FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 2, Summer, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Investigating the effect of wheel type, vertical load and movement speed on the rut depth and its environmental consequences

Nashmil Farhadi[1]; Aref Mardani[2*]; Adel Hosainpour[2]; Behzad Golanbari[3]

1. MSc. Student, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
[*]2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3. PhD Student, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
[*]Email Address: a.mardani@urmia.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2024/08/12
Revised Date:
2024/08/14
Accepted Date:
2025/07/12
Published Date:
2025/07/30

Keywords:
track wheel,
wheel,
off road vehicle,
soil erosion.

ABSTRACT

This research examines the effect of the type of wheel (pneumatic and track), vertical load and speed of movement on the rut depth and its environmental consequences. The tests were carried out in a fixed soil bin using a single wheel tester. The results showed that all three factors significantly affect the rutdepth. wheels produced greater rut depth compared to track wheels. Increasing the vertical load led to an increase in the rut depth, while increasing the movement speed caused a decrease in the rut depth. These findings have important implications for the environment, including impacts on soil erosion, water pollution, and biodiversity. The current research emphasizes the importance of choosing the right type of traction device and optimal setting of operating parameters to reduce environmental damage and offers suggestions for improving the design and use of agricultural machinery. The increase in the use of heavy machinery in recent decades has caused numerous damages to soft soils in natural areas. These damages include the creation of deep rut depth, destruction of vegetation and changes in water absorption and storage in the soil. Studies have shown that air wheels cause more erosion than track wheels and have a negative effect on soil permeability and root growth. On the other hand, track wheels have less negative effects on the environment by creating less rut depth. The use of hybrid wheels and smart technologies can help reduce these effects. Educating farmers about environmental impacts and sustainable management methods can also play an important role in preserving the environment. The results of this research can help to make optimal decisions in the field of selection and use of agricultural machinery and lead to the promotion of sustainable management of natural resources.

Cite this article: Nashmil Farhadi , Aref Mardani , Adel Hosainpour , Behzad Golanbari (2025) ,Investigating the effect of wheel type, vertical load and movement speed on the rut depth and its environmental consequences**,** Journal of Environmental Sciences Studies.10(2) , Pages 10217 – 10224.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The use of heavy and powerful machinery has increased significantly in recent decades, which has resulted in numerous damages to soft soils in non-asphalt areas such as parks, forests, and wetlands. These damages include the creation of rut depth in the soil, the destruction of vegetation, changes in the absorption and retention of water in the soil, and the reduction of the aesthetic value of the land. The speed of off-road vehicles is also one of the key factors in the rate of soil rutting and destruction. As the speed increases, more forces are applied to the soil. The high speed of vehicles can cause soil particles to be thrown and moved, which leads to the intensification of soil erosion and the reduction of its stability. Also, the fast movement of vehicles can destroy the vegetation quickly and does not leave enough time for the plants to recover and regenerate.

Materials and methods

This research was conducted with the aim of investigating the effect of the type of traction factor (wind wheel and track wheel), vertical load and advancing speed on the depth of the furrow created in the soil. The tests were carried out in a fixed soil warehouse with dimensions of 24 x 2 x 1 m, equipped with a single wheel tester. The test variables included the type of traction factor (wind wheel and chain wheel), vertical load (three levels of 2, 3 and 4kN) and forward speed (three levels of 1, 2 and 3 km/h). The rut depth was measured after each pass and in three repetitions using a laser distance meter with an accuracy of 0.02 mm. The data related to the rut depth was measured using a T-shaped beam that was placed on the chassis of the warehouse and was used to measure the rut depth at three different points. The collected data were analysed using Minitab 22.1 software and ANOVA.

Results and discussion

In this research, the effect of three factors including the type of wheel (pneumatic wheel and track wheel), three levels of vertical load, and three levels of movement speed on the depth of the groove created in the soil was investigated. In total, 18 data were analysed, each data was measured in three replicates using a laser distance meter. Of these data, 9 data were related to wind wheel and 9 data were related to chain wheel. The mean and standard deviation of the groove depth created by the wind wheel was 52.18 mm and 2.27 mm and by the chain wheel was 9.67 mm and 1.00 mm, respectively. The results showed that the average depth of the rut depth is significantly higher than that of the track wheel.

Conclusion

In this research, the effect of three factors including the type of wheel (pneumatic wheel and track wheel), three levels of vertical load, and three levels of movement speed on the rut depth in the soil was investigated. In total, 18 data were analysed, each data was measured in three replicates using a laser distance meter. Of these data, 9 data were related to wind wheel and 9 data were related to chain wheel. The mean and standard deviation of the groove depth created by the wind wheel was 52.18 mm and 2.27 mm and by the chain wheel was 9.67 mm and 1.00 mm, respectively. The results showed that the average depth of the groove created by the wind wheel is significantly higher than that of the track wheel. Considering the importance of protecting natural resources and reducing negative impacts on the environment, the use of chain wheels and the development of new technologies can be considered as an effective solution to improve efficiency and reduce environmental impacts. These results can help to make optimal decisions in the field of selection and use of agricultural machinery and lead to the promotion of sustainable management of natural resources.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۲

Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

بررسی تأثیر نوع چرخ، بار عمودی و سرعت حرکت بر عمق شیار ایجاد شده در خاک و پیامدهای زیست‌محیطی آن

نشمیل فرهادی [۱]، عارف مردانی [۲*]، عادل حسین‌پور [۲]، بهزاد گلعنبری [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*ایمیل نویسنده مسئول: a.mardani@urmia.ac

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۵/۲۲
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۴/۲۱
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۵/۰۸

کلید واژه ها:
چرخ‌بادی،
چرخ زنجیری،
ردچرخ،
ماشین غیرجاده‌ای،
فرسایش خاک.

چکیده

این پژوهش به بررسی تأثیر نوع چرخ (بادی و زنجیری)، بار عمودی و سرعت حرکت بر عمق شیار ایجاد شده در خاک و پیامدهای زیست‌محیطی آن می‌پردازد. آزمایش‌ها در یک انباره خاک ثابت با استفاده از آزمونگر تک چرخ انجام شد. نتایج نشان داد که هر سه عامل به طور معناداری بر عمق شیار تأثیرگذار هستند. چرخ‌های بادی در مقایسه با چرخ‌های زنجیری، عمق شیار بیشتری ایجاد کردند. افزایش بار عمودی منجر به افزایش عمق شیار شد، در حالی که افزایش سرعت حرکت باعث کاهش عمق شیار گردید. این یافته‌ها پیامدهای مهمی برای محیط زیست دارند، از جمله تأثیر بر فرسایش خاک، آلودگی آب و تنوع زیستی. پژوهش حاضر بر اهمیت انتخاب مناسب نوع چرخ و تنظیم بهینه پارامترهای عملیاتی برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی تأکید می‌کند و پیشنهاداتی برای بهبود طراحی و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی ارائه می‌دهد. افزایش استفاده از ماشین‌آلات سنگین در دهه‌های اخیر موجب خسارات متعدد بر خاک‌های نرم در مناطق طبیعی شده است. این خسارات شامل ایجاد شیارهای عمیق، تخریب پوشش گیاهی و تغییر در جذب و نگهداری آب در خاک می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که چرخ‌های بادی نسبت به چرخ‌های زنجیری، فرسایش بیشتری ایجاد می‌کنند و بر روی نفوذپذیری خاک و رشد ریشه‌ها تأثیر منفی دارند. در مقابل، چرخ‌های زنجیری با ایجاد شیار کمتر، تأثیرات منفی کمتری بر محیط زیست دارند. استفاده از چرخ‌های هیبریدی و تکنولوژی‌های هوشمند می‌تواند به کاهش این تأثیرات کمک کند. آموزش کشاورزان در مورد تأثیرات زیست‌محیطی و روش‌های مدیریت پایدار نیز می‌تواند نقش مهمی در حفظ محیط زیست ایفا کند. نتایج این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در زمینه انتخاب و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی کمک کند و به ارتقاء مدیریت پایدار منابع طبیعی منجر شود.

ناشر: انتشارات فن پایا

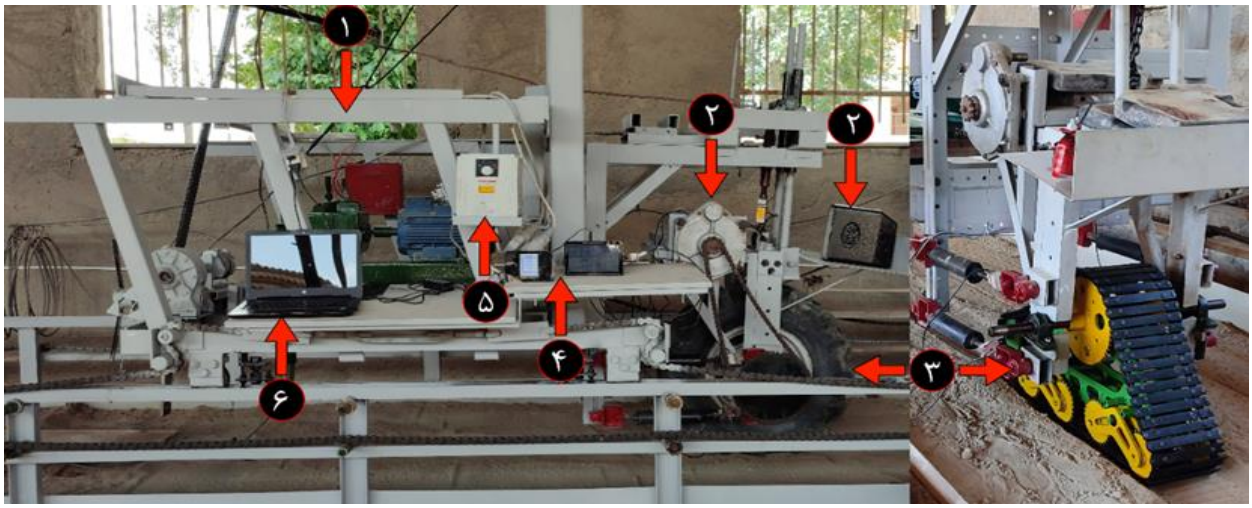
DOI: 10.22034/JESS.2025.473069.2290

۱-مقدمه

استفاده از ماشین‌آلات سنگین و قدرتمند در دهه‌های اخیر به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است که این امر منجر به بروز خسارات متعددی بر خاک‌های نرم در مناطق غیرآسفالت مانند پارک‌ها، جنگل‌ها و تالاب‌ها شده است. این خسارات شامل ایجاد شیارهای عمیق در خاک، تخریب پوشش گیاهی، تغییر در جذب و نگهداری آب در خاک، و کاهش ارزش زیبایی‌شناختی زمین می‌باشد. فشردگی خاک ناشی از این وسایل منجر به کاهش نفوذپذیری آب، افزایش رواناب و تشدید فرسایش می‌شود. همچنین، وسایل نقلیه آفرود با ایجاد شیارها، فرآیندهای طبیعی فرسایش را تسریع کرده و سیستم‌های تثبیت خاک را مختل می‌کنند. این اثرات مخرب می‌تواند پیامدهای طولانی‌مدتی برای اکوسیستم‌ها داشته باشد، به‌طوری که بازیابی کامل محیط زیست ممکن است چندین دهه طول بکشد. شیاری شدن خاک یک فرآیند فیزیکی و مکانیکی است که در اثر عبور وسایل نقلیه سنگین بر روی خاک اتفاق می‌افتد. این پدیده می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر خاک‌های جنگلی داشته باشد و منجر به تغییرات ساختاری و فیزیکی مهمی شود. شیاری شدن باعث تغییر در ساختار خاک و کاهش پایداری آن می‌شود. این تغییرات می‌توانند منجر به کاهش تولیدی زمین و اثرات منفی بر رشد و بازسازی جنگل‌ها شوند. عوامل موثر در شیار شدن زمین بر اثر عبور ماشین‌های آفرود شامل وزن خودرو، نوع و فشار باد لاستیک، سرعت حرکت، رطوبت و بافت خاک، شیب زمین، تعداد عبور، مهارت راننده، و سیستم تعلیق خودرو است. وزن وسایل نقلیه یکی از عوامل اصلی در تشکیل شیارها محسوب می‌شود. بار سنگین وسایل نقلیه باعث اعمال نیروهای عمودی و افقی بر روی خاک می‌گردد. در شرایطی که رطوبت خاک بالاتر از حد بحرانی باشد، این نیروها علاوه بر فشردگی خاک، باعث جابجایی و تشکیل شیار در خاک نیز می‌شوند. نوع عامل کشش نیز بر میزان ایجاد شیار در خاک تأثیر دارد. دستگاه‌هایی مانند چرخ، تایر، نیم‌تراک یا تراک تأثیرات متفاوتی بر شیاری شدن دارند. تایرهای عریض با فشار باد کمتر ممکن است فشار کمتری بر خاک اعمال کنند و در نتیجه شیارهای کمتری ایجاد کنند. سرعت حرکت وسایل نقلیه آفرود نیز یکی از عوامل کلیدی در میزان شیاری شدن خاک و تخریب آن است. با افزایش سرعت، نیروهای بیشتری بر خاک اعمال می‌شود. سرعت بالای وسایل نقلیه می‌تواند باعث پرتاب و جابجایی ذرات خاک شود که این امر خود به تشدید فرسایش خاک و کاهش پایداری آن منجر می‌شود. همچنین، حرکت سریع وسایل نقلیه می‌تواند پوشش گیاهی را به‌سرعت تخریب کند و زمان کافی برای بازیابی و بازسازی گیاهان باقی نگذارد. بنابراین، مدیریت سرعت وسایل نقلیه آفرود در مناطق طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تخریب خاک و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی ایفا کند. تحقیقات متعددی به بررسی تأثیرات عبور وسایل نقلیه مختلف بر شیارهای خاک پرداخته‌اند. مطالعه‌ای توسط هوشنگ محبوب‌نژاد و همکاران نشان داد که چرخ‌های شنی نسبت به چرخ‌های معمولی تراکم و نشست کمتری در خاک ایجاد می‌کنند. پژوهش دیگری توسط سجاد درفش‌پور و عارف مردانی نیز نشان داد که افزایش بار عمودی و تعداد عبور چرخ‌ها به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تراکم و نشست خاک می‌شود. در این مطالعه، عمق شیارهای ایجادشده در اثر عبور چرخ‌های بادی و چرخ‌های زنجیری بررسی خواهد شد و تأثیرات این شیارها بر محیط‌زیست تحلیل می‌شود. این بررسی با تمرکز بر متغیرهای مستقل بار عمودی و سرعت حرکت، به دنبال ارائه تحلیلی جامع از تأثیرات فنی و زیست‌محیطی مرتبط با این پدیده است. هدف از این تحقیق، ارائه راهکارهایی برای کاهش تأثیرات منفی و بهبود مدیریت و نگهداری جاده‌ها به‌منظور حفاظت از محیط‌زیست و افزایش ایمنی ترافیکی است.

۲-روش انجام تحقیق

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر نوع عامل کشش (چرخ‌بادی و چرخ‌زنجیر)، بار عمودی و سرعت پیشروی بر عمق شیار ایجاد شده در خاک انجام شد. آزمایش‌ها در یک انباره خاک ثابت با ابعاد ۲۴×۲×۱ متر، مجهز به آزمونگر تک چرخ، صورت گرفت. انباره خاک شامل شاسی کانال، حامل، سامانه‌های کنترل و واحد تولید توان برای حرکت حامل بود (شکل ۱).



شکل ۱. محیط آزمایش خاک و دستگاه های کششی. ۱- شاسی، ۲- بار عمودی، ۳- عوامل کششی، ۴- دیتا لاگر، ۵- اینورتر، ۶- کامپیوتر.

آزمونگر تک‌چرخ شامل دو نوع عامل کشش، چرخ‌بادی تراکتور مدل بارز 8.25-16 (8) P.R HL و چرخ‌زنجیر با ابعاد ۶۰۰×۲۲۰ میلی‌متر، مورد آزمایش قرار گرفتند. حرکت آزمونگر توسط یک الکتروموتور ۲۲ کیلوواتی و اینورتر با دقت ۰،۰۱ هرتز کنترل شد. خاک مورد استفاده دارای بافت رسی–لومی با ۴۳٪ رس، ۲۲٪ سیلت و ۳۵٪ شن بود (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک در انباره خاک

پارامتر	مقدار
ماسه	۳۵٪
سیلت	۲۲٪
رس	۴۳٪
درصد رطوبت	۱۱٪
چگالی ظاهری	۱۴۸۰ Kg/m3
مدول یانگ	۳۰ × ۱۰۶ Pa
ضریب پواسون	۰/۲۹
ضریب اصطکاک داخلی	۰/۳۲

متغیرهای آزمایش شامل نوع عامل کشش (چرخ بادی و چرخ‌زنجیر)، بار عمودی (سه سطح ۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن) و سرعت پیشروی (سه سطح ۱، ۲ و ۳ کیلومتر بر ساعت) بودند. عمق شیار پس از هر عبور و در سه تکرار با استفاده از فاصله‌سنج لیزری با دقت ۰،۰۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط به عمق شیار با استفاده از یک تیر T شکل اندازه‌گیری شد که روی شاسی انباره قرار می‌گرفت و برای اندازه‌گیری عمق شیار در سه نقطه مختلف استفاده می‌شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ۲۲،۱ و روش تحلیل واریانس (آنوا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۳- نتایج

در این پژوهش، تأثیر سه عامل شامل نوع چرخ (چرخ بادی و چرخ زنجیری)، سه سطح بار عمودی، و سه سطح سرعت حرکت بر میزان عمق شیار ایجاد شده در خاک بررسی شد. در مجموع، ۱۸ داده مورد بررسی قرار گرفت که هر داده در سه تکرار و با استفاده از فاصله‌سنج لیزری اندازه‌گیری شده بود. از این داده‌ها، ۹ داده مربوط به چرخ بادی و ۹ داده مربوط به چرخ زنجیری بود. میانگین و انحراف معیار عمق شیار ایجاد شده توسط چرخ بادی به ترتیب ۵۲،۱۸ میلی‌متر و ۲،۲۷ میلی‌متر و توسط چرخ زنجیر ۹،۶۷ میلی‌متر و ۱،۰۰ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که میانگین عمق شیار ایجاد شده توسط چرخ بادی به‌طور معناداری بیشتر از چرخ‌زنجیری است (جدول ۲).

جدول ۲: تحلیل آماری عمق شیارهای ایجاد شده بر روی خاک در اثر عبور چرخ و چرخ زنجیر

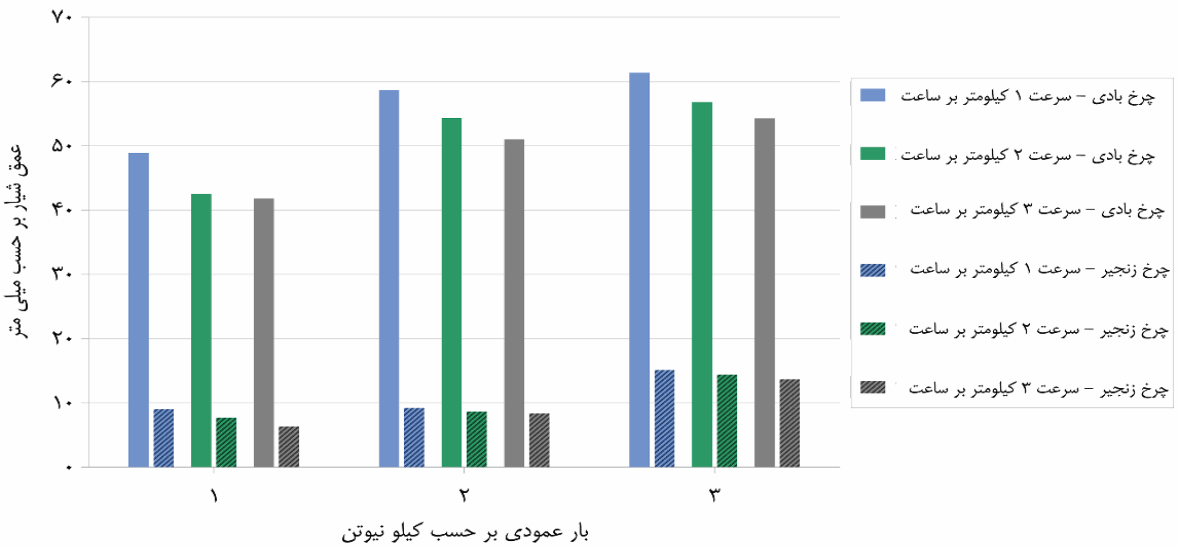
عمق شیار	کم‌ترین مقدار (میلی‌متر)	بیش‌ترین مقدار (میلی‌متر)	میانگین (میلی‌متر)	انحراف استاندار (میلی‌متر)
چرخ بادی	۴۱,۷۸	۶۱,۳۶	۵۲,۱۸	۲,۲۷
چرخ زنجیر	۶,۳۳	۱۵,۱۰	۹,۶۷	۱,۰۰

برای ارزیابی تفاوت‌های آماری میان میانگین عمق شیار ایجاد شده، تحلیل واریانس (آنوا) به‌کار گرفته شد. نتایج این تحلیل نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های معنادار بین میانگین‌های مرتبط با نوع چرخ ($P<0.000$)، بار عمودی ($P<0.000$) و سرعت حرکت ($P<0.018$) بود. این نتایج حاکی از آن است که نوع چرخ، بار عمودی و سرعت حرکت هر سه به‌طور معناداری بر عمق شیار ایجاد شده در خاک تأثیرگذارند (جدول ۳).

جدول ۳: نتایج تحلیل واریانس (آنوا) برای بررسی تاثیر نوع وسیله نقلیه بر عمق شیارهای ایجاد شده بر روی خاک

منبع	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات تعدیل‌شده (Adj SS)	میانگین مربعات تعدیل‌شده (Adj MS)	مقدار P (P-Value)
نوع چرخ	۱	۶۸۰۰,۶۷	۶۸۰۰,۶۷	۰,۰۰۰
بار عمودی	۲	۵۱۷,۳۷	۲۵۸,۶۹	۰,۰۰۰
سرعت	۲	۱۸۳,۳۷	۹۱,۶۹	۰,۰۱۸
خطا	۴۸	۱۰۱۲,۹۶	۲۱,۱۰	
کل	۵۳	۸۵۱۴,۳۷		

شکل ۲ تأثیر نوع چرخ، سرعت حرکت، و بار عمودی بر میزان عمق شیار (فرو رفتگی) ایجاد شده در اثر عبور عامل کشش را نشان می‌دهد. داده‌ها برای دو نوع چرخ (پنیوماتیک و زنجیری) و سه سرعت مختلف (۱، ۲ و ۳ کیلومتر در ساعت) در سه سطح بار عمودی متفاوت (۱، ۲ و ۳ کیلو نیوتن) ارائه شده است.



شکل ۲. تأثیر نوع چرخ، سرعت حرکت، و بار عمودی بر عمق شیار ایجاد شده در اثر عبور عامل کشش

چرخ بادی در مقایسه با چرخ‌زنجیری، در تمامی سرعت‌ها و بارهای عمودی، عمق شیار بیشتری ایجاد می‌کند. عمق شیار در چرخ بادی به طور قابل توجهی با افزایش بارهای عمودی افزایش می‌یابد. همچنین، با افزایش سرعت حرکت از ۱ به ۳ کیلومتر در ساعت، عمق شیار برای چرخ بادی کاهش می‌یابد. این کاهش عمق شیار ممکن است به دلیل کاهش زمان تماس چرخ با خاک باشد که منجر به کاهش

فرصت برای نفوذ چرخ در خاک می‌شود. علاوه بر این، در سرعت‌های بالاتر، نیروی گریز از مرکز افزایش می‌یابد که می‌تواند بـه کـاهش فشار عمودی بر خاک کمک کند. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایشات بر روی چرخ زنجیری نشان می‌دهد که با افزایش سـرعت، عمـق شـیار کاهش می‌یابد، هرچند این کاهش کمتر محسوس است. به‌طور خاص، میانگین عمق شیار برای چرخ زنجیـری در سـرعت ۱ کیلـومتر در ساعت برابر با ۱۱,۱۱ میلی‌متر، در سرعت ۲ کیلومتر در ساعت برابر با ۱۰,۲۵ میلی‌متر، و در سرعت ۳ کیلـومتر در سـاعت برابـر بـا ۹,۴۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. کاهش کمتر عمق شیار با افزایش سرعت در چرخ زنجیری ممکن است به دلیل سطح تمـاس بزرگ‌تـر و توزیـع بهتر وزن در این نوع چرخ‌ها باشد. با افزایش بار عمودی از ۱ کیلو نیوتن به ۳ کیلو نیوتن، عمق شیار برای هر دو نوع چرخ و در هـر سـه سرعت افزایش می‌یابد. این افزایش عمق شیار برای چرخ بادی نسبت به چرخ زنجیری بیشتر است. چرخ زنجیری تأثیر کمتری بـر عمـق شیار دارند و به‌ویژه در بارهای عمودی بالاتر و سرعت‌های بیشتر عملکرد بهتری نشان می‌دهند. شکل ۲ نشان می‌دهد که بـرای کـاهش عمق شیار در خاک، استفاده از چرخ‌های زنجیری و تنظیم مناسب سرعت حرکت می‌تواند مؤثر باشد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که نوع چرخ، بار عمودی، و سرعت حرکت به‌طور معناداری بر عمق شیار ایجاد شده بر روی خاک تأثیر دارند. علاوه بر این، بررسی‌ها نشان داد که چرخ‌های بادی در مقایسه با چرخ‌های زنجیری، در تمامی سرعت‌ها و بارهای عمـودی، عمـق شـیار بیشتری ایجاد می‌کنند. این یافته‌ها نه تنها بر کارایی و عملکرد ماشین‌آلات کشاورزی تأثیر می‌گذارند، بلکـه اثـرات زیسـت‌محیطی قابـل توجهی نیز دارند. چرخ‌های بادی به دلیل ایجاد عمق شیار بیشتر، موجب افزایش فرسایش و فشردگی خاک می‌شوند. این موضوع می‌تواند به کاهش نفوذپذیری خاک و توانایی آن در حفظ آب و مواد مغذی منجر شود. علاوه بر این، فشردگی خاک ممکن است رشد ریشه‌ها و به تبع آن، تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر، چرخ‌های زنجیری با ایجاد عمق شیار کمتر، تـأثیر کمتـری بـر فرسایش و فشردگی خاک دارند و می‌توانند به حفظ ساختار خاک و بهبود شرایط زیست‌محیطی کمک کنند. اسـتفاده از انـواع چرخ‌هـا در فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر محیط زیست داشته باشد. یکی از پیامدهای مهم ایـن اسـتفاده، آلـودگی آب‌ها است. چرخ‌های بادی، به دلیل ایجاد فرسایش بیشتر، می‌توانند منجر به شسته شدن مواد شیمیایی به منابع آب زیرزمینی و سـطحی شوند، که به نوبه خود کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مقابل، چرخ‌های زنجیری به دلیل کاهش فرسایش خاک، تأثیر کمتری بـر شسته شدن مواد شیمیایی و در نتیجه آلودگی منابع آبی دارند. علاوه بر این، چرخ‌های بادی با تخریـب زیسـتگاه‌های طبیعـی و افـزایش فشردگی خاک، می‌توانند به تنوع زیستی و حیات وحش محلی حیوانات زیرزمینی آسیب برسانند. این در حالی است که چرخ‌های زنجیـری به دلیل ایجاد شیار کمتر و کاهش تأثیرات منفی بر روی خاک، تأثیرات کمتری بر زیستگاه‌ها و تنوع زیسـتی دارنـد. همچنـین، چرخ‌هـای بادی می‌توانند با تخریب زیستگاه‌های طبیعی و افزایش فشردگی خاک، به تنوع زیستی و حیات وحش محلی آسیب برسانند، در حالی کـه چرخ‌های زنجیری به دلیل ایجاد شیار کمتر، تاثیرات منفی کمتری بر زیستگاه‌ها و تنوع زیستی دارند. برای کاهش تأثیرات زیسـت‌محیطی ناشی از استفاده از چرخ‌های مختلف، توسعه چرخ‌های هیبریدی که ترکیبی از ویژگی‌های چرخ‌های بادی و زنجیری هستند، می‌تواند مؤثر واقع شود. استفاده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر و با دوام بیشتر در ساخت چرخ‌ها نیز می‌تواند به کاهش تأثیرات زیسـت‌محیطی کمـک کنـد. علاوه بر این، به‌کارگیری تکنولوژی‌های هوشمند مانند سنسورها و سیستم‌های کنترل فشار چرخ‌ها، با توجه بـه شـرایط خـاک و محـیط، می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش تأثیرات منفـی زیسـت‌محیطی کمـک نمایـد. همچنـین، آمـوزش کشـاورزان و کـاربران ماشـین‌آلات کشاورزی در مورد تأثیرات زیست‌محیطی و روش‌های کاهش این تأثیرات از طریق مدیریت پایدار منابع طبیعی و استفاده بهینه از چرخ‌ها، نقش مهمی در حفظ محیط زیست ایفا می‌کند. این پژوهش نشان داد که انتخاب نوع چرخ، تنظیم سرعت حرکت، و بار عمودی می‌توانـد تأثیرات قابل توجهی بر عمق شیار و به تبع آن بر محیط زیست داشته باشد. با توجه به اهمیت حفاظت از منابع طبیعی و کـاهش تـأثیرات منفی بر محیط زیست، استفاده از چرخ‌های زنجیری و توسعه فناوری‌های نوین می‌تواند به عنوان راهکاری مـؤثر بـرای بهبـود کـارایی و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی مدنظر قرار گیرد. این نتایج می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در زمینه انتخـاب و اسـتفاده از ماشـین‌آلات کشاورزی کمک کرده و به ارتقاء مدیریت پایدار منابع طبیعی منجر شود.

منابع

- Alkhalifa, N., Tekeste, M. Z., Jjagwe, P., & Way, T. R. (2024). Effects of vertical load and inflation pressure on tire-soil interaction on artificial soil. Journal of Terramechanics, 112, 19–34.
- Assaeed, A. M., Al-Rowaily, S. L., El-Bana, M. I., Abood, A. A. A., Dar, B. A. M., & Hegazy, A. K. (2019). Impact of off-road vehicles on soil and vegetation in a desert rangeland in Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(6), 1187–1193.
- Bygdén, G., Eliasson, L., & Wästerlund, I. (2003). Rut depth, soil compaction and rolling resistance when using bogie tracks. Journal of Terramechanics, 40(3), 179–190.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., & Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: A review. Forest Ecology and Management, 338, 124–138.
- Hambleton, J., & Drescher, A. (2008). Soil damage models for off-road vehicles. In GeoCongress 2008: Geosustainability and Geohazard Mitigation (pp. 562–569).
- Mardani, A., & Derafshpour, S. (2024). Evaluation of the wheel multi-pass effect on the density and compaction of agricultural soils in soil bin. Journal of Environmental Science Studies, 9(3), 8989–8996. https://doi.org/10.22034/jess.2023.414941.2118
- Sadeghi, S., Solgi, A., & Tsioras, P. A. (2022). Effects of traffic intensity and travel speed on forest soil disturbance at different soil moisture conditions. International Journal of Forest Engineering, 33(2), 146–154.
- Taylor, R. B. (2006). The effects of off-road vehicles on ecosystems. Unpublished Report for Texas Parks and Wildlife, Uvalde, USA.