



University of Tehran

The impact of cement dust on some chemical properties of *Acacia tortilis-Hammada salicornica* soil stands near a cement factory (Case Study: Bandar-e- Khamir, Hormozgan)

Mohammad Pichand¹ | Mohammad Jafari^{2*} | Ali Tavili³ | Maryam Moslehi⁴ | Marzieh Rezai⁵

1. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: m.pichand@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: jafary@ut.ac.ir
3. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: atavili@ut.ac.ir
4. Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran. E-mail: m.moslehi@areeo.ac.ir
5. Natural Resources Engineering Group, Agriculture and Natural Resources College, University of Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: m.rezai@hormozgan.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article History:

Received: 12 August 2024

Revised: 29 October 2024

Accepted: 14 August 2024

Published online: 15 December 2024

Keywords:

Cement plant dust,
Crown,
Forb and tree species,
Hormozgan,
Soil characteristics.

ABSTRACT

The aim of this research was to examine the effects of cement dust emissions on the chemical properties of soil in *Acacia tortilis-Hammada salicornica* stands located 0 to 2-kilometers away from a cement factory. To this end, during the plant growing season, three 2000-meter transects with 50-meter intervals were established, and soil samples were collected at distances of 0, 500, 1500, and 2000 meters from the cement factory. The samples, taken from a depth of 0-30 cm (in plots measuring 10×10 m²) under the canopy of the tree species *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne and the rangeland species *Hammada salicornica* (Moq.) Iljin in Bandar-e-Khamir, Hormozgan province, were transported to the laboratory for chemical analysis and analyzed using two-way ANOVA at the 95% confidence level. The highest electrical conductivity was observed at the zero-distance treatment (6.53 mS/cm). The percentages of organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, available sulfur, and cation exchange capacity at the zero distance, with values of 0.37%, 0.02%, 9.63 mg/L, 22.45 mg/L, and 11.85 cmolc/kg, were significantly lower than those at other distances ($P<0.05$). The sulfur content and cation exchange capacity were 22.94 mg/L and 13.42 cmolc/kg for *A. tortilis*, and 23.65 mg/L and 11.71 cmolc/kg for *H. salicornica* ($P<0.05$). The distance × species interaction showed that organic carbon and nitrogen varied at different distances for each species, such that at greater distances, the species had higher levels of organic carbon and nitrogen compared to locations closer to the cement factory ($P<0.05$).

Cite this article: Pichand, M., Jafari, M., Tavili, A., Moslehi, M., Rezai, M. (2024). The impact of cement dust on some chemical properties of *Acacia tortilis-Hammada salicornica* soil stands near a cement factory (Case Study: Bandar-e- Khamir, Hormozgan). *Journal of Forest and Wood Products*, 77 (3), 217-228. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwf.2024.380773.1306>



© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwf.2024.380773.1306>



دانشگاه تهران

نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۰۵۳۰

سایت نشریه: <https://jfw.ut.ac.ir>

تأثیر گرد و غبار سیمان بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک توده گبر-رسم در مجاورت کارخانه سیمان (مطالعه موردی: بندر خمیر، هرمزگان)

محمد پیچند^۱ | محمد جعفری^{۲*} | علی طویلی^۳ | مریم مصلحی^۴ | مرضیه رضایی^۵

۱. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: m.pichand@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: jafary@ut.ac.ir
۳. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: atavili@ut.ac.ir
۴. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.moslehi@areeo.ac.ir
۵. گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.rezai@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵

کلیدواژه:

تاج،
گرد و غبار کارخانه سیمان،
گونه مرتعی و درختی،
ویژگی‌های خاک،
هرمزگان.

هدف از این پژوهش، بررسی اثرات انتشار گرد و غبار سیمان بر ویژگی‌های شیمیایی خاک توده گبر-رسم در فواصل مختلف از کارخانه سیمان بود. بدین منظور در فصل بهار، سه ترانسکت ۲۰۰۰ متری با فواصل ۵۰ متر از یکدیگر در عرصه پیاپی شد و در فواصل ۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ متری از کارخانه سیمان در پلات‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۰ متر مربعی نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری، از زیر تاج گونه درختی گبر (*Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne) و گونه مرتعی رسم (*Hammada salicornica* (Moq.) Iljin) در بندر خمیر واقع در استان هرمزگان برداشت و پس از تجزیه شیمیایی، با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه در سطح ۵ درصد آنالیز شدند. بیشترین میزان هدایت الکتریکی در تیمار صفر (۶/۵۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر) مشاهده شد. درصد کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و گوگرد قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی در فاصله صفر با مقادیر به ترتیب ۰/۳۷ درصد، ۰/۰۲ درصد، ۹/۶۳ و ۲۲/۴۵ میلی‌گرم در لیتر و ۱۱/۸۵ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). مقدار گوگرد و ظرفیت تبادل کاتیونی، در گونه گبر (۲۲/۹۴ میلی‌گرم در لیتر و ۱۳/۴۲ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) و در گونه رسم (۲۳/۶۵ میلی‌گرم در لیتر و ۱۱/۷۱ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) بود. اثرات متقابل فاصله × گونه نشان داد مقادیر کربن آلی و نیتروژن در فواصل مختلف برای هر گونه متفاوت است، به‌طوری‌که در فواصل طولانی‌تر، گونه‌ها کربن آلی و نیتروژن بیشتری نسبت به فاصله‌های نزدیک‌تر دارند ($P < 0.05$).

استناد: پیچند؛ محمد، جعفری؛ محمد، طویلی؛ علی، مصلحی؛ مریم، رضایی؛ مرضیه (۱۴۰۳). تأثیر گرد و غبار سیمان بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک توده گبر-رسم در مجاورت کارخانه سیمان (مطالعه موردی: بندر خمیر، هرمزگان). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۷ (۳)، ۲۱۵-۲۱۷. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfw.2024.380773.1306>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسنده‌گان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfw.2024.380773.1306>



۱. مقدمه

تولید سیمان یکی از منابع اصلی آلودگی خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی به‌شمار می‌رود. این نوع آلودگی معمولاً به‌صورت ذرات معلق در هوا، که بیشتر گرد و غبار هستند، خود را نشان می‌دهد. عمده‌ترین مشکل محیط‌زیستی ناشی از صنعت سیمان، پخش بالای گرد و غبار و گازهایی است که در مراحل مختلف فرآیند تولید سیمان از جمله حمل‌ونقل، بارگیری و تخلیه مواد اولیه مانند سنگ آهک، گچ و خاک رس و تولید کلینکر منتشر می‌شود [۱]. ذرات گرد و غبار آزاد شده در مراحل مختلف تولید سیمان بر بوم‌سازگان از جمله خاک و گیاهان تأثیر می‌گذارد و منجر به برهم زدن چرخه عناصر مغذی خاک می‌شود [۲]. گرد و غبار منتشر شده از کارخانه‌های تولید سیمان به‌راحتی توسط باد پراکنده و به‌طور گسترده در مناطق مجاور کارخانه رسوب نموده و در طولانی‌مدت منجر به آلودگی خاک و گیاهان می‌شود. هنگامی که گرد و غبار بر روی سطح خاک رسوب و با خاک ترکیب می‌شود، ماده‌ای شبیه به سیمان سخت و بلوری تشکیل می‌دهد که تبدیل به یک لایه سخت و مقاوم بر روی سطح خاک شده [۳] و بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و فعالیت بیولوژیکی خاک تأثیر منفی گذاشته [۴] و با تغییر در جذب عناصر غذایی و فعالیت عادی گیاهان در لایه‌های ابتدایی خاک، فرآیند حیاتی بوم‌سازگان را از شرایط طبیعی خارج می‌کند.

خاک به‌عنوان یکی از اجزای اصلی محیط‌زیست، نقش مهمی در تأمین زندگی برای موجودات زنده ایفا می‌کند به‌طوری‌که گیاهان به‌عنوان اولین زنجیره غذایی به‌شدت وابسته به آن بوده و با تأثیر متقابلی که بر روی یکدیگر می‌گذارند منجر به حفظ و پایداری رویشگاه می‌شوند. گونه‌های رمس و گبر از گیاهان بومی و ارزشمند استان هرمزگان واقع در منطقه صحارا-سندی می‌باشند که به‌دلیل شرایط نامساعد آب و هوایی و همچنین تنوع اندک گونه‌های گیاهی، شناخت و حفاظت از آنها اهمیت زیادی دارد. گونه مرتعی رمس (*Hammada salicornica* (Moq.) Iljin) گیاهی است از تیره اسفناجیان *Chenopodiaceae*، در مناطق گرم و خشک جنوبی ایران از جمله هرمزگان در سطح وسیعی رویش دارد و به خشکی و خشکسالی‌های طولانی‌مدت مقاوم است. این گیاه در مناطق مختلف در تیپ‌های مختلف گیاهی به‌صورت گیاه غالب یا همراه با بسیاری از گونه‌های گیاهی مشاهده می‌شود و در تثبیت خاک و همچنین احیای پوشش گیاهی در مناطق بیابانی و خشک مناسب می‌باشد. گونه درختی گبر (Hayne) (Forssk.)

از خانواده *Fabaceae* بوده و در مناطق گرم و خشک رویش دارد. گبر در ایران تنها در استان هرمزگان پراکنش داشته و گونه‌ای درختچه‌ای است که گاهی به شکل درختان کوچک نیز مشاهده می‌شود. این گونه یکی از ارزشمندترین درختان مناطق جنوبی کشور به‌ویژه هرمزگان می‌باشد که از اهمیت محیط‌زیستی، اکولوژیک و اقتصادی برخوردار بوده و توان استقرار در عرصه‌های گرم، خشک، کم باران و خاک با کیفیت پایین را دارد.

تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از پارامترهای بسیار مهم در پایش آلودگی محیطی است. مطالعات نشان داده است که ویژگی‌های خاک‌های مجاور کارخانه‌های سیمان به‌طور جدی تحت تأثیر آلودگی‌های ناشی از آن قرار دارد. Yitagesu (۲۰۲۴) تأثیر آلودگی گرد و غبار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را در فواصل (۷۵۰-۰ متر، ۲۰۰۰-۷۵۰ متر و ۳۰۰۰-۲۰۰۰ متر) اطراف کارخانه سیمان در اتیوپی بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که pH خاک در نزدیکی کارخانه سیمان به‌دلیل رسوب مداوم گرد و غبار سیمان کمی قلیایی بود. مقادیر هدایت الکتریکی و چگالی ظاهری نیز در نزدیکی کارخانه‌های سیمان بیشتر اما مقادیر کربن آلی خاک و محتوای نیتروژن کل در فواصل دور از کارخانه سیمان بالاتر بود [۵]. Ismail و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر صنایع سیمان بر خصوصیات خاک را در اطراف کارخانه سیمان در پاکستان در فاصله ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متر بررسی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که بالاترین مقدار pH و هدایت الکتریکی (EC) در فاصله ۵۰۰ متر از کارخانه سیمان مشاهده شد و بالاترین مقادیر نیتروژن و فسفر در فاصله ۲۰۰۰ متر یافت شد [۶]. Igomu و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر گرد و غبار کارخانه سیمان Dangote بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه Tse-Kucha در نیجریه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که به‌دلیل رسوب مداوم گرد و غبار سیمان بر روی سطح خاک و شسته شدن به افق‌های عمیق‌تر، اسیدیت، محتوای کربن آلی و میزان فسفر در خاک‌های مناطق نزدیک به کارخانه سیمان بیشتر و میزان پتاسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی کم بود اما از نظر نیتروژن کل تفاوت معنی‌داری وجود نداشت [۷]. Ashraf و همکاران (۲۰۲۲)،

تأثیر گرد و غبار سیمان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک اطراف کارخانه سیمان Khrew، هند در فواصل ۰، ۱، ۲ و ۱۰ کیلومتر مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که pH و هدایت الکتریکی در مجاورت کارخانه سیمان نسبت به منطقه شاهد (۱۰ کیلومتر) بیشتر اما ماده آلی، محتوای رطوبت، فسفر در دسترس میانگین کمتری در نزدیکی کارخانه سیمان نسبت به منطقه شاهد داشتند [۸]. Adebibi و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر گرد و غبار سیمان را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد مغذی خاک سطحی در توده‌های جنگلی اطراف کارخانه سیمان در نیجریه در فواصل ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰، ۱۳۰، ۱۵۰، ۱۷۰، ۱۹۰، ۲۱۰، ۲۳۰ متر و منطقه شاهد بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ورود ذرات گرد و غبار سیمان به خاک، pH خاک را افزایش داده و آن را قلیایی‌تر می‌کند. بالاترین میزان pH از نمونه صد و پنجاه متری کارخانه سیمان مشاهده شد که نشان‌دهنده بیشترین آلودگی ذرات است. همچنین نتایج نشان داد که خصوصیات شیمیایی کربن آلی (OC)، مواد آلی (OM)، فسفر (P)، پتاسیم (K⁺)، سدیم (Na⁺)، کلسیم (Ca⁺⁺) و منیزیم (Mg⁺⁺) در مناطق مورد مطالعه به‌طور قابل توجهی بالاتر از شاهد بودند [۹]. Lamare و Singh (۲۰۲۰) به بررسی اثر رسوب گرد و غبار سیمان بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در فواصل ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ متر از دو کارخانه سیمان و فواصل ۴-۵ و ۱۱-۱۰ کیلومتری به‌عنوان شاهد در منطقه جینتیا هیلز هند پرداختند. مقایسه پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیایی خاک نشان داد که گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان باعث تغییر کیفیت خاک در مناطق اطراف کارخانه سیمان شده است. با توجه به رسوب مداوم گرد و غبار سیمان، pH خاک کمی قلیایی و مقادیر بالاتر پارامترهای خاک مانند هدایت الکتریکی و چگالی ظاهری نیز در نزدیکی کارخانه سیمان مشاهده شد. با این حال، مقادیر کمتری از ظرفیت نگهداری آب، محتوای رطوبت خاک، کربن آلی خاک و محتوای نیتروژن کل در مقایسه با سایت‌های شاهد یافت شد [۱۰].

گرد و غبار ناشی از صنایع کارخانه سیمان می‌تواند در ویژگی‌های شیمیایی و چرخه عناصر غذایی خاک تأثیرگذار باشد و تأثیرات گسترده‌ای بر روند جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و بوم‌سازگان حساس و شکننده جنوب ایران داشته باشد. استان هرمزگان دارای ناحیه رویشی بسیار شکننده صحارا-سندی است که دارای گونه‌های منحصر به فردی همچون گبر و رمس است که به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و آلودگی صنایع قرار دارند. با توجه به شرایط سخت رویشگاهی این گونه‌ها، چگونگی واکنش آنها نسبت به آلودگی‌های صنایع، متفاوت از سایر مناطق است. اطلاعات حاصل از اثرات صنایع سیمان بر روی اصلی‌ترین عنصر یک رویشگاه (خاک)، می‌تواند ابزار اساسی در مدیریت، حفظ توازن اکولوژیک، تنوع زیستی و بهبود کیفیت رویشگاه در اختیار مدیران قرار دهد. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر گرد و غبار کارخانه سیمان بر خصوصیات شیمیایی خاک توده گبر-رمس در فواصل مختلف از کارخانه سیمان بود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری

منطقه مورد مطالعه، مرتع مشجری است که در اطراف کارخانه سیمان بندر خمیر واقع در ۸۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان بندرعباس در استان هرمزگان با طول جغرافیایی ۵۵°۳۲'۲۵" تا ۵۵°۳۲'۰۳" و عرض جغرافیایی ۲۶°۵۷'۱۵" تا ۲۶°۵۶'۲۰" و ارتفاع متوسط ۳۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این منطقه دارای متوسط دمای ده‌ساله، ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل و حداکثر دمای ده‌ساله، به‌ترتیب ۱۸/۱ و ۳۵/۳ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی سالانه ۲۰ سال اخیر، حدود ۱۷۱ میلی‌متر است. تیپ غالب منطقه گبر-رمس بوده و دارای گونه‌های همراه *Euphorbia larica*، *Cymbopogon olivieri* و *Acacia oerfota* است. خاک رویشگاه سبک بوده و دارای شیب ملایم و جهت اصلی آن شرقی و جهت فرعی شمالی است. توده گبر-رمس بر روی اراضی پست مسطح ساحلی و اراضی دشت‌های سیلابی گسترده شده است. از لحاظ اقلیمی این منطقه براساس روش دومارتن دارای اقلیمی خشک و براساس روش آمبروزه در محدوده اقلیم بیابانی گرم می‌باشد. روش برداشت در این پژوهش به‌صورت خط نمونه بود. در فصل بهار (فصل فعالیت گیاهان)، سه ترانسکت ۲۰۰۰ متری با فواصل ۵۰ متر از یکدیگر در عرصه به‌صورت تصادفی در توده گبر-رمس پیاده شد. سپس در هر ترانسکت در فواصل ۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ متری از کارخانه سیمان، پلات‌هایی با ابعاد ۱۰×۱۰ متر مربعی، جهت برداشت نمونه مشخص شد (سه تکرار). از زیر تاج

گونه‌های مرتعی رمس و گونه‌های درختی گبر موجود در هر پلات، نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت و با یکدیگر ترکیب شدند. بدین ترتیب در هر پلات یک نمونه ترکیبی خاک برای گونه رمس و یک نمونه ترکیبی برای گونه گبر برداشت شد (در مجموع ۲۴ نمونه ترکیبی خاک) [۱۱]. نمونه‌های مورد نظر، پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری جهت انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی به آزمایشگاه انتقال یافت. خصوصیات شیمیایی خاک شامل میزان اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر الکترونی [۱۲]، هدایت الکتریکی خاک با استفاده از روش اشباع و خوانش با دستگاه EC سنج [۱۳]، مقدار کربن آلی خاک با روش والکلی بلاک [۱۴]، درصد نیتروژن کل به روش کجلدال [۱۵]، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش جایگزینی استات آمونیوم [۱۶]، گوگرد قابل جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر [۱۷]، پتاسیم قابل جذب با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فلیم فوتومتر [۱۸] و فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن [۱۹] اندازه‌گیری شدند.

۲-۲. روش آماری

تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام گرفت و نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel ۲۰۱۶ ترسیم شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور گونه و فاصله از کارخانه سیمان با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. نرمال بودن باقی‌مانده‌های مدل با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین معنی‌دار بودن اثر تیمارها بر ویژگی‌های خاک تحت تأثیر گونه × فاصله، از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. خصوصیات شیمیایی خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داده است که کلیه خصوصیات شیمیایی خاک به جز pH در فواصل مختلف معنی‌دار شده است. در بین دو گونه نیز پارامترهای کربن آلی، نیتروژن، گوگرد و ظرفیت تبادل کاتیونی دارای تفاوت معنی‌داری بودند. همچنین اثرات متقابل فاصله × گونه فقط بر روی صفات کربن آلی و نیتروژن کل خاک معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف گونه، فاصله و اثرات متقابل آنها

| متغیر | منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره F |
|---|---------------|------------|----------------|---------------------|
| هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) | گونه | ۱ | ۰/۵۳۱ | ۰/۸۰۶ ^{ns} |
| | فاصله | ۳ | ۲/۵۶۰ | ۳/۸۸۵* |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۰/۵۰۸ | ۰/۷۷۱ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۶۵۹ | |
| اسیدیته | گونه | ۱ | ۶/۶۶۷ | ۰/۰۳۹ ^{ns} |
| | فاصله | ۳ | ۰/۰۰۳ | ۱/۹۱۸ ^{ns} |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۲۵ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۰۰۲ | |
| کربن آلی (درصد) | گونه | ۱ | ۰/۱۷۲ | ۲۸/۸۱۷** |
| | فاصله | ۳ | ۰/۱۰۸ | ۱۸/۲۰۵** |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۰/۰۳۷ | ۶/۲۸۵** |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۰۰۶ | |
| نیتروژن (درصد) | گونه | ۱ | ۰/۰۰۰ | ۵/۲۶۳* |
| | فاصله | ۳ | ۰/۰۰۱ | ۱۰/۴۵۶** |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۰/۰۰۱ | ۸/۴۹۱** |
| | خطا | ۱۶ | ۷/۹۱۷ | |
| فسفر (میلی‌گرم در لیتر) | گونه | ۱ | ۰/۱۰۳ | ۰/۱۱۹ ^{ns} |
| | فاصله | ۳ | ۹/۰۳۳ | ۱۰/۴۷۳** |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۱/۲۷۳ | ۱/۴۷۶ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۸۶۲ | |

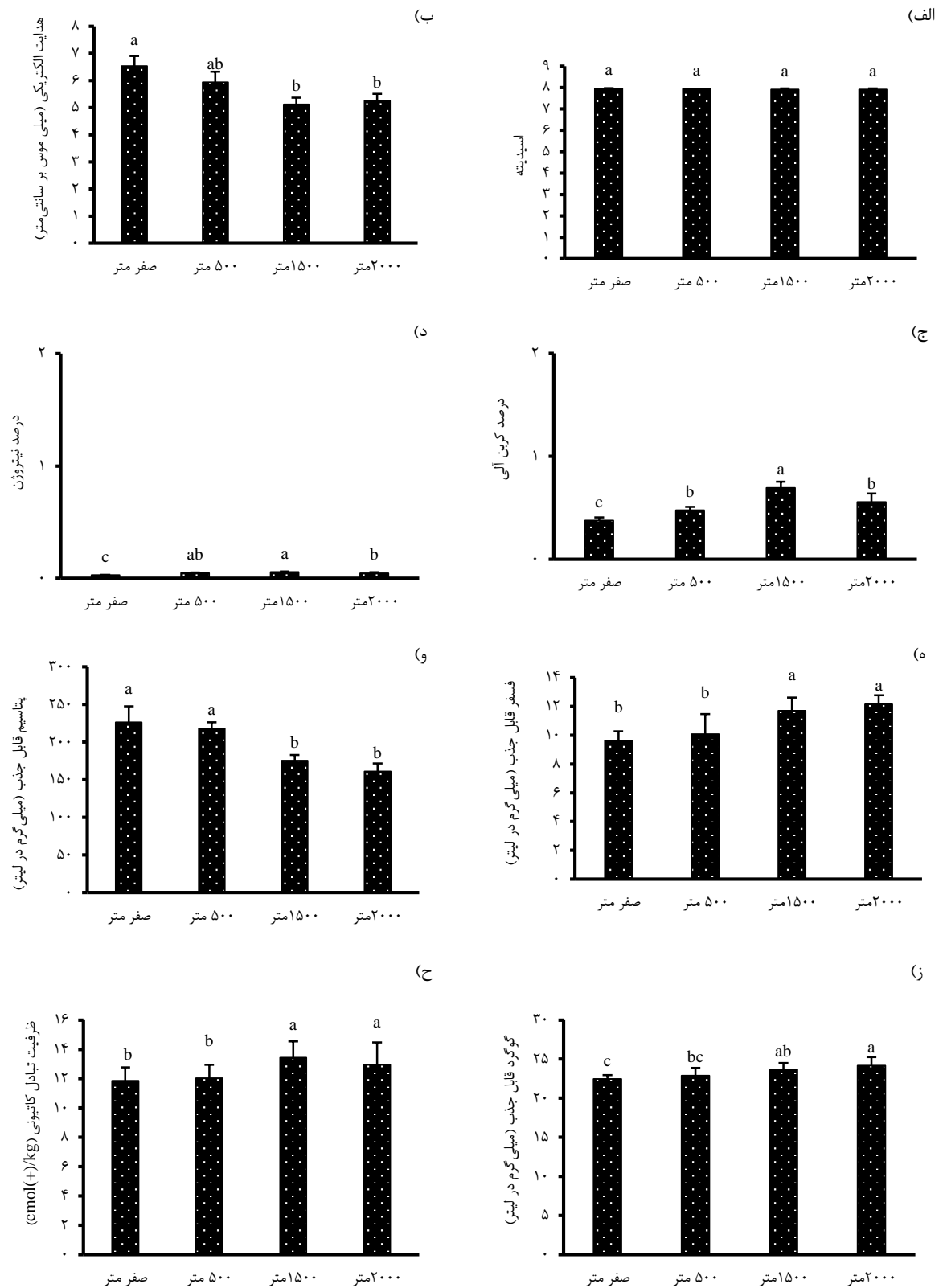
ادامه جدول ۱.

| متغیر | منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره F |
|---|---------------|------------|----------------|----------------------|
| پتاسیم (میلی گرم در لیتر) | گونه | ۱ | ۲۰/۱۶۷ | ۰/۰۲۱ ^{ns} |
| | فاصله | ۳ | ۶۱۳۷/۵۰۰ | ۶/۴۰۶ ^{**} |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۱۷۳۲/۱۶۷ | ۱/۸۰۸ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۹۵۸/۰۴۲ | |
| گوگرد (میلی گرم در لیتر) | گونه | ۱ | ۳/۰۱ | ۵/۷۵۷ [*] |
| | فاصله | ۳ | ۳/۶۲۲ | ۶/۹۲۶ ^{**} |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۱/۴۸۳ | ۲/۸۳۵ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۵۲۳ | |
| ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم) | گونه | ۱ | ۱۷/۵۷۹ | ۳۸/۵۵۶ ^{**} |
| | فاصله | ۳ | ۳/۳۹۵ | ۷/۴۴۶ ^{**} |
| | گونه×فاصله | ۳ | ۰/۴۱۱ | ۰/۹۰۲ ^{ns} |
| | خطا | ۱۶ | ۰/۴۵۶ | |

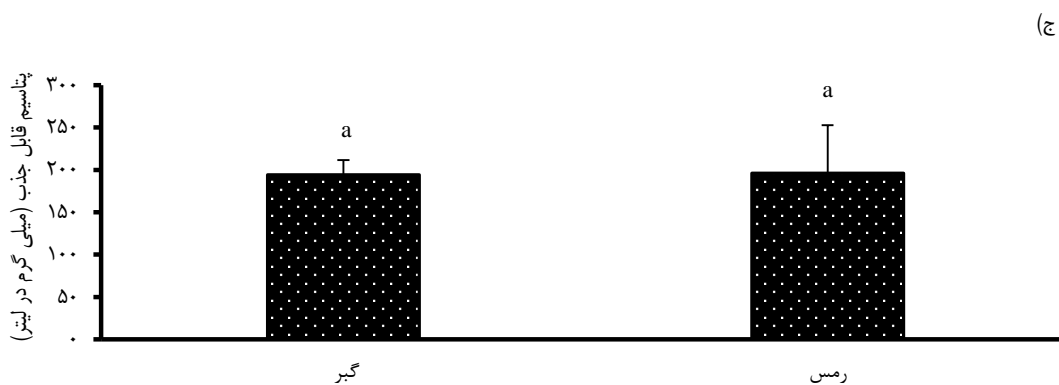
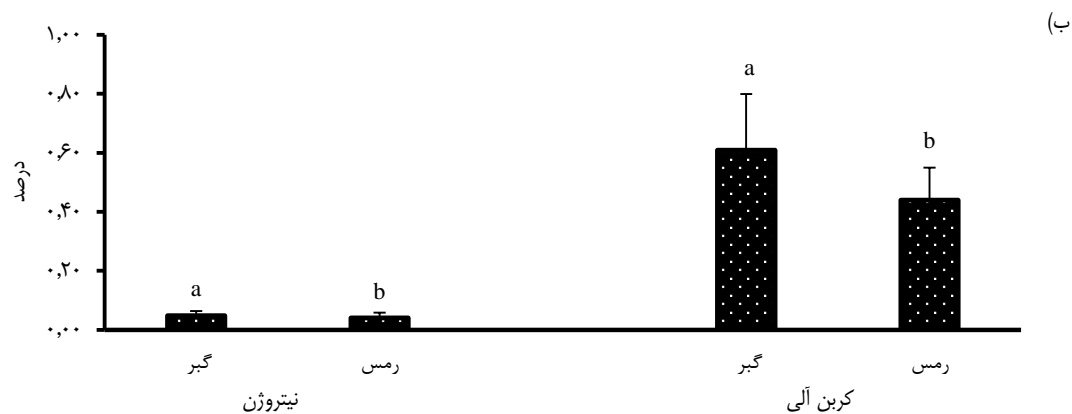
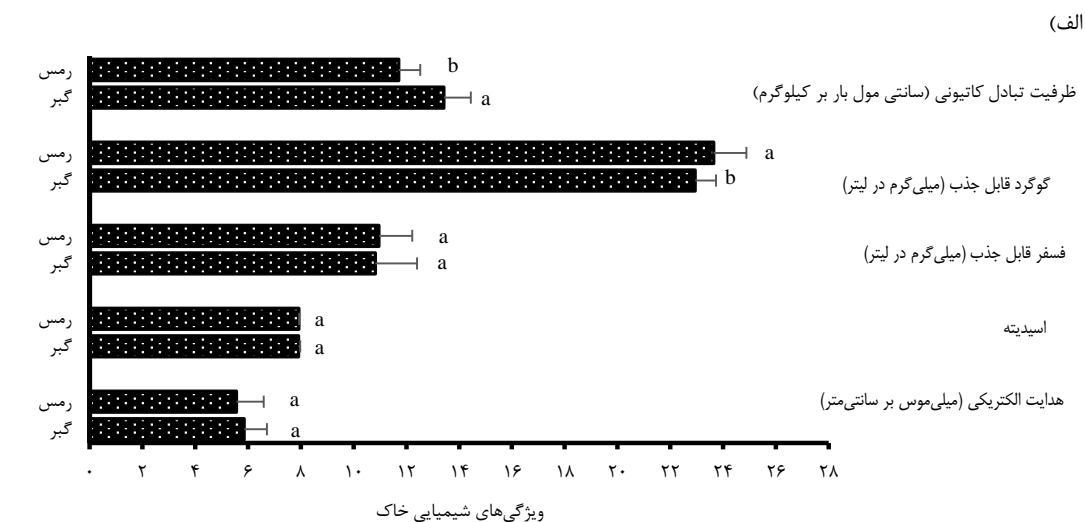
* معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری

۳-۲. اسیدیت، هدایت الکتریکی و عناصر مغذی خاک

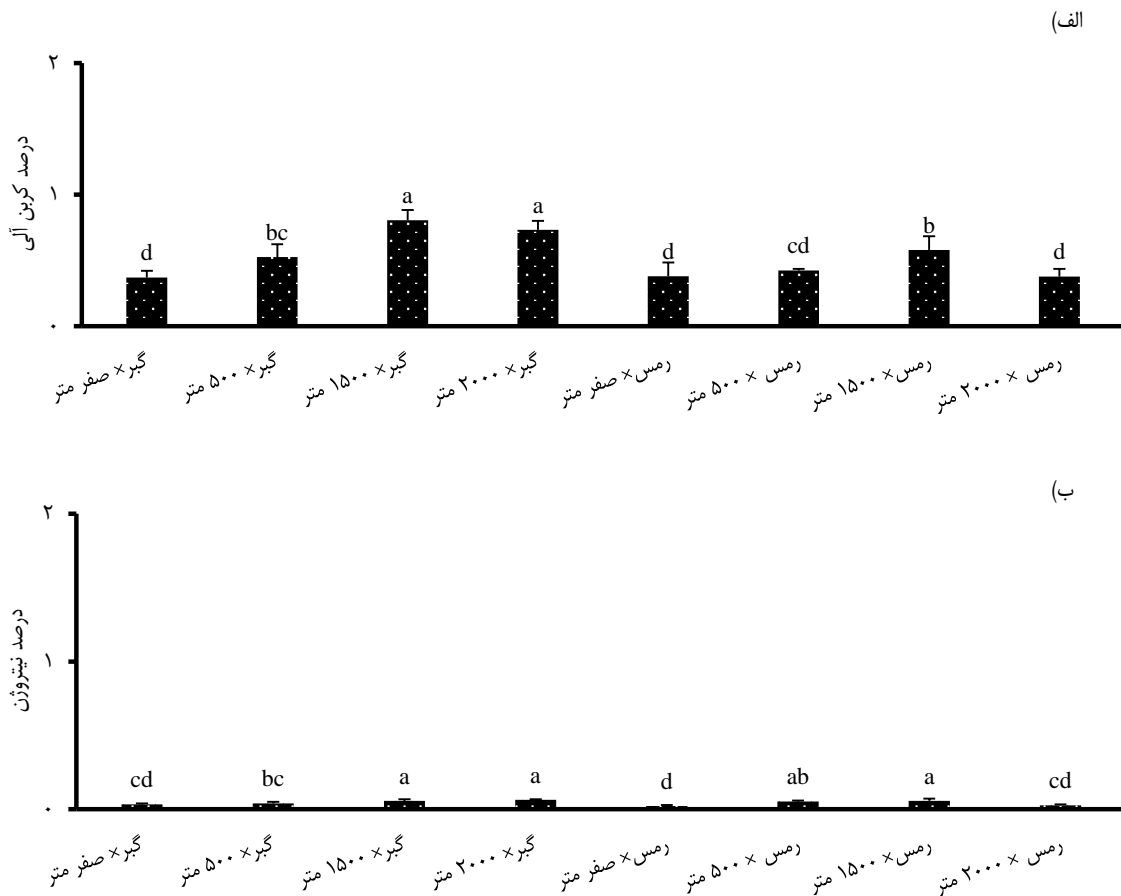
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش فاصله از کارخانه سیمان، مقدار اسیدیت خاک کاهش یافته است ولی این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۱، الف). بر اساس نتایج، هدایت الکتریکی با افزایش فاصله از کارخانه سیمان کاهش یافت. نتایج نشان داد هدایت الکتریکی در فواصل (صفر و ۵۰۰ متر) با (۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ متر) دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$). بیشترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به فاصله صفر متر به مقدار ۶/۵۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر و کمترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به فاصله ۱۵۰۰ متر به مقدار ۵/۱۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر است (شکل ۱، ب). شایان ذکر است مقادیر اسیدیت و هدایت الکتریکی در زیر تاج پوشش گونه‌های گیاهی گبر و رمس معنی‌دار نشده است (شکل ۲، الف). نتایج نشان داد گرد و غبار کارخانه سیمان در فواصل مختلف، سبب تغییرات معنی‌دار در مقدار کربن آلی و نیتروژن خاک شده است ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین مقدار کربن آلی خاک در فواصل ۱۵۰۰ متر و صفر متر به ترتیب (۰/۶۹ درصد) و (۰/۳۷ درصد) بود (شکل ۱، ج). غلظت نیتروژن با افزایش فاصله از منبع آلودگی روند افزایشی داشت. بیشترین غلظت نیتروژن کل در فاصله ۱۵۰۰ متر به میزان ۰/۰۵ درصد و کمترین غلظت نیتروژن کل در فاصله صفر به میزان ۰/۰۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱، د). با افزایش فاصله از کارخانه سیمان، فسفر قابل جذب خاک روند صعودی داشته است. مقدار فسفر قابل جذب در فاصله ۲۰۰۰ متری از کارخانه سیمان به میزان ۱۲/۱۵ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری بیشتر از فاصله صفر و نزدیک به منبع آلودگی (۹/۶۳ میلی‌گرم در لیتر) بود (شکل ۱، ه). مقادیر پتاسیم در فواصل صفر < ۵۰۰ متر < ۱۵۰۰ متر < ۲۰۰۰ متر بود (شکل ۱، و). میزان گوگرد قابل جذب در فاصله صفر با کمترین مقدار (۲۲/۴۵ میلی‌گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۱، ز). ظرفیت تبادل کاتیونی با مقدار ۱۱/۸۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم در نقطه صفر آغاز شد و با روند افزایشی به میزان ۱۳/۴۳ سانتی‌مول بر کیلوگرم در نقطه ۱۵۰۰ متر رسید و سپس با مقداری کاهش در نقطه ۲۰۰۰ متری به ۱۲/۹۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم به تعادل رسید (شکل ۱، ح). مقدار گوگرد در خاک زیر تاج پوشش گبر و رمس از اختلاف معنی‌دار برخوردار بود. مقدار گوگرد در گونه گبر، ۲۲/۹۴ میلی‌گرم در لیتر و در گونه رمس، ۲۳/۶۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است که در گونه رمس به مقدار ۰/۷۱ میلی‌گرم در لیتر بیشتر از گونه گبر بود (شکل ۲، الف). همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی در زیر تاج گونه درختی گبر (۱۳/۴۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم) بیشتر از گونه مرتعی رمس (۱۱/۷۱ سانتی‌مول بر کیلوگرم) بود (شکل ۲، ب). اثرات متقابل فاصله × گونه بر روی عناصر کربن آلی و نیتروژن کل خاک اثرات معنی‌داری داشت. مقادیر کربن آلی در فواصل مختلف برای هر گونه متفاوت است، به‌طوری‌که در فواصل طولانی‌تر، گونه‌ها کربن آلی و نیتروژن بیشتری نسبت به فاصله‌های نزدیک‌تر دارند. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که تأثیر فاصله بر کربن آلی و نیتروژن به نوع گونه نیز بستگی دارد. درصد کربن آلی در گونه گبر در فاصله ۱۵۰۰ متری (۰/۸۰ درصد) و سپس رمس (۰/۵۸ درصد) بیشترین مقدار را داشت (شکل ۳ الف). همچنین بیشترین درصد نیتروژن کل در گونه گبر در فاصله ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری با مقادیر (۰/۰۶۳ و ۰/۰۵۶ درصد) و در گونه رمس در فاصله ۱۵۰۰ متری با مقدار (۰/۰۵۶ درصد) مشاهده شد (شکل ۳، ب).



شکل ۱. مقایسه میانگین اسیدیتته (الف)، هدایت الکتریکی (ب)، درصد کربن آلی (ج)، درصد نیتروژن (د)، فسفر قابل جذب (ه)، پتاسیم قابل جذب (و)، گوگرد قابل جذب (ز) و ظرفیت تبادل کاتیونی (ح) در فواصل مختلف از کارخانه سیمان با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد ($P < 0.05$)



شکل ۲. مقایسه اسیدپته، هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، گوگرد قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی (الف) درصد کربن آلی و نیتروژن (ب) و پتاسیم (ج) در خاک زیر تاج پوشش گونه‌های گیاهی گبر و رمس با استفاده از آزمون تی‌تست در سطح احتمال ۹۵ درصد ($P < 0.05$)



شکل ۳. مقایسه میانگین درصد کربن آلی (الف) و درصد نیترژن (ب) تحت تأثیر اثرات متقابل گونه × فاصله با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد ($P < 0.05$)

۴. بحث

در تحقیق حاضر، اسیدیتته خاک در فاصله صفر بیشترین مقدار را داشت که با نتایج Jain و Jain (۲۰۰۶) و Ashraf و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد [۳، ۸]. به دلیل رسوب گرد و غبار سیمان بر روی خاک نزدیک کارخانه سیمان و احتمالاً اثرات آهکی گرد و غبار، اسیدیتته خاک به سمت قلیائیت افزایش یافته است. تأثیر گرد و غبار سیمان بر هدایت الکتریکی خاک زیر تاج پوشش گونه‌های رمس و گبر متفاوت بود و در این گونه‌ها در فواصل نزدیک به کارخانه سیمان موجب افزایش و در فواصل دورتر موجب کاهش این پارامتر شد. به‌طور کلی، سطح هدایت الکتریکی خاک گونه درختی گبر نسبت به خاک گونه مرتعی رمس نسبتاً بالاتر بود. علت این افزایش، احتمالاً تحت تأثیر عواملی چون جذب املاح توسط ریشه و آوردن آنها به سطح خاک، برگشت زی‌توده گیاهی بیشتر و تجزیه لاشبرگ سریع‌تر در گونه گبر می‌باشد [۲۰]. در هر دو گونه، غلظت EC در فواصل نزدیک به کارخانه بیشتر بود که با نتایج Singh و Lamare (۲۰۲۰) مطابقت داشت. افزایش هدایت الکتریکی در مجاورت منطقه صنعتی سیمان را می‌توان به غلظت بالای کاتیون‌های تبدالی زیر تاج پوشش و نمک موجود در خاک ناشی از انتشار گرد و غبار کارخانه سیمان و حجم بیشتر آن در نزدیکی کارخانه نسبت داد [۱۰].

مقادیر کربن آلی و نیترژن خاک در اثر گرد و غبار کارخانه سیمان در فواصل مختلف تفاوت معنی‌دار نشان داد و مقدار آن در خاک زیر تاج پوشش گونه درختی گبر بیشتر از گونه مرتعی رمس و در فواصل دورتر بیشتر از فواصل نزدیک به کارخانه سیمان است. تجمع کربن آلی و نیترژن کل در خاک زیر تاج پوشش درخت گبر ممکن است تا حدی به تجزیه مواد آلی انباشته شده از ریزش برگ‌ها یا ورودی بیشتر مواد آلی ناشی از تجزیه ریشه‌های نازک، کاهش شستشوی خاک زیر تاج پوشش درختان و رابطه

همزیستی قوی آن با میکروبه‌های بومی خاک نسبت داده شود [۲۱]. در مقایسه با فواصل نزدیک به کارخانه سیمان، فواصل دورتر به علت وجود پوشش گیاهی نسبتاً بیشتر، از مقدار بیشتری لاشبرگ و بقایای گیاهی تشکیل شده است که پس از تجزیه به مواد آلی خاک و کربن آلی کمک می‌کند. محتوای بالای ماده آلی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های میکروبی بیشتر در لایه‌های سطحی خاک باشد، که این موضوع باعث تجزیه سریع‌تر ماده آلی و ادغام آن در خاک می‌شود [۲۲]. مطالعات مشابه انجام شده توسط Yitagesu (۲۰۲۴) و Ibanga و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که محتوای کربن آلی و نیتروژن با افزایش فاصله از کارخانه سیمان افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۵، ۲۲].

غلظت فسفر قابل دسترس خاک با افزایش فاصله از کارخانه سیمان روند افزایشی را نشان داد. خاک‌های غنی از کربن آلی و مواد آلی مقادیر بالاتری از فسفر را حفظ می‌کنند به طوری که فسفر قابل استفاده در خاک توسط لاشبرگ به خاک اضافه می‌شود که در فواصل دورتر از کارخانه سیمان در دسترس گیاهان است [۸]. سطوح پایین‌تر میزان فسفر در نزدیک کارخانه سیمان ممکن است به دلیل ماهیت بسیار قلیایی خاک به دلیل رسوب گرد و غبار غنی شده با کلسیم باشد که از کارخانه سیمان انتشار می‌یابد و منجر به دسترسی کم فسفر می‌شود زیرا کلسیم دارای میل جذبی فسفر است [۳]. در دسترس بودن فسفر در خاک به شدت به اسیدیته خاک و شکل آن در خاک بستگی دارد. اسیدیته بالای خاک در محل نزدیک به کارخانه سیمان ممکن است تحرک و در دسترس بودن فسفر را کاهش دهد که فسفات کلسیم نامحلول را تشکیل می‌دهد. در همین راستا، Khamparia و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در دسترس بودن فسفر خاک در نزدیکی کارخانه‌های سیمان کمترین و بالاترین میزان در فاصله دور از کارخانه‌های سیمان است [۲۳] که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. کاهش محتوای پتاسیم با توجه به فاصله از کارخانه سیمان نشان داد که صنعت سیمان نقش مهمی در تغییر محتوای پتاسیم ایفا می‌کند. روند کاهشی واضحی از کارخانه سیمان به سمت فواصل دورتر وجود دارد که می‌توان استنباط کرد منعکس‌کننده توزیع کاهش گرد و غبار سیمان با فاصله است. غلظت بالاتر پتاسیم در مجاورت کارخانه سیمان در طول فصل رویش را می‌توان به رسوب ته‌نشین شده بر روی خاک نسبت داد. نتایج محققان دیگر نشان داد که میزان غلظت پتاسیم در گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان بیشتر از غلظت سایر عناصر است [۲۴] که همین امر می‌تواند دلیل افزایش پتاسیم در نمونه‌های مجاورت کارخانه سیمان باشد. نتایج مشابهی توسط Affinnih و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است که نشان می‌دهد غلظت پتاسیم در نزدیکی کارخانه سیمان بالاترین مقدار را داشته و در محل کنترل کمترین مقدار را نشان داده است [۲۵] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

غلظت گوگرد در نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه در فواصل مختلف از کارخانه سیمان اندازه‌گیری شد که با افزایش فاصله از کارخانه روند افزایشی نشان داد. حضور گوگرد در خاک موجب کاهش اسیدیته خاک‌های قلیایی می‌شود. با کاهش اسیدیته، شکل سولفات جذب شده افزایش می‌یابد. در این راستا، Kokatnur و Saviramath (۲۰۱۹) گزارش کردند که غلظت گوگرد در خاک با افزایش فاصله از کارخانه روند افزایشی را نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۲۶]. میزان عنصر گوگرد قابل جذب در گیاه رمس در مقایسه با گیاه گبر بیشتر و مقدار این تغییرات در دو گیاه متفاوت بوده است. گیاه رمس به طور قابل توجهی بر در دسترس بودن گوگرد در اکوسیستم‌های خاک، به ویژه در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک تأثیر می‌گذارد. این گیاه شورپسند، دینامیک گوگرد خاک را از طریق مکانیسم‌های مختلف، از جمله مشارکت مواد آلی و تعامل با جوامع میکروبی خاک، تقویت می‌کند. ترشحات ریشه گیاه، فعالیت میکروبی را تحریک می‌کند که برای اکسیداسیون گوگرد و تبدیل فرم‌های غیرآلی گوگرد به فرم‌های قابل دسترس ضروری است. افزایش زیست‌توده و فعالیت میکروبی منجر به بهبود دسترسی به گوگرد، به ویژه در خاک‌های قلیایی می‌شود. گیاه به افزایش مقدار گوگرد در خاک کمک می‌کند، زیرا زیست‌توده آن پس از تجزیه، گوگرد را به خاک باز می‌گرداند [۲۷].

مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی با افزایش فاصله از کارخانه سیمان در خاک زیر تاج‌پوشش هر دو گونه گبر و رمس افزایش یافت ولی مقدار افزایش در گونه درختی گبر نسبت به گونه مرتعی رمس بیشتر بود که با یافته‌های Igomu و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد [۷]. این مسئله می‌تواند به دلیل انباشت زیاد بقایای گیاهی زیر تاج درختان باشد، زیرا کاتیون‌ها زمانی آزاد می‌شوند که بقایای انباشته شده از تاج درختان دچار تجزیه میکروبی و سپس معدنی‌سازی شوند. بنابراین، مقدار کاتیون‌های قابل تبادل

زیر تاج پوشش درختان بیشتر از مناطق باز است. همان‌طور که کربن آلی و محتوای نیتروژن کل خاک افزایش می‌یابد، ظرفیت تبادل کاتیونی نیز به موازات آن افزایش می‌یابد. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بسته به میزان مواد آلی متغیر است. کاهش ماده آلی در فواصل نزدیک به کارخانه سیمان می‌تواند یکی از دلایل کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی پایین ممکن است منجر به ظرفیت بافری پایین خاک و حفظ کم مواد مغذی شود که در نتایج تحقیق نیز مشاهده شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج این پژوهش، گرد و غبار در فواصل مختلف از کارخانه سیمان سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی و عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر و گوگرد شده است. همچنین، وضعیت عناصر غذایی خاک در زیر تاج گونه درختی گبر نسبت به گونه‌های مرتعی بهتر است، که نشان می‌دهد گونه‌های درختی در بهبود کیفیت خاک و حفظ عناصر غذایی مؤثرتر هستند. این نتایج، اهمیت پوشش گیاهی به‌ویژه گونه‌های درختی را در کاهش اثرات منفی گرد و غبار و بهبود شرایط خاک نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود از پوشش گیاهی به‌عنوان سپری در مقابل کاهش اثرات منفی گرد و غبار بر خاک و بهبود کیفیت آن استفاده شود. ایجاد و توسعه فضای سبز با گونه‌های بومی اطراف کارخانه‌های صنعتی و منابع انتشار گرد و غبار می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به حفظ و ارتقای عناصر غذایی خاک و بهبود ساختار خاک کمک کند. همچنین به‌منظور تکمیل تحقیقات پیشنهاد می‌شود با توجه به استقرار سریع‌تر گونه‌های مرتعی، چندین گونه مرتعی در معرض آلودگی‌های ناشی از گرد و غبار کارخانه سیمان قرار گیرد تا مقاوم‌ترین گونه شناسایی و به‌عنوان پوشش همراه مناسب در ترکیب با گونه‌های بومی درختی، در مناطق آلوده معرفی شود. این رویکرد می‌تواند به تسریع در استقرار پوشش گیاهی مناسب، کاهش اثرات منفی گرد و غبار، و بهبود پایداری محیط‌زیست در مناطق آلوده کمک کند.

۶. سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان و حمایت‌های آزمایشگاهی اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان هرمزگان، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

۷. منابع

- [1] Estifanos, S. (2014). Investigating the distribution of selected major and trace metals in lithogenic environment near cement factory, Mekelle, Ethiopia. *Journal of Environmental Protection*, 5(2), 144-155.
- [2] Gheorghe, I.F., & Ion, B. (2011). The effects of air pollutants on vegetation and the role of vegetation in reducing atmospheric pollution. *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*, 29, 241-280.
- [3] Jain, R., & Jain, P.L. (2006). Pollution of soil due to cement factory near Narsingarh, Madhya Pradesh (India). *Journal of Environmental Research and Development*, 1(2), 151-4.
- [4] Anurag, K.R., & Sahu, N. (2021). Impact of cement industries dust on soil properties in Bhatapara, Chhattisgarh. *Annals of Plant and Soil Research*, 23(2), 209-214.
- [5] Yitagesu, Y.H. (2024). Pollution effect and effluent discharge on soil physico-chemical properties around cement factories. *Journal of Medical Research and Health Sciences*, 7(5), 3107-3114.
- [6] Ismail, Z., Ali, S., Zulfiqar, A., & El-Serehy, H.A. (2023). Impact of cement industries on potentially toxic elements' contamination and other characteristics of topsoil: A case study. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 35(1), 2271664.
- [7] Igomu, E.A., Odoemena, S.O., & Odeh, I.M. (2023). Effects of cement dust emitted by Dangote cement factory on some chemical properties of soils of Tse-Kucha, Benue State, Nigeria. *Bulgarian Journal of Soil Science*, 8(2), 119-125.

- [8] Ashraf, M., Bhat, G.A., & Ashraf, N. (2022). Impact of cement dust on soil physico-chemical characteristics around khrew cement factory in district Pulwama. *Journal of Himalayan Ecology and Sustainable Development*, 17, 1-16.
- [9] Adebisi, A.P., Adigun, H.O., Lawal, K.J., Salami, K.D., Adekunle, V.A.L., & Oyelakin, J.A. (2021). Impact of cement dust on physical and chemical nutrients properties of forest topsoil. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25(5), 695-700.
- [10] Lamare, R.E., & Singh, O.P. (2020). Effect of cement dust on soil physico-chemical properties around cement plants in Jaintia Hills, Meghalaya. *Environmental Engineering Research*, 25(3), 409-417.
- [11] Agbede, O.T., Taiwo, A.M., Adeofun, C.O., Adetunji, M.T., Azeez, J.O., & Arowolo, T.A. (2022). Assessing the pollution effect of cement dust emission on the soil quality around Ewekoro cement factory, southwestern Nigeria. *Environmental Forensics*, pp. 1-11.
- [12] Mclean, E. (۱۹۸۲). Soil pH and lime requirement, methods of soil analysis. Part ۲. Chemical and microbiological properties. Madison, WI. pp. 199-224.
- [13] Carter, M.R. & Gregorich, E.G. (2007). Soil sampling and methods of analysis. CRC press. 1240 p.
- [14] Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- [15] Bremner, J.M., & Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen—total. Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties, 9, 595-624.
- [16] Tabatabai, M.A., & Bremner, J.M. (1969). Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 1(4), 301-307.
- [17] Sparks D.L. Page A.L. Helmke P.A. Leoppert R.H. Soltanpour P.N. Tabatabai M.A. Johnston G.T. & Summer M.E. (1996). In: Bartels J. M. (Eds.), Methods of soil analysis. Soil science society of America, Madison, Wisconsin USA
- [18] Rowell, D.L. (1994). Measurement of the composition of soil solution. Soil science methods and Application, Part7. 146 p.
- [19] Olsen, S.R., & Sommers, L.E. (1982). In: A.L. Page R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties. (2nded.). American Society of Agronomy and Soil science society of america, Madison, Wisconsin, Phosphorus. Pp. 403-430
- [20] Jafari, M., Tavili, A., Ghadimi, H., Ebrahimi, D.K., Janat, R.M., & Kouhpeima, A. (2011). Investigation on the effects of haloxylon-planted different age's levels on physical and chemical properties of soil in ardestan area. *Watershed Management Research*, 4 (89), 37-43. (in Persian)
- [21] Kahi, H.C., Ngugi, R.K., Mureithi, S.M., & Ng'ethe, J.C. (2009). The canopy effects of *Prosopis juliflora* (dc.) and *Acacia tortilis* (hayne) trees on herbaceous plants species and soil physico-chemical properties in Njemps flats, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3), 441-449.
- [22] Ibanga, I. J., Umoh, N. B., & Iren, O. B. (2008). Effects of cement dust on soil chemical properties in the Calabar Environment, Southeastern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(3-4), 551-558.
- [23] Khamparia, A., Chatterjee, S.K., & Sharma, G.D. (2012). Assessment on effect of cement dust pollution on soil health. *Journal of Environmental Research and Development*, 7(1), 368-374.
- [24] Magray, R.A. (2016). Studies on the Impact of Cement Dust Pollution on Selected Vegetable Crops (Doctoral dissertation).
- [25] Affinnih, K.O., Salawu, I.S., & Isah, A.S. (2014). Methods of available potassium assessment in selected soils of Kwara State, Nigeria. *Agrosearch*, 14(1), 76-87.
- [26] A Kokatnur, S., & Saviramath, V.B. (2019). Impact of cement dust on physico-chemical properties of soils around a cement factory in Bagalkot, Karnataka, India. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 20(2), 1-12.
- [27] Li, W., Lv, G., & Hu, D. (2022). Soil microbial-mediated sulfur cycle and ecological network under typical desert halophyte shrubs. *Land Degradation and Development*, 33(18), 3718-3730.