Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 12. Issue. 1, 2024 p: 138-152

OPEN ACCESS

Research Paper

Short-Term Effects of Fire on Soil Physicochemical Properties and the Vegetation Cover of *Tamarix* sp. Stands in Qara Gheshlagh Bonab Lagoon, East Azarbaijan Province

Javad Aslani[1], Abbas Banj Shafiei[2] and Hadi Beygi Heidarlou[3]

1- MS.C. of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 02 December, 2023 Accepted: 28 January, 2024 Revised: 26 January, 2024 Available Online: 13 March, 2024

Extended Abstract

Background: Fire is one of the most significant ecological elements that can alter the functioning of natural ecosystems, as well as one of the most significant natural disasters that endangers the ecosystem of forests. The intensity and frequency of forest fires are increasing daily due to the consequences of global climate change and population growth in sensitive areas. This factor not only damages individuals and property but also poses a serious risk to environmental preservation and the well-balanced ecological conditions of vegetation. Worldwide, thousands of fires in natural areas result in unquantifiable and unfathomable calamities each year. For many years, this problem has been the subject of investigation. The investigation of the fire that occurred in 2021, the conditions of its creation, and its effect on the soil and vegetation characteristics of the Qara Qeshlaq Lagoon are the most important goals of this research.

Methods: An area of approximately four hectares of the Qara Gheshlagh Lagoon was burned twice on April 16, 2021, in two different time frames (hours) at 15:30 and 19:30. This area was chosen to investigate the effect of fire on the geological characteristics and vegetation of the wetland. Furthermore, a control area (unburned) was chosen to be close by, of the same size and at the appropriate distance from the burned region. The vegetation was sampled along a transect that ran along these regions. Given that the vegetation in both the burned and control areas is densely covered by Tamarix, 40 rectangular sample plots (a total of 80) with an approximate area of 10 m^2 (5 ×2 m) and a distance of 20 m from each other were used to record the height, collar diameter, dbh, small and large diameters of the crown, the number of sprouts, and stem health traits. The percentage of grass cover was determined using a 1-m^2 sample plot in the center of the sample plots. Additionally, five randomly selected sample plots were used from the center to measure the soil physicochemical characteristics, including its acidity, electrical conductivity, organic carbon, percentage of lime, percentages of clay, silt, and sand, and absorbable potassium and phosphorus. A soil sample was taken from a depth of 0-10 cm. After determining the normality of the data distribution with the Kolmogorov-Smirnov test, the Mann-Whitney and independent t-tests were used to compare the average quantitative characteristics of the vegetation cover and soil characteristics in the two burned and control areas. In addition, the principal component analysis (PCA) was utilized to explore the most essential fire-related elements in vegetation cover and soil.

Results: At the 99% confidence level, the average collar diameter in the burned region was significantly higher at 4.41 cm than in the control area (3.17 cm). The average dbh (1.64 vs. 1.24 cm) and the number of sprouts (20.05 vs. 14.76) varied significantly in the burned and control areas, with a 95% confidence level. Additionally, a significant difference was observed between the average tree height (1.96 vs. 1.36 m), the percentage of grass cover (70.19 vs. 50.28%), and the stem health (all healthy stems versus all burnt stems) in the control and burned areas at the 99% confidence level. After about a year of the fire, there was a difference in pH characteristics (7.12 vs. 6.73) and sand (27.10 vs. 22.90%) in the two burned and control areas, with a significant difference at the 95% confidence level. A significant difference in the properties of organic carbon (2.86 vs. 1.71%), phosphorus (71.63 vs. 34.28 mg/kg), and potassium (921.40 vs 606.60 mg/kg)

Copyright ©2024. Aslani et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

was seen in these two areas at the 99% confidence level. The PCA results revealed an effect of fire on the organic carbon, phosphorus, and available potassium parameters. Among the vegetation cover characteristics, the most effects belonged to the dbh, the collar diameter, tree height, and the large and small diameters of the crown with a factor load greater than 0.8.
Conclusion: According to the current study, the quantitative features of the trees in the wetland were impacted in the burnt area, and changes occurred in vegetation and soil characteristics. As a result, all of the soil properties were significantly higher in the burned region than in the control area. Other than the collar diameter factor, other plant features in the burned region dropped dramatically. Thus, careful management and conservation of such areas following the fire is critical to restore the strength and potential of ecosystems to ensure the continuance of survival and sustainability. Therefore, it is advised to investigate the long-term impacts of fire on vegetation alterations and to accelerate the reconstruction process of the region by protecting such ecosystems and carrying out restoration operations.

Keywords: Fire, Lagoon, Principal component analysis, Tamarix

How to Cite This Article: Aslani, j., Banj Shafiei, A., & Beygi Heidarlou, A. (2024). Short-Term Effects of Fire on Soil Physicochemical Properties and the Vegetation Cover of *Tamarix* sp. Stands in Qara Gheshlagh Bonab Lagoon, East Azarbaijan Province. *Ecol Iran For,* 12(1), 138-152. DOI: 10.61186/ifej.12.1.138

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

مقاله پژوهشی

تأثیر کوتاه مدت آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و پوشش گیاهی گززارهای تالاب قره‌قشلاق، استان آذربایجان شرقی

جواد اصلانی[۱]، عباس بانج شفیعی[۲] و هادی بیگی حیدرلو[۳]

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۶ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

صفحه: ۱۳۸ تا ۱۵۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آتش‌سوزی از مهم‌ترین عوامل بوم‌شناختی است که می‌تواند عملکرد بوم‌سازگان‌های طبیعی را تغییر دهد. آتش یکی از مهمترین وقایع طبیعی است که بوم‌سازگان‌های جنگلی را تهدید می‌کند. شدت و فراوانی آتش‌سوزی‌های جنگلی به‌دلیل افزایش جمعیت در مناطق آسیب‌پذیر و اثرات تغییرات آب‌وهوایی جهانی، روزانه در حال افزایش است. این عامل علاوه بر اینکه باعث تلفات جانی و مالی می‌شود، تهدید بزرگی برای شرایط متعادل اکولوژیکی پوشش‌های گیاهی و حفاظت از محیط زیست است. هرساله هزاران آتش‌سوزی در اراضی طبیعی در سراسر جهان فاجعه‌هایی را به‌وجود می‌آورد که قابل اندازه‌گیری و توصیف نیستند. این موضوع برای سال‌ها مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش، با توجه به اهمیت حفاظت و توجه بیش‌ازپیش به تالاب‌ها و خدمات این بوم‌سازگان در زمینهٔ تداوم حیات بشر و تنوع بالایی از گونه‌های گیاهی، بررسی حریق رخ داده در سال ۱۴۰۰، شرایط ایجاد آن و تأثیر آن بر ویژگی‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی تالاب قره قشلاق بناب در آذربایجان شرقی مهم‌ترین هدف این پژوهش را شامل می‌شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی تالاب قره قشلاق، محدوده‌ای در حدود چهار هکتار از تالاب که در تاریخ ۱۶ فروردین ۱۴۰۰ و به تعداد دو مرتبه و در دو بازهٔ زمانی مختلف (ساعت ۱۵:۳۰ و ۱۹:۳۰) مورد حریق قرار گرفته بود به‌عنوان منطقهٔ سوخته انتخاب شد. به‌علاوه، منطقه‌ای در مجاورت این منطقه با وسعت مشابه و با رعایت فاصله مناسب از منطقهٔ سوخته به‌عنوان منطقهٔ شاهد (نسوخته) انتخاب شد. برای نمونه‌برداری پوشش گیاهی از یک خط نمونه در طول این مناطق استفاده شد. با در نظر گرفتن اینکه پوشش گیاهی به‌صورت انبوه گز (*Tamarix* sp.) است در هر منطقه (آتش‌سوزی شده و شاهد) برای ثبت مشخصات ارتفاع درختچه‌ها، قطر یقه و قطر برابرسینه پایه اصلی جست گروه، قطر کوچک و بزرگ تاج، تعداد جست‌های جست گروه، سالم بودن یا نبودن و وجود آفت از ۴۰ قطعه‌نمونه مستطیلی شکل (در مجموع ۸۰ قطعه‌نمونه) به مساحت تقریبی ۱۰ مترمربع (۵×۲ متری) با فاصلهٔ ۲۰ متری از هم استفاده شد. برای اندازه‌گیری درصد پوشش علفی نیز از یک قطعه‌نمونه یک مترمربعی در مرکز قطعات نمونه استفاده شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مانند اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، درصد آهک، درصد رس، سیلت و شن، پتاسیم قابل جذب و فسفر قابل جذب در هر منطقه پنج قطعه‌نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و از مرکز آن یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری برداشت شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل‌های آماری پس از بررسی نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، مقایسه بین میانگین مشخصات کمی پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاکشناسی در دو منطقهٔ سوخته و شاهد از آزمون‌های من‌ویتنی و t مستقل استفاده شد. همچنین برای بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک در اثر وقوع حریق، از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میانگین قطر یقه پایه‌ها در منطقه سوخته (۴/۴۱ سانتی‌متر) در سطح اطمینان ۹۹ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه شاهد (۳/۱۷ سانتی‌متر) است. در منطقهٔ شاهد و سوخته بین مقادیر میانگین ویژگی‌های قطر برابرسینه (۱/۶۴ در برابر ۱/۲۴ سانتی‌متر) و تعداد جست (۲۰/۰۵ در برابر ۱۴/۷۶) در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین در منطقهٔ شاهد و سوخته بین مقادیر میانگین ارتفاع درخت (۱/۹۶ در برابر ۱/۳۶ متر)، سلامت جست (سالم بودن تمامی پایه‌ها در برابر سوخته بودن تمامی جست‌ها) و درصد پوشش علفی (۷۰/۱۹ در برابر ۵۰/۲۸ درصد) در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. همچنین بررسی ویژگی‌های خاک‌شناسی نشان داد پس از حدود یک سال از وقوع حریق در دو منطقهٔ سوخته و شاهد بین ویژگی‌های اسیدیته (۷/۱۲ در برابر ۶/۷۳) و شن (۲۷/۱۰ در برابر ۲۲/۹۰ درصد) تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. همچنین تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد بین ویژگی‌های کربن آلی (۲/۸۶ در برابر ۱//۷۱ درصد)، فسفر (۷۱/۶۳ در برابر ۳۴/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پتاسیم (۹۲۱/۴۰ در برابر ۶۰۶/۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در این دو منطقه مشاهده شد. نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی نیز نشان داد آتش‌سوزی بر روی شاخص‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم در دسترس و از بین ویژگی‌های پوشش گیاهی بر قطر برابرسینه، قطر یقه، ارتفاع درخت، قطر بزرگ و کوچک تاج با بار عاملی بیشتر از ۰/۸ بیشترین تأثیر را داشته است.

نتیجه‌گیری کلی: پژوهش حاضر نشان داد که خصوصیات کمی پایه‌های موجود در تالاب در بخش سوخته تحت تأثیر قرار گرفته و تغییراتی در ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک‌شناسی وقوع یافته است، به‌طوری‌که همهٔ ویژگی‌های خاک‌شناسی در منطقهٔ سوخته در مقایسه با منطقهٔ شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. درمقابل به غیر از عامل قطر یقه، دیگر ویژگی‌های پوشش گیاهی در منطقهٔ سوخته به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده‌اند. بنابراین، مدیریت مناسب و حفاظت از چنین اراضی پس از آتش‌سوزی به‌منظور احیای توان و پتانسیل بوم‌سازگان برای تضمین ادامه حیات و پایداری کاملاً ضروری است. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود اثرهای بلندمدت آتش‌سوزی بر تغییرات پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته و با قرق چنین بوم‌سازگانی و اجرای عملیات احیایی، به فرآیند بازسازی منطقه سرعت داده شود.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، تالاب، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، گز

مقدمه

بوم‌سازگان تالاب‌ها به مانند موجودات زنده طبیعی و حیاتی هستند که باید از آنها برای تداوم حیات بشر و تنوع عظیمی از جانوران و گیاهان وابسته به آنها حفاظت شود (Modaberi & Shokoohi, 2020). این بوم‌سازگان‌ها زیستگاه مناسبی برای پرندگان، آبزیان، دوزیستان، خزندگان، صدف‌ها، پستانداران، گیاهان آبزی و کنار آبزی هستند و در سلامت و حفظ تعادل کره زمین نقش حیاتی دارند و یکی از مهم‌ترین منابع غذایی حیات‌وحش و حتی بشر نیز به‌شمار می‌روند. بسیاری از گونه‌های گیاهی آسیب‌پذیر و در حال انقراض نیز به تالاب‌ها وابسته‌اند و درجه اهمیت زیستگاهی تالاب‌ها برای حیات‌وحش و آبزیان به ویژگی‌های تالاب و چشم‌اندازهایی مانند عمق، دوام

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

آب، تیپ و پوشش گیاهی، وسعت تالاب و طبیعت محیط‌زیست پیرامون آن بستگی دارد (Hormozi *et al.*, 2019).

نقش تالاب‌ها را نمی‌توان در پالایش آلاینده‌ها، حفظ تنوع زیستی و بانک ژنتیکی، ارزش‌های زیبایی‌شناسی، تجمع و ذخیره مواد آلی، تصفیه و پاک‌سازی آب‌های ورودی، ایجاد مسیرهای مناسب برای حمل‌ونقل نادیده گرفت (Chakraborty *et al.*, 2023; Rai, 2008). علاوه بر این، تالاب‌ها به‌دلیل زیبایی خاص، حیات‌وحش و مواد غنی به‌عنوان منطقه منحصربه‌فرد، نقش بسزایی در جذب گردشگران دارد (Amini & Malekmohammadi, 2022).

عوامل مؤثر در تخریب پوشش گیاهی در تالاب‌ها شامل عوامل انسانی و طبیعی است. بهره‌برداری‌های بی‌رویه مانند تغییر کاربری‌های غیرمجاز، چرای بیش‌ازحد دام و ایجاد حریق توسط چوپان‌ها و گردشگران از عوامل انسانی مخرب به‌شمار می‌روند (Asadolahi *et al.*, 2011). در این میان آتش‌سوزی تالاب‌ها و سایر منابع طبیعی مانند مراتع و جنگل‌ها از مهم‌ترین معضلات محیط‌زیستی است و سالانه هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را در چنین بوم‌سازگان‌هایی طعمه خود می‌سازد. تغییراتی که آتش‌سوزی در شرایط پوشش گیاهی و خاک ایجاد می‌کند اثرات منفی و مثبتی داشته و تغییر در ساختار و ترکیب پوشش گیاهی در اثر آتش‌سوزی امری اجتناب‌ناپذیر است (Agbeshie *et al.*, 2022; Moghadam, 2001; Shokri *et al.*, 2002). آتش با کاهش معنی‌دار گیاهان چوبی، خشبی و بوته‌ای زمینه مساعدی را برای رشد و گسترش گیاهان آشکوب تحتانی که اغلب گندمیان هستند، فراهم می‌کند (Tortorelli *et al.*, 2023; Provencher *et al.*, 2007; Shokri *et al.*, 2002). به‌طوری‌که در سال‌های بعد از آتش‌سوزی، گندمیان چندساله بیشتر خواهند شد، زیرا موقعیت جوانه رشد در سطح یا زیرخاک دارای مقاومت بالایی در برابر آتش هستند (Gold *et al.*, 2023; Haubensak *et al.*, 2009; White & Loftin, 2000). با توجه به افزایش گندمیان و گونه‌های یک‌ساله و کاهش گونه‌های چوبی، آتش را می‌توان به‌عنوان متغیری بازدارنده در پویایی تکاملی بوم‌سازگان به‌سوی اوج (کلیماکس) دانست. همچنین، غالب شدن گندمیان را می‌توان به‌عنوان بستری مناسب برای وقوع و تکرار آتش‌سوزی معرفی کرد. به‌طورمعمول از سال سوم و چهارم بعد از وقوع آتش‌سوزی، گیاهان بوته‌ای مجدداً افزایش می‌یابند (Shokri *et al.*, 2002). آتش‌سوزی در فصل خواب، غنا و تنوع گونه‌ای را افزایش می‌دهد ولی در فصل رشد تنوع گونه‌ای را کاهش می‌دهد (Brockway *et al.*, 2002). آتش‌سوزی بقایا و پوشش گیاهی خشک‌شده را از بین می‌برد (کاهش درصد پوشش و وزن لاشبرگ) و مواد غذایی موجود در آنها را آزاد می‌کند؛ به‌این‌ترتیب باعث غنی‌سازی خاک می‌شود و عناصر غذایی بیشتری را برای گیاه قابل استفاده می‌کند. برخی تحقیقات نیز نشان‌دهنده افزایش مقدار فیتومس، درصد پوشش و تراکم در اثر آتش‌سوزی بوده‌اند (Hurzhii *et al.*, 2021; Hebel *et al.*, 2009). از طرفی دیگر، آتش درصد خاک لخت را افزایش می‌دهد. خوش‌خوراکی، ارزش غذایی و کیفیت علوفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که مقادیر فسفر، پتاسیم و کلسیم را افزایش می‌دهد، ولی در برخی عناصر مانند نیتروژن، سدیم و آهن تغییر معنی‌دار ایجاد نمی‌کند (Lombao *et al.*, 2015).

تالاب قره‌قشلاق در حومه شهرستان بناب و میان دو استان آذربایجان شرقی و غربی قرار دارد و به‌عنوان تالاب بین‌المللی به ثبت ملی رسیده است. در حال‌حاضر به‌دلیل شرایط هیدرولوژیکی دریاچه ارومیه، تالاب قره قشلاق به‌عنوان یک تالاب بسته محسوب می‌شود که با توجه به ویژگی آن در کنار آب شور دریاچه ارومیه یک زیستگاه ویژه محسوب می‌شود. این تالاب یکی از ارزشمندترین تالاب‌های استان آذربایجان شرقی است و از چشم‌اندازی طبیعی و زیبا برخوردار است، به‌طوری‌که با توجه به تعداد گونه‌ها و جمعیت موجود پرندگان آب‌زی و کنار آب‌زی، تالاب قره قشلاق زیستگاهی ارزشمند برای گونه‌های مختلف پرندگان شمرده می‌شود. از طرفی با توجه به شرایط توپوگرافیکی و اقلیمی منطقه، تنوع گیاهی و جانوری در داخل و حاشیه آن بسیار زیاد است. حاشیه جنوبی تالاب قره قشلاق به‌عنوان زیستگاه میش‌مرغ و حاشیه شمالی آن زیستگاه فلامینگو است. در این تالاب نزدیک به ۱۵۰ گونه زیستی گیاهی و جانوری سرشماری شده است و از نظر گوناگونی تنوع گیاهی نیز منحصربه‌فرد است.گونهٔ گز (*Tamarix* sp.) بیشترین فراوانی را نسبت به دیگر گونه‌های درختی و درختچه‌ای در پیرامون تالاب به‌خود اختصاص داده است. پوشش گیاهی محدوده تالاب شامل چهار تیپ اصلی گیاهی شامل گز، گیاهان کپه‌ای مانند نی (*Phragmites australis*)، گیاهان آبزی مانند آلاله آبی موئین (*Batrachium trichophyllum*) و سازوی آبی یا گاوبُر (*Butomus umbellatus*) و گیاهان گل‌دار از راسته میخک‌سانان است. پوشش غالب منطقه را گیاه گَتَک (*Halocnemum strobilaceum*) اشغال کرده است و دیگر گیاهان همراه بر اساس قدرت تحمل به شوری در سطوح زیستگاه، در ترکیب با گونه مذکور قرارگرفته‌اند. این تالاب به‌عنوان زیستگاه آبی برای پرندگان مهاجر آبزی، کنار آبزی و انواع ماهیان و همچنین به‌سبب دارا بودن پوشش گیاهی و جانوری متنوع و متعدد یکی از مراکز مهم تفریحی و گردشگری استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب این تالاب وقوع آتش‌سوزی در آن است که با وجود وقوع حریق‌های مکرر در سطح یا اطراف تالاب تاکنون هیچ پژوهش جامعی در مورد تأثیر آن بر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی این تالاب انجام نشده است. با توجه به اهمیت حفاظت و توجه بیش‌ازپیش به تالاب‌ها و خدمات این بوم‌سازگان، بررسی آتش‌سوزی سال ۱۴۰۰، شرایط ایجاد آن و تأثیر آن بر روی ویژگی‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی تالاب قره قشلاق امری ضروری بوده و مهم‌ترین هدف این پژوهش است تا بتوان از این رهیافت به ارائه راهکارهای مدیریتی برای اقدامات پیشگیرانه و مدیریتی قبل و پس از وقوع حریق پرداخته شود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

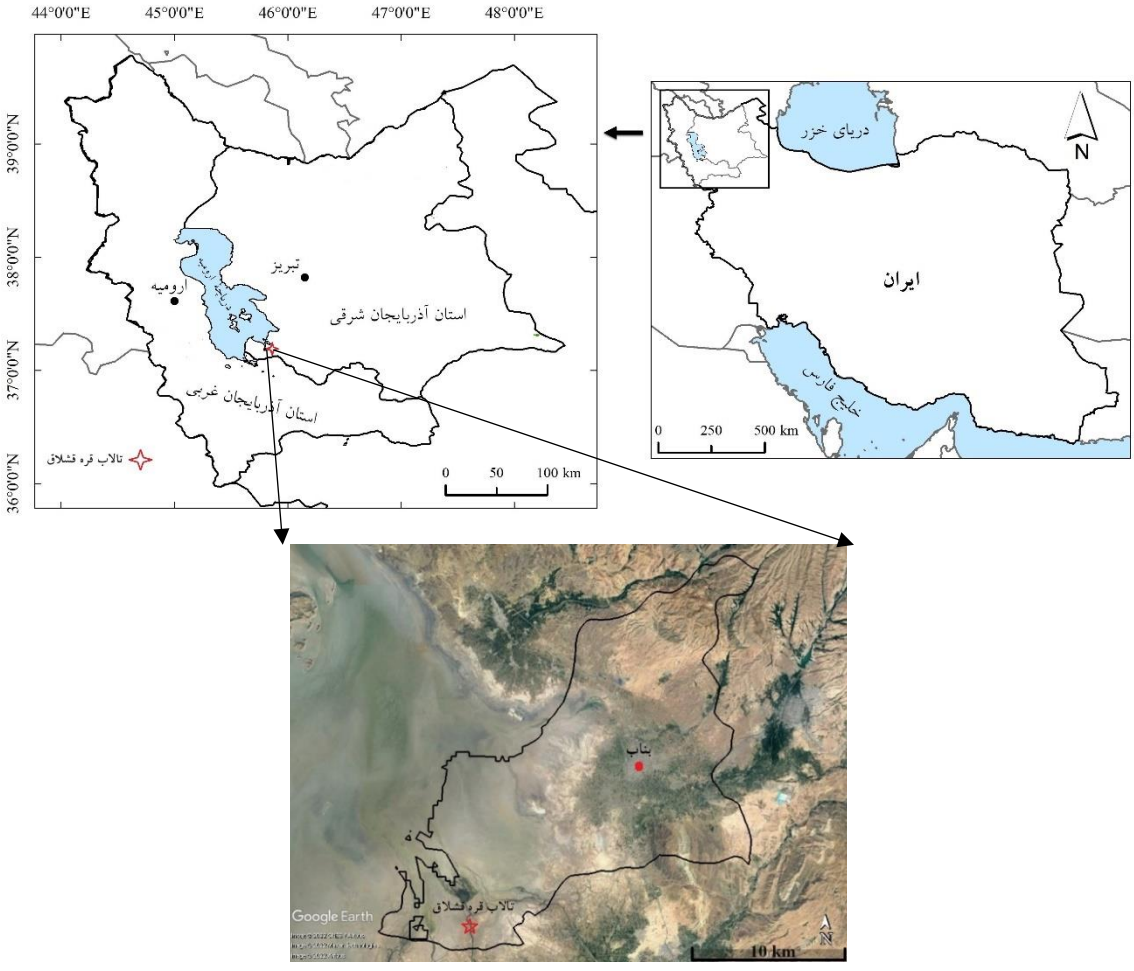
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

تالاب قره قشلاق با موقعیت جغرافیایی ″۲۵ ′۴۶ °۴۵ تا ″۳۰ ′۰۱ °۴۶ طول شرقی و ″۱۵ ′۰۵ °۳۷ تا ″۳۰ ′۱۶ °۳۷ عرض شمالی و مساحت ۲۲۲۵۰ هکتار در جنوب شرقی محدوده پارک ملی دریاچه ارومیه و بین رودخانه‌های مهم صوفی چای و زرینه‌رود واقع‌شده است (شکل ۱). حدود ۶۰ درصد آن در استان آذربایجان شرقی و۴۰ درصد آن در استان آذربایجان غربی است که به‌علت شیب اندک منطقه و در پی پخش شدن آب رودخانه‌های مجاور به‌وجود آمده است. بر اساس آمار ایستگاه‌های هواشناسی منطقه، اقلیم منطقهٔ مورد بررسی استپی سرد بوده، زمستان‌ها در این منطقه طولانی و تابستان‌ها معتدل و نسبتاً گرم است و بیشترین نزولات آسمانی با متوسط بارندگی سالیانه ۳۰۳ میلی‌متر متعلق به فصل زمستان و بهار است. متوسط سالانه حداکثر دمای روزانه بین ۱۹ تا ۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسط سالانه حداقل دمای روزانه بین ۶/۲ الی ۴/۲ درجه سانتی‌گراد متغیر است. ارتفاع متوسط محدوده تالاب قره قشلاق ۱۲۷۵ متر بوده که حداقل آن در ضلع شمالی با ارتفاع ۱۲۶۵ متر و حداکثر ارتفاع ۱۲۸۵ متر از سطح دریاهای آزاد در ضلع جنوب شرقی محدوده است. شیب متوسط نیز در این محدوده یک درصد بوده که بیشتر منطقه را شامل می‌شود ولی در برخی قسمت‌ها به ۰/۲ درصد نیز می‌رسد و حداکثر آن ۱/۵ درصد است. این محیط کم‌وبیش مسطح که تحت‌تأثیر دریاچه ارومیه بوده بیشتر نمک‌زار بوده و گونه‌های هالوفیت (گونه‌های شورپسند و لب‌شور) در آن بیشتر مشاهده می‌شود. شکل ۲ تصاویر از وضعیت پوشش گیاهی تالاب را در منطقهٔ نسوخته (شاهد) و منطقهٔ سوخته نشان می‌دهد. تیپ غالب منطقه گز (*Tamarix* sp.) بوده و ۲۳ گونهٔ گیاهی (جدول ۱) در این محدوده شناسایی شده که در چهار تیپ اصلی زیر تقسیم‌بندی شده‌اند:

۱- مناطق مردابی، آبراهه‌ها و حواشی زهکش‌ها
۲- مناطق کشاورزی، باغی و زمین‌های متروک
۳- مناطق اطراف روستاها و شهرهای تالاب
۴- مناطق اراضی شور، استپی، چمنزارهای کم شور مرطوب

با توجه به اهداف این پژوهش، با بررسی مناطق آتش‌سوزی شده در سال ۱۴۰۰ منطقه‌ای به وسعت تقریبی چهار هکتار که دچار حریق شده بود انتخاب شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی
Figure 1. Geographical location of study area

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

شکل ۲- نمایی از وضعیت پوشش گیاهی منطقهٔ مورد بررسی در مناطق سوخته (سمت راست) و نسوخته (شاهد) (سمت چپ)
Figure 2. An illustration of the vegetation's condition in the burned (right side) and unburned (control) (left side) regions of the study area

جدول ۱- فهرست گونه‌های گیاهی تالاب قره قشلاق بناب (طرح مدیریت تالاب، ۱۳۸۲)
Table 1. List of plant species of Qara Gheshlagh Bonab Lagoon (The lagoon management plan, 2003)

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	تیره Family	محل رویش Place of growth
خارپنبه فرجه‌ای	*Aellenia glauca*	Asteraceae	محل باز Open area
چمن شور پاگربه‌ای	*Aeluropus lagopoides*	Poaceae	چمن‌های کوچک Small lawns
چمن شور ساحلی	*Aeluropus littoralis*	Poaceae	چمن‌های کنار گززارها Lawns nex to *Tamarix* stands
چمن گندمی بلند	*Agropyrum elongatum*	Poaceae	داخل گززارها Inside the *Tamarix* stands
سلمکی ساقه بلند	*Atriplex leucoclada*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
سلمکی درخشان	*Atriplex nitens*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
سلمکی باتلاقی	*Atriplex verrcifera*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
شور پای	*Halimocnemis* sp.	Chenopodiaceae	محل باز Open area
باتلاقی شور	*Halocnemum strobilaceum*	Chenopodiaceae	محل مرطوب Wet area
جاروی قزوینی	*Kochia scoparia*	Chenopodiaceae	محل باز Open area Open area
گرگ تیغ	*Lycium ruthenicum*	Solanaceae	محل باز و خاکریزهای کانال‌ها Open area and embankments of canals
شبدر شیرین	*Melilotus officinalis*	Papilionaceae	محل باز، روی خاکریزها و حاشیه گززارها Open area, on embankments and the edge of *Tamarix* stands
نی	*Phragmites australis*	Poaceae	داخل و کنار کانال‌ها Inside and beside the canals
سیاه ناو افشان	*Puccinella distanse*	Poaceae	داخل نیزارها و گززارها Inside the reeds and *Tamarix* stands
قلیا	*Salicornia europaea*	Chenopodiaceae	محل باز بسیار شور Very salty open area
علف شور	*Salsola* sp.	Chenopodiaceae	محل باز Open area
شور خاردار	*Salsola kali*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
شور بوته‌ای	*Salsola dendroides*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
شور سودی	*Salsola nitratia*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
شور	*Salsola soda*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
اشنان پر گل	*Seidlitzia florida*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
سیاه شور رفیع	*Suaeda altissima*	Chenopodiaceae	محل باز Open area
گز	*Tamarix* sp	Tamaricaceae	گززار *Tamarix* stands

روش کار

با توجه به اهداف این پژوهش و به‌منظور بررسی و مقایسه ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک محدوده‌ای که در آن آتش‌سوزی رخ داده بود به‌عنوان منطقهٔ سوخته شده و منطقه‌ای در مجاورت این منطقه به‌عنوان منطقهٔ شاهد (سوخته نشده) انتخاب شدند (شکل ۳). بر اساس اطلاعات دریافتی از اداره کل منابع طبیعی شهرستان بناب، آتش‌سوزی در تالاب قره قشلاق در تاریخ ۱۶ فروردین ۱۴۰۰ و با دو زمان وقوع متفاوت (شامل ساعات ۱۵:۳۰ و ۱۹:۳۰) به‌ترتیب با سطح ۱/۵ و ۲/۵ هکتار وقوع یافته است. منطقهٔ شاهد با وسعت مشابه و با رعایت فاصله مناسب از منطقه آتش‌سوزی شده انتخاب شد. برای نمونه‌برداری از یک خط‌نمونه در طول این مناطق استفاده شد. نمونه‌برداری از منطقه در حدود یک سال پس از وقوع حریق و در تاریخ آبان ۱۴۰۱ انجام شد. فاصله قطعات نمونه بر روی خط‌نمونه ۲۰ متر انتخاب شد. با در نظر گرفتن اینکه پوشش گیاهی به‌صورت انبوه گز (*Tamarix* sp.) است، در هر منطقه

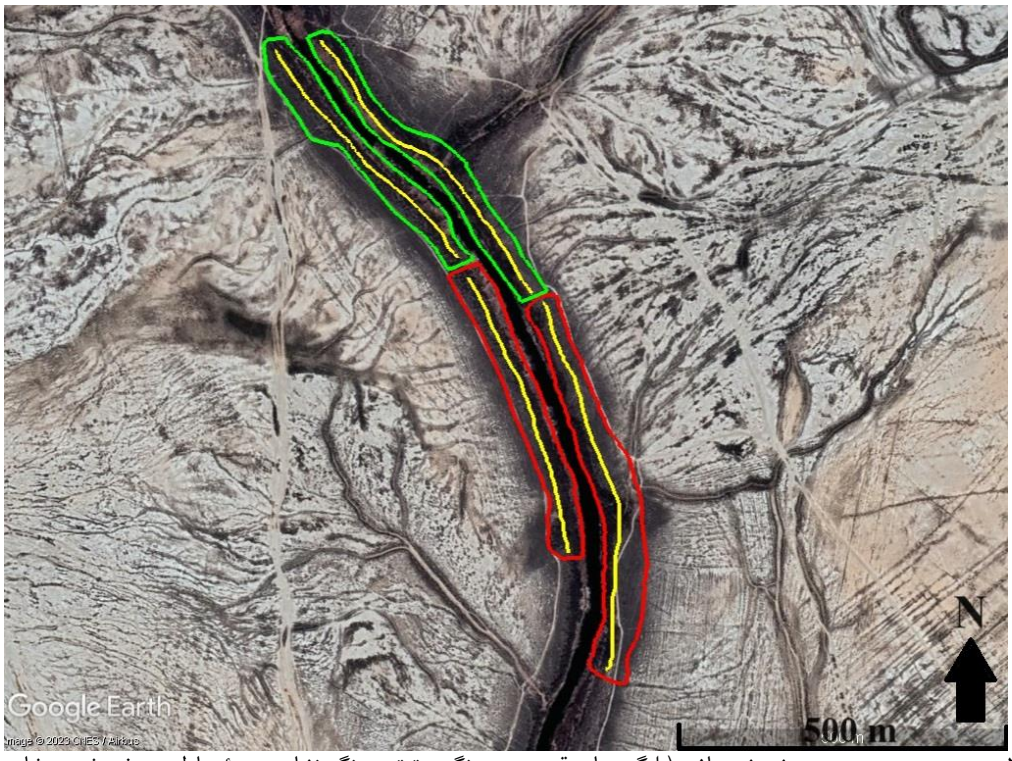
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

۴۰ قطعه‌نمونه (در مجموع ۸۰ قطعه‌نمونه) مستطیلی شکل به مساحت ۱۰ مترمربع (۵×۲ متری) پیاده شد. برای اندازه‌گیری درصد پوشش علفی نیز در مرکز قطعات نمونه از یک قطعه‌نمونه یک مترمربعی استفاده شد. در هر قطعه‌نمونه علاوه بر مشخصات فیزیوگرافی، نوع گونه، ارتفاع درختچه‌ها (با استفاده از ژالون و متر نواری و در صورت وجود جست گروه ارتفاع بلندترین جست)، قطر یقه و قطر برابرسینه پایه اصلی جست گروه (با کولیس)، قطر کوچک و بزرگ تاج (یا جست گروه) (با متر نواری)، تعداد جست‌های جست گروه، سالم بودن یا نبودن، وجود آفت و درصد پوشش علفی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

در هر منطقه پنج قطعه‌نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و از مرکز آن یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری برداشت شد. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه، هوا خشک‌شده و سپس کوبیده شدند و پس از عبور از الک دو میلی‌متری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل pH با استفاده از روش توماس (Thomas, 1996)، هدایت الکتریکی (EC) با کاربرد روش رودس (Rhoades, 1996)، کربن آلی با استفاده از روش والکی و بلک (Jafari Haghighi, 2003)، درصد آهک (TNV) به‌روش تیتراسیون (Loeppert & Suarez, 1996)، درصد رس، سیلت و شن با کاربرد روش هیدرومتری بایکوس (Jafari Haghighi, 2003)، پتاسیم قابل جذب به‌روش عصاره گل اشباع (Jafari Haghighi, 2003) و فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن (Moreno *et al*., 2007) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌ها بعد از جمع‌آوری وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ شدند. ابتدا آمار توصیفی تحقیق استخراج شد، سپس با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف نرمال بودن پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های پوشش گیاهی منطقه از آزمون من‌ویتنی برای مقایسه بین میانگین مشخصات کمی بین دو منطقه استفاده شد. همچنین، با توجه به نرمال بودن پراکنش ویژگی‌های خاک‌شناسی از آزمون t مستقل برای مقایسه بین میانگین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بین دو منطقه آتش‌سوزی شده و شاهد استفاده شد. به‌منظور بررسی مهم‌ترین شاخص‌های تغییر یافته خاک و ویژگی‌های پوشش گیاهی در اثر وقوع پدیده آتش‌سوزی، از نرم‌افزار PCORD و تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد.



شکل ۳- محدوده مورد بررسی در پژوهش حاضر (پلیگون‌های قرمز و سبزرنگ به‌ترتیب رنگ نشان دهندهٔ مناطق سوخته شده و شاهد بوده و خطوط زردرنگ خطنمونه‌ها هستند) (منبع تصویر: گوگل ارث)

Figure 3. The research area in this study (The red and green polygons represent the burnt and control areas, respectively, and the yellow lines are the line-intercept sampling) (Image reference: Google Earth)

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آزمون توصیفی مشخصات درختی در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج میانگین ویژگی‌های قطر یقه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، سلامت جست و درصد پوشش علفی در منطقه شاهد بیشتر است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

جدول ۲- ویژگی‌های آلومتریک درختان گز در مناطق مورد بررسی
Table 2. Allometric characteristics of the Tamarix trees in the studied areas

منطقه Region	معیار Criterion	قطر برابرسینه (سانتی‌متر) dbh (cm)	قطر یقه (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)	متوسط قطر اول تاج (متر) Average the 1st crown diameter (m)	متوسط قطر دوم تاج (متر) Average the 2nd crown diameter (m)	تعداد جست Sprout number	سلامت جست Sprout health	پوشش علفی (درصد) Grass cover (%)
		ویژگی‌های پوشش گیاهی Vegetation characteristics							
سوخته Burnt	میانگین Average	1.24	4.41	1.36	1.07	0.86	14.76	1.95	50.28
	میانه Median	1.50	3.70	1.70	1.40	1	15	2	50
	اشتباه معیار SE	0.14	0.26	0.11	0.09	0.08	0.94	0.02	1.36
	حداقل Min	0	1.50	0	0	0	0	1	20
	حداکثر Max	8	14.80	3.60	3	2.50	37	2	80
شاهد Control	میانگین Average	1.64	3.17	1.96	1.28	0.94	20.05	-	70.19
	مدیان Median	1.80	3.10	2.10	1.37	1	19	-	75
	اشتباه معیار SE	0.09	0.06	0.05	0.05	0.04	1.78	-	1.51
	حداقل Min	0	2	0.80	0	0	5	-	30
	حداکثر Max	3.20	4.60	2.80	2.10	1.70	110	-	90

نتایج مربوط به مقایسه میانگین ویژگی‌های پوشش گیاهی بین دو منطقه در جدول ۳ ارائه شده است. بین دو منطقه سوخته و شاهد از نظر ویژگی‌های قطر یقه، ارتفاع درخت، سلامت جست و درصد پوشش علفی در سطح اطمینان ۹۹ درصد و از نظر ویژگی‌های قطر برابرسینه و تعداد جست در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۳- مقایسه ویژگی‌های درختی بین دو منطقه سوخته و شاهد براساس آزمون من‌ویتنی
Table 3. Cmparing tree characteristics in burned and control areas based on the Man-Whitney test

شاخص Index	آزمون من‌ویتنی Mann–Whitney Z	P
قطر برابرسینه (سانتی‌متر) dbh (cm)	-2.14	0.01*
قطر یقه (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	-2.92	0.00**
ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)	-4.01	0.00**
متوسط قطر اول تاج (متر) Average the 1st crown diameter (m)	-1.13	0.25ns
متوسط قطر دوم تاج (متر) Average the 2nd crown diameter (m)	-0.25	0.79ns
مبدأ درخت Tree origin	0.00	1.00ns
تعداد جست Sprout number	-2.50	0.01*
سلامت جست Sprout health	-12.40	0.00**
پوشش علفی (درصد) Grass cover (%)	-7.67	0.00**

**: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار
**: Significant difference in 99% confidence level, *: Significant difference in 95% confidence level, ns: non significant difference.

میانگین ویژگی‌های قطر برابرسینه (۱/۶۴ سانتی‌متر)، ارتفاع پایه‌ها (۱/۹۶ متر)، سلامت جست (سالم بودن تمامی پایه‌ها)، تعداد جست (۲۰/۰۵) و درصد پوشش علفی (۷۰/۱۹ درصد) در منطقه شاهد بیشتر از منطقه سوخته (قطر برابرسینه (۱/۲۴ سانتی‌متر)، ارتفاع پایه‌ها (۱/۳۶ متر)، سلامت جست (سوخته بودن تمامی جست‌ها)، تعداد جست (۱۴/۷۶) و درصد پوشش علفی (۵۰/۲۸ درصد)) است (جدول ۲). رخ ندادن آتش‌سوزی در منطقه شاهد منجر می‌شود پایه‌های قطور همچنان در عرصه حضور داشته و پایه‌های دیگر نیز به رشد خود ادامه داده و به قطر برابرسینه بیشتری دست یابند. از طرفی حفظ پایه‌های قطور طبیعتاً منجر به حفظ پایه‌هایی با ارتفاع بیشتر می‌شود. در واقع شکل اصلی پایه‌های موجود در تالاب در منطقه شاهد، به‌دلیل طی روند طبیعی توالی بوم‌سازگان حفظ شده و به حیات خود ادامه داده‌اند. کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2017). در بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر ساختار و تجدید حیات گونه‌های چوبی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس مرکزی (تنگه بزازخانه کرمانشاه) بیان کردند که پدیده آتش‌سوزی بر میانگین ویژگی‌های قطر برابرسینه و سطح مقطع برابرسینه اثر گذاشته و میانگین قطر برابرسینه و سطح مقطع در منطقه آتش‌سوزی شده کمتر از منطقه شاهد بود. این محققان بیان کردند که این مسأله نشان می‌دهد که جنگل پس از گذشت نه سال از وقوع آتش‌سوزی تا حدودی مراحل

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

بازسازی خود را طی کرده و تبدیل به جنگل جوان شده است. پرستز و همکاران (Prestes *et al.*, 2020) با بررسی اثرهای آتش‌سوزی بر مشخصات پوشش گونه‌های گیاهی بیان کردند که آتش‌سوزی بر مشخصه‌های ساختاری و کمی جنگل اثر منفی گذاشته و میانگین سطح مقطع پایه‌ها به نصف کاهش پیدا کرده است. این محققان بیان کردند کاهش تعداد پایه‌های قطور در اثر آتش‌سوزی می‌تواند تغییرات مثبت و یا منفی مهمی در حیات و توالی بوم‌سازگان ایجاد کند. از طرفی نتایج نشان داد که میانگین قطر یقه پایه‌ها در منطقه سوخته (۴/۴۱ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه شاهد (۳/۱۷ سانتی‌متر) است. به‌نظر می‌رسد آتش‌سوزی رخ داده در منطقه بیشتر قسمت‌های بالایی تاج و پوشش گیاهی روی سطح خاک را تحت تأثیر قرار داده و شدت آتش‌سوزی طوری بوده است که نتوانسته پایه‌های دارای قطر بیشتر در قسمت یقه را به‌طور کامل از بین ببرد و پایه‌هایی را که قطر یقه کمتر داشتند را تحت تأثیر قرار داده است و این امر به‌نوبه خود سبب شده میانگین شاخص قطر یقه پایه‌ها در منطقه سوخته بیشتر باشد. از طرفی امکان دارد قبل از رخ داد پدیده آتش‌سوزی نیز میانگین این شاخص در منطقه سوخته بیشتر از منطقه شاهد بوده باشد.

سلامت و تعداد جست‌های منطقه تضمین کنندهٔ پایداری و ادامه حیات پایه‌های موجود است. نتایج نشان داد تمامی جست‌های موجود در منطقه سوخته دچار سوختگی شده و سالم نیستند و همچنین تعداد جست‌ها در این منطقه کمتر از منطقه شاهد است. رستمی‌کیا و همکاران (Rostamikia *et al.*, 2022). با بررسی اثر آتش‌سوزی بر تراکم و ترکیب پوشش گیاهی در اراضی جنگلی منطقه ونن خلخال بیان کردند که پایه‌های درختچه‌ای منطقه بر اثر آتش‌سوزی به‌طور کامل سوخته‌اند و پایه سالمی مشاهده نشده است. این محققان بیان کردند مقدار آسیب‌پذیری گونه‌ها در مقابل آتش و شدت آتش‌سوزی از عواملی هستند که موجب می‌شوند سلامت تمامی پایه‌های حاضر تحت تأثیر قرار گرفته و از بین برود. لورت و همکاران (Lloret *et al.*, 2005) بیان کرده‌اند که چوبی بودن ساقه و حساسیت گونه‌ها می‌تواند منجر به آتش گرفتن تمامی شاخه‌ها و از بین رفتن پایه درختی شود.

درصد پوشش علفی در منطقه شاهد (۷۰/۱۹ درصد) بیشتر از منطقه سوخته (۵۰/۲۸ درصد) است و این مشخصه به‌مقدار ۱۹/۹۱ درصد در منطقه سوخته کاهش پیدا کرده است (جدول ۲). مشخص است که وقوع پدیده آتش‌سوزی منجر به از بین رفتن پوشش علفی سطح خاک شده و درصد این شاخص در منطقه سوخته کاهش پیدا کرده است. یداله‌نژاد و همکاران (Yadollahnejad *et al.*, 2021). با بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر پوشش گیاهی مراتع ورچشمه توسمال مازندران بیان کردند که درصد پوشش گیاهی در مناطق آتش‌سوزی شده به مقدار ۳۳/۱۵ درصد نسبت به منطقه شاهد کاهش یافته است. این محققان بیان کردند که مقدار مواد قابل اشتعال، شدت آتش‌سوزی، آثار مکانی و تنوع پوشش علفی از عواملی هستند که بر تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی تأثیر می‌گذارد. برخی محققان بر این باورند که بعد از آتش‌سوزی به‌دلیل ایجاد تغییراتی مانند ایجاد حفره در تاج‌پوشش، افزایش نوردهی و جوانه‌زنی بانک بذر بوم‌سازگان شاهد افزایش پوشش علفی چندساله می‌شود (Lombao *et al.*, 2015). برای این امر نیاز به بررسی تغییرات پوشش گیاهی بعد از مدتی بیشتر از مدت زمان پژوهش حاضر است.

نتایج مربوط به آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی، در هر دو منطقه سوخته و شاهد در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد بررسی در دو منطقه سوخته و شاهد

Table 4. Chemical and physical characteristics of the soil in the two burned and control areas

منطقه Region	معیار Criterion	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)	pH	آهک (درصد) TNV (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg/kg)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
		ویژگی‌های خاک Soil properties								
سوخته Burnt	میانگین Average	89.84	7.12	15.61	2.86	71.36	921.40	27.10	55.70	17.20
	مدیان Median	92.75	7.10	15.48	2.58	72.38	970	26	57	17.50
	اشتباه معیار SE	6.18	0.04	0.69	0.19	5.78	63.58	1.10	1.46	0.85
	حداقل Min	40.70	6.93	12.30	2.10	41.39	602	23	47	13
	حداکثر Max	110.50	4.46	20.39	3.71	99.92	1209	32	60	22
شاهد Control	میانگین Average	90.36	6.73	14.16	1.71	34.28	606.60	22.90	58.90	18.20
	مدیان Median	105.45	6.88	13.89	1.44	28.58	616.50	22.50	59.50	18.50
	اشتباه معیار SE	9.63	0.14	0.50	0.24	6.74	60.15	1.47	1.53	0.84
	حداقل Min	32.40	5.98	11.08	0.89	12.26	353	17	51	14
	حداکثر Max	120.80	7.27	16.96	3.13	72.18	945	30	66	23

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

در ادامه نتایج آزمون لون و تی‌مستقل برای مقایسه ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شده بین دو منطقه سوخته و شاهد در جدول ۵ ارائه شده است. به‌جز شاخص اسیدیته، در تمامی شاخص‌ها واریانس‌ها همگن هستند. همچنین مشخص شد که میانگین ویژگی‌های pH، کربن آلی، فسفر، پتاسیم و شن خاک بین دو منطقه سوخته و شاهد تفاوت معنی‌داری دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد میانگین تمامی ویژگی‌های ذکر شده در منطقه سوخته بیشتر از منطقه شاهد است (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بین دو منطقه سوخته و شاهد بر اساس آزمون تی مستقل
Table 5. Independent t-test comparison of chemical and physical soil parameters between two burned and control areas

شاخص Index	منطقه Region	معیار Criterion		آزمون تی‌مستقل Independent t-test	
		میانگین Mean	اشتباه معیار SE	df	p
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	سوخته Burned	89.84	9.63	18	0.96^{ns}
	شاهد Control	90.36	6.18		
اسیدیته pH	سوخته Burned	7.12	0.04	11.03	0.02*
	شاهد Control	6.73	0.14		
آهک (درصد) TNV (%)	سوخته Burned	15.61	0.69	18	0.10^{ns}
	شاهد Control	14.16	0.50		
کربن آلی (درصد) OC (%)	سوخته Burned	2.86	0.19	17.30	0.00**
	شاهد Control	1.71	0.24		
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)	سوخته Burned	71.63	5.78	17.59	0.00**
	شاهد Control	34.28	6.74		
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg/kg)	سوخته Burned	921.40	63.58	18	0.00**
	شاهد Control	606.60	60.15		
شن (درصد) Sand (%)	سوخته Burned	27.10	1.10	18	0.03*
	شاهد Control	22.90	1.47		
سیلت (درصد) Silt (%)	سوخته Burned	55.70	1.46	18	0.14^{ns}
	شاهد Control	58.90	1.53		
رس (درصد) Clay (%)	سوخته Burned	17.20	0.85	18	0.41^{ns}
	شاهد Control	18.20	0.84		

**: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار
**: Significant difference in 99% confidence level, *: Significant difference in 95% confidence level, ns: non significant difference.

نتایج بررسی ویژگی‌های خاک نشان داد که بین دو منطقه سوخته و شاهد پس از حدود یک سال از وقوع حریق، از نظر ویژگی‌های اسیدیته و شن تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و از نظر ویژگی‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد (جدول ۵). مشاهده شد میانگین تمامی ویژگی‌های ذکر شده در منطقه سوخته (اسیدیته (۷/۱۲)، کربن آلی (۲/۸۶ درصد)، فسفر (۷۱/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، پتاسیم (۹۲۱/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شن (۲۷/۱۰ درصد))، بیشتر از منطقه شاهد (اسیدیته (۶/۷۳)، کربن آلی (۱/۷۱ درصد)، فسفر (۳۴/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، پتاسیم (۶۰۶/۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شن (۲۲/۹۰ درصد)) است. در رابطه با افزایش pH خاک بعد از آتش‌سوزی این چنین است که سوختن مواد آلی منجر به تشکیل خاکستر و زغال می‌شود و چون خاکستر شامل کاتیون‌های بازی است از این‌رو pH خاک در مناطق سوخته افزایش پیدا می‌کند (Vega *et al.*, 2013). پژوهشگران بیان کردند آتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد. یافته این تحقیق با پژوهش‌های شیدایی کارکاج (Sheidai Karkaj *et al.*, 2019) و لیتون و سنتلیسز (Litton and Santelices, 2003) همسو است. این محققان بیان کردند با ایجاد آتش‌سوزی در مناطق جنگلی و مرتعی، مقدار pH خاک افزایش پیدا می‌کند. آگبشی و همکاران (Agbeshie *et al.*, 2022)، در پژوهشی با بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک جنگل بیان کرده‌اند که در مناطق آتش‌سوزی شده به‌علت افزایش ترکیبات زغال مقدار pH خاک افزایش پیدا کرده است. صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2020) با بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل‌های زاگرس شمالی در سردشت بیان کردند که مقدار pH خاک ۳ ماه بعد از آتش‌سوزی افزایش پیدا کرده است. از طرفی بالا رفتن مقدار pH خاک در مناطق دچار حریق شده، با افزایش واکنش خاک به‌ویژه در خاک‌های اسیدی، سبب می‌شود قابلیت جذب عناصر غذایی خاک بالا رود که این امر بر توالی پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی تأثیر مثبتی دارد (Aref *et al.*, 2011).

نتایج نشان داد که مقدار ویژگی‌های فسفر و پتاسیم در منطقه سوخته افزایش پیدا کرده است. به احتمال زیاد دلیل افزایش مقدار فسفر در خاک منطقه آتش‌سوزی شده، ناشی از سوختن مواد آلی حاصل از پوشش گیاهی باشد که سبب افزایش شکل غیرآلی فسفر در خاک شده است. به این‌صورت که افزایش فسفر خاک در مناطق آتش‌سوزی شده در اثر تجزیه خاکستر و معدنی شدن فسفر آلی در اثر حرارت است (Badía-Villas *et al.*, 2014). ژانگ و بیسواس (Zhang and Biswas, 2017) بیان کرده‌اند که در اثر آتش‌سوزی در مناطق با پوشش درختی و پوشش گیاهی فسفر آلی موجود در ترکیبات

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

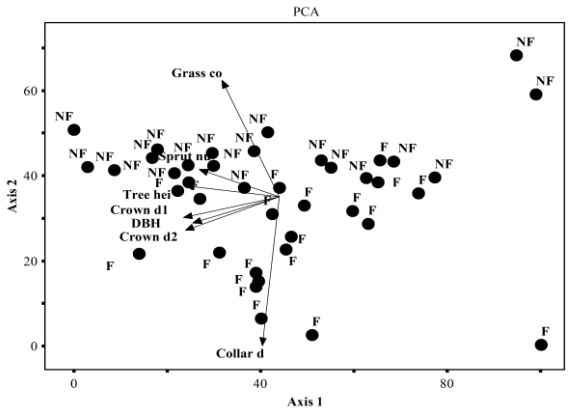
آلی گیاهان معدنی شده و به فسفر در دسترس تبدیل می‌شود. مویا و همکاران (Moya *et al.*, 2019) بیان کردند که مقدار فسفر در خاک جنگل دچار آتش‌سوزی شده افزایش یافته است. همچنین لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2018) با بررسی اثرات آتش‌سوزی بر خاک مراتع بیان کردند که مقدار فسفر خاک در لایه ۱۰ سانتی متری خاک در اثر آتش‌سوزی ملایم افزایش پیدا می‌کند.

نتایج نشان داد شاخص پتاسیم در منطقه سوخته افزایش پیدا کرده است. به احتمال زیاد در اثر سوختن مواد آلی و رها شدن پتاسیم موجود در آن و همچنین آزادسازی پتاسیم از کانی‌های حاوی پتاسیم تحت تأثیر حرارت ناشی از سوختن در خاک، سبب افزایش پتاسیم در خاک شده است (Yadollahnejad *et al.*, 2021). پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که مقدار پتاسیم خاک بعد از رخ داد پدیده آتش‌سوزی افزایش پیدا می‌کند (Alexakis *et al.*, 2021; Rahimi *et al.*, 2020). همچنین پژوهش صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2020) در جنگل‌های زاگرس شمالی، مایnارد و همکاران (Maynard *et al.*, 2014). در جنگل‌های بوره‌آل، آلکانیز و همکاران (Alcañiz *et al.*, 2016) در خاک مراتع، زانکو و همکاران (Dzwonko *et al.*, 2015) در جنگل‌های کاج و جانسون و همکاران (Johnson *et al.*, 2014) در جنگل‌های آمیخته سوزنی‌برگ تأیید کرده‌اند که بعد از آتش‌سوزی مقدار پتاسیم خاک افزایش پیدا کرده است.

نتایج نشان داد مقدار کربن آلی در منطقه سوخته بیشتر از منطقه شاهد است. شاخص کربن آلی از ویژگی‌هایی است که بیشترین برای بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر آن انجام شده است (Aaltonen *et al.*, 2019). با این‌حال محققان بیان می‌کنند مقدار تغییرات کربن آلی خاک بعد از آتش‌سوزی به‌مدت زمان آتش‌سوزی، مقدار زی‌توده در دسترس، محتوای رطوبتی خاک و توده گیاهی و همچنین شدت آتش‌سوزی بستگی دارد (Reyes *et al.*, 2015). دلیل افزایش کربن آلی خاک بعد از آتش‌سوزی کاهش مقدار معدنی‌شدن کربن به‌دلیل کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی از طریق کاهش تجزیه مواد هوموسی در اثر سوختن، اتصال کربن آلی با مواد معدنی و حفاظت در مقابل تجزیه بیوشیمیایی همانند ترکیبات کربنی معطر، تغییر شکل مواد آلی به مواد بسیار پایدار مانند کاهش اکسیژن و کربن آلکیل‌ها و تولید زنجیره‌های کربنی کوتاه است (Montoya *et al.*, 2014). بسیاری از محققان مانند بنت و همکاران (Bennett *et al.*, 2014) و مقدس و همکاران (Muqaddas *et al.*, 2015) در جنگل‌های استرالیا، لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2018) در گراسلندهای چین و مویا و همکاران (Moya *et al.*, 2019) در جنگل‌های اسپانیا تأیید کرده‌اند که مقدار کربن آلی خاک بعد از آتش‌سوزی افزایش پیدا می‌کند.

نتایج نشان داد که مقدار شاخص شن (۲۷/۱۰ درصد) در منطقه سوخته بیشتر از منطقه شاهد (۲۲/۹۰ درصد) است. به‌نظر می‌رسد پدیده آتش‌سوزی موجب درشت شدن بافت خاک شده و سبب افزایش درصد شن می‌شود (Granged *et al.*, 2011). برخی محققان نیز بیان کرده‌اند درصد شن بعد از آتش‌سوزی افزایش یافته و درصد سیلت و رس کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً به‌دلیل فرآیند فرسایش و جداسازی انتخابی ذرات ریز خاک است (Hubbert *et al.*, 2006). با این‌وجود به‌منظور بررسی دقیق‌تر نیاز است که به‌طور پیوسته بوم‌سازگان‌های مختلف دچار آتش‌سوزی شده در طول زمان مورد بررسی بافت و ساختار خاک قرار بگیرند.

نتایج مربوط به رجبندی تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌منظور تعیین مهم‌ترین شاخص‌های تغییر یافته از ویژگی‌های پوشش گیاهی در اثر آتش‌سوزی در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل از رجبندی شاخص‌ها نشان می‌دهد دو منطقه مورد بررسی سوخته (F) و نسوخته (NF) یا شاهد توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی به‌خوبی تفکیک شده‌اند. با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که تمایل بردار شاخص‌های قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، قطر کوچک تاج و قطر بزرگ تاج به‌سمت منطقه شاهد و قطر یقه به‌سمت منطقه سوخته تمایل دارند.



شکل ۴- رجبندی ویژگی‌های پوشش گیاهی مورد بررسی در فضای دو مؤلفه اول و دوم (F: منطقهٔ سوخته، NF: منطقهٔ نسوخته، Collar d: قطر یقه، Crown d1: قطر کوچک تاج، Crown d2: قطر بزرگ تاج، dbh: قطر برابرسینه، Tree hei: ارتفاع درخت، Sprut nu: تعداد جست و Grass: درصد پوشش علفی)

Figure 4. Ordination of studied vegetation charecteristics in the space of the first and second axis (F: burned region, NF: non burned region, Collar d: collar diameter, Crown d1: the crown 1st diameter, Crown d2: the crown 2nd diameter, Tree hei: tree height, Sprut nu: sprout number, Grass: grass cover percentage)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

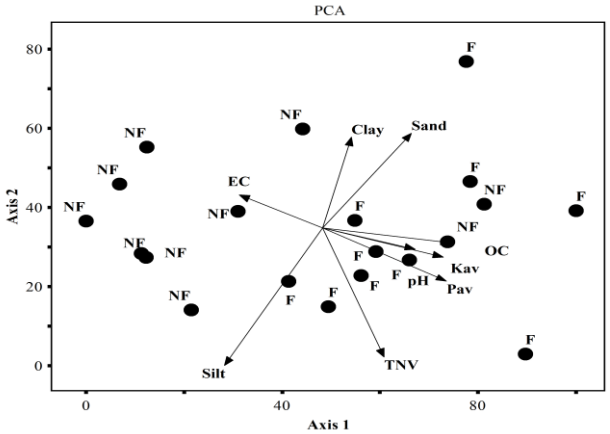
نتایج PCA شاخص‌های مورد بررسی (جدول ۶) نشان می‌دهد ۸۱ درصد واریانس موجود در بین داده‌ها توسط دو مؤلفه اول (با مقادیر ارزش ویژه بزرگ‌تر از مقادیر بروکن استیک) تبیین می‌شود. بر روی دو مؤلفه منتخب اول، پارامترهای با بار عاملی بیشتر از ۰/۸ (قطر برابرسینه، قطر یقه، ارتفاع درخت، قطر تاج بزرگ و کوچک) به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در تفکیک مناطق انتخاب شدند. به‌عبارت دیگر پدیده آتش‌سوزی شاخص‌های ذکر شده را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است.

جدول ۶- تجزیه مؤلفه‌های اصلی ویژگی‌های پوشش گیاهی در منطقهٔ پژوهش
Table 6. PCA (principal component analysis) of vegetation charecteristics in study area

شاخص Index		مولفه Axis (بردار ویژه Eigenvalue)						
		1	2	3	4	5	6	7
ارزش ویژه Eigenvalue		4.31	1.40	0.50	0.31	0.27	0.16	0.01
درصد واریانس variance (%)		61.68	20.10	7.27	4.46	3.93	2.31	0.21
درصد واریانس تجمعی Cumulative variance percentage		61.68	87.78	89.06	93.52	97.46	99.78	100
ارزش ویژه بروکن استیک Broken stick special value		2.59	1.29	1.09	0.76	0.51	0.31	0.143
بار عاملی Factor load	قطر برابرسینه DBH	**-0.85**	-0.15	-0.10	-0.32	-0.32	-0.03	0
	قطر یقه Collar diameter	-0.16	**-0.89**	-0.32	0.20	-0.12	0.04	0
	ارتفاع درخت Tree height	**-0.92**	0.06	-0.09	0.005	0.08	0.34	0
	قطر کوچک تاج Crown d1	**-0.94**	-0.12	-0.19	0.13	0.12	-0.09	0
	قطر بزرگ تاج Crown d2	**-0.92**	-0.20	-0.21	0.11	0.10	-0.15	0
	تعداد جست Sprut number	-0.78	0.16	0.51	-0.20	0.21	-0.06	0
	درصد پوشش علفی Grass cover	-0.56	0.70	0.18	0.29	-0.24	-0.02	0

همان‌طور که بیان شد میانگین شاخص‌های قطر برابرسینه، ارتفاع درخت و قطر بزرگ و کوچک تاج در منطقه شاهد بیشتر بوده و میانگین قطر یقه در منطقه سوخته بیشتر است. به‌نظر می‌رسد آتش‌سوزی ایجاد شده بیشتر بر لایه بالایی توده گیاهی اثر گذاشته و موجب کاهش شاخص‌های قطر برابرسینه، ارتفاع درخت و قطر بزرگ و کوچک تاج در منطقه سوخته شده است. همچنین کم بودن شدت آتش در لایه زیرین موجب شده پایه‌هایی با قطر یقه بالا در منطقه سوخته حفظ شوند. به‌نظر می‌رسد با ایجاد شرایط مناسب برای رشد پایه‌ها و افزایش قطر برابرسینه و ارتفاع آنها، این پایه‌ها در مقابله با پدیده‌هایی مانند آتش‌سوزی، خسارت کمتری را متقبل خواهند شد.

نتایج مربوط به رجبندی آنالیز مؤلفه‌های اصلی به‌منظور تعیین مهم‌ترین شاخص‌های تغییر یافته از ویژگی‌های خاک در اثر آتش‌سوزی در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج حاصل از رجبندی شاخص‌ها نشان می‌دهد دو منطقه مورد بررسی توسط شاخص‌های مورد بررسی خاک به‌خوبی تفکیک شده‌اند و تمایل بردار شاخص‌های شن، کربن آلی، فسفر و پتاسیم در دسترس، اسیدیته و آهک به‌سمت منطقه سوخته و تمایل بردار شاخص‌های هدایت الکتریکی، سیلت و رس به‌سمت منطقه شاهد است.



شکل ۵- رجبندی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی در فضای دو مؤلفه اول و دوم (EC: هدایت الکتریکی، Clay: درصد رس، Sand: درصد شن، OC: کربن آلی، Kav: پتاسیم در دسترس، Pav: فسفر در دسترس، pH: اسیدیته، TNV: آهک و Silt: درصد سیلت)
Figure 5. Ordination of studied chemical and physical soil parameters in the space of the first and second axis (EC: Electrical Conductivity, OC: organic carbon, Kav: available Potassium, Pav: available Phosphorus, pH: acidity, TNV: Total Neutralizing Value)

نتایج PCA شاخص‌های مورد بررسی (جدول ۷) نشان می‌دهد حدود ۶۴ درصد واریانس موجود در بین داده‌ها توسط دو مؤلفه اول (با مقادیر ارزش ویژه بزرگ‌تر از مقادیر بروکن استیک) تبیین می‌شود. بر روی دو مؤلفه منتخب اول، پارامترهای با بار عاملی بیشتر از ۰/۸ (شامل کربن آلی، فسفر و پتاسیم در دسترس) به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در تفکیک سایت‌ها انتخاب شدند. با توجه به جدول ۷ می‌توان نتیجه گرفت که پدیده آتش‌سوزی بر روی شاخص‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم در دسترس، بیشترین تاثیر را داشته است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

جدول ۷- تجزیه مؤلفه‌های اصلی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 7. PCA (principal component analysis) of chemical and physical characteristics of soil

شاخص Index		مولفه Axis (بردار ویژه Eigenvalue)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ارزش ویژه Eigenvalue		4.42	4.31	1.19	0.89	0.65	0.27	0.17	0.07	0
درصد واریانس (%) variance		49.16	14.60	13.22	9.92	7.32	3.00	1.92	0.81	0
درصد واریانس تجمعی Cumulative variance percentage		49.16	63.77	76.99	86.92	94.24	97.25	99.18	100	100
ارزش ویژه بروکن استیک Broken stick special value		2.82	1.22	1.32	0.99	0.74	0.54	0.37	0.23	0.11
بار عاملی Factor load	هدایت الکتریکی EC	-0.60	0.15	0.36	0.07	0.66	-0.14	0	0	0
	اسیدیته pH	0.67	-0.10	-0.12	0.63	-0.09	-0.31	0	0	0
	آهک T.N.V.	0.44	-0.61	0.08	-0.59	0.02	-0.25	0	0	0
	کربن آلی OC	**0.93**	-0.07	0.0006	-0.07	0.07	0.09	0	0	0
	فسفر در دسترس Pav	**0.89**	-0.25	0.005	0.12	0.24	0.05	0	0	0
	پتاسیم در دسترس Kav	**0.87**	-0.13	-0.03	0.09	0.27	0.23	0	0	0
	شن Sand	0.64	0.45	0.59	-0.08	-0.14	-0.03	0	0	0
	سیلت Silt	-0.71	-0.65	-0.10	0.2	0.02	0.08	0	0	0
	رس Clay	0.21	0.43	-0.81	-0.22	0.19	-0.08	0	0	0

با توجه به نتایج مشخص شد که شاخص‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم در دسترس در منطقه سوخته بیشتر از منطقه نسوخته بوده و این سه شاخص بیشترین تغییرات را داشته‌اند. تغییرات شاخص‌های فوق در منطقه سوخته ناشی از سوختن مواد آلی حاصل از پوشش گیاهی باشد که موجب کاهش معدنی شدن کربن، افزایش شکل غیرآلی فسفر و رها شدن پتاسیم موجود در پوشش گیاهی سوخته شده و در نتیجه باعث افزایش شاخص‌های ذکر شده در خاک شده است. با این‌حال به‌نظر می‌رسد شرایط خاک منطقه سوخته آماده برای واکاری و رویش نهال‌های جدید است که با داشتن مدیریت مناسب می‌توان در زمان کمتری منطقه را احیا کرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که آتش‌سوزی بیشتر بر ویژگی‌های خاک تأثیر می‌گذارد و اثرات آن بر تغییرات پوشش گیاهی با توجه به شرایط مختلف منطقه و نوع گونه‌های گیاهی مختلف، متفاوت بوده و در برخی موارد مثبت و در برخی موارد منفی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود اثرهای بلندمدت آتش‌سوزی بر تغییرات پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرد. پژوهش حاضر نشان داد که ویژگی‌های کمی (قطر یقه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، سلامت جست و درصد پوشش علفی) پایه‌های موجود در تالاب در بخش سوخته تحت تأثیر قرار گرفته و این مشخصه‌ها کاهش پیدا کرده‌اند. مدیریت مناسب و حفاظت از این چنین اراضی به‌منظور احیای توان و پتانسیل بوم‌سازگان برای تضمین ادامه حیات و پایداری کاملاً ضروری است.

در پژوهش حاضر مشاهده شد مقدار ویژگی‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم در خاک افزایش یافته و این مواد می‌توانند به‌عنوان بستری مناسب برای رویش حیات گیاهی جدیدی در منطقه مورد بررسی باشد. بنابراین کاملاً واضح است که با اعمال نظارت و حفاظت از منطقه مورد بررسی، این بوم‌سازگان با ارزش پتانسیل احیا و ادامه حیات را دارد.

با توجه به تغییرات ویژگی‌های خاک و افزایش برخی عناصر غذایی خاک پس از آتش‌سوزی مانند آنچه در پژوهش حاضر مشاهده شد، پیشنهاد می‌شود با قرق منطقه و اجرای عملیاتی مانند بذرپاشی و نهال‌کاری، به فرآیند احیای منطقه سرعت داده شود.

References

Aaltonen, H., Köster, K., Köster, E., Berninger, F., Zhou, X., Karhu, K., Biasi, C., Bruckman, V., Palviainen, M., & Pumpanen, J. (2019). Forest fires in Canadian permafrost region: the combined effects of fire and permafrost dynamics on soil organic matter quality. *Biogeochemistry, 143*, 257-274. https://doi.org/10.1007/s10533-019-00560-x

Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T., & Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research, 33*(5), 1419-1441. https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J., & Úbeda, X. (2016). Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). *Science of the Total Environment, 572*, 1329-1335. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.115

Alexakis, D., Kokmotos, I., Gamvroula, D., & Varelidis, G. (2021). Wildfire effects on soil quality: Application on a suburban area of West Attica (Greece). *Geosciences Journal, 25*, 243-253. https://doi.org/10.1007/s12303-020-0011-1

Amini, Z., & Malekmohammadi, B. (2022). Developing Wetland Management Framework Based on Ecological Approach (Case Study: Anzali International Wetland). *Environmental Science and Technology 23*(10), 119-132 (In Persian). https://doi.org/10.30495/jest.2022.50015.4957

Aref, I. M., El Atta, H. A., & Mohamed AL Ghamde, A. R. (2011). Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. *International Journal of Agriculture & Biology, 13*(5), 659-664.

Asadolahi, Z., Danehkar, A., & Alizadeh Shabani, A. (2011). Horizontal array study and plant cover zonation of Choghakhor wetland (W Iran). *Rostaniha, 12*(1), 13-29 (In Persian). https://doi.org/10.22092/botany.2011.101425

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

Badía-Villas, D., González-Pérez, J. A., Aznar, J. M., Arjona-Gracia, B., & Martí-Dalmau, C. (2014). Changes in water repellency, aggregation and organic matter of a mollic horizon burned in laboratory: Soil depth affected by fire. *Geoderma, 213*, 400-407. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.038

Bennett, L. T., Aponte, C., Baker, T. G., & Tolhurst, K. G. (2014). Evaluating long-term effects of prescribed fire regimes on carbon stocks in a temperate eucalypt forest. *Forest Ecology and Management, 328*, 219-228. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.028

Brockway, D. G., Gatewood, R. G., & Paris, R. B. (2002). Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management, 65*(2), 135-152 https://doi.org/10.1006/ jema.2002.0540

Chakraborty, S. K., Sanyal, P., & Ray, R. (2023). Ecosystem Services and Values of Wetlands with Special Reference with East Kolkata Wetlands. In Wetlands Ecology: Eco-biological uniqueness of a Ramsar site (East Kolkata Wetlands, India) (227-255). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09253-4_4

Dzwonko, Z., Loster, S., & Gawroński, S. (2015). Impact of fire severity on soil properties and the development of tree and shrub species in a Scots pine moist forest site in southern Poland. *Forest Ecology and Management, 342*, 56-63. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.01.013

Gold, Z.J., Pellegrini, A.F., Refsland, T.K., Andrioli, R.J., Bowles, M.L., Brockway, D.G., Burrows, N., Franco, A.C., Hallgren, S.W., Hobbie, S.E., & Hoffmann, W.A., (2023). Herbaceous vegetation responses to experimental fire in savannas and forests depend on biome and climate. *Ecology Letters*, *26*, 1237–1246.

Granged, A. J., Zavala, L. M., Jordán, A., & Bárcenas-Moreno, G. (2011). Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study. *Geoderma, 164*(1-2), 85-94. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.017

Haubensak, K., D'antonio, C., & Wixon, D. (2009). Effects of fire and environmental variables on plant structure and composition in grazed salt desert shrublands of the Great Basin (USA). *Journal of Arid Environments, 73*(6-7), 643-650. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.12.020

Hebel, C. L., Smith, J. E., & Cromack Jr, K. (2009). Invasive plant species and soil microbial response to wildfire burn severity in the Cascade Range of Oregon. *Applied Soil Ecology, 42*(2), 150-159. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.03.004

Hormozi, H. A., Borna, R., & Zohorian Pordel, M. (2019). Investigating the trend of precipitation changes in Khuzestan province and its impact on Shadegan wetland. *Wetland Ecobiology 11*(3), 103-117. (In Persian). https://doi.org/10.22034/jewe.2020.235307.1369

Hubbert, K., Preisler, H., Wohlgemuth, P., Graham, R., & Narog, M. (2006). Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. *Geoderma, 130*(3-4), 284-298. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.02.001

Hurzhii, R. V., Yavorovskyi, P. P., Sydorenko, S. H., Levchenko, V. B., Tyshchenko, O. M., Tertyshnyi, A. P., & Yakubenko, B. Y., (2021). Trends in forest fuel accumulation in pine forests of Kyiv Polissya in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica*, *63*(2), 116-124.

Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of Soil Analysis: Sampling and Important Physical & Chemical Analysis. Nedaye Zoha Press, Sari, Iran, 236 pp (In Persian).

Johnson, D. W., Walker, R. F., Glass, D. W., Stein, C. M., Murphy, J. B., Blank, R. R., & Miller, W. W. (2014). Effects of thinning, residue mastication, and prescribed fire on soil and nutrient budgets in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Science, 60*(1), 170-179. https://doi.org/10.5849/forsci.12-034

Karimi , S., Pourbabaei, H., & Khodakarami, Y. (2017). The effect of fire on the relative importance (SIV) index and frequency distribution models of plant species in the Zagros forests. *Natural Ecosystems of Iran, 8*(3), 111-126 (In Persian).

Litton, C. M., & Santelices, R. (2003). Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a Nothofagus glauca forest, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural, 76*(4), 529-542.

Liu, J., Qiu, L., Wang, X., Wei, X., Gao, H., Zhang, Y., & Cheng, J. (2018). Effects of wildfire and topography on soil nutrients in a semiarid restored grassland. *Plant and Soil, 428*, 123-136. https://doi.org/10.1007/s11104-018-3659-9

Lloret, F., Estevan, H., Vayreda, J., & Terradas, J. (2005). Fire regenerative syndromes of forest woody species across fire and climatic gradients. *Oecologia, 146*, 461-468. https://doi.org/10.1007/s00442-005-0206-1

Loeppert, R.H., & Suarez, D.L. (1996). Carbonate and gypsum: 437-474. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., … and Sumner, M.E. (Eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, 1390 pp.

Lombao, A., Barreiro, A., Carballas, T., Fontúrbel, M., Martín, A., Vega, J., Fernández, C., & Díaz-Raviña, M. (2015). Changes in soil properties after a wildfire in Fragas do Eume Natural Park (Galicia, NW Spain). *Catena, 135*, 409-418. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.007

Maynard, D., Paré, D., Thiffault, E., Lafleur, B., Hogg, K., & Kishchuk, B. (2014). How do natural disturbances and human activities affect soils and tree nutrition and growth in the Canadian boreal forest? *Environmental Reviews, 22*(2), 161-178. https://doi.org/10.1139/er-2013-0057

Modaberi, H., & Shokoohi, A. (2020). Determining Water requirement of Anzali Wetland based on Eco-Tourism Indices within the Framework of IWRM. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 51*(10), 2501-2517 (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.303554.668633

Moghadam, M. R. (2001). Range & Range management. Tehran University Pub., Tehran (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]

Montoya, S., Marín, G., & Ortega, E. (2014). Impact of prescribed burning on soil properties in a Mediterranean area (Granada, SW Spain). *Spanish Journal of Soil Science: SJSS*, *4*(1), 88-98.

Moreno, G., Obrador, J.J., & Garcia, A. (2007). Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *119*(3-4), 270-280.

Moya, D., González-De Vega, S., Lozano, E., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J., Lucas-Borja, M., & de Las Heras, J. (2019). The burn severity and plant recovery relationship affect the biological and chemical soil properties of Pinus halepensis Mill. stands in the short and mid-terms after wildfire. *Journal of Environmental Management*, *235*, 250-256. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.029

Muqaddas, B., Zhou, X., Lewis, T., Wild, C., & Chen, C. (2015). Long-term frequent prescribed fire decreases surface soil carbon and nitrogen pools in a wet sclerophyll forest of Southeast Queensland, Australia. *Science of the Total Environment*, *536*, 39-47. https:// doi.org/ 10.1016/ j.scitotenv. 2015.07.023

Prestes, N. C. C. d. S., Massi, K. G., Silva, E. A., Nogueira, D. S., de Oliveira, E. A., Freitag, R., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., Keller, M., & Feldpausch, T. R. (2020). Fire effects on understory forest regeneration in southern Amazonia. *Frontiers in Forests and Global Change*, *3*, 10. https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00010

Provencher, L., Forbis, T. A., Frid, L., & Medlyn, G. (2007). Comparing alternative management strategies of fire, grazing, and weed control using spatial modeling. *ecological modelling*, *209*(2-4), 249-263. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.06.030

Rai, P. K. (2008). Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach. *International journal of phytoremediation*, *10*(2), 133-160. https://doi.org/10.1080/15226510801913918

Rahimi, S., Sharifi, Z., & Mastrolonardo, G. (2020). Comparative study of the effects of wildfire and cultivation on topsoil properties in the Zagros forest, Iran. *Eurasian Soil Science*, *53*, 1655-1668. https://doi.org/10.1134/S1064229320110113

Reyes, O., García-Duro, J., & Salgado, J. (2015). Fire affects soil organic matter and the emergence of Pinus radiata seedlings. *Annals of Forest Science*, *72*, 267-275. https://doi.org/10.1007/s13595-014-0427-8

Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids: 417-435. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., … and Sumner, M.E. (Eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, 1390 pp.

Rostamikia, Y., Siahmansour, R., Sharifi, J., & Mohammadi, H. (2022). Effect of fire on density and vegetation composition in wooded rangelands of Vanon Khalkhal region. *Iran Nature*, *6*(6), 77-87 (In Persian). https://doi.org/10.22092/irn.2022.355613.1396

Salehi, P., Banj Shafiei, A., Barin, M., & Khezri, K. (2020). Effect of surface fire on dynamic of some chemico-physical properties of forest soil, Sardasht, West Azarbayjan *Forest Research and Development*, *6*(3), 395-410 (In Persian). https://doi.org/10.30466/jfrd.2020.120873

Sheidai Karkaj, E., Jafari, I., & R., J. (2019). The effect of fire on some characteristics of rangeland ecosystem in the Southern part of Golestan National Park, Iran. *Journal of Range and Watershed Management*, *72*(3), 755-767. (In Persian) https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.245647.1185

Shokri, M., Safaian, N. A., & Atrakchali, A. (2002). Investigation of the effects of fire on vegetation variations in Takhti Yeylagh-Golestan National Prak. *Iranian Journal of Natural Recourse*, *55*(2), 273-281 (In Persian).

Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity: 475-490. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., … and Sumner, M.E. (Eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3 : Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc,. Madison, Wisconsin, 1390 pp.

Tortorelli, C.M., Kim, J.B., Vaillant, N.M., Riley, K., Dye, A., Nietupski, T.C., Vogler, K.C., Lemons, R., Day, M., Krawchuk, M.A., & Kerns, B.K., (2023). Feeding the fire: Annual grass invasion facilitates modeled fire spread across Inland Northwest forest-mosaic landscapes. *Ecosphere*, *14*(2), p.e4413.

Vega, J. A., Fontúrbel, T., Merino, A., Fernández, C., Ferreiro, A., & Jiménez, E. (2013). Testing the ability of visual indicators of soil burn severity to reflect changes in soil chemical and microbial properties in pine forests and shrubland. *and Plant Soil*, *369*, 73-91. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1532-9

White, C. S., & Loftin, S. R. (2000). Response of 2 semiarid grasslands to cool-season prescribed fire. *Journal of Range Management 53*(1), 52-61. http://dx.doi.org/10.2307/4003392

Yadollahnejad, S., Jafarian, Z., Heydari, G., & Tamartash, R. (2021). The Effect of Fire on Vegetation and Some Physical and Chemical Properties of Soil (Case study: Varcheshmeh Tusmal Rangeland, Mazandaran). *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, *2*(3), 12-23 (In Persian).

Zhang, Y., & Biswas, A. (2017). The effects of forest fire on soil organic matter and nutrients in boreal forests of North America: a review. *Adaptive Soil Management: From Theory to Practices*, 465-476. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3638-5_21

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-09-22]

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.138]