Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

The effect of fire on the physico-chemical properties of Tamarix aphylla habitat soil in Niatak, Sistan and Baluchistan province

Mehdi Mehmandoost[1], Marzieh Rezai[*2], Rasool Mahdavi[3], Maryam Moslehi[4], Soltan Ravan[5]

1. Ph.D. Student of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: m.mehmandoost20@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: m.rezai@hormozgan.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: ra_mahdavi2000@gmail.com
4. Assistant Prof. 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. Associate Prof., Dept. of Plant Protection, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: soltan.ravan@uoz.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.13.2023
Revised: 11.20.2023
Accepted: 11.21.2023

Keywords:
Soil chemical properties,
Soil organic carbon,
Soil physical properties,
Vegetation density

ABSTRACT

Background and Objectives: Arid and semi-arid regions are characterized by sensitive and fragile ecosystems that are highly susceptible to fires. Understanding the impact of fire is crucial for making informed modifications to the vegetation composition in these habitats. This study aimed to investigate the effects of fire on the soil characteristics of *Tamarix aphylla* (L.) Karst habitats in the Niatak area of Sistan and Baluchistan province.

Materials and Methods: The statistical design employed in this study was a completely randomized design, and the sampling method utilized a sample line approach. Following a thorough survey of the area, stands that had experienced fire for a duration of 10 years, as well as a control stand, were selected. Within each stand, a randomly chosen one-hectare area with dimensions of 100×100 m was identified. Approximately 50 m from the linear sides of the square, sampling locations were designated. Plots measuring 5×5 m were then selected, with a spacing of approximately 50 m between each plot. This resulted in three sample lines, each consisting of three sample plots, amounting to a total of nine sample plots. Within each sample plot, five soil samples were obtained from the four corners and the center, at a depth of 0-30 cm. These samples were combined to form a composite sample, which was subsequently transferred to the laboratory for analysis. The analysis aimed to determine the physical properties (moisture content and bulk density) as well as the chemical properties (sodium, exchangeable potassium, phosphorus, nitrogen, organic carbon, electrical conductivity, and pH) of the soil. Statistical analysis of the physical and chemical aspects of the soil was conducted using the *t*-test and the non-parametric Mann-Whitney U test.

Results: The findings revealed notable differences between the control and burnt stands. The number of trees per ha in the control stand was 93, while in the burnt stand it was 56. Additionally, 11 saplings under one meter were observed in the control stand, whereas the burnt stand had 25 saplings. Furthermore, 2% of trees in the control stand were in the form of

sprouts, compared to 30% in the burnt stand. The analysis indicated a decrease in soil moisture due to the fire, with a value of 32.77±0.99 compared to 37±1.38 in the control stand. In contrast, the bulk density increased in the burnt stand, measuring 1.46±0.03. It was also found that the control stand exhibited higher percentages of soil nitrogen (0.08±0.01), absorbable phosphorus (11.99±0.63), exchangeable potassium (400.23±20.05), and soil organic carbon (0.9±0.02) compared to the burnt stand ($P \leq 0.05$). The acidity variable did not show a significant difference between the burnt plots and the control ($P \geq 0.05$). However, the electrical conductivity in the burnt stand (9.8±0.57) was higher than that of the control stand (5.05).

Conclusion: It is evident that fire has significant effects on vegetation density, reproduction, and soil physicochemical properties. Despite the passage of 10 years since the fire, the ecosystem of *Tamarix aphylla* still exhibits notable differences in soil characteristics compared to the control stand. The physicochemical properties of the soil, as well as vegetation density, continue to display disparities between the burnt and control plots. This indicates that the stand has not fully recovered to its original state. Therefore, there are signs of reproduction and the presence of new sprouts in the stand, which suggest a potential return to its original state. It is recommended to focus on soil improvement measures and expedite the evolution of vegetation by introducing native species through reforestation efforts in these forests.

Cite this article: Mehmandoost, Mehdi, Rezai, Marzieh, Mahdavi, Rasool, Moslehi, Maryam, Ravan, Soltan. 2024. The effect of fire on the physico-chemical properties of Tamarix aphylla habitat soil in Niatak, Sistan and Baluchistan province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 30 (4), 57-72.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2024.21747.2037
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه گز شاهی (*Tamarix aphylla*) در نیاتک، استان سیستان و بلوچستان

مهدی مهماندوست[۱]، مرضیه رضایی*[۲]، رسول مهدوی[۳]، مریم مصلحی[٤]، سلطان رون[٥]

۱. دانشجوی دکتری رشته مهندسی منابع طبیعی، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.mehmandoost20@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.rezai@hormozgan.ac.ir

۳. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: ra_mahdavi2000@gmail.com

٤. استادیار پژوهش، 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. دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: soltan.ravan@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۵/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۸/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۸/۳۰

واژه‌های کلیدی:
تراکم پوشش گیاهی،
خصوصیات فیزیکی خاک،
کربن آلی خاک،
مشخصه‌های شیمیایی خاک

چکیده

سابقه و هدف: رویشگاه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله بوم‌سازگان‌های حساس و شکننده در برابر آتش‌سوزی هستند. آگاهی از اثرات آتش‌سوزی در اصلاح ترکیب پوشش گیاهی اهمیت دارد. ازاین‌رو، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک رویشگاه‌های گز شاهی (*Tamarix aphylla* (L.) Karst) نیاتک در استان سیستان و بلوچستان برای اولین بار پرداخته است.

مواد و روش‌ها: طرح آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی و نمونه‌برداری به‌صورت خط نمونه بود. پس از پیمایش در منطقه، توده‌هایی که مدت‌زمان آتش‌سوزی در آن ۱۰ سال گذشته بود و توده شاهد، انتخاب و در هر یک توده‌ای یک هکتاری با ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ متر به‌صورت تصادفی انتخاب و بر روی اضلاع مربع مشخص شده و فاصله تقریبی ۵۰ متری از اضلاع خطی پیاده شد. سپس، قطعه‌هایی با ابعاد ۵ در ۵ متر در فواصل تقریبی ۵۰ متر از یکدیگر پیاده شد (دو ضلع موازی مربع با خط تقارن بین آن‌ها به‌عنوان سه خط نمونه، هر خط نمونه شامل سه قطعه نمونه و در مجموع شامل ۹ قطعه نمونه). پس از پیاده کردن قطعه نمونه، ۵ نمونه خاک از چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت شد. هر ۵ نمونه با هم ترکیب و یک نمونه ترکیبی از آن حاصل شد و برای تجزیه آزمایشگاهی به آزمایشگاه انتقال یافت تا

خصوصیات فیزیکی (رطوبت و جرم مخصوص ظاهری) و خصوصیات شیمیایی (سدیم، پتاسیم تبادلی، فسفر، نیتروژن، کربن آلی، هدایت الکتریکی و pH) تعیین گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری در بخش فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از آزمون تی‌تست و آزمون ناپارامتریک من ویتنی یو انجام شد.

یافته‌ها: بر طبق یافته‌ها، نتایج تعداد ۹۳ و ٥٦ درخت در هکتار، ۱۱ و ۲۵ نهال زیر یک متر، ۲ و ۳۰ درصد درختان به‌صورت جست به ترتیب در توده شاهد و آتش‌سوزی‌شده مشاهده شد. خصوصیات فیزیکی خاک بیانگر کاهش رطوبت خاک در اثر آتش‌سوزی (۰/۹۹ ± ۳۲/۷۷) در مقایسه با شاهد (۱/۳۸ ± ۳۷) و افزایش جرم مخصوص ظاهری در توده آتش‌گرفته (۰/۰۳ ± ۱/٤٦) بود. بررسی خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد، درصد نیتروژن خاک (۰/۰۱ ± ۰/۰۸)، فسفر قابل‌جذب (۰/٦۳ ± ۱۱/۹۹)، پتاسیم تبادلی (۲۰/۰۵ ± ٤۰۰/۲۳) و کربن آلی خاک (۰/۰۲ ± ۰/۹) در توده شاهد بیش‌تر از توده آتش‌گرفته است (P≤۰/۰۵). متغیر اسیدیته، تفاوت معنی‌داری در بین دو قطعه نمونه آتش‌گرفته و شاهد نشان نداد (P≥۰/۰۵) اما هدایت الکتریکی در توده آتش‌گرفته (۰/۵۷ ± ۹/۸) بیش‌تر از توده شاهد بود (P≤۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: بر طبق نتایج، حریق منجر به تغییرات تراکم و زادآوری پوشش گیاهی و هم‌چنین، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌گردد. با وجود گذشت ۱۰ سال از آتش‌سوزی، بوم‌سازگان گز شاهی هم‌چنان تا خصوصیات خاک در توده شاهد فاصله دارد و هم‌چنان، تفاوت در خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و هم‌چنین تراکم در بین دو قطعه نمونه آتش‌گرفته و شاهد وجود دارد و توده به حالت اولیه بازنگشته است. بنابراین، با توجه به این‌که شواهدی از زادآوری و هم‌چنین، جست‌های جدید در توده مشاهده می‌شود که بیانگر بازگشت توده به حالت اولیه است، بنابراین توصیه می‌شود به‌منظور اصلاح خاک و هم‌چنین، تسریع در تکامل پوشش گیاهی، واکاری با گونه‌های بومی در این جنگل‌ها انجام گیرد.

استناد: مهماندوست، مهدی، رضایی، مرضیه، مهدوی، رسول، مصلحی، مریم، رون، سلطان (۱۴۰۲). تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه گز شاهی (*Tamarix aphylla*) در نیاتک، استان سیستان و بلوچستان. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۰ (۴)، ۷۲-۵۷.

DOI: 10.22069/JWFST.2024.21747.2037

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

آتش‌سوزی یکی از بحران‌های اقلیمی و عوامل تهدیدکننده در رویشگاه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود که با کاهش توان اکولوژیک، روند بیابانی شدن این بوم‌سازگان‌ها را تشدید می‌کند. رویشگاه‌های گز شاهی نیز از این امر مستثنی نبوده و آتش‌سوزی از جمله مواردی است که موجب تخریب این رویشگاه‌های باارزش می‌شود. آتش موجب تغییرات در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود که می‌تواند سبب تغییر در پوشش و خصوصیات گیاهی گردد (۱).

آتش‌سوزی بر اساس شدت به سه دسته تقسیم می‌شود: ۱) آتش‌سوزی با شدت کم، تأثیر محدودی بر روی درختان، پوشش گیاهی زیرین و خاک دارد (کم‌تر از ۳۰ درصد مرگ‌ومیر)، ۲) آتش‌سوزی در حد متوسط، آتشی که اثرات متغیر و متوسطی روی درختان توده ایجاد می‌کند و به‌طور متوسط ۳۰-۸۰ درصد از پوشش گیاهی و / یا خاک از بین رفته و یا در معرض قرارگرفته است. ۳) آتش‌سوزی با شدت بالا که درصد بالایی از مرگ‌ومیر درختان را شامل می‌شود (بیش از ۸۰٪) (۲).

آتش‌سوزی‌های شدید در بوم‌سازگان هم‌چنین با ایجاد ترکیبات آلی با خاصیت آب‌گریزی در خاک منجر به کاهش نفوذپذیری آب گردیده و بازده چرخه هیدرولوژیکی را کاهش می‌دهد. خاک، آب و موجودات زنده از عوامل مؤثر در تعادل و پایداری اکوسیستم می‌باشد که هر سه تحت‌تأثیر آتش‌سوزی‌های شدید تخریب می‌گردد (۱).

گز یک تیره درختی یا درختچه‌ای (Tamaricaceae) از جنس گز (Tamarix) با برگ‌های مختلف است که غلاف‌های مختلف دارد. به‌طورکلی، ۲۳ گونه از آن وجود دارد که حدود ۱۰ گونه از آن‌ها در جنوب شرق ایران پراکنده‌اند (۳). گونه گز شاهی، گیاهی با طول عمر بالا است که مقاوم به شرایط نامطلوب محیطی از جمله درجه حرارت بالا، شوری خاک و خشکسالی است. این گیاه سازگار با شرایط مختلف است و در برابر تنش‌های محیطی مقاوم است. با توجه به مقاومت این‌گونه در خاک‌های شور و مقاومت در برابر خشکسالی و دمای بالا از جمله گونه‌های غالب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (٤).

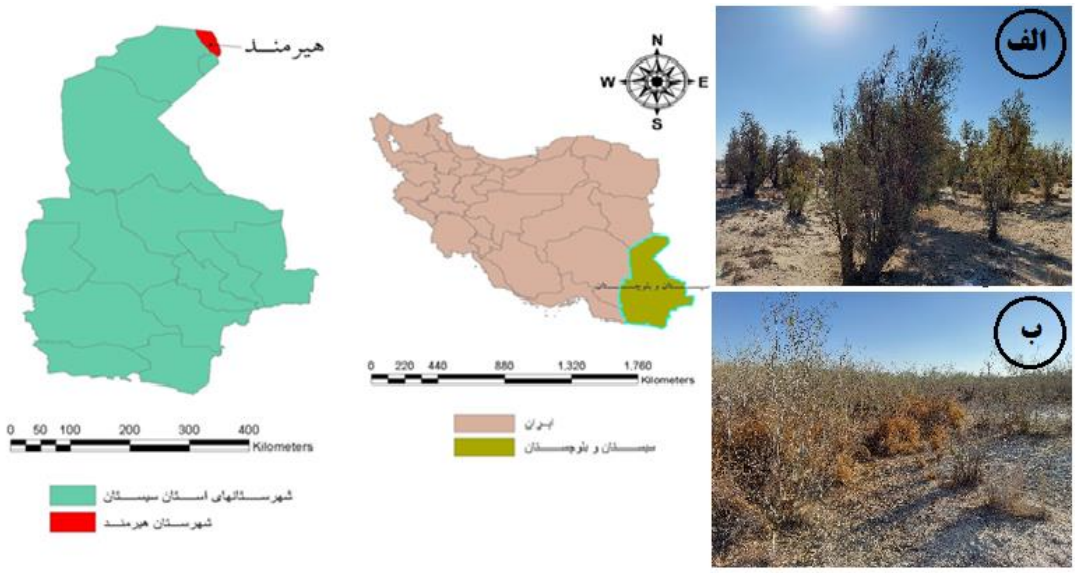
پژوهش‌های بسیاری در زمینه آتش‌سوزی در جنگل انجام گرفته که از جمله می‌توان به این موارد اشاره نمود: ارشاد و همکاران در سال (۲۰۱۳) بر روی تأثیر آتش‌سوزی بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل (مطالعه موردی در توده‌های کاج تدا جنگل‌های شمال ایران) مطالعه نمودند که طبق نتایج ایشان، آتش‌سوزی بر میزان فسفر، پتاسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی اثر معنی‌داری نداشت و بر میزان pH خاک، هدایت الکتریکی، کربن آلی و نیتروژن کل معنی‌دار بود. آتش‌سوزی باعث افزایش میزان pH و هدایت الکتریکی خاک و از طرفی، کاهش درصد کربن آلی و ازت کل شد (۵). پژوهش بانج شفیعی و همکاران در سال ۲۰۱۵، به بررسی پیامدهای آتش‌سوزی بر خواص خاک مراتع پرداخته است. نتایج ایشان بیانگر آن است که بعد از آتش‌سوزی میزان ازت کل، فسفر قابل‌جذب، کلسیم قابل‌جذب، کربن آلی خاک و پتاسیم قابل‌جذب خاک کاهش یافته ولی منیزیم قابل‌جذب خاک و میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش یافت. همچنین در اثر آتش‌سوزی رس خاک افزایش یافته اما بر روی جرم مخصوص ظاهری تفاوت معنی‌داری نداشته است (٦). آموئکا و گامبیزا (۲۰۱۹) در پژوهشی اثرات آتش‌سوزی‌های انسانی بر برخی از ویژگی‌های خاک و پیامدهای فرکانس آتش‌سوزی برای منطقه اکولوژیکی ساوانای گینه، غنا را بررسی کردند که در

مجموع نیتروژن، کربن آلی، اسیدیته و کلسیم قابل‌تبادل در انواع مختلف کاربری زمین به‌طور قابل‌توجهی متفاوت بود. آتش موجب بهبود کانی‌سازی نیتروژن کل، کربن آلی خاک و کلسیم قابل‌تبادل شد زیرا مزارع سوخته دارای میانگین مقادیر بالاتری از این مواد مغذی نسبت به مزارع نسوخته بودند (۷). راهول (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای مروری به بررسی تأثیر آتش بر جنبه‌های مختلف تغییرات در خواص فیزیکی، بیوژئوشیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها پرداختند و به این نکته رسیدند که آتش‌سوزی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت متعددی بر بوم‌سازگان داشته و از تغییر زیست‌توده تا کاهش یا حذف فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی زیرزمینی مؤثر بوده و اثرات آن بسته به‌شدت آتش‌سوزی مفید یا فاجعه‌آمیز بوده و این‌که برخلاف سوختن با شدت زیاد، سوختن با شدت کم می‌تواند فلور علفی مفیدتری را تحریک کرده و مواد مغذی موجود برای گیاهان را افزایش دهد (۸).

گونه گز شاهی (*T. aphylla*)، ازجمله گونه‌هایی است که امروزه به‌منظور بیابان‌زدایی، تثبیت ماسه‌ها، احیاء و پویا نمودن بوم‌سازگان شکننده بیابان‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بررسی تغییرات خصوصیات خاک ناشی از آتش‌سوزی می‌تواند اطلاعاتی در زمینه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه دهد که از نتایج آن می‌توان در صورت عدم بهبود به‌موقع در طول زمان، برنامه‌ریزی صحیحی جهت تسریع روند بهبود این رویشگاه‌ها انجام داد. در پروژه حاضر، فرضیه این‌طور در نظر گرفته شد که آتش موجب ایجاد تغییرات در خصوصیات فیزیکی و هم‌چنین، شیمیایی خاک می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه گز شاهی (*Tamarix aphylla*) در رویشگاه نیاتک، استان سیستان و بلوچستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه رویشگاه نیاتک در شهرستان هیرمند در شمال شرق استان سیستان و بلوچستان و از شهرستان‌های واقع در منطقه سیستان است که آتش‌سوزی طبیعی (به مساحت تقریبی ٦ هکتار) در آن رخ داده است. آتش‌سوزی به‌مدت میانگین ۵ ساعت و با شدت متوسط بوده است. آتش‌سوزی در بعدازظهر یک روز تابستانی اتفاق افتاده است. شدت باد در آن زمان شدید بوده و جهت باد از شرق به غرب بوده است. رویشگاه موردنظر با مساحت ٤۲۰۰ هکتار در حوزه شهرستان هیرمند با دامنه ارتفاعی ۰ تا ۱٦۰ متر از سطح دریا، در ۳۰ تا ٦۱ درجه طول شرقی با متوسط درجه حرارت ۲۲ درجه سانتی‌گراد و بارش سالیانه ۵۹/٦ میلی‌متر (بر اساس اطلاعات آماری ایستگاه سینوپتیک زابل در یک دوره ۲۰ ساله) واقع شده است. منطقه سیستان از نظر مورفولوژی دارای ساختمان نسبتاً ساده بوده و شامل ارتفاعات در غرب و دره‌هایی است که به‌طرف شرق کشیده شده است. در قسمت میانی تپه‌ها اشکال بدلندی در کنگلومرا دیده می‌شود و شرق آن دشت وسیع آبرفتی است که رو به اراضی پست حاشیه هامون منتهی می‌شود. بسیاری از خاک‌های منطقه به‌ویژه در افق‌های سطحی خود دارای بافت شنی، شنی- سیلتی می‌باشند (۹).

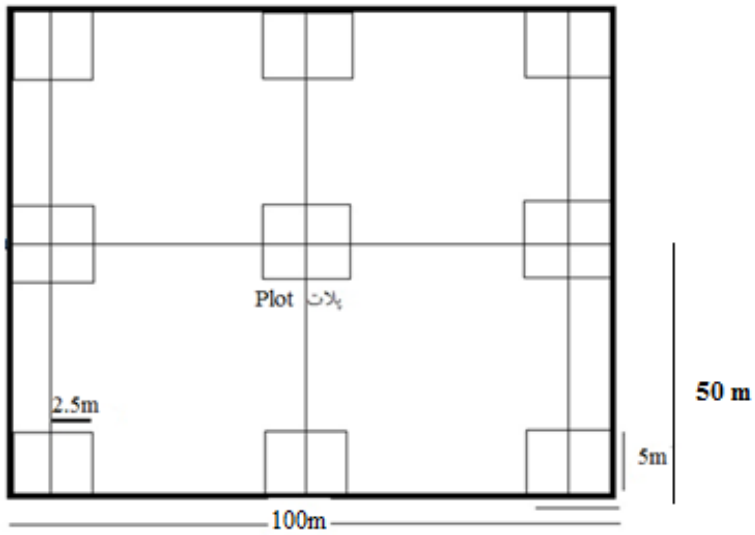


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و توده شاهد (الف) و توده آتش‌سوزی‌شده پس از ۱۰ سال (ب).

Figure 1. The location of the study area and the control stand (a) and the burnt stand after 10 years (b).

روش پژوهش: نزدیک به ۳۰ گونه در منطقه وجود دارد که غالباً ارزش علوفه‌ای ندارد. گونه‌های غالب در منطقه گز (*Tamarix aphylla*)، خارشتر (*Alhagi maurorum*)، شور (*Salsola rigida*)، سیاه شور (*Suaeda aegyptiaca*)، نی (*Phragmites australis*) و تاغ (*Haloxylon stocksii*) است. ۲۷ درصد از منطقه، عاری از پوشش و اراضی سخت کف دریاچه هامون است که بسیار حساس به فرسایش بوده و دارای خاک نرم است. ٦٣ درصد باقی‌مانده از پوشش گیاهی تشکیل شده است که غالباً درصد پوشش آن به کم‌تر از ۵۰ درصد می‌رسد. قابل‌ذکر است گونه گز، تاغ و نیف، ۳۷ درصد پوشش منطقه را تشکیل می‌دهند منطقه پژوهش در ارتفاع ۵۰ متر از سطح دریا در جهت شمالی- جنوبی واقع شده است که تیپ غالب آن گز شاهی است (۱۰).

طرح آماری، طرح کاملاً تصادفی است و برداشت نمونه به‌صورت خط نمونه می‌باشد. پس از جنگل‌گردشی و تعیین توده‌های مورد نظر گز شاهی، یک توده یک هکتاری به‌عنوان تیمار شاهد (توده جنگلی بدون آتش‌سوزی) و یک توده یک هکتاری به‌عنوان تیمار آتش‌سوزی (۱۰ سال از آتش‌سوزی گذشته) با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، بر روی خط نمونه‌های ۱۰۰ متری (سه خط نمونه شامل دو ضلع و حدفاصل بین دو ضلع). در فاصله ۵۰ متر از یکدیگر یک قطعه نمونه ۵×۵ متر جدا و نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر در ٤ ضلع و مرکز قطعه نمونه برداشت و پس از ترکیب نمونه‌های یک قطعه نمونه و تشکیل یک نمونه خاک ترکیبی داده شد (۱۱) که جهت آنالیز فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت (۹ تکرار برای هر توده). هم‌چنین، تراکم درختان، تعداد نهال‌های زیر یک متر و جست‌زنی در توده آتش‌گرفته و شاهد با آماربرداری ۱۰۰ درصد شمارش شد.



شکل ۲- نحوه پیاده کردن قطعه نمونه **در عرصه.**

Figure 2. The implement of plot in the study arena.

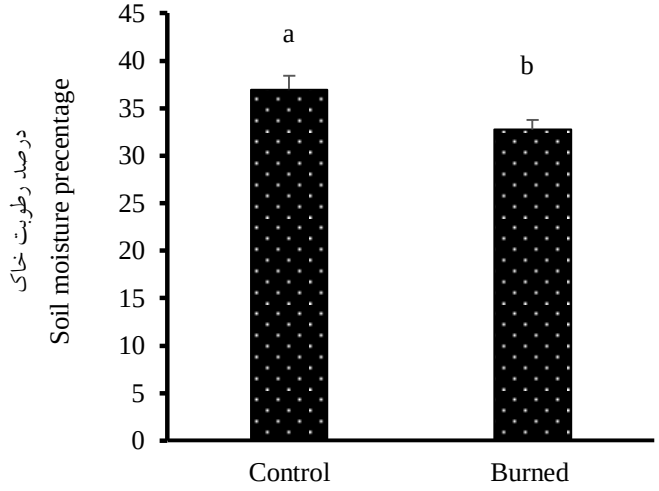
درصد رطوبت خاک به شیوه گل اشباع، درصد کربن آلی با روش اکسیداسیون تر و هدایت الکتریکی با استفاده از عصاره اشباع خاک (۱۲)، پتاسیم و سدیم تبادلی با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر از طریق سوزانیدن (۱۳) و نیتروژن با استفاده از دستگاه کجلدال (١٤)، فسفر با روش اولسون و همکاران (١٥)، اسیدیته با روش پتانسیومتری با استفاده از pH متر (١٦) و وزن مخصوص ظاهری با استفاده از روش کلوخه اندازه‌گیری شد (۱۳).

تجزیه‌وتحلیل آماری: داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده نرم‌افزار Ecxel2016 و Spss26 مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک در تیمارهای مختلف، با استفاده از آزمون تی مستقل انجام گرفت و تست نرمالیته با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) انجام گرفت. هم‌چنین برای داده‌هایی که از توزیع نرمالی برخوردار نبودند از آزمون ناپارامتریک من ویتنی یو استفاده شد.

نتایج و بحث

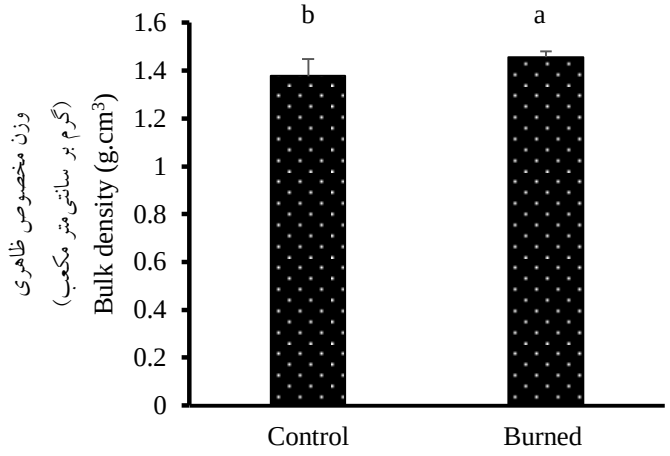
تراکم درختان و زادآوری: نتایج نشان داد تراکم درختان در دو توده شاهد و آتش‌گرفته ۹۳ و ٥٦ اصله در هکتار است. هم‌چنین در توده آتش‌گرفته تعداد نهال‌های زیر یک متر (۲۵ اصله در هکتار) دو برابر توده شاهد (۱۱ اصله در هکتار) بود که نشان از احیاء توده و زادآوری دانه‌زاد و عمدتاً به‌صورت جست در توده آتش‌سوزی شده دارد. پس از آتش‌سوزی جست‌زنی در توده آتش‌گرفته به‌وفور یافت شد. ۳۰ درصد درختان توده آتش‌سوزی‌شده جست‌زنی کرده بودند درحالی‌که در توده شاهد ۲ درصد درختان دارای جست بودند. مطالعات بسیاری بیانگر اثر آتش بر روی احیاء و تجدید نسل توده است که از جمله می‌توان به مطالعه Verma و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود که به‌طورکلی، بیان کردند که آتش‌سوزی اثر مثبتی بر روی روند احیاء درختان و نهال‌ها داشته است (۱۷).

خصوصیات فیزیکی (رطوبت و وزن مخصوص ظاهری): نتایج بررسی درصد رطوبت خاک در دو قطعه نمونه شاهد و آتش‌گرفته نشان داد که در قطعه نمونه شاهد درصد رطوبت (۱/۳۸ ± ۳۷) بالاتر از قطعه نمونه آتش‌گرفته (۰/۹۹ ± ۳۲/۷۷) بود (T=۲/٤۸، P≤۰/۰۱) (شکل ۳). نتایج مقایسه وزن مخصوص ظاهری خاک در دو قطعه نمونه شاهد و آتش‌گرفته بیانگر وجود وزن مخصوص ظاهری بیش‌تر در قطعه نمونه آتش‌گرفته (۰/۰۳ ± ۱/٤٦) در مقایسه با شاهد (۰/۰۷ ± ۱/۳۸) بود (T= -۳/۱٦۲، P≤۰/۰۱) (شکل ٤).



شکل ۳- درصد رطوبت خاک در قطعه نمونه‌های شاهد و آتش‌گرفته.

Figure 3. The percentage of soil moisture in control and burned plots.

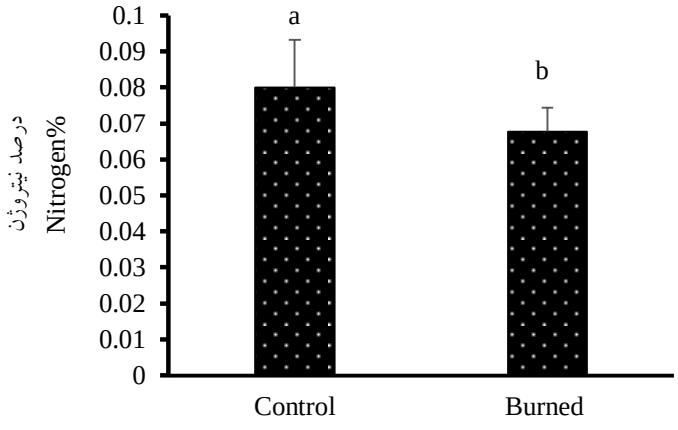


شکل ٤- وزن مخصوص ظاهری خاک در قطعه نمونه‌های شاهد و آتش‌گرفته.

Figure 4. The bulk density of the soil in control and burned plots.

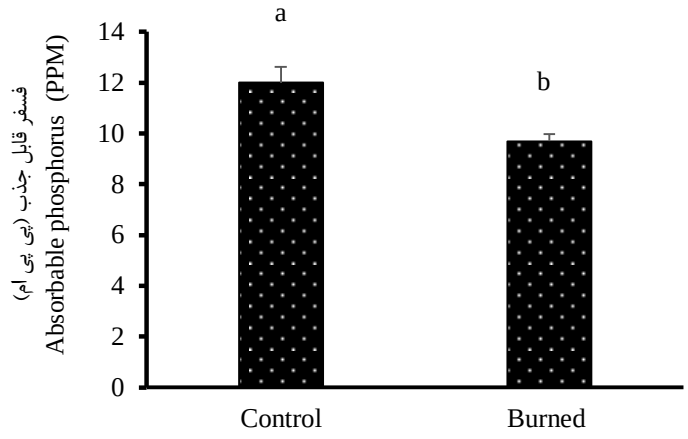
آتش‌سوزی یکی از آشفتگی‌های رایج در بوم‌سازگان جنگلی است که به‌صورت طبیعی یا مصنوعی (کنترل‌شده و کنترل نشده) ایجاد شده (۱۸) و در هر دو حالت تأثیرات قابل‌توجهی را بر ساختمان و ترکیبات خاک، موجودات خاکزی، چرخه آب و پوشش گیاهی جنگل بر جای می‌گذارد که در صورت عدم کنترل، جنگل را به‌سوی تخریب سوق خواهد داد (۱). در بررسی خصوصیات فیزیکی خاک در قطعه نمونه شاهد و قطعه نمونه آتش‌سوزی، نتایج بیانگر کاهش رطوبت در اثر آتش‌سوزی بود که با نتایج ورما و کمار (۲۰۱۲) هم‌راستا بود. همچنین، نتایج نشان داد که وزن مخصوص ظاهری در توده آتش‌سوزی بیش‌تر از توده شاهد بود. این یافته با نتایج ورما و کمار (۲۰۱۲) مطابقت داشت (۱۸) که به این نتیجه رسیدند در طی آتش‌سوزی، ساختمان خاک دچار تخریب شده و کاهش خلل و فرج را در پی دارد که در نتیجه آن، وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد که این تغییر خصوصیات فیزیکی به همراه تولید ترکیبات آلی نفوذناپذیر به آب، میزان نفوذ آب کاهش یافته و رواناب و فرسایش خاک افزایش می‌یابد (۱۹). آتش با اثر بر رطوبت خاک بر خصوصیات بیولوژیکی، فیزیکی و به‌طورکلی بر کیفیت خاک (۲۰) تأثیر می‌گذارد. با توجه به تغییر آتش‌سوزی‌ها در ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند چگالی ظاهری خاک، تخلخل، بافت، رنگ، میزان رطوبت و نفوذپذیری (۲۰)، مطالعات بسیاری بیانگر کاهش رطوبت خاک در اثر حرارت ایجادشده از آتش‌سوزی می‌باشد که می‌توان به مطالعات آلوزیس و همکاران (۲۰۰٤) و جهاندار و علیدوست (۱٤۰۱) اشاره نمود (۲۱، ۲۲).

خصوصیات شیمیایی (سدیم و پتاسیم تبادلی، فسفر، نیتروژن، کربن آلی، هدایت الکتریکی و اسیدیته): نتایج مقایسه میانگین درصد نیتروژن خاک در قطعه‌نمونه‌های مورد بررسی نشان داد که در توده شاهد (۰/۰۱ ± ۰/۰۸) بیش‌تر از توده آتش‌گرفته (۰/۰۰٦ ± ۰/۰٦) بود (شکل ۵). هم‌چنین، فسفر قابل‌جذب نیز در توده شاهد (۰/٦۳ ± ۱۱/۹۹) بیش‌تر از توده آتش‌گرفته (۰/۲۸ ± ۹/٦۹) بود (شکل ٦).



شکل ۵- درصد نیتروژن کل خاک در قطعه‌نمونه‌های شاهد و آتش‌گرفته.

Figure 5. The percentage of soil nitrogen percentage in the control and burned plots.



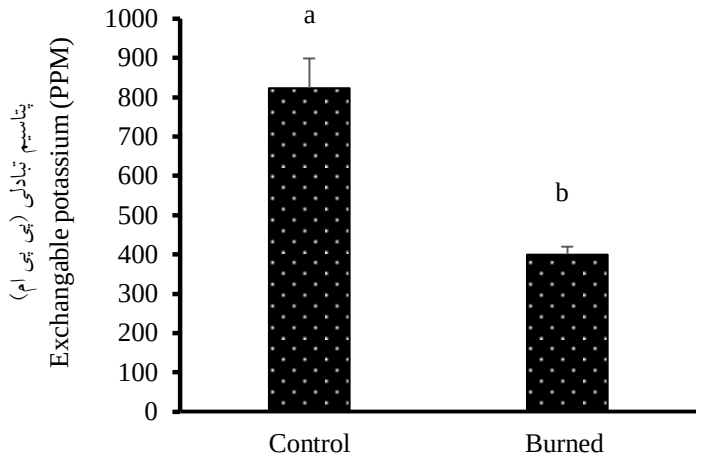
شکل ٦- درصد فسفر قابل‌جذب در قطعه‌نمونه‌های **شاهد و آتش‌گرفته.**

Figure 6. The percentage of exchangeable phosphorus in the control and burned plots.

آتش‌سوزی علاوه بر تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، باعث تغییر در ویژگی‌های شیمیایی نیز می‌شود. با آتش‌سوزی، لاشبرگ‌های سطح جنگل که هم‌چون لایه‌های نگهدارنده برای نیتروژن عمل می‌کنند از بین می‌روند که درنهایت موجب آبشویی نیتروژن به شکل دی‌اکسید نیتروژن می‌شود (۲۳). در این مطالعه نیز، درصد نیتروژن خاک در توده شاهد بیش‌تر از توده آتش‌گرفته بود که با نتایج پژوهش بانج-شافیع (۲۰۱۵) بر روی مراتع نیمه استپی (٦) و هم‌چنین، نتایج بوتارین و اولوجوگبا (۲۰۱٤) در بررسی اثرات آتش بر روی خاک ساوانا در نیجریه مطابقت دارد (۲۳).

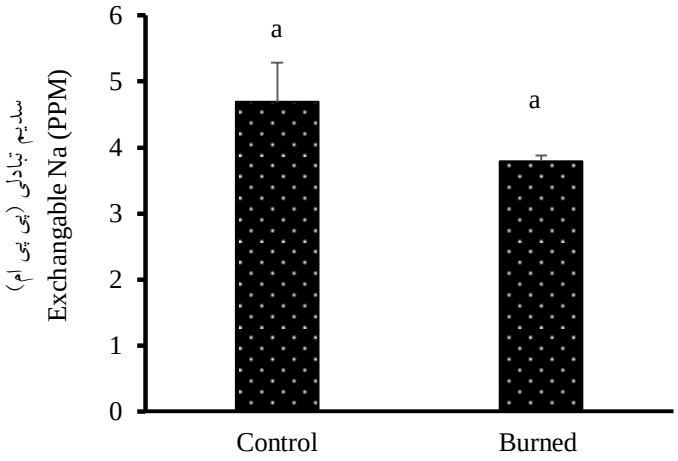
فسفر (P) یکی از عناصر مهم و محدودکننده در بوم‌سازگان‌های زمینی و آبی است که آتش می‌تواند تأثیر زیادی بر چرخه آن بگذارد (۲٤). عموماً فسفر زیستی جدیدی که در اثر آتش‌سوزی به وجود می‌آید و در خاکستر وجود دارد، باقی نمی‌ماند و اغلب در اثر فرسایش بادی و آبی و هم‌چنین با شستشو از بین می‌رود (۲۵). اگرچه در کوتاه‌مدت، آتش‌سوزی موجب کاهش فسفر موجود در خاک می‌شود ولی در درازمدت، موجب انتقال این فسفر به شبکه هیدرولوژیکی با اثرات بالقوه بر اکولوژی آبی و کیفیت آب می‌شود. جذب فسفر و در دسترس قرار گرفتن برای گیاه، به‌نظر می‌رسد که به‌شدت به مایکوریزا و ماده آلی خاک وابسته باشد و با توجه به اثر آتش‌سوزی بر روی کاهش آن‌ها، میزان فسفر نیز تحت‌تأثیر قرار خواهد گرفت (۲۵). در پژوهش حاضر، فسفر قابل‌جذب نیز در توده شاهد بیش‌تر از توده آتش‌گرفته بود که بیانگر تأثیر آتش بر روی این عنصر است و با نتایج سانتین و همکاران (۲۰۱۷) و بانج-شافی (۲۰۱۵) مطابقت داشت (٦، ۲٦).

پتاسیم تبادلی در دو قطعه نمونه مورد بررسی، در توده آتش‌گرفته (۲۰/۰۵ ± ٤۰۰/۲۳) کم‌تر از توده شاهد (۷۵/۲۷ ± ۸۲۳/۵۵) بود که بیانگر اثرات آتش بر روی کاهش پتاسیم تبادلی بود (شکل ۷) (۲٦). هم‌چنین، بررسی سدیم تبادلی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در بین دو قطعه نمونه مشاهده نشد (شکل ۸). کاهش کاتیون‌های تبادلی در اثر آتش‌سوزی به‌دلیل تغییر در ویژگی‌های خاک به‌ویژه اکسیداسیون لایه لاشبرگ اتفاق می‌افتد (۲۳).



شکل ۷- مقایسه پتاسیم تبادلی خاک در قطعه‌نمونه‌های شاهد و آتش‌گرفته.

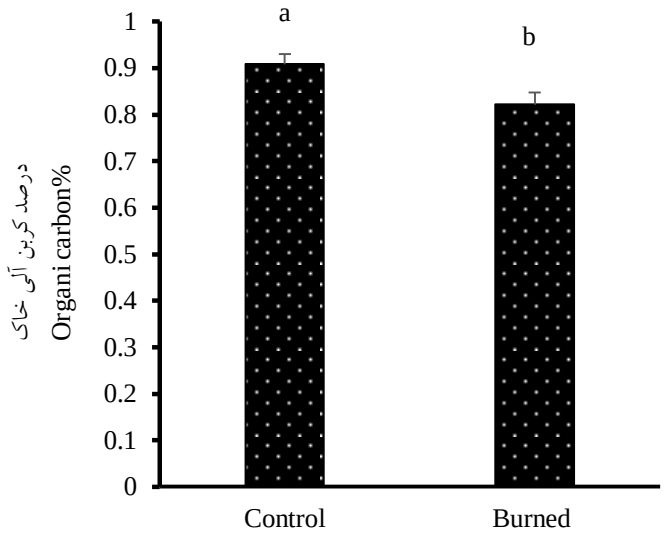
Figure 7. Comparison of exchangeable potassium in control and burned plots.



شکل ۸- مقایسه سدیم تبادلی خاک در قطعه‌نمونه‌های شاهد و آتش‌گرفته.

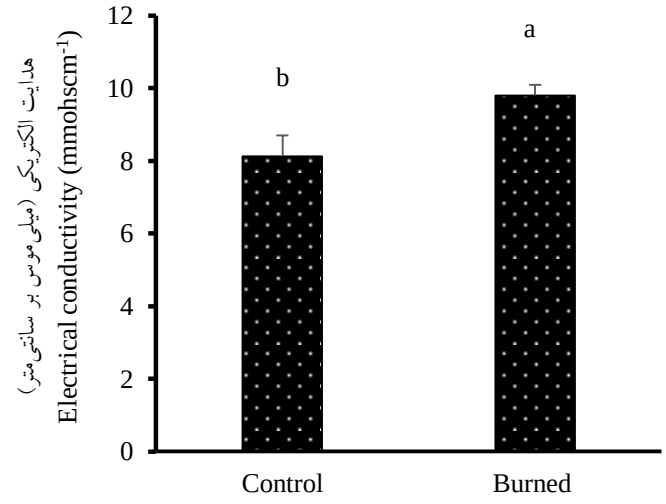
Figure 8. Comparison of exchangeable sodium of soil in control and burned plots.

هم‌چنین، آنالیز تی مستقل نشان داد که درصد کربن آلی خاک در توده شاهد (۰/۰۲ ± ۰/۹) بیش از توده آتش‌گرفته (۰/۰۳ ± ۰/۸۲) بود (شکل ۹). با توجه به عدم نرمالیته در داده‌های متغیر اسیدیته، از آزمون ناپارامتریک من ویتنی یو استفاده شد که بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین دو قطعه نمونه آتش‌گرفته (۰/۰۳ ± ۷/۸۹) و شاهد (۰/۱۵ ± ۷/۹٤) بود (P≥۰/۰۵). هم‌چنین، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که هدایت الکتریکی در قطعه نمونه آتش‌گرفته (۰/۵۷ ± ۹/۸) بیش‌تر از شاهد (۰/۲۸ ± ۸/۱۳) بود (شکل ۱۰).



شکل ۹- درصد کربن آلی خاک در توده شاهد و آتش‌گرفته.

Figure 9. Percentage of soil organic carbon in control and burned plots.



شکل ۱۰- هدایت الکتریکی خاک در دو توده شاهد و آتش‌گرفته.

Figure 10. Electrical conductivity of the soil in control and burned plots.

هدایت الکتریکی در قطعه نمونه آتش‌گرفته بیش‌تر از شاهد بود که نشان داد آتش‌سوزی هدایت الکتریکی خاک را بالا می‌برد. دلیل افزایش هدایت الکتریکی در خاک‌ها پس از آتش‌سوزی، آزاد شدن یون‌های معدنی در اثر سوختن مواد آلی در جنگل است (۵، ۲۷). این نتیجه مشابه نتایج پژوهش‌های ارشاد و همکاران (۲۰۱۳) و همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) است (۵، ۲۷).

یکی از مهم‌ترین اثرات آتش در خاک، کاهش ماده آلی است. از لحاظ فیزیکی ماده آلی سطحی لایه محافظ خاک و ماده آلی موجود در آن، اصلاح‌کننده روابط هیدرولوژیکی است (۲۸)؛ بنابراین، می‌توان گفت افق آلی خاک به‌عنوان مؤثرین عامل پایداری بوم‌سازگان جنگلی، لایه محافظ خاک در برابر فرسایش، تنظیم‌کننده درجه حرارت، فراهم‌کننده

رویشگاه و مواد غذایی برای موجودات خاکزی، مکان اصلی معدنی شدن عناصر غذایی، ذخیره‌گاه عناصر غذایی و تنظیم‌کننده تبادل آن‌ها بین گیاه و میکروب‌ارگانیسم‌ها، پایداری ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه است که بسته به‌شدت آتش‌سوزی بخشی از آن یا به‌طور کامل از بین می‌رود. در پژوهش حاضر، درصد کربن آلی خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافت. در بسیاری از پژوهش‌ها درصد کربن آلی خاک با آتش‌سوزی کاهش یافته است که می‌توان به پژوهش بوتارین و اولوجوگبا (۲۰۱٤) اشاره نمود (۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

بر طبق نتایج، آتش‌سوزی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده گز شاهی اثرات منفی معنی‌داری داشت و منجر به کاهش معنی‌دار عناصر غذایی در توده آتش‌گرفته شد. درواقع، آتش‌سوزی با تأثیری که بر پوشش گیاهی و لایه‌های فوقانی خاک دارد سبب کاهش کربن آلی، عناصر غذایی و تخریب خصوصیات فیزیکی خاک شده است درنتیجه، فرضیه این پژوهش در خصوص وجود تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاک در توده در اثر آتش‌سوزی در رویشگاه گز شاهی در نیاتک سیستان و بلوچستان تأیید می‌شود. اگرچه حدود ۱۰ سال از آتش‌سوزی این منطقه گذشته است، ولی رویشگاه گزشاهی آتش‌گرفته با توجه به تفاوت معنی‌داری که با توده شاهد دارد، هنوز به تعادل ادافیکی و پوشش گیاهی نرسیده است اگرچه لازم به ذکر است که زادآوری به‌صورت دانه‌زاد و هم‌چنین، احیاء به‌صورت جست در توده مشاهده گردید. به‌طورکلی، ازجمله راهکارهای مؤثر در این رویشگاه‌ها می‌توان به تهیه نقشه‌های امکان‌سنجی جهت تعیین نواحی پرخطر و پیش‌بینی آتش‌سوزی در این نواحی اشاره نمود. هم‌چنین، پیشنهاد می‌شود که با توجه به این‌که بوم‌سازگان خشک و نیمه‌خشک بسیار حساس و شکننده هستند و از طرفی نقش حیاتی در جلوگیری از فرسایش خاک در برابر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان دارند، ایستگاه‌هایی جهت رصد و پایش مداوم حریق در منطقه در نظر گرفته شود. با توجه به این‌که در این رویشگاه‌ها برای بازگشت توده به حالت تعادل، زمان زیادی نیاز است، بنابراین، پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی و فراهم نمودن امکانات لازم، جهت جلوگیری از آتش‌سوزی‌های احتمالی و همچنین واکاری جنگل با گونه‌های بومی موجود در منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1. Moslehi, M., Habashi, H., & Ahmadi, A. (2013). The effect of fire on the physical, chemical and biological properties of the soil of forest ecosystems. *Human and Environment Quarterly.* 27, 31-41.
2. Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity, and burn severity: a brief review and suggested usage. *International J. of Wildland Fire.* 18, 116-126.
3. Arianmanesh, R., Mehregan, I., Nejadsatari, T., & Assadi, M. (2015). Molecular phylogeny of Tamarix (Tamaricaceae) species from Iran based on ITS sequence data. *European J. of Experimental Biology.* 5 (6), 44-50.
4. Xia, J., Zhang, S., Guo, J., Rong, Q., & Zhang, G. (2015). Critical effects of gas exchange parameters in Tamarix chinensis Lour on soil water and its relevant environmental factors on ashellridge island in China's Yellow River Delta. *Ecological Engineering*. 76, 36-46.

5.Ershad, M., Hemti, V., & Hashemi S. A. (2013). The effect of fire on some chemical properties of forest soil, a case study: Teda pine stands in the forests of northern Iran. The first national conference on environmental protection and planning.
6.Banj-Shafiei, Sh., Guderzi, M., & Azimi, M. (2015). Investigating the consequences of fire on pasture soil properties. *Grazing magazine*. 2 (1), 53-64.
7.Amoako, E. E., & Gambiza, J. (2019). Effects of anthropogenic fires on some soil properties and the implications of fire frequency for the Guinea savanna ecological zone, Ghana. *Scientific African*. 6: e00201.
8.Rahul, D. (2021). To extinguish or not to extinguish: The role of forest fire in nature and soil resilience. *J. of King Saud University Science*. 33-101539.
9.Management of geographic information system (GIS). (1996). Publications of Iran Mapping Organization, first edition.
10.Fayaz, M. (2016). Investigation of some ecological features of the genus Tag in Sistan and Baluchistan province. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, scientific report. [In Persian]
11.Litton, C. M., & Moya, R. S. (2003). Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in aNothofagus glauca forest, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76, 529-542.
12.Black, C. A. (1965). Methods of soil analysis: part I physical and mineralogical properties. Second edition, American Soil Society of Agronomy Press, Madison, Wisconsin, USA, 770p.
13.Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, R. (1992). Methods of soil Analysis, Part 1. In: Ln physical and properties SSSA pup Madison. 1750p.
14.Bremner, J. M. (1996). Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., Methods of soil analysis, Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
15.Olsen, S. R., Cole, C. V., Watenabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris, 939. USA.
16.Smith, J. L., & Doran, J. W. (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: Doran, J. W. and Jones, A. J. (Eds.), Methods for Assessing soil quality. SSSA Species Publication. 49p.
17.Verma, S., Singh, D., Mani, S. *et al*. (2017). Effect of forest fire on tree diversity and regeneration potential in a tropical dry deciduous forest of Mudumalai Tiger Reserve, Western Ghats, India. *Ecol. Process*. 6, 32.
18.Verma, S., & Jaykumar, S. (2012). Impact of forest on physical, Chemical and biological properties of soil. *IAEES*. 2, 168-176.
19.Ruben Garcia, M., & Manuel, E. (2022). Post-fire restoration effectiveness using two soil preparation techniques and different shrubs species in pine forests of South-Eastern Spain. *Ecological Economics*. 178, 106579.
20.Ekinci, H. (2006). Effect of forest fire on some physical, chemical and biological properties of soil in Çanakkale, Turkey. *International J. of Agriculture & Biology*. 8 (1), 102-106.
21.Alauzis, M., Mazzarino, M. J., Raffaele, E., & Roselli, L. (2004). Wildfire in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. *Forest Ecology and Management*. 192 (1), 131-142.
22.Jahandar, A., & Alidoost, A. (2022). The effects of fire on the physical, chemical and biological characteristics of the soil in Arsbaran forests of Kalibar city. *Forest research and development*. 8 (4), 425-438.
23.Fbutarin, A. R., & Olojugba, M. R. (2014). The influence of forest fire on the vegetation and some soil properties of a savanna ecosystem in Nigeria. *J. of Soil Science and Environmental Management*. 5 (2), 28-34.
24.Elser, J. J., Bracken, M. E. S., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Ngai, J. T., Seabloom, E. W., Shurin, J. B., & Smith, J. E.

(2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecological Letter*. 10, 1135-1142.

25. Emelko, M. B., Stone, M., Silins, U., Allin, D., Collins, A. L., Williams, C. H. S., Martens, A. M., & Bladon, K. D. (2016). Sediment-phosphorus dynamics can shift aquatic ecology and cause downstream legacy effects after wildfire in large river systems. *Global Change Biology*. 22, 1168-1184.
26. Santín, C., Otero X. L., Doerr S. H., & Chafer Ch. J. (2017). Impact of a moderate/high-severity prescribed eucalypt forest fire on soil phosphorous stocks and partitioning. *Science of the Total Environment*. 621, 1103-1114.
27. Hemmat-Boland, A., Akbarinia, M., & Banj Shafiei A. (2010). The effect of fire on some chemical properties of soil in the oak forests of Marivan. *J. of Iranian Forest and Spruce Research.* 18 (2), 218-205.
28. Wells, C. R. (1979). Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. Ashville, New York. Pp: 86-99.