوهش استفاده از مقادیر مختلف غلظت تیمارهای زانتان و ملاس چغندر قند توانست در مدت زمان‌های اندازه‌گیری شده غلظت گردوغبار منتشر شده در سطح جاده را کاهش دهد. نتایج به‌طور کلی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت مواد انتشار گردوغبار در سطح جاده کاهش پیدا کرد (Sadeghi et al., 2015). Gebhart et al. (1996) تأثیر کاربرد روغن سویا، کلرید کلسیم، لیگنوسولفونات کلسیم، پلیمر پلی‌ونیل آکرلیک (PVA) بر کاهش گردوغبار جاده‌های غیرآسفالته منطقه فورت هود آمریکا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که پس از گذشت ۳۰ روز هر چهار تیمار سبب کاهش ۵۰ درصدی گردوغبار در مقایسه با تیمار شاهد شد. (Omane et al., 2018) نشان دادند که محلول نمک، محلول عاری از کلراید، محلول پلیمری و محلول ملاس عملکردی بهتر از آب داشتند و همگی دارای بیش از ۹۹ درصد قابلیت کنترل غبار بودند. همه تیمارها توانستند به‌طور معنی داری گردوغبار جاده‌های جنگلی را کاهش دهند. در بررسی اثر غلظت تیمارها مشخص شد که بین غلظت تیمارها در کاهش گردوغبار جاده‌های جنگلی تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۵). بدین ترتیب کمترین غلظت یعنی غلظت ۲ درصد با توجه به کارایی اجرایی و اقتصادی برای کنترل گردوغبار جاده‌های جنگلی کاربرد خواهد

بهتر از ملاس چغندر قند است، اما به تدریج و از روز نهم به بعد کارایی زانتان در مقایسه با ملاس به طور چشمگیری کاهش یافت و تا پایان روز بیست و هفتم عملکرد ملاس به طور معنی‌داری بهتر از صمغ زانتان بود که علت اصلی آن قابلیت حل‌شوندگی کم زانتان و ماندگاری کم آن در طبیعت در مقایسه با ملاس می‌تواند است. هر دو تیمار صمغ زانتان و ملاس چغندر قند نشست گردوغبار روی برگ درختان بلوط حاشیة جاده را به طور معنی‌داری کاهش دادند، اما بین مقدار گردوغبار برگ‌ها در قطعات تیمار شده با ملاس و زانتان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴، شکل ۸).

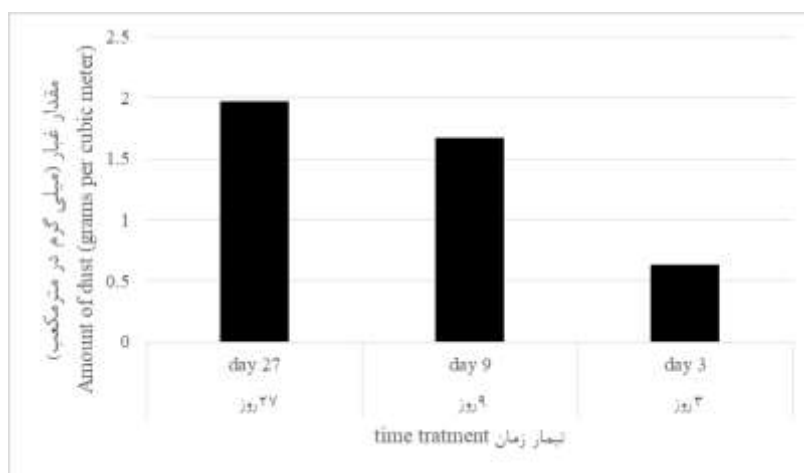
معنی‌داری کمتر از قطعات تیمار شده با صمغ زانتان (۱/۶۲ میلی‌گرم در مترمکعب) بود (شکل ۶). ملاس به‌عنوان مصالح بایندر (چسباننده) ذرات ریز سطح روسازی جاده را به یکدیگر می‌چسباند و از این طریق جلو گردوغبار را می‌گیرد. (Ravi et al. (2015) از غلظت‌های مختلف ملاس برای مقاوم‌سازی مصالح ریزدانه‌دار با حد روانی کم (CL) و زیاد (CH) استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت ملاس و گذر زمان، مقاومت فشاری و ظرفیت بارگذاری مصالح افزایش یافت.

با توجه به جدول ۳ می‌توان دریافت که کارایی صمغ زانتان در کنترل گردوغبار در سه روز نخست به‌مراتب



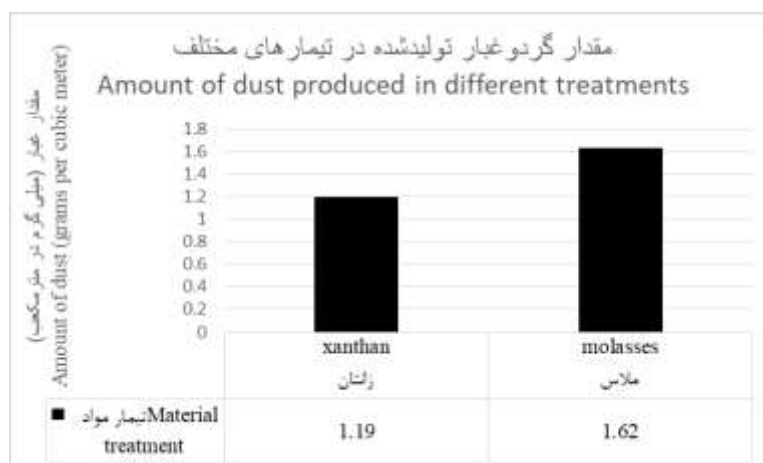
شکل ۵- مقدار گردوغبار تولیدشده در هر تیمار با استفاده از دستگاه

Figure 5. The amount of dust produced in each treatment using the device



شکل ۶- مقدار گردوغبار تولیدشده در بازه‌های زمانی مختلف

Figure 6. The amount of dust produced in different periods of time



شکل ۷- مقدار گردوغبار تولیدشده در تیمارهای مختلف

Figure 7. Amount of dust produced in different treatments

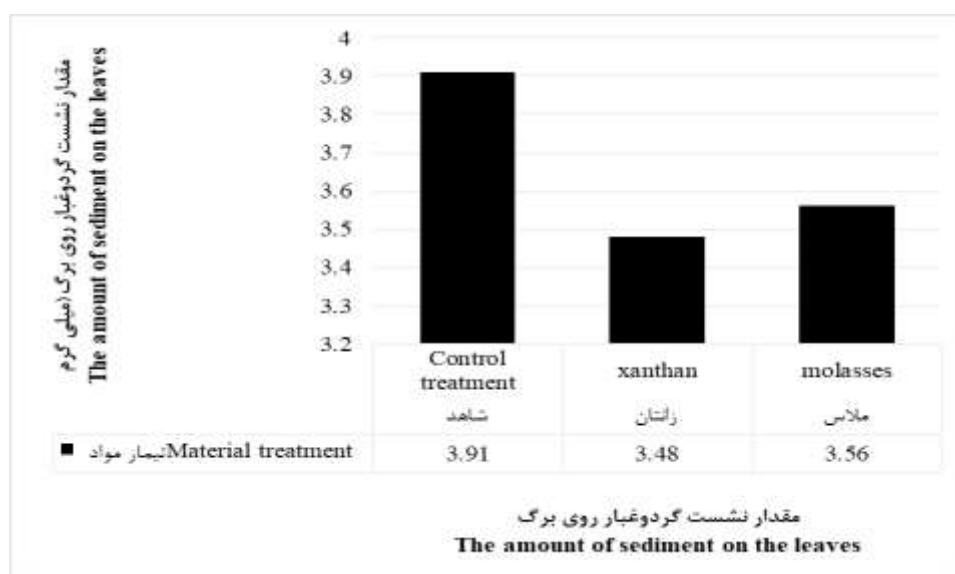
جدول ۳- مقدار گردوغبار برحسب تیمار، غلظت و زمان

Table 3. Amount of dust according to treatment, concentration and time

درصد کاهش گردوغبار	میانگین گردوغبار (میلی گرم در مترمکعب)	نوع تیمار	Type of treatment	زمان (روز)	غلظت تیمار (درصد)
Dust reduction percentage	average dust (mg/m ³)	Type of treatment	نوع تیمار	time (day)	Treatment concentration (percentage)
93.2	0.229d	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
99.5	0.018e	Xanthan	صمغ زانتان		
73.3	0.905cd	Molasses	ملاس چغندر قند	9	2
44.6	1.878bc	Xanthan	صمغ زانتان		
77.7	0.756cd	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
48.3	1.753bc	Xanthan	صمغ زانتان		
98.3	0.058e	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
99.3	0.025e	Xanthan	صمغ زانتان		
9	0.186de	Molasses	ملاس چغندر قند	9	5
63.2	1.248cd	Xanthan	صمغ زانتان		
76.1	0.809cd	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
38.7	2.077d	Xanthan	صمغ زانتان		
95	0.168de	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
99	0.032e	Xanthan	صمغ زانتان		
93.1	0.233d	Molasses	ملاس چغندر قند	9	10
66	1.152cd	Xanthan	صمغ زانتان		
87.7	0.416d	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
57.7	1.435c	Xanthan	صمغ زانتان		
-	2.60ab	Molasses	شاهد ملاس	3	
-	1.91b	Xanthan	شاهد زانتان		
-	3.98a	Molasses	شاهد ملاس	9	0
-	3.785a	Xanthan	شاهد زانتان		
-	3.932a	Molasses	شاهد ملاس	27	
-	4.1a	Xanthan	شاهد زانتان		

جدول ۴- مقدار نشست گردوغبار روی برگ درختان بلوط در تیمارهای مختلف
Table 4. The amount of dust settled on the leaves of oak trees in different treatments

میانگین نشست گردوغبار روی هر ۲۰ برگ (میلی گرم)	نوع تیمار	Type of treatment	زمان (روز)	غلظت تیمار (درصد)
Average dust concentration on every 20 leaves (mg)	Type of treatment	Type of treatment	time (day)	Treatment concentration (percentage)
4.2	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
3.9	Xanthan	صمغ زانتان		
3.5	Molasses	ملاس چغندر قند	9	0
3.8	Xanthan	صمغ زانتان		
4.1	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
4	Xanthan	صمغ زانتان		
3.6	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
3.2	Xanthan	صمغ زانتان		
3.4	Molasses	ملاس چغندر قند	9	2
3.3	Xanthan	صمغ زانتان		
3.6	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
3.9	Xanthan	صمغ زانتان		
3.6	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
3.5	Xanthan	صمغ زانتان		
3.7	Molasses	ملاس چغندر قند	9	5
3.3	Xanthan	صمغ زانتان		
3.5	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
3.4	Xanthan	صمغ زانتان		
3.8	Molasses	ملاس چغندر قند	3	
3.8	Xanthan	صمغ زانتان		
3.5	Molasses	ملاس چغندر قند	9	10
3.6	Xanthan	صمغ زانتان		
3.4	Molasses	ملاس چغندر قند	27	
3.4	Xanthan	صمغ زانتان		



شکل ۸- مقایسه مقدار گردوغبار برگ درختان بلوط حاشیه جاده‌های تیمار شده با ملاس و زانتان با شاهد
Figure 8. Comparison of the amount of dust in the leaves of oak trees on the side of the roads treated with .molasses and xanthan with the control

بحث

نگهداری جاده به همراه رعایت شرایط مناسب مصالح رویه جاده برای اثرگذاری مفید مواد افزودنی و همچنین استفاده از ملاس چغندر قند به دلیل هزینه اندک، به منظور کاهش گردوغبار در فصل عبور و مرور وسایط نقلیه در ناحیه رویشگاه زاگرس با توجه به اهمیت گونه‌های ارزشمند درختی و درختچه‌ای موجود مؤثر خواهد بود.

سپاسگزاری

از همه کارگران و کارشناسان زحمتکش، داوران ارجمند و سازمان‌های مرتبط که در امور پشتیبانی، اجرا، ارزیابی و بهبود این پژوهش به نویسندگان کمک کردند سپاسگزاری و تقدیر می‌شود.

نتایج تحقیق بر عملکرد مطلوب ملاس چغندر قند و ماندگاری آن در طول فصل خشک نسبت به زانتان دلالت دارد. همچنین کمترین غلظت یعنی غلظت ۲ درصد با توجه به کارایی اجرایی و اقتصادی برای کنترل گردوغبار جاده‌های جنگلی کاربرد دارد. در مورد ملاس و زانتان نیز با توجه حالت چسبندگی زیاد پیشنهاد می‌شود از دستگاه‌های همزن و همچنین آب به نسبت ولرم برای افزایش کیفیت محلول و خاصیت حل‌شوندگی زانتان استفاده شود. تیمارهای استفاده شده در این پژوهش از نوع سازگار با محیط زیست هستند و تأثیر منفی و مخربی بر کیفیت خاک ندارند. استفاده از این نوع مواد و مواد پلیمری (Mosavi et al., 2015) در زمینه مدیریت در عملیات

References

- Addo, J.Q., Sanders, T.G., & 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 (UTC), 73p.
- Amato, F., Escrig, A., Sanfelix, V., Celades, I., Reche, C., Monfort, E., & Querol, X. (2016). Effects of water and CMA in mitigating industrial road dust resuspension. *Atmospheric environment*, 131, 334-340.
- Asensio, N., Kachanan, J., Saralamba, C., & José-Domínguez, J. (2021). The impact of roads on the movement of arboreal fauna in protected areas: The case of lar and pileated gibbons in Khao Yai National Park, Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, 37(6), 276-285. doi:10.1017/S0266467421000390
- Bazgir, M., & Namdar Khojasteh, D. (2018). Biological, chemical and mineral mulches effect on stabilization of dust storm sources, case study: Ilam Province. *Watershed Engineering and Management*, 10(4), 701-713. doi: 10.22092/ijwmse.2018.109439.1272. (In Persian)
- Brown, D.A., & Elton, D.J. (1994). Guidelines for Dust control on Unsurfaced Roads in Alabama. Final Report. 150p.
- Calvarano, L.S., Rocco, P., Giovanni, L., & Nicola, M. (2017). 3D-FEM analysis on geogrid reinforced flexible pavement roads. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 95, 022024.
- Crawford, L. J., Heinse, R., Kimsey, M. J., & Page-Dumroese, D. S. (2021). Soil Sustainability and Harvest Operations: A Review. Washington, DC, USA: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Gebhart, D. L., & Hale, T. A. (1996). Dust Control Material Performance on Unsurfaced Roadways and Tank Trails. Construction Engineering Research lab (army) Champaign IL, 34p.
- Gholampour, A., Nabizadeh, R., Hassanvand, M S., Taghipour, H., Nazmara, S., & Mahvi, A. H. (2015). Characterization of saline dust emission resulted from Urmia Lake drying. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1), 82-91. (In Persian)

- Ghorbani, S., & Babaei, M.H. (2020). Dust and degradation of Zagros forests. Second International Dust Conference, 9 p. (In Persian)
- Gotosa, J., Nyamadzawo, G., Mtetwa, T., Kanda, A., & 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.
- Guo, X. (2018). Assessing the effectiveness of eco-friendly dust suppressants used to abate dust emission from mine haul road, Doctoral dissertation, Curtin University, Australia, 204 p.
- Gustafsson, M. (2005). Vägdam: småpartiklar – stora problem: enkunskapsöversikt [Road dust: small particles – large problems: a knowledge overview]. VTI, Linköping, 98p.
- Jordán, A., Zavala, L.M., & Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81(1), 77-85.
- Kolka, R. K., & Smidt, M. F. (2004). Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. *Forest Ecology and Management*, 202(1-3), 313-323.
- Leonardi, G., & Suraci, F. (2022). A 3D-FE model for the rutting prediction in geogrid reinforced flexible pavements. *Sustainability*, 14(6), 3695.
- Manoochehri, K., Shirvany, A., Attarod, P., & Khodakarami, Y. (2016). Dust filtration ability of *Fraxinus rotundifolia*, *Platanus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* trees in Kermanshah, West of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 8(1), 1-10. (In Persian)
- Mosavi, f., abdi, E., & majnonian, B. (2013). A Investigation of the capability of stabilization of forest roads Comparison of conventional and bio-treated methods as dust suppressants. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(29), 23341-23350. (In Persian)
- Mousavi, F., & Abdi, E. (2016). The influence of polymer on forest road soil stabilization and reduce environmental degradation. *Iranian Journal of Forest*, 7(4), 497-505. (In Persian)
- Omane, D., Liu, W.V., & 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.
- Parsakhoo, A., Hosseini, S.A., Lotfalian, M., Mohamadi, J., & Salarijazi, M. (2020). Investigating the efficiency of the different anti-dust agents and their effects on soil chemicals at margin of forest road in Golestan province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 27(1), 17-30. doi: 10.22069/jwfst.2020.17146.1830. (In Persian)
- Parsakhoo, A., Sasani, H., & Mohamadi, J. (2020). Investigating the efficiency of sea water and sugar beet molasses on reduction of dust from the forest roads (Case study: Koohmian Forest, Azadshahr). *Journal of Water and Soil Conservation*, 27(4), 233-246. doi: 10.22069/jwsc.2020.17410.3286. (In Persian)
- Pourhashemi, M., & Sadeghi, S. (2020). A review of ecological causes of oak decay in the forests of Iran. Ecological Causes of Oak Decline Phenomenon in Forests of Iran. *Iranian Journal of Forest Ecology*, 8(16), 164-148. (In Persian)
- Ravi, E., Sharma, A., & Manikandan, A.T. (2015). Study on effect of molasses on strength of soil. *International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology*, 2(2), 57-61. In Persian
- Report of park construction study., (2009). Chagha Sabz Forest Company. 120 Mahab Gostar Zagros Company p120. (In Persian)
- Sadeghi, M., & Jalalian, A. (2015). Stabilization of dirt roads to control dust and fine dust due to brittleness with the help of chloride solutions. National Conference on New Research Engineering in Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Tehran, 7 p. (In Persian)
- Sagheb Talebi, K., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future*. Springer, 152 p.

Sanders, T.G., Quayenortey, J.A., & Jorgensen, D. (2015). Unpaved road dust control in the Piceance Creek basin in Rio Blanco county, Colorado. *Journal of Transportation Engineering*, 141(2), 04014079.

Shahmoradi, G., Parsakhoo, A., & Lotfalian, M. (2020). Investigating the efficiency of DS-300 and CaCl₂ in dust mitigation from gravel forest roads. *Forest Research and Development*, 6(4), 559-571. doi: 10.30466/jfrd.2020.120984 . (In Persian)

Shahmoradi, G., Parsakhoo, A., & Lotfalian, M. (2020). Investigating the efficiency of DS-300 and CaCl₂ in dust mitigation from gravel forest roads. *Forest Research and Development*, 6(4), 559-571 . (In Persian)

sustainability and harvest operations: A review. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-421. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 39 p.



Research Article

Evaluation of effects of xanthan and molasses mulches of sugar beet on dust control in forest roads of Arghavan protected area of Ilam city

R. Shahmir¹, S.A.O. Hosseini^{2*}, A.Parsakhoo³, and E. Abdi⁴

¹ Ph.D. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran

² Prof. Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

³ Associate Prof., Dept. of Forestry, faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Gorgan, I. R. Iran

⁴ Associate Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 18 March 2022; Accepted: 11 May 2022)

Abstract

This study aimed to evaluate the performance and effect of time and concentration of xanthan gum and sugar beet molasses spraying in controlling forest road dust and the amount of dust settling on the leaves of roadside trees. Treatments of sugar beet molasses and xanthan gum with concentrations of 2%, 5%, and 10% were sprayed on 60-meter sections of the forest road by a device designed with a spray pump in the Arghavan-Shar forest roads of Ilam city. The study measured the amount of dust when passing the vehicle at a speed of 40 km/h using the HAZ-DUST EPAM-5000 device 3, 9, and 27 days after the implementation of the treatments. The results showed that all treatments were able to significantly reduce the amount of forest road dust. The amount of dust emission in the parts treated with sugar beet molasses (1.19 mg/m³) was significantly lower than the parts treated with xanthan gum (1.62 mg/m³). There was no significant difference between the concentrations of treatments in reducing the amount of dust on forest roads. The study also examined the durability of the treatments and observed that the highest effect of treatments with a significance level of 5% occurred in the first week, and the lowest amount of dust (0.63 mg/m³) was recorded during this period. The study suggests that the use of 2% concentration of sugar beet molasses can be used to control forest road dust due to its operational and economic efficiency.

Keywords: Xantan ,Sugar beet molasses, Vehicle Traffic, Treatment concentration, Electronic dustometer.