

Research Article

A quantitative study of post-fire resprouting of *Quercus brantii* Lindl. in Zagros forests (Kermanshah province, Iran)

Sayad Valadipour ¹, Loghman Ghahramany ^{2*} and Morteza Pourreza ³

1- Graduate Student of Forest Science and Engineering, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan and Dr. Hedayat Ghazanfari Center for Research and Development (R&D) of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: l.ghahramany@uok.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 19.06.2024

Revised: 14.07.2024

Accepted: 29.07.2024

Abstract

Background and objectives: Fire is considered an ecological factor that affects most terrestrial ecosystems. The disturbances caused by fire vary depending on the ecosystem type and fire severity. Understanding how species respond to fire in forest ecosystems is essential for identifying ecosystem recovery processes. Therefore, the main objective of this research was to examine the response of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.), specifically, the characteristics of post-fire sprouts and their diameter and height increments, to different levels of burn severity over time following fire events.

Methodology: Three burned sites in the Zagros forests of Kermanshah Province, Iran, were selected, each representing a different time since the last fire: 2, 3, and 5 years (treatments 2AF, 3AF, and 5AF, respectively). In each site, three continuous transects were established: one on each margin and one through the central part of the stand, aligned with the dominant slope and accounting for a 20-meter marginal effect. For each tree whose trunk or crown intersected a transect, the following were recorded: species name, collar diameter, number of sprouts before the fire, burn severity (classified as low, moderate, or high), number of post-fire sprouts, and the diameter and height of the dominant sprouts (i.e., the thickest and tallest shoots). Burn severity was visually assessed and categorized into three classes. To calculate the average annual diameter and height increments, the measurements of dominant sprouts were divided by the number of years since the fire.

Results: The results indicated that Persian oak responds to fire through resprouting, and the extent of this response is influenced by the diameter of the burned stump and the burn severity. Specifically, as stump diameter increases, the number of post-fire sprouts decreases. In contrast, smaller-diameter stumps produce a greater number of sprouts. Moreover, the number of post-fire sprouts increased with burn severity, with the highest sprouting observed under moderate and high severity conditions. The greatest mean annual diameter increment (ranging from 9.1 to 10.2 mm/year) was found in larger stumps (diameter classes 11 and 13 cm) subjected to moderate and high burn intensity across all areas. The median annual height increments of post-fire sprouts, regardless of stump diameter or burn severity, were 34, 32, and 35 cm/year in 2AF, 3AF, and



5AF, respectively. The highest median annual height increments—47, 38, and 42 cm/year in the 2AF, 3AF, and 5AF sites, respectively—were associated with high burn severity. Spearman's correlation test showed a weak but significant negative correlation between the number of post-fire sprouts and the diameter of the pre-fire stump. A weak but significant positive correlation was also found between the number of post-fire sprouts and the number of pre-fire sprouts on the same stump.

Conclusion: The results of this study showed that *Q. brantii* resprouts in response to fire, and that the number of post-fire sprouts is influenced by the diameter of the pre-fire stump and the severity of the burn. The highest number of sprouts and the greatest height increments were observed in areas affected by high burn severity.

Keywords: Burn severity, increment, stool, transect.

بررسی کمی جست‌دهی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (استان کرمانشاه)

صیاد ولدپور^۱، لقمان قهرمانی^{۲*} و مرتضی پوررضا^۳

۱- دانش‌آموخته علوم و مهندسی جنگل، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشگاه کردستان و مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی دکتر هدایت غضنفری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. پست الکترونیک: l.ghahramany@uok.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: آتش‌سوزی به‌عنوان یک عامل بوم‌شناختی، اغلب بوم‌سازگان‌های زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دگرگونی‌های ایجادشده در یک بوم‌سازگان، بسته به نوع بوم‌سازگان و شدت آتش‌سوزی متفاوت است. ارزیابی چگونگی پاسخ گونه‌های درختی به آتش‌سوزی به‌منظور شناسایی روند بازسازی بوم‌سازگان جنگل، اهمیت زیادی دارد، بنابراین هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی واکنش درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) (ویژگی‌های جست‌دهی و مقدار رویش جست‌های پس از آتش‌سوزی) به شدت‌های مختلف آتش‌سوزی در سال‌های پس از آتش‌سوزی است.

مواد و روش‌ها: سه منطقه جنگلی سوخته در استان کرمانشاه که از وقوع آخرین آتش‌سوزی در آن‌ها دو، سه و پنج سال گذشته بود (به‌ترتیب تیمارهای 2AF، 3AF و 5AF)، انتخاب شد. در هر منطقه، سه ترانسکت ممتد (یک ترانسکت در دو حاشیه و ترانسکت سوم در بخش میانی توده‌ها) در راستای شیب غالب با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای ۲۰ متری برداشت شدند. در هر ترانسکت، برای درختان نمونه سوخته که تنه یا تاج آن‌ها با ترانسکت برخورد داشت، نام گونه، قطر یقه، تعداد جست‌های پیش از آتش‌سوزی (جست‌های با نشانه‌های سوختگی در ساقه و تاج)، شدت سوختگی (در سه طبقه کم، متوسط و زیاد)، تعداد جست‌های به‌وجودآمده پس از آتش‌سوزی (جست‌های بدون علائم سوختگی در ساقه و تاج) و قطر و ارتفاع جست‌های غالب (به‌ترتیب، قطورترین و بلندترین جست) در هر جست‌گروه ثبت شد. برای بررسی شدت سوختگی در هر جست‌گروه، سه طبقه شدت سوختگی شامل کم، متوسط و زیاد به‌صورت چشمی تعیین شد. به‌منظور محاسبه میانگین رویش قطری و ارتفاعی به‌ترتیب قطر و ارتفاع جست غالب پس از آتش‌سوزی در هر جست‌گروه بر مدت سپری‌شده از آتش‌سوزی (سال) تقسیم شد.

نتایج: یافته‌های به‌دست‌آمده نشان داد که بلوط ایرانی با جست‌دهی به آتش‌سوزی واکنش نشان می‌دهد، اما مقدار جست‌دهی آن به قطر کنده سوخته و شدت سوختگی وابسته است. به‌طوری‌که با افزایش قطر کنده سوخته، تعداد جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد. بیشترین تعداد جست مربوط به کنده‌های کم‌قطر است. با افزایش شدت سوختگی، فراوانی جست‌های پس از آتش نیز افزایش می‌یابد. از این نظر، اختلاف بین شدت‌های مختلف سوختگی با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. در تیمارهای بررسی‌شده، بیشترین رویش قطری (۹/۱ تا ۱۰/۲ میلی‌متر در سال) در جست‌های پس از آتش‌سوزی مربوط به کنده‌های قطورتر (طبقه‌های قطری ۱۱ و ۱۳ سانتی‌متر) و شدت سوختگی متوسط تا زیاد بود. میانه رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی، بدون در نظر گرفتن طبقه قطری و شدت آتش‌سوزی در تیمارهای 2AF، 3AF و 5AF به‌ترتیب ۳۴، ۳۲ و ۳۵ سانتی‌متر در سال به‌دست‌آمد. بیشترین میانه رویش ارتفاعی جست‌ها در تیمارهای 2AF، 3AF و 5AF به‌ترتیب ۴۷، ۳۸ و ۴۲ سانتی‌متر در سال، مربوط به درختان با شدت سوختگی زیاد بود. نتایج آزمون همبستگی نشان‌دهنده وجود رابطه معنی‌دار ضعیف و معکوس بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و قطر یقه کنده پیش از آتش‌سوزی بود. بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و تعداد جست موجود بر روی کنده مادری پیش از آتش‌سوزی نیز همبستگی مثبت ضعیف، اما معنی‌داری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج این پژوهش نشان داد که بلوط ایرانی در پاسخ به آتش‌سوزی، شروع به جست‌دهی می‌کند. تعداد جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی در هر کنده به قطر کنده و شدت سوختگی بستگی دارد. بیشترین تولید جست در سوختگی شدید مشاهده شد. رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی نیز در شدت‌های مختلف سوختگی متفاوت بود. بلندترین جست‌ها در سوختگی شدید مشاهده شدند.

واژه‌های کلیدی: ترانسکت، جست‌گروه، رویش، شدت سوختگی.

مقدمه

بوم‌سازگان پایدار و پویای جنگل تا زمانی که تحت تأثیر دخالت‌های انسانی و یا تنش‌های محیطی قرار نگیرد، تعادل بین اجزای تشکیل‌دهنده آن حفظ می‌شود. آتش‌سوزی، بدون توجه به منشأ آن (طبیعی یا انسانی)، به‌عنوان یک پدیده محیط‌زیستی و یک اختلال طبیعی، از عوامل اصلی تخریب جنگل‌ها و تغییر در ساختار آن‌ها محسوب می‌شود (Ahmadi et al., 2023; Alidoust et al., 2024). این پدیده از مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی در مقیاس جهانی است که بیشتر از هر پدیده طبیعی دیگری، خشکی‌های جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Francos et al., 2024). آتش، یک عامل بوم‌شناختی مؤثر بر ترکیب فلورستیک و تنوع زیستی جنگل‌ها است (Bergeron et al., 2002) که توالی و تحولات آن‌ها را تنظیم و هدایت می‌کنند (Volkova & Fernández, 2024). تغییرات ایجادشده در ساختار جنگل بر اثر آتش‌سوزی و پاسخ گونه‌های درختی به آتش، بسته به رژیم آتش‌سوزی متفاوت است (Bergeron et al., 2002). رژیم آتش‌سوزی، شامل فراوانی آتش‌سوزی، فصل‌پذیری آتش‌سوزی و گستردگی آتش‌سوزی است (Certini, 2005). مقدار اثرات آتش در درجه اول به شدت آتش بستگی دارد که به نوبه خود توسط عوامل محیطی متعددی (مانند مقدار، ماهیت و رطوبت مواد سوختنی، دما و رطوبت هوا، سرعت باد و شرایط توپوگرافی رویشگاه) که بر فرایند احتراق تأثیر می‌گذارند، مهار می‌شود. شدت آتش سوزی شامل دو جزء شدت (یعنی سرعت تولید انرژی حرارتی در آتش) و مدت است (Certini, 2005). اگرچه در آتش‌سوزی‌های شدید، درختان تنومند نیز آسیب می‌بینند، اما آتش‌سوزی اغلب تأثیر

بسیار نامطلوبی بر درختان جوان و زادآوری دارد. ازسوی دیگر، اثر و خسارت آتش‌سوزی در مناطق مختلف بسته به نوع گونه‌های درختی و محیط رخداد آتش‌سوزی، متفاوت است (Aguilar-Garavito et al., 2023). خسارت آتش‌سوزی، در جنگل‌های جوان و شاخه‌زاد از جنگل‌های مسن و دانه‌زاد بیشتر است (Adeli & Yakhkashi, 1975). آتش‌سوزی، بسته به واکنش گونه‌های مختلف درختی می‌تواند روند رشد آن‌ها را کاهش یا افزایش دهد و به‌عنوان یک عامل طبیعی تخریب یا بازسازی جنگل محسوب می‌شود (Certini, 2005).

جست‌دهی، ویژگی مهم برخی از گونه‌های درختی است که به دوام و بقای آن‌ها پس از آتش‌سوزی کمک می‌کند (Bataneh et al., 2022; Schmalzer & Foster, 2022). جست‌دهی از ویژگی‌های نهان‌دانگان است و در بازدانگان مشاهده نمی‌شود (Nieves et al., 2022). منشأ جست‌ها، جوانه‌های خفته در بافت مریستمی زیر پوست ساقه درختان هستند که در پاسخ به تنش‌های محیطی، به‌ویژه آتش‌سوزی فعال می‌شوند و برای زنده‌مانی درخت سبب جست‌دهی می‌شوند (Clarke et al., 2013). به این ترتیب، گونه‌های درختی با توانایی جست‌دهی، امکان بازسازی، بازیابی و زنده‌مانی در محیط‌های پرتنش را دارند (Matula et al., 2019). توانایی جست‌دهی براساس نوع گونه درختی، سن و شرایط رویشگاهی می‌تواند متفاوت باشد (Weigel & Peng, 2002; Nieves et al., 2022).

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان مهم‌ترین رویشگاه طبیعی جنس بلوط در ایران، دربرگیرنده چهل درصد مساحت عرصه‌های جنگلی و بیشتر از یک‌پنجم مساحت ایران است

باتوجه به اهمیت آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس و گستردگی اثرات آن در بخش‌های مختلف این بوم‌سازگان، پژوهش‌های متعددی به‌ویژه در رابطه با تأثیر آتش‌سوزی بر پوشش گیاهی و خاک انجام شده‌اند (Pourreza et al., 2009; Karimi & Pournabaei, 2017; Shokri et al., 2017; Moradi et al., 2021)، اما اطلاعات زیادی در مورد واکنش درختان بلوط ایرانی در شدت‌های مختلف سوختگی و رویش قطری و ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی وجود ندارد، بنابراین مهم‌ترین هدف پژوهش پیش‌رو، شناسایی چگونگی واکنش درختان بلوط ایرانی به شدت‌های مختلف سوختگی در سال‌های پس از آتش‌سوزی است. در همین راستا، مهم‌ترین سؤال‌هایی که تلاش شد در این پژوهش به آن‌ها پاسخ داده شوند، عبارت‌اند از: (۱) واکنش بلوط ایرانی در پاسخ به آتش‌سوزی چگونه است؟ (۲) مقدار رویش قطری و ارتفاعی جست‌ها پس از آتش‌سوزی چقدر است؟ (۳) آیا ارتباطی بین ویژگی‌های زیست‌سنجی پیش از آتش‌سوزی و پس از آتش‌سوزی وجود دارد؟ (۴) آیا ارتباطی بین شدت سوختگی و تعداد جست‌های تولیدی پس از آتش‌سوزی وجود دارد؟

(Sagheb Talebi et al., 2014). گونه اصلی تشکیل‌دهنده این جنگل‌ها، بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) است که بیشتر به فرم رویشی شاخه‌زاد دیده می‌شود (Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003; Ghazanfari et al., 2005). آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب‌کننده، هر ساله سبب سوختن بخش‌هایی از این جنگل‌ها می‌شود (Azizi et al., 2021). فعالیت‌های انسانی، علت اصلی اغلب آتش‌سوزی‌های عمدی و غیرعمدی در زاگرس است. فعالیت ساکنان محلی برای توسعه زمین‌های کشاورزی و تهیه زغال، از دلایل اصلی آتش‌سوزی‌های عمدی در زاگرس هستند. تفرج غیرمسئولانه در جنگل، آتش‌زدن پس از چرای مزارع و بی‌احتیاطی چوپان‌ها و شکارچیان از دلایل آتش‌سوزی‌های غیرعمدی هستند (Pourreza et al., 2009). نتایج پژوهش انجام‌شده در جنگل‌های استان کرمانشاه به‌عنوان بخشی از جنگل‌های زاگرس، بیانگر آن است که به طور کلی رخداد آتش‌سوزی در این منطقه از یک روند افزایشی پیروی می‌کند (Azizi et al., 2021) که این مسئله، ضرورت انجام پژوهش‌ها در زمینه پیامدهای آتش‌سوزی در این جنگل‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات اصلی تیمارهای بررسی‌شده

Table 1. Main characteristics of the studied treatments

Treatment	Conventional territory name	Fire time (year)	Time elapsed since last fire (year)	Companion species	Dominant species	Aspect
2AF	Resani	2019	2	<i>Acer monspessulanum</i> L.- <i>Crataegus</i> Spp. <i>Prunus lycioides</i> (Spach) C.K.Schneid - <i>Daphne mucronate</i> Royle	<i>Quercus brantii</i> Lindl.	Northeast
3AF	Beryekhane	2018	3	<i>Prunus lycioides</i> (Spach) C.K.Schneid - <i>Pistacia atlantica</i> Desf.	<i>Quercus brantii</i> Lindl.	Northwest
5AF	Totshami	2016	5	<i>Quercus infectoria</i> Oliv.	<i>Quercus brantii</i> Lindl.	North

مواد و روش‌ها

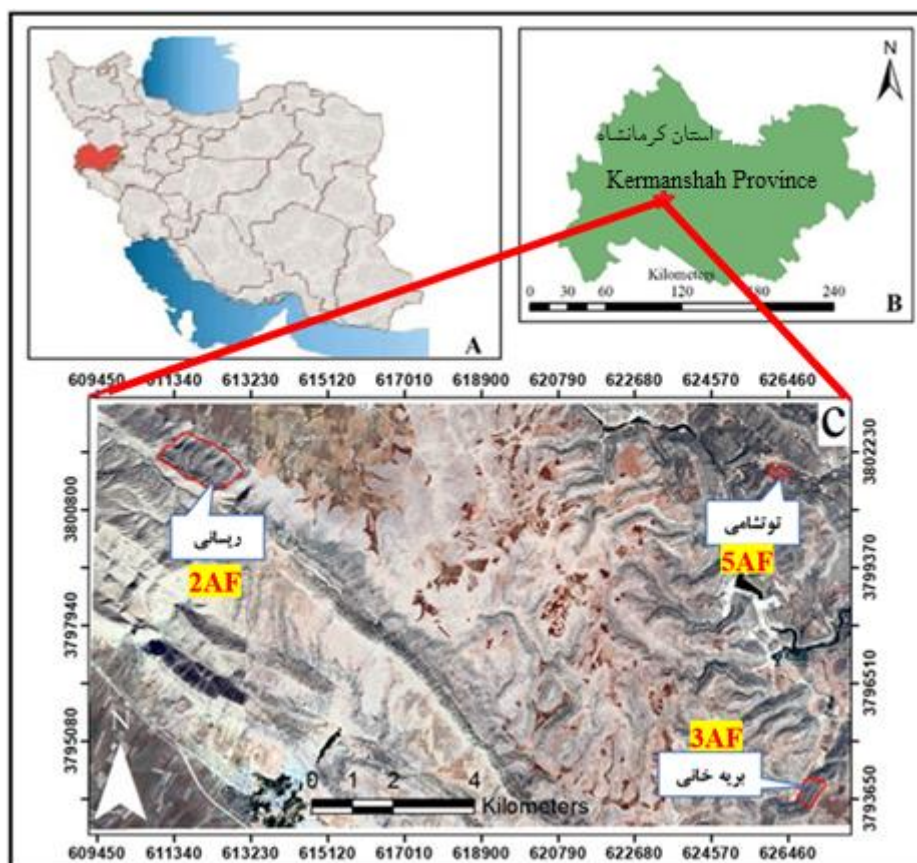
منطقه مورد بررسی

فیزیوگرافی مشابه انتخاب شدند. زمان‌های مختلفی (دو، سه و پنج سال) از رخداد آتش‌سوزی در این سه منطقه سپری شده بود که به‌ترتیب تیمارهای 2AF (دو سال پس از آتش)، 3AF (سه سال پس از آتش) و 5AF (پنج سال پس از آتش) نام‌گذاری شدند. گونه غالب در رویشگاه‌های انتخاب‌شده،

این پژوهش، در جنگل‌های شهرستان دالاهو در استان کرمانشاه انجام شد (شکل ۱). به‌منظور پاسخ به پرسش‌های مطرح‌شده در این پژوهش، سه منطقه سوخته‌شده با شرایط

(Darabi et al., 2016). اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دمارتن اصلاح‌شده، مرطوب سرد و بافت خاک منطقه نیز سیلتی-رسی-لومی است (Khanhasani et al., 2004).

بلوط ایرانی با فرم رویشی شاخه‌زاد بود (جدول ۱). میانگین بارش سالانه در منطقه‌های مورد مطالعه حدود ۶۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱/۶ درجه سانتی‌گراد است



شکل ۱- موقعیت استان کرمانشاه در ایران (A)، موقعیت مرکز شهرستان دالاهو در استان کرمانشاه (B) و موقعیت رویشگاه‌های مورد بررسی در استان کرمانشاه (C)

Figure 1. Location of Kermanshah province in Iran (A), location of Dalahu county centre in Kermanshah province (B), and location of the study areas (C)

سوم به ترتیب ۳۳۹، ۳۴۲ و ۳۴۵ متر بودند. در هر ترانسکت، برای درختان نمونه سوخته که تنه یا تاج آن‌ها با ترانسکت برخورد داشت، نام گونه، قطر یقه، تعداد جست‌های پیش از آتش‌سوزی (جست‌های با نشانه‌های سوختگی در ساقه و تاج)، شدت سوختگی (در سه طبقه کم، متوسط و زیاد)، تعداد جست‌های به‌وجودآمده پس از آتش‌سوزی (جست‌های بدون علائم سوختگی و کاملاً سالم) و قطر و ارتفاع جست‌های غالب (به ترتیب قطورترین و بلندترین جست) در هر جست‌گروه ثبت شد. برای بررسی شدت سوختگی در هر

روش پژوهش

داده‌ها از رویشگاه‌های جنگلی انتخاب‌شده، با استفاده از روش نمونه‌برداری خطی ممتد (ترانسکت) جمع‌آوری شدند. در هر منطقه، سه ترانسکت موازی و ممتد (یک ترانسکت در دو حاشیه و ترانسکت سوم در بخش میانی رویشگاه)، در راستای شیب غالب با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای ۲۰ متری در تابستان ۱۴۰۰ برداشت شد. طول ترانسکت‌های برداشت‌شده در منطقه اول به ترتیب ۷۰۰، ۷۸۰ و ۷۲۰ متر، در منطقه دوم به ترتیب ۱۹۵، ۲۱۰ و ۱۲۶ متر و در منطقه

والیس و آزمون تعقیبی ناپارامتری Dunn مقایسه شدند. بررسی همبستگی بین ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان پیش از سوختن (قطر یقه و تعداد جست) و پس از سوختن (تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی) به دلیل نرمال نبودن داده‌ها با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 22 و Excel 2019 انجام شد.

نتایج

وضعیت جست‌دهی بلوط ایرانی پس از آتش‌سوزی اطلاعات مربوط به تعداد، میانگین، اشتباه معیار و انحراف معیار قطر کنده‌های سوخته، میانه، کمینه و بیشینه جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی و میانگین قطر و ارتفاع جست غالب پس از آتش‌سوزی در جدول ۲ درج شده است. شکل ۲، نشان‌دهنده پراکنش تعداد جست پس از آتش‌سوزی درختان بلوط ایرانی در طبقه‌های قطر یقه کنده‌های سوخته در تیمارهای بررسی شده است. بیشترین و کمترین تعداد جست پس از آتش‌سوزی به ترتیب متعلق به تیمارهای 2AF و 5AF بود. نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که از نظر تعداد جست پس از آتش‌سوزی، اختلاف معنی‌داری بین سه تیمار بررسی شده (2AF، 3AF و 5AF) وجود دارد ($CV = 31\%$; $F = 24/771P$). نتیجه مقایسه میانگین تعداد جست به وجود آمده پس از آتش‌سوزی در هر کنده در تیمارهای بررسی شده با استفاده از آزمون دانکن بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است (شکل ۳).

جست‌گروه، سه طبقه شدت سوختگی، شامل کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شد که به صورت چشمی و به شرح زیر تعیین شد (Pourreza et al., 2023):

(الف) سوختگی با شدت زیاد: اندام‌های هوایی درخت به طور کامل سوخته‌اند و یا دچار مرگ‌ومیر شده‌اند.
(ب) سوختگی با شدت متوسط: بخشی از اندام‌های هوایی درخت از بین رفته است.

(ج) سوختگی با شدت کم: اندام‌های هوایی درخت از بین نرفته‌اند. فقط قسمتی از ساقه یا بخش‌هایی از تاج (در درختان با ارتفاع کم) دچار سوختگی سطحی (Scorching) شده است.

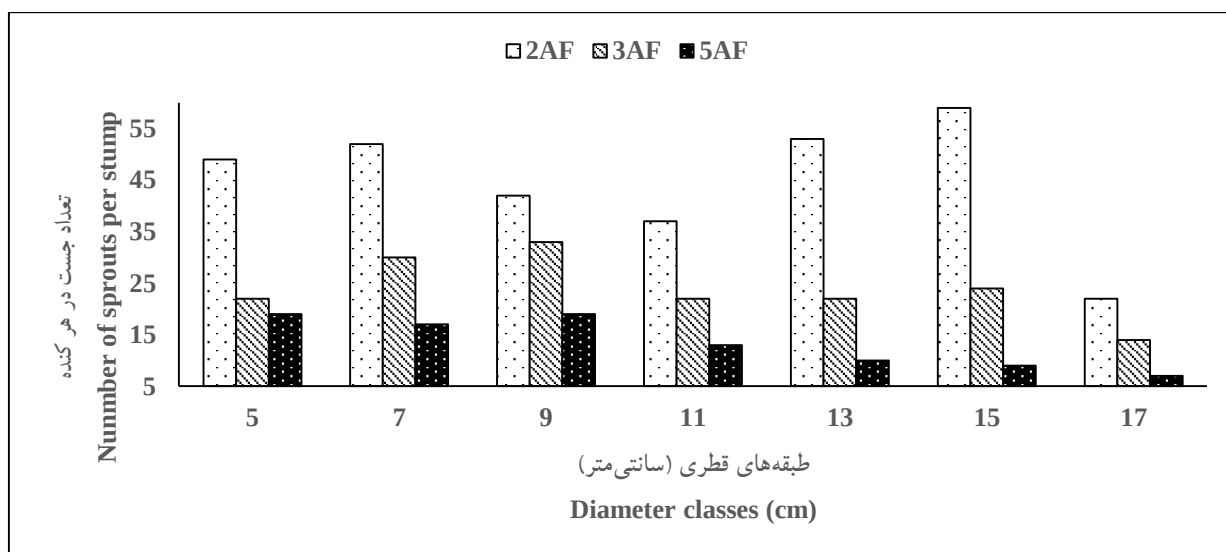
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

قطر کنده جست‌گروه‌های سوخته بررسی شده در طبقه‌های قطری دو سانتی‌متری دسته‌بندی شد. برای محاسبه میانگین رویش قطری و ارتفاعی، به ترتیب قطر و ارتفاع جست غالب به وجود آمده پس از آتش‌سوزی در هر جست‌گروه، بر مدت زمان سپری شده از آخرین آتش‌سوزی (سال) تقسیم شد. نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنوف یک نمونه‌ای بررسی شد. مقایسه تعداد جست‌های پس از آتش‌سوزی با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی دانکن انجام شد. برای توصیف نمایه‌های تعداد جست‌های پس از آتش‌سوزی و رویش قطری و ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی در طبقه‌های مختلف شدت سوختگی، میانه محاسبه شد (به دلیل نرمال نبودن توزیع داده‌ها) و با استفاده از آزمون کروسکال-

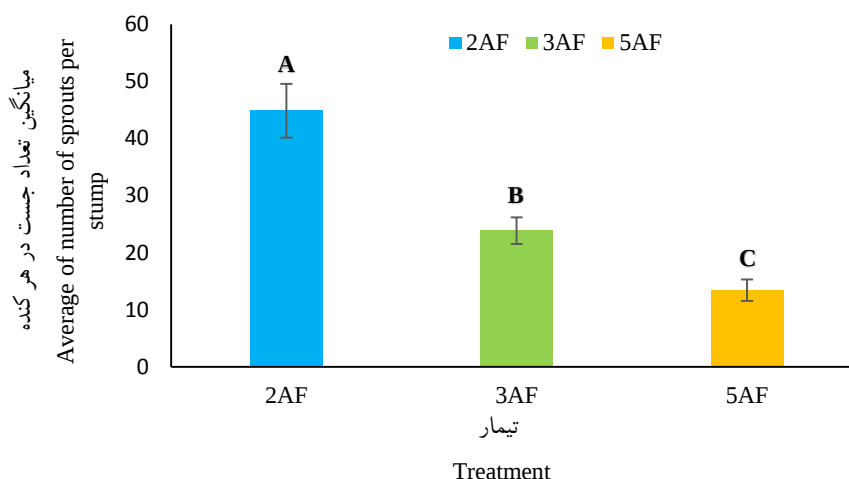
جدول ۲- آماره‌های جست‌های پس از آتش‌سوزی در هر کنده سوخته

Table 2. Summary statistics of the number of post-fire sprouts in each burned stump

Treatment	Number of burned stumps	Mean diameter of burned stump $\pm$ S.E. (S.D), cm	Median of sprouts per stump	Minimum number of sprouts per stump	Maximum number of sprouts per stump	Mean diameter of dominant sprout $\pm$ S.E. (cm)	Mean height of dominant sprout $\pm$ S.E. (cm)
2AF	178	12.6 $\pm$ 0.2 (3.1)	45	0	325	2.9 $\pm$ 0.2	65.9 $\pm$ 3.6
3AF	221	13.3 $\pm$ 0.2 (3.4)	26	0	88	4.5 $\pm$ 0.1	103.6 $\pm$ 3.8
5AF	214	12.7 $\pm$ 0.2 (3.7)	15	0	64	8.0 $\pm$ 0.2	147.3 $\pm$ 4.3



شکل ۲- توزیع فراوانی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی در بلوط ایرانی در طبقه‌های قطری
Figure 2. Distribution of the number of post-fire sprouts of the *Quercus brantii* species by diameter classes



شکل ۳- نتیجه مقایسه میانگین تعداد جست پس از آتش‌سوزی با استفاده از آزمون دانکن
حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها هستند ($P < 0.05$).

Figure 3. Results Post hoc Duncan test comparing the number of post-fire sprouts
Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

سوختگی متوسط و زیاد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴). بیشترین فراوانی جست پس از آتش‌سوزی (۵۹ جست در کنده) در شدت سوختگی زیاد در تیمار 2AF (دو سال پس از آتش‌سوزی) و کمترین تعداد جست پس از آتش‌سوزی (۸ جست در کنده) در شدت سوختگی کم در تیمار 3AF (سه سال پس از آتش‌سوزی) ثبت شد. تیمار 2AF در شدت سوختگی کم اختلاف معنی‌داری با تیمار 2AF

بررسی نتایج جست‌دهی بلوط ایرانی در شدت‌های سوختگی کم، متوسط و زیاد نشان داد که بین میانه فراوانی جست‌ها در شدت‌های مختلف سوختگی در هر سه توده، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). براساس نتایج آزمون تعقیبی ناپارامتری Dunn نیز میانه فراوانی جست‌ها در شدت سوختگی کم، اختلاف معنی‌داری با شدت‌های سوختگی متوسط و زیاد نشان دادند، اما بین شدت‌های

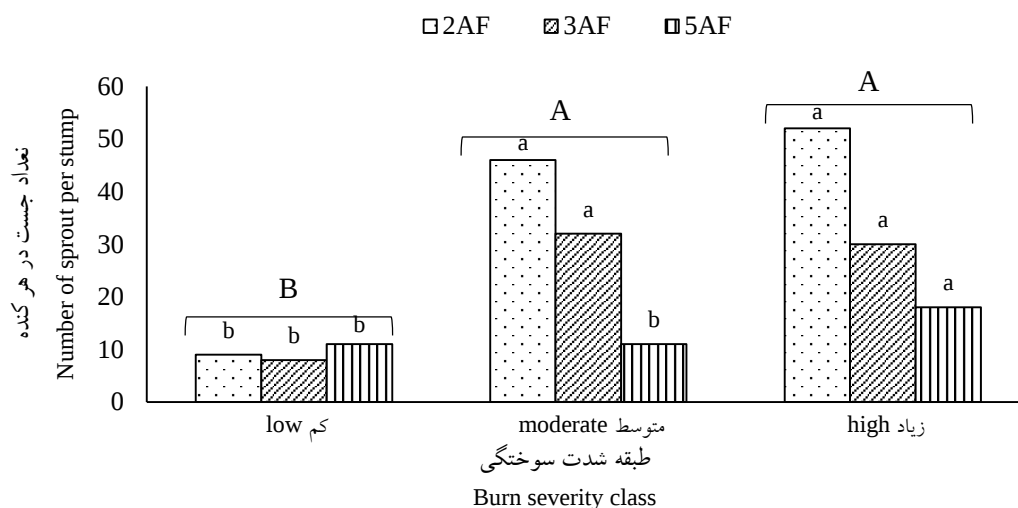
شدت سوختگی متوسط و زیاد مشاهده نشد. اما در مورد تیمار 5AF، اختلاف معنی داری بین شدت‌های سوختگی زیاد با شدت سوختگی متوسط و کم مشاهده شد ولی این اختلاف برای شدت‌های سوختگی کم و متوسط معنی دار نبود (شکل ۴ و جدول ۴).

در شدت سوختگی متوسط و زیاد نشان داد ولی اختلاف معنی داری بین تیمار 2AF در شدت سوختگی متوسط و زیاد مشاهده نشد. همچنین تیمار 3AF در شدت سوختگی کم اختلاف معنی داری با تیمار 3AF در شدت سوختگی متوسط و زیاد نشان داد ولی اختلاف معنی داری بین تیمار 3AF در

جدول ۳- نتیجه آزمون کروسکال والیس برای مقایسه تعداد جست‌های پس از آتش‌سوزی در شدت‌های مختلف سوختگی

Table 3. Results Kruskal-Wallis test comparing the number of post-fire sprouts in different burn intensity classes

Test statistic	5AF	3AF	2AF
χ^2	48.497	60.573	62.264
df	2	2	2
P-value	< 0.01	< 0.01	< 0.01



شکل ۴- نتیجه آزمون Dunn برای مقایسه تعداد جست پس از آتش‌سوزی به تفکیک شدت سوختگی

حروف کوچک متفاوت (a, b, c) نشان‌دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین تیمارها هستند، در حالی که حروف بزرگ متفاوت (A, B, C) بیانگر اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین سطوح شدت سوختگی می‌باشند.

Figure 4. Results Dunn test comparing the number of post-fire sprouts by burn severity classes. Different lowercase letters (a, b, c) indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments, while different uppercase letters (A, B, C) represent significant differences ($p < 0.05$) among burn severity levels.

جدول ۴- نتیجه آزمون تعقیبی Dunn برای مقایسه تعداد جست‌های پس از آتش‌سوزی در شدت‌های مختلف سوختگی

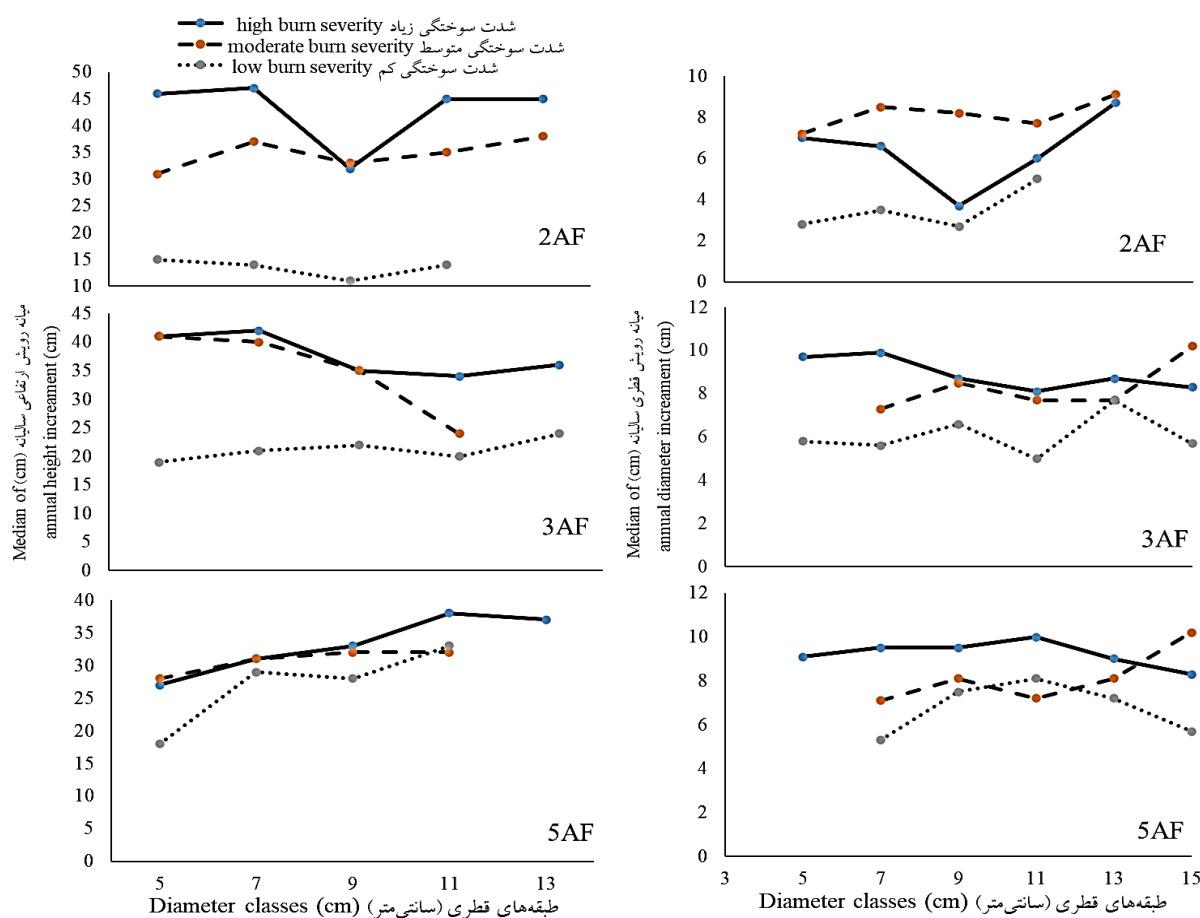
Table 4. Post hoc Dunn test comparing the number of post-fire sprouts in classes of burn intensity

Study area	Test statistic	High-Low	Moderate-Low	Moderate-High
2AF	Z	67.5	59.757	7.743
	P-value	< 0.01	< 0.01	0.333
3AF	Z	69.962	88.297	-18.335
	P-value	< 0.01	< 0.01	0.72
5AF	Z	65.533	9.755	55.779
	P-value	< 0.01	0.458	< 0.01

در تیمار 3AF فقط بین شدت‌های زیاد و کم، اختلاف معنی‌داری از نظر رویش قطری مشاهده شد. از این نظر در تیمار 5AF نیز بین شدت‌های متوسط- کم و شدت‌های زیاد- کم، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). نتایج بررسی رویش ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی به تفکیک طبقه‌های قطری و شدت سوختگی در سه تیمار بررسی شده در شکل ۵ آمده است. بیشترین رویش ارتفاعی جست‌ها (۴۷ سانتی‌متر در سال) در تیمار 2AF، متعلق به طبقه قطری هفت سانتی‌متر و شدت سوختگی زیاد و کمترین رویش (۱۱ سانتی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۱ سانتی‌متر و شدت سوختگی کم بود. بیشترین رویش ارتفاعی (۴۲ سانتی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری هفت سانتی‌متر و شدت سوختگی زیاد و کمترین رویش ارتفاعی (۱۹ سانتی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری پنج سانتی‌متر و شدت سوختگی کم است. در تیمار 5AF، بیشترین رویش ارتفاعی (۳۸ سانتی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۱ سانتی‌متر و شدت سوختگی زیاد و کمترین رویش ارتفاعی (۱۸ سانتی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری هفت سانتی‌متر و شدت سوختگی کم است. میانه رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی بدون در نظر گرفتن طبقه قطری و شدت آتش‌سوزی در تیمارهای 2AF، 3AF و 5AF به ترتیب ۳۴، ۳۲ و ۳۵ سانتی‌متر در سال به دست آمد. نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه رویش ارتفاعی جست‌ها در شدت‌های مختلف سوختگی در تیمارهای بررسی‌شده بر اختلاف معنی‌دار این نمایه در تیمارهای 2AF و 3AF در سطح اطمینان ۹۹ درصد و عدم وجود اختلاف در تیمار 5AF دلالت دارد. براساس نتایج مربوط به آزمون ناپارامتری تعقیبی Dunn در تیمار 2AF فقط بین شدت‌های سوختگی کم- زیاد و در تیمار 3AF بین شدت‌های سوختگی کم- متوسط و کم- زیاد، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵).

رویش قطری و ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی در تیمارهای بررسی‌شده توزیع رویش قطری جست‌های پس از آتش‌سوزی در طبقه‌های قطری به تفکیک شدت سوختگی در سه تیمار بررسی شده در شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار رویش قطری جست‌ها (۹/۱ میلی‌متر در سال) در تیمار 2AF متعلق به طبقه قطری ۱۳ سانتی‌متر و شدت سوختگی متوسط و کمترین مقدار رویش (۲/۷ میلی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۱ سانتی‌متر و شدت سوختگی کم بود (شکل ۵). در تیمار 3AF بیشترین مقدار رویش قطری (۱۰/۲ میلی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۵ سانتی‌متر و شدت سوختگی متوسط و کمترین مقدار رویش قطری (پنج میلی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۱ سانتی‌متر و شدت سوختگی کم است (شکل ۵). در تیمار 5AF بیشترین مقدار رویش قطری (۱۰ میلی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری ۱۱ سانتی‌متر و شدت سوختگی زیاد و کمترین رویش قطری (۵/۳ میلی‌متر در سال) متعلق به طبقه قطری هفت سانتی‌متر و شدت سوختگی کم است (شکل ۵). میانه رویش قطری جست‌های پس از آتش‌سوزی بدون در نظر گرفتن طبقه قطری و شدت آتش‌سوزی در تیمارهای 2AF (دو سال پس از آتش‌سوزی)، 3AF (سه سال پس از آتش‌سوزی) و 5AF (پنج سال پس از آتش‌سوزی) به ترتیب ۷/۲، هشت و ۸/۱ میلی‌متر در سال به دست آمد.

نتیجه آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه رویش قطری جست‌ها در شدت‌های مختلف آتش‌سوزی در مناطق بررسی‌شده نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر این نمایه در تیمار 2AF در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در تیمارهای 3AF و 5AF در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد. نتایج مربوط به آزمون تعقیبی ناپارامتری Dunn نیز حاکی از آن بود که در تیمار 2AF اختلاف معنی‌داری بین همه شدت‌های سوختگی از نظر رویش قطری وجود دارد.



شکل ۵- میانه رویش قطری و ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی در طبقه‌های قطری کنده به تفکیک شدت سوختگی در تیمارهای 2AF (۲ سال پس از آتش)، 3AF (۳ سال پس از آتش)، و 5AF (۵ سال پس از آتش)

Figure 5. Median diameter and height increment of the post-fire sprouts in diameter classes of the stump by different burn severity in treatments 2AF (2 years after fire), 3AF (3 years after fire) and 5AF (5 years after fire)

جدول ۵- نتیجه آزمون نابارامتری تعقیبی Dunn برای مقایسه رویش قطری و ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی در شدت‌های مختلف سوختگی

Table 5. Post hoc Dunn test for comparing diameter and height increment of post-fire sprouts in the burn severity classes

Index	Treatment	Burn severity		
		Low-moderate (Z(p-value))	High-low (Z(p-value))	High-moderate (Z(p-value))
Diameter increment (mm/year)	2AF	-5.8 (p < 0.01)	-2.45 (p < 0.05)	-2.23 (p < 0.05)
	3AF	-5.8 (p=0.053)	-8.77 (p < 0.01)	-2.97 (p=0.302)
	5AF	-6.37 (p < 0.05)	-9.33 (p < 0.01)	-2.97 (p=0.33)
Height increment (cm/year)	2AF	-5.3 (p=0.175)	-8.7 (p < 0.01)	-3.4 (p=0.593)
	3AF	-6.27 (p < 0.05)	-7.3 (p < 0.01)	-1.02 (p=0.714)
	5AF	non-significant	non-significant	non-significant

(و همبستگی متوسط و معکوس در تیمارهای 3AF (-۰/۲۷۵) و 5AF (-۰/۳۸۲) بود (جدول ۶). بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و تعداد جست موجود روی کنده مادری پیش از آتش‌سوزی در تیمارهای 2AF (-۰/۲۹۳)، 3AF (-۰/۴۰۶) و 5AF (-۰/۳۷۰) همبستگی ضعیف، اما معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶).

بررسی همبستگی بین ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان (قطر یقه و تعداد جست) پیش از آتش‌سوزی و تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی بررسی همبستگی بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و قطر یقه کنده مادری سوخته بیانگر همبستگی ضعیف و معکوس بین این دو نمایه در تیمار 2AF (-۰/۱۳۸)

جدول ۶- همبستگی بین ویژگی‌های پیش و پس از آتش‌سوزی درختان سوخته در تیمارهای بررسی‌شده

Table 6. Correlation between pre-fire and post-fire characteristics of burnt trees in the studied treatments

Number of post-fire sprouts	Collar diameter of burned stump (cm)			Number of pre-fire sprouts per burned stump		
	2AF	3AF	5AF	2AF	3AF	5AF
	-0.138 ^{ns}	-0.275 ^{**}	-0.382 ^{**}	0.293 ^{**}	0.406 ^{**}	0.370 ^{**}
	n=178	n=221	n=214	n=178	n=221	n=214

** : Significant at $p < 0.01$; ns: non-significant

بحث

(Oliv. به‌علت پاسخ فوری به آتش‌سوزی از طریق جست‌دهی، به‌عنوان گونه‌های مقاوم به آتش‌سوزی به‌شمار می‌روند.

با توجه به یافته‌های پژوهش پیش‌رو، فراوانی جست‌های ایجادشده پس از آتش‌سوزی، وابسته به اندازه قطر کنده سوخته پیش از آتش‌سوزی است. به‌طوری‌که با افزایش قطر کنده، تعداد جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی کاهش یافت. بیشترین تعداد تولید جست مربوط به کنده‌های با قطر کمتر بود. هم‌راستا با این نتایج، یافته‌های Pourreza و همکاران (۲۰۰۹) در جنگل‌های استان کرمانشاه نشان‌دهنده وجود ارتباط معکوس بین تعداد جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی و قطر قطورترین جست در جست‌گروه بود. در درختان قطور، به‌دلیل ضخامت پوست ساقه، مقاومت در برابر آتش بیشتر است و صدمه کمتری به آن‌ها وارد می‌شود. در نتیجه، جوانه‌های خفته، کمتر تحریک می‌شوند و تعداد جست کمتری ایجاد می‌شود (Pourreza et al., 2009). تعدادی از پژوهش‌ها (Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003; Sadeghi et al., 2020)، قطر به‌عنوان یک عامل مؤثر بر قدرت جست‌دهی معرفی شده است. درختان قطورتر، سن بیشتر و در عین حال، شبکه ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تری دارند. با علم به اینکه قدرت جست‌دهی درختان با افزایش سن، رابطه

این پژوهش با هدف ارزیابی واکنش درختان بلوط ایرانی به آتش‌سوزی در شدت‌های مختلف سوختگی (کم، متوسط و شدید) و در سه منطقه جنگلی سوخته و در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی (دو، سه و پنج سال) انجام شد. نتایج نشان داد که بلوط ایرانی با تولید جست به آتش‌سوزی واکنش نشان می‌دهد و می‌تواند با تولید جست‌های جدید پس از آتش‌سوزی، در برابر آتش مقاومت کند. توانایی جست‌دهی درختان بلوط ایرانی پس از دخالت‌های انسانی یا تنش‌های طبیعی در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (Ghazanfari et al., 2004; Pourreza et al., 2009; Moradi et al., 2016; Ghahramany et al., 2018). براساس نتایج پژوهش‌های پیشین، فراوانی جست‌های ایجادشده پس از آتش‌سوزی به شرایط رویشگاهی و تعداد جست‌های پیش از آتش‌سوزی بستگی دارد (Pourreza et al., 2009; Shokri et al., 2017). البته، توانایی جست‌دهی در بیشتر گونه‌های جنس بلوط گزارش شده است و محدود به بلوط ایرانی نیست (Bataneh et al., 2022; Schmalzer & Foster, 2022; Aguilar-Garavito et al., 2023; Ritchie et al., 2023). یافته‌های Pourreza و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که بلوط ایرانی و مازودار (*Q. infectoria*)

معکوس و با سیستم ریشه‌ای بزرگ‌تر و توسعه یافته‌تر، رابطه مستقیم دارد، تعادل بین عامل‌های سن و سیستم ریشه‌ای، بسته به گونه و شرایط رویشگاهی، نقش تعیین کننده‌ای در قدرت جست‌دهی ایفا می‌کند (Weigel & Peng, 2002; Valipour et al., 2021). در جنگل‌های زاگرس به علت‌های متعددی مانند گلازنی درختان بلوط (در بخش‌هایی از زاگرس)، جمع‌آوری بذر این درختان توسط ساکنان محلی، کمبود بذرهای سالم، آفت‌زده و دارای قوه نامیه مناسب، عدم وجود شرایط رویشگاهی مناسب برای جوانه‌زنی بذرهای سالم و برخورد از قوه نامیه و حذف نهال‌های دانه‌زاد به وجود آمده در نتیجه چرای دام و کف‌تراشی جنگل (با هدف برداشت علوفه کف جنگل)، امکان استقرار زادآوری دانه‌زاد، بسیار اندک است (Ravanbakhsh et al., 2024)، بنابراین جست‌های تولیدشده در گونه‌های بلوط پس از تنش‌های محیطی مانند آتش‌سوزی یا دخالت‌های انسانی دیگر می‌توانند تأمین‌کننده زادآوری شاخه‌زاد باشند و بقا و پایداری جنگل‌های زاگرس را تضمین کنند. در پژوهش‌های دیگر نیز بر اهمیت زادآوری شاخه‌زاد برای استمرار و بقای توده‌های جنگلی تأکید شده است (Bellingham & Sparrow, 2000; Travis Swaim et al., 2016).

از عوامل شناخته‌شده دیگر در مقدار جست‌دهی بلوط ایرانی پس از آتش‌سوزی در تیمارهای بررسی‌شده، شدت سوختگی بود. یافته‌های پژوهش پیش‌رو بیانگر افزایش فراوانی جست‌های ایجادشده با افزایش شدت سوختگی بود. در واقع، آتش‌سوزی با تحریک جوانه‌های خفته در بافت‌های آسیب‌دیده به تولید جست منجر می‌شود. هرچه شدت سوختگی بیشتر باشد، جوانه‌های خفته بیشتری تحریک می‌شوند. به دنبال آن، مقدار جست‌دهی نیز بیشتر می‌شود. این موضوع در پژوهش‌های پیشین نیز تأیید شده است (Masaka et al., 2000; Pourreza et al., 2009; Etchells et al., 2020).

یافته‌های دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که مقدار رویش قطری جست‌های جدید در درختان بلوط ایرانی می‌تواند در پاسخ به شدت آتش‌سوزی و ویژگی‌های زیست‌سنجی درخت

پیش از آتش‌سوزی تغییر کند. به طوری که بیشترین مقدار رویش قطری جست‌های پس از آتش‌سوزی در همه تیمارهای بررسی‌شده مربوط به کنده‌های قطورتر (طبقه‌های قطری ۱۱ و ۱۳ سانتی‌متر) و شدت سوختگی متوسط تا زیاد بود. رویش قطری زیاد جست‌های پس از آتش‌سوزی در شدت‌های سوختگی متوسط تا زیاد می‌تواند به دلیل افزایش مواد مغذی خاک (فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) تحت تأثیر شدت‌های مختلف سوختگی باشد (Vakili Tajareh et al., 2019). انتظار می‌رود که مقدار مواد معدنی در خاک سوخته شده با شدت سوختگی زیاد نسبت به خاک سوخته‌شده با شدت سوختگی کم، بیشتر باشد (Yazadni et al., 2020). باید در نظر داشت که در هیچ‌یک از رویشگاه‌های بررسی شده، بیشترین مقدار رویش قطری جست‌های جدید پس از آتش‌سوزی در کنده‌های با قطر کوچک‌تر مشاهده نشد. دلیل آن می‌تواند به تعداد جست‌های تولیدی کمتر در کنده‌های قطورتر و به دنبال آن، عدم تقسیم شدن توانایی رویشی بر روی جست‌های با تعداد بیشتر مرتبط باشد (Dariush et al., 2021). از آنجاکه جست‌ها از ذخیره غذایی کنده مادری تغذیه می‌کنند و کنده‌های قطورتر (مسن‌تر) در مقایسه با کنده‌های کم‌قطر (جوان‌تر) سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر و توسعه یافته‌تری دارند، در نتیجه، جست‌های مربوط به کنده‌های قطورتر از پتانسیل رویشی بیشتری برخوردار هستند (Bellingham & Sparrow, 2000; Travis Swaim et al., 2016). بیشینه رویش قطری سالانه جست‌ها در تیمارهای بررسی‌شده با در نظر گرفتن شدت سوختگی و قطر کنده پیش از آتش‌سوزی، بین ۹/۱ تا ۱۰/۲ میلی‌متر در سال بود، اما میانه این کمیت بدون در نظر گرفتن شدت سوختگی و قطر کنده پیش از آتش‌سوزی بین ۷/۲ تا ۸/۱ میلی‌متر در سال به دست آمد. مقایسه رویش قطری سالانه جست‌های ایجادشده بلوط ایرانی پس از آتش‌سوزی با کمیت این نمایه برای درختان بالغ بلوط در پژوهش‌های پیشین (دو میلی‌متر در سال) (Ghazanfari et al., 2005; Valipour et al., 2008; Ranjbar et al., 2013; Rostami Jalilian et al., 2016) بیانگر بیشتر بودن چند برابری این کمیت در جست‌های ایجاد

رویش ارتفاعی جست‌های پس از آتش‌سوزی در گونه‌های *Q. mongolica*، *Q. variabilis*، *Q. serrata* به ترتیب برابر ۵۴، ۵۰/۵ و ۳۳ سانتی‌متر در سال برآورد شد. در مقایسه این عددها با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش پیش‌رو، به‌نظر می‌رسد که رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده در بلوط ایرانی پس از آتش‌سوزی، بیشتر مشابه با *Q. mongolica* است. همچنین، ارتباط مستقیم بین رویش ارتفاعی و تراکم جست‌گروه‌ها در پژوهش مذکور گزارش شد. بررسی اثر تکرار آتش‌سوزی بر احیای جنگل‌های آمیخته بلوط (*Q. kelloggii* Newb. و سوزنی‌برگان در شمال کالیفرنیا در ایالات متحده نشان داد که میانگین و بیشینه ارتفاع جست‌های ایجادشده در بلوط مذکور ۱۲ سال پس از آتش‌سوزی اول حدود ۴/۱ متر (رویش ارتفاعی ۳۴ سانتی‌متر در سال) و ۷/۹ متر (رویش ارتفاعی ۶۶ سانتی‌متر در سال) بودند، درحالی‌که میانگین و بیشینه ارتفاع جست‌های تولیدشده سه سال پس از آتش‌سوزی دوم حدود ۲/۲ متر (رویش ارتفاعی ۷۳ سانتی‌متر در سال) و ۴/۲ متر (رویش ارتفاعی ۱۴۰ سانتی‌متر در سال) گزارش شد (Nemens et al., 2018). به‌طورکلی، نتایج مربوط به رویش ارتفاعی جست‌ها در پژوهش پیش‌رو، بیانگر آن است که در صورت اعمال اقدام‌های حفاظتی بلافاصله پس از رخداد آتش‌سوزی، جست‌ها در مدت کمینه چهار تا پنج سال از افق چرای دام (رسیدن به ارتفاع بیشتر از دو متر) عبور می‌کنند و در این صورت می‌توان به استقرار جست‌ها امیدوار بود.

یافته‌های این پژوهش در مورد رابطه بین ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان بلوط پیش از آتش‌سوزی و جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی حاکی از وجود رابطه ضعیف و معکوس بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و قطر یقه‌کنده پیش از آتش‌سوزی بود. همچنین، بین تعداد جست تولیدشده پس از آتش‌سوزی و تعداد جست موجود روی‌کنده مادری پیش از آتش‌سوزی نیز همبستگی مثبت ضعیف، اما معنی‌داری مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های پژوهش Pourreza و همکاران (۲۰۰۹)، همخوانی دارد. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، به‌نظر می‌رسد که با افزایش قطر‌کنده

شده پس از آتش‌سوزی است. نتایج پژوهش Shokri و همکاران (۲۰۱۷) نیز تأثیر مثبت آتش‌سوزی بر رویش قطری درختان بلوط ایرانی پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های لرستان را نشان داد.

باتوجه به یافته‌های پژوهش پیش‌رو، علاوه‌بر رویش قطری، رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی نیز یکی از نمایه‌های زیست‌سنجی مهم برای ارزیابی پاسخ درختان بلوط به آتش‌سوزی است. میانه رویش ارتفاعی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی بدون در نظر گرفتن طبقه قطری و شدت آتش‌سوزی در تیمارهای 2AF، 3AF و 5AF به ترتیب ۳۴، ۳۲ و ۳۵ سانتی‌متر در سال بود. بیشترین مقدار رویش ارتفاعی جست‌ها در تیمارهای مذکور نیز به ترتیب ۴۷، ۴۲ و ۳۸ سانتی‌متر در سال مربوط به درختان با شدت سوختگی زیاد بود. براساس یافته‌های Yazdani و همکاران (۲۰۲۰)، مقدار مواد معدنی در خاک سوخته‌شده با شدت سوختگی زیاد، بیشتر از خاک سوخته شده با شدت سوختگی کم است که می‌تواند دلیلی بر ارتباط مثبت رویش ارتفاعی جست‌ها با شدت آتش‌سوزی باشد. البته به‌نظر می‌رسد که مقدار رویش ارتفاعی با قطر‌کنده مادری سوخته، ارتباط معکوس دارد. زیرا بیشینه رویش ارتفاعی در پژوهش پیش‌رو متعلق به جست‌های کم‌قطر (طبقه قطری هفت سانتی‌متر در تیمارهای 2AF و 3AF و طبقه ۱۱ سانتی‌متر در تیمار 5AF) بود. یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین قابل‌مقایسه است. به‌طوری‌که میانه رویش ارتفاعی بلوط ایرانی تحت تأثیر شدت‌های مختلف آتش‌سوزی در جنگل‌های استان کرمانشاه برابر با ۲۲/۴ سانتی‌متر در سال گزارش شده است (Pourreza et al., 2009). همچنین، میانگین ارتفاع جست‌های ایجادشده پس از آتش‌سوزی برای دو گونه بلوط *Q. serrata* Murray و *Q. variabilis* Blume در جنگل‌های کره جنوبی طی مدت ۱۸ سال پس از آتش‌سوزی به ترتیب ۹/۶ و ۹/۱ متر گزارش شد که به‌طور معنی‌داری از میانگین ارتفاع جست‌های تولیدشده در *Q. mongolica* Fisch. ex Turcz. (شش متر) بیشتر بود (Kim et al., 2020). در واقع در پژوهش مذکور، میانگین

تولیدشده پس از آتش‌سوزی کمتر خواهد بود. هرچه شدت سوختگی بیشتر باشد، مقدار جست‌های تولیدشده نیز بیشتر است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در عملیات احیای پس از آتش‌سوزی و برنامه‌های مدیریتی جنگل‌های سوخته زاگرس به‌کار گرفته شود. باتوجه‌به رویش ارتفاعی سالانه جست‌های ایجادشده پس از آتش‌سوزی ضرورت دارد که کمینه در چهار تا پنج سال نخست پس از آتش‌سوزی از چرای دام در این مناطق جلوگیری شود تا با عبور جست‌های ایجادشده از افق چرای دام (رسیدن به ارتفاع بیشتر از دو متر) نسبت به استقرار آن‌ها امیدوار بود. به‌نظر می‌رسد که باتوجه‌به فراوانی جست‌های تولیدشده پس از آتش‌سوزی، بهتر است با انجام عملیات تنک کردن، توانایی رویشی را روی جست‌های مناسب‌تر متمرکز کرد و با کاهش تعداد جست‌ها، آسیب‌پذیری را در مقابل آتش‌سوزی کاهش داد.

قدرت جست‌دهی پس از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد (Pourreza *et al.*, 2009). با افزایش قطر ساقه، ضخامت پوست زیاد می‌شود. در نتیجه، مقاومت درخت در برابر آتش افزایش می‌یابد و تحریک‌پذیری جوانه‌های خفته برای جست‌دهی کمتر می‌شود (Masaka *et al.*, 2000).

درمجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که بلوط ایرانی می‌تواند از طریق جست‌دهی به آتش‌سوزی پاسخ دهد و بقای خود و استمرار جنگل را تضمین کند. البته مقدار جست‌دهی بسته به ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان (تعداد جست و قطر کنده درختان سوخته) پیش از آتش‌سوزی و شدت سوختگی درختان متفاوت است. به‌طورکلی، درختان بلوط در شهرستان دالاهو باتوجه‌به نمایه‌های پیش از آتش‌سوزی، واکنش متفاوتی نسبت به آتش‌سوزی دارند. درختان جوان‌تر پس از آتش‌سوزی، قدرت جست‌دهی بیشتری دارند، اما در درختان مسن‌تر، قدرت جست‌دهی کمتر است و تعداد جست‌های

References

- Adeli, E. and Yakhkashi, A., 1975. Forest Protection. Tehran University Press, Tehran, Iran, 252p (In Persian).
- Aguilar-Garavito, M., Cortina-Segarra, J., Matoma, M. and Barrera-Cataño, J.I., 2023. Postfire resprouting and recruitment of *Quercus humboldtii* in the Iguaque Mountains (Colombia). Forest Ecology and Management, 537: 120937.
- Ahmadi, D., Hosseini, V. and Mohammadi Samani, K., 2023. Comparison effect of prescribed heat on some chemical properties of soil under Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) in laboratory conditions. Iranian Journal of Forest, 14(4): 457-471 (In Persian with English summary).
- Alidoust, M., Naghdi, R., Nikooy, M. and Peyrowan, H.R., 2024. Effect of slope and different intensities of rainfall using rain simulator on runoff and soil loss one year after forest fire (Shenroud Forest, Guilan). Iranian Journal of Forest, 16(2): 257-271 (In Persian with English summary).
- Azizi, M., Khosravi, M. and Pourreza, M., 2021. Time Series model of fires forests and rangelands of Kermanshah province using MODIS data from 2002 to 2018. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 19(2): 279-296 (In Persian with English summary).
- Bataineh, M., Portner, B., Pelkki, M. and Ficklin, R., 2022. Prescribed fire first-order effects on oak and maple reproduction in frequently burned upland oak-hickory forests of the Arkansas Ozarks. Forests, 13(11): 1865.
- Bellingham, P.J. and Sparrow, A.D., 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. Oikos, 89: 409-416.
- Bergeron, Y., Leduc, A., Harvey, B.D. and Gauthier, S., 2002. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. Silva Fennica, 36: 81-95.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143(1): 1-10.
- Clarke, P.J., Lawes, M.J., Midgley, J.J., Lamont, B.B., Ojeda, F., Burrows, G.E., ... and Knox, K.J.E., 2013. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. New Phytologist, 197: 19-35.
- Darabi, H., Gholami, Sh. and Sayad, E., 2016. Spatial distribution of oak decline in relation to trees morphologic properties in Zagros forests, Kermanshah. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(2): 1-22 (In Persian with English summary).
- Etchells, H., O'Donnell, A.J., McCaw, W.L. and Grierson, P.F., 2020. Fire severity impacts on tree mortality and post-fire recruitment in tall eucalypt

- forests of southwest Australia. *Forest Ecology and Management*, 459: 117850.
- Francos, M., Colino-Prieto, F. and Sánchez-García, C., 2024. How Mediterranean ecosystem deals with wildfire impact on soil ecosystem services and functions: A review. *Land*, 13: 407.
 - Ghahramany, L., Ghazanfari, H., Fatehi, P. and Valipour, A., 2018. Structure of pollarded oak forest in relation to aspect in Northern Zagros, Iran. *Agroforestry Systems*, 92(6): 1567-1577.
 - Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., and Mohajer, R.M., 2004. Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the northern Zagros mountains of Kurdistan Province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(4): 65-71.
 - Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvi Mohajer, M.R. and Pourtahmasi, K., 2005. An estimation of tree diameter growth of Lebanon oak (*Quercus libani*) in northern Zagros forests (Case study: Havareh Khole). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(4): 649-662 (In Persian with English summary).
 - Jazirehi, M.H. and Ebrahimi Rostaghi, M., 2003. *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 560p (In Persian).
 - Karimi, S. and Pourbabaei, H., 2017. The effect of fire on structure and regeneration of woody species in the central Zagros forests ecosystem, case study: Bazazkhaneh Strait forest area in Kermanshah province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 14(2): 122-135 (In Persian with English summary).
 - Khanhasani, M., Jalili, A., Khodakarami, Y. and Tavakoli, A., 2004. Introduction of some of the ecological and silvicultural characteristics of the forest areas of Kermanshah province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 12(4): 557-584 (In Persian with English summary).
 - Kim, J., Lim, J.H., Shin, M., Han, S.H. and Kang, W., 2020. Oak resprouting survival and competition for 19 years after wildfire in the Republic of Korea. *Forests*, 11(5): 515.
 - Masaka, K., Ohno, Y. and Yamada, K., 2000. Fire tolerance and the fire-related sprouting characteristics of two cool-temperate broad-leaved tree species. *Annals of Botany*, 85(1): 137-142.
 - Matula, R., Šrámek, M., Kvasnica, J., Uherková, B., Slepíčka, J., Matoušková, M., ... and Svátek, M., 2019. Pre-disturbance tree size, sprouting vigour and competition drive the survival and growth of resprouting trees. *Forest Ecology and Management*, 446: 71-79.
 - Mehdifar, D., Taheri Abkenar, K., Pourhashemi, M. and Soosani, J., 2021. Modification of structural characteristics of coppice stands of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) using tending operations in the forests of Lorestan Province. *Journal of Forest and Wood Products*, 74(3): 311-319 (In Persian with English summary).
 - Moradi, B., Ravanbakhsh, H., Meshki, A. and Shabanian, N., 2016. The effect of fire on vegetation structure in Zagros forests (Case Study: Sarvabad, Kurdistan province). *Iranian Journal of Forest*, 8(3): 381-392 (In Persian with English summary).
 - Moradi, N., Ghahramany, L. and Valipour, A., 2021. Monitoring changes in the structural characteristics of pollarded oak stands (Case study: Kocher forest in Kurdistan province, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 30(1): 83-102 (In Persian with English summary).
 - Nieves, J.M., Ward, J.S., Royo, A.A., McDill, M.E., Kreye, J.K. and Steiner, K.C., 2022. Stand and site characteristics affect the probability of stump sprouting in some eastern North American hardwoods. *Forest Ecology and Management*, 511: 120136.
 - Nemens, D.G., Varner, J.M., Kidd, K.R. and Wing, B., 2018. Do repeated wildfires promote restoration of oak woodlands in mixed-conifer landscapes? *Forest Ecology and Management*, 427: 143-151.
 - Pourreza, M., Khosravi, M. and Sayad, E., 2023. Vulnerability of the most important trees, shrubs and bushes species to wildfire in the forests of Kermanshah province. *Progress and Development of Kermanshah Province*, 2(2): 24-40 (In Persian with English summary).
 - Pourreza, M., Safari, H., Khodakarami, Y. and Mashayekhi, Sh., 2009. Preliminary results of post fire resprouting of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Zagros forests, Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2): 225-236 (In Persian with English summary).
 - Ranjbar, A., Ghahramany, L. and Pourhashemi, M., 2013. Impact assessment of pollarding on biometrical indices of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Belake Forests, Baneh. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4): 578-594 (In Persian with English summary).
 - Ravanbakhsh, H., Pourhashemi, M., Hamzeh'ee, B., Rashidi, F., Iranmanesh, Y., Bordbar, S.K., ... and Rahimi, H., 2024. Reproduction and the importance of nurse species in the monitoring plots of Zagros forests, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 32(1): 61-76 (In Persian with English summary).

- summary).
- Ritchie, M., Berrill, J.P., Hammett, E. and Long, J.W., 2023. Early responses to crown modification of California black oak sprouts initiated by high-severity wildfire. *Journal of Forestry*, 287: 20.
 - Rostami Jalilian, A., Ghahramany, L., Ghazanfari, H. and Shakeri, Z., 2016. Response of Gall oak (*Quercus infectoria* Oliv.) to pollarding in northern Zagros. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(4): 633-645 (In Persian with English summary).
 - Sadeghi, H., Soltani, A. and Kahyani, S., 2020. Modelling of sprouting potential of the *Quercus brantii* in coppice stands of central Zagros. *Journal of Forest Research and Development*, 6(1): 107-120 (In Persian with English summary).
 - Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer, Dordrecht, 152p.
 - Schmalzer, P.A. and Foster, T.E., 2022. Effects of repeated fire on Florida oak-saw palmetto scrub. *Fire Ecology*, 18(1): 16.
 - Shokri, R.A., Basiri, R. and Taleshi, H., 2017. Effect of fire on structure and regeneration of oak coppice trees in Lorestan province (Case study: Tangeh Ghale area in Kuhdasht). *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 163-174 (In Persian with English summary).
 - Travis Swaim, J., Dey, D.C., Saunders, M.R., Weigel, D.R., Thornton, C.D., Kabrick, J.M. and Jenkins, M.A., 2016. Predicting the height growth of oak species (*Quercus*) reproduction over a 23-year period following clearcutting. *Forest Ecology and Management*, 364: 101-112.
 - Vakili Tajareh, S., Hosseini, V. and Mohammadi Samani, K., 2019. Effect of different temperatures on the physio-chemical properties of Aleppo oak ash litter under laboratory conditions. *Iranian Journal of Forest*, 11(2): 269-280 (In Persian with English summary).
 - Valipour, A., Ghazanfari, H., Lexer, M.J. and Namiranian, M., 2021. Early sprouting behaviour of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Zagros forests of Iran. *Forests, Trees and Livelihoods*, 30: 1-12.
 - Valipour, A., Namiranian, M., Etemad, V. and Ghazanfari, H., 2008. Primary study of diameter effect on the ability of stump sprouting of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in northern Zagros forests (case study: Armardeh, Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(4): 626-637 (In Persian with English summary).
 - Volkova, L. and Fernández, M.E., 2024. Editorial overview to the Special Issue 'Wildfires in a changing world'. *Forest Ecology and Management*, 556: 121727.
 - Weigel, D.R. and Peng, C.Y.J., 2002. Predicting stump sprouting and competitive success of five oak species in southern Indiana. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(4): 703-712.
 - Yazadni, E., Hosseini, V. and Mohammadi Samani, K., 2020. Effect of wildfire on some chemical properties of forest soil near base trunk and crown border of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Journal of Water and Soil*, 33(6): 913-922 (In Persian with English summary).