مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱
ص ۱۶۸-۱۵۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷
تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷

پاسخ جوانه‌زنی گراس‌ها و فورب‌های یکساله و چندساله به محصولات آتش در مراتع نیمه‌استپی

❖ **علی اصغر نقی‌پور*؛** استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
❖ **مائده شریفی؛** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
❖ **عطاالله ابراهیمی؛** دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
❖ **الهام قهساره؛** استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
❖ **سینا نبی‌زاده؛** دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

چکیده

آتش یکی از عوامل مهم اکولوژیکی است که بر پویایی پوشش‌گیاهی مراتع تأثیر می‌گذارد. در چند دهه اخیر، وقوع آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی به طور قابل توجهی افزایش یافته و ظرفیت سازگاری گیاهان را برای بازسازی پس از آتش‌سوزی به چالش کشانده است. در پژوهش حاضر، پاسخ جوانه‌زنی هشت گونه علفی یکساله و چندساله مراتع نیمه‌استپی استان چهارمحال و بختیاری به تیمارهای محصولات آتش شامل حرارت (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد)، دود، خاکستر و تأثیر ترکیبی تیمارهای حرارت و دود مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، تغییرات درصد پوشش گونه‌های مورد مطالعه یک سال پس از آتش سوزی در عرصه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذور هشت گونه گیاهی مورد مطالعه، حداقل به یکی از تیمارهای محصولات آتش واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نشان داد. تیمار ترکیبی دود و ۶۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی گونه *Heteranthelium piliferum* شد. همچنین این تیمار، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه *Cousinia cylindracea* را به صورت معنی‌داری کاهش داد. تیمار خاکستر نیز سبب افزایش میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های *Alyssum linifolium* و *Stachys lavandulifolia* شد. نتایج نمونه‌برداری پوشش گیاهی نیز نشان داد که از بین هشت گونه مورد بررسی، گونه‌های *H. piliferum* و *Taeniatherum crinitum* نسبت به آتش‌سوزی سازگار بوده و شش گونه نیز مقاوم بودند. از نتایج این مطالعه می توان به عنوان یک عامل بالقوه در جهت درک پویایی پوشش‌گیاهی و احیای مراتع تخریب‌شده استفاده نمود.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، حرارت، دود، خاکستر، درصد جوانه‌زنی، استان چهارمحال و بختیاری.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۱۵۵۲۱۰۱۰۸
Email: aa.naghipour@sku.ac.ir

۱. مقدمه

آشفتگی‌های اکولوژیکی نقش مهمی در شکل‌دهی اکوسیستم‌ها در سرتاسر جهان دارند [۳، ۲۰]. آتش‌سوزی، در بسیاری از اکوسیستم‌ها، هزاران سال است که به‌عنوان یک آشفتگی اکولوژیکی در حال وقوع می‌باشد [۲۴، ۳۳]. آتش، پویایی [۱۳] و فرآیندهای تکاملی گونه‌های گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در نتیجه نقش مهمی در اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند [۴۱].

گونه‌های گیاهی که در اکوسیستم‌های مستعد آتش‌سوزی زندگی می‌کنند، واکنش‌های مختلفی نسبت به آتش دارند. گونه‌های گیاهی دو مکانیسم اساسی برای ادامه حیات در اکوسیستم‌های در معرض آتش‌سوزی دارند که عبارتند از تداوم در سطح فردی و جمعیت که با احیاء زیست‌توده‌های زیرزمینی آن‌ها توسط گیاهانی که در آتش‌سوزی زنده مانده‌اند، صورت می‌گیرد. مکانیسم دیگر، پایداری در سطح جمعیت می‌باشد که با جذب افراد جدید از یک بانک بذر مقاوم در برابر آتش‌سوزی شکل می‌گیرد و از این طریق بر ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارد [۳۲].

جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل در چرخه زندگی گیاه محسوب می‌شود که رشد نسل‌های بعدی گیاه به آن بستگی دارد [۱۹]. هدف بذرها به حداکثر رساندن استقرار و بقای خود است و بنابراین، فرآیندهای فیزیولوژیکی و صفات مربوط به جوانه‌زنی، جنبه‌های کلیدی واکنش گیاه به آشفتگی‌های مختلف هستند [۳]. آشفتگی‌های محیطی همچون آتش‌سوزی که شرایطی مانند نور، درجه‌حرارت، رطوبت و محیط شیمیایی بذر را تغییر می‌دهند، می‌توانند بر روی جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی در بسیاری از اکوسیستم‌های طبیعی نقش داشته باشند. همانطور که بیان شد، آتش‌سوزی به دلیل اینکه خود یک عامل آشفتگی محسوب می‌شود، بر بیشتر شرایطی که ذکر شد، تأثیر گذاشته و در بسیاری از مواقع بر جوانه‌زنی بذر نیز تأثیرگذار است [۱۲].

زادآوری پس از آتش‌سوزی یک فرآیند پیچیده است که به عواملی چون راهبردهای جوانه‌زنی و سازگاری گونه‌ها با آتش بستگی دارد [۳۵]. آتش شامل ترکیباتی همچون محرک‌های فیزیکی (بیرونی) و محرک‌های شیمیایی (درونی) مانند آمونیاک و اتیلن، مواد نیتروژن‌دار، دود و خاکستر می‌باشد که حاوی ترکیباتی هستند که جوانه‌زنی را تحریک می‌کنند. پاسخ جوانه‌زنی بذر به تیمار محصولات آتش (مانند درجه حرارت، دود و خاکستر)، بستگی به مدت و شدت تیمارهای اعمال شده روی بذرها دارد [۳، ۴۲]. همچنین، پاسخ جوانه‌زنی می‌تواند بسته به اینکه این عوامل به صورت جداگانه یا ترکیبی اعمال شوند، متفاوت باشد [۳۹]. مطالعات اندکی وجود دارد که تأثیر ترکیبی محصولات آتش بر جوانه‌زنی بذر را مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۷، ۲۶، ۳۱، ۳۹، ۴۰] و البته نتایج به دست آمده نیز با توجه به نوع گونه‌ها، متفاوت بوده است.

گونه‌های گیاهی که تحت‌تأثیر تیمار محصولات آتش قرار می‌گیرند از تیره‌ها و جنس‌های مختلفی از بازدانگان، دولپه‌ای‌ها و تک‌لپه‌ای‌ها می‌باشند [۴۲]. این طیف وسیع گونه‌ای، نشان می‌دهد تحریک جوانه‌زنی توسط محصولات آتش نه تنها در اکوسیستم‌های تحت آتش‌سوزی طبیعی است؛ بلکه این تیمارها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی گونه‌های گیاهی در زیستگاه‌هایی که آتش به طور طبیعی در آن‌ها اتفاق نمی‌افتد، نیز می‌شود. بنابراین، اثرات محصولات آتش مانند حرارت، دود و خاکستر بر جوانه‌زنی گونه‌های گیاهی توجه خاصی را به خود جلب کرده است [۳، ۴۲].

بررسی و مطالعه تأثیر آتش‌سوزی بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی در مراتع، امکان جمع‌آوری اطلاعات در رابطه با واکنش گونه‌های مختلف را فراهم می‌نماید؛ به طوری که بر اساس نتایج آن می‌توان قضاوت نمود که چه گونه‌های گیاهی از آتش‌سوزی سود می‌برند و کدام یک از گونه‌ها متضرر می‌شوند. به عبارت بهتر، تأثیرات منفی و مثبت آتش‌سوزی بر گونه‌های مختلف گیاهی جهت مدیریت مراتع روشن می‌گردد. مطالعات اندکی در خصوص تأثیر محصولات آتش بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی در کشور ما انجام شده است [۱، ۲۷، ۲۸، ۴۴]. در

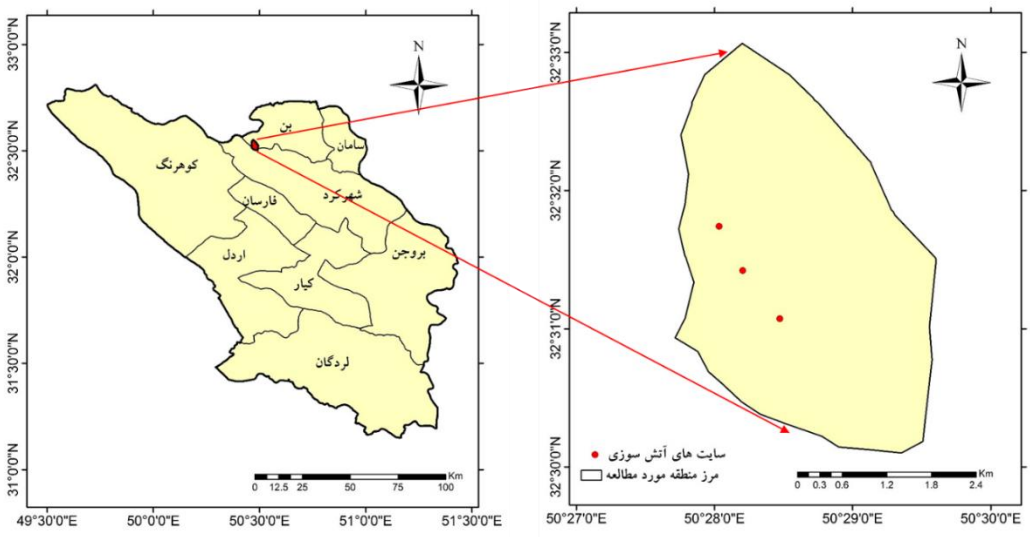
چند دهه اخیر، وقوع آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی به طور قابل توجهی افزایش یافته است و ظرفیت سازگاری گیاهان را برای بازسازی پس از آتش‌سوزی به چالش می‌کشد. نتایج مطالعات انجام شده در کشور ما و به خصوص در مناطق نیمه‌استپی، حاکی از تأثیر منفی درجه حرارت‌های بالا بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی و همچنین تأثیر مثبت درجه‌حرارت‌های پایین و تیمارهای دود و خاکستر بر تعدادی از گونه‌های گیاهی در این مناطق بوده است [۲۷، ۲۸].

در پژوهش حاضر که در مراتع نیمه‌استپی کرسنک واقع در استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفته است سعی بر این است که اثر محصولات آتش (حرارت، دود و خاکستر) و همچنین تأثیر ترکیبی این تیمارها بر جوانه‌زنی برخی از گونه‌های علفی یکساله و چندساله مرتعی بررسی شود تا مشخص گردد آتش‌سوزی چه اثرات اکولوژیکی بر روی این گونه‌ها دارد. از طرفی، تغییرات درصد پوشش گونه‌های مورد مطالعه تحت تأثیر آتش‌سوزی در عرصه مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه حاضر به بهبود درک ما از پویایی گیاهان در مناطق تحت آتش‌سوزی و راهبرد کلنی‌سازی پس از آتش‌سوزی گونه‌های علفی در مناطق نیمه‌استپی تحت آتش‌سوزی و اکوسیستم‌های مشابه کمک می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه و گونه‌های مورد مطالعه

این تحقیق در مراتع منطقه کرسنگ در استان چهارمحال و بختیاری واقع در ۶۷ کیلومتری شمال غربی شهرکرد به اجرا درآمد. کرسنک منطقه‌ای نیمه کوهستانی و ییلاقی به مساحت حدود ۵۷۶ هکتار است و در مختصات جغرافیایی "۴'۲۶°۵۰ تا "۳۵ '۲۷ °۵۰ درجه طول شرقی و "۱۹'۳۰°۳۲ تا "۳۳ '۳۲ °۳۲ درجه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط در این منطقه ۲۶۰۰ متر از سطح دریا است و میانگین بارندگی سالانه آن ۴۲۵ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه آن نیز ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. اغلب بارش‌ها در این منطقه در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد. پوشش‌گیاهی منطقه، بوته‌زار- علفزار با غالبیت گون‌های بوته‌ای همچون *Astragalus brachycalyx*، *Astragalus verus*، *Astragalus susianus* و *Astragalus rhodoseminus* و گندمیان پایا همچون *Agropyron intermedium* و *Bromus tomentellus* است [۳۶]. مراتع کرسنگ تحت تأثیر چرای دام و آتش‌سوزی‌های سالیانه قرار داشته و عامل انسانی (سهوی یا عمدی) نقش بسزایی در ایجاد آتش‌سوزی‌ها دارد [۳۷].



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری به همراه موقعیت سایت‌های آتش‌سوزی

مطالعه حاضر بر روی گونه‌های علفی یکساله و چندساله در منطقه کرسنگ متمرکز شده است. گونه‌های مورد بررسی در این مطالعه شامل ۸ گونه مرتعی می‌باشند که مشخصات گونه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. این گونه‌ها شامل ۴ گونه گراس یکساله و چندساله و ۴ گونه پهن برگ (فورب) یکساله و چندساله بود.

۲.۲. جمع‌آوری بذور گونه‌های مرتعی

بذر ۸ گونه مرتعی مورد مطالعه، هم‌زمان با مرحله بلوغ آن‌ها و به صورت دستی [۱۱] در سال ۱۳۹۸ از مراتع کرسنگ جمع‌آوری شدند. سپس بذور جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه بذر دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد منتقل شدند. در گام بعدی مراحل پاک‌سازی بذرهای جمع‌آوری‌شده انجام شد و برای افزایش کیفیت نمونه‌ها، بذرهایی که آسیب فیزیکی قابل رؤیت داشتند و یا به بلوغ کامل نرسیده بودند از نمونه‌های اصلی حذف شدند. به منظور شکستن خواب فیزیولوژیکی، بذرها تا شروع تیماردهی به مدت ۳ ماه در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند [۷، ۱۸]. از هر گونه گیاهی تعداد ۱۱۵۰ بذر با ۵ تکرار برای تیمارهای دود، خاکستر، حرارت‌های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمارهای ترکیبی دود با حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد، دود با حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد و شاهد (بدون هیچ‌گونه تیماری) جدا شد. در ادامه درون هر پتری‌دیش تعداد ۳۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار گرفت.

جدول ۱. گونه‌های مورد مطالعه به همراه اطلاعات شکل رویشی و نام تیره

شکل رویشی	نام فارسی	نام تیره	نام علمی
فورب یکساله	قدومه برگ باریک	Brassicaceae	*Alyssum linifolium* Steph. ex Wild.
فورب چندساله	هزارخار استوانه‌ای	Asteraceae	*Cousinia cylindracea* Boiss.
گراس یکساله	دگر گل‌گندمی	Poaceae	*Heteranthelium piliferum* (Bank & Soland.) Hochst
گراس چندساله	جو پیازدار	Poaceae	*Hordeum bulbosum* L.
گراس چندساله	ملیکا	Poaceae	*Melica persica* Kunth.
فورب چندساله	گوش بره ایرانی	Lamiaceae	*Phlomis persica* Boiss.
فورب چندساله	چای کوهی	Lamiaceae	*Stachys lavandulifolia* Vahl
گراس یکساله	گیسو چمن	Poaceae	*Taeniatherum crinitum* (Schreb.) Nevski

۳.۲. اعمال تیمارهای دود، حرارت و خاکستر

از آون برای اعمال شوک‌های حرارتی استفاده شد. برای اعمال تیمارهای حرارت، بذور در فویل‌های آلومینیومی نسوز قرار داده شد. در ادامه تیمارهای حرارتی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه اعمال شد. جهت اعمال تیمار دود ابتدا با استفاده از گونه‌های خشک‌شده گیاهی جمع‌آوری‌شده از منطقه، اقدام به دودسازی در کوره دستگاه دودساز شد که نشان دهنده شرایط طبیعی ناشی از آتش‌سوزی در منطقه است [۲۷]. نمونه‌های پتری دیش در داخل اتاقک دستگاه قرار گرفتند و دود به مدت ۱۵ دقیقه به وسیله فن تعبیه‌شده در دستگاه اعمال شد. در تیمارهای ترکیبی مدت زمان اعمال حرارت در دمای ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه بود. همچنین از محلول ۱۵ گرم بر لیتر خاکستر حاصل از سوزاندن پوشش غالب منطقه مورد مطالعه، جهت تیماردهی با خاکستر استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲. تشریح تیمارهای مورد استفاده در جوانه‌زنی بذر

تیمار	جزئیات	توضیحات	منبع
شاهد	بدون تیمار	فقط به مدت سه ماه در دمای آزمایشگاه ذخیره شدند.	[۲، ۱۴]
دود	۱۵ دقیقه	در معرض دود حاصل از سوزاندن پوشش گیاهی منطقه قرار داده شدند.	[۲، ۱۴]
حرارت ۱	۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه	در معرض شوک حرارتی درون آون قرار گرفتند.	[۲]
حرارت ۲	۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه	در معرض شوک حرارتی درون آون قرار گرفتند.	[۱۵]
حرارت ۳	۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه	در معرض شوک حرارتی درون آون قرار گرفتند.	[۲]
دود و حرارت	۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و ۱۵ دقیقه دوددهی	در ابتدا شوک حرارتی با استفاده از آون، سپس در معرض دود حاصل از سوزاندن پوشش گیاهی منطقه قرار گرفتند.	[۲، ۱۴]
دود و حرارت	۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه و ۱۵ دقیقه دوددهی	در ابتدا شوک حرارتی با استفاده از آون، سپس در معرض دود حاصل از سوزاندن پوشش گیاهی منطقه قرار گرفتند.	[۲، ۱۴]
خاکستر	محلول ۱۵ گرم بر لیتر	مواد باقی‌مانده حاصل از سوزاندن پوشش گیاهی منطقه، از صافی رد شده با آب مخلوط شد.	[۱۴]

در نهایت برای جلوگیری از رشد کپک و قارچ، محلول قارچ‌کش کربوکسین تیرام با غلظت دو گرم بر لیتر به همراه ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به محیط کشت اضافه شد. سپس نمونه‌های ظرف پتری دیش در شرایط کنترل‌شده ژرمیناتور با دمای میانگین ۲۰ درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت ۳۰ روز قرار داده شدند. یادداشت‌برداری و ثبت درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی هر ۲ روز یک‌بار انجام گرفت. زمانی که طول ریشه‌چه در بذرها به ۲ میلی‌متر رسید به عنوان بذور جوانه‌زده شمارش شدند.

۴.۲. نمونه‌برداری پوشش گیاهی

پس از شناسایی مقدماتی منطقه مورد مطالعه، جهت برآورد درصد پوشش گیاهی از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده (Stratified random sampling) استفاده شد. به همین منظور، ۳ سایت که در سال قبل از نمونه‌برداری آتش‌سوزی اتفاق افتاده بود، انتخاب شدند. این مناطق در تمام خصوصیات و صفات مثل تیپ پوشش‌گیاهی، توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، نوع خاک و مقدار بارندگی تقریباً شبیه به هم بودند. برای هر یک از مناطق تعیین شده که آتش‌سوزی در آن رخ داده، یک منطقه شاهد در مجاور منطقه آتش‌سوزی، که در آن آتش‌سوزی اتفاق نیفتاده، مشخص گردید. در هر سایت مرتعی، تعداد ۲۰ پلات ۴ متر مربعی مستقر شد که ۱۰ پلات در منطقه حریق و ۱۰ پلات در منطقه شاهد قرار داده شد. اندازه پلات ۴ متر مربعی بر اساس نوع پوشش گیاهی غالب در منطقه که گون‌های بوته‌ای می‌باشند، انتخاب شد. در مطالعه‌ای که در شرایط مشابه جهت تعیین مناسبترین اندازه پلات انجام گرفته نیز پلات ۴ متر مربعی جهت نمونه‌برداری پوشش گیاهی پیشنهاد شده است [۳۸]. در مجموع از سه سایت مرتعی نمونه‌برداری انجام شد. گونه‌های موجود در داخل هر پلات و درصد تاج‌پوشش هر یک از این گونه‌ها به تفکیک و به طور دقیق ثبت گردید. لازم به ذکر است نمونه‌برداری از پوشش‌گیاهی در اوایل خرداد ماه ۱۳۹۸ انجام شد.

در ادامه، با توجه به اطلاعات حاصل از نمونه‌برداری

پوشش گیاهی، واکنش گونه‌های مورد مطالعه نسبت به آتش‌سوزی تعیین شد. واکنش گونه‌ها نسبت به آتش‌سوزی در سه طبقه قرار می‌گیرد، شامل ۱- گونه سازگار: وفور گونه توسط آتش افزایش می‌یابد؛ ۲- گونه حساس: وفور گونه توسط آتش کاهش می‌یابد؛ ۳- گونه مقاوم: وفور گونه نسبت به تیمار آتش حساس نمی‌باشد [۱۱].

۵.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

درصد جوانه‌زنی (Germination Percentage) با استفاده از رابطه ۱ و میانگین مدت جوانه‌زنی (Mean Germination Time) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$GP\ (\%) = (\Sigma\ ni\ /\ N) \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

$$MGT\ (days) = \Sigma\ (ti \times ni)\ /\ \Sigma\ ni \qquad \text{رابطه ۲}$$

در این دو رابطه ni تعداد بذور جوانه‌زده در زمان مشخص، N تعداد کل بذرهای موجود در هر پتری‌دیش و ti تعداد روزها از زمان شروع آزمایش تا پایان می‌باشد [۱۱]. این قسمت از مطالعه، بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری، در وهله‌ی اول نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس‌ها به وسیله آزمون لون مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی اثر تیمارهای مختلف آتش بر درصد جوانه‌زنی و میانگین مدت جوانه‌زنی از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد و جهت کلاسه‌بندی مقدار میانگین‌ها از آزمون دانکن ($P<۰/۰۵$) استفاده شد. همچنین جهت مقایسه درصد پوشش گیاهی گونه‌های مورد مطالعه در دو منطقه آتش سوزی و شاهد از آزمون تی جفتی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS 23 و رسم نمودارها در محیط Excel 2016 انجام شده است.

۳. نتایج

۱.۳. پاسخ جوانه‌زنی بذور به محصولات آتش

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین درصد جوانه‌زنی بذور ۸ گونه گیاهی مورد مطالعه، حداقل به یکی از تیمارهای محصولات آتش واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد (در سطح ۱ درصد) نشان دادند. سه گونه از هشت گونه مورد مطالعه افزایش معنی‌داری در میانگین درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد (یعنی بدون تیمار) در حداقل یکی از تیمارهای محصولات آتش دارا بودند (شکل ۲). بیشترین و کمترین میانگین درصد جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به گونه *Melica persica* (۹۹ درصد) در تیمار خاکستر و گونه *Alyssum linifolium* (۳ درصد) در تیمار دود بود. از طرفی میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بذور ۶ گونه از ۸ گونه گیاهی مذکور، حداقل به یکی از تیمارهای محصولات آتش واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند. گونه *M. persica* با میانگین مدت زمان جوانه زنی ۴ روز تحت تأثیر تیمار خاکستر سریع‌ترین جوانه‌زنی را ثبت کرد. همچنین تیمار خاکستر باعث بیشترین تأخیر در میانگین مدت جوانه‌زنی گونه *Cousinia cylindracea* با میانگین مدت جوانه زنی ۲۰ روز نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه شد (شکل ۳). پاسخ جوانه‌زنی بذور براساس ماهیت، مدت و شدت تیمارهای محصولات آتش بسته به نوع گونه بسیار متفاوت است.

۲.۳. پاسخ جوانه‌زنی به تیمارهای ترکیبی دود و حرارت

میانگین درصد جوانه‌زنی بذور ۴ گونه و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ۵ گونه از ۸ گونه مورد مطالعه حداقل به یکی از تیمارهای ترکیبی دود و حرارت واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

تیمار ترکیبی دود و حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی گونه *Heteranthelium piliferum* شد. از طرفی این تیمار باعث کاهش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های *Phlomis persica* و *Taeniatherum crinitum* شد (شکل ۲). همچنین این تیمار، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه *C. cylindracea* را به صورت معنی‌داری کاهش داد. در حالیکه این تیمار به طور معنی‌داری میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه *T. crinitum* را افزایش داده است (شکل ۳).

نتایج تیمار ترکیبی دود و حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار این تیمار بر میانگین درصد جوانه‌زنی در هفت گونه مورد مطالعه بود و تنها در گونه *Hordeum bulbosum* باعث کاهش معنی دار میانگین درصد جوانه‌زنی گردید (شکل ۲). در حالیکه این تیمار میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه‌های *H. piliferum*، *H. bulbosum*، *M. persica* و *T. crinitum* را به صورت معنی‌داری افزایش داد (شکل ۳).

۳.۳. پاسخ جوانه‌زنی به تیمار خاکستر

میانگین درصد جوانه‌زنی بذور ۵ گونه و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ۱ گونه از ۸ گونه مورد مطالعه به تیمار خاکستر واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج نشان داد که تیمار خاکستر به طور معنی‌داری سبب گردید که میانگین درصد جوانه‌زنی *A. linifolium* از ۸ درصد در تیمار شاهد را به ۳۲ درصد افزایش دهد. همچنین این تیمار باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی *S. lavandulifolia* از ۲۲ درصد در تیمار شاهد به ۴۴ درصد شد (شکل ۲). از طرفی این تیمار باعث کاهش معنی دار میانگین درصد جوانه زنی در گونه‌های *C. cylindracea*، *H. piliferum*، *P. persica* شد. تیمار خاکستر اثر معنی‌داری در کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه نداشت. تیمار خاکستر سبب افزایش معنی‌دار میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در گونه *C. cylindracea* شد (شکل ۳).

۴.۳. پاسخ جوانه‌زنی به تیمار دود

میانگین درصد جوانه‌زنی بذور ۲ گونه و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ۳ گونه از ۸ گونه مورد مطالعه به تیمار دود واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

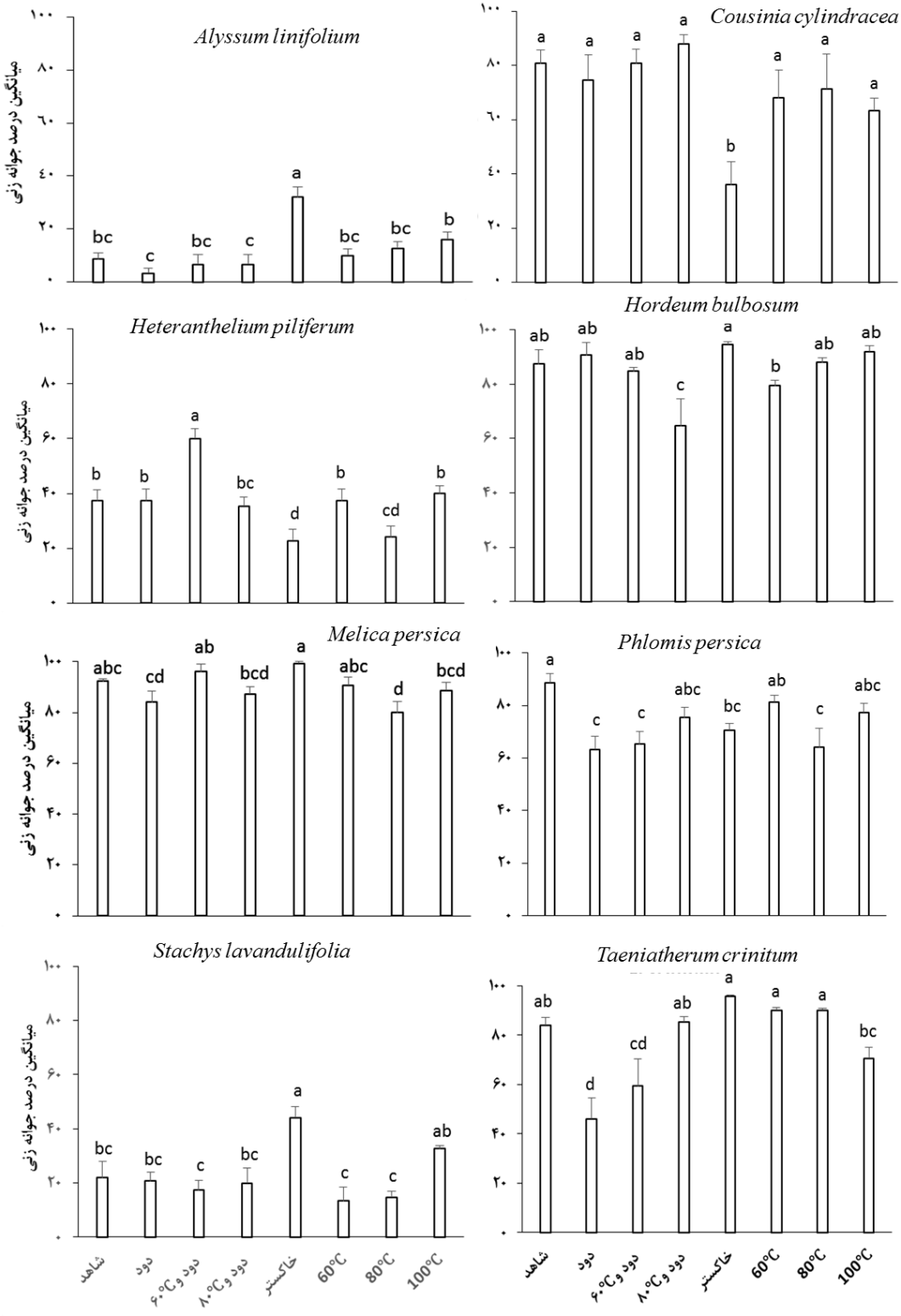
نتایج نشان داد که تیمار دود در دو گونه *T. crinitum* و *P. persica* باعث کاهش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی شد و در شش گونه دیگر اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۱). همچنین این تیمار، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه‌های *H. piliferum*، *M. persica* و *T. crinitum* را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۳).

۵.۳. پاسخ جوانه‌زنی به تیمارهای حرارت

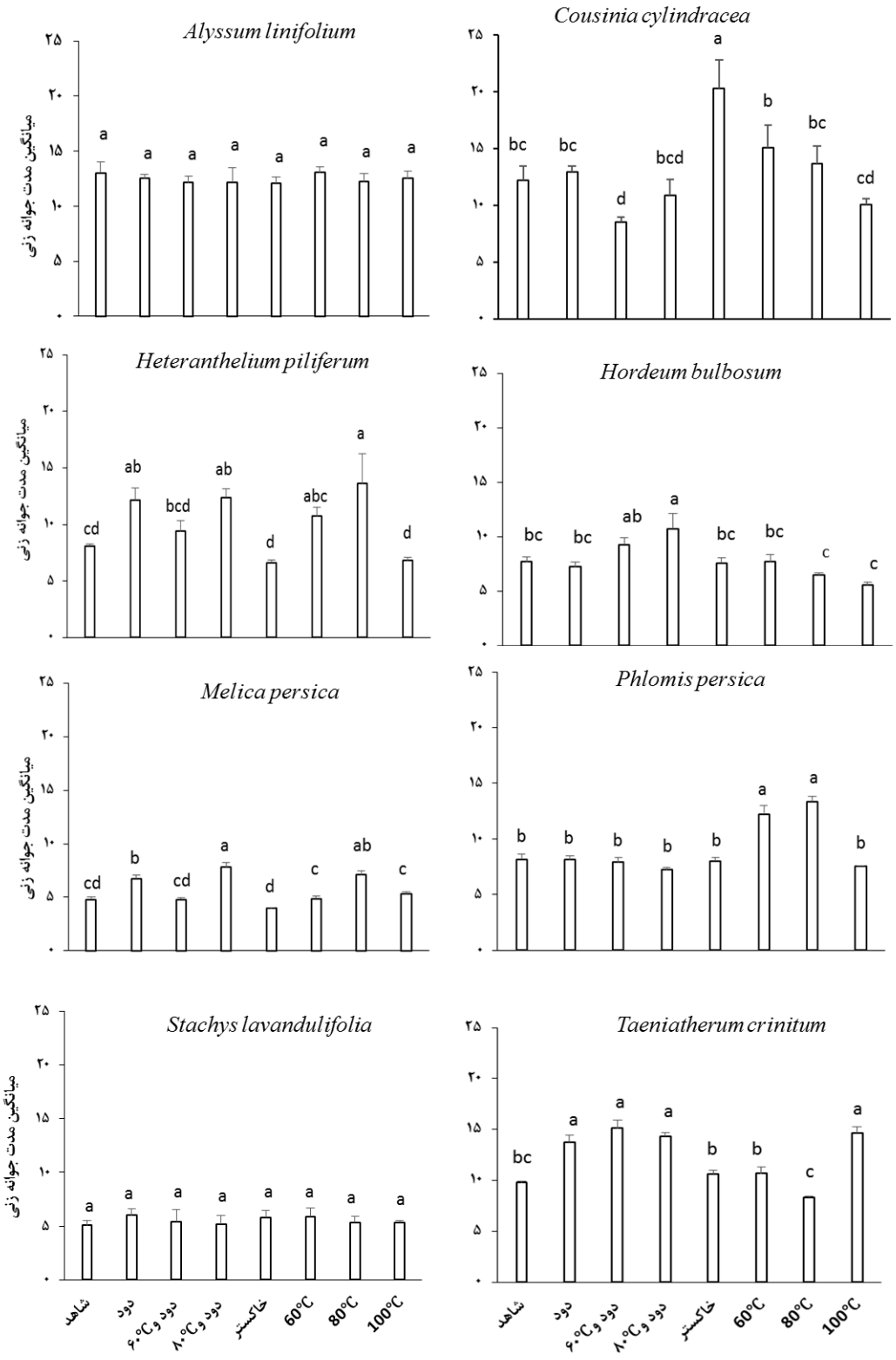
میانگین درصد جوانه‌زنی بذور ۳ گونه و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ۴ گونه از ۸ گونه مورد مطالعه حداقل به یکی از تیمارهای حرارتی واکنش مثبت یا منفی معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج نشان داد که هیچ یک از تیمارهای حرارتی (شامل دماهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه نداشتند (شکل ۲). همچنین این تیمارها اثر معنی‌داری در کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه نداشتند (شکل ۳). تیمار حرارتی ۸۰ درجه سانتی‌گراد میانگین درصد جوانه‌زنی *H. piliferum*، *M. persica* و *P. persica* را به صورت معنی‌داری کاهش داد (شکل ۲). تیمار حرارتی ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در گونه *P. persica* را به صورت معنی‌داری افزایش داد. همچنین تیمار حرارتی ۸۰ درجه سانتی‌گراد میانگین مدت زمان جوانه‌زنی *H. piliferum* و *M. persica* را به صورت معنی‌داری افزایش داد و تیمار حرارتی ۱۰۰ درجه

سـانتی‌گراد نیز تنها سبب افزایش معنی‌دار میانگین مدت جوانه‌زنی در گونه *T. crinitum* شد (شکل ۳).



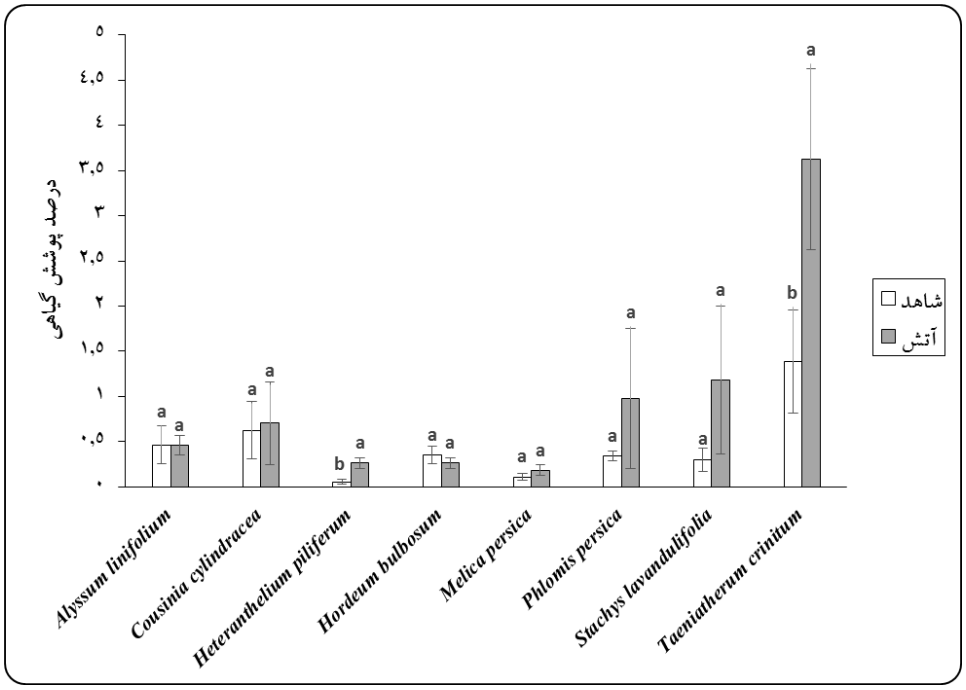
شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای محصولات آتش.
توضیح: حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف آماری میانگین (± اشتباه معیار) در سطح ۱ درصد می‌باشد.



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین مدت جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای محصولات آتش.
توضیح: حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف آماری میانگین (± اشتباه معیار) در سطح ۱ درصد می‌باشد.

۶.۳. اثر آتش‌سوزی بر درصد پوشش گونه‌های مورد مطالعه

نتایج آزمون تی جفتی نشان داد که از نظر پوشش‌گیاهی گونه‌های مورد مطالعه بین دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴). آتش‌سوزی یکساله به صورت معنی‌داری باعث افزایش درصد پوشش گونه‌های *H. piliferum* و *T. crinitum* گردید، بنابراین این گونه‌ها نسبت به آتش‌سوزی سازگار می‌باشند. سایر گونه‌های مورد مطالعه به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار بین پوشش آن‌ها در دو سایت شاهد و آتش‌سوزی، نسبت به آتش‌سوزی مقاوم هستند.



شکل ۴- نمودار مقایسه درصد پوشش گونه‌های مورد مطالعه در سایت‌های آتش‌سوزی و شاهد.
توضیح: حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف آماری میانگین (± اشتباه معیار) در سطح ۵ درصد می‌باشد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱.۴. پاسخ جوانه‌زنی بذور به محصولات آتش

مطالعات انجام شده در ایران و خارج از کشور، اثر تیمار محصولات آتش بر جوانه‌زنی بذور در هر اکوسیستم را متفاوت نشان می‌دهد [۱۱]. به طور مثال در اکوسیستم ساوانا که آتش‌سوزی به صورت طبیعی اتفاق می‌افتد، معمولاً تیمارهای شوک حرارتی نسبت به تیمارهای دود و خاکستر، اثر بیشتری بر میزان جوانه‌زنی دارند که این به دلیل خواب فیزیکی این بذور است. اما مطالعات در کشور ما نشان داده است که با توجه به اینکه عامل ایجاد آتش‌سوزی در اکوسیستم‌های مرتعی عمدتاً از نوع انسانی است (عمدی یا سهوی)، بنابراین تیمار حرارت بالا بر میزان جوانه‌زنی اغلب گونه‌های گیاهی اثر منفی می‌گذارد [۲۸]. در پژوهش حاضر نیز به همین دلیل، تیمارهای شوک حرارتی بالا برای مطالعه انتخاب نشدند. سه گونه از هشت گونه مورد مطالعه افزایش معنی‌داری در میانگین درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد (یعنی بدون تیمار) در حداقل یکی از تیمارهای محصولات آتش دارا بودند.

همچنین یک گونه از هشت گونه مذکور کاهش معنی‌داری در میانگین مدت زمان جوانه‌زنی نسبت به شاهد فقط در تیمار ترکیبی دود و حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد.

تیمار ترکیبی دود و حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی گونه *H. piliferum* و کاهش معنی‌دار میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه *C. cylindracea* شد (یعنی برهمکنش مثبت بین حرارت و دود). مطالعات قبلی انجام شده با گونه‌های مناطق دیگر نیز افزایش جوانه‌زنی را تحت این نوع تیمارهای ترکیبی گزارش نموده‌اند [۳، ۳۹]. اگرچه مکانیسم دقیق این الگو هنوز کاملاً روشن نیست، پاسخ احتمالی این است که گرما ممکن است تغییرات شیمیایی در ترکیبات موجود در دود ایجاد کند. این تغییرات شیمیایی ایجاد شده می‌تواند تغییراتی در شرایط کمون بذر ایجاد کند (مانند pH)، که ممکن است بر جوانه‌زنی تأثیر بگذارد [۲۳]. گونه‌هایی که تحت تأثیر تیمار محصولات آتش در مدت زمان کوتاهی جوانه‌زنی دارند، در رقابت با دیگر گونه‌ها در جهت استقرار در مناطق آتش‌سوزی، موفق‌تر عمل می‌کنند [۶]. این موضوع به این دلیل است که هر چه میانگین زمان جوانه‌زنی بذر کوتاه‌تر باشد، بنابراین گیاهچه‌های قوی‌تر با زنده‌مانی بالاتری نیز تولید می‌شود که این موضوع، توانایی گیاهچه‌ها را برای رقابت در محیط پس از آتش‌سوزی افزایش می‌دهد [۱۰]. از سویی دیگر، تیمار ترکیبی دود و حرارت الگوهای متضادی در میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های *persica P.* و *T. crinitum* و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی گونه *T. crinitum* نشان داد، این الگوی متضاد تیمار مذکور برای گونه‌های دیگری نیز گزارش شده است [۴۱]. در مورد گونه *H. piliferum* تیمار ترکیبی دود و حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی شد ولی بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی این گونه بی‌تأثیر بود؛ در حالی‌که تیمار دود به تنهایی باعث تأخیر در فرایند جوانه‌زنی این گونه شد.

نتایج نشان داد که تیمار خاکستر به طور معنی‌داری سبب افزایش میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های *A. linifolium* و *S. lavandolifulia* شد. گونه‌هایی که به تیمار خاکستر واکنش مثبت نشان می‌دهند، معمولاً دارای خواب فیزیولوژیکی می‌باشند و بنابراین ممکن است پدیده شکستن خواب در برخی از این گونه‌ها توسط این تیمار رخ دهد [۵، ۴۵]. تغییر تعادل هورمونی دانه یا حساسیت جنین به محرک‌های ناشی از تیمار خاکستر سبب شکست خواب فیزیولوژیکی می‌شود [۴]. گونه‌های *C. cylindracea*، *H. piliferum* و *P. persica* تحت تأثیر تیمار خاکستر، درصد جوانه‌زنی آن‌ها کاهش معنی‌داری پیدا کرد. همچنین این تیمار سبب افزایش مدت زمان جوانه‌زنی گونه *C. cylindracea* شده است. احتمالاً مقدار خاکستر اضافه شده به بستر جوانه‌زنی سبب تغییر pH و کاهش پتانسیل جذب آب توسط بذور گردیده است و مانع از جوانه‌زنی یا تأخیر در فرآیند آن شده است [۳۰].

تیمار دود در دو گونه *T. crinitum* و *P. persica* باعث کاهش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی و در سه گونه *H. piliferum*، *M. persica* و *T. crinitum* باعث افزایش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی شد. مواد فعال در دود، محرک‌های شیمیایی هستند که جوانه‌زنی را تقویت و یا مهار می‌کنند [۴۲]. غلظت مواد فعال دود و زمان قرار گرفتن در معرض این تیمار می‌تواند به طور منفی، بی‌اثر یا مثبت بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی تأثیر بگذارد [۱، ۴۰]. مطالعه‌ای در پارک ملی گلستان نشان داد که تیمارهای مختلف دود بر بذر سه گونه گراس (*Stipa caucasica*، *Festuca valesiaca* و *Poa densa*) اثر معنی‌داری نداشتند [۴۳].

تیمارهای حرارتی به کار گرفته در این مطالعه، یا تأثیر معنی‌داری بر میانگین درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه نداشتند و یا سبب کاهش معنی‌دار میانگین درصد جوانه‌زنی تعدادی از گونه‌ها به خصوص در دماهای بالاتر شدند. تحریک جوانه‌زنی بذور از طریق گرما معمولاً به دلیل تخریب پوسته سخت بذر و یا ترک‌خوردگی پوسته

ناشی از درجه حرارت بالا است که باعث می‌شود بذرها نسبت به آب و اکسیژن نفوذپذیر باشند و همچنین خواب فیزیکی بذر شکسته شود [۲۳]. با این وجود، پس از ترک خوردن پوسته بذر، درجه حرارت بالا می‌تواند به جنین آسیب برساند و باعث شود جوانه‌زنی غیرممکن شود [۳۲]. مطالعات قبلی در کشور هم‌راستا با این مطالعه، تیمار شوک حرارتی متوسط و بالا را عامل کاهش دهنده درصد جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی مشخص کردند [۲۸]. مطالعه دیگری در حوزه مدیترانه نشان داد که بذر گونه‌های تیره‌های Poaceae و Lamiaceae با افزایش دمای تیمار حرارتی درصد جوانه زنی آن ها کم می‌شود[۲۱]. همچنین مطالعه بر روی ۲۲ گونه از تیره Poaceae مشخص نمود که درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش درصد جوانه‌زنی اکثر گونه‌ها می‌گردد [۹].

۲.۴. اثر آتش‌سوزی بر درصد پوشش گونه‌ها

نتایج حاصل از داده‌های پوشش در پژوهش حاضر نشان داد که بعد از آتش‌سوزی چه گونه‌هایی نسبت به آتش‌سوزی سازگار، مقاوم و یا حساس هستند. دو گونه گراس یکساله *T. crinitum* و *H. piliferum* از بین گونه‌های مورد مطالعه، از تیره Poaceae، نسبت به آتش‌سوزی سازگار بوده و درصد پوشش آن‌ها بعد از آتش به میزان معنی‌داری افزایش پیدا کرد. نتایج مربوط به تیمارهای محصولات آتش بر این دو گونه نیز حاکی از اثر معنی‌دار این تیمارها بر جوانه‌زنی این گونه‌هاست. افزایش پوشش گونه‌های گراس یکساله بعد از آتش‌سوزی می‌تواند به این دلیل باشد که این گونه‌ها فرصت طلب بوده و با طول دوره رشد سریع، تولید بذر فراوان، داشتن بانک بذر قوی، تأثیر مثبت آتش‌سوزی بر جوانه‌زنی بذر این گونه‌ها و ایجاد فضای مناسب پس از آتش‌سوزی درصد پوشش آن‌ها افزایش چشم‌گیری دارد [۲۸]. نتایج مطالعه‌ای در مراتع نیمه‌استپی زاگرس جنوبی نشان داد که پس از آتش‌سوزی، درصد پوشش گونه‌های تیره Poaceae به خصوص یکساله‌ها افزایش می‌یابد [۱۶].

۳.۴. کاربردهای اکولوژیکی

به طور کلی تیمارهای دود، حرارت، خاکستر و ترکیب این تیمارها بر اغلب گونه‌های مورد مطالعه تأثیرگذار بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که پاسخ گونه‌های مختلف گیاهی نسبت به محصولات آتش مانند دود، حرارت، خاکستر و ترکیب آن‌ها بطور قابل توجهی متفاوت می‌باشد. گونه‌هایی که درصد جوانه‌زنی آن‌ها تحت تأثیر تیمارهای محصولات آتش افزایش پیدا کرد، در مناطق پس از آتش سوزی، اجازه خواهند یافت تا فضاهای خالی ایجاد شده توسط آتش را تحت اشغال خود درآورند [۳]. علاوه بر این، در سناریوهای افزایش آتش‌سوزی در آینده، گونه‌های علفی می توانند نسبت به گونه‌های چوبی (بوته‌ای و درختچه‌ای) افزایش یابند، زیرا گونه‌های چوبی به زمان‌های طولانی‌تری بین آتش‌سوزی‌ها نیاز دارند تا بازسازی شوند و بتوانند فضاهای خالی ایجادشده پس از آتش‌سوزی را به اشغال خود درآورند [۳، ۲۵، ۲۹]. تحت چنین سناریوهایی، می‌توان انتظار داشت که گونه‌های علفی مورد مطالعه در پژوهش حاضر، و سایر گونه‌های معمول در منطقه مورد مطالعه، فراوان‌تر شوند و تغییراتی در ساختار پوشش گیاهی (مانند تنوع گونه‌ها و یا ترکیب گونه‌ای) ایجاد کنند [۳، ۸]، این موضوع در مطالعات قبلی برای سایر مناطق نیمه‌خشک مستعد آتش‌سوزی در جهان نیز گزارش شده است [۲۲، ۳۴]. البته مطالعات تکمیلی بیشتری برای بررسی نقش تیمارهای محصولات آتش بر گونه‌های گیاهی منطقه و همچنین درک بهتر از پویایی این جوامع گیاهی پس از آتش‌سوزی نیاز است.

References

[1] Abedi, M., Zaki, E., Erfanzadeh, R. and Naqinezhad, A. (2018). Germination patterns of the scrublands in response to smoke: The role of functional groups and the effect of smoke treatment method. South African Journal of Botany, 115, 231-236.

[2] Arán, D., García-Duro, J., Reyes, O. and Casal, M. (2013). Fire and invasive species: Modifications in the germination potential of Acacia melanoxylon, Conyza canadensis and Eucalyptus globulus. Forest Ecology and Management, 302, 7-13.

[3] Arcamone, J.R. and Jaureguiberry, P. (2018). Germination response of common annual and perennial forbs to heat shock and smoke treatments in the Chaco Serrano, central Argentina. Austral ecology, 43(5), 567-577.

[4] Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2001). Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego California.

[5] Baskin, J.M. and Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed science research, 14(1), 1-16.

[6] Brown, N.A.C., Van Staden, J., Johnson, T. and Daws, M.I. (2003). A summary of patterns in the seed germination response to smoke in plants from the Cape Floral Region. Seed Conservation Turning Science into Practice. Cromwell Press, Ltd. Kew, Great Britain, 563-574.

[7] Buhk, C. and Hensen, I. (2006). "Fire seeders" during early post-fire succession and their quantitative importance in south-eastern Spain. Journal of Arid Environments, 66(2), 193-209.

[8] Casillo, J., Kunst, C. and Semmartin, M. (2012). Effects of fire and water availability on the emergence and recruitment of grasses, forbs and woody species in a semiarid Chaco savanna. Austral Ecology, 37(4), 452-459.

[9] Clarke, S. and French, K. (2005). Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands. Australian Journal of Botany, 53(5), 445-454.

[10] Daws, M.I., Davies, J., Pritchard, H.W., Brown, N.A. and Van Staden, J. (2007). Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. Plant Growth Regulation, 51(1), 73-82.

[11] Dayamba, S.D., Tigabu, M., Sawadogo, L. and Oden, P.C. (2008). Seed germination of herbaceous and woody species of the Sudanian savanna-woodland in response to heat shock and smoke. Forest Ecology and Management, 256(3), 462-470.

[12] Fenner, M. and Thompson, K. (2005). The ecology of seeds: Cambridge Univisity Press, Cambridge.

[13] Fidelis, A., Blanco, C.C., Müller, S.C., Pillar, V.D. and Pfadenhauer, J. (2012). Short- term changes caused by fire and mowing in Brazilian Campos grasslands with different long- term fire histories. Journal of Vegetation Science, 23(3), 552-562.

[14] Florentine, S., Weller, S., King, A., Florentine, A., Dowling, K., Westbrooke, M. and Chauhan, B.S. (2018). Seed germination response of a noxious agricultural weed Echium plantagineum to temperature, light, pH, drought stress, salinity, heat and smoke. Crop and Pasture Science, 69(3), 326-333.

[15] García-Duro, J., Cruz, O., Casal, M. and Reyes, O. (2019). Fire as driver of the expansion of Paraserianthes lophantha (Willd.) IC Nielsen in SW Europe. Biological Invasions, 21(4), 1427-1438.

[16] Gholami, P., Mirzaei, M.R., Zandi Esfahan, E. and Eftekhari, A. (2020). Effect of Fire on Composition, Biodiversity, and Functional Groups Changes in Semi-Steppe Rangelands of Southern Zagros. Journal of Rangeland Science, 10(1), 39-48. (In Farsi)

[17] Gomez-Gonzalez, S., Torres-Diaz, C. and Gianoli, E. (2011). The effects of fi re-related cues on seed germination and viability of Helenium aromaticum (Hook.) HL Bailey (Asteraceae). Gayana Botánica, 68(1), 86-88.

[18] Gonzalez, S.L. and Ghermandi, L. (2012). Fire cue effects on seed germination of six species of northwestern Patagonian grasslands. Natural Hazards and Earth System Sciences, 12(9), 2753-2758.

[19] Harper J.L. (1977) Population Biology of Plants (Academic Press) Londres, Inglaterra.

[20] Hobbs, R.J. and Huenneke, L.F. (1992). Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. Conservation biology, 6(3), 324-337.

[21] Kazancı, D.D. and Tavşanoğlu, Ç. (2019). Heat shock-stimulated germination in Mediterranean Basin plants in relation to growth form, dormancy type and distributional range. Folia Geobotanica, 54(1), 85-98.

[22] Keeley, J.E. and Brennan, T.J. (2012). Fire-driven alien invasion in a fire-adapted ecosystem. Oecologia, 169(4), 1043-1052.

[23] Keeley, J.E. and Fotheringham, C.J. (1997). Trace gas emissions and smoke-induced seed 572 germination. Science, 276, 1248-1250.

[24] Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J. and Bradstock, R.A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. Trends in plant science, 16(8), 406-411.

[25] Moles, A.T., Falster, D.S., Leishman, M.R. and Westoby, M. (2004). Small- seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. Journal of ecology, 92(3), 384-396.

[26] Morrison, D.A. and Morris, E.C. (2000). Pseudoreplication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. Austral Ecology, 25(3), pp.292-296.

[27] Nabizadeh, S., Naghipour Borj, A.A. and Tahmasebi, P. (2018). Heat, Smoke and Ash Effects on Soil Seed Bank Germination in the Semi-Steppe Rangelands of Central Zagros, Iran. Iranian Journal of Applied Ecology, 7(3), 13-25. (In Farsi)

[28] Naghipour, A.A., Bashari, H., Khajeddin, S.J., Tahmasebi, P. and Iravani, M. (2016). Effects of smoke, ash and heat shock on seed germination of seven species from Central Zagros rangelands in the semi-arid region of Iran. African Journal of Range & Forage Science, 33(1), 67-71.

[29] Naghipour, A.A., Nabizadeh, S. and Pourrezaei, J. (2019). Effects of fire on vegetation dynamics in semi-steppe rangelands (case study: Buin va Miandasht rangelands, Isfahan province). Iranian Journal of Range and Desert Research, 26(3). (In Farsi)

[30] Ne'Eman, G., Henig- Sever, N. and Eshel, A. (1999). Regulation of the germination of Rhus coriaria, a post- fire pioneer, by heat, ash, pH, water potential and ethylene. Physiologia Plantarum, 106(1), 47-52.

[31] Neéman, G., Neéman, R., Keith, D.A. and Whelam, R.J. (2009). Does post- fire plant regeneration mode affect the germination response to fire-related cues? . Oecologia, 159, 483–492.

[32] Paula, S. and Pausas, J.G. (2008). Burning seeds: germinative response to heat treatments in relation to resprouting ability. Journal of Ecology, 96(3), 543-552.

[33] Pausas, J. (2004). Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). Clim. Change, 63, 337-350.

[34] Pausas, J.G. and Keeley, J.E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. BioScience, 59(7), 593-601.

[35] Pausas, J.G. and Keeley, J.E. (2014). Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire- prone ecosystems. New Phytologist, 204(1), 55-65.

[36] Shirmardi, H. A., Gholami, P., Ghasriani, F., and Mohammadi, H. (2020). The most appropriate level of utilization for Bromus tomentellus at Karsanak rangelands in Chaharmahal & Bakhtiari. Rangeland, 14(3), 367-378. (In Farsi)

[37] Tahmasbi, P., (2013). An investigation on detrimental effect and potential use of fire as a management tool for plant community composition in semi-steppe rangelands, Chaharmahal and Bakhtiari province. Journal of Range and Watershed Managment, 66(2), 287-298. (In Farsi)

[38] Tahmasbi, P., Ebrahimi, A., and Yarali, N. (2012). The most appropirate quadrate size and shape for determing some characteristics of a semi-steppic rangeland. Journal of Range and Watershed Management, 65(2), 203-216. (In Farsi)

[39] Thomas, P.B., Morris, E.C., and Auld, T.D. (2003). Interactive effects of heat shock and smoke on germination of nine species forming soil seed banks within the Sydney region. Austral Ecology, 28, 674–683.

[40] Thomas, P.B., Morris, E.C., and Auld, T.D. (2007). Response surfaces to the combined effects of heat shock and smoke on germination of 16 species forming soil seed banks in south-east Australia. Austral Ecology, 32, 605–616.

[41] Tierney, D. A. (2006). The effect of fire-related germination cues on the germination of a declining forest understorey species. Australian Journal of Botany, 54(3), 297–303.

[42] Van Staden, J., Brown, N. A., Jäger, A. K., & Johnson, T. A. (2000). Smoke as a germination cue. Plant Species Biology, 15(2), 167-178.

[43] Zaki E, Abedi M. (2017). Effects of smoke and heat treatments on germination of Stipa caucasica, Festuca valesiaca and Poa densa. Rangeland, 10(4), 474-482. (In Farsi)

[44] Zaki, E., Abedi, M. and Naqinezhad, A. (2021). How fire history affects germination cues of three perennial grasses from the mountain steppes of Golestan National Park. Flora, 280, p.151835.

[45] Zuloaga-Aguilar, S., Briones, O. and Orozco-Segovia, A. (2011). Seed germination of montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico. Acta Oecologica, 37(3), 256-262.

Journal of Range and Watershed Management
Volume 75, No. 1, Spring 2022

pp. 153-168

Accepted: 2022-01-17

Received: 2022-03-08

Germination response of annual and perennial herbaceous species to fire products in semi-steppe rangelands

❖ **Ali Asghar Naghipour*;** Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I.R. Iran.

❖ **Maedeh Sharifi;** MSc. in Range management, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

❖ **Ataollah Ebrahimi;** Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I.R. Iran.

❖ **Elham Ghehsareh;** Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I.R. Iran.

❖ **Sina Nabizadeh;** PhD student in Rangeland Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Abstract

Fire is one of the important ecological factors that affect the dynamics of rangeland vegetation. In recent decades, the incidence of wildfires in semi-steppe rangelands has increased significantly, challenging the adaptive capacity of plants for post-fire regeneration. In the present study, the germination response of eight annual and perennial herbaceous species of semi-steppe rangelands of Chaharmahal va Bakhtiari province to fire products treatments including heat (60, 80 and 100° C), smoke, ash, and the combined effect of heat and smoke treatments were investigated. Also, percentage cover change of studied species, one year after the fire were measured in the field. The results showed that the germination of seeds of eight studied plant species showed a significant positive or negative reaction to at least one of the fire product treatments. Combined treatment of smoke and 60° C caused a significant increase in the mean germination percentage of *Heteranthelium piliferum*. This treatment also significantly reduced the mean germination time of *Cousinia cylindracea*. Ash treatment also increased the mean germination percentage of *Alyssum linifolium* and *Stachys lavandulifolia*. Vegetation sampling results also showed that among the eight species studied, *H. piliferum* and *Taeniatherum crinitum* were fire adapted and six species were tolerant. The results of this study can be used as a potential factor to understand the dynamics of vegetation and restoration of degraded rangelands.

Keywords: Vegetation, Smoke treatment, Heat treatment, Ash treatment, Germination percentage, Chaharmahal va Bakhtiari province.

*Corresponding Author: Tel: +98 9155210108 Email: aa.naghipour@sku.ac.ir